

**Lucas Túlio de Lacerda**

**RESPOSTAS DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA E CONCENTRAÇÃO DE  
LACTATO SANGUÍNEO A PROTOCOLOS DE TREINAMENTO DE FORÇA  
EQUIPARADOS PELO TEMPO SOB TENSÃO**

**Belo Horizonte**

**Universidade Federal de Minas Gerais**

**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional**

**2015**

**Lucas Túlio de Lacerda**

**RESPOSTAS DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA E CONCENTRAÇÃO DE  
LACTATO SANGUÍNEO A PROTOCOLOS DE TREINAMENTO DE FORÇA  
EQUIPARADOS PELO TEMPO SOB TENSÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas

**Belo Horizonte**  
**Universidade Federal de Minas Gerais**  
**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional**  
**2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E  
TERAPIA OCUPACIONAL**



**MESTRADO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE**

Dissertação de Mestrado intitulada “Respostas da atividade eletromiográfica e concentração de lactato sanguíneo a protocolos de treinamento de força equiparados pelo tempo sob tensão”, de autoria de Lucas Túlio de Lacerda, defendida em 06 de março de 2015, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais e submetida à banca examinadora composta pelos professores:

---

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas – Orientador

Departamento de Esportes

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Universidade Federal de Minas Gerais

---

Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Departamento de Educação Física

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr. Fernando Vitor Lima

Departamento de Esportes

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Universidade Federal de Minas Gerais

**Belo Horizonte, 06 de março de 2015**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Sueli e Osvaldo, pelo amor, incentivo, compreensão e dedicação em todos os momentos com objetivo de auxiliar minha formação acadêmica. Agradeço por me ensinarem todos os princípios de honestidade, humildade e amor.

À minha namorada, Michelle, pelo amor, carinho, incentivo, dedicação e principalmente paciência nesse tempo que estamos juntos.

Ao meu irmão, Rodrigo e sua esposa, Estela, pela paciência, companhia, apoio e pela compreensão em vários momentos difíceis dessa caminhada. Apesar da minha ausência física, me deram a oportunidade de ter duas sobrinhas lindas.

Ao meu orientador, Mauro Heleno Chagas, que foi fundamental para que eu pudesse realizar esse sonho, pois soube entender minhas inúmeras limitações, e tornou-se um exemplo profissional e humano a ser seguido.

Aos meus amigos do LAMUSC, Frank (Boi), Rodrigo (Cachaça), Hugo, Sara, Christian e Gisele, que foram essenciais para que esse trabalho ocorresse.

Ao professor Fernando Vítor Lima, pelas contribuições e por acreditar no meu trabalho desde quando iniciei minha participação no LAMUSC durante a Especialização em Musculação em 2010.

Ao professor André Gustavo Pereira de Andrade, pela disponibilidade e fundamental ajuda nas análises dos dados do presente estudo.

Aos demais amigos e familiares que me deram apoio.

O presente estudo recebeu apoio da FAPEMIG e CAPES.

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivos verificar o impacto de protocolos de treinamento de força equiparados pelo tempo sob tensão (TST) com diferentes configurações da duração da repetição e número de repetições na ativação muscular e concentração sanguínea de lactato. Vinte dois voluntários do sexo masculino treinados em musculação realizaram dois protocolos de treinamento de força (A e B) no exercício supino guiado, ambos com 3 séries, pausa de 3min, a 60% de uma repetição máxima (1RM). O Protocolo A consistia de 6 repetições com uma duração da repetição de 6s, enquanto o Protocolo B os voluntários deveriam realizar 12 repetições com a duração da repetição de 3s. Foi registrada a ativação muscular dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial durante a realização de dois protocolos de treinamento de força, e a *root mean square* da amplitude do sinal eletromiográfico normalizada ( $EMG_{RMS}$  normalizada) foi calculada para cada série. A concentração sanguínea de lactato foi mensurada durante e até 12 minutos após a realização do protocolo. Os resultados mostraram que a ativação muscular de todos músculos analisados foi maior durante o Protocolo B, comparado com o Protocolo A. A concentração de lactato sanguíneo também foi maior no Protocolo B tanto durante, quanto após a realização da sessão de treinamento. Os dados obtidos no presente estudo mostram que protocolos de treinamento realizados com o mesmo TST, porém com configurações distintas, produzem respostas neuromusculares e metabólicas diferentes. Assim, a realização de um maior número de repetições e uma menor duração da repetição pode ser uma estratégia mais apropriada para aumentar a ativação muscular e a concentração sanguínea de lactato.

**Palavras-chave:** Tempo sob tensão. Eletromiografia. Concentração sanguínea de lactato. Número de repetições. Duração da repetição.

## ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the impact of resistance training protocols equalized by the time under tension (TUT), but composed of different repetition durations and number of repetitions, in muscle activation and blood lactate concentration. Twenty-two with previous experience in resistance training performed two resistance training protocols (A and B) in the Smith machine bench press exercise, both with 3 sets, 3 minutes rest, and 60% of one repetition maximum (1RM). The Protocol A consisted of 6 repetitions with 6s repetition duration for each repetition, while in the Protocol B the subjects performed 12 repetitions with 3s repetition duration for each repetition. The muscular activation was measured in the anterior deltoid, pectoralis major, and triceps brachii muscles while performing the two resistance training protocols. The normalized root mean square of the electromyographic signal amplitude ( $EMG_{RMS}$ ) was calculated for each set. The blood lactate concentration was measured during and up to 12 minutes after the completion of the protocol. The results showed that the  $EMG_{RMS}$  of all muscles increased during the sets and was higher in Protocol B when compared to the Protocol A. Likewise, the blood lactate concentration also increased throughout the sets and was higher in Protocol B both during and after the completion of the training session. The data obtained in this study show that training protocols conducted with the same TUT, but with different configurations, produce distinct neuromuscular and metabolic responses. Thus, performing a higher number of repetitions with shorter repetition durations might be a more appropriate strategy to increase muscle activation and blood lactate concentration.

**Keywords:** Time under tension. Electromyography. Blood lactate. Number of repetition. Repetition duration.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Desenho experimental.....	17
FIGURA 2	Equipamento de musculação utilizado no estudo.....	20
FIGURA 3	Posicionamento do eletrogoniômetro.....	25
FIGURA 4	Posicionamento dos eletrodos de superfície.....	28
GRÁFICO 1	Duração média das ações musculares concêntricas e excêntricas nos protocolos A e B.....	33
GRÁFICO 2	Média da $EMG_{RMS}$ normalizada das ações musculares concêntricas do deltoide anterior em cada protocolo de treinamento.....	38
GRÁFICO 3	Média da $EMG_{RMS}$ normalizada das ações musculares excêntricas do deltoide anterior em cada protocolo de treinamento.....	39
GRÁFICO 4	Média da $EMG_{RMS}$ normalizada das ações musculares concêntricas do peitoral maior em cada protocolo de treinamento.....	40
GRÁFICO 5	Média da $EMG_{RMS}$ normalizada das ações musculares excêntricas do peitoral maior em cada protocolo de treinamento.....	41
GRÁFICO 6	Média da $EMG_{RMS}$ normalizada das ações musculares concêntricas do tríceps braquial em cada protocolo de treinamento.....	42
GRÁFICO 7	Média da $EMG_{RMS}$ normalizada das ações musculares excêntricas do tríceps braquial em cada protocolo de treinamento.....	43
GRÁFICO 8	Concentração de lactato sanguíneo em repouso, após cada série e 3, 6, 9 e 12 minutos após realização dos protocolos A e B.....	44
QUADRO 1	Protocolos utilizados no estudo.....	17

## LISTA DE TABELAS

1	Dados médios e desvio padrão da $EMG_{RMS}$ das ações musculares concêntricas dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial, valores de CCI e EPM.....	29
2	Dados médios e desvio padrão da $EMG_{RMS}$ das ações musculares excêntricas dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial, valores de CCI e EPM.....	30
3	Caracterização da amostra.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1RM	- 1 repetição máxima
ANOVA	- Análise de variância
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCI	- Coeficiente de correlação intraclasse
CIVM	- Contração isométrica voluntária máxima
DASYLAB	- <i>Dasytech Laboratories</i>
EEFFTO	- Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
EMG <sub>RMS</sub>	- <i>Root mean square</i> da amplitude do sinal eletromiográfico
EPM	- Erro padrão da medida
FAPEMIG	- Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais
LAMUSC	- Laboratório do Treinamento na Musculação
RMS	- <i>Root mean square</i>
SENIAM	- <i>Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles</i>
SPSS	- <i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TST	- Tempo sob tensão
UFMG	- Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>HIPÓTESES</b> .....	15
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	16
<b>3.1</b>	Delineamento experimental, Procedimentos e Coleta de dados.....	16
<b>3.2</b>	Cálculo amostral.....	17
<b>3.3</b>	Cuidados éticos e amostra.....	18
<b>3.4</b>	Instrumentos.....	19
<b>3.5</b>	Procedimento e Coleta de dados.....	21
<b>3.5.1</b>	Sessões de coleta 1 e 2: Padronizações do equipamento , Testes de 1 RM e familiarização ao uso do metrônomo.....	21
<b>3.5.1.1</b>	Padronização da posição para realização do exercício.....	22
<b>3.5.1.2</b>	Teste de 1 RM.....	22
<b>3.5.1.3</b>	Familiarização ao controle da duração das ações musculares.....	24
<b>3.5.2</b>	Sessões de coleta 3 e 4: Teste de normalização e protocolos de treinamento.....	25
<b>3.5.2.1</b>	Posicionamentos dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico.....	26
<b>3.5.2.2</b>	Teste de normalização.....	28
<b>3.5.2.3</b>	Protocolos de treinamento.....	30
<b>3.6</b>	Variáveis mensuradas.....	31
<b>3.6.1</b>	Duração da repetição.....	32
<b>3.6.2</b>	Amplitude de movimento.....	33
<b>3.6.3</b>	Amplitude do sinal eletromiográfico normalizada.....	34
<b>3.6.4</b>	Concentração de lactato sanguíneo.....	34
<b>3.7</b>	Análise estatística.....	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	37
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	45
<b>5.1</b>	Influência dos protocolos de treinamento na amplitude do sinal eletromiográfico.....	45

5.2	Influência dos protocolos de treinamento na concentração de lactato sanguíneo.....	52
5.3	Limitações do estudo.....	54
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	56
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57
	<b>APÊNDICE 1</b> .....	64
	<b>ANEXO 1</b> .....	66

## 1 INTRODUÇÃO

Estudos têm demonstrado que o tempo sob tensão (TST) é capaz interferir nas respostas neurofisiológicas, hormonais e metabólicas (BURD *et al.*, 2012; GOTO *et al.*, 2008; TANIMOTO; ISHII, 2006), bem como no aumento da força e hipertrofia muscular provocadas pelo treinamento de força (TANIMOTO; ISHII, 2006; WATANABE *et al.*, 2013). No treinamento de força na musculação, o TST pode ser alterado pela manipulação de diferentes variáveis do treinamento. É possível, por exemplo, executar diferentes protocolos de treinamento de força com um mesmo TST, alterando variáveis como a duração da repetição (tempo gasto para realização de uma ação muscular concêntrica e excêntrica) e número de repetições ao longo de uma série (TRAN; DOCHERTY; BEHM, 2006; TRAN; DOCHERTY, 2006). Considerando que tais variáveis são frequentemente manipuladas nos protocolos de treinamento de força (ACSM, 2009), seria então relevante entender o efeito da realização de protocolos de treinamento de força com mesmo TST, porém estruturados com diferentes durações da repetição e número de repetições.

O comportamento neuromuscular em protocolos de treinamento de força tem sido frequentemente avaliado pelo registro da sua atividade eletromiográfica (BURD *et al.*, 2012; FAHS *et al.*, 2014; SCHOENFELD *et al.*, 2014; TANIMOTO; ISHII, 2006; TRAN; DOCHERTY, 2006). No melhor do nosso conhecimento, apenas o estudo de Tran e Docherty (2006) procurou analisar respostas da atividade eletromiográfica proporcionadas por diferentes protocolos de treinamento de força equiparados pelo mesmo TST. Em um dos protocolos estudados por esses autores, os voluntários executaram 3 séries de 10 repetições com duração da repetição de 7s, enquanto que, na outra situação experimental foram realizadas 3 séries de 5 repetições a 14s, totalizando um TST de 210s em ambas as condições. Foram avaliadas, antes e após as sessões de treinamento, contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM), registrando-se nesta tarefa, tanto a força máxima quanto a ativação muscular por meio da amplitude do sinal eletromiográfico. Foi demonstrado que, o protocolo com menor duração da repetição e maior número de repetições (7s e 10 repetições) promoveu uma maior redução no pico de força após a sessão de treinamento, apesar de ter ocorrido uma redução da ativação muscular semelhante

em ambas as situações experimentais. A resposta similar da atividade eletromiográfica entre os protocolos, apesar de uma diferença na redução da força muscular, pode estar relacionada com a especificidade do teste de CIVM. Enquanto na realização dos protocolos estavam sendo realizadas ações musculares dinâmicas, no teste de força foi executada contração isométrica máxima. Além disso, o registro da atividade eletromiográfica no estudo de Tran e Docherty (2006) foi feito apenas antes e após cada situação experimental, a fim de fornecer informações sobre possíveis mecanismos de fadiga. Entretanto, além de fornecer dados adicionais sobre a resposta da fadiga neuromuscular aguda proporcionada por diferentes protocolos de treinamento de força (WALKER *et al.*, 2012), o registro da atividade eletromiográfica durante a sessão de treinamento tem auxiliado no entendimento sobre a ativação muscular obtida durante o exercício, fornecendo inclusive subsídios para a compreensão dos seus possíveis efeitos crônicos (FAHS *et al.*, 2014; SCHOENFELD, 2013; SCHOENFELD *et al.*, 2014; TANIMOTO; ISHII, 2006). Nesse sentido, estudos futuros deveriam também investigar as respostas da atividade eletromiográfica durante a execução de protocolos equiparados pelo TST.

Outro aspecto que pode ser ressaltado é que Tran e Docherty (2006) investigaram protocolos equiparados com durações da repetição de 7s e 14s. Durações da repetição menores que 7s são recomendadas para o treinamento de força enfatizando a hipertrofia muscular (ACSM, 2009; BIRD; TARPENNING; MARINO, 2005; WERNBOM; AUGUSTSSON; THOMEÉ, 2007) e são comumente utilizadas por praticantes (HEADLEY *et al.*, 2011; KEELER *et al.*, 2001). Desta forma, informações sobre o efeito de protocolos equiparados pelo TST, envolvendo menores durações da repetição (<7s) representa também uma lacuna no contexto do treinamento de força. Estudos prévios mostraram que maiores picos de força muscular são esperados em protocolos com menor duração da repetição (BENTLEY *et al.*, 2010; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014). Considerando que a produção de força muscular está associada com o nível de ativação muscular (McBRIDE; CORMIE; DEANE, 2006), é possível que protocolos com menores durações da repetição influenciem também de maneira distinta a resposta da ativação muscular em comparação com protocolos com maiores durações da repetição.

