

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MATHEUS DA SILVA DAMASCENO**

**EFEITOS DA POTENCIALIZAÇÃO PÓS TETÂNICA INDUZIDA POR  
ELETROESTIMULAÇÃO DE MEMBROS INFERIORES NOS MARCADORES DE  
SALTO VERTICAL EM MULHERES FISICAMENTE ATIVAS**

**CURITIBA**

**2024**

**MATHEUS DA SILVA DAMASCENO**

**EFEITOS DA POTENCIALIZAÇÃO PÓS TETÂNICA INDUZIDA POR  
ELETROESTIMULAÇÃO DE MEMBROS INFERIORES NOS MARCADORES DE  
SALTO VERTICAL EM MULHERES FISICAMENTE ATIVAS**

**Effects of Post-Tetanic Potentiation Induced by Lower Limb Electrostimulation  
on Vertical Jump Performance Markers in Physically Active Women**

Dissertação de defesa apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre do programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Bassan.

**CURITIBA  
2024**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



---

MATHEUS DA SILVA DAMASCENO

**EFEITOS DA POTENCIALIZAÇÃO PÓS TETÂNICA INDUZIDA POR ELETROESTIMULAÇÃO DE MEMBROS INFERIORES NOS MARCADORES DE SALTO VERTICAL EM MULHERES FISICAMENTE ATIVAS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Educação Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ciências Do Movimento Humano.

Data de aprovação: 23 de Fevereiro de 2024.

Dr. Julio Cesar Bassan, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Anderson Caetano Paulo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Calue Papcke, Doutorado - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (Pucpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 24/02/2024.

Que toda honra e glória seja dada ao senhor Deus. Dedico este trabalho ao meu pai José Carlos Damasceno (in memoriam) que com sua luz, me guiou nos momentos mais difíceis dessa trajetória.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho é a conclusão de mais uma etapa na construção da minha carreira, certamente não terminaria sem o auxílio de Deus, da minha família e do esforço e dedicação entregue por todos que auxiliaram no processo de construção, ficando aqui os meus agradecimentos.

Agradeço primeiramente a Deus, que com sua graça me fez persistir e não desistir deste sonho.

Agradeço a minha esposa, que batalhou ao meu lado neste período de formação, sendo ela um porto seguro e que me guiou durante os anos de estudo. A minha mãe Benilda, que em meio a vários problemas não mediu esforço para me manter de pé em todo processo de formação. Ao meu pai José, já falecido, que tenho certeza de que está orgulhoso de tudo que estamos construindo. E a minha irmã Mabelly, que auxiliou em todo processo de coleta da pesquisa e não mediu esforços para me manter na trajetória.

Agradeço ao meu orientador(a) Prof. Dr. Júlio Cesar Bassan, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Agradeço aos meus amigos Marcelo Ribas e Marco Ferreira, por me direcionarem em diversas dificuldades durante o período de formação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

Os protocolos de eletroestimulação para induzir a potencialização pós-tetânica ainda carecem de clareza na literatura científica. O presente estudo, investigou a eficácia da estimulação de um grupo muscular específico para promover um aumento agudo na potência muscular dos membros inferiores. A amostra foi composta por 12 mulheres fisicamente ativas, com média de idade de  $22,75 \pm 3,62$  anos, separada em três grupos: a) controle, no qual as amostras realizam apenas o aquecimento padronizado para todos os protocolos; b) eletroestimulação + exercício isométrico; c) eletroestimulação + exercício dinâmico. Ao final de cada protocolo, a altura do salto em contramovimento na plataforma de força foi registrada após 2 minutos e 4 minutos da atividade condicionante. Análise de variância com medidas repetidas (*Repeated Measures ANOVA*) foi utilizada para avaliar possíveis diferenças entre os protocolos e tempos de análise. Não foram encontradas diferenças significativas, entre as três condições, para o dado de altura: protocolo (a) vs. (b) (2 min:  $19,92 \pm 2,62$  vs.  $21,46 \pm 3,44$  [+1,54] cm); (4 min:  $21,41 \pm 3,71$  vs.  $21,68 \pm 4,81$  [+0,27] cm); (a) vs. (c) (2 min:  $19,92 \pm 2,62$  vs.  $21,32 \pm 4,39$  [+1,40] cm); (4 min:  $21,41 \pm 3,71$  vs.  $20,41 \pm 3,17$  [-1,00] cm); (b) vs (c) (2 min:  $21,46 \pm 3,44$  vs.  $21,32 \pm 4,39$  [0,14] cm);(4 min:  $21,68 \pm 4,81$  vs.  $20,41 \pm 3,17$  [1,27] cm); e também para o dado de potência máxima relativa (a) vs. (b) (2 min:  $3,75 \pm 0,41$  vs.  $3,99 \pm 0,50$  [+ 0,24] W); (4 min:  $3,92 \pm 0,50$  vs.  $4,07 \pm 0,54$  [+0,15] W); (a) vs. (c) (2 min:  $3,75 \pm 0,41$  vs.  $3,93 \pm 0,57$  [+0,18] W); (4 min:  $3,92 \pm 0,50$  vs.  $3,81 \pm 0,44$  [-0,11] W); (b) vs (c) (2 min:  $3,99 \pm 0,50$  vs.  $3,93 \pm 0,57$  [0,06] W); (4 min:  $4,07 \pm 0,54$  vs.  $3,81 \pm 0,44$  [0,26] W). Estes resultados sugerem que os protocolos de potencialização pós tetânica concebidos para os membros inferiores (glúteos, coxa anterior e posterior) neste estudo, não foram eficazes em melhorar o desempenho do salto vertical em mulheres fisicamente ativas.

Palavras-chave: aquecimento; eletroestimulação muscular; potência muscular; salto com contramovimento.

## ABSTRACT

Electrostimulation protocols to induce post-tetanic potentiation still lack clarity in scientific literature. This study investigated the effectiveness of stimulating a specific muscle group to promote an acute increase in lower limb muscle power. The sample consisted of 12 physically active women, with a mean age of  $22.75 \pm 3.62$  years, divided into three groups: a) control, where participants only performed standardized warm-up for all protocols; b) electrostimulation + isometric exercise; c) electrostimulation + dynamic exercise. At the end of each protocol, countermovement jump height on the force platform was recorded after 2 and 4 minutes of the conditioning activity. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to assess potential differences between protocols and analysis times. No significant differences were found among the three conditions for jump height data: protocol (a) vs. (b) (2 min:  $19.92 \pm 2.62$  vs.  $21.46 \pm 3.44$  [+1.54] cm); (4 min:  $21.41 \pm 3.71$  vs.  $21.68 \pm 4.81$  [+0.27] cm); (a) vs. (c) (2 min:  $19.92 \pm 2.62$  vs.  $21.32 \pm 4.39$  [+1.40] cm); (4 min:  $21.41 \pm 3.71$  vs.  $20.41 \pm 3.17$  [-1.00] cm); (b) vs. (c) (2 min:  $21.46 \pm 3.44$  vs.  $21.32 \pm 4.39$  [0.14] cm); (4 min:  $21.68 \pm 4.81$  vs.  $20.41 \pm 3.17$  [1.27] cm); and also for maximum relative power data (a) vs. (b) (2 min:  $3.75 \pm 0.41$  vs.  $3.99 \pm 0.50$  [+ 0.24] W); (4 min:  $3.92 \pm 0.50$  vs.  $4.07 \pm 0.54$  [+0.15] W); (a) vs. (c) (2 min:  $3.75 \pm 0.41$  vs.  $3.93 \pm 0.57$  [+0.18] W); (4 min:  $3.92 \pm 0.50$  vs.  $3.81 \pm 0.44$  [-0.11] W); (b) vs. (c) (2 min:  $3.99 \pm 0.50$  vs.  $3.93 \pm 0.57$  [0.06] W); (4 min:  $4.07 \pm 0.54$  vs.  $3.81 \pm 0.44$  [0.26] W). These results suggest that post-tetanic potentiation protocols designed for the lower limbs (glutes, anterior and posterior thigh) in this study were not effective in improving vertical jump performance in physically active women.

Keywords: warm-up; muscle electrostimulation; muscle power; countermovement jump.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Comunicação neuro motora .....	18
Figura 2 - Comunicação axonal.....	19
Figura 3 - Composição da fibra muscular.....	20
Figura 4 - Relaxamento e contração do sarcômero.....	20
Figura 5 - Dispositivo de Eletroestimulação de corpo inteiro .....	35
Figura 6 -Traje de eletroestimulação de corpo inteiro .....	35
Figura 7 - Interface do dispositivo de eletroestimulação de corpo inteiro .....	35
Figura 8 – Protocolo de familiarização.....	39
Figura 9 – Plataforma de salto com contramovimento .....	39
Figura 10 – Colete parte inferior.....	41
Quadro 1 – Fluxograma da coleta.....	40
Quadro 2 – Disposição das coletas.....	41
Quadro 3 - Protocolo controle.....	43
Quadro 4 - Protocolo eletroestimulação + com contração isométrica .....	44
Quadro 5 - Protocolo eletroestimulação + agachamento .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da amostra.....	46
Tabela 2 - Altura máxima do salto com contramovimento(cm)Controle x EMS+CI....	47
Tabela 3 - Altura máxima do salto com contramovimento(cm)Controle x EMS+AG..	47
Tabela 4 - Altura máxima do salto com contramovimento(cm) EMS+CI x EMS+AG..	47
Tabela 5 - Potência máxima relativa do SCM (Watts) Controle x EMS+CI.....	48
Tabela 6 - Potência máxima relativa do SCM (Watts) Controle x EMS+AG.....	48
Tabela 7 - Potência máxima relativa do SCM (Watts) EMS+CI x EMS+AG.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Atividade condicionante
CA <sup>2+</sup>	Cálcio
cm <sup>2</sup>	Centímetros quadrados
Fy	Força no eixo y
Fz	Força no eixo z
Hz	Hertz
IMC	Índice de massa corporal
Kg	Quilograma
Kg/m <sup>2</sup>	Quilogramas por metro quadrado
Khz	Quilohertz
m <sup>2</sup>	Metros quadrados

## LISTA DE SIGLAS

mA	Miliampere
MMII	Membros inferiores
PPA	Potencialização pós-ativação
PPT	Potencialização pós-tetânica
SCM	Salto com contramovimento
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
us	Microsegundos
WB-EMS	<i>Whole-body electrostimulation</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>Hipótese primária</b> .....	<b>15</b>
<b>1.4</b>	<b>Hipótese secundária</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Potencialização pós ativação (PPA)</b> .....	<b>16</b>
2.1.1	Contração muscular.....	17
2.1.2	Mecanismo fisiológico e biomecânico da potencialização.....	20
<b>2.2</b>	<b>Potencialização pós tetânica (PPT)</b> .....	<b>22</b>
<b>2.3</b>	<b>Eletroestimulação muscular de corpo inteiro (WB-EMS)</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4</b>	<b>Ciclo menstrual e contraceptivos hormonais</b> .....	<b>27</b>
<b>2.5</b>	<b>Testes físicos e ciclo menstrual</b> .....	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>Amostra</b> .....	<b>32</b>
<b>3.2</b>	<b>Avaliações</b> .....	<b>33</b>
3.2.1	Medidas e cálculos antropométricos.....	32
3.2.2	Teste de salto com contramovimento.....	32
3.2.3	Dispositivo de eletroestimulação.....	32
3.2.4	Escala de avaliação de esforço percebido de Borg.....	36
<b>3.3</b>	<b>Delineamento do estudo</b> .....	<b>36</b>
<b>3.4</b>	<b>Etapas da pesquisa</b> .....	<b>36</b>
3.4.1	Seleção amostral.....	36
3.4.2	Processo de familiarização.....	37
3.4.3	Intervenção e avaliações.....	40
<b>3.5</b>	<b>Análise de dados</b> .....	<b>44</b>
<b>3.6</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da amostra</b> .....	<b>46</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultado dos testes de salto com contramovimento (SCM)</b> .....	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de preparação muscular momentos antes da prática de um exercício físico é atribuído como uma estratégia para ampliar o desempenho de ações musculares (Woods *et al.*, 2007). Isso resulta em um maior recrutamento de unidades motoras específicas ao movimento, aumento da frequência cardíaca e temperatura corporal, além de promover a mobilização articular, preparando a musculatura para o gesto motor que será exigido em sequência. (Little; Williams, 2006; Burkett *et al.*, 2007; Curry *et al.*, 2009).

As principais recomendações durante esse processo envolvem alongamentos balísticos e dinâmicos, exercícios dinâmicos e gestos técnicos em baixa intensidade, que serão desenvolvidos na atividade principal (Wicke *et al.*, 2022).

No entanto, a busca pela ótima ativação, sem desencadear um efeito adverso, como a fadiga muscular e a propensão a lesões, é uma preocupação constante de treinadores no campo esportivo (Wicke *et al.*, 2022; Blazevich; Babault, 2019; Caldeira *et al.*, 2023). E muito explorada para atletas de levantamento de peso olímpico, corredores de velocidade, atletas de salto em distância (Sale, 2002; Macintosh *et al.*, 2012; Caldeira *et al.*, 2023).

Portanto, um fenômeno conhecido como potencialização pós ativação (PPA) é empregado para maximizar o efeito de aquecimento e induzir o aumento temporário na resposta contrátil muscular após uma contração condicionante prévia máxima ou submáxima (Blazevich; Babault, 2019), resultando em um incremento na força e potência muscular nos minutos subsequentes à ação realizada, que diminui ao longo do tempo (Cuenca-Fernandez *et al.*, 2017).

A PPA pode ser classificada com base em sua atividade condicionante (AC). A potencialização pós-ativação (PPA) ocorre quando esse potencial é evocado por meio de uma estimulação muscular voluntária máxima ou submáxima prévia. Um exemplo disso foi apresentado por Bauer *et al.* (2019), que utilizaram uma sequência de agachamentos a 90% de 1RM como atividade condicionante para aumentar a altura do salto com contramovimento em atletas.

A AC também pode ser provida por meio de estímulos elétricos aplicados de forma exógena, o que é conhecido como potencialização em escada, quando estímulos repetidos de baixa frequência (0,5–20 Hz) são fornecidos à musculatura

alvo, ou potencialização pós-tetânica (PPT) quando breves pulsos elétricos de média alta frequência (70–120 Hz) são empregados (Blazevich; Babault, 2019; Dote-Montero *et al.*, 2022). Requena e colaboradores (2008) observaram um aumento significativo na força de pico de contração (~17%) e na taxa de desenvolvimento de força (~38%) no torque da extensão do joelho após um protocolo de estimulação elétrica.

Conforme a literatura, os principais mecanismos fisiológicos e mecânicos que fundamentam esse aumento nas capacidades contráteis estão relacionados ao aumento exponencial de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) no citosol, efeito este propiciado pela AC, o qual se ligará as troponinas, possibilitando assim a interação entre actina e miosina, e conseqüentemente aumentando o número de pontes cruzadas. Além disso, o diferencial da PPT diz respeito à estimulação exógena que possibilita uma ordem de recrutamento desordenada, sendo estimuladas inicialmente tanto fibras de resistência (tipo I) quanto fibras de força e potência (tipo II) as quais, são ativadas de forma predominante, ao contrário do estímulo neural, que segue uma ordem de recrutamento (Hamada *et al.*, 2000).

A potencialização pós-tetânica demonstrou ser eficaz para gerar esse aperfeiçoamento muscular de forma aguda, o que poderia reduzir os riscos de lesões e possíveis sobrecargas articulares advindo da potencialização pós-ativação que utiliza pesos externos (barras, anilhas, aparelhos mecânicos) como atividade condicionante (Wicke *et al.*, 2022).

