



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ- REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

OS DIFERENTES MÉTODOS DE TREINO INTERFEREM NA  
FORÇA, TERMOGRAFIA E ELETROMIOGRAFIA EM  
ATLETAS DE *POWERLIFTING* PARALÍMPICO?

JOILSON ALVES DE SOUZA LEITE JÚNIOR

São Cristóvão

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ- REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

OS DIFERENTES MÉTODOS DE TREINO INTERFEREM NA  
FORÇA, TERMOGRAFIA E ELETROMIOGRAFIA EM  
ATLETAS DE *POWERLIFTING* PARALÍMPICO?

JOILSON ALVES DE SOUZA LEITE JÚNIOR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Educação Física da Universidade Federal de Sergipe  
como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre  
em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Felipe José Aidar Martins

São Cristóvão  
2022

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CAMPUS DE LARANJEIRAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

L533d Leite Júnior, Joilson Alves de Souza.

Os diferentes métodos de treino, interferem na força, termografia e eletromiografia em atletas de powerlifting paralímpico? / Joilson Alves de Souza Leite Júnior Orientador ; Felipe José Aidar Martins.- São Cristóvão 2022.

141 f., il.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Educação Física - 2. Atletas x treinamentos 3. Musculação 4. Eletromiografia 5. Termografia . I. Martins, Felipe José Aidar. II. Título.

CDU 796.015.54

JOILSON ALVES DE SOUZA LEITE JÚNIOR

OS DIFERENTES MÉTODOS DE TREINO INTERFEREM NA  
FORÇA, TERMOGRAFIA E ELETROMIOGRAFIA EM  
ATLETAS DE *POWERLIFTING* PARALÍMPICO?

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Presidente: Prof. Dr. Felipe José Aidar Martins

---

Membro Interno: Prof. Dr. Walderi Monteiro da Silva Júnior

---

Membro Externo: Prof. Dra. Ana Filipa Silva

PARECER

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por cada etapa. Se tem uma coisa que aprendi com isso é que “Tudo é no tempo dele”.

A minha família, em especial, a meus pais e a meu filho Gabriel. Amo muito vocês.

Ao meu primeiro orientador, amigo e incentivador direto nesse processo, do início ao fim, Ângelo Paz. Pelos inúmeros cafés. Pelo nosso vôlei. E, como diz o “homi”: “Resguardando as devidas proporções”, meu muito obrigado!

Aos meus colegas, Josy, Márcio, Jainara, Luan, Vanessa, Anderson e tantos outros que estiveram compartilhando esse processo junto a mim.

Ao meu orientador, Felipão, por ter me apresentado o caminho acadêmico, tanto na pesquisa científica quanto na docência, em diferentes perspectivas. Aprendi muito e sei que aprenderei ainda mais. Como diz o coronel: “Ah se meu povo me ouvisse”. Difícil é assimilar tanta informação. O cara é uma máquina humana!

A prof. e amiga, Cici, pelos inúmeros conselhos, incentivo e ajustes de horários.

Aos atletas do Halterofilismo Paralímpico, pela parceria, conversas, viagens, dedicação, comprometimento e desempenho. Barra pra cima!

Enfim, obrigado a todos que direta ou indiretamente contribuíram nesse processo que, sem dúvidas, foi um divisor de águas.

## RESUMO

**Introdução:** O treinamento de força é uma modalidade popular e eficaz para melhorar a função muscular, o desempenho funcional e os parâmetros de saúde em uma ampla gama de populações saudáveis e clínicas. Esse tipo de treinamento é recomendado como estratégia intervencionista para a população em geral. Dentre as modalidades presentes no treino de força, observa-se o *Powerlifting* Paralímpico (PP) como um esporte que se concentra no desenvolvimento da força máxima no exercício supino reto. **Objetivos:** avaliar os efeitos de diferentes métodos de treino tradicional (TT) e excêntrico (TE), sobre a força isométrica máxima (MIF), o tempo até a força isométrica máxima (Tempo), a atividade elétrica muscular (AEM), a temperatura da pele (Tsk) no PP. **Métodos:** A amostra foi composta por 12 sujeitos do sexo masculino, classificados entre os dez melhores de suas categorias, ( $30,25 \pm 8.13$ anos;  $72,36 \pm 18.47$ kg). O estudo foi realizado no período de três semanas. Os dados foram coletados nos momentos antes, depois (imediatamente), 24h e 48h após o procedimento. **Resultados:** No peitoral esternal, houve diferença no TE nos momentos antes e 24h e antes e 48h. No peitoral clavicular, houve diferença no TE nos momentos antes e 24h e antes e 48h. Houve ainda diferença no momento 24h entre os métodos de treino. No deltóide, houve diferença no TE nos momentos antes e 24h. Houve ainda diferença no momento 24h entre os métodos. No tríceps, houve diferença no TE nos momentos antes e depois e antes e 48h. Houve ainda diferença no momento 24h entre os métodos. Não houve diferença na sEMG nos diferentes músculos em relação aos métodos de treino. Na MIF, houve diferença no TT nos momentos antes e depois, depois e 48h e 24h e 48h. No TE houve diferença nos momentos antes e depois e depois e 48h. Houve ainda diferenças no momento 48h entre os métodos de treino. No Tempo, não houve diferença entre os métodos. **Conclusão:** A partir dos resultados encontrados pelo nosso estudo observamos que o TE promoveu aumentos na Tsk registrados em até 48 após a sessão de treino, indicando uma maior fadiga muscular. No entanto, o mesmo não aconteceu com o TT. Pôde-se perceber ainda maior produção da MIF, indicando que os atletas continuaram tendo fadiga muscular mesmo após a realização do método de TE.

**Descritores:** *Powerlifting* Paralímpico, Força muscular, Treinamento de força, Eletromiografia de superfície, Termografia.

## ABSTRACT

**Introduction:** Strength training is a popular and effective modality for improving muscle function, functional performance and health parameters in a wide range of healthy and clinical populations. This type of training is recommended as an interventionist strategy for the general population. Among the modalities present in strength training, Paralympic *Powerlifting* (PP) is observed as a sport that focuses on the development of maximum strength in the bench press exercise. **Objectives:** to evaluate the effects of different traditional (TT) and eccentric (ET) training methods on maximal isometric strength (MIF), time to maximal isometric strength (Time), muscle electrical activity (AEM), skin temperature (Tsk) in PP. **Methods:** The sample consisted of 12 male subjects, classified in the top ten of their categories, ( $30.25 \pm 8.13$  years;  $72.36 \pm 18.47$  kg). The study was carried out over a period of three weeks. Data were collected before, after (immediately), 24h and 48h after the procedure. **Results:** In the sternal chest, there was a difference in the ET in the moments before and 24h and before and 48h. In the pectoral clavicular, there was a difference in the ET in the moments before and 24h and before and 48h. There was also a difference in the 24h time between the training methods. In the deltoid, there was a difference in the ET in the moments before and 24h. There was also a difference in the 24h time between the methods. In the triceps, there was a difference in the ET in the moments before and after and before and 48h. There was also a difference in the 24h time between the methods. There was no difference in sEMG in the different muscles in relation to the training methods. In the FIM, there was a difference in the TT in the moments before and after, after and 48h and 24h and 48h. In the ET there was a difference in the moments before and after and after and 48h. There were also differences at the 48 h time between the training methods. In Time, there was no difference between the methods. **Conclusion** From the results found by our study, we observed that TE promoted increases in Tsk recorded up to 48 after the training session, indicating greater muscle fatigue. However, the same did not happen with the TT. It was possible to notice even greater production of FIM, indicating that the athletes continued to have muscle fatigue even after performing the ET method.

**Keywords:** Paralympic *Powerlifting*, Muscle strength, Strength training, Surface electromyography, Thermography.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Categorias por peso corporal.	12
<b>Tabela 2</b>	Caracterização da amostra (Idade (anos); Peso corporal (kg); Teste de 1RM no supino reto (kg); 1RM/Peso corporal).	21

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Desenho experimental – Cronograma semanal de testes. Legenda: 1RM: 1 Repetição Máxima; MIF: Força Isométrica Máxima; Tempo: Tempo até a Força Isométrica Máxima; Termo: Termografia; sEMG: Eletromiografia de Superfície.	20
<b>Figura 2</b>	Ilustração das imagens térmicas nos diferentes momentos do treino: A) Antes, B) imediatamente depois, C) 24h, D) 48h do TT; E) Antes, F) imediatamente depois, G) 24h, H) 48h do TE.	24
<b>Figura 3</b>	Termografia nos músculos: <b>(A)</b> Peitoral maior porção esternal, <b>(B)</b> Peitoral maior porção clavicular, <b>(C)</b> Deltoide porção anterior e <b>(D)</b> Tríceps braquial, nos momentos antes, depois, 24 horas e 48 horas depois.	26
<b>Figura 4</b>	Atividade elétrica muscular através da eletromiografia de superfície (sEMG) (A) Pico e (B) Média, dos diferentes grupos músculos: Peitoral maior porção esternal (P. Sternal), Peitoral maior porção clavicular (P. Clavicular), Deltoide porção anterior (Deltoid), Tríceps braquial cabeça longa (Tríceps).	27
<b>Figura 5</b>	Análise dos indicadores estáticos da força: <b>(A)</b> Força isométrica máxima (MIF) e <b>(B)</b> Tempo até a MIF (Tempo) em diferentes momentos. Legenda: Antes (Before), Depois (After), 24h depois (24 hours) e 48h depois (48 hours).	28

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>10</b>
<b>2. O ESTADO DA ARTE</b>	<b>12</b>
2.1 <i>POWERLIFTING</i> PARALÍMPICO	12
2.2 FORÇA MUSCULAR	13
2.3 ATIVIDADE ELÉTRICA MUSCULAR	14
2.4 TEMPERATURA DA PELE	16
2.5 MÉTODOS DE TREINO	17
<b>3. OBJETIVOS E HIPÓTESES</b>	<b>19</b>
3.1 OBJETIVO GERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3.3 HIPÓTESES	19
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>20</b>
4.1 Desenho do Estudo	20
4.2 Amostra	21
4.3 Instrumentos e Procedimentos	21
4.3.1 Determinação da Carga	22
4.3.2 Aquecimento	22
4.3.4 Força Isométrica Máxima (MIF) e Tempo até a MIF (Tempo)	22
4.3.5 Eletromiografia de superfície (sEMG)	23
4.3.6 Termografia (Termo)	24
4.4 Análise Estatística	25
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>26</b>
<b>6. DISCUSSÃO</b>	<b>29</b>
<b>7. CONCLUSÃO</b>	<b>35</b>
<b>8. REFERÊNCIAS</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O treinamento de força é uma modalidade esportiva eficaz na melhorar da função muscular, do desempenho funcional e dos parâmetros de saúde, relacionados a parte clínica e ao desempenho esportivo (LOPEZ *et al.*, 2022). Esse tipo de treinamento é recomendado como estratégia intervencionista para a população em geral (IVERSEN *et al.*, 2021).

Além disso, a força muscular tem sido fortemente associada a menor risco de lesões, ressaltando ainda a importância da massa muscular e da função muscular como indicadores de saúde física (SCHUMANN *et al.*, 2022). O treinamento de força envolve o uso de resistência (por exemplo, máquinas, peso corporal, bandas elásticas, pesos livres), contribuindo para o aumento da força muscular (MA *et al.*, 2022). O aumento do volume e da força muscular são considerados importantes e desejáveis por indivíduos em geral, para desempenho ou saúde e melhoria funcional (LOPEZ *et al.*, 2022).