Pesquisas, que também manipularam a duração da repetição e o número de repetições, demonstraram que a alteração destas variáveis interfere em outras respostas fisiológicas, como a concentração de lactato sanguíneo (MAZZETTI *et al.*, 2007; ROGATZKI *et al.*, 2014; TANIMOTO *et al.*, 2006; WATANABE *et al.*, 2014). Foi demonstrado que o aumento da duração da repetição, sem alteração no número de repetições, poderia aumentar a resposta metabólica proporcionada pelo treinamento de força (MAZZETTI *et al.*, 2007; WATANABE *et al.*, 2013). Adicionalmente, foi relatado que o número de repetições por série é importante para determinar o estresse metabólico (ROGATZKI *et al.*, 2014). Entretanto, quando foram analisados protocolos de treinamento de força em que ocorreu simultaneamente a manipulação da duração da repetição e número de repetições, não foram verificadas diferenças na concentração de lactato sanguíneo (BUIRAGO *et al.*, 2012). Deve-se salientar que, nos desenhos experimentais adotados nos estudos acima mencionados, que manipularam a duração da repetição e/ou o número de repetições, o TST não foi equiparado, fator que possivelmente poderia interferir nos resultados da concentração de lactato sanguíneo (BUIRAGO *et al.*, 2012; MAZZETTI *et al.* 2007). Desta forma, permanece em aberto o entendimento da resposta metabólica provocada por diferentes configurações de protocolos de treinamento de força que sejam executados em um mesmo TST. Contudo, os dados do estudo de Tran e Docherty (2006) demonstraram que, o protocolo com menor duração da repetição e maior número de repetições (7s e 10 repetições) promoveu maior redução no pico de força após a sessão de treinamento, indicando maior exigência fisiológica. Considerando os estudos prévios que mostraram maiores picos de força muscular em protocolos com menor duração da repetição (BENTLEY *et al.*, 2010; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014) e que protocolos com maiores velocidades de movimento (menores durações da repetição) provocam um aumento no tempo de exercício e trabalho mecânico total (BUIRAGO *et al.*, 2012), é possível que protocolos com menores durações da repetição provoquem alterações distintas na resposta fisiológica em comparação com protocolos com maiores durações da repetição.

Desta forma, baseado no anteriormente exposto, dados sobre o efeito de protocolos de treinamento de força equiparados pelo TST nas respostas metabólica e eletromiográfica ainda são escassos. Considerando que essas informações podem

otimizar a prescrição de protocolos de treinamento de força, a realização de pesquisas, que objetivem investigar tais aspectos, podem fornecer evidências para uma manipulação das variáveis duração da repetição e número de repetições, dentro de um mesmo TST. Além disso, um melhor entendimento do impacto da manipulação de variáveis mantendo um mesmo TST em um protocolo de treinamento de força irá permitir que treinadores explorem outras possibilidades de prescrição do treinamento. Sendo assim, o presente estudo tem o objetivo de investigar o efeito de diferentes configurações da carga de treinamento, equiparadas pelo TST, sobre a ativação muscular e concentração de lactato sanguíneo.

### **1.1 Objetivos**

O presente estudo tem dois objetivos:

- Comparar a amplitude do sinal eletromiográfico entre séries e entre protocolos de treinamento de força equiparados pelo TST, porém com diferentes durações da repetição e número de repetições.
- Comparar a concentração de lactato sanguíneo entre diferentes situações e entre protocolos de treinamento de força equiparados pelo TST, porém com diferentes durações da repetição e número de repetições.

## 2 HIPÓTESES

**H1** – A amplitude do sinal eletromiográfico aumentará significativamente no decorrer das séries.

**H2** – A amplitude do sinal eletromiográfico será significativamente maior no protocolo de treinamento com menor duração da repetição e maior número de repetições.

**H3** – A concentração de lactato sanguíneo aumentará significativamente no decorrer das séries.

**H4** – A concentração de lactato sanguíneo será significativamente maior no protocolo de treinamento com menor duração da repetição e maior número de repetições.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

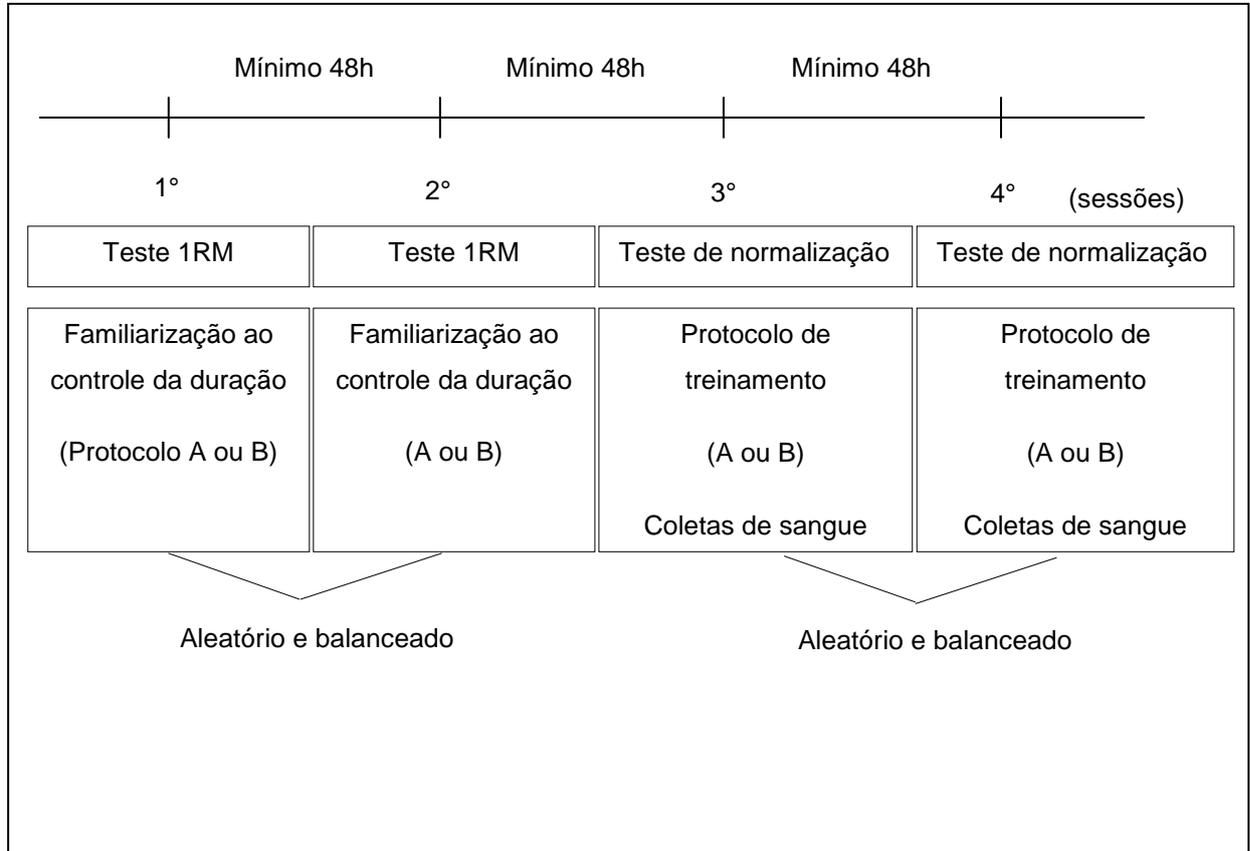
#### 3.1 Delineamento experimental, Procedimentos e Coleta de dados

No presente estudo foi utilizado um delineamento experimental de medidas repetidas (PORTNEY; WATKINS, 2008). Todas as coletas ocorreram no Laboratório do Treinamento na Musculação (LAMUSC), sendo que cada voluntário compareceu em 4 dias diferentes (sessões de 1 a 4), separados por um período de 48 ou 72 horas. As coletas foram realizadas no mesmo horário para um determinado voluntário, esse procedimento teve como objetivo padronizar as influências do ritmo circadiano no desempenho de força, de forma que permanecesse constante durante as sessões de coleta (DRUST *et al.*, 2005). Os voluntários foram orientados a seguir sua rotina normal de treinamento, entretanto esta foi adaptada pelos responsáveis pela coleta para não permitir que os mesmos realizassem exercícios com as musculaturas dos membros superiores 24 horas antes de qualquer sessão de coleta.

Nas sessões 1 e 2, foram realizados testes de uma repetição máxima (1RM) para o exercício supino guiado e familiarização ao controle da duração das ações musculares. Nas sessões 3 e 4 foram executados testes para posterior normalização dos dados eletromiográficos (testes de normalização). Adicionalmente, foram realizados os protocolos de treinamento no supino guiado e o registro da atividade eletromiográfica dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial, assim como, as amostras de sangue para verificar a concentração de lactato sanguíneo. A FIG. 1 apresenta de forma geral o delineamento experimental do estudo e o QUADRO 1 a configuração dos protocolos de treinamento.

Delineamento experimental do estudo e configuração dos protocolos de treinamento

FIGURA 1 - Desenho experimental.



Quadro 1

Protocolos de treinamento utilizados no estudo.

PROTOCOLOS	SÉRIES	REPETIÇÕES	INTENSIDADE	DURAÇÃO*	PAUSA
A	3	6	60% 1RM	3:3	3 min
B	3	12	60% 1RM	1,5:1,5	3 min

\* Ação muscular concêntrica:excêntrica, respectivamente, em segundos.

### 3.2 Cálculo Amostral

O cálculo amostral foi realizado através do *software GPower* (versão 3.1.7). Neste estudo, foi utilizado o delineamento de medidas repetidas (*ANOVA Repeated measures, within interaction*), um erro alfa de 0,05, um poder de 0,8, uma correlação entre as medidas repetidas de 0,73 e uma correção de não esfericidade de 1, considerando os 2 grupos experimentais e as 3 medidas (3 séries). Para a variável tamanho do efeito foi utilizado um valor de 0,25, obtido através da fórmula para comparação par a par apresentada por Beck (2013), nos dados das 3 séries da atividade EMG do músculo tríceps braquial (que foi a variável que apresentou maior CV, aproximadamente 40%) dos voluntários de um estudo piloto. Através destas informações o *software* determinou um tamanho da amostra de 16 indivíduos.

### 3.3 Cuidados Éticos e Amostra

Este estudo respeitou as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional da Saúde (Resolução 196/96) envolvendo pesquisas com seres humanos e foi aprovado pelo Colegiado de Pós-Graduação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional e do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CAAE 23032213.1.0000.5149; ANEXO 1).

Inicialmente, os voluntários receberam informações sobre os objetivos e os procedimentos adotados durante a realização da pesquisa. Também foram informados sobre os possíveis riscos e benefícios relacionados à sua participação nos experimentos realizados. Todos os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido após as explicações, estando todos cientes de que a qualquer momento poderiam deixar de participar do estudo sem precisar se justificar aos pesquisadores (APÊNDICE 1). Os dados coletados durante a realização deste estudo serão utilizados apenas para fins de pesquisa. Estas precauções foram adotadas com o intuito de preservar a privacidade e o bem-estar dos voluntários.

A amostra foi de conveniência e composta por 28 voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 30 anos, estudantes da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas

Gerais (UFMG), praticantes de musculação dos projetos de extensão desta instituição, além de profissionais de Educação Física. O primeiro contato feito por meio de cartazes ou pessoalmente.

Os critérios de inclusão da amostra foram:

- praticantes de musculação há pelo menos seis meses, ininterruptamente;
- levantar, no teste de 1RM, um peso maior que a sua própria massa corporal (KEOGH *et al.*, 1999; MARTINS-COSTA *et al.*, 2012; DINIZ *et al.*, 2014);
- não possuir histórico de lesões musculotendíneas nas articulações do ombro, cotovelo e punho.

Os critérios para exclusão da amostra foram:

- livre e espontânea vontade do voluntário;
- não ter comparecido aos locais de coleta no dia e hora programados;
- relatar ter praticado exercícios de musculação que envolvessem o peitoral maior, tríceps braquial e deltoide anterior no dia anterior a cada sessão de coleta;
- não ter cumprido as durações da repetição, assim como, das ações musculares concêntrica e excêntrica estipuladas para o presente estudo;
- não ter cumprido as orientações de manutenção das marcas de posicionamento dos eletrodos e do eletrogoniômetro;
- não ter conseguido realizar o número de repetições estabelecido nos dois protocolos de treinamento.

Foram excluídos da amostra 6 voluntários, por não terem conseguido realizar o número de repetições proposto durante as 3 séries para o Protocolo B. Portanto, foram utilizados 22 voluntários na análise dos dados.

### 3.4 Instrumentos

Todas as sessões de coleta foram realizadas em um equipamento de musculação constituído de uma barra guiada (massa de 20 kg) e um banco de posicionamento ajustável (FIG.2-A). Para o ajuste da resistência externa a ser vencida pelos voluntários, foram utilizadas anilhas de massas conhecidas, sendo a massa de todas aferida em uma balança digital com precisão de 0,01kg (FIG.2-B). Estas anilhas, juntamente com a barra (massa de 20kg), representam uma carga mecânica que se opõe ao movimento dos segmentos corporais, sendo “peso” o termo genérico utilizado para definir as resistências mecânicas no treinamento na musculação.

FIGURA 2 - Equipamento de musculação a ser utilizado no estudo. A: Barra guiada com um banco ajustável; B: Anilhas.



Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC.

Foi utilizado um metrônomo para auxiliar na manutenção das durações da repetição e um eletrogoniômetro (Noraxon, Estados Unidos), fixado no cotovelo dos voluntários, para o registro da amplitude de movimento articular e o posterior cálculo das durações da repetição (FIG.3). Os locais de fixação dos eletrodos e do eletrogoniômetro foram marcados por caneta tipo hidrocor de longa duração (nos contornos da fixação). Essas marcas deveriam ser mantidas ao longo de todo o período de coleta e retocadas sempre que houvesse necessidade.

A atividade elétrica dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial foi registrada por meio de um equipamento de eletromiografia de superfície (Biovision, Alemanha), com os eletrodos configurados com um ganho de 500 vezes (FIG.3). As informações do eletromiógrafo e do eletrogoniômetro foram sincronizadas e convertidas em sinais digitais por uma placa A/D (Biovision, Alemanha) com faixa de entrada de -5 à +5 Volts e direcionadas a um computador *laptop* (Dell, Estados Unidos) alimentado por bateria. Para a aquisição e tratamento dos sinais, foi utilizado um programa específico (DasyLab 11.0, Irlanda, *Dasytech Laboratories*, 12 bits), calibrado com frequência de amostragem de 1000 Hz. As amostras de sangue foram analisadas por meio de um analisador de lactato da marca *Yellow Springs* (EUA), modelo *Sport 1500*.

Durante a realização dos protocolos de familiarização (sessões 1 e 2) e de treinamento (sessões 3 e 4), um metrônomo, ajustado para fornecer um sinal sonoro (“bipe”) a cada segundo (protocolo A) ou a cada meio segundo (protocolo B), foi utilizado para ajudar os voluntários a controlarem as durações das ações musculares. No início de cada série, uma contagem verbal era feita por um dos pesquisadores com o objetivo de sincronizar o início do movimento com o sinal do metrônomo. Dessa forma, os voluntários eram instruídos para que, ao longo da série, mantivessem o movimento da barra sincronizado com os sinais do metrônomo. Adicionalmente, quando a duração da ação muscular excedia ou ficava abaixo 0,2s dos valores estabelecidos (3 ou 1,5s), era fornecido um *feedback* auditivo pelo pesquisador para auxiliar no reajuste da ação muscular subsequente.

### 3.5 Procedimentos e Coleta de dados

#### 3.5.1 Sessões de coleta 1 e 2: Padronizações do equipamento, teste de 1RM e familiarização com o uso do metrônomo

Na primeira sessão de coleta, após explicação de todo o procedimento ao voluntário, foi solicitado que ele assinasse o termo de consentimento livre e

esclarecido (APÊNDICE 1). Em seguida, os voluntários responderam a uma anamnese constituída por questões referentes ao treinamento (frequência semanal, duração e particularidades do treinamento atual, em especial, as relacionadas ao exercício supino) e dados pessoais. Posteriormente, foi realizada uma padronização do voluntário aos equipamentos, seguida pela familiarização ao teste de 1RM e a familiarização com o treinamento em uma das durações da repetição utilizadas no estudo.