Alguns aspectos dos protocolos de potencialização são apresentados na literatura, como fatores determinantes para o desenvolvimento deste fenômeno. O tempo de manifestação é descrito por alguns estudos como sendo curto, do primeiro ao quinto minuto após a AC (Requena *et al.*, 2005; Requena *et al.*, 2008; Dote-Monteiro *et al.*, 2022). Pessoas treinadas demonstram ter maiores resultados do que indivíduos não treinados (Wilson, *et al.*, 2013). As atividades dinâmicas voltadas para membros inferiores parecem demonstrar resultados mais significativos (Wicke *et al.*, 2022). E por fim, grande parte das pesquisas deste potencial, são realizadas em indivíduos do sexo masculino, porém os poucos apontamentos feitos no público feminino na literatura, demonstram um resultado significativo (Wicke *et al.*, 2022).

A eletroestimulação de corpo inteiro é comumente usada em centros de reabilitação muscular, em centros estéticos e no regime de treinamentos físicos, o

que já se demonstrou eficaz após a utilização consistente durante um período, em resultados de fortalecimento e ganhos musculares (Amaro-Gahete *et al.*, 2019). Ainda assim, sua utilização para evocar a PPT, ainda é pouco estudada, apenas a pesquisa de Dote-Monteiro e colaboradores (2022), elucidaram protocolos com intuito de evocar a PPT, por meio destes eletroestimuladores de corpo inteiro.

De acordo com a literatura, em grande parte dos estudos a estimulação deste fenômeno é direcionada para músculos de forma isolada e a análise dos marcadores de desempenho envolvem testes no conjunto muscular de onde esta ativação foi realizada. Como no estudo de Requena *et al.*, 2005, que promoveram estímulos no tríceps e mediram a potencialização nos marcadores de potência do supino balístico, movimento que envolve tanto músculos do braço como do peitoral e ombros para o seu desenvolvimento, não obtendo resultados significativos neste processo. Isso levanta a hipótese de uma PPT mais eficaz, após a utilização de um conjunto de eletrodos nos músculos responsáveis pela mecânica propulsora dos testes dinâmicos.

Sendo assim, com o intuito de analisar o efeito propiciado na estimulação de um grupamento muscular, não sendo ele de forma isolada, como normalmente é aplicado em estudos deste fenômeno na literatura, este trabalho visa analisar e comparar os efeitos da eletroestimulação com um conjunto de eletrodos ligados simultaneamente nos membros inferiores (glúteos, anterior e posterior de coxas), como atividade condicionante para estimular o PPT em indivíduos do sexo feminino, analisando os resultados nos marcadores de performance do salto vertical.

### **1.1 Objetivo geral**

Identificar os efeitos, na altura e potência máxima relativa do salto vertical, induzidos por protocolos de potencialização pós tetânica promovidos em membros inferiores (glúteos, anterior e posterior de coxas) de mulheres fisicamente ativas.

### **1.2 Objetivos específicos**

Verificar se o treinamento de eletroestimulação dos membros inferiores, aumentará a altura e a potência máxima relativa do salto vertical em mulheres.

Comparar os protocolos utilizados em conjunto com a eletroestimulação de membros inferiores (agachamento vs. contração isométrica vs. controle) na resultante

da altura e potência máxima relativa do salto com contramovimento na plataforma de força.

Comparar em qual momento (2 ou 4 minutos após a atividade condicionante) a potencialização pós tetânica manifestará aumento nos resultados de impulsão vertical na plataforma de força.

### **1.3 Hipótese primária**

O protocolo de potencialização pós tetânica com agachamento aumentará as variáveis de altura e potência máxima relativa no salto com contramovimento (SCM) na plataforma de força.

### **1.4 Hipótese secundária**

O protocolo de potencialização pós tetânica em conjunto com agachamento proporcionará um maior efeito no intervalo de 4 minutos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Potencialização pós ativação (PPA)

A potencialização pós ativação é descrita como o efeito de aumento na produção de força muscular em níveis submáximos, de forma temporária, após a execução de uma atividade condicionante (AC) prévia com alta intensidade (Blazevich; Babault, 2019), como por exemplo um treinamento de força a 80% utilizando barras e anilhas para desenvolver este fenômeno. Este aumento temporário, normalmente é mensurado por protocolos de força que identificam diferenças nos parâmetros de força e potência muscular, os quais são avaliados por meio da análise das contrações musculares (Requena *et al.*, 2008) ou do desempenho muscular, após a ativação condicionante (Requena *et al.*, 2005; Wicke *et al.*, 2022).

A potencialização pode ser evocada também por meio de estímulos elétricos fornecidos de forma exógena sendo eles: a) Potencialização em escada, na qual, a atividade condicionante compreendida, refere-se estímulos elétricos repetidos de baixa frequência (0,5–20 Hz) fornecidos de forma exógena a musculatura alvo (Blazevich; Babault, 2019); b) Potencialização pós tetânica (PPT), tema deste artigo, na qual a resposta do aumento da contração é evocada por breve pulsos de estímulos elétricos de média a alta frequência (70 –120 Hz)(Dote-Montero *et al.*, 2022; Macedo *et al.*, 2017), e que serão abordados ao longo do estudo.

Muitas produções científicas, descrevem como o treinamento condicionante pode ser explorado para que a potencialização beneficie a musculatura, movimento específico ou gesto esportivo (Caldeira, *et al.*, 2023; Alves *et al.*, 2019; Dinsdale; Bissas, 2019; Dote-Montero *et al.*, 2022; O'leary *et al.*, 1997). Bauer *et al.*, (2019) em seu estudo utilizou o meio agachamento (3 series de 4 movimentos a 90% 1RM) como atividade condicionante para aumentar a altura do salto com contramovimento (SCM). Então em comparativo com a condição controle (na qual eles não realizaram nenhuma atividade condicionante) a altura do salto foi maior no grupo que realizou os meios agachamentos como AC.

A aplicação destes protocolos condicionantes é explorada por treinadores e pesquisadores principalmente dos esportes de alto rendimento, visando atingir maiores distâncias ou alturas em saltos, aumentar a velocidade de sprints, ou maximizar as cargas no levantamento de peso olímpico (Caldeira, *et al.*, 2023; Alves *et al.*, 2019; Batista, 2020; Bellar *et al.*, 2012; Dello iacono *et al.*, 2018;

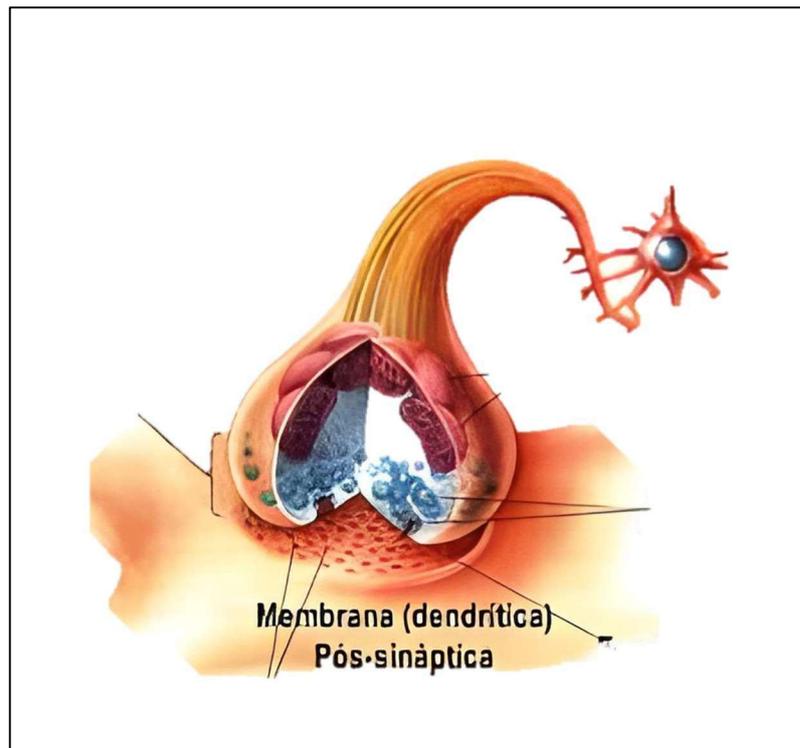
Bauer *et al.*, 2019; Lum, 2019; Blazevich; Babault, 2019). A explicação deste fenômeno, se dá por uma sequência de ações fisiológicas — aumento exponencial de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) no citosol, efeito este propiciado pela AC, o qual se ligará as troponinas, possibilitando assim a interação entre actina e miosina, e conseqüentemente aumentando o número de pontes cruzadas. Além disso, a estimulação exógena possibilita uma ordem de recrutamento desordenada, sendo estimuladas inicialmente tanto fibras de resistência (tipo I) quanto fibras de força e potência (tipo II) as quais, são ativadas de forma predominante, ao contrário do estímulo neural, que segue uma ordem de recrutamento (Hamada *et al.*, 2000), e por fim biomecânicas – o ciclo de alongamento e encurtamento dos tendões (SCC) contribui para a maximização da força. Durante a atividade condicionante os tendões sofrem um processo de alongamento, antes de passarem por um encurtamento ativo (Cavagna *et al.*, 1965). Esse processo aumenta o reflexo de acúmulo de energia elástica promovido pelo estiramento durante o gesto condicionante (Seiberl *et al.*, 2021).

### 2.1.1 Contração muscular

Para entendermos o mecanismo da contratação muscular esquelética, é essencial analisar as estruturas envolvidas neste processo, que se dividem da seguinte forma:

- a) Preparação do estímulo motor que ocorre no cérebro, mais especificamente no córtex motor (primário e secundário/associação);
- b) Transmissão dos impulsos elétricos por meio da medula espinhal, de onde emanam os neurônios motores responsáveis pela inervação dos músculos e que chegará até a placa motora;
- c) Estruturas musculares (membrana plasmática, fibra muscular, miofibrilas) capazes de gerar movimentos nas alavancas ósseas, com o intuito de movimentar o corpo (Bears, Connors, Paradiso, 2002).

**Figura 1 - Comunicação neuro motora**



Fonte: Adaptado de Bears, Connors e Paradiso (2002, p.181)

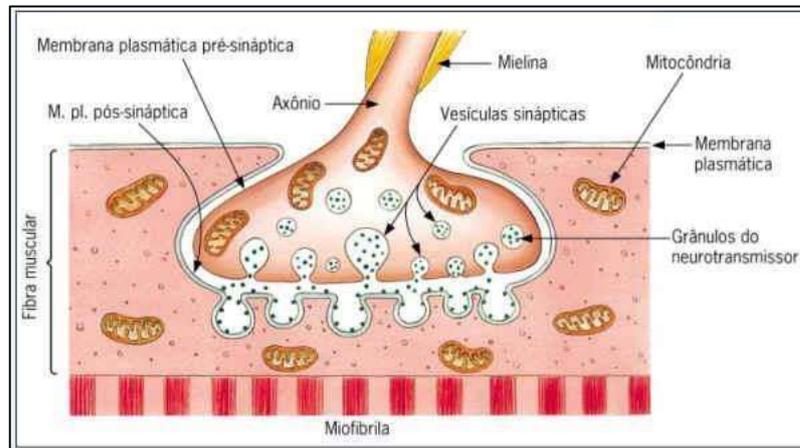
Para que ocorra a contração muscular, o potencial elétrico é originado no córtex motor secundário/associação, responsável pela organização do movimento, e transmitido ao córtex primário. Este último envia o estímulo para execução, por meio da medula espinhal. Esse impulso elétrico, é conhecido também como potencial de ação (PA) e percorre a medula espinhal rapidamente, devido a presença das bainhas de mielina. O PA ao alcançar o terminal axonal pré-sináptico, estimula a abertura dos canais de voltagem dependentes de cálcio.

Assim, será dado início a sinapse química, na qual o cálcio entra no terminal axonal e se combina com acetilcolina, formando vesículas que são liberadas para o canal sináptico do axônio. A acetilcolina, por sua vez, se liga a receptores nicotínicos presentes no botão terminal do neurônio motor que está conectado ao sarcolema da fibra muscular, formando juntos a placa motora.

Neste momento, muitos canais de cátions se abrem na placa motora, permitindo que uma grande quantidade de íons de sódio ( $\text{Na}^+$ ) entrem e uma grande quantidade de potássio ( $\text{K}^+$ ) saia, desencadeando assim uma despolarização da placa motora. Essa despolarização propaga por todo o sarcolema, especialmente pelos túbulos T, que estão em contato com as partes mais profundas das fibras musculares e são responsáveis por propagar este potencial de ação. Ao mesmo tempo, os canais

de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) presentes no retículo sarcoplasmático se abrem, liberando  $\text{Ca}^{2+}$  pelo citosol da fibra muscular, onde se ligam as troponina presentes nas unidades contrateis das miofibrilas (sarcômeros) (Bears, Connors, Paradiso, 2002).

**Figura 2- Comunicação axonal**

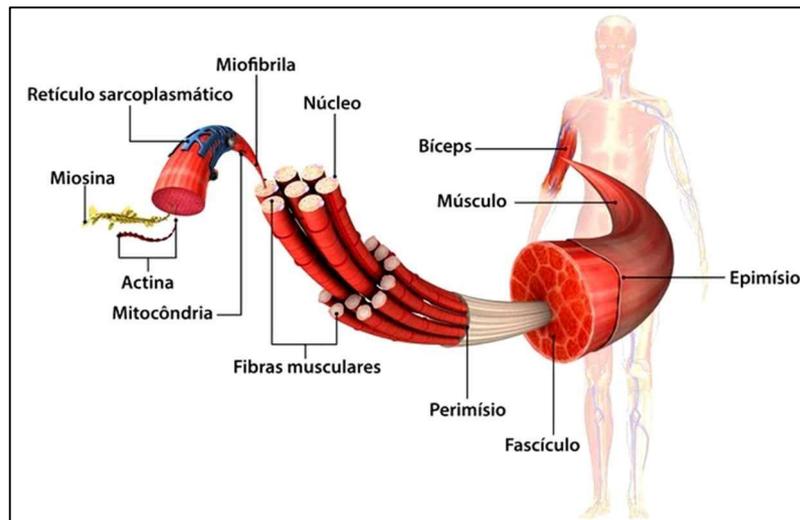


Fonte: Página UOL educação

Os sarcômeros, são constituídos por filamentos finos compostos de proteína actina, que estão ancorados na linha Z e filamentos mais espessos compostos de proteína miosina. A actina possui sítios de ligação que permitem a interação entre os dois tipos de filamentos (actina e miosina). No entanto, esses sítios são bloqueados pela presença da proteína tropomiosina, quando o músculo está em repouso.