As ações musculares envolvidas durante o movimento podem ser categorizadas em concêntrico, excêntrico e isométrico. A maioria dos exercícios de treinamento de força, e dos movimentos corporais humanos em geral, consistem em acoplamento dessas ações musculares, e as respostas ideais dependentes do seu treinamento (IVERSEN *et al.*, 2021).

Dentre as modalidades presentes no treinamento, observa-se o *Powerlifting* Paralímpico (PP) como um esporte que se concentra no desenvolvimento da força máxima no exercício supino reto, com alguns atletas sendo capazes de levantar três vezes seu peso corporal (MENDONÇA *et al.*, 2021)

Os recordistas mundiais paralímpicos demonstraram maior força quando comparado aos convencionais, em seis das oito categorias de pesos para os homens. Assim, os resultados dos atletas paralímpicos foram melhores, apresentando maior força quando comparado aos atletas convencionais (VAN DEN HOEK *et al.*, 2022). Corroborando com esse fato, as competições de PP estão cada vez mais ganhando notoriedade no cenário paralímpico (IPC, 2022).

Esclarecimentos quanto aos programas de treino utilizados na comunidade paralímpica certamente contribuirão para o desenvolvimento de treinadores e atletas na performance esportiva. Nesse sentido, como não existe um consenso quanto ao método de treinamento mais eficaz na preparação de atletas, este estudo teve como objetivo analisar os efeitos de diferentes métodos de treinamento de força tradicional

(TT) e excêntrico (TE), sobre os indicadores da força isométrica máxima (MIF) e o tempo até a força isométrica máxima (Tempo), a eletromiografia de superfície (sEMG) e a termografia (Termo) no *Powerlifting* Paralímpico (PP). Tivemos como hipóteses: I) que o TE apresenta maior MIF e menor Tempo, ao se comparar com o TT, II) que a atividade elétrica muscular (AEM) e a temperatura da pele (Tsk) apresentam níveis maiores no TE, em relação ao TT.

## 2. O ESTADO DA ARTE

### 2.1. POWERLIFTING PARALÍMPICO

Como mencionado anteriormente, o PP é uma modalidade de força muscular, dividida por categoria de peso corporal, adaptada do PC, onde competem homens e mulheres com deficiência nos membros inferiores, baixa estatura e paralisados cerebrais. Cada competidor possui três tentativas, objetivando levantar a maior carga válida como resultado final (AIDAR *et al.*, 2021<sup>a</sup>; IPC, 2022). A participação na competição é livre para todos os indivíduos elegíveis, nas categorias vigentes: novato (15 a 17 anos), próxima geração (18 a 20 anos), elite (+15 anos) e lenda (+45 anos) (IPC, 2022).

Durante o movimento, os principais músculos envolvidos são: o peitoral maior (porções esternal e clavicular), o deltóide anterior e o tríceps braquial (cabeça longa) (FRAGA *et al.*, 2020; AIDAR *et al.*, 2022). A execução do supino reto consiste na fase excêntrica e concêntrica. Na fase excêntrica, o indivíduo remove a barra do rack, posiciona os braços com os cotovelos estendidos e travados, e ao sinal do árbitro, desce a barra até tocar o peito, realizando uma parada visível. A fase concêntrica consiste no retorno a posição inicial, até que os braços estejam novamente estendidos e os cotovelos travados. O atleta deve permanecer estático nesta posição até que o árbitro sinalize o retorno da barra ao rack (IPC, 2022).

A atualização das Regras e Regulamentos oficiais do *World Para Powerlifting* (WPPO) entraram em vigor em março de 2022, após 3 anos de consulta e adesão a todas as partes interessadas (IPC, 2022). As categorias presentes na modalidade estão descritas na tabela 1, juntamente com a faixa de peso corporal limítrofe:

**Tabela 1:** Categorias por peso corporal.

Gênero	Categoria	Peso Corporal Mínimo (kg)	Peso Corporal Máximo (kg)
Feminino	Até 41.0kg	-	41.0
	Até 45.0kg	41.1	45.0
	Até 50.0kg	45.1	50.0
	Até 55.0kg	50.1	55.0
	Até 61.0kg	55.1	61.0
	Até 67.0kg	61.1	67.0
	Até 73.0kg	67.1	73.0
	Até 79.0kg	73.1	79.0
	Até 86.0kg	79.1	86.0
	Acima de 86.0kg	86.1	-
Masculino	Até 49.0kg	-	49.0
	Até 54.0kg	49.1	54.0
	Até 59.0kg	54.1	59.0

	<b>Até 65.0kg</b>	59.1	65.0
	<b>Até 72.0kg</b>	65.1	72.0
	<b>Até 80.0kg</b>	72.1	80.0
	<b>Até 88.0kg</b>	80.1	88.0
	<b>Até 97.0kg</b>	88.1	97.0
	<b>Até 107.0kg</b>	97.1	107.0
	<b>Acima de 107.0kg</b>	107.1	-

**Fonte:** Adaptado do livro de regras do *Powerlifting* Paralímpico (WPPO, 2022).

A primeira edição dos jogos paralímpicos aconteceu em 1960, na Roma. O Brasil teve sua estreia em 1972, na Alemanha. A partir de 1988, em Seul, o evento passou a ser realizado na mesma cidade sede dos Jogos Olímpicos e esse formato ocorre até os dias atuais. O Comitê Paralímpico Brasileiro (CPB) foi fundado em 1995, com a primeira sede em Niterói, Rio de Janeiro, mudando para Brasília, onde permanece até hoje. Em 2016, o Centro de Treinamento Paralímpico do Brasil foi inaugurado em São Paulo, servindo como sede da aclimatação brasileira para a paralimpíada do Rio 2016 em 15 modalidades: atletismo, basquete, esgrima, rúgbi e tênis em cadeira de rodas, bocha, natação, futebol de 5 (para cegos), futebol de 7 (para paralisados cerebrais), goalball, halterofilismo, judô, tênis de mesa, triatlo e vôlei sentado. No Rio 2016, a delegação brasileira enviou o maior número de atletas, com 278, atingindo também o maior número de pódios, ao conquistar 72 medalhas, sendo 14 ouros, 29 pratas e 29 bronzes, fechando a participação em 8º lugar (IPC, 2022).

## 2.2. FORÇA MUSCULAR

A fisiologia da contração muscular inicia com a excitação neural, com a entrada eletroquímica de um  $\alpha$ -motoneuron, desencadeando um potencial de ação que despolariza todas as fibras musculares que inerva. Eventos após a excitação que fazem com que um músculo produza força ativa através da ponte cruzada *actin-myosin*, também conhecida como acoplamento excitação-contração. O estado ativo de um músculo, varia de 0% (todas as fibras inativas) a 100% (todas as fibras ativas) (ZATSIORSKY e PRILUTSKY, 2012). Atribui-se, biologicamente, como definição a força muscular, a capacidade de tensão que um músculo ou grupo muscular pode gerar em um padrão específico de movimento, em uma determinada velocidade de movimento, dependente da frequência e do recrutamento das unidades motoras (FLECK e KRAMER, 2017). Fatores como comprimento, angulação articular, velocidade de contração e tempo de contração podem influenciar na mensuração da força muscular (FERGUSON, 2014).

O treinamento de força é um processo de grande importância no estímulo as adaptações neurais, de modo a recrutar os músculos de forma mais eficiente no desempenho do exercício muscular (FLECK e KRAEMER, 2017). Segundo Knuttgen e Kraemer (1987), a força máxima pode ser gerada a uma específica velocidade, podendo essa velocidade de ação ser zero (força isométrica), mas também pode haver uma faixa de velocidade de contração e relaxamento diante de ações concêntricas e excêntricas (força dinâmica).

A avaliação da força muscular pode ajudar na detecção de limitações físicas e no rendimento, durante o planejamento de programas de exercícios que melhoram o condicionamento físico antes que ocorram lesões. Essa força muscular pode ser avaliada de forma estática ou dinâmica. A força estática ou isométrica pode ser medida convenientemente usando uma variedade de dispositivos, incluindo, tensiômetros e dinamômetros (FERGUSON, 2014). Enquanto a força dinâmica pode ser medida através de um codificador Linear, equipamento confiável durante o supino reto (GUERRA *et al.*, 2022).

### 2.3. ATIVIDADE ELÉTRICA MUSCULAR

A atividade elétrica (AEM) que ocorre na musculatura esquelética se tornou foco de estudos na área da medicina esportiva e ciência do esporte e reabilitação. A AEM é resultante da atividade eletroquímica das fibras musculares ativas, sendo avaliada através da eletromiografia de superfície (sEMG). A AEM é detectada a partir das despolarizações e hiperpolarizações que ocorrem no sarcolema (membrana da fibra muscular). Essas despolarizações são necessárias e precedem a contração muscular (VIGOTSKY *et al.*, 2018). Essa atividade pode ser medida por padrões de amplitude caracterizados pela totalidade das unidades motoras recrutadas (OLIVALOZANO e MUYOR, 2020). Esse recrutamento neuromuscular tem sido avaliado apenas pela amplitude eletromiográfica para observar a influência da carga de exercício como estímulo externo para maior desenvolvimento muscular (GOLAS *et al.*, 2018).

Existem essencialmente cinco categorias principais de dados que podem ser derivados da análise EMG: a atividade muscular, o grau de atividade muscular, quando o músculo “liga” ou “desliga”, quando o músculo está ativo e o grau de fadiga muscular (KONRAD, 2005; GOLAS *et al.*, 2018). Fatores anatômicos, patológicos, ambientais e induções eletromagnéticas podem interferir nas características e

registros obtidos do sinal. Outros fatores que também podem interferir são: o diâmetro das fibras musculares, o número de unidades motoras ativas, a velocidade de condução do potencial de ação ao longo da fibra muscular, o tipo de fibra muscular e a taxa de disparo das unidades motoras (KONRAD, 2005).

O estado ativo de um músculo e está relacionada à magnitude da força produzida ativamente em relação à sua capacidade máxima de produzir força ativamente, variando de 0% (todas as fibras inativas) a 100% (todas as fibras ativas) (VIGOTSKY *et al.*, 2018), podendo estimar qual musculatura é mais solicitada dentre os músculos envolvidos na cinética de um determinado movimento (GUERRA *et al.*, 2022). Assim, conhecer o nível de AEM é fundamental para o desenvolvimento de força e da massa muscular (MUJOR *et al.*, 2019).

Em vez de medir a ativação, a sEMG mede mudanças na polaridade da membrana das fibras musculares resultantes da excitação neural (VIGOTSKY *et al.*, 2018). A atividade neuromuscular não depende apenas da co-ativação dos músculos motores primários, mas também da ativação dos músculos antagonistas como estabilizadores (STASTNY *et al.*, 2017).

Os métodos mais adequados para reunir e avaliar a AEM podem ser debatidos. Isso ocorre porque os eletrodos de superfície mudam em direção à zona de inervação durante movimentos dinâmicos, o que significa que quaisquer alterações no comprimento do músculo ou ângulos articulares afetariam os sinais EMG resultantes (STASTNY *et al.*, 2017). Deve-se notar que a amplitude sEMG não é apenas uma função de recrutamento, mas também inclui fatores como codificação de taxa (frequência de disparo), sincronização (descarga simultânea de unidades motoras), velocidade de propagação (velocidade na qual um potencial de ação viaja ao longo da membrana de uma fibra muscular) e potenciais de ação intracelular (SCHOENFELD *et al.*, 2017).