#### 3.5.1.1 Padronização da posição para realização do exercício

Em todos os dias de coleta, os critérios de amplitude de movimento da barra e posicionamento das mãos dos voluntários na barra, do corpo no banco e do banco em relação à estrutura fixa do equipamento foram controlados para garantir a padronização individual. O indivíduo se posicionou da maneira mais confortável e mais próxima à sua rotina de treinamento com o exercício supino guiado e realizou 10 repetições sem peso adicional à barra. A amplitude de movimento foi determinada por meio da trajetória da barra do limite superior até o limite inferior. O limite superior foi indicado pela extensão completa dos cotovelos sem a realização de abdução da escápula, podendo ser visualizado pelo voluntário por meio de uma régua metálica ajustável posicionada acima da barra. Já o limite inferior foi indicado por um anteparo de borracha (12 x 6 x 1cm) posicionado no peito, acima do osso esterno. A posição das mãos na barra e do corpo do voluntário no banco foi marcada com fita adesiva no próprio aparelho. No estudo de Diniz (2008), que utilizou o mesmo procedimento de padronização da amplitude de movimento, o coeficiente de variação das amplitudes de movimentos intra-individuais durante a realização dos protocolos foi em média 2,84 ( $\pm 1,07$ )% e 2,73 ( $\pm 1,15$ )% para as ações musculares excêntrica e concêntrica, respectivamente. Os valores encontrados são próximos aos 2,4% e 2,16% citados na literatura (MOOKERJEE; RATAMESS, 1999).

#### 3.5.1.2 Teste de 1RM

Após a execução dos procedimentos da padronização, foi realizado o primeiro teste de 1RM, objetivando familiarizar os voluntários com o protocolo. O teste de 1RM foi constituído por no máximo 6 tentativas (LIMA; CHAGAS; DINIZ, 2005; MARTINS-COSTA *et al.*, 2012; DINIZ *et al.*, 2014), com pausa de 5 minutos e a progressão do peso foi gradual em função da percepção subjetiva dos voluntários e dos avaliadores. Foram utilizadas as seguintes orientações para a aplicação do teste de 1RM (LIMA; CHAGAS; DINIZ, 2005; MARTINS-COSTA *et al.*, 2012; DINIZ *et al.*, 2014):

- Número máximo de seis tentativas, sendo que, nas sessões 1 e 2 foram necessárias, em média,  $4,43 \pm 1,04$  e  $3,61 \pm 0,84$  tentativas para se determinar o 1RM, respectivamente;
- Duração da pausa de cinco minutos.

Foi considerado o valor do teste de 1RM o maior peso que voluntários conseguiram realizar uma repetição completa (ação excêntrica seguida de uma ação concêntrica). Os voluntários realizaram pelo menos mais uma tentativa com um peso maior que o valor verificado no teste 1RM em aproximadamente 2kg (valor do menor aumento realizado). Este procedimento vem sendo adotado no nosso laboratório como uma forma de certificar que o voluntário realmente alcançou o peso máximo que ele poderia deslocar (MARTINS-COSTA *et al.*, 2012; DINIZ *et al.*, 2014).

O mesmo protocolo e as recomendações já utilizados na familiarização ao teste (sessão 1) foram também adotados na sessão 2. Cada tentativa do teste de 1RM foi constituída da seguinte sequência: após a execução de 10 repetições sem peso adicional à barra, dois avaliadores levantaram a barra para o voluntário até que este possa estender os cotovelos. Ao sinal do voluntário, os avaliadores soltaram a barra gradualmente. O voluntário realizou uma ação muscular excêntrica descendo com a barra até o limite inferior e posteriormente realizou uma ação muscular concêntrica até estender novamente os cotovelos, quando os avaliadores seguraram novamente a barra. O peso na barra era progressivamente aumentado até que o voluntário não conseguisse finalizar a ação muscular concêntrica. Desta forma, o valor de 1RM correspondeu ao peso levantado na tentativa anterior. O efeito da familiarização ao teste de 1RM foi verificado em vários estudos (RITTI-DIAS *et al.*,

2005; SOARES-CALDEIRA *et al.*, 2009). Em um estudo realizado em nosso laboratório, Lima, Chagas e Diniz (2005) relatam que os voluntários alcançaram um maior valor no teste de 1RM comparado com a sessão de familiarização. Também foi verificado um coeficiente de correlação intraclassa (CCI) de 0,99, referente aos dados coletados nas sessões de familiarização e do teste de 1RM, sendo significativo para um  $p < 0,05$ .

### 3.5.1.3 Familiarização ao controle da duração das ações musculares

Após dez minutos da determinação do valor de 1RM, os voluntários realizaram a familiarização ao protocolo de treinamento por meio da execução do exercício supino guiado (3 séries de 6 ou 12 repetições com uma intensidade de 60% de 1RM, pausa de 3 minutos, e utilizando uma das durações da repetição estipuladas - 3 ou 6s). A ordem de execução dos protocolos neste procedimento foi realizada de forma aleatória e balanceada (PORTNEY; WATKINS, 2008). O objetivo deste procedimento é que os voluntários estivessem familiarizados com o controle das durações da repetição para que elas fossem executadas adequadamente nas sessões 3 e 4. Martins-Costa *et al.* (2012) realizaram o mesmo procedimento para familiarização e verificaram, para o protocolo com duração da repetição de 4s, valores médios e desvios padrão de  $4,03 \pm 0,05s$ , e para o protocolo com duração da repetição de 6s, de  $6,02 \pm 0,06s$ , respectivamente. Assim, foi considerado que os voluntários foram capazes de manter as durações da repetição previstas.

Após 10 minutos, foi realizado o posicionamento do eletrogoniômetro no cotovelo esquerdo do voluntário, utilizando fitas adesivas de dupla face e faixas elásticas (FIG. 3), observando as seguintes orientações:

- a) Braço distal do eletrogoniômetro: direcionado a um ponto na metade da distância entre os processos estiloides da ulna e do rádio;
- b) Eixo de rotação do eletrogoniômetro: posicionado na projeção do epicôndilo lateral do úmero;

- c) Braço proximal do eletrogoniômetro: direcionado ao eixo de rotação da cabeça do úmero.

FIGURA 3 - Posicionamento do eletrogoniômetro.



Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC.

Com objetivo de caracterização da amostra foi realizada na sessão 2 a mensuração da massa corporal e da estatura do voluntário, utilizando-se uma balança da marca FILIZZOLA, com um estadiômetro acoplado. A balança tem uma precisão de 0,1kg e o estadiômetro de 0,5cm.

Na sequência foi novamente realizado o teste de 1RM no supino guiado, utilizando o mesmo protocolo adotado na primeira sessão de coleta. O valor obtido neste segundo teste de 1RM foi utilizado para determinar os pesos que os voluntários utilizariam nas sessões de treinamento subsequentes. Após a determinação do valor de 1RM, novamente os voluntários realizaram uma familiarização com o protocolo de treinamento, porém utilizando a outra duração da repetição que não foi realizada no primeiro dia.

### 3.5.2 Sessões de coleta 3 e 4: Testes de normalização e protocolos de treinamento

Na terceira e quarta sessões de coleta, foram realizados os testes de normalização e os protocolos de treinamento no exercício supino guiado. Todas as padronizações relativas ao posicionamento do voluntário, do eletrogoniômetro e a

amplitude de deslocamento da barra utilizadas nos testes de 1RM foram mantidas nos treinamentos. Durante as sessões de treinamento, foram realizados os seguintes procedimentos em ordem cronológica:

1. Posicionamento do eletrogoniômetro e dos eletrodos de superfície para captação do sinal eletromiográfico.
2. Realização de 10 repetições com a barra sem peso adicional para a familiarização com as durações da repetição utilizadas no protocolo de treinamento daquele dia de coleta.
3. Teste de normalização.
4. Período de recuperação de 10 minutos. Após transcorridos 9 minutos de recuperação, foi realizada a primeira coleta de sangue para a posterior mensuração da concentração de lactato sanguíneo de repouso.
5. Execução do protocolo de treinamento.
6. Coletas de sangue 3, 6, 9 e 12 minutos após execução dos protocolos de treinamento.

#### 3.5.2.1 Posicionamentos dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico

Eletrodos de superfície do tipo Ag/AgCl (Kobme Bio Protec, Korea), com área de captação de aproximadamente  $1\text{cm}^2$ , foram posicionados na direção das fibras musculares do peitoral maior (porção esternal) e do tríceps braquial (porção da cabeça longa), ambos no lado direito do voluntário. Previamente à colocação dos eletrodos, a área da pele foi tricotomizada, higienizada com álcool e algodão, friccionando fortemente o algodão no local a fim de se garantir a limpeza e uma

redução da impedância da pele (PINCIVERO *et al.*, 2006). Os eletrodos foram posicionados aos pares com uma distância centro a centro de 2cm.

No músculo peitoral maior (FIG. 3A), foi identificado o ponto de maior ventre muscular enquanto o voluntário mantivesse o braço próximo ao tronco, como já realizado em outros estudos (KEOGH *et al.*, 1999; LAGALLY *et al.*, 2004). Em seguida, os eletrodos foram posicionados buscando fixá-los no mesmo sentido das fibras (FARINA; MERLETTI; ENOKA, 2004; MERLETTI; PARKER, 2004). Para os músculos deltoide anterior (FIG. 3A) e tríceps braquial (FIG. 3B), foram seguidas as orientações de posicionamento recomendadas pela organização europeia SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles*). Para o deltoide anterior, primeiramente, determinou-se um ponto que correspondesse a largura de aproximadamente um dedo anteriormente e distal ao acrômio. Em seguida, foi realizada uma rotação externa de poucos graus e uma abdução do ombro direito até 90°, semelhante ao exercício desenvolvimento anterior de ombros. Assim, foi pedido para que os voluntários realizassem uma ação isométrica contra uma resistência exercida pela mão do pesquisador, objetivando identificar área de maior volume muscular para fixação dos eletrodos. Para o tríceps braquial, primeiramente, determinou-se um ponto que correspondesse à metade da distância entre a crista posterior do acrômio e o olécrano. Logo em seguida, os eletrodos foram posicionados na porção longa do tríceps braquial, em torno de 3 cm medialmente ao ponto previamente determinado. Quando necessário, ajustes foram realizados para que os eletrodos permanecessem posicionados sobre a área do maior ventre muscular. O eletrodo terra foi fixado no olécrano (FIG. 3B). Assim como realizado para o eletrogoniômetro, foram feitas marcações com caneta semipermanente ao redor dos eletrodos, de forma que eles pudessem ser fixados no mesmo local nos dois dias da realização do protocolo de treinamento. As marcações e o posicionamento dos eletrodos foram também realizados sempre pelo mesmo pesquisador.

FIGURA 4 - Posicionamento dos eletrodos de superfície. A) Eletrodos fixados no deltoide anterior (porção clavicular) e eletrodos fixados no peitoral maior (porção esternal). B) Eletrodos fixados no tríceps braquial (porção longa) e no olécrano (terra).



Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC.

### 3.5.2.2 Teste de normalização

Nas sessões de coleta 3 e 4, os indivíduos realizaram o teste de normalização, constituído por duas (2) repetições dinâmicas no exercício supino guiado (60% de 1 RM), cada uma com duração de 4s (2s concêntrica : 2s excêntrica - 2:2). Este procedimento é semelhante ao realizado por Sakamoto e Sinclair (2012), considerando os mesmos grupos musculares. Para realização do teste, o voluntário se posicionava para a execução do exercício supino guiado, mantendo o tronco e as mãos de acordo com as padronizações previamente estabelecidas para o presente estudo. Após a sinalização verbal pelo pesquisador, o voluntário realizou as duas repetições no exercício supino guiado, seguindo os mesmos procedimentos que seriam adotados durante a execução dos protocolos. Foram calculadas a *root mean square* (RMS) da amplitude do sinal eletromiográfico ( $EMG_{RMS}$ ) das ações concêntricas e excêntricas realizadas no teste normalização. Utilizou-se para normalização da  $EMG_{RMS}$  o valor médio das duas ações concêntricas e excêntricas realizadas no teste de normalização de cada protocolo de treinamento. Os dados da  $EMG_{RMS}$  registradas nesse procedimento foram usados como referência para as medidas realizadas durante os protocolos de treinamento.

Para averiguar se os valores de  $EMG_{RMS}$  das ações musculares concêntricas e excêntricas entre os dias de coleta foram reprodutíveis, a confiabilidade intersessão da  $EMG_{RMS}$  durante o teste de normalização nas sessões de coleta 3 e 4 foi verificada por meio do cálculo do coeficiente de correlação intraclassa (CCI), modelo (3,K), juntamente com o erro padrão da medida (EPM) (PORTNEY; WATKINS, 2008). O modelo 3 ou misto foi utilizado pois os testes de normalização foram considerados efeito randômico e os avaliadores e sujeitos foram considerados efeito fixo. Utilizou-se a forma K, uma vez que, as medidas foram baseadas na comparação de valores médios. Esses procedimentos estatísticos foram realizados no programa SPSS 20.0.

Na TAB. 1 estão apresentados os dados descritivos de  $EMG_{RMS}$  das ações musculares concêntricas dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial para cada um dos protocolos de treinamento, bem como os respectivos valores do CCI e EPM para a situação intersessão. Todos os valores do CCI foram significativos ( $p < 0,05$ ).

TABELA 1  
Dados médios e desvio padrão da  $EMG_{RMS}$  das ações musculares concêntricas dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial, valores de CCI e EPM.

Situação	Média ( $\mu V$ )	Desvio Padrão	CCI (3,K)	EPM ( $\mu V$ )	EPM (%)
$EMG_{RMS}$ Deltoide A	463,71	225,54	0,93	20,21	4,38
$EMG_{RMS}$ Deltoide B	458,60	227,63			
$EMG_{RMS}$ Peitoral A	247,28	87,51	0,87	15,19	6,17
$EMG_{RMS}$ Peitoral B	245,27	87,76			
$EMG_{RMS}$ Tríceps A	196,16	82,95	0,81	20,83	11,24
$EMG_{RMS}$ Tríceps B	174,39	79,69			

CCI: coeficiente de correlação intraclassa; EPM: erro padrão de medida; EPM(%): percentual do valor do EPM em relação à média da respectiva variável;  $EMG_{RMS}$ : *root mean square* média das duas ações concêntricas (60% 1 RM - 2:2) realizadas no teste de normalização.

TABELA 2

Dados médios e desvio padrão da  $EMG_{RMS}$  das ações musculares excêntricas dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial, valores de CCI e EPM.

Situação	Média ( $\mu V$ )	Desvio Padrão	CCI (3,K)	EPM ( $\mu V$ )	EPM (%)
$EMG_{RMS}$ Deltoide A	326,76	188,22	0,95	12,06	3,72
$EMG_{RMS}$ Deltoide B	322,01	180,92			
$EMG_{RMS}$ Peitoral A	160,03	48,12	0,91	6,17	3,85
$EMG_{RMS}$ Peitoral B	160,10	53,58			
$EMG_{RMS}$ Tríceps A	85,33	37,71	0,77	10,44	12,85
$EMG_{RMS}$ Tríceps B	77,12	29,77			

CCI: coeficiente de correlação intraclasse; EPM: erro padrão de medida; EPM(%): percentual do valor do EPM em relação à média da respectiva variável;  $EMG_{RMS}$ : *root mean square* média das duas ações excêntricas (60% 1 RM - 2:2) realizadas no teste de normalização.

### 3.5.2.3 Protocolos de treinamento

A intensidade, número de séries, pausa, número de repetições e durações da repetição usadas no presente estudo caracterizam um estímulo de treinamento que se encontra dentro de valores de referência já sugeridos pela literatura, quando o intuito do treinamento de força é enfatizar adaptações morfológicas (BIRD; TARPENNING; MARINO, 2005; KRAEMER; RATAMESS, 2004; WERNBOM; AUGUSTSSON; THOMEÉ, 2007). Adicionalmente, Wernbom, Augustsson e Thomeé (2007) sugerem que durações da repetição entre 2s a 6s sejam realizadas durante o treinamento de força com o mesmo objetivo.

No entanto, para escolha das durações das ações musculares, conseqüentemente das durações da repetição, adotou-se, para os protocolos A e B, valores próximos aos utilizados por Sakamoto e Sinclair (2006; 2012). Sakamoto e Sinclair (2006) verificaram através de equações de regressão, que indivíduos treinados realizaram uma série de 6 repetições máximas a uma intensidade de 69% de 1 RM e duração de aproximadamente 5,6 segundos. Enquanto, para uma duração da repetição de 2,8 segundos, realizaram 12 repetições máximas a 61% de

1 RM. Contudo, buscando uma equiparação do TST foram escolhidos dois protocolos com as descrições abaixo:

- Protocolo A: 6s = 3 séries; 3 segundos para a ação muscular concêntrica e 3 segundos para a ação muscular excêntrica; 6 repetições;
- Protocolo B: 3s = 3 séries; 1,5 segundos para a ação muscular concêntrica e 1,5 segundos para a ação muscular excêntrica; 12 repetições.