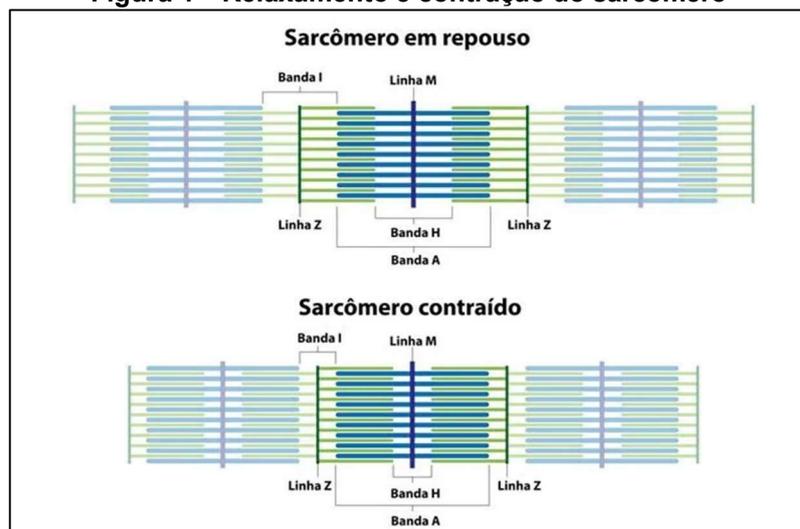
Quando o cálcio é liberado no citosol, ele se liga a tropomiosina, promovendo a exposição dos sítios de interação entre os filamentos finos e espessos. Esses sítios então se ligam por meio de uma molécula de adenosina trifosfato (ATP) previamente desfosforilada, resultando na formação de uma ponte cruzada. A miosina, por sua vez, realiza um movimento que traciona o filamento de actina, aproximando assim as linhas Z dos sarcômeros e desencadeando assim a contração muscular (Uzunian; Birner, 2008).

**Figura 3- Composição da fibra muscular**



Fonte: Adaptado Uzunian, A.; Birner, (2008, p.43)

**Figura 4 – Relaxamento e contração do sarcômero**



Fonte: Adaptado Uzunian, A.; Birner, (2008, p.47)

### 2.1.2 Mecanismo fisiológico e biomecânico da potencialização

De acordo com a literatura, os principais mecanismos fisiológicos e mecânicos que justificam esse aumento das capacidades contráteis, estão relacionados ao aumento da velocidade de disparos neuronais do cérebro para o músculo, maior recrutamento de fibras do tipo II e, conseqüentemente, ao aumento na concentração intramuscular de  $\text{Ca}^{2+}$ , este por então, o qual se ligará as troponinas, possibilitando assim a interação entre actina e miosina, e conseqüentemente aumentando o número de pontes cruzadas bem como ao aumento da sensibilidade das troponinas nas cadeias leves de miosina. Além disso, o ciclo de alongamento e encurtamento

(SSC) nos tendões que ligam os músculos aos ossos, propiciado pela atividade condicionante, também desempenham um papel relevante nesse processo (Blazevich; Babault, 2019).

Uma sequência de eventos é desencadeada após a atividade condicionante, e a maximização da força possui uma relevância temporal limitada por apenas alguns minutos, geralmente durando menos de 3 minutos, fato este justificado pela velocidade de retirada do cálcio pela bomba de  $\text{Ca}^{2+}$  do citosol (Vandervoort *et al.*, 1983). Esse fenômeno desencadeia um reforço no estímulo neural, que se propaga até as placas motoras, resultando em um aumento do recrutamento de fibras de forma ordenada. Inicialmente fibras do tipo I são recrutadas, seguidas pelas fibras do tipo IIx, as quais são responsáveis principalmente pelo aumento significativo da força (Hamada *et al.*, 2000; Blazevich; Babault, 2019).

Diferente das fibras de contração lenta (tipo I), que são conhecidas por sua resistência à fadiga e, portanto, geram menos força, as fibras de contração rápida (IIx), são especializadas na produção de energia anaeróbia e produzem picos de força substanciais quando recrutadas. Elas são solicitadas em atividades de força e potência muscular, como saltos e sprints. Além disso, ainda há o recrutamento de fibras do tipo IIa, consideradas fibras intermediárias, que se adaptam a atividade condicionante e auxiliam principalmente as fibras de contração rápida.

Assim, devido ao aumento da velocidade e da frequência de disparos neuronais promovidas pelo cérebro a musculatura alvo, ocorre um maior recrutamento de unidades motoras das fibras de contração rápida. Isso resulta em uma maior quantidade de moléculas de  $\text{Ca}^{2+}$  liberadas no meio intracelular, aumentando a velocidade de conexão com a troponina, o que por sua vez, leva a um maior número de pontes cruzadas entre actina e a miosina (Blazevich; Babault, 2019).

Além disso, devido ao grande recrutamento de fibras do tipo IIx e IIa, os protocolos de potencialização percorrem uma estreita linha entre proporcionar uma atividade condicionante eficaz e evitar a fadiga muscular, resultante da alta produção de metabólicos nessas fibras musculares.

No que diz respeito à parte biomecânica, o ciclo de alongamento e encurtamento dos tendões (SCC) também contribui para a maximização da força. Durante a atividade condicionante os tendões sofrem um processo de alongamento,

antes de passarem por um encurtamento ativo (Cavagna *et al.*, 1965). Esse processo aumenta o reflexo de acúmulo de energia elástica promovido pelo estiramento durante o gesto condicionante (Seiberl *et al.*, 2021).

Outro ponto amplamente debatido na literatura, refere-se ao curso temporal em que este fenômeno se manifesta. Existem estudos com protocolos diversos de indução da potencialização, mas este tema ainda não está completamente esclarecido. Vandervoort *et al.* (1983) observaram que o PPA foi otimizado imediatamente após a atividade condicionante, com uma queda substancial ocorrendo após aproximadamente 28 segundos e uma diminuição mais gradual entre o 8º-10º minuto. Em um estudo mais recente, Wilson *et al.*, (2013) observaram um aumento significativo na força entre o sexto e o décimo minuto após a AC. No caso da potencialização pós tetânica, O'Leary e colaboradores (1997), constataram um aumento mantido durante 5 minutos após a intervenção. Em outra análise, Requena e colaboradores (2005) observaram um aumento do torque muscular entre o terceiro e o décimo minuto após a atividade condicionante.

Todos esses processos são descritos como percursos do desenvolvimento da potencialização. A atividade condicionante é considerada o principal fator desencadeador desse fenômeno. No entanto, de acordo com a literatura, os principais fatores que devem ser levados em consideração para o seu desenvolvimento, incluem a intensidade da atividade condicionante, a musculatura/movimento alvo e o tempo após AC para manifestação do aumento da força.

## **2.2 Potencialização pós tetânica (PPT)**

A potencialização pós tetânica (PPT) é um termo associado ao aumento temporário da resposta contrátil muscular, após a aplicação exógena de um estímulo elétrico breve de média a alta frequência, precedendo uma ação específica. Essa técnica tem sido manipulada para melhorar o desempenho esportivo e auxiliar na reabilitação musculoesquelética (Abbate *et al.*, 2000).

Além das características fisiológicas previamente descritas como responsáveis pela potencialização, o diferencial deste método está na estimulação exógena, que permite o recrutamento de unidades motoras ligadas as fibras de contração rápida. Devido aos estímulos aplicados na superfície da pele, o recrutamento das unidades motoras, ocorre de forma menos ordenada, possibilitando, assim, o recrutamento de unidades motoras associadas às fibras do tipo II, ao

contrário do estímulo neural que segue uma ordem de recrutamento motor que prioriza as fibras do tipo I inicialmente (Hamada *et al.* 2000). As fibras do tipo II, são descritas como fibras recrutadas e muito exigidas nos trabalhos de força e potência muscular, fato este que se torna um facilitador para o desenvolvimento da PPT.

Investigações anteriores demonstraram efeitos favoráveis ao aumento do desempenho muscular agudo (O'leary *et al.*, 1985; Requena *et al.*, 2005). No entanto, algumas variáveis discutidas na literatura são consideradas determinantes para o desenvolvimento deste fenômeno (Blazevich; Babault, 2019). Para compreender a aplicação dessas variáveis, é necessário discutir as características físicas dos estímulos elétricos fornecidos por esses aparelhos de eletroestimulação. Destacam-se três pontos com variações que afetam a ativação muscular exógena: a) corrente elétrica, que normalmente é mensurada em miliamperes (mA), a qual fornece um fluxo ordenado de elétrons dentro de um circuito fechado, neste caso, entre o aparelho e a musculatura estimulada; b) frequência, com que essa corrente é fornecida, medida em Hertz (Hz), determinando a fluidez da passagem da corrente elétrica do aparelho a musculatura; c) cronaxia, o tempo mínimo de necessário para um pulso elétrico estimular um tecido excitável, seja um moto neurônio ou um tecido muscular, frequentemente expressa em microssegundos ( $\mu$ s) (Tortora; Derrickson, 2000).

Com a aplicação desse estímulo elétrico exógeno os motoneurônios são ativados e o processo de contração muscular é desencadeada, sem a participação direta do sistema nervoso central (Hamada *et al.* 2000; Macedo *et al.*, 2017; Blazevich; Babault, 2019).

Os artigos científicos normalmente consideram os parâmetros de frequência e cronaxia como sendo fixos, variando apenas a corrente elétrica dentro dos protocolos de intervenção (Requena *et al.*, 2005; Requena *et al.*, 2008; Dote-Monteiro *et al.*, 2022; Wicke *et al.*, 2022). Nesse contexto, o aumento da corrente elétrica está associado a um maior nível de contração muscular (Macedo *et al.*, 2017). Ainda assim, a literatura ainda apresenta dados conflitantes sobre esses parâmetros, uma vez que a PPT pode ser induzida por uma ampla variedade de protocolos e aplicada a diferentes grupos musculares.

A maioria dos estudos que exploram esse fenômeno, concentra-se nos membros inferiores (MMII), devido à maior massa muscular nessa região, o que contribui para a dissipação dos estímulos condicionantes (Dote-Montero *et al.*, 2022). Contudo, alguns estudos analisaram a PPT nos músculos dos membros superiores

(MMSS), como o estudo de Requena *et al.* (2008), que examinou o desempenho muscular do supino balístico após estimulação elétrica percutânea. Nesse contexto, a falta de manifestação do potencial pós-tetânico é atribuída às características morfológicas dos músculos estimulados, como tamanho e espessura, que resultam em uma dissipação mais lenta dos metabólitos responsáveis pela fadiga muscular e em um recrutamento mais baixo de músculos sinergistas (Blazevich; Babault, 2019).

Por outro lado, a estimulação dos MMII possibilita um maior recrutamento de unidades motoras de músculos agonistas e sinergistas durante a propagação da atividade condicionante.

A literatura tem destacado que a manifestação da PPT é mais evidente em homens jovens e atletas. No entanto, algumas pesquisas buscaram comparar possíveis interferências relacionadas à idade, sexo e perfil de atividade física. O estudo de O'Leary *et al.* (1997), que aplicou estímulos elétricos em homens e mulheres na frequência de 100 Hz com uma duração de impulso de 7 segundos nos músculos dorsiflexores do tornozelo, comparou os efeitos entre os sexos. Os resultados mostraram um padrão semelhante de aumento de força evocada após o estímulo em ambos os sexos durante os 5 minutos seguintes, com um leve favorecimento ao público feminino.

Tratando a relação da idade, um estudo utilizando pulsos elétricos para promover a PPT, comparou jovens (idade entre 22 e 47 anos) e idosos (idade entre 72 e 87 anos), analisando a produção de torque nos membros inferiores após a aplicação de pulsos de estímulos de baixa a alta frequência. Os resultados indicaram que os jovens apresentaram maior capacidade contrátil em comparação aos idosos após a aplicação dos estímulos, atribuindo esses resultados às características musculares e fisiológicas mais adaptáveis dos jovens em relação aos idosos (Baudry *et al.*, 2008).

Os protocolos ideais para induzir a PPT ainda não estão claros na literatura, contudo, conforme mencionado na revisão de Krzysztofik e colaboradores (2021), a configuração da atividade condicionante deve apresentar uma intensidade ótima para maximizar a ativação, sem induzir a fadiga. Portanto, o controle da frequência de ativação, do tempo de execução da atividade condicionante, da intensidade aplicada e do intervalo para a manifestação da PPT são essenciais (Tubman *et al.*, 1997; Wicke *et al.*, 2022).

Alguns protocolos examinaram diferentes intervalos após a atividade

condicionante. O'Leary *et al.* (1985) avaliaram o torque produzido pela dorsiflexão do tornozelo durante e após uma estimulação tetânica, observando um aumento do torque produzido nos minutos iniciais até o quinto minuto, seguido de uma queda significativa.

Se tratando da aplicação em membros inferiores, Requena e colaboradores (2008) na aplicação de um protocolo de estimulação elétrica percutânea (PES) com uma frequência de 100 Hz por 7 segundos nos músculos extensores do joelho, verificaram um aumento significativo na força de pico de contração (~17%) e na taxa de desenvolvimento de força (~38%), momentos após a AC. Por outro lado, no estudo de Mola e colaboradores (2008) não foi detectado efeito significativo no salto vertical em indivíduos fisicamente ativos, após um protocolo de eletroestimulação transcutânea.

Evidências na literatura indicam que o intervalo após a atividade condicionante tem uma grande influência nos resultados de desempenho relacionados à PPT, sugerindo a utilização de intervalos distintos nos estudos para permitir uma análise mais robusta do tempo pós atividade condicionante (Tillin; Bishop, 2009; Seitz; Haff, 2016; Dote-Montero *et al.*, 2022).

### **2.3 Eletroestimulação muscular de corpo inteiro (WB-EMS)**

A eletroestimulação de corpo inteiro (WB-EMS) tem sido amplamente empregada nas áreas de recuperação muscular, reabilitação, melhoria do desempenho esportivo e fitness como uma alternativa ao treinamento convencional (Amaro-Gahete *et al.*, 2018). Essa técnica envolve a indução de contrações musculares involuntárias por meio de estímulos elétricos de média a alta frequência, aplicados por eletrodos fixados em coletes e controlados por um treinador qualificado (Kemmler *et al.*, 2013) (FIGURAS 5-7).

Basicamente, os eletrodos posicionados em contato com a pele fornecem estímulos elétricos capazes de alterar os potenciais de membrana, resultando no processo de contração das fibras musculares (Filipovic *et al.*, 2012).

Essa metodologia permite a estimulação simultânea de diversos grupos musculares, aumentando o dispêndio energético e o nível de ativação muscular, especialmente quando combinada com alguns movimentos corporais ativos, como agachamento, flexão, corridas e saltos (Amaro-Gahete *et al.*, 2018; Filipovic *et al.*, 2019).

Nesse sentido, diversos parâmetros, como amplitude do impulso, frequência e tipo de impulso, podem ser ajustados para diversificar a condução de uma sessão de eletroestimulação de corpo inteiro (Dote-Montero *et al.*, 2022).

Devido à presença de diversas variáveis e ao fato de ser uma metodologia relativamente nova, ainda existem lacunas e dúvidas a respeito dessa abordagem de treinamento. No entanto, pesquisas apontam para grandes benefícios relacionados à melhora postural, resultados estéticos e qualidade de vida (Teschler *et al.*, 2021; Evangelista *et al.*, 2021), bem como em marcadores fisiológicos relacionados ao desempenho esportivo, tornando-se assim um aliado no desenvolvimento da performance de atletas (Filipovic *et al.*, 2019; Zink-rückel *et al.*, 2021; Ludwig *et al.*, 2020; Dörmann *et al.*, 2019; Amaro-Gahete *et al.*, 2018; Brocherie *et al.*, 2005).

O uso da eletroestimulação para obtenção do PPT é documentado na literatura. Contudo, a maioria dos estudos empregam eletroestimuladores locais. Por exemplo, na comparação dos potenciais induzidos pela eletroestimulação local e contração voluntária máxima em músculos extensores do joelho, Requena *et al.*, (2008) observaram magnitude nos resultados favoráveis aos protocolos de indução pela eletroestimulação. Outros estudos não encontraram melhorias significativas no desempenho do supino (Requena *et al.*, 2005), saltos, sprints e corridas (Wicke, 2022). Uma diferença entre a eletroestimulação de corpo inteiro e a aplicada localmente está relacionada à quantidade de músculos recrutados para a execução da tarefa, além da capacidade de adaptação a movimentos esportivos, como, por exemplo, corrida ou salto, o que favorece o uso da WB-EMS.