Durante a fase de treinamento, cargas mais pesadas são necessárias para aumentar a força. Embora isso esteja em consonância com o princípio da especificidade, no PP, o levantamento de cargas submáximas e máximas provoca uma ativação simultânea da maioria das unidades motoras envolvidas no movimento (GOLAS *et al.*, 2018). Nesse sentido, a intensidade do exercício tende a ser o fator chave para a atividade muscular, interagindo com outras condições de exercício (STASTNY *et al.*, 2017).

## 2.4. TEMPERATURA DA PELE

A termografia médica infravermelha é um instrumento de análise não invasiva e não radioativa, capaz de analisar funções fisiológicas relacionadas ao controle da temperatura da pele através de aplicações irrestritas e seguras (CÔRTE e HERNANDEZ, 2016).

A elevação da temperatura resulta na vasodilatação, levando ao aumento do fluxo sanguíneo, enquanto a vasoconstrição ocorre pela diminuição da temperatura e resulta na redução do fluxo sanguíneo da pele (CÔRTE e HERNANDEZ, 2016). Sendo assim, a termografia descreve essas alterações através de raios infravermelhos que mapeiam a região, sendo bem aceito na medicina, devido a seu baixo custo, realização rápida, precisa e indolor (NEVES *et al.*, 2015). Nessa direção, o aparecimento de inflamação, dor e diminuição do desempenho dos atletas estão associados a danos musculares induzidos pelo exercício (FRAGA *et al.*, 2020).

O corpo humano saudável, possui uma simetria térmica entre os membros, essencial na avaliação da normalidade do termograma. Recentemente, tem-se prestado grande atenção ao estudo da assimetria, que pode ser definida como uma irregularidade ou desequilíbrio mecânico em partes correspondentes do corpo (BISHOP *et al.*, 2017). A termografia é o método utilizado para identificar as diferenças de temperatura da pele (Tsk) relacionadas à alteração no fluxo sanguíneo (CÔRTE e HERNANDEZ, 2016) que podem indicar possíveis lesões. O risco de lesão é possível ser quantificado através de uma escala proposta por Marins *et al.* (2015), onde os resultados são classificados entre normal (assimetrias  $\leq 0,4^{\circ}\text{C}$ ) até grave (assimetria  $\geq 1,6^{\circ}\text{C}$ ), identificando uma assimetria patológica ou não, dependendo da diferença encontrada. Teoricamente, maiores escores de assimetria poderiam induzir um baixo desempenho físico, aumentando assim o risco potencial de lesões não traumáticas e comprometendo a eficiência técnica (CHALMERS *et al.*, 2018).

Os equipamentos mais modernos contribuem para que a termografia seja considerada uma ferramenta válida, precisa e confiável para medir a temperatura (FERNANDES *et al.*, 2016). E, para realização de uma análise termográfica, é importante conhecer fatores que influenciam o resultado do exame, como fatores ambientais (tamanho da sala de coleta, temperatura ambiental, umidade relativa do ar), fatores técnicos (câmera, protocolo, software) e fatores individuais (sexo, idade, antropometria, uso de medicamentos) (MARINS *et al.*, 2015; CÔRTE e HERNANDEZ, 2016; FERNANDES *et al.*, 2016)

As bases fisiológicas que sustentam a utilização da termografia como técnica de controle de treinamento, uma vez que após a realização do exercício físico existe um processo inflamatório agudo onde é possível identificar os sinais de inflamação como: dor, calor, rubor, tumor e perda de função (HANNOODEE e NASURUDDIN, 2022), se estendendo a até 96 horas após o exercício, especialmente após o exercício de alta intensidade (FRAGA *et al.*, 2020).

Considerando a possibilidade de atletas serem monitorados através da temperatura da pele, torna-se viável o uso deste recurso na preparação da modalidade paralímpica em questão como forma de controle da fadiga muscular que pode chegar a 48h após a realização do treinamento em atletas de alto rendimento. Nesse sentido, espera-se que benefícios na periodização, no sentido dose/respostas, sejam relacionados a integridade dos atletas, durante as fases do programa de treinamento.

## 2.5. MÉTODOS DE TREINO

No treinamento de força, os programas de treinamento proporcionam aumento da força muscular e da hipertrofia, além de inúmeros benefícios para a saúde (IVERSEN *et al.*, 2021). Recentemente, numa revisão sistemática, Moesgaard *et al.* (2022) investigaram se há efeito da periodização do volume e intensidade na força máxima e hipertrofia muscular em indivíduos treinados e não treinados. Os autores mostraram que quando o volume é equiparado entre as condições, o treinamento periodizado tem maior efeito na força de 1RM em comparação com o treinamento não periodizado, em indivíduos treinados.

Um programa tradicional de treinamento de força e hipertrofia para adultos treinados consiste em estimular os principais grupos musculares com 2 a 4 séries, de 6 a 12 repetições, com 70 a 85% de 1RM (IVERSEN *et al.*, 2021). Por outro lado, o PP tem particularidades em relação às possíveis adaptações que o treinamento tende a proporcionar, especialmente em relação às variáveis mecânicas. E, devido a essa especificidade, sugere-se que os atletas de *Powerlifting* realizem programas de treinamento especializados, tendo como exemplo, o treinamento com 5 séries de 5 repetições, com intensidade que variam a partir de 85% de 1RM, para obter adaptações em relação à força muscular máxima (AIDAR *et al.*, 2022).

Ainda sobre o treinamento de força, as unidades motoras são recrutadas de forma ordenada, sendo aumentada de acordo com a magnitude de sua produção de

força, com pequenas unidades motoras sendo recrutadas primeiro (GRGIC *et al.*, 2021). Esta condição tem sido apontada como forma ideal de treinamento para alcançar aumentos na força muscular e hipertrofia (GRGIC *et al.*, 2021). Desta forma, em geral, um músculo passa por duas fases durante a contração, a fase excêntrica (alongamento muscular) seguida pela fase concêntrica (encurtamento muscular) (VAN DEN TILLAAR e KWAN, 2020; IVERSEN *et al.*, 2021; QUINLAN *et al.*, 2021). E, para que um músculo gere força máxima, as fibras musculares devem operar perto da região de sobreposição de miofiliação ideal durante a contração muscular (QUINLAN *et al.*, 2021). A realização de uma ação excêntrica (ECC) antes de uma ação concêntrica (CON) influencia positivamente a execução concêntrica, que é conhecida como o ciclo de encurtamento e alongamento (VAN DEN TILLAAR e KWAN, 2020). Dois modos distintos de remodelação arquitetônica muscular foram encontrados em resposta ao treinamento CON e ECC. Onde, o CON resulta em maior aumento do ângulo de penetração do fascículo em comparação com o ECC, e o ECC leva a um maior aumento no comprimento do fascículo em comparação com o CON (QUINLAN *et al.*, 2021). A maior carga utilizada durante a ação ECC demonstrou aumentar a atividade muscular excêntrica, de modo que é equivalente à ação CON subsequente. No entanto, o aumento da atividade muscular e das forças durante a ação ECC pode não ser suficiente para potencializar a *performance* durante a ação CON no exercício supino reto (TABER *et al.*, 2021).

Durante o exercício supino reto, o treinamento excêntrico demonstrou eficácia em potencializar performances agudas em comparação com o treinamento tradicional, onde a carga excêntrica é igual à carga concêntrica, no entanto, resultados divergentes foram demonstrados, o que pode ser atribuído a diferenças na carga e outras variações entre os protocolos de treinamento excêntrico (TABER *et al.*, 2021).

É consenso que nos esportes de força, particularmente onde cargas máximas são exigidas, o treinamento com altas cargas é vantajoso (princípio da especificidade) (SCHOENFELD *et al.*, 2017). Porém, evidências atuais inconsistentes sobre este tema dificultam a capacidade de desenhar recomendações práticas para o programa de treinamento de força muscular (GRGIC *et al.*, 2021).

### 3. OBJETIVOS E HIPÓTESES

#### 3.1. Objetivo geral:

Analisar os efeitos de diferentes métodos de treinamento de força tradicional (TT) e excêntrico (TE), sobre a força isométrica máxima (MIF), o tempo até a MIF (Tempo), a atividade elétrica muscular (AEM) e a temperatura da pele (Tsk) no *Powerlifting* Paralímpico (PP).

#### 3.2. Objetivos específicos:

Avaliar a força isométrica máxima (MIF) e o tempo até a força isométrica máxima (Tempo) nos métodos de treino tradicional (TT) e excêntrico (TE) em atletas de powerlifting paralímpico (PP).

Avaliar a atividade elétrica muscular (AEM) nos métodos de treino tradicional (TT) e excêntrico (TE) em atletas powerlifting paralímpico (PP).

Avaliar a temperatura da pele (Tsk) nos métodos de treino tradicional (TT) e excêntrico (TE) e sua relação com a fadiga muscular em atletas de powerlifting paralímpico (PP).

#### 3.3. Hipóteses:

O treinamento excêntrico (TE) apresenta maior força isométrica máxima (MIF) e menor tempo até a força isométrica máxima (Tempo), ao se comparar com o treino tradicional (TT).

A atividade elétrica muscular (AEM) e a temperatura da pele (Tsk) apresentam níveis maiores no treinamento excêntrico (TE), em relação ao treinamento tradicional (TT).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Desenho do Estudo

O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal de Sergipe - Brasil, durante um período de três semanas. Os atletas foram pesados e realizaram o teste de 1RM. Em seguida, foram coletados dados da força isométrica máxima (MIF), tempo até a MIF (Tempo), termografia (Termo) e eletromiografia de superfície (sEMG), o método de treino TT, com sobrecarga concêntrica e excêntrica de 80% de 1RM, descrito por (AUSTIN e MANN, 2012) e o método de treino TE, com sobrecarga concêntrica de 80% de 1RM e a excêntrica de 110% de 1RM, descrito por (TABER *et al.*, 2021), com um sistema adaptado que ao tocar no solo se desprendia da barra, liberando a carga excedente para fase concêntrica do movimento, como mostrado em Figura 1 (desenho experimental, cronograma semanal de testes). Durante a realização do teste, os atletas receberam incentivo verbal para fazer o máximo de esforço. A sEMG foi realizada na última série de cada método de treinamento. A Termo, a MIF e o Tempo foram realizados antes, depois (imediatamente), 24h e 48h após o procedimento.

Semanas	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Outros dias
Semana 1 (Familiarização) 1RM, MIF, Tempo, Termo e sEMG	Antes, depois 	24h 	48h 	→ Descanso
Semana 2 (Treino Tradicional) MIF, Tempo, Termo e sEMG	Antes, depois 	24h 	48h 	→ Descanso
Semana 3 (Treino excêntrico) MIF, Tempo, Termo e sEMG	Antes, depois 	24h 	48h 	→ Descanso

**Figura 1**

Desenho experimental – Cronograma semanal de testes. Legenda: 1RM: 1 Repetição Máxima; MIF: Força Isométrica Máxima; Tempo: Tempo até a Força Isométrica Máxima; Termo: Termografia; sEMG: Eletromiografia de Superfície.