Os voluntários foram orientados a evitar alterações bruscas na velocidade da barra durante a realização dos protocolos de treinamento, principalmente no momento da transição entre as ações musculares excêntricas e concêntricas. Durante a execução dos protocolos de treinamento a série foi interrompida e a sessão de coleta desconsiderada, se o voluntário, durante duas repetições seguidas: não conseguisse manter a duração estabelecida para cada ação muscular, realizasse uma amplitude de movimento incompleta (não estender os cotovelos e/ou não encostar a barra no anteparo de borracha posicionado sob o esterno) ou algum tipo de movimento acessório que pudesse ocasionar algum risco de lesão.

Dessa forma, foi possível a investigação do efeito agudo provocado por protocolos de treinamento com diferentes durações da repetição (6s e 3s) e número de repetições (6 ou 12), equiparados pelo TST (108s) sobre amplitude do sinal eletromiográfico e a concentração de lactato sanguíneo.

### 3.6 Variáveis mensuradas

Durante as duas sessões de treinamento (3 e 4) foram mensuradas a duração da repetição, a amplitude de movimento, a concentração de lactato sanguíneo e a amplitude do sinal eletromiográfico normalizada dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial.

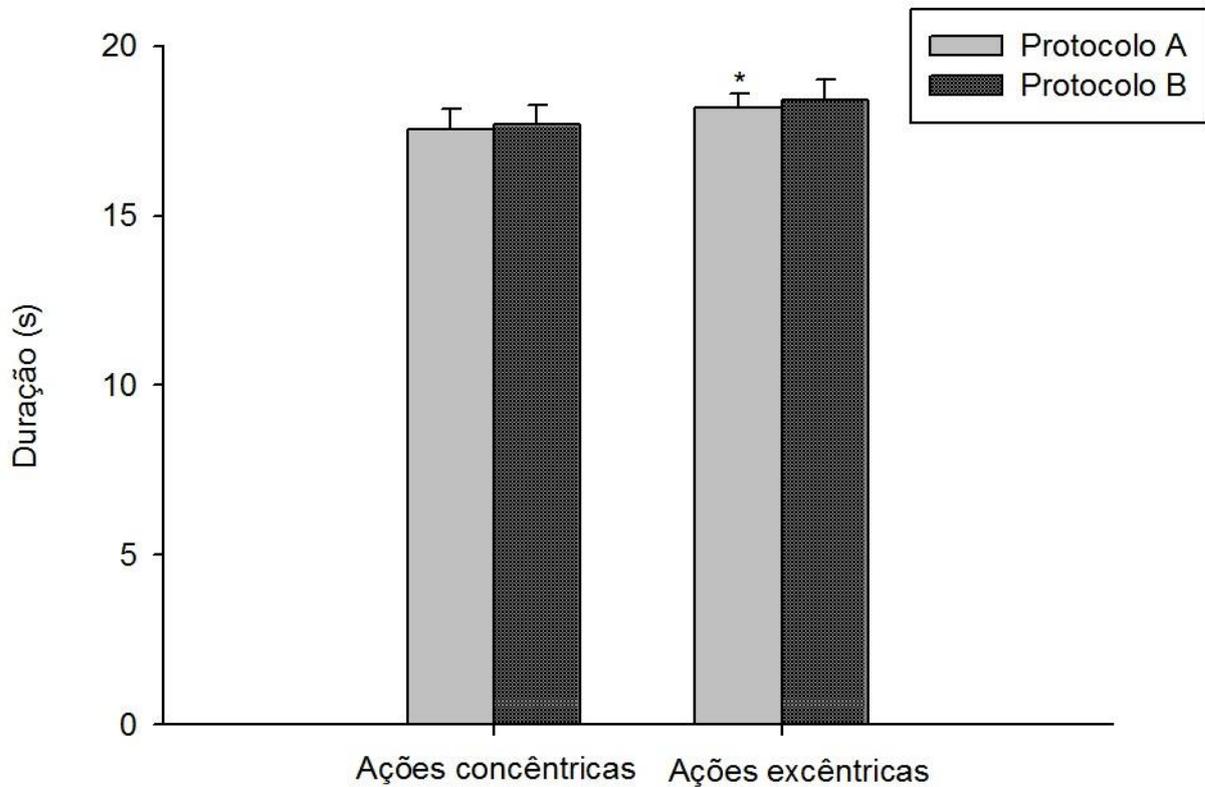
### 3.6.1 Duração da repetição

Para mensuração da duração da repetição foi utilizado um eletrogoniômetro com o centro afixado à articulação do cotovelo do indivíduo. Anteriormente às coletas, este equipamento foi calibrado utilizando-se um goniômetro manual, sendo armazenado esse valor de correção da calibragem para posteriores análises.

Após ter sido armazenado, o dado bruto do eletrogoniômetro foi convertido em deslocamento angular e filtrado por meio de um filtro de 4ª ordem do tipo *Butterworth*, passa-baixa com frequência de corte de 10Hz. Através do registro do tempo de deslocamento angular realizado pelo eletrogoniômetro foram determinadas a duração das ações musculares excêntricas e concêntricas e duração da repetição. Assim, permitiu-se quantificar o tempo despendido durante a realização dos movimentos de flexão (período compreendido entre as posições angulares mínima e máxima) e extensão do cotovelo (período compreendido entre as posições angulares máxima e mínima) que correspondeu às durações das ações musculares excêntricas e concêntricas, respectivamente. O registro do eletrogoniômetro ocorreu constantemente durante a coleta dos dados.

A média da duração da série do protocolo A ( $35,65 \pm 0,43s$ ) foi diferente estatisticamente da média do protocolo B ( $36,06 \pm 0,42s$ ;  $t = -4,39$  e  $p = 0,0003$ ). O GRAF. 1 apresenta o resultado da comparação da duração média das ações musculares concêntricas e excêntricas entre os protocolos. A análise da duração média das ações musculares concêntricas não apontou diferenças entre os protocolos A e B ( $17,54 \pm 0,63s$  e  $17,69 \pm 0,57s$ , respectivamente;  $t = -1,58$  e  $p = 0,129$ ). Entretanto, a duração média das ações musculares excêntricas foi diferente entre os protocolos A e B ( $18,19 \pm 0,41s$  e  $18,43 \pm 0,58s$ , respectivamente;  $t = -2,23$  e  $p = 0,036$ ), embora a magnitude das diferenças entre as médias tenha sido menor que 1,4%. Desta forma, a diferença verificada na média da duração da série entre os protocolos foi devido à diferença na duração média das ações musculares excêntricas.

GRÁFICO 1 - Duração média das ações musculares concêntricas e excêntricas nos protocolos A e B. \* Protocolo B diferente do Protocolo A.



### 3.6.2 Amplitude de movimento

O deslocamento vertical da barra foi padronizado durante a execução dos protocolos de treinamento e testes de normalização em todas as sessões de coleta, uma vez que era necessário atingir as amplitudes de movimento previamente marcadas (limites superior e inferior). Os dados da amplitude de movimento média das ações musculares concêntricas e excêntricas apresentaram distribuição normal e homogeneidade. O deslocamento angular das ações musculares concêntricas ( $t = 1,50$ ;  $p = 0,148$ ) e excêntricas ( $t = 0,86$ ;  $p = 0,397$ ) não apresentaram diferenças significantes ao se comparar os diferentes protocolos de treinamento (Teste T para amostras pareadas). O coeficiente de variação das amplitudes de movimentos intra-individuais durante a realização dos protocolos A e B foram em média 3,46% ( $\pm 2,56$ )

e 3,60% ( $\pm 2,63$ ) para ações musculares concêntricas e, 5,96% ( $\pm 4,35$ ) e 4,87% ( $\pm 3,55$ ) para as ações musculares excêntricas. Foram verificados coeficientes de correlação ( $r$ ) de 0,89 e 0,90, para as respectivas ações musculares, sendo significativo para um alfa de 0,05. O coeficiente de correlação intraclassa (CCI), modelo 3,1, para as amplitudes de movimento médias calculado com os valores registrados nas sessões de treinamento 3 e 4 foi de 0,94, sendo significativo para um  $p < 0,05$ . Esses dados indicam que amplitude de movimento do cotovelo foi satisfatoriamente mantida para a realização dos protocolos de treinamento A e B.

### 3.6.3 Amplitude do sinal eletromiográfico normalizada

A amplitude do sinal eletromiográfico ( $EMG_{RMS}$ ) dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial foi registrada durante a realização dos protocolos de treinamento (sessão 3 e 4). Depois de armazenados, todos os dados foram filtrados com filtro passa-faixa (20-500 Hz) de 2ª ordem do tipo *Butterworth*, retificados (*full-wave*) e separados para cada ação muscular. Para normalização dos dados foi calculada a  $EMG_{RMS}$  para cada ação concêntrica ou excêntrica (PINCIVERO *et al.*, 2006; SAMPSON *et al.*, 2014), e a média das duas ações concêntricas, assim como das ações excêntricas foram determinadas para cada um dos músculos analisados. Este procedimento também está de acordo com recomendações de Allison, Marshall e Singer (1993) para ações dinâmicas. Em seguida, foram calculadas as  $EMG_{RMS}$  médias para as ações musculares concêntricas e excêntricas obtidas nas três (3) séries durante a realização dos protocolos de treinamento. Por fim, estes valores foram divididos pelo respectivo valor de referência para as ações concêntricas e excêntricas descritos acima, gerando a  $EMG_{RMS}$  normalizada por série.

Para identificação do início e final de cada uma das ações musculares concêntrica e excêntrica foi utilizado os dados fornecidos pelo eletrogoniômetro.

### 3.6.4 Concentração de lactato sanguíneo

Nas sessões 3 e 4, foram realizadas coletas de sangue com o objetivo de mensurar a concentração de lactato sanguíneo em diferentes momentos: (1) Repouso, imediatamente antes da realização do protocolo de treinamento; (2) Durante a realização do protocolo de treinamento, sendo esta coletada um minuto após cada série; (3) Após a realização do protocolo de treinamento, sendo esta coletada após 3, 6, 9 e 12 minutos após o final do protocolo. A realização de várias coletas de sangue leva em consideração o atraso no tempo para que haja acúmulo de lactato, difusão do ácido láctico no sangue. Dessa forma, a realização de um número maior de amostras pós-exercício ajudaria na determinação de possíveis diferenças nas concentrações de lactato sanguíneo proporcionadas por protocolos de treinamento distintos (CREWTER; CRONIN; KEOGH, 2006).

O lóbulo esquerdo do voluntário foi perfurado, utilizando lancetas esterilizadas e descartáveis. Logo em seguida, foram coletados 30 µl de sangue utilizando capilares heparinizados, que foram armazenados em um tubo Eppendorf com 60 µl de fluoreto de sódio (1%) e congelado a -20°C para posterior análise no aparelho *Yellow Springs 1500 Sport*. Em todo o procedimento de retirada do sangue, os responsáveis pela sua análise utilizaram luvas cirúrgicas descartáveis e guarda-pó. Os detritos resultantes dessa coleta foram descartados em lixeiras específicas para lixo hospitalar.

### 3.7 Análise Estatística

A normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas usando os testes os *Shapiro- Wilks* e *Levene*, respectivamente. Estes testes foram realizados usando o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS 20.0), e foi verificado que a  $EMG_{RMS}$  normalizada apresentou desvios significantes da normalidade. Portanto, a mediana foi utilizada como um indicador de tendência central, e o primeiro e terceiro quartis como um indicador de dispersão da  $EMG_{RMS}$  normalizada durante as sessões experimentais. Um procedimento não paramétrico (*ANOVA-type statistics*) sugerido por Brunner, Domhof e Langer (2002) e Brunner e Langer (2000)

foi usado para checar a resposta da  $EMG_{RMS}$  normalizada durante os protocolos de treinamento para os efeitos principais (protocolo e série), bem como interações entre estes fatores. A *ANOVA-type statistics* foi realizada usando o pacote *nparLD* no software *R*. Quando necessário, um *post hoc* de *Dunn* foi usado para identificar as diferenças reportadas no procedimento não paramétrico. Este procedimento foi realizado usando o software *R*.

Para os dados da concentração de lactato sanguíneo, a normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas usando os testes *Shapiro-Wilks* e *Levene*, respectivamente. Estes testes foram realizados usando o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS 20.0), e foi verificado que a concentração de lactato sanguíneo não apresentou desvios significantes da normalidade. A *ANOVA two-way* (protocolo × tempo) para medidas repetidas verificou as respostas da concentração de lactato sanguíneo durante e após realização dos protocolos de treinamento (STATISTICA 7.0). Quando necessário, um *post hoc* de *Tukey HSD* foi usado para identificar as diferenças reportadas nas *ANOVAs*. O nível de significância adotado para todas as análises foi de  $p \leq 0,05$ .

Adicionalmente, os valores para o tamanhos do efeito foram reportados por refletirem a magnitude das diferenças entre cada tratamento (baixo = 0.01; médio = 0.06; alto = 0.14) (COHEN, 1988).

## 4 RESULTADOS

Na TAB.3 estão apresentadas as características da amostra.

TABELA 3  
Caracterização da amostra (n= 22).

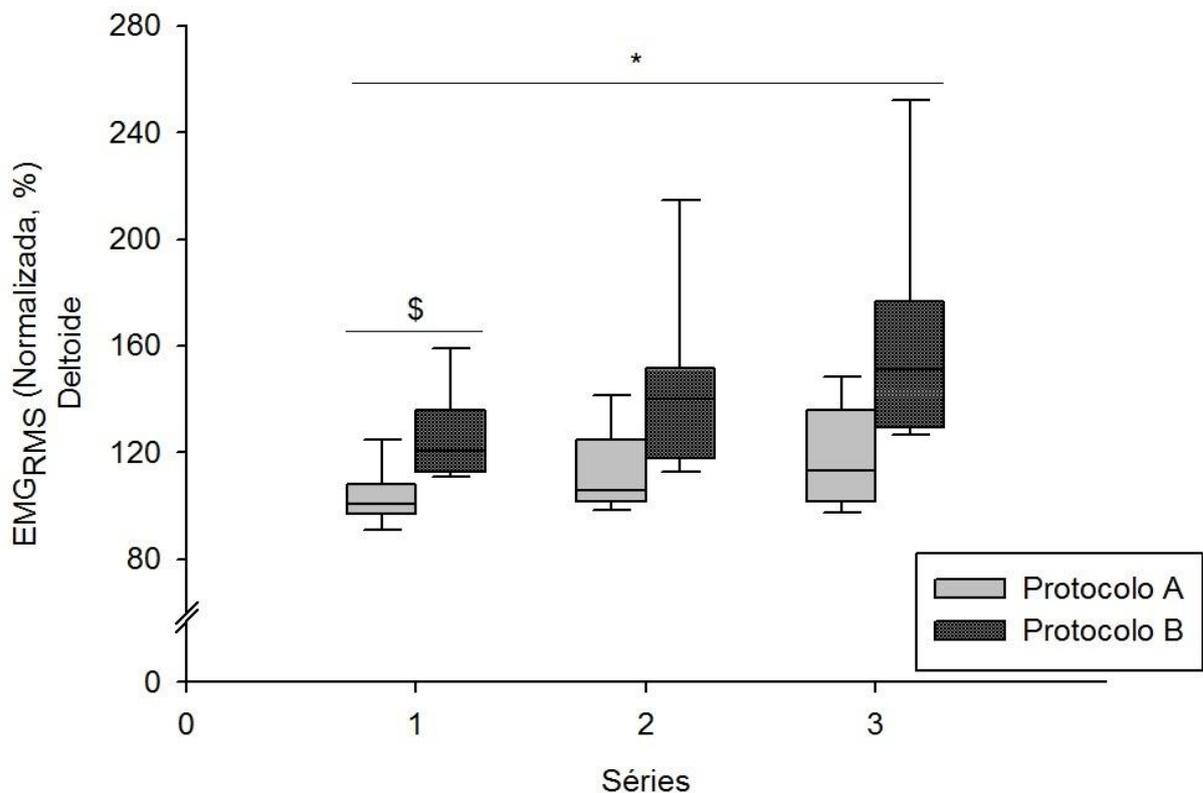
Variáveis	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Idade (anos)	23,47	3,44	18	29,92
Massa (Kg)	76,79	10,32	54,80	90,90
Estatura (m)	1,77	0,08	1,96	1,62
Valor de 1RM (Kg)	92,95	17,16	70,94	130,76
60% de 1RM (Kg)	55,77	10,30	42,56	78,46

Todos os voluntários recrutados foram capazes de levantar no teste de 1RM um peso maior que a sua própria massa corporal, confirmando assim um dos critérios de inclusão também adotados na literatura (KEOGH *et al.*, 1999). Os valores médios e os desvios padrão para a sessão de familiarização e o teste de 1RM foram  $91,72 \pm 17,58$  e  $92,95 \pm 17,16$  Kg, respectivamente. Também foi verificado um coeficiente de correlação intraclasse (CCI) de 0,99 referente aos dados coletados nas sessões de familiarização e do teste de 1RM, sendo significativo para um  $p < 0,05$ . A mediana do número de tentativas para verificar o RM dos voluntários foi 3. Até a data da coleta, os voluntários treinavam em média  $4,61 (\pm 0,78)$  vezes na semana, sendo que todos eles realizavam o exercício supino. Para este tipo de exercício, 34,78% dos voluntários relataram controlar a duração da repetição em faixas próximas às adotadas neste estudo (3s a 6s). Os demais voluntários não realizavam controle desta variável nas suas sessões de treinamento.