No caso do uso da eletroestimulação de corpo inteiro, apenas o estudo de Dote-Montero *et al.* (2022) comparou a eletroestimulação de corpo inteiro com a contração voluntária máxima isométrica em membros inferiores e não encontrou resultados significativos na força isométrica máxima. No entanto, alguns protocolos utilizados foram mencionados pelos autores como lacunas, deixando dúvidas sobre qual seria o protocolo ideal para manifestação desse fenômeno.

Para esta pesquisa, a abordagem escolhida foi utilizar apenas a porção inferior do colete de eletroestimulação, devido ao desenho do estudo estar centrado no desenvolvimento da potencialização pós-tetânica (PPT) exclusivamente nos membros inferiores. Além disso, a composição das amostras foi focada em mulheres, devido à escassa incidência de estudos tanto sobre a eletroestimulação de corpo inteiro quanto sobre a PPT neste público.

## 2.4 Ciclo menstrual e contraceptivos hormonais

O sistema reprodutor feminino é composto por dois ovários os quais armazenam e preparam os óvulos para uma possível fecundação; duas tubas uterinas que conectam os ovários ao útero (canal onde ocorre a fecundação); um útero que receberá o ovulo e o fixará para desenvolver o embrião; a vagina que é o canal que liga a parte externa do corpo feminino ao útero; e a vulva, que é a parte externa da vagina (Constantini, *et al.* 2005). Este sistema reprodutor sofre modificações ao longo da vida da mulher, devido as alterações hormonais reguladas pelo sistema endócrino feminino, que é constituído por cérebro, hipófise/hipotálamo, ovários e trato reprodutor (tubas uterinas, útero, colo uterino e vagina) (Guyton *et al.*, 1999).

Uma das principais alterações que ocorre de forma cíclica é denominado como ciclo menstrual (CM), o qual é responsável por preparar o corpo feminino para gestação de um feto. Basicamente o CM normal varia de 21 a 35 dias, com média de 28 dias, os quais podem ser divididos em 3 fases: folicular, ovulatória e lútea (Xak, 2003; Nattiv, *et al.*, 2007).

A fase folicular é marcada por baixos níveis de estradiol e progesterona. Neste procedimento, caso o óvulo não seja fecundado, os níveis de estrógeno e progesterona caem, reduzindo assim o fornecimento de sangue e nutrientes as paredes uterinas, fazendo com que o seu revestimento seja expelido do útero (sangue e tecido), processo esse que ocorre do 1º ao 5º dia normalmente, após o aparecimento do primeiro corrimento sanguíneo na vagina (Guyton *et al.*, 1999).

Na sequência inicia-se a fase ovulatória. A glândula pituitária, secreta duas substâncias no sangue, o hormônio FSH (hormônio folículo-estimulante) e LH (hormônio luteinizante). Estes então estimulam o crescimento e a maturação dos folículos nos ovários e após esse processo os folículos reagem e liberam estradiol, hormônio esse que iniciará a estimulação da liberação do ovócito dos folículos e conseqüentemente do ovário. Essa fase normalmente ocorre entre o 6º ao 16º dia do CM (Xak, 2003).

Após esse período, dá se início a fase lútea, a qual o ovulo percorrerá a tuba uterina, e durante este processo o folículo, já vazio no ovário, liberará a progesterona, hormônio que estimulará o aumento de sangue e nutrientes nas paredes do útero, reforçando as, para receber um possível ovulo fecundado com o

espermatozoide. Esta etapa então ocorre entre o 17º e o 28º dia, marcando assim o último dia do CM, e o início do período folicular novamente (Guyton *et al.*, 1999).

A fisiologia do CM é responsável por gerar uma grande variação hormonal no corpo feminino, gerando disfunções e distúrbios como desconfortos abdominais, inchaços, indisposição, prisão de ventre, dores de cabeça e irritação. Com o intuito de reduzir essas desregulações hormonais e principalmente prevenir a gravidez, algumas mulheres optam pelo uso de contraceptivos ou dispositivos hormonais. Estes agem controlando as concentrações de hormônios como progesterona e estrogênio, reduzindo as variações hormonais durante as fases do CM (Burrows; Peters, 2007).

Os contraceptivos hormonais, podem ser divididos em: pílulas combinadas, com sua composição sendo feita com estrógeno e progesterona, que são consumidas mensalmente e que irão atuar principalmente na interrupção de cerca de 90 a 95% da ovulação no CM; as micro pílulas protestativas, que possuem apenas a progesterona, com uma eficácia de redução da ovulação em 50% no ciclo menstrual; os contraceptivos injetáveis, que são aplicados de forma trimestral e que são formados por Acetato de Medroxiprogesterona de Depósito (AMPD), fornecendo uma alta eficácia contraceptiva devido ao aumento da viscosidade do muco cervical que conseqüentemente evita a penetração do espermatozoide e também pela atrofia endometrial e alteração da motilidade da tuba uterina (Campos; Melo 2001); os implantes hormonais com grande eficácia e duração de aproximadamente três anos, que atuam com a liberação de progestina por meio de um dispositivo inserido na pele da mulher, e interrompem a liberação dos óvulos além de aumentarem a viscosidade do muco no interior do útero e das tubas uterinas (Burrows; Peters, 2007); e por fim, os dispositivos DIU hormonais, que são implantados no útero, e atuam com a liberação de progestina ou não hormonais, que fornecem uma pequena quantidade de cobre, impedindo assim a chegada dos espermatozoides as tubas uterinas.

Ambos os dispositivos possuem uma grande eficácia (Burrows; Peters, 2007; Campos; Melo 2001).

## **2.5 Testes físicos e ciclo menstrual**

Alguns estudos têm analisado os efeitos das oscilações hormonais decorrentes do CM e do consumo de contraceptivos, sob o desempenho físico das mulheres. No entanto, ainda não está claro na literatura quais métodos do treinamento

físico são ideias a serem aplicados a esse público e em qual momento do seu CM. Essa discordância literária é vista em alguns estudos que identificaram que não há diferenças significativas de cunho fisiológico dentro das fases do CM (folicular, ovulatória e lútea) sob os marcadores de performance como: o consumo de  $O_2$ , limiar de lactato, concentração de hemoglobinas (Xak, 2003; Nattiv, *et al.* 2007; Constantini, *et al.* 2005). E outros que analisaram períodos de oscilações hormonais, e que não interferiram no desenvolvimento da força muscular (Constantini, *et al.*, 2005, Redman; Weatherby, 2004).

Ao analisar as diferentes fases do CM, Miskec e colaboradores (1997) testaram por meio de um protocolo de incremento de carga até a exaustão em um ciclo ergômetro, a potência máxima anaeróbia, em dez jogadoras de Rugby. E não foram encontradas diferenças significativas para as fases do ciclo menstrual e para diferentes temperaturas em que as amostras foram expostas. Por outro lado, Masterson (1999) ao verificar o desempenho de 32 mulheres no teste de Wingate (potência anaeróbica, capacidade anaeróbica e fadiga), foi constatado uma maior capacidade anaeróbia ( $393.6 \pm 56.4$  W. vs.  $355.7 \pm 52.0$  W.), maior potência de pico ( $566.0 \pm 86.7$  W. vs.  $532.3 \pm 88.7$  W.) e uma menor fadiga ( $47 \pm 12\%$  vs.  $55 \pm 12\%$ ) ao final do exercício nas mulheres, quando estavam na fase lútea, quando comparadas com a fase folicular ( $p < 0,05$ ).

Sob a utilização de contraceptivos para regulação hormonal e prevenção da gravidez, Redman e Weatherby (2004), analisaram os efeitos do consumo da pílula anticoncepcional oral de baixa dosagem, para assim gerar concentrações consistentes de estrogênio e progesterona, com o intuito de verificar sua influência no desempenho anaeróbio em cinco remadoras profissionais que disputavam competições a nível nacional (Australia).

Neste estudo foi constatado, um maior desempenho no pico de potência ( $448,73 \pm 5,80$  W. vs.  $433,07 \pm 5,28$  W.;  $p < 0,05$ ) e um menor tempo de remada ergométrica de 1.000 m ( $226,5 \pm 1,3$  s. vs.  $230,6 \pm 1,4$  s.;  $p < 0,05$ ) na fase em que houve uma baixa concentração de estrógeno e progesterona, relacionando assim esse momento com a fase folicular.

Tsampaukos *et al.*, (2010) ao analisar as três fases do CM (folicular, ovulatória, lútea) em oito mulheres fisicamente ativas, sob os efeitos na corrida e no processo de recuperação após este exercício, relataram que não houve diferenças significativas nos marcadores de potência (pico e média) e no processo de recuperação (lactato

sanguíneo, o pH sanguíneo, amônia plasmática e o volume plasmático estimado) após um protocolo de corrida em uma esteira não motorizada, em um protocolo de trinta segundos com dois minutos de recuperação. Concluindo assim, que as flutuações hormonais não interferiram no desempenho físico dessas mulheres. No mesmo sentido ao analisar oito judocas do sexo feminino, entre o 6º e 10º dia da fase folicular e entre 20º e 24º dia da fase lútea do ciclo menstrual, no teste de Wingate e no Special judô fitness test. (SFJT), não foi constatado diferenças significativas em ambos os testes, destacando apenas um aumento no número de arremessos no primeiro momento (15 segundos) do SFJT na fase lútea ( $5,88 \pm 0,353$  vs.  $5,38 \pm 0,52$ ;  $p=0,03$ ). Concluindo que não há diferenças nestas fases, e que em específico ao judô, houve essa pequena diferença nos momentos iniciais, que é justificada por uma maior disponibilidade de glicogênio muscular na fase lútea, quando comparado a fase folicular, conforme é destacado por Nicklas *et al.*, (1989), após o seu estudo com biopsias do vasto lateral em diferentes fases do CM (Štefanovský, *et al.*, 2016).

Tratando do momento de aplicação de testes que envolvam a potência e força máxima nas diferentes fases do ciclo menstrual, Martínez-Cantó (2018) descreveu que testes de velocidade máxima, para analisar a potência máxima produzida e o teste para de 1RM podem ser realizados indistintamente em qualquer uma das fases do CM. E que o desconforto associado a menstruação, podem afetar diretamente o desempenho físico das mulheres. Güler (2020) ao analisar 15 atletas de voleibol na fase pré- menstrual e no 2º dia de menstruação, nos marcadores de flexibilidade, força, resistência muscular, potência anaeróbica e velocidade, verificou que não houve diferenças significativas dentro das fases lútea e folicular.

Na revisão de Carmichael e colaboradores (2021), que teve como objetivo analisar os efeitos das fases do ciclo menstrual, sob o desempenho físico por meio de testes anaeróbios, aeróbios ou relacionados à força - envolvendo testes máximos ou submáximos de carga, saltos com contramovimento, eletromiografia, consumo máximo de oxigênio e sob a autopercepção relatada pelas mulheres nos estudos, foi constatado com a leitura de quarenta artigos, que não há clareza e consistência nos dados da interferência do CM no desempenho físico desta população, no entanto, o desempenho físico relatado pelas atletas, era pior durante as fases folicular inicial e lútea tardia, devido a maiores desconfortos proporcionados nestes períodos. Na revisão de Paludo *et al.* (2022) foi analisado a interferência do CM nas respostas

perceptivas de atletas sobre a motivação, competitividade, qualidade do sono, estresse, dor muscular, fadiga, esforço percebido, humor, sintomas menstruais, resistência percebida e prontidão. Nesta revisão foi constatado que as respostas subjetivas das atletas apresentavam melhores índices, quando os hormônios ovarianos estavam em maiores concentrações comparado aos momentos de baixa concentração. No entanto, o estudo ainda relata que as abordagens metodológicas utilizadas nos estudos analisados, ainda limitam e generalização da população.

Assim, metodologicamente os estudos ainda não são claros em descrever quais métodos devem ser aplicados e não especificam em qual momento eles devem ser aplicados, contudo, é visto que a fase folicular, apresenta-se como um fator de interferência psicológica, podendo afetar o rendimento desse público.

Com isso, este estudo visou preservar a fase inicial do 1º ao 5º dia da fase folicular do ciclo regular das mulheres participantes e solicitou que todas que estivessem neste período deveriam se abster das coletas até que finalizassem as secreções. Devendo informar ao responsável pela pesquisa, a respeito do fim do período, para que fosse agendado as próximas coletas. Em conjunto a isso, as mulheres que por meio do uso de contraceptivos ou de dispositivos hormonais, não presenciarem as secreções advindas do processo menstrual, poderiam agendar suas coletas normalmente, seguindo o fluxo da pesquisa.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Amostra

A seleção de amostras contemplou mulheres de dezoito a trinta anos, devido à baixa existência de estudos científicos que monitoram dados de performance atlética no público feminino. Neste sentido, a escolha visou colaborar com dados científicos a esse público na literatura. Para participação neste estudo foram cumpridos os critérios de inclusão: a) mulheres com idade de 18 a 30 anos; b) Não ter lesão, doença ou limitações osteomusculares que impedissem a realização dos testes físicos e treinamento de eletroestimulação de corpo inteiro (contra-indicações médicas como: esclerose múltipla, epilepsia, tuberculose, tumores ou doenças tumorais, diabetes, marca-passo, implantes médicos ativos, hemofilia, transtornos de circulação arterial, doenças febris, transtornos graves na circulação sanguínea, arteriosclerose em estado avançado, doenças bacterianas ou virais agudas, hérnia femoral ou hérnia abdominal e doenças do sistema nervoso) ou de qualquer exercício proposto; c) não estar utilizando medicamentos que afetem as respostas ao exercício; d) residentes da cidade de Curitiba/PR.

Tendo como critério de exclusão: a) a não realização de algum dos testes físicos propostos; b) uma ou mais respostas sim, no PAR-Q; c) Ser considerada sedentária segundo o questionário IPAQ versão curta, o questionário é validado para a língua portuguesa e sua versão apresenta oito perguntas com o intuito de determinar o nível de atividade (Matsudo, *et al.*, 2012); d) engravidar durante o projeto; e) não comparecerem a 75% das atividades propostas. Esta pesquisa teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa sob o parecer nº 6.000.284 e seguiu as normativas sanitárias exigidas pela UTFPR.

No início do projeto nos fixamos uma média amostral acima do que os estudos anteriores e com desenhos experimentais semelhantes apresentaram (Macedo *et al.*, 2017; Dote-Montero *et al.*, 2022; Requena *et al.*, 2008), totalizando vinte e oito amostras. No entanto, devido à complexidade do desenho de pesquisa e com o grande número de perdas amostrais durante as etapas, a pesquisa foi finalizada com doze amostras que passaram por todas as etapas (QUADRO 1).

## 3.2 Avaliações

### 3.2.1 Medidas e cálculos antropométricos

As medidas antropométricas realizadas no estudo foram de massa corporal, estatura e índice de massa corporal (IMC), sugeridos por Lohman *et al.* (1988).

a) Massa corporal: As participantes foram posicionadas em cima de uma balança Filizola com precisão de 100 gramas, trajando vestes leves (legging e top), de costas para escala, com os olhos voltados ao ponto fixo à sua frente.

b) Estatura: Para aferição da estatura foi utilizado um estadiômetro portátil (Sanny, São Paulo, Brasil). Elas foram posicionadas no plano de Frankfurt, vestindo apenas roupas leves (legging e top) e descalças.

c) IMC: foi calculado pela razão: massa corporal (Kg) / estatura<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>).