#### 4.2. Amostra

A amostra foi composta por 12 sujeitos do sexo masculino, considerados atletas de elite de PP, participantes do projeto de extensão da Universidade Federal de Sergipe – UFS - Brasil. Todos os sujeitos disputam competições certificadas pelo Comitê Paralímpico Brasileiro (CPB) e, portanto, são elegíveis para a modalidade esportiva citada (IPC, 2022). A caracterização da amostra é apresentada na Tabela 2, onde foram utilizadas estatísticas descritivas com base na média e no desvio padrão de cada variável.

**Tabela 2:** Caracterização da amostra.

Variáveis	Valores
Idade (anos)	30,25 ± 8.13
Peso corporal (Kg)	72,36 ± 18.47
Teste de 1RM no supino reto (Kg)	125,00 ± 37,83
1RM/Peso corporal	1,74 ± 0,31

**Legenda:** RM: Repetição Máxima; Valores expressos em média e desvio padrão.

Os atletas participaram voluntariamente do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), de acordo com a Resolução 466/2012 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Conselho Nacional de Saúde, seguindo os princípios éticos expressos na Declaração de Helsinque (1964, reformulada em 2013) da Associação Médica Mundial. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe, CAAE: 2.637.882 (data de aprovação: 7 de maio de 2018).

#### 4.3. Instrumentos e Procedimentos

A massa corporal foi mensurada com os sujeitos sentados em uma balança eletrônica para cadeira de rodas Micheletti (*Model Mic Wheelchair*) do tipo plataforma eletrônica digital (Micheletti, São Paulo, Brasil), com capacidade de peso máximo de 300 kg (dimensões de 1,50 x 1,50m). Para realização do exercício supino foi utilizado um banco reto oficial (*Eleiko Sport AB, Halmstad, Suécia*), aprovado pelo Comitê Paralímpico Internacional (IPC, 2022). A barra utilizada foi da Eleiko, 220 cm (*Eleiko Sport AB, Halmstad, Suécia*) pesando 20 kg.

#### 4.3.1. Determinação da Carga

Para determinação da carga de treino, foi realizado o teste de 1RM no supino usando um banco oficial e barra olímpica IPC (*Eleiko Sport AB, Halmstad, Suécia*), aprovado pelo Comitê Paralímpico Internacional. O teste de 1RM foi realizado e cada atleta iniciou as tentativas com um peso que acreditava levantar apenas uma vez, sendo adicionado mais peso, caso fosse necessário, até chegar à carga máxima. Caso o atleta não conseguisse realizar uma única repetição, foram diminuídos de 2,4 a 2,5% da carga utilizada no teste. Os atletas descansaram de 3 e 5 minutos entre as tentativas (DE AQUINO RESENDE *et al.*, 2021).

No início de cada dia de teste, os atletas realizaram um aquecimento prévio para os membros superiores, com três séries de 10 a 20 repetições em aproximadamente 20 minutos (FRAGA *et al.*, 2020). Em seguida, foi realizado um aquecimento específico no supino reto com 30% da carga para 1RM, onde foram realizadas 10 repetições lentas seguidas de 10 repetições rápidas para iniciar o procedimento (FRAGA *et al.*, 2020).

#### 4.3.2. Aquecimento

Os sujeitos realizaram um aquecimento prévio para membros superiores utilizando três exercícios (abdução dos ombros com halteres, desenvolvimento dos ombros na máquina, rotação dos ombros com halteres) com uma série de 20 repetições em aproximadamente 10 minutos. Em seguida foi realizado um aquecimento específico no supino reto só com a barra (20kg), sem peso extra, utilizando 10 repetições lentas (3,0 X 1,0 segundos, excêntrica x concêntrica) e 10 repetições rápidas (1,0 X 1,0 segundos, excêntrica x concêntrica). Os sujeitos realizaram cinco repetições com 30% de 1RM, três repetições com 50% de 1RM e uma repetição com 70% de 1RM, com descanso mínimo de três minutos (AUSTIN e MANN, 2012; DE AQUINO RESENDE *et al.*, 2021).

#### 4.3.3. Força Isométrica Máxima (MIF) e Tempo até a Força Isométrica Máxima (Tempo)

As medidas da força isométrica máxima (MIF) e do tempo até a força isométrica máxima foram determinadas por uma célula de carga *Chronojump* (*Chronojump, BoscoSystem, Barcelona, Espanha*) (MENDONÇA *et al.*, 2021), com capacidade de 500Kg, impedância de saída de  $350 \pm 30\Omega$ , resistência de isolamento mais de 2000

cc, impedância de entrada  $365 \pm 5\text{ohm}$ , conversor analógico digital 24-bit e 80Hz. Para fixação do equipamento ao banco, foram utilizados mosquetões Spider HMS Simond (*Simmond, Chamonix, França*), com carga de ruptura de 21 KN, (*UIAA*). Para fixar a célula de carga ao banco, foi utilizada uma corrente de aço com carga de ruptura de 2.300 Kg. Uma distância perpendicular entre a célula de carga e o centro da articulação foi utilizada como referência (*TELES et al., 2021*).

A MIF foi medida pela força máxima gerada pelos músculos dos membros superiores no exercício supino (*IPC, 2022*). O MIF é determinado em Newton (N) pela fórmula  $N = (M) \times (C)$ , onde M = massa em Kg e  $C = 9,80665$ , medida entre o ponto de fixação do cabo da célula de carga e o banco do supino. Para o teste isométrico, os cotovelos foram posicionados no ângulo próximo a  $90^\circ$ , com a angulação verificada através de um flexímetro pendular modelo FL6010 (*Sanny, São Bernardo do Campo, Brasil*). Os atletas foram orientados a realizar um movimento máximo, buscando estender os cotovelos com o máximo de velocidade, para avaliação da MIF. Os atletas tiveram que manter a contração máxima por 5,0s, para avaliação do tempo até a MIF (*TELES et al., 2021*).

#### 4.3.4. Eletromiografia de Superfície (sEMG)

Os sinais eletromiográficos foram captados por meio de eletrôdos simples (*MAXICOR - Shanghai Intco Electrode Manufacturing Co Ltd, China*), posicionados paralelamente às fibras musculares, a 2,0cm do centro no ponto de maior área muscular dos músculos peitoral maior porções esternal e clavicular, deltóide anterior e tríceps braquial cabeça longa. O eletrôdo de referência foi posicionado sobre o olécrano. A área da pele onde foram colocados os eletrôdos foi previamente raspada e limpa com álcool. Os eletrôdos (11,0mm de diâmetro de contato e 2,0cm de distância centro a centro) foram colocados ao longo da direção presumida da fibra muscular de acordo com as recomendações do SENIAM (*Surface Electro Myo Graphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*) (*GUERRA et al., 2022*).

O equipamento utilizado foi um eletromiógrafo MIOTEC com 8 canais (*MIOTEC, Porto Alegre, RS, Brasil*). Os dados foram filtrados utilizando um filtro passa-banda Butterworth de segunda ordem de 20–500Hz; entalhe de 60Hz. O cálculo da amplitude do sinal foi feito utilizando a raiz quadrada média (RMS), com janela de 100 RMS, com normalização por percentual da contração isométrica

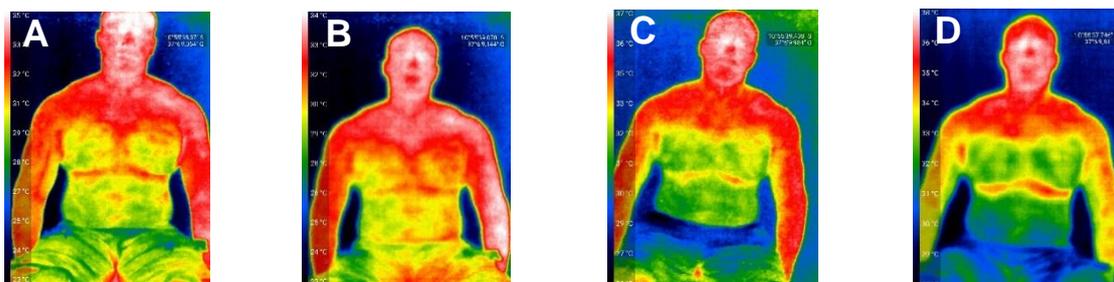
voluntária máxima (CVMI), considerando o tempo que cada atleta utilizou para realizar a fase concêntrica do movimento.

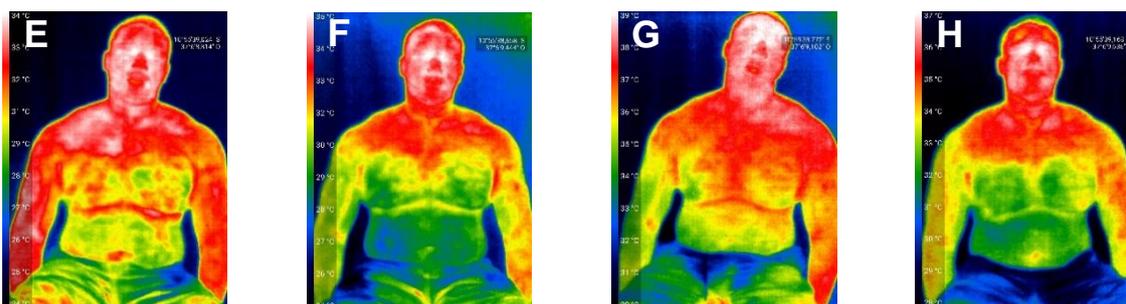
A normalização do sinal foi realizada antes do teste, com a determinação da CVMI através da execução de um 1RM isométrico do supino, com duração de 6s. Os valores da CVMI obtidos foram registrados no software da eletromiografia e utilizados para normalização, podendo ser acessados no relatório fornecido pelo software do equipamento para análise neste estudo, adaptado de (GOLAS *et al.*, 2018; FRAGA *et al.*, 2020).

#### 4.3.5. Termografia (Termo)

Para captura da Imagem termográfica, uma sala foi devidamente preparada para o experimento, com iluminação artificial, temperatura mantida através de um ar condicionado e monitorado por um Higrômetro (*HM-01; HIGHMED, USA*), com temperatura ambiente em torno de 24°C e umidade relativa em torno de 50% (AIDAR *et al.*, 2022).

Para obtenção dos termogramas, os atletas permaneceram sentados e não realizaram movimentos bruscos e foram orientados a não realizar atividade física vigorosa nas 24h anteriores, a não consumir álcool ou cafeína e a não utilizar qualquer tipo de creme ou loções na pele até 6h antes da avaliação (MARINS *et al.*, 2015). As imagens foram capturadas por uma câmera termográfica (*Seek Thermal Compact Pro, Moscou, Rússia*) com uma resolução de 320 x 240 pixels e faixa de temperatura de -4 a 330°C a uma distância de 0,91m a 5,48m. A região corporal de interesse foi o peitoral maior porções esternal e clavicular, deltóide anterior e tríceps braquial cabeça longa (FRAGA *et al.*, 2020; AIDAR *et al.*, 2022).