O GRAF. 2 mostra o comportamento da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações concêntricas do músculo deltoide anterior no decorrer de cada protocolo de treinamento. O procedimento não paramétrico *ANOVA-type statistics* identificou um efeito principal para protocolo ( $H_1 = 48,06$ ,  $p = 0,0001$ , poder = 1,00, tamanho do efeito = 0,63). De modo que, a  $EMG_{RMS}$  normalizada no Protocolo B foi maior do que no Protocolo A em todas comparações. Também, foram observados efeitos significantes para série ( $H_2 = 8,66$ ,  $p = 0,0003$ , poder = 1,00, tamanho do efeito =

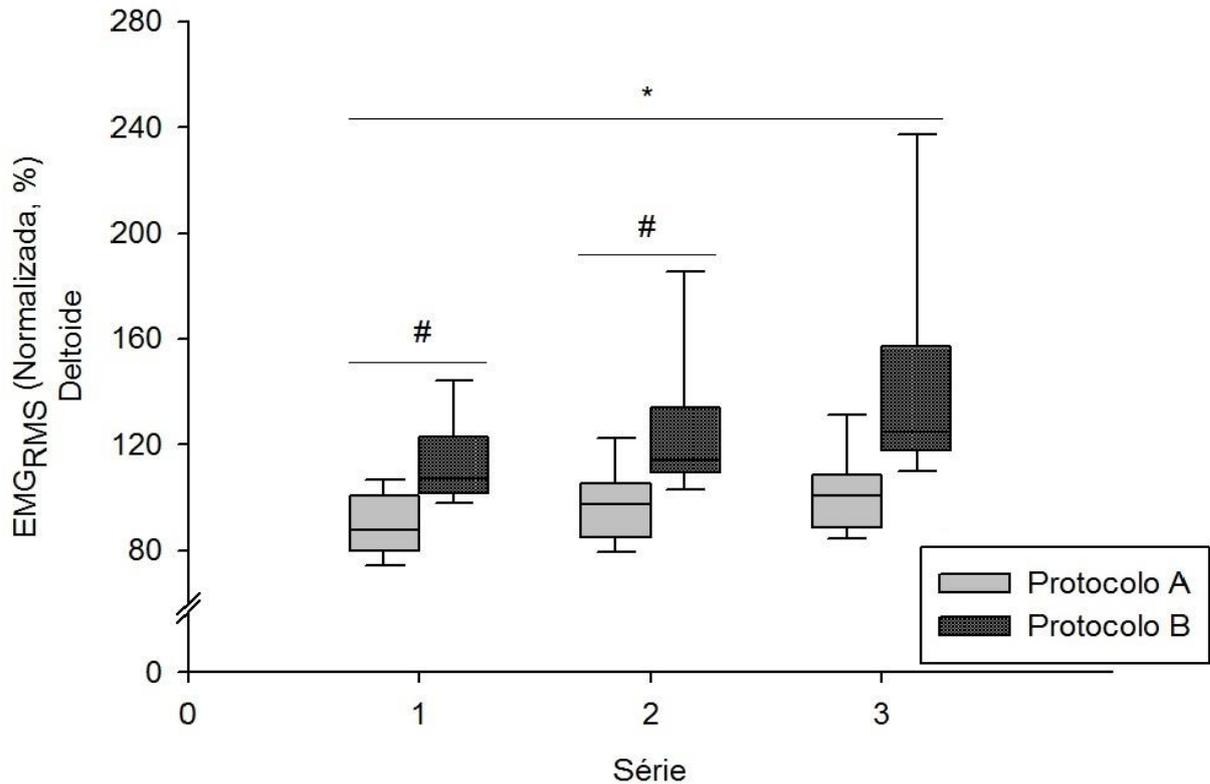
0,52). Houve um aumento na  $EMG_{RMS}$  normalizada no decorrer das séries, sendo 3ª e 2ª séries maior que a 1ª.

GRÁFICO 2 - Mediana, Primeiro Quartil e Terceiro Quartil da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações musculares concêntricas do deltoide anterior em cada protocolo de treinamento. \* Protocolo B diferente do Protocolo A (efeito principal). \$ Diferente das 2ª e 3ª séries no respectivo protocolo. # Diferente da 3ª série no respectivo protocolo;  $EMG_{RMS}$ : *root mean square* da amplitude do sinal eletromiográfico.



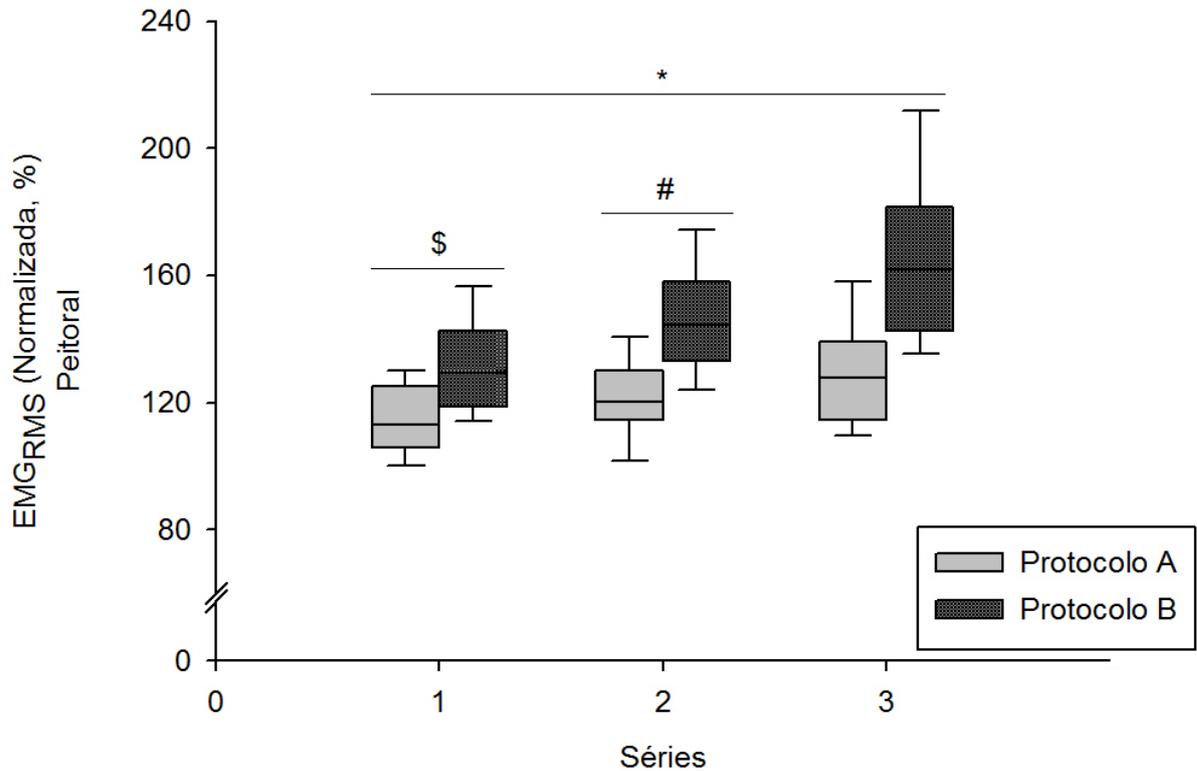
O GRAF. 3 ilustra o comportamento da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações musculares excêntricas do músculo deltoide anterior no decorrer de cada protocolo de treinamento. A *ANOVA-type statistics* identificou um efeito principal significativo para protocolo ( $H_1 = 15,35$ ,  $p = 0,0001$ , poder = 1,00, tamanho do efeito = 0.65). Sendo, a  $EMG_{RMS}$  normalizada no Protocolo B foi maior do que no Protocolo A em todas comparações. Adicionalmente, foram observados efeitos significantes para série ( $H_2 = 11,98$ ,  $p = 0,001$ ; poder = 0,99, tamanho do efeito = 0,45). Verificou-se um aumento progressivo da ativação das ações excêntrica no decorrer das séries, sendo a 3ª série maior que a 1ª e 2ª séries.

GRÁFICO 3 - Mediana, Primeiro Quartil e Terceiro Quartil da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações musculares excêntricas do deltoide anterior em cada protocolo de treinamento. \* Protocolo B diferente do Protocolo A (efeito principal). \$ Diferente das 2ª e 3ª séries no respectivo protocolo. # Diferente da 3ª série no respectivo protocolo;  $EMG_{RMS}$ : *root mean square* da amplitude do sinal eletromiográfico.



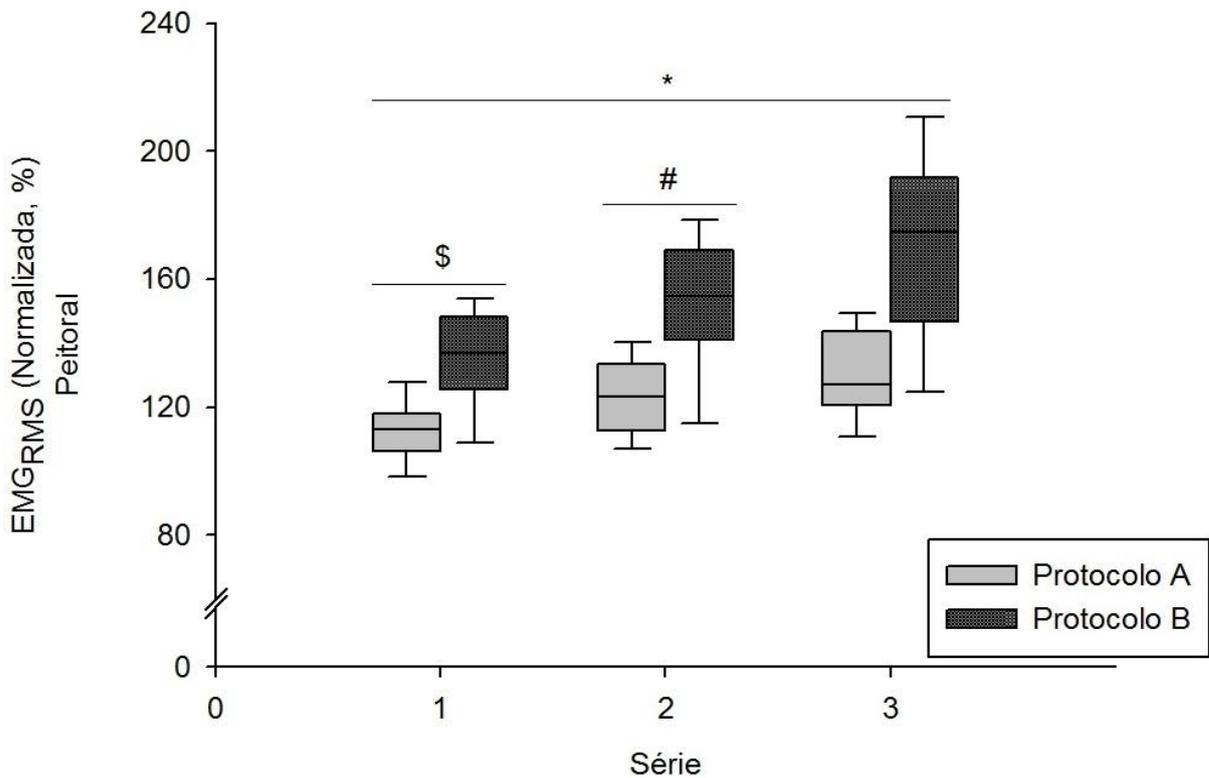
O GRAF. 4 mostra o comportamento da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações concêntricas do músculo peitoral maior no decorrer de cada protocolo de treinamento. A *ANOVA-type statistics* identificou um efeito principal para protocolo ( $H_1 = 49,25$ ,  $p = 0,0001$ , poder = 1,00, tamanho do efeito = 0,76). De modo que, a  $EMG_{RMS}$  normalizada no Protocolo B foi maior do que no Protocolo A em todas comparações. Também, foram observados efeitos significantes para série ( $H_2 = 17,20$ ,  $p = 0,0001$ , poder = 1,00, tamanho do efeito = 0,71). Houve um aumento na  $EMG_{RMS}$  normalizada a cada série, sendo 3ª maior que a 1ª e 2ª séries, e a 2ª maior que a 1ª.

GRÁFICO 4 - Mediana, Primeiro Quartil e Terceiro Quartil da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações musculares concêntricas do peitoral maior em cada protocolo de treinamento. \* Protocolo B diferente do Protocolo A (efeito principal). \$ Diferente das 2ª e 3ª séries no respectivo protocolo. # Diferente da 3ª série no respectivo protocolo;  $EMG_{RMS}$ : *root mean square* da amplitude do sinal eletromiográfico.