Os dados antropométricos, foram utilizados para caracterização das amostras e validação de sua participação na pesquisa (TABELA 1).

### 3.2.2 Teste de salto com contramovimento

O teste de salto com contramovimento foi aplicado na plataforma de força (EMG System Biomec400-412), que possui uma frequência de amostragem máxima de 50Khz, quantificando a distribuição de força vertical por 4 canais. Ela registra a altura máxima dos saltos de força e reação a plataforma, por meio dos componentes de registros de força nos eixos vertical (z) e horizontal (y). Na execução dos saltos, o protocolo sugerido por Ribeiro (2007) foi utilizado, no qual a participante iniciou da posição em pé, com os joelhos totalmente estendidos, e as mãos nos quadris. Com a sua própria técnica de movimento, ela realizou a flexão e a extensão o dos joelhos e do quadril, a fim de gerar um salto com a maior altura possível. Todas foram orientadas, a realizarem três saltos, com o intervalo de trinta segundos entre eles. A maior altura assim como o dado da potência máxima relativa deste salto obtido, foi selecionada para avaliar o desempenho dos MMII.

Este componente de avaliação, nos forneceu dados de altura em centímetros e potência do salto vertical em watts, os quais posteriormente foram comparados.

### 3.2.3 Dispositivo de eletroestimulação

O equipamento utilizado na pesquisa foi um dispositivo sem fio *WB-EMS*

(Wiemspro®, Málaga, Espanha), o qual possibilita a estimulação de forma exógena de até 18 regiões do corpo, tendo um alcance de 2800cm<sup>2</sup> de área total (costas, peitoral, braços, abdômen, glúteos, coxas e pernas) (Dote-Montero, *et al.* 2022). Ele fornece estímulos elétricos bipolares, simétricos e retangulares com uma frequência variável de 1Hz a 100Hz e uma corrente elétrica 1mA a 125mA.

Na pesquisa apenas a parte inferior do colete foi utilizado, devido ao objetivo de focar os estímulos apenas nos membros inferiores, além do mais, isso facilitou a praticidade de vestimenta das amostras.

Para compreender o protocolo de estímulos fornecidos durante a intervenção, é necessário discutir as características físicas dos estímulos elétricos advindo destes aparelhos de eletroestimulação. Nele destacam-se três pontos com variações que afetam a ativação muscular: a) corrente elétrica, que é medida em miliamperes (mA), e fornece um fluxo ordenado as elétrons dentro de um circuito fechado, neste caso, entre o aparelho e a musculatura estimulada, e que foi ajustado de acordo com os níveis máximos tolerados pelas amostras no teste de familiarização (Kemmler *et al.*, 2016a); b) frequência, que é definida pela relação de fornecimento de pulsos elétricos por unidade de tempo, medida em Hertz (Hz), determinando assim a fluidez de passagem da corrente elétrica, a qual foi fixada em 100Hz para todos os protocolos de EMS, e estão descritas ao longo deste trabalho (Gregory; Bickel, 2005); c) cronaxia, o tempo mínimo de necessário para um pulso elétrico estimular um tecido excitável, frequentemente expressa em microssegundos ( $\mu$ s) (Tortora; Derrickson, 2000) e que pode influenciar a intensidade da contração muscular, o qual neste projeto também foi fixado em 350us, seguindo os protocolos do estudo de Dote-monteiro *et al.*, 2022; d) e por fim, o ciclo de trabalho que é definido como a relação do tempo de estímulo e o tempo total do ciclo de treinamento — a qual tem estreita relação com a frequência que será utilizada, neste caso, altas frequências (100Hz), precisam ser usadas com ciclos de trabalhos curtos 3-6 segundos e longos períodos de pausa >30 segundos, devido a sua alta propensão em promover fadiga muscular, sendo assim necessário estímulos curtos como pausas mais longas (Filipovic *et al.* ., 2012 ; Amaro-Gahete *et al.*, 2017). Com a aplicação desse estímulo elétrico exógeno as unidades motoras são ativadas e o processo de contração muscular é desencadeada, sem a participação direta do sistema nervoso central (Hamada *et al.* 2000; Macedo *et al.*, 2017; Blazevich; Babault, 2019).

O controle de cargas foi feito pela interface do sistema (FIGURA 7). Nele as

características de cronaxia, frequência e corrente, que foram utilizadas nos protocolos são configuradas antes do início da intervenção.

**Figura 5- Dispositivo de Eletroestimulação de corpo inteiro**



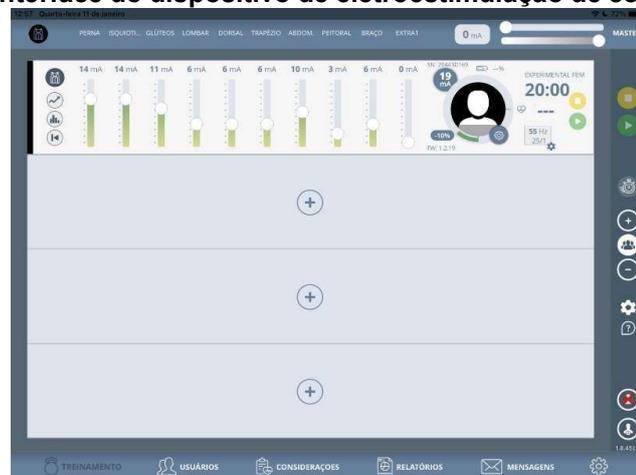
Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 6 - Traje de eletroestimulação de corpo inteiro**



Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 7 – Interface do dispositivo de eletroestimulação de corpo inteiro**



Fonte: Autoria própria (2023)

### 3.2.4 Escala de avaliação de esforço percebido de Borg

A escala de avaliação percebida de Borg é um método de avaliação subjetivo que mensura a intensidade da atividade física. Ela baseia-se na sensação (por exemplo: aumento da frequência cardíaca, respiração, sudorese e fadiga muscular) do nível de dificuldade apresentada de forma individual pelo praticante. Baseando-se em uma escala que varia de 6 (sem esforço nada e/ou muito leve) a 20 (esforço máximo e/ou muito forte) (Borg, 1982). Neste estudo ela foi adaptada a uma versão reduzida de 0 (sem esforço nada e/ou muito leve) a 10 (esforço máximo e/ou muito forte), já reproduzida em estudos com desenho experimentais semelhantes (Macedo *et al.*, 2017; Dote-monteiro *et al.*, 2022) e validada para língua portuguesa (Nakamura *et al.*, 2010).

### 3.3 Delineamento do estudo

Pesquisa de abordagem quantitativa de natureza aplicada, com o objetivo de descrever os efeitos da potencialização pós tetânica, induzidos pelo treinamento de eletroestimulação de membros inferiores em mulheres. O estudo contou com dois locais para coleta de dados, sendo o primeiro local no laboratório A19 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Neoville, localizada na rua: Pedro Gusso, 2601; e o segundo realizada no laboratório S42 do Centro Universitário Unidombosco, localizada na Av. Presidente Wenceslau Braz, 1172. Este procedimento foi realizado com o intuito de alcançar o máximo de amostras possíveis.

### 3.4 Etapas da pesquisa

Todas as etapas que serão citadas aconteceram da mesma forma, em ambas os locais da pesquisa. Os procedimentos se dividiram em três etapas: 1) Seleção amostral; 2) Processo de familiarização; 3) Intervenção e avaliações.

#### 3.4.1 Seleção amostral

Realizado por meio de um convite para o voluntariado a pesquisa, o qual foi publicado nas redes sociais, campus universitários, academias e centros de treinamentos da região de Curitiba/PR.

Este convite contemplou a descrição do projeto, as datas das coletas,

juntamente com o endereço dos laboratórios, seu tempo de execução, limitantes para inclusão das participantes, riscos e benefícios. Ainda neste informativo, por intermédio do link “<https://forms.gle/pAkom4y6bPZ53H9b7>” elas foram direcionadas para o preenchimento dos dados de contato. Com isso, ciente das informações pertinentes a pesquisa, foram recrutadas ao todo vinte e oito participantes que demonstraram interesse em participar da pesquisa (quinze mulheres no primeiro local e treze na segundo). Nesta etapa também, um questionário a respeito do ciclo menstrual foi respondido, nele continham perguntas da regularidade do ciclo, a utilização ou não de contraceptivos e do período que se encontravam ao preencher o formulário.

#### 3.4.2 Processo de familiarização

Visando não realizar as coletas de dados da etapa de familiarização e de intervenção no período menstrual, elas foram instruídas a comunicarem o responsável da pesquisa, quando finalizassem seu próximo período menstrual, para que fosse dado o início aos procedimentos. Conforme descrito na revisão deste trabalho, apenas nos dias, em que as mulheres estivessem na sua fase menstrual do período folicular, elas não deveriam realizar as coletas de dados da pesquisa, sendo assim, após a último dia de menstruação o projeto seguiu com as etapas que estavam em andamento, individualizando assim cada coleta.

Assim, na segunda etapa as mulheres que estavam fora da sua fase menstrual do período folicular, foram convidadas a irem ao laboratório, para realizar o preenchimento do TCLE, PAR-Q e o IPAQ (Questionário Internacional de Atividade Física — versão curta; também foram coletados os dados antropométricos (massa corporal, estatura, IMC); e foi realizado o processo de familiarização dos testes de SCM e do treinamento de eletroestimulação de membros inferiores. Nesta etapa então, nós tivemos ao todo a exclusão de dezesseis participantes — 1 por lesão ocorrente fora da pesquisa; 5 que desistiram das coletas; 10 por faltarem no processo de familiarização, mesmo com a disponibilidade de troca de datas, estas optaram por não participarem da coleta dos dados antropométricos (QUADRO 1).

A familiarização seguiu o procedimento de aferição da massa corporal e estatura e na sequência foi aplicado o processo de aquecimento geral e mobilidade utilizada nos protocolos de intervenção. Este procedimento foi padronizado para todas

as amostras e seguiu com uma corrida de intensidade leve durante três minutos, em um espaço de 15 metros dentro do laboratório, no qual elas realizavam a volta ao redor dos cones de início e fim da distância e logo após foi realizado o processo de mobilidade e ativação muscular que envolviam duas series de dez repetições dos seguintes exercícios: ante versão do quadril e retroversão, abdução e adução do quadril e alongamento dinâmico do abductor. Posteriormente, os sujeitos completaram 2 séries de 3 repetições de agachamento, com amplitude de 90°.

Em sequência foi realizado o teste de salto com contramovimento na plataforma de força. O SCM, seguiu o protocolo de Ribeiro (2007), no qual, a participante deveria se posicionar em pé com os joelhos estendidos e as mãos posicionadas no quadril, ao comando, elas deveriam realizar a flexão e a extensão dos joelhos e do quadril para executar um salto vertical, proveniente da técnica individual, sem retirar as mãos do quadril, pousando ainda na plataforma de força. Durante o processo, todas as amostras realizaram três saltos, separados por um intervalo de 10 segundos entre as tentativas. Vale ressaltar que nestes procedimentos citados acima as amostras não estavam utilizando o colete de eletroestimulação (FIGURA 9).

Por fim um teste com o colete de eletroestimulação de membros inferiores foi iniciado, o qual, elas realizaram um aquecimento de três minutos caminhando, vestidas com a parte inferior do colete e recebendo os estímulos em baixa intensidade. Na sequência, elas foram instruídas a realizarem o protocolo de eletroestimulação + agachamento (QUADRO 5), seguindo os procedimentos que seriam utilizados na pesquisa. Então, de forma manual, o estímulo foi elevando gradativamente em cada tempo de ativação do colete, até que se atingisse uma nota de 10 na escala de percepção individual de esforço de Borg adaptada e validada para a língua portuguesa, ao final de cada bloco de agachamento, a qual representava a máxima carga de dor tolerada pelas amostras, promovida pelo estímulo elétrico (Nakamura *et al.*,2010), neste caso, as amostras já estavam com a percepção de esforço subjetiva em seu nível máximo, com isso a corrente elétrica utilizada para essa medida era levada em consideração como sendo sua carga máxima, seguindo estudos anteriores e com desenhos experimentais semelhantes (Macedo *et al.*, 2017;Dote-monteiro, *et al.*2022) (FIGURA 8). As correntes elétricas utilizadas eram iguais nas três regiões (glúteo, posterior e anterior de coxa) e a média utilizada pelas amostras no processo de familiarização é apresentada na TABELA 1. Posteriormente,

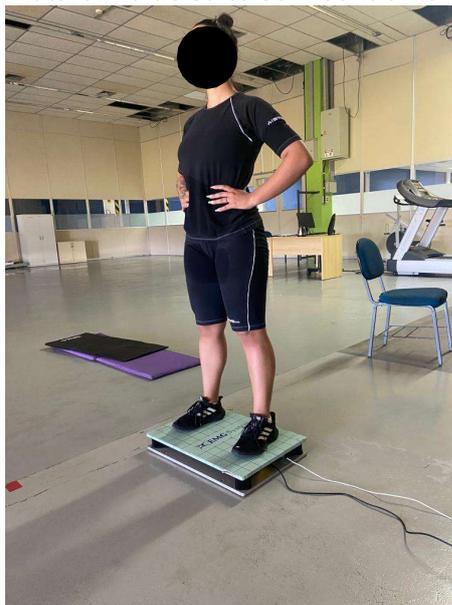
estas cargas de familiarização foram usadas para estabelecer o parâmetro de intensidade que seria aplicado durante os protocolos de intervenção. Sendo assim, 70% da corrente máxima suportada de dor ao realizar os movimentos de agachamento de forma individual pelas amostras foi aplicada nos protocolos de intervenção, seguindo estudos anteriores e com desenhos experimentais semelhantes (Macedo *et al.*,2017; Dote-monteiro, *et al.*2022; Wickle *et al.*2022).