**Figura 2.** Ilustração das imagens térmicas nos diferentes momentos do treino.

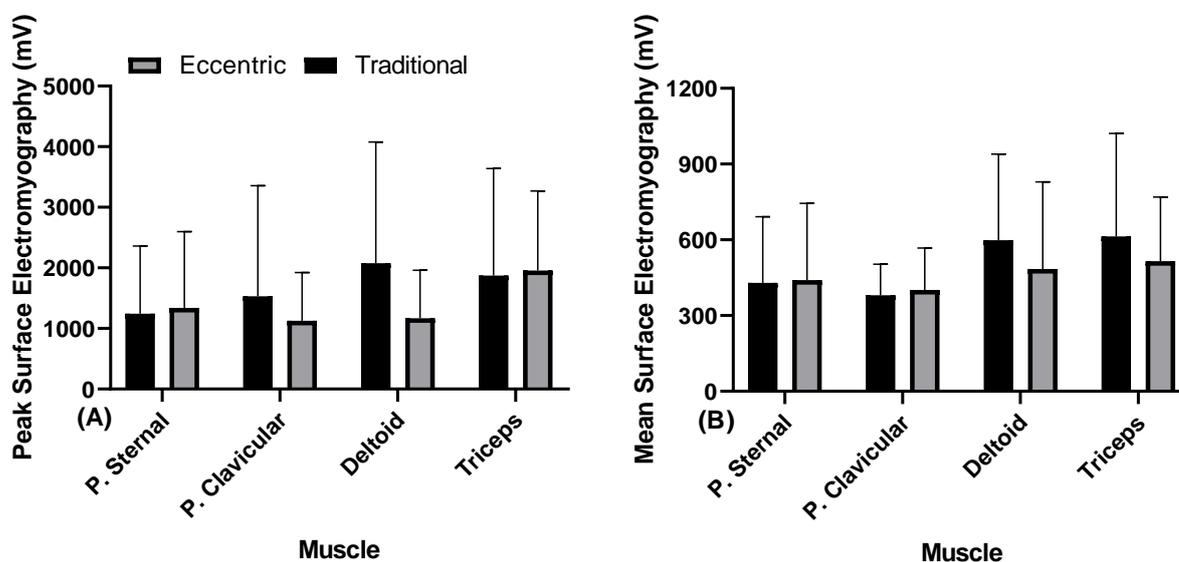
**Legenda:** A) Antes, B) imediatamente depois, C) 24h, D) 48h do TT; E) Antes, F) imediatamente depois, G) 24h, H) 48h do TE.

#### 4.4. Análise Estatística

As estatísticas descritivas foram realizadas utilizando as medidas de tendência central, média ( $\bar{X}$ )  $\pm$  Desvio Padrão (DP) e intervalo de confiança 95% (IC 95%). Para a verificação da normalidade das variáveis foi utilizado o teste de *Shapiro Wilk*, considerando o tamanho da amostra. Os dados de todas as variáveis analisadas foram homogêneos e normalmente distribuídos. Para a avaliação do desempenho no grupo foi feito o teste ANOVA (*Two Way*) de medidas repetidas (COHEN, 1992), com *Post Hoc de Bonferroni*, em duas condições (TT e TE) e em quatro momentos (antes, imediatamente depois, 24h e 48h), considerando os valores: baixo efeito ( $\leq 0,05$ ), efeito médio (0,05 a 0,25), efeito alto (0,25 a 0,50) e efeito muito alto ( $> 0,50$ ). Para o teste t, considerou-se um tamanho de efeito (d de Cohen), adotando valores de baixo efeito ( $\leq 0,20$ ), efeito médio (0,20 a 0,80), alto efeito (0,80 a 1,20) e efeito muito alto ( $> 1,20$ ) (LAKENS, 2013). O tratamento estatístico foi realizado no SPSS, versão 22.0 (IBM, Armonk, NY, EUA). O nível de significância adotado foi  $p < 0,05$ . O tamanho da amostra foi calculado, a priori, considerando o valor de “F” 0,4, o valor de “ $\alpha$ ” 0,05 e “ $1-\beta$ ” 0,8. Foi estimado um poder amostral de 0,97 (alto efeito) para uma amostra mínima de 12 indivíduos presente no estudo, utilizando o G\*Power versão 3.1.9.6 (University Kiel, Germany).

## 5. RESULTADOS

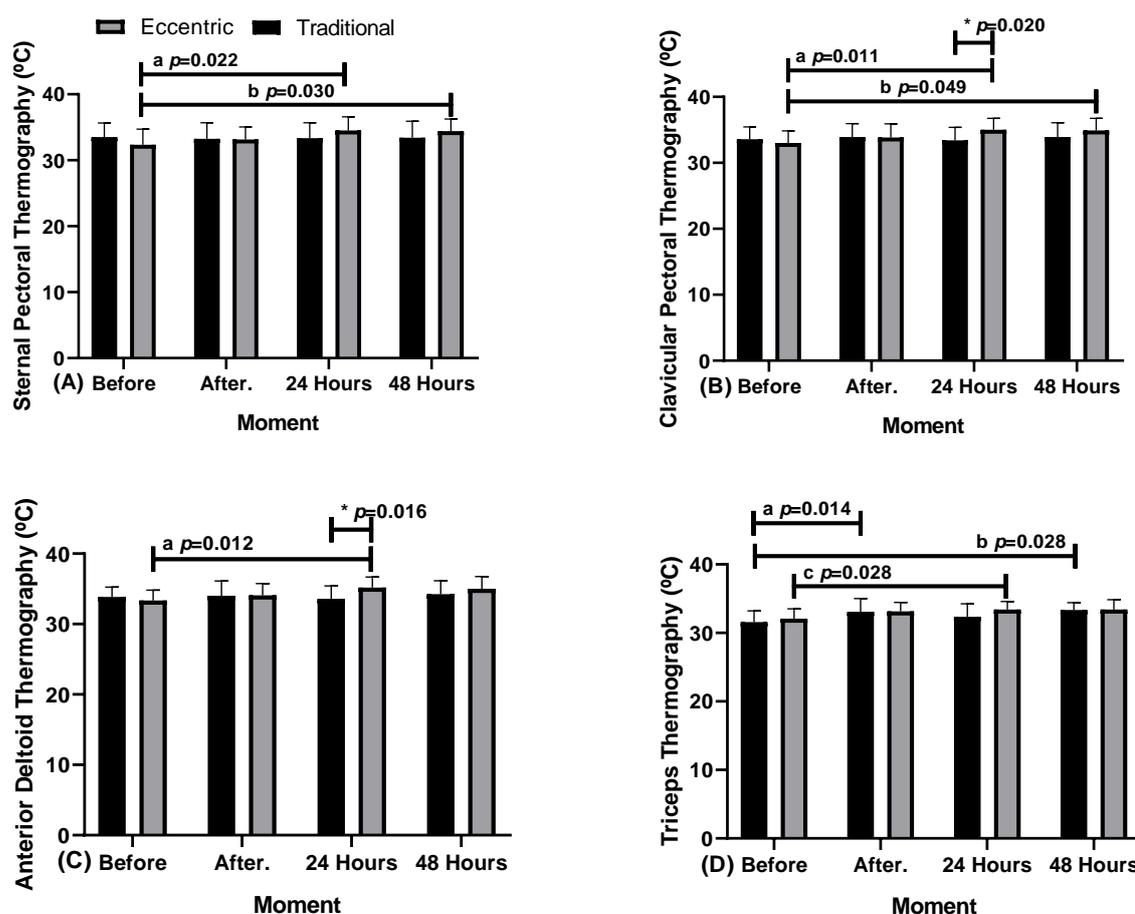
Na figura 3 se encontram os resultados da amplitude sEMG através da eletromiografia de superfície (sEMG) (A) Pico e (B) Média, dos diferentes grupos músculos.



**Figura 3.** Atividade elétrica muscular através da eletromiografia de superfície (sEMG) (A) Pico e (B) Média, dos diferentes grupos músculos.

Não houve diferença entre a atividade elétrica muscular (EMG) nos diferentes músculos em relação ao treino tradicional e excêntrico ( $p > 0.05$ ).

Na figura 4 se encontram os resultados da termografia nos músculos (A) peitoral maior porção esternal, (B) peitoral maior porção clavicular, (C) deltoide porção anterior e (D) tríceps braquial, nos momentos antes, depois, 24 horas e 48 horas depois.



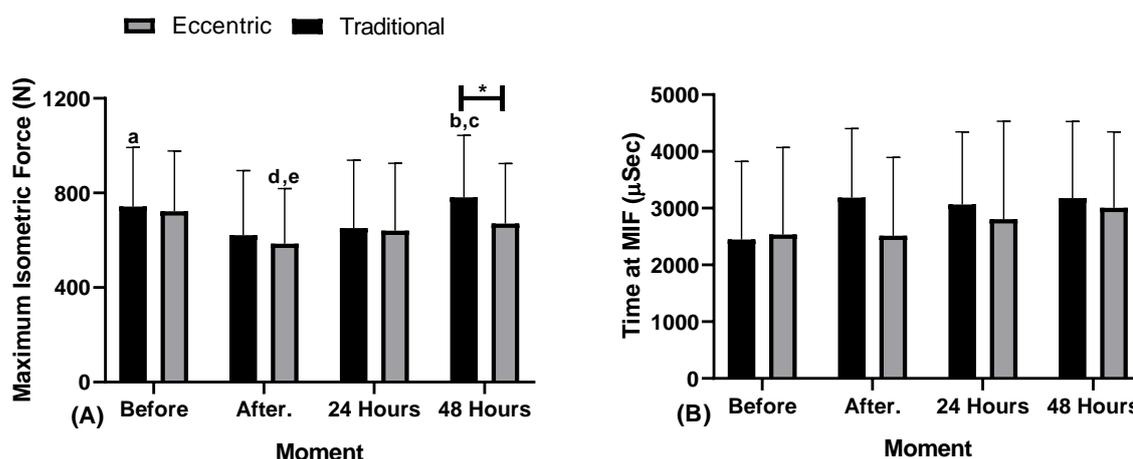
**Figura 4.** Termografia nos músculos (A) Peitoral maior porção esternal, (B) Peitoral maior porção clavicular, (C) Deltoide porção anterior e (D) Tríceps braquial, nos momentos antes, depois, 24 horas e 48 horas depois.

Legenda: Registram-se diferenças no TE em “a” e “b”. Registram-se diferenças entre os métodos em “\*”.

(A) Houve diferença no treino excêntrico, no momento antes em relação ao 24 horas (“a”  $p=0.022$ ; aumento de  $2,17^{\circ}\text{C}$ ;  $6,28\%$ ) e em relação a 48 horas (“b”  $p=0.030$ ; aumento de  $2,08^{\circ}\text{C}$ ;  $6,05\%$ ;  $\eta^2p=0.177$ , efeito médio). (B) Houve diferença no treino excêntrico entre os momentos antes e 24 horas (“a”  $p=0.011$ ; aumento de  $2^{\circ}\text{C}$ ;  $5,71\%$ ) e 48 horas (“b”  $p=0.049$ ; aumento de  $1,92^{\circ}\text{C}$ ;  $5,49\%$ ;  $\eta^2p=0.192$ , efeito médio). houve ainda diferença no momento 24 horas entre o treino excêntrico e tradicional (“\*”  $p=0.020$ ; aumento de  $1,58^{\circ}\text{C}$ ;  $4,52\%$ ;  $\eta^2p=0.213$ , efeito médio). (C) Houve diferença no treino excêntrico entre os momentos antes e 24 horas (“a”  $p=0.012$ ; aumento de  $1,83^{\circ}\text{C}$ ;  $5,21\%$ ;  $\eta^2p=0.202$ , efeito médio). houve ainda diferença no momento 24 horas entre o treino excêntrico e tradicional (“\*”  $p=0.016$ ; aumento de  $1,58^{\circ}\text{C}$ ;  $4,50\%$ ;  $\eta^2p=0.228$ , efeito médio). (D) Houve diferença no treino excêntrico entre os momentos antes e depois (“a”  $p=0.014$ ; aumento de  $1,08^{\circ}\text{C}$ ;  $3,27\%$ ;) e 48 horas (“b”  $p=0.028$ ;

aumento de 1,33°C; 3,99%;  $\eta^2p=0.421$ , efeito alto). Houve ainda diferença no momento 24 horas entre o treino excêntrico e tradicional (“\*”  $p=0.028$ ; aumento de 1,08°C; 3,24%;  $\eta^2p=0.143$ , efeito médio).