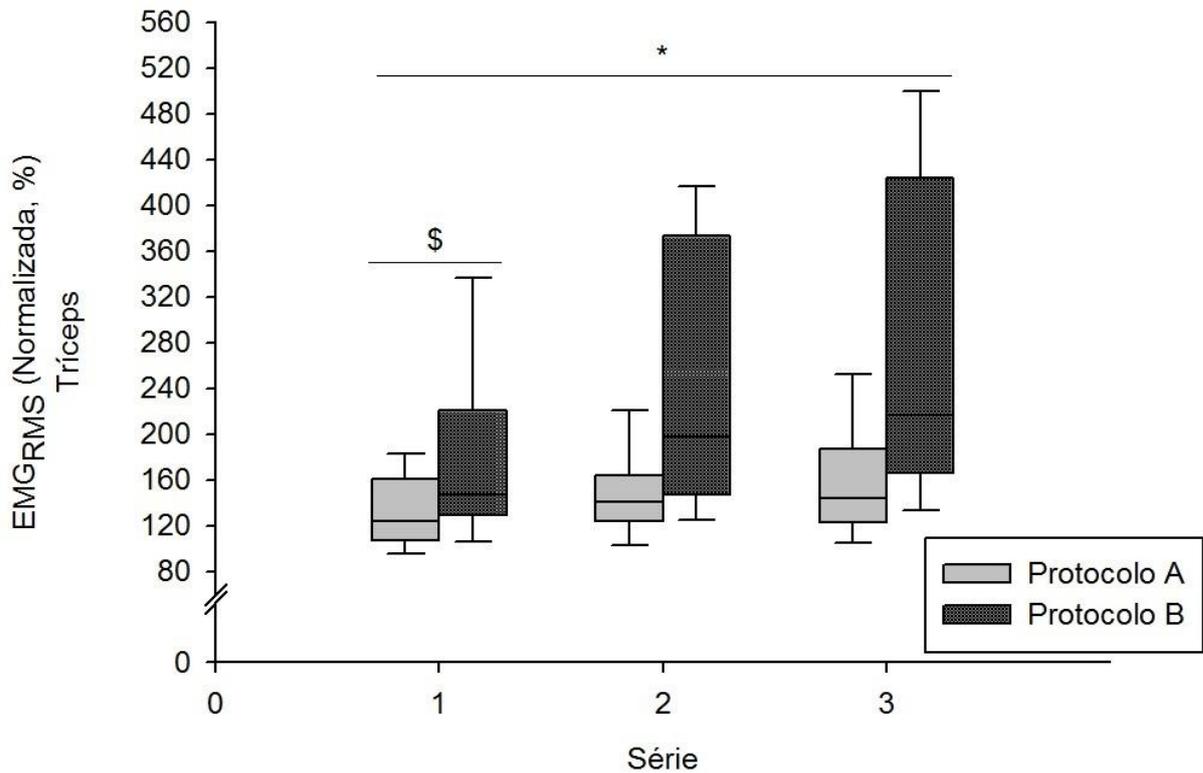
O GRAF. 5 mostra o comportamento da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações excêntricas do músculo peitoral maior no decorrer de cada protocolo de treinamento. O procedimento não paramétrico *ANOVA-type statistics* identificou um efeito principal significativo para protocolo ( $H_1 = 81,27$ ,  $p = 0,0001$ , poder = 1,00, tamanho do efeito = 0,77). Sendo, a  $EMG_{RMS}$  normalizada no Protocolo B foi maior do que no Protocolo A em todas comparações. Ainda, foram observados efeitos significantes para série ( $H_2 = 21,43$ ,  $p = 0,0001$ , poder = 1,00, tamanho do efeito = 0,75). Houve um aumento na  $EMG_{RMS}$  normalizada a cada série, sendo 3ª série maior que a 2ª e a 1ª, e a 2ª série maior do que a 1ª.

GRÁFICO 5 - Mediana, Primeiro Quartil e Terceiro Quartil da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações musculares excêntricas do peitoral maior em cada protocolo de treinamento. \* Protocolo B diferente do Protocolo A (efeito principal). \$ Diferente das 2ª e 3ª séries no respectivo protocolo. # Diferente da 3ª série no respectivo protocolo;  $EMG_{RMS}$ : *root mean square* da amplitude do sinal eletromiográfico.



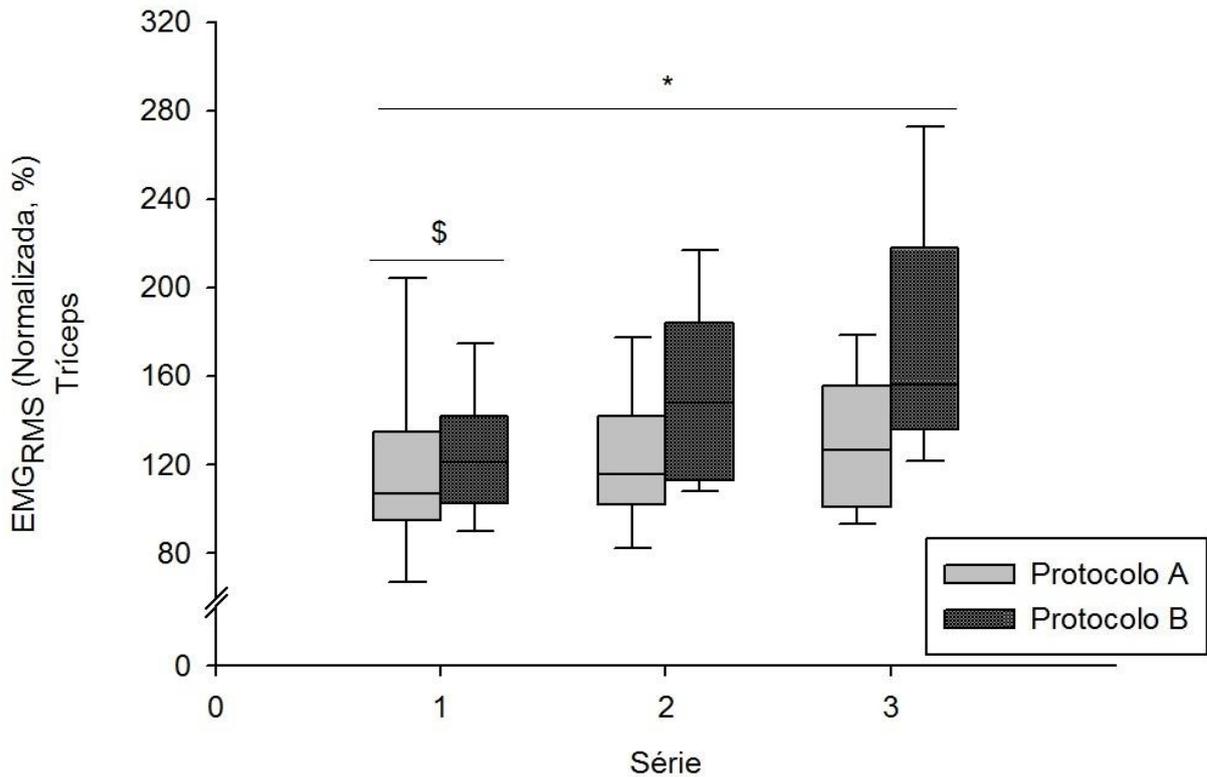
O GRAF. 6 ilustra o comportamento da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações musculares concêntricas do músculo tríceps braquial no decorrer de cada protocolo de treinamento. A *ANOVA-type statistics* identificou um efeito principal significativo para protocolo ( $H_1 = 31,54$ ,  $p = 0,0001$ , poder = 0,99, tamanho do efeito = 0,52). Sendo, a  $EMG_{RMS}$  normalizada no Protocolo B foi maior do que no Protocolo A em todas comparações. Adicionalmente, foram observados efeitos significantes para série ( $H_2 = 5,21$ ,  $p = 0,005$ , poder = 1,00, tamanho do efeito = 0,55). Verificou-se um aumento progressivo da ativação das ações concêntricas no decorrer das séries, sendo a 3ª série maior que a 1ª e 2ª.

GRÁFICO 6 - Mediana, Primeiro Quartil e Terceiro Quartil da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações musculares concêntricas do tríceps braquial em cada protocolo de treinamento. \* Protocolo B diferente do Protocolo A (efeito principal). \$ Diferente das 2ª e 3ª séries no respectivo protocolo. # Diferente da 3ª série no respectivo protocolo;  $EMG_{RMS}$ : *root mean square* da amplitude do sinal eletromiográfico.



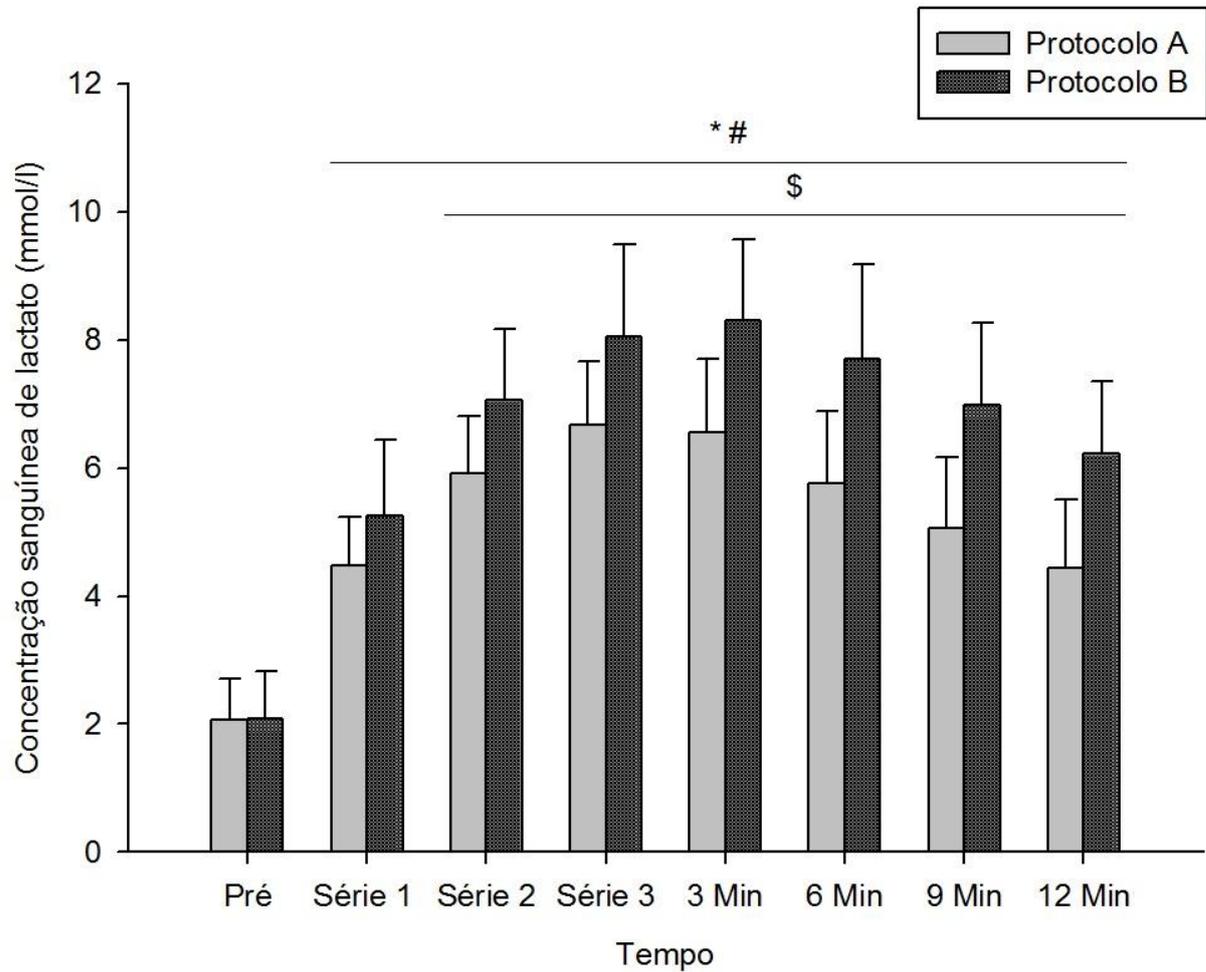
O GRAF. 7 mostra o comportamento da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações excêntricas do músculo tríceps braquial no decorrer de cada protocolo de treinamento. O procedimento não paramétrico *ANOVA-type statistics* identificou um efeito principal significativo para protocolo ( $H_1 = 16,96$ ,  $p = 0,0001$ , poder = 0,82, tamanho do efeito = 0,30). Sendo, a  $EMG_{RMS}$  normalizada no Protocolo B foi maior do que no Protocolo A em todas comparações. Ainda, foram observados efeitos significantes para série ( $H_2 = 6,84$ ,  $p = 0,001$ , poder = 1,00, tamanho do efeito = 0,58). Houve um aumento na  $EMG_{RMS}$  normalizada no decorrer das séries, sendo 2ª e 3ª série maior que a 1ª.

GRÁFICO 7 - Mediana, Primeiro Quartil e Terceiro Quartil da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações musculares excêntricas do tríceps braquial em cada protocolo de treinamento. \* Protocolo B diferente do Protocolo A (efeito principal). \$ Diferente das 2ª e 3ª séries no respectivo protocolo. # Diferente da 3ª série no respectivo protocolo;  $EMG_{RMS}$ : *root mean square* da amplitude do sinal eletromiográfico.



A concentração de lactato sanguíneo no decorrer das séries e após realização dos protocolos de treinamento está demonstrada no GRAF. 8. Os efeitos principais para protocolo e série foram significantes em relação à concentração de lactato sanguíneo. Adicionalmente, a ANOVA para medidas repetidas indicou uma interação significativa entre protocolo e tempo ( $F_{7,133} = 26.97$ ;  $P < 0.001$ ; poder = 1.00, tamanho do efeito = 0.59). A análise de *post hoc* indicou maiores concentrações de lactato sanguíneo durante o Protocolo B em todos os tempos, exceto na condição pré-exercício. Ainda, as concentrações de lactato sanguíneo aumentaram para ambos os protocolos ao longo das séries. O teste de *Tukey* também indicou que as concentrações de lactato sanguíneo reduziram após 3 min durante o Protocolo A e após 6 min no Protocolo B, mas não retornaram aos valores basais.

GRÁFICO 8 - Concentração de lactato sanguíneo em repouso, após cada série e 3, 6, 9 e 12 minutos após realização dos protocolos A e B. \* Diferente do repouso do respectivo protocolo. # Diferente do protocolo B na respectiva situação. \$ Diferente da situação anterior no respectivo protocolo.



## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Influência dos protocolos de treinamento na amplitude do sinal eletromiográfico

Os protocolos de treinamento de força adotados no presente estudo foram capazes de proporcionar um aumento da  $EMG_{RMS}$  normalizada das ações musculares concêntricas e excêntricas com o decorrer das séries para os músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial, confirmando a hipótese 1. Embora não tenham sido encontrados estudos prévios, considerando o melhor do nosso conhecimento, que analisassem a ativação muscular no decorrer das séries em protocolos de treinamento de força equiparados pelo TST, os dados do estudo de Watanabe *et al.* (2014) e Walker *et al.* (2012) reforçam a expectativa de um aumento da  $EMG_{RMS}$  normalizada no decorrer das séries, corroborando os resultados do presente estudo. Watanabe *et al.* (2014) relataram um aumento da atividade eletromiográfica ao longo das séries durante um protocolo com duração da repetição de 7s, quando comparadas a primeira repetição da primeira série e última repetição da terceira série. Enquanto Walker *et al.* (2012) mostraram aumento da atividade eletromiográfica durante a realização de um protocolo com 5 séries, 10 repetições à 80% de 1RM quando as séries 4 e 5 foram comparadas com a série 1, assim como, um aumento da atividade eletromiográfica dentro de cada série quando a 8ª repetição foi comparada com a 2ª repetição. Também reforçando a expectativa de um aumento da  $EMG_{RMS}$  normalizada no decorrer das séries, são os dados referentes aos estudos, que investigaram a atividade eletromiográfica em série única (SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014; VAN DEN TILLAAR; SAETERBAKKEN, 2014). Nesses estudos foi verificado aumento na ativação muscular durante ações musculares concêntricas ao longo de uma série, ou seja, maior ativação ao longo das repetições na série. Resultados similares também foram identificados durante ações musculares excêntricas em protocolos de série única e número máximo de repetições (SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014, VAN DEN TILLAAR; SAETERBAKKEN, 2014). Considerando esses resultados, é esperado que ao final de uma série em um protocolo com as características da carga de treinamento estabelecidas no presente estudo ocorra um

aumento da ativação muscular. Assim, a demanda fisiológica resultante da realização da primeira série (i.e. ativação muscular média  $>100\%$  da  $EMG_{RMS}$  normalizada; concentração de lactato sanguíneo  $>4$  mMol/L, dados verificados no presente estudo) será novamente imposta ao organismo na execução da segunda e terceira séries. Assim, mesmo que a determinação da pausa neste estudo, baseada em recomendações para treinamento de força com objetivo de hipertrofia muscular (ACSM, 2009; BIRD; TARPENING; MARINO, 2005), tenha permitido que os protocolos de treinamento fossem realizados, o intervalo de pausa pode não ter sido suficiente para a recuperação completa das unidades motoras fadigadas. Desta forma, a execução do mesmo trabalho nas três séries demandaria maior participação das unidades motoras, resultando em um aumento da  $EMG_{RMS}$  normalizada ao longo das séries. Sendo exatamente este o resultado verificado no presente estudo.