**Figura 8 - Protocolo de familiarização**



Fonte: Autoria própria (2023)

**Figura 9- Plataforma de salto com contramovimento**

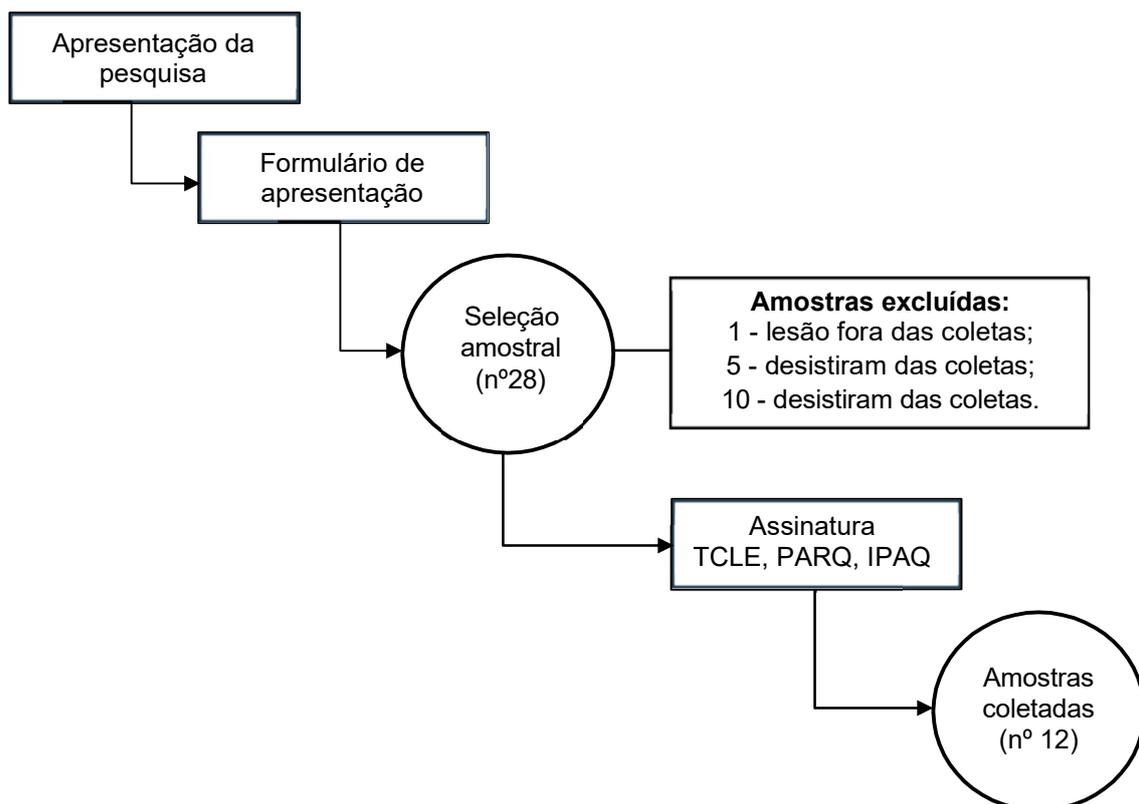


Fonte: Autoria própria (2023)

### 3.4.3 Intervenção e avaliações

Por fim, a última etapa foi de aplicação dos protocolos de intervenção que ocorreram de forma aleatória, selecionados por meio do software MS Excel a cada visita da amostra ao laboratório, a fim de reduzir a padronização e familiarização dos protocolos. E seu delineamento foi de medidas repetidas, o qual, cada participante realizou todas os protocolos experimentais - Controle (QUADRO 3); WB-EMS + contração com contração isométrica (QUADRO 4); WB-EMS + Agachamento (QUADRO 5) — separados por no mínimo 48 horas, visando o descanso e a recuperação das participantes da pesquisa. Ao todo, na etapa de intervenção as amostras realizaram seis coletas de dados no decorrer de duas semanas, devido ao processo de descanso e recuperação entre as coletas de dados (QUADRO 2).

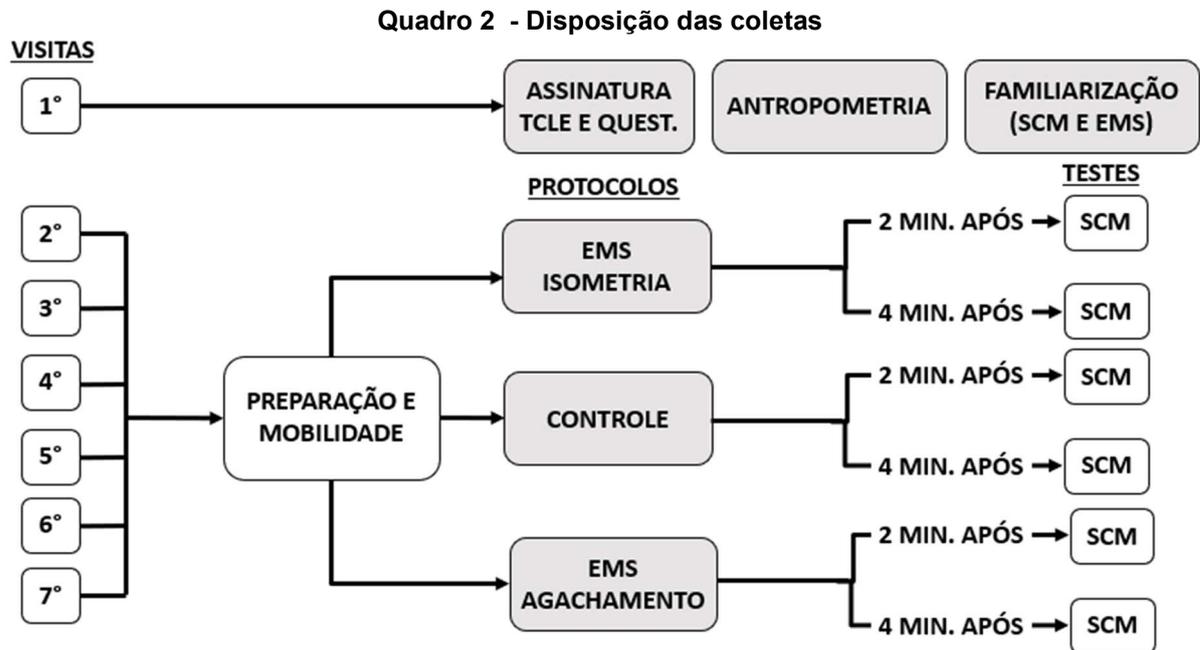
**QUADRO 1 - Fluxograma da coleta**



Fonte: Autoria própria (2023)

Para a utilização do colete de eletroestimulação foi fornecido uma legging, a qual é indicada para os treinamentos de eletroestimulação de corpo inteiro e apenas a parte de baixo do colete foi posicionada, com o intuito de estimular a região de glúteos, anterior e posterior de coxas. Para a padronização da vestimenta dos

eletrodos, a alça da parte inferior foi tomada como base e seguiu a linha final da virilha, e seu cinturão medial foi preso logo abaixo da linha do umbigo (FIGURA 10). E os estímulos elétricos nos canais (glúteo, posterior e anterior de coxas) foram igualmente distribuídos na mesma intensidade.



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 10 - Colete parte inferior



Fonte: Autoria própria (2023)

Em todos os protocolos o procedimento de aquecimento foi padronizado para todas as amostras e seguiu com uma corrida de intensidade leve durante três minutos, em um espaço de 15 metros dentro do laboratório, no qual elas realizavam a volta ao

redor dos cones de início e fim da distância; logo após foi realizado o processo de mobilidade e ativação muscular que envolviam duas series de dez repetições dos seguintes exercícios: ante versão do quadril e retroversão, abdução e adução do quadril e alongamento dinâmico do abdutor. Posteriormente, os sujeitos completaram 2 séries de 3 repetições de agachamento, com amplitude até 90°. Nestes procedimentos citados, as amostras não estavam vestidas com o colete de eletroestimulação.

Em sequência, foi introduzido o protocolo de intervenção escolhido de forma aleatória, sendo eles:

a) Controle: Após a fase de preparação (aquecimento + mobilidade), foi disparado o cronômetro e a avaliação do SCM aconteceu no minuto 2 ou 4, a depender do procedimento definido para o dia (QUADRO 3);

b) Eletroestimulação com contração isométrica: Após a fase de preparação (aquecimento + mobilidade), a amostra realizou a atividade condicionante de eletroestimulação, que consistiu em 6 séries de 10 segundos de ativação, intercaladas com 30 segundos de recuperação, sendo eles aplicados na posição ortostática. A primeira série de estímulos (1-6) foi utilizada como processo de adaptação ao estímulo, então, nenhum comando foi realizado e a amostra recebeu sem realizar esforço algum. A partir da segunda série, foi solicitado que elas realizassem uma contração voluntária de glúteos, anterior e posterior de coxas. Ao final deste processo, foi disparado o cronômetro e a avaliação do SCM aconteceu no minuto 2 ou 4, a depender do procedimento definido para o dia (QUADRO 4).

c) Eletroestimulação com agachamento: Após a fase de preparação (aquecimento + mobilidade), a amostra realizou a atividade condicionante de eletroestimulação, que consistiu em 6 séries de 10 segundos de ativação, intercaladas com 30 segundos de recuperação. A primeira série de estímulos (1-6) foi utilizada como processo de adaptação ao estímulo, então, nenhum comando foi realizado e a amostra recebeu sem realizar esforço algum. A partir da segunda série, foi solicitado que elas realizassem dois agachamentos durante a ativação, totalizando assim um volume de 10 repetições ao final das 5 series de ativação. Após este processo, foi disparado o cronômetro e a avaliação do SCM aconteceu no minuto 2 ou 4, a depender do procedimento definido para o dia (QUADRO 5).

Nos procedimentos do SCM, o colete foi removido e as amostras realizaram três saltos, separados por 30 segundos de intervalo entre eles, de acordo com o protocolo estipulado para o dia, buscando assim, atingir a maior altura possível (Ribeiro, 2007).

Se tratando dos protocolos de eletroestimulação, foram promovidos pulsos elétricos bipolares usando uma frequência de 100Hz; a corrente elétrica, medida pelos mA, foi pré-estabelecida no teste de familiarização, tendo assim, a máxima corrente suportada pelas amostras e que serviu como base para estipular 70% desta corrente máxima suportada pelas amostras, a qual foi utilizada até o final do projeto; a cronaxia para todos os eletrodos foi fixada em 350 $\mu$ s; uma rampa de subida e descida gradativa de 2 segundos cada, para um maior conforto de chegada e saída do estímulo, além do mais nestes protocolos a amostra foi instruída a realizar as tarefas específicas (contração isométrica ou agachamento) somente no comando do pesquisador que acontecia aos dois segundos de estímulo, para que assim o estímulo chegasse a sua carga máxima estipulada e deveria cessar os mesmos, no comando seguinte ao oitavo segundo, pois, o estímulo seria reduzido gradativamente nos segundos seguintes, descartando assim quatro segundos de estímulos ao todo - este procedimento foi adotado, para respeitar o tempo de fornecimento da intensidade máxima estipulada para amostra. O dispositivo de WB-EMS utilizado permitiu, por meio de eletrodos posicionados nos membros inferiores a estimulação muscular de glúteos, anterior e posterior de coxas. Este procedimento foi adaptado e seguiu as recomendações feitas pela literatura (Dote-monteiro, *et al.*2022).

**QUADRO 3 - Protocolo controle**

PROTOCOLO		ATIVIDADE CONDICIONANTE	TESTE 1	TESTE 2
Controle*	Aquecimento Geral + Mobilidade Geral	Controle <sup>£</sup>	Salto com contramovimento 2 minutos após a Atividade condicionante.	Salto com contramovimento 4 minutos após a atividade condicionante.

**Nota: (\*) A atividade condicionante e o aquecimento foram aplicados antes de cada teste; (£) A atividade condicionante e o tempo dos testes foram escolhidos de forma aleatória em cada visita das amostras ao laboratório.**

**Fonte: Autoria própria (2023)**

**QUADRO 4 – Eletroestimulação com contração isométrica**

PROTOCOLO		ATIVIDADE CONDICIONANTE	TESTE 1	TESTE 2
Eletroestimulação com contração isométrica*	Aquecimento Geral + Mobilidade Geral	Estímulo com contração isométrica 6 series x 10 segundos de ativação e 30 segundos de pausa £ §	Salto com contramovimento 2 minutos após a atividade condicionante.	Salto com contramovimento 4 minutos após a atividade condicionante.

**Nota: (\*) A atividade condicionante e o aquecimento foram aplicados antes de cada teste; (£) A atividade condicionante e o tempo dos testes foram escolhidos de forma aleatória em cada visita das amostras ao laboratório; (§) Foi solicitado que a amostra realizasse uma contração voluntária nos MMII, durante o estímulo de ativação.**

**Fonte: Autoria própria (2023)**

**QUADRO 5 – Eletroestimulação com agachamento**

PROTOCOLO		ATIVIDADE CONDICIONANTE	TESTE 1	TESTE 2
Eletroestimulação com agachamento*	Aquecimento Geral + Mobilidade Geral	Estímulo com agachamento 6 series x 10 segundos de ativação e 30 segundos de pausa £ §	Salto com contramovimento 2 minutos após a atividade condicionante.	Salto com contramovimento 4 minutos após a atividade condicionante.

**Nota: (\*) A atividade condicionante e o aquecimento foram aplicados antes de cada teste; (£) A atividade condicionante e o tempo dos testes foram escolhidos de forma aleatória em cada visita das amostras ao laboratório; (§) Dois agachamentos foram executados por cada bloco de ativação.**

**Fonte: Autoria própria (2023)**

### 3.5 Análise de dados

As variáveis dependentes do estudo (altura máxima do SCM, potência máxima relativa) foram analisadas da seguinte forma:

a) Nas três condições utilizadas no estudo (controle; eletroestimulação com contração isométrica; eletroestimulação com agachamento), a maior altura em centímetros obtida nas 3 tentativas após a aplicação do período de análise (2min e 4min) foi selecionada. Totalizando assim, seis valores de alturas comparadas no estudo.

b) O dado de potência máxima relativa para cada um dos seis saltos, foi analisado e foram comparados, trazendo assim uma maior robustez na apresentação dos dados.

### 3.6 Análise estatística.

Para análise estatística dos dados foi utilizado o software IBM SPSS Statistics 20 e a estatística descritiva é apresentada com média e desvio padrão para as

variáveis características das amostras (massa corporal, estatura, IMC, idade, juntamente com as cargas de familiarização dos testes de eletroestimulação) (TABELA 1). E o mesmo procedimento ocorreu para as variáveis dependentes do estudo, altura máxima no SCM e potência máxima relativa do salto. Para comparação estatística das variáveis de altura do salto e potência máxima relativa entre os 6 protocolos, foi realizada uma análise de variância por medidas repetidas (*Repeated Measures ANOVA*) e foram calculados os tamanhos de efeito através do *d* de Cohen para a comparação entre os protocolos (sendo trivial: de 0 — 0,19; pequeno: 0,20 — 0,49; moderado: 0,50 — 0,79; grande: 0,80 ou mais). Como pressupostos, a normalidade foi atendida para ambas as variáveis através do teste de Shapiro-Wilk (TABELA 2). O critério de esfericidade foi atendido tanto para a variável de potência máxima relativa [ $\chi^2(14) = 15,056$ ;  $p = 0,391$ ], quanto para a variável da altura do salto [ $\chi^2(14) = 14,262$ ;  $p = 0,447$ ].

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da amostra

O estudo contou com a participação de 12 mulheres, fisicamente ativas (n=9) e muito ativas (n=3) de acordo com a classificação do IPAQ. As características relacionadas a massa corporal, estatura, IMC, idade, juntamente com as cargas de familiarização dos testes de eletroestimulação, estão apresentadas com média e desvio padrão na TABELA 1.

<b>Tabela 1 - Caracterização da amostra</b>	
<b>Características</b>	<b>Média ± desvio padrão</b>
Massa Corporal (Kg):	63,00 ± 5,40
Estatura (cm):	1,62 ± 5,73
IMC (kg/m <sup>2</sup> ):	24,06 ± 2,03
Idade (anos):	22,75 ± 3,62
<b>Teste de familiarização eletroestimulação</b>	
Carga 100% (mA)	49,08 ± 8,84
Carga 70% (mA)	33,98 ± 6,26

**Nota: mA= miliampere.**  
**Fonte: Autoria própria (2023)**

### 4.2 Resultado dos testes de salto com contramovimento (SCM)

Não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre os protocolos, seja para a variável de altura do salto [F (5,55) =1,004; p=0,424;  $\eta^2$ :0,084; 1- $\beta$ :0,331] (TABELA 2-3) ou para a variável de potência máxima relativa [F (5;55) =2,067; p=0,084;  $\eta^2$ :0,158; 1- $\beta$ :0,644] (Tabela 5-6) em relação a medida controle. Também foram calculados os tamanhos de efeito através do d de Cohen para a comparação entre os protocolos (sendo trivial: de 0 — 0,19; pequeno: 0,20 — 0,49; moderado: 0,50 — 0,79; grande: 0,80 ou mais), verificando tamanhos de efeito moderados para a variável de altura e potência máxima relativa do salto em favor de protocolo EMS + com contração isométrica versus controle, na condição temporal de 2 minutos após a intervenção.