Na figura 5 se encontram os resultados da (A) Força Isométrica Máxima (MIF) e (B) do Tempo até a MIF, nos momentos antes, depois, 24 horas e 48 horas depois.



**Figura 5.** Análise dos indicadores estáticos da força. **(A)** Força isométrica máxima (MIF) e **(B)** Tempo até a MIF (Tempo) em diferentes momentos.

Legenda: Registram-se diferenças no TT em “a”, “b” e “c”. Registram-se diferenças no TE em “d” e “e”. Registram-se diferenças entre os métodos em “\*”.

**(A)** Houve diferença no treino tradicional, entre os momentos antes e depois (“a”  $p=0.003$ ; redução de 120,37n; -19,36%), entre os momentos depois e 48 horas (“b”  $p=0.002$ ; aumento de 159,20n; 20,38%) e entre 24 horas e 48 horas (“c”  $p=0.005$ ; aumento de 129,34n; 16,56%). No treino excêntrico houve diferenças entre o momento antes e depois (“d”  $p=0.001$ ; redução de 137,19n; -23,45%) e entre o depois e 48 horas (“e”  $p=0.034$ ; aumento de 85,52n; 12,75%;  $\eta^2p=0.494$ , efeito alto). Houve ainda diferenças no momento 48 horas entre os treinos tradicional e excêntrico (“\*”  $p=0.004$ ; aumento de 110,50n; 14,15%;  $\eta^2p=0.360$ , efeito alto). **(B)** Não houve diferença em relação ao tempo até a MIF ( $p>0.05$ ).

## 6. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos de diferentes métodos de treinamento de força tradicional (TT) e excêntrico (TE), sobre os indicadores da força (MIF e Tempo), eletromiografia de superfície (sEMG) e a temperatura (Tsk) no *Powerlifting* Paralímpico (PP).

### **Termografia**

Os resultados mostraram que no método de TE, o músculo peitoral maior porção esternal apresentou aumento na temperatura da pele (Tsk) no momento 24 horas ( $p=0.022$ ) e no momento 48 horas ( $p=0.030$ ), ao se comparar com o momento antes do treino. Estudos relacionados a essa porção do músculo peitoral não foram encontrados, porém para o músculo peitoral maior porção clavicular Resende *et al.* (2021) avaliaram o efeito de diferentes tipos de aquecimento sobre a força e a temperatura da pele dos atletas de PP. Os autores encontraram aumento da Tsk no músculo peitoral maior porção clavicular, porém esses resultados foram observados apenas no momento antes dentre os métodos de treinamento avaliados. Já em nosso estudo, essa diferença foi percebida levando em consideração também os momentos descritos após o exercício. Esse efeito posterior pode ser explicado ao se considerar que o exercício tende a promover um processo inflamatório, fazendo com que a Tsk aumentada perdure por mais tempo. Esse achado corrobora com o encontrado no nosso estudo na mesma porção do peitoral que apresentou aumento na Tsk no momento 24 horas ( $p=0.011$ ) e no momento 48 horas ( $p=0.049$ ), ao se comparar com o momento antes do treino. Além de apresentar aumento no momento 24 horas ( $p=0.020$ ) no método de TE em relação ao método de TT.

O músculo deltóide anterior apresentou aumento da Tsk no momento 24 horas ( $p=0.012$ ), ao se comparar com o momento antes do treino. Além de apresentar aumento no momento 24 horas ( $p=0.016$ ) no método de TE em relação ao método de TT. Um estudo feito por Fraga *et al.* (2020) analisaram o efeito do ibuprofeno na recuperação pós-treino em atletas de PP. No entanto, ao mesmo tempo de medição (24 h) e também em 48h após o exercício, a temperatura do deltoide foi maior mesmo utilizando droga anti-inflamatória não esteroides. O mecanismo de ação das drogas anti-inflamatórias não esteroides que podem explicar uma Temperatura da pele elevada é a inibição da síntese de prostaglandinas, substâncias intermediárias

endógenas na ação inflamatória, inativando duas isoenzimas, a COX-1 e a COX-2 (FRAGA *et al.*, 2020).

O músculo tríceps braquial apresentou aumento da Tsk no momento depois ( $p=0.014$ ) e no momento 48 horas ( $p=0.028$ ), ao se comparar com o momento antes do treino. Além de apresentar aumento no momento 24 horas ( $p=0.028$ ) no método de TE em relação ao método de TT. Na mesma direção do nosso achado, Fraga *et al.* (2020) analisaram o efeito do ibuprofeno na recuperação pós-treino em atletas de PP. Os autores encontraram a Tsk mais baixa no músculo tríceps braquial no momento 24h, utilizando droga anti-inflamatória não esteroides.

A termografia infravermelha permite realizar uma análise qualitativa e quantitativa, identificando regiões de hipertermia/hipotermia, o que contribui para avaliação do estado físico do atleta. Esse processo fisiológico é associado à transferência de calor por métodos como convecção, condução, radiação e evaporação (CÔRTE e HERNANDEZ, 2016). Esta condição difere dos marcadores bioquímicos, como, por exemplo, a creatina quinase, que não determinam a localização anatômica do local que apresenta um maior processo inflamatório (MARINS *et al.*, 2015). Sendo assim, quanto mais vascularizada for a área lesionada mais rápida é a cura, comparada com áreas pouco vascularizadas.

Embora um aumento no fluxo sanguíneo e na temperatura muscular seja conhecido na fadiga muscular, a Tsk mensurável depende de efeitos termorreguladores, como o fluxo sanguíneo da pele ou a atividade da glândula sudorípara (DINDORF *et al.*, 2022). Esse fato pode ser explicado pelo maior estímulo das respostas vasoconstritoras, controladas por nervos adrenérgicos do sistema nervoso simpático, moduladas pela ação de neurotransmissores noradrenérgicos (FERNANDES *et al.*, 2016). Nosso estudo encontrou aumento da Tsk no TE, indicando uma mudança no fluxo sanguíneo nas áreas estressadas. Esses resultados mostram que houve alterações termograficamente significativas na Tsk após o exercício nos músculos envolvidos, indicando que uma resposta inflamatória sistêmica seja identificada (STEWART *et al.*, 2020).

Essas alterações ocorreram, principalmente com 24h após o exercício, como mostrado por Dindorf *et al.* (2022) que perceberam, nesse momento de 24h, que a temperatura dos sujeitos retornou ao estado inicial, relatando incertezas na temperatura para o período de 48h. Nosso estudo investigou essas alterações até esse período de 48h, pois em consoante com Stewart *et al.* (2020) esse é o momento

que o aumento da Tsk chega. O aumento da temperatura em 24h e 48h pós-exercício pode refletir um atraso na resposta anti-inflamatória ao exercício (FRAGA *et al.*, 2020).

Essas diferenças nos processos termoregulatórios podem ser pelo fato de indivíduos treinados atrasarem o aumento da Tsk (DINDORF *et al.*, 2022). Com isso, o processo de recuperação muscular tende a aumentar a Tsk em até 96 horas após o exercício, especialmente após o exercício de alta intensidade (NEVES *et al.*, 2015).

Outra explicação que pode ser encontrada sobre o efeito do TE em relação ao TT é a carga utilizada, chegando a 30% de 1RM de diferença na sobrecarga utilizada nos métodos, o que poderia exercer papel importante no direcionamento do fluxo sanguíneo. Nesse sentido, elevações de citocinas pró-inflamatórias são observadas imediatamente após danos musculares excêntricos, enquanto os níveis circulantes de proteína C-reativa têm sido uniformemente mostrados no momento 24 horas após o exercício (STEWART *et al.*, 2020). Além disso, a medição da Tsk em indivíduos que utilizam cadeira de rodas para se locomover durante a avaliação é difícil, o que dificulta o estado de repouso (FRAGA *et al.*, 2020).

Nesse sentido, nossos achados indicaram que o protocolo de treinamento estabelecido promoveu um aumento no fluxo sanguíneo para a região corporal envolvida no movimento de supino, fator esse que causou o aumento da Tsk, indicando atraso no processo de recuperação dos atletas de PP.

### ***Eletromiografia***

Nosso estudo não encontrou diferença na atividade EMG entre os métodos de treino (TT e TE) realizados. Embora tenha sido observado maior atividade muscular no músculo deltóide anterior, não foi observada diferença significativa ( $p > 0.05$ ).

A atividade EMG permite estimar qual musculatura é mais solicitada dentre os músculos envolvidos na cinética de um determinado movimento (GUERRA *et al.*, 2022). Fatores como limitações das técnicas utilizadas para inferir o nível de ativação muscular, o tipo de unidade motora recrutada, o limite superior de recrutamento de unidades motoras, a taxa média de descarga e o grau de sincronização entre as unidades motoras podem ter interferido nos resultados. Sendo assim, um achado semelhante, não significativo, foi encontrado por Gottschall *et al.* (2018), onde compararam a atividade EMG de diferentes músculos no supino reto e flexão em indivíduos iniciantes e avançados. No entanto, o deltóide anterior neste estudo provocou uma atividade EMG menor durante o exercício supino reto. Corroborando

com esse achado, Alizadeh *et al.* (2020) avaliaram a atividade EMG relacionadas ao sexo durante a flexão no exercício de supino e encontrou menor atividade muscular durante a fase excêntrica em indivíduos do sexo masculino em relação aos do sexo feminino no supino reto. Esses resultados já eram esperados, pois, geralmente, os homens apresentam menor quantidade de AEM em comparação com as mulheres em ambos os exercícios.

Em outro estudo, Mendonça *et al.* (2021) compararam a atividade EMG em atletas de PP e encontraram diferença significativa para o músculo deltóide anterior, porém essa análise foi feita sobre repetições parciais. Embora nosso estudo não tenha encontrado diferenças significativas, isso pode ser explicado pelo fato de os atletas utilizarem cargas altas, além de estarem familiarizados com o movimento de supino, não alterando a amplitude de movimento.

### **Indicadores estáticos**

A avaliação da MIF é um teste seguro e eficiente para estimar a força máxima. De acordo com Brown e Weir (2001), o teste de força isométrica é o teste mais fidedigno e eficiente para avaliar a força máxima.

A capacidade do indivíduo produzir uma taxa de força máxima em um curto período de tempo tem sido de extrema importância para o desenvolvimento da força explosiva muscular, essa taxa é conhecida com taxa de desenvolvimento da força (TDF). A TDF é encontrada pela razão entre a variação da força e variação do tempo. Nosso estudo utilizou a MIF e o Tempo como dados brutos para análise da força isométrica máxima, pois prévias investigações sugeriram que aspectos relacionados a força isométrica estão associados ao desempenho dinâmico.