O protocolo de treinamento com menor duração da repetição e maior número de repetições (Protocolo B) provocou maiores níveis de ativação muscular para os músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial quando comparado com o outro protocolo de treinamento (Protocolo A), confirmando a hipótese 2. Considerando o melhor do nosso conhecimento, não foram encontrados estudos prévios que tenham comparado a atividade eletromiográfica ao longo das séries entre protocolos de treinamento de força equiparados pelo TST. O que limita as comparações com estudos anteriores. De uma forma geral, são escassos os dados de pesquisas que objetivaram a comparação entre protocolos de treinamento de força equiparados pelo TST. Contudo, os estudos de Tran e Docherty (2006) e Tran, Docherty e Behm (2006), que investigaram o efeito de protocolos equiparados pelo TST na resposta do desempenho de força, fornecem dados, que podem reforçar o resultado verificado no presente estudo. Esses autores compararam o desempenho de força registrado em um teste de CIVM antes e após a execução de três protocolos equiparados. Nesses estudos foi verificado que protocolos realizados com maior número de repetições, dentro de um mesmo TST, provocaram níveis aumentados de fadiga, caracterizados pela maior redução do desempenho de força. Esses dados prévios permitem inferir que tais protocolos de treinamento de força (menor duração da repetição e maior número de repetições) poderiam requerer do organismo uma maior demanda fisiológica. Os resultados do presente estudo

corroboram esta expectativa, uma vez que o protocolo de treinamento com menor duração da repetição e maior número de repetições provocou maiores níveis de ativação muscular no decorrer das séries. Além do desempenho da força, no estudo de Tran e Docherty (2006) também foi investigada a atividade eletromiográfica registrada durante o teste de CIVM. Os autores verificaram uma redução na atividade eletromiográfica após a realização dos protocolos, mas sem diferenças entre os mesmos. Desta forma, a maior redução do desempenho de força verificada em protocolos com maior número de repetições não foi acompanhada de uma maior redução na ativação muscular. Entretanto, o fato da análise da atividade eletromiográfica ter sido realizada durante uma ação muscular isométrica pode ter influenciado os resultados, devido às diferenças neuromusculares entre as ações musculares realizadas no protocolo de treinamento e no teste de CIVM (PIITULAINEN *et al.*, 2013).

A maior  $EMG_{RMS}$  normalizada para o Protocolo B pode estar relacionada com a necessidade produzir maiores picos de força para acelerar a barra, uma vez que nesse protocolo a barra deveria ser deslocada por uma determinada distância em um menor tempo (menor duração da repetição) em comparação ao Protocolo A. Desta forma, para a produção de maiores picos de força seria necessária uma maior ativação muscular. Os resultados do estudo de Sakamoto e Sinclair (2012) envolvendo o exercício supino reforçam esta explicação. Esses autores verificaram uma maior atividade eletromiográfica em ações musculares concêntricas durante a execução de um protocolo com série única e número máximo de repetições quando menores durações da repetição foram realizadas. Dados reforçando a explicação também foram fornecidos por Newton *et al.* (1997). Nesse estudo foi verificada maior ativação muscular nos primeiros 50 e 100 ms de uma ação muscular concêntrica nos músculos peitoral maior e tríceps braquial durante arremesso de uma barra (ações excêntrica e concêntrica explosivas) no exercício supino comparado com outras condições experimentais (menor velocidade de movimento média e ação puramente concêntrica explosiva). Considerando os dados dos estudos de Sakamoto e Sinclair (2012) e Newton *et al.* (1997), é possível que, durante a execução do protocolo B uma maior atividade eletromiográfica no início de cada ação muscular concêntrica também tenha ocorrido. Partindo da aceitação de que essa atividade eletromiográfica aumentada ocorra ao longo das repetições em uma

série para protocolos, em que as ações musculares são realizadas em maior velocidade (menor duração da repetição), o esperado seria então maiores valores da atividade eletromiográfica na série nesse protocolo quando comparado a outros protocolos de treinamento de força com durações da repetição maiores. Esse raciocínio pode explicar os maiores valores da  $EMG_{RMS}$  normalizada na série para o Protocolo B em comparação ao Protocolo A no presente estudo.

Contudo, dados do estudo de Sampson, Donohoe e Groeller (2014) conduzem para uma controvérsia. Esses autores verificaram um maior pico de força durante a primeira e última ação concêntrica em um protocolo de treinamento de força realizado com ações musculares concêntrica e excêntrica explosivas (protocolo CAE) no exercício flexão de cotovelos quando comparado com protocolos que utilizaram ações concêntricas explosivas e ações excêntricas de 2s (protocolo concêntricas rápidas) e que realizavam ambas as ações musculares de 2s (protocolo controle). Apesar de ter sido encontrado maiores valores de força nos primeiros 5% da última ação muscular concêntrica no protocolo CAE, não foram verificadas diferenças na atividade eletromiográfica das ações musculares concêntricas entre os protocolos. Os autores concluíram que uma rápida ação muscular excêntrica não foi capaz de aumentar ativação muscular durante as ações musculares concêntricas. Contudo, um aspecto metodológico pode ter contribuído para esse resultado. Apesar de o protocolo CAE ter apresentado maior velocidade média das ações musculares concêntricas nas três primeiras repetições, comparado com os outros dois protocolos, foi verificada uma diminuição da velocidade média das ações musculares concêntricas a cada repetição em todos os protocolos. Com isso, não foram verificadas diferenças significantes na velocidade média das ações musculares concêntricas entre os protocolos CAE e concêntricas rápidas na última repetição. Dessa forma, é possível que tenha ocorrido uma diminuição das diferenças na duração das ações musculares concêntricas entre os protocolos ao longo da série, o que pode ter contribuído para não terem sido verificadas diferenças na atividade eletromiográfica durante ações musculares concêntricas entre os protocolos. Além disso, o estudo de Sampson, Donohoe e Groeller (2014) foi realizado com o exercício monoarticular envolvendo flexores do cotovelo, diferentemente dos estudos de Sakamoto e Sinclair (2012) e Newton *et al.* (1997), que investigaram um exercício multiarticular (exercício supino). A diferença

mecânica entre os exercícios mencionados pode, de acordo com Shinohara (2009), resultar em estratégias distintas de ativação dos músculos envolvidos. O que reduz a expectativa de uma resposta padronizada quando diferentes tarefas motoras são realizadas.

A maior  $EMG_{RMS}$  normalizada verificada durante a ação muscular excêntrica também verificada para o Protocolo B pode estar relacionada com a necessidade de produzir uma maior força para desacelerar a barra, que desloca durante a ação excêntrica em maior velocidade nesse protocolo em comparação ao Protocolo A. Desta forma, para a produção de uma maior força muscular para frenagem do movimento seria necessária uma maior ativação muscular. Dados de estudos prévios, que investigaram a atividade eletromiográfica durante a ação muscular excêntrica em protocolos de treinamento de força com diferentes durações da repetição são escassos. Nas pesquisas realizadas por Sakamoto e Sinclair (2012) e Newton *et al.* (1997), envolvendo o exercício supino e protocolos com diferentes durações da repetição, a atividade eletromiográfica foi investigada apenas na ação muscular concêntrica. Diferentemente do estudo de Sampson, Donohoe e Groeller (2014), que investigou a atividade eletromiográfica em ambas as ações musculares. Esses autores relatam uma maior atividade eletromiográfica nas ações musculares excêntricas durante as duas primeiras repetições do protocolo CAE comparado com o controle (ações musculares concêntricas e excêntricas de 2s cada). Também foi verificada uma maior atividade eletromiográfica para o protocolo CAE durante a terceira e última repetição quando comparado aos protocolos concêntricas rápidas (ações concêntricas explosivas e ações excêntricas de 2s) e ao controle. Estes resultados foram justificados pelo fato dos voluntários necessitarem de pelo menos o dobro de força para desacelerar a barra nos últimos 40% da ação muscular excêntrica no protocolo CAE comparado com os outros dois protocolos. Assim, distintamente da ação muscular concêntrica foram verificadas diferenças na atividade eletromiográfica entre os protocolos, mesmo com possíveis mudanças das durações das ações excêntricas nos três protocolos no decorrer da série. Sampson, Donohoe e Groeller (2014) concluem que uma rápida ação muscular excêntrica favoreceria um aumento da ativação muscular excêntrica mais que a concêntrica. Contudo, esses resultados devem ser considerados com cuidado, pois no estudo de Sampson, Donohoe e Groeller (2014) o exercício investigado (flexão de cotovelo) foi

diferente do exercício analisado no presente estudo. Diferenças na característica mecânica dos exercícios (*i.e.*; mono vs. multiarticular) podem induzir a estratégias distintas de ativação dos músculos envolvidos de acordo com Shinohara (2009).

Diferentes mecanismos neurofisiológicos podem estar envolvidos com o aumento da  $EMG_{RMS}$  normalizada verificada no Protocolo B. De acordo com Newton *et al.* (1997), durante ações musculares rápidas envolvendo o CAE, uma pré-ativação durante a ação muscular excêntrica e uma maior estimulação da resposta reflexa miotática podem ter contribuído para a maior atividade eletromiográfica registrada durante o início da ação muscular concêntrica. Dados do estudo de Martins-Costa *et al.* (2012) mostraram que protocolos de treinamento de força com menores durações da repetição (4s vs. 6s) realizados no exercício supino apresentam maiores velocidades angulares durante a ação muscular excêntrica e menor tempo de transição entre as ações musculares excêntrica e concêntrica. Essas características mecânicas afetam o desempenho de força durante ações motoras envolvendo o CAE (SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014; WILSON *et al.*, 1991). Contudo, ainda necessita ser esclarecido se uma maior velocidade de movimento e um menor tempo de transição potencializam os mecanismos neurofisiológicos (pré-ativação e resposta reflexa miotática) e, conseqüentemente, a atividade eletromiográfica durante protocolos de treinamento de força. Assim, considerando que durante a realização Protocolo B (menor duração da repetição) maiores velocidades de movimento estão presentes, é possível que ocorra uma maior participação dos mecanismos citados acima, proporcionando uma maior  $EMG_{RMS}$  normalizada durante a ação muscular concêntrica comparado com o Protocolo A. Entretanto, é necessário relativizar a participação desses mecanismos neurofisiológicos, uma vez que Sampson, Donohoe e Groeller (2014) argumentam que a pré-ativação pode contribuir mais para um aumento da ativação muscular excêntrica do que concêntrica durante uma rápida ação muscular excêntrica. Esses autores apresentaram esta argumentação devido ao fato de não terem verificado uma maior atividade eletromiográfica durante a ação muscular concêntrica, mas somente durante a ação muscular excêntrica em protocolos de treinamento de força com diferentes durações da repetição. Mas como relatado anteriormente, o estudo de Sampson, Donohoe e Groeller (2014) deve ser considerado com cuidado, pois o

exercício investigado (flexão de cotovelo) foi diferente do exercício analisado no presente estudo (exercício supino).

Considerando outros mecanismos neurais moduladores da produção de força muscular em ações voluntárias, a frequência de estimulação e o recrutamento das unidades motoras são relatados na literatura (CHRISTIE *et al.*, 2009; DUCHATEAU; ENOKA, 2011; DUCHATEAU, SEMMLER; ENOKA, 2006). Duchateau e Baudry (2014) indicam que uma maior frequência de estimulação das unidades motoras no início de ações motoras balísticas é determinante para uma elevada taxa de desenvolvimento de força. Entretanto, Christie *et al.* (2009) relatam que atividade eletromiográfica reflete principalmente o recrutamento de unidades motoras e que é pouco sensível a aumentos na frequência de estimulação de unidades motoras. Reforçando essa relativização da importância da frequência de estimulação, Moritani (2003) relata que o recrutamento de unidades motoras parece ser o mecanismo determinante na produção de força para demandas de acima de 40-50% da contração voluntária máxima. Considerando que o recrutamento de unidades motoras é modulado pelo nível de força produzido (CHRISTIE *et al.* 2009) e que maiores picos de força são esperados em protocolos de treinamento com menor duração da repetição (BENTLEY *et al.*, 2010), é possível que um maior recrutamento de unidades motoras represente um dos mecanismos responsáveis pelo aumento da resposta  $EMG_{RMS}$  normalizada verificada no Protocolo B. Contudo, os procedimentos experimentais do presente estudo não permitem inferir sobre o nível de participação deste mecanismo nos resultados encontrados. Dados do estudo de Harwood e Rice (2012) mostraram uma redução do limiar relativo de recrutamento das unidades motoras com um aumento no pico de velocidade angular no exercício extensão de cotovelos. As análises de regressão de unidades motoras individuais revelaram correlações negativas ( $r = -0,34$  até  $-0,76$ ,  $R^2 = 0,11$  até  $0,58$ ) entre a velocidade angular e o limiar de estimulação para sete (7) das 17 unidades motoras investigadas. Os autores relatam que esse resultado fornece subsídios para uma expectativa de modulação velocidade-dependente do limiar de recrutamento das unidades motoras. Se essa modulação também ocorreu durante a realização do Protocolo B facilitando assim um maior recrutamento de unidades motoras e, conseqüentemente, aumentando a atividade eletromiográfica precisa ainda ser investigado em estudos futuros.

Partindo da aceitação de que um maior recrutamento de unidades motoras pode ter resultado em uma maior  $EMG_{RMS}$  normalizada verificada no Protocolo B, surge a discussão se um possível recrutamento seletivo de unidades motoras rápidas, que devido a maior produção de força e velocidade de contração associados às mesmas, poderia ocorrer durante a execução do Protocolo B. Evidências para essa discussão foram fornecidas por estudos prévios realizados com humanos (MORITANI; ODDSSON; THORTENSSON, 1991 a;b; NARDONE; SCHIEPPATI, 1988), que verificaram uma ativação preferencial do músculo gastrocnêmio (considerado “rápido”) comparado com o músculo sóleo (considerado “lento”), assim como, um recrutamento seletivo de unidades motoras rápidas dos músculos flexores plantares. Contudo, é importante considerar que os resultados envolvendo esta questão ainda são controversos (DESMEDT; GODAUX, 1977; MORITANI, 2003; PASQUET; CARPENTIER; DUCHATEAU, 2006). Além disso, as pesquisas de Moritani, Oddsson e Thortensson (1991a;b) utilizaram tarefas motoras com grande demanda de força e potência muscular, i.e. salto em profundidade, que demandam picos de força de reação no solo de 5-6 vezes o peso corporal (MORITANI; ODDSSON; THORTENSSON, 1991b) e potência de  $30W.kg^{-1}$  (MORITANI; ODDSSON; THORTENSSON, 1991a). Adicionalmente, Nardone, Romano e Schieppati (1989) relatam que a velocidade movimento influencia em um possível recrutamento seletivo de unidades motoras rápidas durante ações musculares concêntricas e, principalmente excêntricas para os músculos flexores plantares durante o exercício flexão plantar realizado com o torque constante. Desta forma, como o exercício supino representa uma tarefa motora com características mecânicas bem distintas quando comparado ao salto e dados de pesquisas, que investigaram esse fenômeno envolvendo o exercício supino, ainda não estão disponíveis, um recrutamento seletivo de unidades motoras no presente estudo permanece apenas como uma especulação.