**Tabela 2 - Altura máxima do salto com contramovimento (cm)  
Controle x EMS+CI**

Condição temporal	Controle (n=12)	PPT EMS+CI (n=12)	DIF Controle/PPT	TE (IC)
2 min	19,92 ± 2,62	21,46 ± 3,44	+ 1,54 <sup>§</sup>	- 0,50 (-1,30 - 0,32) *
4 min	21,41 ± 3,71	21,68 ± 4,81	+ 0,27 <sup>§</sup>	- 0,06 (-0,86 - 0,74)

Legenda: § = diferença não significativa em relação ao controle ( $p>0,05$ ); \* Tamanho de efeito moderado; PPT/EMS+CI = Potencialização pós tetânica/Protocolo eletroestimulação + contração isométrica; DIF Controle/PPT= Diferença em centímetros entre PPT e controle; TE (IC) = Tamanho de efeito (Intervalo de confiança).

Fonte: Autoria própria (2023)

**Tabela 3- Altura máxima do salto com contramovimento (cm)  
Controle x EMS+AG**

Condição temporal	Controle (n=12)	PPT EMS+AG (n=12)	DIF Controle/PPT	TE (IC)
2 min	19,92 ± 2,62	21,32 ± 4,39	+ 1,40 <sup>§</sup>	- 0,389 (-1,18 - 0,43)
4 min	21,41 ± 3,71	20,41 ± 3,17	- 1,00 <sup>§</sup>	+ 0,292 (-0,52 - 1,09)

Legenda: § = diferença não significativa em relação ao controle ( $p>0,05$ ); PPT/EMS+AG = Potencialização pós tetânica/Protocolo eletroestimulação + Agachamento; DIF Controle/PPT = Diferença em centímetros entre PPT e controle; TE (IC) = Tamanho de efeito (Intervalo de confiança).

Fonte: Autoria própria (2023)

**Tabela 4 - Altura máxima do salto com contramovimento (cm)  
EMS+CI x EMS+AG**

Condição temporal	PPT EMS+CI (n=12)	PPT EMS+AG (n=12)	DIF EMS+CI / EMS+AG	TE (IC)
2 min	21,46 ± 3,44	21,32 ± 4,39	0,14 <sup>§</sup>	0,035 (-0,77 - 0,83)
4 min	21,68 ± 4,81	20,41 ± 3,17	1,27 <sup>§</sup>	0,312 (-0,50 - 1,11)

Legenda: § = diferença não significativa em relação ao controle ( $p>0,05$ ); PPT/EMS+CI =Potencialização pós tetânica/Protocolo eletroestimulação + contração isométrica; PPT/EMS+AG= Potencialização pós tetânica/Protocolo eletroestimulação + Agachamento; DIF EMS+CI / EMS+AG= Diferença em centímetros entre EMS+CI e EMS+AG; TE (IC) = Tamanho de efeito (Intervalo de confiança).

Fonte: Autoria própria (2023)

**Tabela 5- Potência máxima relativa do salto com contramovimento (Watts)  
Controle x EMS+CI**

Condição temporal	Controle (n=12)	PPT EMS+CI (n=12)	DIF Controle/PPT	TE (IC)
2 min	3,75 ± 0,41	3,99 ± 0,50	+ 0,24§	-0,523 (-1,32 - 0,31) *
4 min	3,92 ± 0,50	4,07±0,54	+ 0,15§	-0,268 (-1,06 - 0,55)

Legenda: § = diferença não significativa em relação ao controle ( $p>0,05$ ); \* Tamanho de efeito moderado; PPT/EMS+CI = Potencialização pós tetânica/Protocolo eletroestimulação + contração isométrica; DIF Controle/PPT = Diferença em watts entre PPT e controle; TE (IC) = Tamanho de efeito (Intervalo de confiança).

Fonte: Autoria própria (2023)

**Tabela 6- Potência máxima relativa do salto com contramovimento (Watts)  
Controle x EMS+AG**

Condição temporal	Controle (n=12)	PPT EMS+AG (n=12)	DIF Controle/PPT	TE (IC)
2 min	3,75 ± 0,41	3,93 ± 0,57	+0,18§	-0,348 (-1,14 - 0,47)
4 min	3,92 ± 0,50	3,81 ± 0,44	-0,11§	0,237 (-0,57 - 1,03)

Legenda: § = diferença não significativa em relação ao controle ( $p>0,05$ ); PPT/EMS+AG = Potencialização pós tetânica/Protocolo eletroestimulação + Agachamento; DIF Controle/PPT = Diferença em watts entre PPT e controle; TE (IC) = Tamanho de efeito (Intervalo de confiança).

Fonte: Autoria própria (2023)

**Tabela 7 - Potência máxima relativa do salto com contramovimento (Watts)  
EMS+CI x EMS+AG**

Condição temporal	PPT EMS+CI (n=12)	PPT EMS+AG (n=12)	DIF EMS+CI / EMS+AG	TE (IC)
2 min	3,99 ± 0,50	3,93 ± 0,57	0,06§	0,124 (-0,68 - 0,92)
4 min	4,07±0,54	3,81 ± 0,44	0,26§	0,411 (-0,32 - 1,31)

Legenda: § = diferença não significativa em relação ao controle ( $p>0,05$ ); PPT/EMS+CI = Potencialização pós tetânica/Protocolo eletroestimulação + contração isométrica; PPT/EMS+AG= Potencialização pós tetânica/Protocolo eletroestimulação + Agachamento; DIF EMS+CI / EMS+AG= Diferença em centímetros entre EMS+CI e EMS+AG; TE (IC) = Tamanho de efeito (Intervalo de confiança).

Fonte: Autoria própria (2023)

## 5 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar se a PPT seria promovida após a eletroestimulação muscular da região de glúteos, anterior e posterior de coxa no protocolo de eletroestimulação em conjunto com a contração isométrica e no protocolo de eletroestimulação conciliado com agachamento. Em paralelo, comparar diferentes intervalos, com o intuito de identificar qual condição temporal iria promover melhores resultados. Partindo das hipóteses de que a) o protocolo de potencialização com agachamento aumentaria as variáveis de altura e potência máxima relativa no salto com contramovimento (SCM) na plataforma de força (H1); b) O protocolo de potencialização pós tetânica em conjunto com agachamento proporcionaria um maior efeito no intervalo de 4 minutos. Com relação a primeira e a segunda hipótese, não houve a confirmação deste fato, visto que tanto o dado de altura, quanto o de potência máxima relativa não apresentaram resultados significativos em relação a medida controle, após a execução dos protocolos de intervenção.

Ao analisar o desempenho promovido pelas atividades condicionantes, mesmo que de forma não significativa, elas foram exploradas pela primeira vez na literatura. E alguns pontos precisam ser destacados como a escolha do salto com contramovimento, diferenciando das análises da atividade eletromiográfica dos músculos esqueléticos e de produção de torque muscular, realizadas em grande parte dos estudos sobre PPT (O'leary *et al.*, 1997; Requena *et al.*, 2005; Dote-Montero *et al.*, 2022). Nesse sentido houve a necessidade de desenvolver e analisar estes efeitos da PPT em movimentos de desempenho em saltos, sprints, e testes de agilidade, relacionando assim este movimento a atividades reais que são desenvolvidas por atletas (Wicke *et al.*, 2022). Além disso, um dos protocolos utilizou o agachamento conciliado com a eletroestimulação para promover o desenvolvimento deste fenômeno, seguindo a recomendação da literatura, na qual a escolha dos movimentos da atividade condicionante deve seguir padrões motores próximos do que será realizado na atividade principal (Blazevich; Babault, 2019; Krzysztofik *et al.* 2021), ademais, é o primeiro estudo a analisar este movimento conciliado com a eletroestimulação promovida em um grupo muscular (glúteos, anterior e posterior de coxas) dos membros inferiores. Ainda assim, a escolha exclusiva das amostras sendo do sexo feminino, também é um condicionante na literatura, visto que a maioria dos estudos da PPT, são elucidados no público masculino (Krzysztofik *et al.* 2021), salvo

exceção de alguns estudos que analisaram em ambos os sexos (O'Leary *et al.* 1997; Wicke *et al.*, 2022).

Relacionado ao efeito dos protocolos e a hipótese primária deste estudo, a intervenção de eletroestimulação conciliado com contração isométrica, apresentou uma pequena diferença, quando comparado a intervenção controle, no entanto de forma não significativa, e ligeiramente maior, quando comparado a intervenção de eletroestimulação combinado com agachamento, tanto na altura e potência máxima relativa.

A relação dos dados de comparação entre as intervenções e o controle, estão em consonância ao estudo de Dote-monteiro *et al.* (2022), que ao analisar os efeitos da potencialização pós tetânica, promovida pela eletroestimulação de corpo inteiro na análise da força isométrica, não retrataram aumento significativo em relação a condição controle, no entanto, o protocolo de WB-EMS conciliado com a PPA, promoveu um aumento de 54% na produção de torque, quando comparado ao protocolo de apenas eletroestimulação. Fato este que não foi constatado em nossa pesquisa, haja visto, que a condição de eletroestimulação combinado com contração isométrica apresentou dados ligeiramente maiores que a intervenção que utilizou o agachamento, conforme mencionado anteriormente. Na mesma direção os dados de Mola *et al.* (2008) não demonstraram aumento significativo na altura do salto vertical, após a aplicação de estímulos elétricos transcúteos na região dos quadriceps. Requena e colaboradores (2005), também não encontraram efeitos significativos ao utilizar a eletroestimulação percutânea no peitoral e tríceps de 12 homens fisicamente ativos ao analisar a força e potência do supino balístico. Em contrapartida, Requena *et al.* (2008), evidenciou um aumento nos parâmetros de torque dos músculos extensores dos joelhos de homens fisicamente ativos — pico de força (+17%); taxa de desenvolvimento de força (+38%), quando comparado a condição controle.

Como descrito pela literatura, a potencialização muscular ocorre quando encontramos uma relação ótima entre intensidade e tempo de ativação (Blazevich; Babault, 2019), e mais estreitamente na PPT, a relação entre estes fatores aliados a frequência e duração do pulso elétrico são determinantes, pois, a eletroestimulação é altamente fatigável, se utilizadas em altas proporções de tempo e estímulo (Filipovic *et al.*, 2012; Kemmler *et al.*, 2013; Amaro-Gahete *et al.*, 2018). Sendo necessário uma adequação das características dos estímulos, para proporcionar um efeito ótimo,

haja visto que esta frequência e tempo de estímulo, já foram utilizados em estudos anteriores e que não apresentaram resultados (Requena *et al.*, 2005; Dote-Montero *et al.*, 2022; Wicke *et al.*, 2022).

Tratando da condição temporal, os resultados obtidos pelo estudo demonstraram um aumento não significativo para as variáveis de altura e potência máxima relativa na condição de dois minutos em ambos os protocolos em relação a condição controle. Já a condição de quatro minutos, expressou resultados de redução de performance no protocolo de eletroestimulação conciliado com o agachamento em comparação aos dados de base. Sendo um resultado contraditório a hipótese secundária do estudo, na qual o fenômeno de PPT teria o seu maior efeito no minuto quatro. Isso vai em desacordo com alguns estudos que analisaram o fator temporal, como sendo crucial para o desenvolvimento da PPT.

O'leary *et al.* (1997), ao evocar o PPT, por meio de eletroestimulador percutâneo, constatou um aumento significativo no torque da dorsiflexão do tornozelo segundos após a estimulação até cinco minutos, havendo uma redução após este marco temporal. Na mesma linha Requena *et al.* (2008) também constaram o aparecimento deste fenômeno entre os minutos 1 a 5. Ambos os estudos estimularam apenas o músculo primário ao movimento motor avaliado, dificultando assim as comparações e análises com os resultados obtidos neste estudo. Já Dote-monteiro e colaboradores (2022) que utilizaram eletroestimuladores de corpo todo na comparação da PPT isolada vs. PPT+PPA, identificaram aumento na força isométrica máxima entre os minutos 4 e 8.

O resultado promovido aos dois minutos, mesmo que de forma não significativa, direciona a análise temporal de estudos futuros, pois, o tempo de análise para evocar o PPT, ainda não está claro na literatura, no entanto em uma revisão sistemática promovida por Blazeovich; Babault (2019) a definição do tempo na potencialização pós tetânica é identificada como um fator de meia vida curta, a partir dos 28 segundos até 5 minutos após a atividade condicionante. Ficando claro, que estes minutos podem apresentar efeitos potencializadores também.

Portanto, os resultados obtidos de forma não significativa neste estudo, podem estar relacionado a característica da intensidade aplicada de forma homogênea em todas as intervenções, sem que haja uma readequação para cada sessão, na qual um possível plato de intensidade do estímulo pode ter gerado uma adaptação nas fibras musculares, não promovendo esse efeito potencial (Dote-

monteiro, *et al.* 2022). E a estimulação de músculos agonistas e antagonistas ao movimento de salto vertical, ao mesmo tempo, podem ter segurado o movimento de certa forma, não possibilitando assim a propagação deste fenômeno (MOLA, *et al.* 2008).

Este estudo sofre com algumas limitações, a primeira está relacionada ao controle da intensidade do estímulo individualizada em cada sessão, podendo ele ser aplicado em pesquisas futuras. E a análise do desempenho ficou condicionada aos marcadores do salto vertical, não sendo analisados efeitos eletromiográficos após os estímulos. Estudos futuros podem ser elucidados investigando o tempo de análise de 2 minutos, pois, neste estudo devido ao tamanho de efeito moderado nos resultados, este tempo após a AC pode apresentar resultados maiores. Além disso, uma análise de comparação entre mulheres fisicamente ativas e atletas, podem ser desenvolvidos, afim de direcionar este potencial para as atividades esportivas.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados mostraram que a potencialização não foi evidenciada com o uso de eletroestimulação em um grupamento muscular - glúteo, anterior e posterior de coxas — para promover o aumento das variáveis de altura e potência máxima relativa do salto com contramovimento. Ainda assim, os dados apresentados poderão ser utilizados para elaboração de protocolos mais intensos e direcionados principalmente para o tempo de análise após a atividade condicionante, uma vez que, o tempo de dois minutos em sequência da AC, demonstrou ter uma possível eficácia.

## REFERÊNCIAS

- ABBATE F.; SARGEANT A.J; VERDIJK, P.W.; HAAN A. The effects of high frequency initial pulses and post tetanic potentiation on the power output of skeletal muscle. **J Appl Physiol**, v.88, p.35–40, 2000.
- ALVES, R. R. et al. Postactivation Potentiation Improves Performance in a Resistance Training Session in Trained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, p. 1, 2019.
- AMARO-GAHETE, F.J. *et al.* Whole-body electromyostimulation improves performance-related parameters in runners. **Front Physiol**, v.9, p.1576, 2018.
- BATISTA, M. A. et al. Influence of strength training background on postactivation potentiation response. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 9, p. 2496–2502, set. 2011.
- BAUDRY, S.; KLASS, M.; DUCHATEAU, J. Post activation potentiation of short tetanic contractions is differently influenced by stimulation frequency in young and elderly adults, **Eur J Appl Physiol** v. 103, p. 449–459, 2008.
- BAUER, P. et al. Acute Effects of Back Squats on Countermovement Jump Performance Across Multiple Sets of a Contrast Training Protocol in Resistance-Trained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 4, p. 995–1000, 2019.
- BEARS, CONNORS E PARADISO, *Neurociências*, p. 181, 2002.
- BELLAR, D. et al. Efficacy of Potentiation of Performance Through Overweight Implement Throws on Male and Female Collegiate and Elite Weight Throwers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 6, p. 1469–1474, jun. 2012.
- BISHOP, D.; EDGE, J.; DAVIS, C.; GOODMAN, C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. **MedSci Sports Exercise**, 36 (5):807-13, 2004.
- BLAZEVICH, A. J.; BABAULT, N. Post-activation Potentiation Versus Post-Activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. **Frontiers in Physiology**, 2019.
- BROWN, G.; VON EULER, U. The aftereffects of a tetanus on mammalian muscle. **J. Physiol**, v.93, p.39–60, 1938.
- BROCHERIE, F. *et al.* Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. **Medicine and science in sports and exercise**, v.37(3), p.455– 460, 2005.
- BURKE, R., *et al.* The effect of activation history on tension production by individual muscle units. **Brain Res**, v.109, p. 515–529, 1976.