Estudos envolvendo o PP, associado a indicadores estáticos da força são raros, por isso nossa discussão se concentrou em pesquisas semelhantes. Quanto à MIF no TT, nosso estudo encontrou redução na força entre os momentos antes e depois ( $p=0.003$ ) coincidindo com os achados de Mendonça *et al.* (2021) que utilizaram uma amostra similar, onde compararam a MIF em relação a amplitude de movimento (completa e parcial) e constataram que o treinamento com amplitude de movimento completo induziu maiores sinais de fadiga muscular (maior diminuição da MIF) quando comparado ao treinamento com amplitude de movimento parcial. Porém os autores não avaliaram os momentos 24h e 48h após o treinamento.

Quanto a MIF no TT, nosso estudo encontrou aumento entre os momentos depois e 48h ( $p=0.002$ ) e entre os momentos 24h e 48h ( $p=0.005$ ). Nesta direção, Resende *et al.* (2020) verificou o efeito da realização de diferentes protocolos de aquecimento sobre a possibilidade de melhorar o desempenho dos atletas de PP. Os autores também encontraram, em relação ao MIF, maior geração de força, não levando em consideração a variável temporal. Em outro estudo, Aidar *et al.* (2021<sup>b</sup>) investigaram mudanças nos indicadores de força gerados pelo treinamento com e sem métodos de treinamento de força com banda elástica em uma única sessão de treinamento entre atletas de PP. Os autores encontraram aumento da MIF no TT, semelhante a nosso estudo, porém apenas na variável temporal antes e depois e com a utilização de banda elástica. Em outro estudo, Aidar *et al.* (2021<sup>a</sup>) avaliaram os indicadores de força e a região de ponto de aderência em diferentes distâncias da barra até o peito na elite dos atletas de PP. O aumento da MIF encontrado coincide com nosso estudo, porém utilizamos a variável temporal (antes, depois, 24h e 48h) como referência enquanto que no outro estudo utilizou-se como referência a variável distância biacromial da barra (5, 10, 15, 20 e 25cm).

Nosso estudo encontrou ainda aumento da MIF no momento 48 horas ( $p=0.004$ ), no método de TT em relação ao método de TE, indicando que os atletas continuaram apresentando fadiga muscular, mesmo após a realização do treinamento. Não foi encontrado estudos que fizeram essa comparação até o presente momento. Quanto à MIF no TE, houve redução entre os momentos antes e depois ( $p=0.001$ ) e entre os momentos depois e 48h ( $p=0.034$ ). Não foi encontrado na literatura a associação do TE na MIF, acarretando na não comparação e constatação do nosso estudo.

Nosso estudo não encontrou diferença significativa em relação ao Tempo até a MIF ( $p>0.05$ ). Corroborando com esse achado, Teles *et al.* (2021) analisaram indicadores mecânicos, dinâmicos e estáticos de desempenho em atletas de PP com e sem lesão medular. Embora os autores tivessem avaliado a MIF e o Tempo utilizando amostra similar (PP), o que poderia explicar as diferenças não estatísticas entre os grupos nos parâmetros de força estática, no entanto, a variável temporal não foi semelhante.

O fato de não haver diferença significativa em relação ao Tempo até a MIF pode ser explicado pelos atletas de PP não estarem acostumados ao método isométrico, uma vez que o *powerlifting* é um esporte de força dinâmica. Como não houve

diminuição da força máxima (1RM), outra explicação seria devido ao aumento da fadiga associada ao treinamento, o que diminuiu a capacidade dos atletas de PP gerarem força rapidamente.

### ***Limitações***

Nosso estudo apresenta algumas limitações, os atletas participam de um esporte que tem classificação única, não sendo divididos por deficiência, o que poderia ter resultados diferenciados. Não foi levado em consideração as diferenças de peso corporal, pois os atletas mais leves tendem a ter uma força relativa maior e os atletas mais pesados tendem a ter uma força absoluta maior, o que poderia interferir nos resultados, caso fossem separados por categoria de peso corporal.

## **7. CONCLUSÃO**

A partir dos resultados encontrados pelo nosso estudo observamos que o TE promoveu aumentos na Tsk registrados em até 48 após a sessão de treino, indicando uma maior fadiga muscular. No entanto, o mesmo não aconteceu com o TT. Pôde-se perceber ainda maior produção da MIF, indicando que os atletas continuaram tendo fadiga muscular mesmo após a realização do método de TE. Não foi observada diferença significativa na variável Tempo nos atletas de PP. Assim como, não foi observada diferença significativa na sEMG nos atletas de PP.

Como mencionado anteriormente, o TE parece ser mais eficaz, pois são utilizadas cargas maiores, levando a maiores adaptações neuromusculares. No entanto, o tempo de recuperação tende a ser aumentado, sendo um ponto a ser observado pelos treinadores para avaliar, planejar e periodizar adequadamente o período de recuperação de atletas de levantamento de peso paralímpico.

## 8. REFERÊNCIAS

AIDAR, F. J.; CLEMENTE, F. M.; MATOS, D. G.; MARÇAL, A. C.; DE SOUZA, R. F.; MOREIRA, O. C.; ALMEIDA-NETO, P. F.; VILAÇA-ALVES, J.; GARRIDO, N. D.; DOS SANTOS, J. L.; JEFFREYS, I.; NETO, F. R.; REIS, V. M.; CABRAL, B. G. A. T.; ROSEMANN, T.; KNECHTLE, B. Evaluation of Strength and Muscle Activation Indicators in Sticking Point Region of National-Level Paralympic *Powerlifting* Athletes. **J Funct Morphol Kinesiol.** 6(2):43. doi: 10.3390/jfmk6020043. PMID: 34063420; PMCID: PMC8162553. 2021<sup>(a)</sup>.

AIDAR, F.J.; CATALDI, S.; BADICU, G.; SILVA, A.F.; CLEMENTE, F.M.; BONAVOLONTÀ, V.; GRECO, G.; GETIRANA-MOTA, M.; FISCHETTI, F. Does the Level of Training Interfere with the Sustainability of Static and Dynamic Strength in Paralympic *Powerlifting* Athletes? **Sustainability.** 14, 5049. <https://doi.org/10.3390/su14095049>. 2022.

AIDAR, F.J.; CLEMENTE, F.M.; DE LIMA, L.F.; DE MATOS, D.G.; FERREIRA, A.R.P.; MARÇAL, A.C.; MOREIRA, O.C.; BULHÕES-CORREIA, A.; DE ALMEIDA-NETO, P.F.; DÍAZ-DE-DURANA, A.L.; NEVES, E.B.; CABRAL, B.G.A.T.; REIS, V.M.; GARRIDO, N.D.; NIKOLAIDIS, P.T.; KNECHTLE, B. Evaluation of Training with Elastic Bands on Strength and Fatigue Indicators in Paralympic Powerlifting. **Sports (Basel).** 9(10):142. doi: 10.3390/sports9100142. PMID: 34678923; PMCID: PMC8541460. 2021<sup>(b)</sup>.

ALIZADEH, S.; RAYNER, M.; MAHMOUD, M.; & BEHM, D. G. Push-Ups vs. Bench Press Differences in Repetitions and Muscle Activation between Sexes. **Journal of sports science & medicine**, 19 (2), 289-297, 2020.

AUSTIN, D.; MANN B. *Powerlifting: The Complete Guide to Technique, Training, and Competition.* **Human Kinetics**; Champaign, IL, USA: 2012.

BISHOP, C.; TURNER, A.; JARVIS, P.; CHAVDA, S.; READ, P. Considerations for Selecting Field-Based Strength and Power Fitness Tests to Measure Asymmetries. **J Strength Cond Res.** 31(9):2635-2644. doi: 10.1519/JSC.0000000000002023. PMID: 28644195. 2017.

BROWN, L. E., & WEIR, J. P. ASEP procedures recommendations I: accurate assessment of muscle strength and power. **Journal of Exercise Physiology online.** 4(3);1-21. 2001.

CHALMERS, S.; DEBENEDICTIS, T.A.; ZACHARIA, A.; TOWNSLEY, S.; GLEESON, C.; LYNAGH, M.; TOWNSLEY, A.; FULLER, J.T. Asymmetry during

Functional Movement Screening and injury risk in junior football players: A replication study. *Scand J Med Sci Sports*. 28(3):1281-1287. doi: 10.1111/sms.13021. PMID: 29161759. 2018.

COHEN, J. Estatísticas uma cartilha de poder. *Touro*. 112:155-159. doi: 10.1037/0033-2909.112.1.155. 1992.

CÔRTE, A. C. R.; HERNANDEZ, A. J. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. *Rev Bras Med Esporte*. 22(4): 315-319, 2016.

DINDORF, C.; BARTAGUIZ, E.; JANOWICZ, E.; FRÖHLICH, M.; LUDWIG, O. Effects of Unilateral Muscle Fatigue on Thermographic Skin Surface Temperature of Back and Abdominal Muscles-A Pilot Study. *Sports (Basel)*. 10(3):41. doi: 10.3390/sports10030041. PMID: 35324650; PMCID: PMC8951321. 2022.

FERGUSON, B. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th Ed. 2014. *J Can Chiropr Assoc*. 58(3):328. PMCID: PMC4139760. 2014.

FERNANDES, A.D.E.A.; AMORIM, P.R.; BRITO, C.J.; SILLERO-QUINTANA, M.; BOUZAS, M.J.C. Regional Skin Temperature Response to Moderate Aerobic Exercise Measured by Infrared Thermography. *Asian J Sports Med*. 7(1):e29243. doi: 10.5812/asjms.29243. PMID: 27217931; PMCID: PMC4870826. 2016.

FLECK, S.J.; KRAEMER, W.J. Fundamentos do treinamento de força muscular. (4ª ed). Porto Alegre: *Artmed*. 2017.

FRAGA, G.S.; AIDAR, F.J.; MATOS, D.G.; MARÇAL, A.C.; SANTOS, J.L.; SOUZA, R.F.; CARNEIRO, A.L.; VASCONCELOS, A.B.; DA SILVA-GRIGOLETTO, M.E.; VAN DEN TILLAAR, R., CABRAL, B.T.; REIS V.M. Effects of Ibuprofen Intake in Muscle Damage, Body Temperature and Muscle Power in Paralympic *Powerlifting* Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 17(14):5157. doi: 10.3390/ijerph17145157. PMID: 32708894; PMCID: PMC7399824. 2020.

GOLAS, A.; MASZCZYK, A.; STASTNY, P.; WILK, M.; FICEK, K.; LOCKIE, R.G.; ZAJAC A. A new approach to emg analysis of closed-circuit movements such as the flat bench press. *Sports (Basel)*. 6(2):27. doi: 10.3390/sports6020027. PMID: 29910331; PMCID: PMC6026792. 2018.

GOTTSCHALL, J.S.; HASTINGS, B.; BECKER, Z. Muscle Activity Patterns do not Differ Between Push-Up and Bench Press Exercises. *J Appl Biomech*. 1-6. doi: 10.1123/jab.2017-0063. PMID: 29809073. 2018.