BURKETT, L.N, *et al.* The best warm-up for the vertical jump in college age athletic men. **J Strength Cond Res**, v.19, p. 673-676, 2005.

BURROWS, M.; PETERS, C.E. The Influence of Oral Contraceptives on Athletic Performance in Female Athletes. **Sports Medicine**. Auckland, v. 37, n.7, p.557-74, 2007.

CAMPOS, J; MELO, V. Acetato de medroxiprogesterona de depósito como anticoncepcional injetável em adolescentes. **RBGO**, v.23, n° 03, 2001.

CAVANAGH, P. R. *et al.* Electromechanical delay in human skeletal muscle under concentric and eccentric contractions. **Europ. J. Appl. Physiol.** v.42, 159–163, 1979.

CHEN, M.J., *et al.* Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. **J Sports Sci**, v.20, p.873-99. 2002.

CALDEIRA, C, *et al.* Simultaneous Upper- and Lower-Limb Postactivation Performance Enhancement After Clean and Jerk. **Human kinetics**,v.18,p.1206-1212, 2023.

CARMICHAEL M. A., *et al.* The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v.18, 2021.

COLOMO, F.; ROCCHI, P. Eserine effects on single twitches and staircase phenomenon in frog nerve-single muscle fibre preparations. **Arch. Fisiol**, v. 65, p.24– 51, 1965.

CONSTANTINI, N.W. *et al.* The menstrual cycle and sport performance. **Clin Sports Med**, v.24, p. 51-8, 2005.

CONSTANZO, L. S. **Fisiologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CUENCA-FERNANDEZ, F., *et al.* Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: a pilot study. **Appl. Physiol. Nutr. Metab**, v.42, p.1122–1125, 2017.

CURRY, B.S, *et al.* Acute effects of dynamic stretching, static stretching, and light aerobic activity on muscular performance in women. **J Strength Cond Res** v.23, p.1811-1819, 2009.

DELLO IACONO, A.; SEITZ, L. B. Hip thrust-based PAP effects on sprint performance of soccer players: heavy-loaded versus optimum-power development protocols. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 20, p. 2375–2382, 18 out. 2018.

DINSDALE, A. J.; BISSAS, A. Eliciting Postactivation Potentiation With Hang Cleans Depends on the Recovery Duration and the Individual's 1 Repetition Maximum Strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2019.

DÖRMANN, U. *et al.* The Effects of Superimposed Whole-Body Electromyostimulation During Short-Term Strength Training on Physical Fitness in Physically Active Females: A Randomized Controlled Trial. **Front. Physiol**, v.10, 2019.

DOTÉ-MONTERO, M. *et al.* Effects of post-tetanic potentiation induced by whole-body

electrostimulation and post-activation potentiation on maximum isometric strength. **Biol Sport**, v.39(2), p.451-461, 2022.

DOUGLAS, C. R. **Fisiologia aplicada à nutrição**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

EDMAN, K. A. P.; JOSEPHSON, R. K. Determinants of force rise time during isometric contraction of frog muscle fibres. **Journal of Physiology**, v. 580, n. 3, p. 1007–1019, 2007.

EVANGELISTA, A. L. *et al.* Eletroestimulação de corpo inteiro: uma breve revisão narrativa sobre seus benefícios e riscos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 85501–85513. 2020.

FILIPOVIC, A. *et al.* Electromyostimulation - a systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. **Journal of strength and conditioning research**, v. 26(9), p. 2600– 2614, 2012.

FILIPOVIC, A. *et al.* Superimposed Whole-Body Electrostimulation Augments Strength Adaptations and Type II Myofiber Growth in Soccer Players During a Competitive Season. **Front Physiol**, v.23, p.10:1187, 2019.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The adaptations to strength training: Morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports Medicine Sports**, v.37(2), p.145-68, 2007.

FRENCH, D. N. *et al.* Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. **J. Strength Cond. Res**, v.17, p.678–685, 2003.

GOSSEN, E. R.; SALE, D. G. Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. **Eur. J. Appl. Physiol**, v.83, p. 524–530, 2000.

GÜLLICH, A.; SCHMIDTBLEICHER, D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. **New Stud. Athletics**, v.11, p. 67–84, 1996.

GÜLER, I. Investigation of the effect of menstruation period on sportive performance of women's volleyball players. **African Educational Research Journal**. v. 8, n.2, p. 387-391, 2020.

GUYTON AC, HALL, J.E. Fisiologia humana e mecanismo das doenças. **Guanabara Koogan**, Rio de Janeiro, 1999.

GUTTMAN, S., *et al.* Enhancement of muscle contraction after tetanus. **American Journal of Physiology**. - Legacy Content, v.119, p.463–473, 1937.

Gregory CM, Bickel CS. Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. **Phys Ther**, v.85,p.358-64, 2005.

HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12 ed. Rio de Janeiro. Elsevier, 2011.

HANCOCK, A. P. *et al.* Postactivation potentiation enhances swim performance in collegiate swimmers. **J. Strength Cond. Res**, v. 29, p. 912–917, 2015.

HAMADA, T.; SALE, D. G.; MACDOUGALL, J. D., TARNOPOLSKY, M. A. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. **J. Appl. Physiol.** v. 88, p. 2131–2137, 2000.

JUNQUEIRA, L. C; CARNEIRO, J. **Histologia Básica – Texto & Atlas**. 11 ed. Rio de Janeiro. Guanabara-Kooga, 2008.

JOHNSON, B.L.; NELSON, J.K. Measurement of Physical Performance. Resource Guide with Laboratory Experiments, Minneapolis, Minnesota, **Burgess Publishing Company**. 1979.

KEMMLER, W *et al.* Effects of exercise on fracture reduction in older adults: a systematic review and meta-analysis. **Osteoporos Int**, v. 24(7), p.1937-1950, 2013.

KOBAL, R. *et al.* Post-Activation Potentiation: Is there an Optimal Training Volume and Intensity to Induce Improvements in Vertical Jump Ability in Highly Trained Subjects? **Journal of Human Kinetics**, v. 66, n. 1, p. 195–203, 2019.

KRZYSZTOFIK, M. *et al.* Post-activation Performance Enhancement in the Bench Press Throw: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Frontiers in Physiology**, v. 11, p. 598628, 2021.

LITTLE, T, WILLIAMS, A.G. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. **J Strength Cond Res**, v.20, p. 203-207, 2006.

LOHMAN, G.T. *et al.* Anthropometric standardization reference manual. Illinois: Champaign; 1988.

LUDWIG, O. *et al.* Can A Superimposed Whole-Body Electromyostimulation Intervention Enhance the Effects of a 10-Week Athletic Strength Training in Youth Elite Soccer Players? **J Sports Sci Med**, v.19(3), p.535-546, 2020.

LUM, D. Effects of various warm-up protocol on special judo fitness test performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 2, p. 459–465, 1 fev. 2019.

MACEDO A. M. T. B., DOS SANTOS, O. L., SECCO F. B., JEHAN M. A., ALVES O. V. H. Efeito da potencialização pós-ativação no torque isométrico do tríceps braquial em adultos. **ConScientiae Saúde**.; v.16, n.1, p. 65-72, 2017.

MACINTOSH, B. R. *et al.* Should postactivation potentiation be the goal of your warm-up? **Appl. Physiol. Nutr. Metab**, v.37, p. 546–550, 2012.

MARTÍNEZ-CANTÓ, A., *et al.* Could dysmenorrhea decrease strength performance when a velocity-based resistance testing is used? **Sci. Sports** v.33, p.375–379, 2018.

MATSUDO S, ARAÚJO T. *et al.* Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Rev Bras Ativ Fís Saúde**. v.6, n.2.p.5-18,2012.

MASTERSON, GERALD. The Impact of Menstrual Phases on Anaerobic Power Performance in Collegiate Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.13, n.4, p. 325-329, 1999.

MAUGHAN, R.J.; NOAKES, T.D. Fluid replacement and exercise stress. **Sports Med**, v. 12, n. 1, p. 16-31, 1991.

MCBRIDE, J. M. *et al.* The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. **J. Strength Cond. Res**, v.19, p.893– 897, 2005.

MISKEC, C.M. *et al.* Do varying environmental and menstrual cycle conditions affect aerobic power output in female athletes? **J. Strength and Cond. Res**, v.11, n.4, p.219-223, 1997.

MUNRO, L. A. *et al.* Potentiation of sprint cycling performance: the effects of a high-inertia ergometer warm-up. **J. Sports Sci**, v. 35, p.1442–1450, 2017.

MOLA, Q. D. *et al.* O salto vertical não é alterado imediatamente após a eletroestimulação transcutânea de média frequência. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v.7, p. 69-75, 2008.

NATTIV A. *et al.* American College of Sports Medicine - Position Stand. The female athlete triad. **Med Sci Sports Exerc**, v.39, p.1867-82, 2007.

NAKAMURA, F.Y. *et al.* Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **J Phys Educ**. v.1, p.1-11, 2010.

NEOVIUS, M. *et al.* Udde'n J. Bioelectrical impedance underestimates total and truncal fatness in abdominally obese women. **Obesity**. v.14, n.10, p.1731-8, 2006.

NICKLAS, B.J. *et al.* The menstrual cycle and exercise: performance, muscle glycogen, and substrate responses. **Int J Sports Med**. v.10, p. 264-9, 1989.

O'LEARY, D. D.; HOPE K.; SALE, D. G. Posttetanic potentiation of human dorsiflexors. **J. Appl. Physiol**. v.83, p. 2131–2138, 1997.

PALUDO, A.C., *et al.* The Effect of Menstrual Cycle on Perceptual Responses in athletes: A Systematic Review With Meta-Analysis. **Front Psychol**. v. 3, p.13, 2022.

RAMSEY, R. W.; STREET, S. F. Muscle function as studied in single muscle fibres. **Biol. Symp**, v. 3, p. 9–34, 1941.

REDMAN, L. M.; WEATHERBY, R. P. Measuring Performance during the Menstrual Cycle: A Model Using Oral Contraceptives. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.36, n.1, p. 130-136, 2004.

REQUENA, B, *et al.* Effect of post-tetanic potentiation of pectoralis and triceps brachii muscles on bench press performance. **J Strength Cond Res**, v. 19(3), p.622–7, 2005.

REQUENA, B, *et al.* Twitch potentiation after voluntary versus electrically induced isometric contractions in human knee extensor muscles. **Eur J Appl Physiol**, v.104(3), p.463, 2008.

RIBEIRO, L. L. L. Treinamento de força máxima e potência: adaptações neurais, coordenativas e desempenho no salto vertical. São Paulo: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, Dissertação (Mestrado em Educação física) - Programa de Pós-Graduação em Educação física, USP, São Paulo,2007.

SALE, D. G. Postactivation potentiation: role in human performance. **Exerc. Sport Sci. Rev**, v. 30(3), p. 138-143, 2002.

SEITZ, L.B.; TRAJANO, G.S.; HAFF, G.G.; DUMKE, C.C.; TUFANO, J.J. BLAZEVIČH, A.J. Relationships between maximal strength, muscle size, and myosin heavy chain isoform composition and postactivation potentiation. **Appl Physiol Nutr Metab**. v.41, p.491-497, 2016.

SARGEANT, A.J. Structural and functional determinants of human muscle power. **Exp Physiol**. v.92(2), p.323–31, 2007.

SCOTT, D. J.; DITROILO, M.; MARSHALL, P. Effect of accommodating resistance on the post activation potentiation response in rugby league players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 9, p. 2510–2520, 2018.

SEIBERL W, *et al.*,The Stretch-Shortening Cycle of Active Muscle and Muscle-Tendon Complex: What, Why and How It Increases Muscle Performance? **Front. Physiol**. v.12, 2021.

STANFIELD, C. L. **Fisiologia Humana**. 5 ed. São Paulo. Pearson, 2014.

ŠTEFANOVSKÝ, M, *et al.* Influence of selected phases of the menstrual cycle on performance in Special judo fitness test and Wingate test. **Acta Gymnica**, v. 46, n. 3, p.136–142, 2016.

TESCHLER, M. *et al.* Four weeks of electromyostimulation improves muscle function and strength in sarcopenic patients: a three-arm parallel randomized trial. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 12, p. 843– 854, 2021.

TILLIN, N. A.; BISHOP, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. **Sports Medicine**, v.39(2), p.147-66, 2009.

TORTORA, DERRICKSON. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**, Guanabara Koogan, v.14, 2000.

TUBMAN, L.A.; RASSIER, D.E.; MACINTOSH, B.R. Attenuation of myosin light chain phosphorylation and posttetanic potentiation in atrophied skeletal muscle. **Pflugers Arch.** v.434, p.848-851, 1997.

TSAMPOUKOS, A. *et al.* Effect of menstrual cycle phase on sprinting performance. **Eur J Appl Physiol**, v. 109, p. 659–667, 2010.

UOL EDUCAÇÃO Biologia - Membranas biológicas- **UOL** 06 dez. 2013. Disponível em:<https://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/biologia-membranas-biologica.htm?next=0004H443U141N>, Data de acesso:01/10/2023.

UZUNIAN, A., BIRNER, E. **Biologia**, volume único. 3ªed. São Paulo: Harbra, 2008.

VANDERVOORT, A. *et al.*, Twitch potentiation after voluntary contraction. **Exp. Neurol.** v.81, p.141–152, 1983

WAN, J. J. *et al.* Muscle fatigue: general understanding and treatment. **Experimental & Molecular Medicine**, v. 49, n. 10, p. 384, 2017.

WICKE, J. *et al.* Neuromuscular Electric Stimulation as an Alternative to Dynamic Warm-Up for Anaerobic Power Activities. **Int J Sports Exerc Med**, v.8, p. 219, 2022.

WILSON, J. M. *et al.* Meta-analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 854–859, 2013.

WINWOOD, P. W. *et al.* The acute potentiating effects of heavy sled pulls on sprint performance. **J. Strength Cond. Res**, v. 30, p.1248–1254, 2016.

WOODS, K. *et al.* Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. **Sports Med**, v. 37, p.1089-1098, 2007.

XAK, J. J. Effects of the menstrual cycle on exercise performance. **Sports Med**; v.33, p.833-51, 2003.

YETTER, M.; MOIR, G. L. The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials. **J. Strength Cond. Res**, v.22, p.159–165, 2008.

ZINK-RÜCKEL, C. *et al.* Once-Weekly Whole-Body Electromyostimulation Increases Strength, Stability and Body Composition in Amateur Golfers. A Randomized Controlled Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.18(11), p.5628, 2021.