GRGIC, J.; SCHOENFELD, B.J.; ORAZEM, J.; SABOL, F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. **J Sport Health Sci.** 11(2):202-211. doi: 10.1016/j.jshs.2021.01.007. PMID: 33497853; PMCID: PMC9068575. 2021.

GUERRA, I.; AIDAR, F.J.; GRECO, G.; DE ALMEIDA-NETO, P.F.; DE CANDIA, M.; DE ARAÚJO, T.C. B.G.; POLI, L.; FILHO, M.M.; CARVUTTO, R.; SILVA, A.F.; CLEMENTE, F.M.; BADICU, G.; CATALDI, S.; FISCHETTI, F. Are sEMG, Velocity and Power Influenced by Athletes' Fixation in Paralympic *Powerlifting*? **Int J Environ Res Public Health.** 19(7):4127. doi: 10.3390/ijerph19074127. PMID: 35409809; PMCID: PMC8998439. 2022.

HANNOODEE, S.; NASURUDDIN, D.N. Acute Inflammatory Response. In: **StatPearls [Internet]**. 2021. Treasure Island (FL): **StatPearls Publishing**. PMID: 32310543. 2022.

INTERNATIONAL PARALYMPIC COMMITTEE – IPC. Word Para *Powerlifting* Technical Rules and Regulations. **International Paralympic Committee**. Bonn, Germany. p. 3, 2020.

IVERSEN, V.M.; NORUM, M.; SCHOENFELD, B.J.; FIMLAND, M.S. No Time to Lift? Designing Time-Efficient Training Programs for Strength and Hypertrophy: A Narrative Review. **Sports Med.** 51(10):2079-2095. doi: 10.1007/s40279-021-01490-1. PMID: 34125411; PMCID: PMC8449772. 2021.

KNUTTGEN, N. H.; KRAEMER, W. J. Terminology e measurement in exercise performance. **Journal of Applied Sport Science Research**, v. 1, p.1-10, 1987.

KONRAD P. A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. **Noraxon Inc.** Scottsdale, AZ, USA, 2005.

LAKENS, D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. **Front Psychol.** 4:863. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00863. PMID: 24324449; PMCID: PMC3840331. 2013.

LOPEZ, P.; RADAELLI, R.; TAAFFE, D.R.; NEWTON, R.U.; GALVÃO, D.A.; TRAJANO, G.S.; TEODORO, J.L.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K.; PINTO, R.S. Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. **Med Sci Sports Exerc.**

53(6):1206-1216. doi: 10.1249/MSS.0000000000002585. 2021. Erratum in: **Med Sci Sports Exerc.** ;54(2):370. PMID: 33433148; PMCID: PMC8126497. 2022.

MA, J.K.; LEESE, J.; THERRIEN, S.; HOENS, A.M.; TSUI, K.; LI, L.C. A scoping review of interventions to improve strength training participation. **PLoS One.** 17(2):e0263218. doi: 10.1371/journal.pone.0263218. PMID: 35113954; PMCID: PMC8812857. 2022.

MARINS, J. C. B.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; ARNAIZ-LASTRAS, J.; FERNANDES, A. A. Y.; SILLERO-QUINTANA, M. Applications of Infrared Thermography in Sports. A Review. **Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.** vol. 15 (60) pp. 805-824, 2015.

MENDONÇA, T. P.; AIDAR, F. J.; MATOS, D. G.; SOUZA, R. F.; MARÇAL, A. C.; ALMEIDA-NETO, P. F.; CABRAL, B. G.; GARRIDO, N. D.; NEIVA, H. P.; MARINHO, D. A.; MARQUES, M. C.; REIS, V. M. Force production and muscle activation during partial vs. full range of motion in Paralympic *Powerlifting*. **PLoS One.** 16(10):e0257810. doi: 10.1371/journal.pone.0257810. PMID: 34644331; PMCID: PMC8513888. 2021.

MOESGAARD, L.; BECK, M.M.; CHRISTIANSEN, L.; AAGAARD, P.; LUNDBYE-JENSEN, J. Effects of Periodization on Strength and Muscle Hypertrophy in Volume-Equated Resistance Training Programs: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med.** 52(7):1647-1666. doi: 10.1007/s40279-021-01636-1. PMID: 35044672. 2022.

MUYOR, J.M.; RODRÍGUEZ-RIDAO, D.; MARTÍN-FUENTES, I.; ANTEQUERA-VIQUE, J.A. Evaluation and comparison of electromyographic activity in bench press with feet on the ground and active hip flexion. **PLoS One.** 14(6):e0218209. doi: 10.1371/journal.pone.0218209. PMID: 31199829; PMCID: PMC6568408. 2019.

NEVES, E.B., MOREIRA, T.R., LEMOS, R., VILAÇA-ALVES, J., ROSA, C., REIS, V.M. Using skin temperature and muscle thickness to assess muscle response to strength training. **Braz. J. Sports Med.** 21:350–354. doi: 10.1590/1517-869220152105151293. 2015.

OLIVA-LOZANO, J.M.; MUYOR, J.M. Core Muscle Activity During Physical Fitness Exercises: A Systematic Review. **Int J Environ Res Public Health.** 17(12):4306. doi: 10.3390/ijerph17124306. PMID: 32560185; PMCID: PMC7345922. 2020.

QUINLAN, J.I.; FRANCHI, M.V.; GHARAH DAGHI, N.; BADIALI, F.; FRANCIS, S.; HALE, A.; PHILLIPS, B.E.; SZEWCZYK, N.; GREENHAFF, P.L.; SMITH, K.; MAGANARIS, C.; ATHERTON, P.J.; NARICI, M.V. Muscle and tendon adaptations to moderate load eccentric vs. concentric resistance exercise in young and older males. **Geroscience**. 43(4):1567-1584. doi: 10.1007/s11357-021-00396-0. PMID: 34196903; PMCID: PMC8492846. 2021.

RESENDE, M.A.; AIDAR, F.J.; VASCONCELOS, R.R.B.; REIS, G.C.; DE OLIVEIRA, B.L.; DE MATOS, D.G.; MARÇAL, A.C.; DE ALMEIDA-NETO, P.F.; DÍAZ-DE-DURANA, A.L.; MERINO-FERNÁNDEZ, M.; VILAÇA-ALVES, J.; DE A.T.C.B.G.; NEVES, E.B.; REIS, V.M.; CLEMENTE, F.M.; GARRIDO, N.D. Are Strength Indicators and Skin Temperature Affected by the Type of Warm-Up in Paralympic *Powerlifting* Athletes? **Healthcare (Basel)**. 9(8):923. doi: 10.3390/healthcare9080923. PMID: 34442060; PMCID: PMC8392281. 2021.

RESENDE, M.A.; RESENDE, R.B.V.; REIS, G.C.; BARROS, L.O.; BEZERRA, M.R.S.; MATOS, D.G.; MARÇAL, A.C.; ALMEIDA-NETO, P.F.; CABRAL, B.G.A.T.; NEIVA, H.P.; MARINHO, D.A.; MARQUES, M.C.; REIS, V.M.; GARRIDO, N.D.; AIDAR, F.J. The Influence of Warm-Up on Body Temperature and Strength Performance in Brazilian National-Level Paralympic Powerlifting Athletes. **Medicina (Kaunas)**. 56(10):538. doi: 10.3390/medicina56100538. PMID: 33066417; PMCID: PMC7602261. 2020.

SCHOENFELD, B.J.; GRGIC, J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J.W. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 3508-3523. doi: 10.1519/JSC.0000000000002200. 2017.

SCHUMANN, M., FEUERBACHER, J. F., SÜNKELER, M., FREITAG, N., RØNNESTAD, B. R., DOMA, K., & LUNDBERG, T. R. Compatibility of Concurrent Aerobic and Strength Training for Skeletal Muscle Size and Function: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**. 52(3):601-612. doi: 10.1007/s40279-021-01587-7. PMID: 34757594; PMCID: PMC8891239. 2022.

STASTNY, P.; GOŁAŚ, A.; BLAZEK, D.; MASZCZYK, A. WILK, M.; PIETRASZEWSKI, P. PETR, M.; UHLIR, P.; ZAJĄC, A. A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. **PLoS One**. 12(2):e0171632. doi: 10.1371/journal.pone.0171632. PMID: 28170449; PMCID: PMC5295722, 2017.

STEWART, I.B.; MOGHADAM, P.; BORG, D.N.; KUNG, T.; SIKKA, P.; MINETT, G.M. Thermal Infrared Imaging Can Differentiate Skin Temperature Changes Associated With Intense Single Leg Exercise, But Not With Delayed Onset of Muscle Soreness. **J Sports Sci Med**. 19(3):469-477. PMID: 32874099; PMCID: PMC7429423. 2020.

TABER, C.B.; MORRIS, J.R.; WAGLE, J.P.; MERRIGAN, J.J. Accentuated Eccentric Loading in the Bench Press: Considerations for Eccentric and Concentric Loading. **Sports (Basel)**. 9(5):54. doi: 10.3390/sports9050054. 2021.

TELES, L. J. L.; AIDAR, F.J.; MATOS, D. G.; MARÇAL, A. C.; ALMEIDA-NETO, P. F.; NEVES, E. B.; MOREIRA, O. C.; RIBEIRO NETO, F.; GARRIDO, N. D.; VILAÇA-ALVES, J.; DÍAZ-DE-DURANA, A. L.; CLEMENTE, F. M.; JEFFREYS, I.; CABRAL, B. G. A. T.; REIS, V. M. Static and Dynamic Strength Indicators in Paralympic Power-Lifters with and without Spinal Cord Injury. **Int J Environ Res Saúde Pública**. 18(11):5907. doi: 10.3390/ijerph18115907. PMID: 34072883; PMCID: PMC8199021, 2021.

VAN DEN HOEK, D.; GARRETT, J.; HOWELLS, R.; LATELLA, C. Paralympians Are Stronger Than You Know: A Comparison of Para and Nondisabled *Powerlifting* Bench Press World Records. **J Strength Cond Res**. doi: 10.1519/JSC.0000000000004251. PMID: 35438674. 2022.

VAN DEN TILLAAR, R.; KWAN, K. The Effects of Augmented Eccentric Loading upon Kinematics and Muscle Activation in Bench Press Performance. **J Funct Morphol Kinesiol**. 5(1):8. doi: 10.3390/jfmk5010008. PMID: 33467224; PMCID: PMC7739367. 2020.

VIGOTSKY, A.D.; HALPERIN, I.; LEHMAN, G.J.; TRAJANO, G.S.; VIEIRA, T.M. Interpreting Signal Amplitudes in Surface Electromyography Studies in Sport and Rehabilitation Sciences. **Front Physiol**. 8:985. doi: 10.3389/fphys.2017.00985. PMID: 29354060; PMCID: PMC5758546. 2018.

WORLD PARA POWERLIFTING – WPPO. **Rules and Regulations [Internet]**. Vol. 1. Bonn; [cited 2022 Jun 22]. p. 1–68. Available from: [https://www.paralympic.org/sites/default/files/202205/WPPO%20Rules%20and%20Regulations\\_March%20v1.1.pdf](https://www.paralympic.org/sites/default/files/202205/WPPO%20Rules%20and%20Regulations_March%20v1.1.pdf). 2022.

ZATSIORSKY, V.M.; PRILUTSKY, B.I. Biomechanics of Skeletal Muscles. Champaign, IL: **Human Kinetics**. 2012.