## 5.2 Influência dos protocolos de treinamento na concentração de lactato sanguíneo

A concentração de lactato sanguíneo aumentou significativamente no decorrer das 3 séries, confirmando a hipótese 3. Estudos prévios também verificaram um

aumento da concentração de lactato sanguíneo ao longo de protocolos de treinamento de força com séries múltiplas (MAZZETTI *et al.*, 2007; TANIMOTO; ISHII, 2006, WALKER *et al.*, 2011; 2012; WIRTZ *et al.*, 2014). O aumento progressivo entre as séries e os valores médios de pico da concentração de lactato sanguíneo (6,67 e 8,32 mMol/L para os protocolos A e B, respectivamente) registrados no presente estudo indicam uma significativa demanda fisiológica em ambos os protocolos de treinamento. Uma comparação desses valores encontrados com dados de estudos prévios não faz sentido, uma vez que existem várias diferenças na configuração dos protocolos que poderiam influenciar a magnitude da resposta da concentração de lactato sanguíneo por meio da alteração do trabalho mecânico ou mesmo o TST associado aos protocolos. O estudo de revisão realizado por Crewther; Cronin; Keogh (2006) fornece informações que sustentam esta afirmação. O aumento da concentração de lactato sanguíneo verificada no decorrer das séries é coerente com os dados da atividade eletromiográfica, que reforçam a argumentação de que a carga referente aos protocolos exigiu modificações na estratégia de ativação muscular para que o trabalho mecânico relativo a cada série fosse realizado. Em ambos os protocolos foi verificado um aumento na ativação muscular no decorrer das séries. Considerando que a maior ativação muscular em cada série, resultante possivelmente de um maior recrutamento de unidades motoras, poderia indicar também um gradual aumento no recrutamento de unidades motoras rápidas, um aumento progressivo na concentração de lactato sanguíneo no decorrer das séries seria esperado. Essa expectativa do aumento progressivo está relacionada com a maior capacidade de produção de força e de fornecimento de energia por meio da via glicolítica das unidades motoras rápidas (COLLIANDER; DUDLEY; TESCH, 1988; TESCH *et al.*, 1998). Embora o intervalo da pausa tenha sido suficiente para que ambos os protocolos tenham sido executados, a duração da pausa de 3 minutos não foi suficiente para uma completa recuperação dos sistemas metabólico e neuromuscular, o que resultou em uma resposta integrada desses sistemas provocada pela necessidade do organismo executar o mesmo trabalho mecânico no decorrer das séries. Os resultados do presente estudo confirmam este raciocínio.

No presente estudo, a resposta da concentração de lactato sanguíneo foi maior no Protocolo B (maior número de repetições e menor duração da repetição)

comparado ao Protocolo A, confirmando a hipótese 4, e permaneceu mais elevada até 12 min após a execução do protocolo. Uma comparação direta com estudos prévios não é possível, uma vez que não foram encontrados dados de estudos comparando a concentração de lactato sanguíneo em protocolos de treinamento de força de maneira similar ao realizado no presente estudo, considerando o melhor do nosso conhecimento. Contudo, uma explicação para a maior de concentração de lactato sanguíneo no Protocolo B pode estar relacionada com um maior trabalho mecânico e potência produzidos nesse protocolo. Considerando que a amplitude de movimento articular não apresentou diferença entre os protocolos e um mesmo peso (%1RM) foi deslocado, o maior número de repetições realizado no Protocolo B pode ter resultado em um maior trabalho mecânico e potência para um mesmo TST. Reforçando esta hipótese, Buitrago *et al.* (2012) indicaram que maiores velocidades de movimento (menores durações da repetição) provocam um aumento no tempo de exercício e trabalho mecânico total. Mais recentemente, Buitrago *et al.* (2014) confirmaram a hipótese do estudo, que maiores cargas mecânicas induzem a maiores respostas fisiológicas, corroborando estudos anteriores (HUNTER; SEELHORST; SNYDER, 2003; LAGALLY *et al.*, 2002). Adicionalmente a este contexto, se a maior ativação muscular em cada série no Protocolo B resultou possivelmente de um maior recrutamento de unidades motoras, em especial, um gradual aumento no recrutamento de unidades motoras rápidas (glicolíticas), é possível deduzir que, a maior a concentração de lactato sanguíneo no Protocolo B foi devido ao maior trabalho mecânico e/ou potência realizados em cada série, que exigiu um maior fornecimento de energia e contribuição do metabolismo anaeróbico, resultando em um acúmulo aumentado do lactato sanguíneo após cada série em comparação ao Protocolo A.

### 5.3 Limitações do estudo

Mesmo tendo submetido todos os voluntários a um processo de familiarização ao uso do metrônomo para controle da duração da repetição, ainda foram verificadas diferenças significantes entre a duração média das ações musculares excêntricas entre os Protocolos A e B ( $18,19 \pm 0,41s$  e  $18,43 \pm 0,58s$ ,

respectivamente;  $t = -2,235$  e  $\alpha < 0,036$ ). Contudo, embora a duração média das ações excêntricas tenha sido diferente do ponto de vista estatístico, a magnitude da diferença entre as médias dos dois protocolos foi menor que 1,4%, o que dificulta assumir que esse fator venha refletir de maneira decisiva nas respostas fisiológicas mensuradas. A partir também desses resultados, verifica-se a importância de se registrar a duração da repetição em estudos que analisam o efeito agudo ou crônico da manipulação dessa variável do treinamento. Dentre as pesquisas revisadas no presente estudo, a maioria utilizou o metrônomo para controle da duração da repetição e das ações musculares, entretanto, sem nenhum tipo de registro que confirmasse se as durações ocorreram dentro do planejado.

No presente estudo não foi possível a investigação da variação de torque durante o exercício supino. Sabe-se que a variação de torque em ações musculares dinâmicas (DE LUCA, 1997; DUCHATEAU; ENOKA, 2008), assim como alterações na aceleração podem alterar a atividade EMG (ELLIOTT *et al.*, 1989) e concentração de lactato sanguíneo (CARUSO *et al.*, 2009). O conhecimento sobre alterações na aceleração e na força empregada para deslocar a barra no exercício supino poderia implicar em maior entendimento das alterações na  $EMG_{RMS}$  normalizada e concentração de lactato sanguíneo e, conseqüentemente ampliar a discussão sobre os resultados encontrados.

## 6 CONCLUSÃO

Portanto, os resultados apresentados no presente estudo revelaram que protocolos de treinamento de força equiparados pelo TST, mas com duração da repetição e número de repetições diferentes, produziram demandas fisiológicas diferentes. Especificamente, o protocolo com menor duração da repetição e maior número de repetições proporcionou maior  $EMG_{RMS}$  normalizada e maior concentração de lactato sanguíneo comprado com um protocolo com mesmo TST. No entanto, mais estudos são necessários para determinar a contribuição de outras configurações da duração da repetição e número de repetições nas respostas neuromusculares e metabólicas, como também entender o impacto de protocolos de treinamento de força equiparados pelo TST nas respostas crônicas do treinamento.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, p.687-708, 2009.

BECK, T.W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.27, p. 2323-2337, 2013.

BENTLEY, J.R.; AMONETTE, W.E.; DE WITT, J.K.; DONALD-AGHAN, R. Effects of different lifting cadences on ground reaction forces during the squat exercises. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.25, p.1414-1420, 2010.

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

BRUNNER, E.; DOMHOF, S.; AND LANGER, F. **Nonparametric analysis of longitudinal data in factorial experiments**. 1st ed. John Wiley, 2002. 71p.

BRUNNER, E.; LANGER, F. Nonparametric analysis of ordered categorical data in designs with longitudinal observations and small sample sizes. **Biometrical Journal**, v.42, p. 663-675, 2000.

BUITRAGO, S.; WIRTZ, N.; KLEINÖDER, H.; MESTER, J. Effects of load and training modes on physiological and metabolic responses in resistance exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, p.2739-2748, 2012.

BUITRAGO, S.; WIRTZ, N.; FLENKER, U.; KLEINÖDER, H. Physiological and metabolic responses as function of the mechanical load in resistance exercise. **Applied Physiology Nutrition, and Metabolism**, v.39, p.345-350, 2014.

BURD, N.A.; WEST, D.W.D.; LITTLE, J.P.; COCHRAN, A.J.R.; HECTOR, A.J.; CASHABACK, J.G.A.; GIBALA, M.J.; POTVIN, J.R.; BAKER, S.K.; PHILLIPS, S.M. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. **Journal of Physiology**, v.590, p.351-362, 2012.

CARUSO, J.F.; HARI, P.; LEEPER, A.E.; CODAY, M.A.; MONDA, J.K.; RAMEY, E.S.; HASTINGS, L.P.; GOLDEN, M.R.; DAVISON, S.W. Impact of acceleration on blood lactate values derived from high-speed resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, p.2009-2014, 2009.

CHRISTIE, A.; INGLIS, J.G.; KAMEN, G.; GABRIEL, D.A. Relationships between surface EMG variables and motor unit firing rates. **European Journal of Applied Physiology**, v.107, p.177-185, 2009.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2nd ed. Lawrence Erlbaum Associates, 1988. 284-287p.

COLLIANDER, E.B.; DUDLEY, G.A.; TESCH, P.A. Skeletal muscle fiber type composition and performance during repeated bouts of maximal, concentric contractions. **European journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.58, 81-86, 1988.

CREWETHER, B.; CRONIN, J.; KEOGH, K. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute metabolic responses. **Sports Medicine**, v.36, p.65-78. 2006.

DE LUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of applied biomechanics**, v.13, p.135-163, 1997.

DESMEDT, J.E.; GODAUX, E. Ballistic contractions in man: characteristics recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. **Journal of Physiology**, v.264, p.673-693, 1977.

DINIZ, R.C.R; MARTINS-COSTA, H.C., MACHADO, S.C.; LIMA, F.V.; CHAGAS, M. H. Repetition duration influences ratings of perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v.118, p.261-273, 2014.

DINIZ, R.C.R. **A duração da repetição influencia a concentração de lactato sanguíneo e a percepção subjetiva de esforço em protocolos de treinamento no exercício supino**. Dissertação de mestrado em Ciências do Esporte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG, Belo Horizonte, 2008.

DRUST, B.; WATERHOUSE, J.; ATKINSON, G.; EDWARDS, B.; REILLY, T. Circadian rhythms in sports performance - an update. **Chronobiology International**, v.22, p.21-44, 2005.

DUCHATEAU, J.; BAUDRY, S. Maximal discharge rate of motor units determines the maximal rate of force development during ballistic contractions in human. **Frontiers in Human Neuroscience**, v.8, p.1–3, 2014.

DUCHATEAU, J.; ENOKA, R.M. Human motor unit recordings: origins and insight into the integrated motor system. **Brain Research**, v.1409, p.42–61, 2011.

DUCHATEAU, J.; ENOKA, R.M. Neural control of shortening and lengthening contractions: influence of task constraints. **Journal of Neurophysiology**, v.586, n.24, p.5853-5864, 2008.

DUCHATEAU, J.; SEMMLER, J.G.; ENOKA, R.M. Training adaptations in the behavior of human motor units. **Journal of Applied Physiology**, v.101, p.1766-1775, 2006.

ELLIOTT, B.C.; WILSON, G.J.; KERR, G.K. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. **Medicine and science in sports and exercise**, v.21, n.4, p.450-462, 1989.

FARINA, D.; MERLETTI, R.; ENOKA, E.M. The extraction of neural strategies from the surface EMG. **Journal of Applied Physiology**, v.96, p.1486-1495, 2004.

FAHS, C.A.; LOENNEKE, J.P.; THIEBAUD, R.S.; ROSSOW, L.M.; KIM, D.; ABE, T.; BECK, T.W.; FEEBACK, D.L.; BEMBEN, D.A.; BEMBEN, M.G. Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Epub ahead of print, 2014.

GOTO, K.; TAKAHASHI, K.; YAMAMOTO, M.; TAKAMATSU, K. Hormone and Recovery Responses to Resistance Exercise with Slow Movement. **The Journal of Physiological Sciences**, v.58, p.7-14, 2008.

HARWOOD, B.; RICE, C.L. Changes in motor unit recruitment thresholds of the human anconeus muscle during torque development preceding shortening elbow extensions. **Journal of Neurophysiology**, v.107, p.2876-2884, 2012.

HEADLEY, S.A.; HENRY, K.; NINDL, B.C.; THOMPSON, B.A.; KRAEMER, W.J.; JONES, M. Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.25, p.406-413, 2011.

HUNTER, G.R.; SEELHORST, D.; SNYDER, S.; Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.17, p.76-81, 2003.

KEELER, L.K.; FINKELSTEIN, L.H.; MILLER, W.; FERNHALL, B. Early-phase adaptations of traditional speed vs. superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.15, p.309-314, 2001.

KEOGH, J.; WILSON, G.; WHEATHERBY, R. A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.13, p.247-258, 1999.

KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.36, p.674-688, 2004.

LAGALLY, K.M.; MCCAWE, S.T.; YOUNG, G.T., MEDEMA, H.C.; THOMAS, D.Q. Ratings of perceived exertion and muscle activity during the bench press exercise in recreational and novice lifters. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, n.2, p.359-364, 2004.

LAGALLY, K.M.; ROBERTSON, R.J.; GALLAGHER K.I.; GOSS, F.L.; JAKICIC, J.M.; LEPHART, S.M.; MCCAWE, S.T.; GOODPASTER, B. Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, p.552-559, 2002.

LIMA, F.V.; CHAGAS, M.H; DINIZ, R.C.R. O procedimento de familiarização altera o desempenho no teste de 1 RM? In: SILAMI-GARCIA, E.; LEMOS, K. (org.) **Temas atuais em educação física e esportes X**. Health, 2005, p.187-198.

MARTINS-COSTA, H.C.; DINIZ, R.C.R.; MACHADO, S. C.; LIMA, F.V.; CHAGAS, M.H. Impacto de diferentes velocidades de movimento no tempo de transição entre ações musculares excêntricas e concêntricas. **Motricidade**, v. 8, p. 365-372, 2012.

MAZZETTI, S.; DOUGLASS, M.; YOCUM, A.; HARBER, M. Effect of explosive versus slow contractions and exercise intensity on energy expenditure. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.39, p.1291-1301, 2007.

MERLETTI, R.; PARKER, P. **Electromyography: Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications**. 1rd ed. John Wiley, 2004. 125 p.

McBRIDE, J.M; CORMIE, P.; DEANE, R. Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.20, p.915-918, 2006.

MOOKERJEE, S.; RATAMESS, N. A. Comparison of strength differences and joint action durations between full and partial range-of-motion bench press exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.13, p.76-81, 1999.

MORITANI, T. Motor unit and motoneurone excitability during explosive movement. **In: KOMI, P.V. Strength and power in sport**. 2nd ed. Blackwell Science, 2003. 31-32 p.

MORITANI, T.; ODDSSON, L.; THORTENSSON, A. Phase-dependent preferential activation of the soleus and gastrocnemius muscles during hopping in humans. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.1, p.34-40, 1991a.

MORITANI, T.; ODDSSON, L.; THORTENSSON, A. Activation patterns of the soleus and gastrocnemius muscles during. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.1, p.81-88, 1991b.

NARDONE, A.; SCHIEPPATI, M. Shift of activity from slow to fast muscle during voluntary lengthening contractions of the triceps surae muscles in humans. **Journal of Physiology**, v.395, p.363-381, 1988.

NARDONE, A.; ROMANO, C.; SCHIEPPATI, M. Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. **Journal of Physiology**, v.409, p.451-471, 1989.

NEWTON, R.U.; MURPHY, A.J.; HUMPHRIES, B. J.; WILSON, G. J.; KRAEMER, J.; HÄKKINEN, K. Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements **European Journal of Applied Physiology**, v.75, p.333-342, 1997.

PASQUET, B.; CARPENTIER, A.; DUCHATEAU, J. Specific modulation of motor unit discharge for a similar change fascicle length during shortening and lengthening contractions in human. **Journal of Physiology**, v.577, p.753-765, 2006.

PINCIVERO, D.M.; GANDHIA, V.; TIMMONSA, M.K.; COELHO, A.L. Quadriceps femoris electromyogram during concentric, isometric and eccentric phases of fatiguing dynamic knee extensions. **Journal of Biomechanics**, v.39, p.246-254, 2006.

PIITULAINEN, H.; BOTTER, A.; MERLETTI, R.; AVELA, J. Multi-channel electromyography during maximal isometric and dynamic contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.23, p.302–310, 2013.

PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of Clinical Research: Applications to Practice**. 3rd ed. Prentice Hall, 2008. 837-891p.

RITTI-DIAS, R.M.; CYRINO, E.S.; SALVADOR, E.P.; SOARES-CALDEIRA, L.F.; NAKAMURA, F.Y.; PAPST, R.R.; BRUNA, N.; GURJÃO, A.L.D. Influence of familiarization process on muscular strength assessment in 1-RM tests. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.11, p.39-42, 2005.

ROGATZKI, M.J.; WRIGHT, G.A.; MIKAT, R.P.; BRICE, G. Blood ammonium and lactate accumulation response of different training protocols using the parallel squat exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.28, p.1113-1118, 2014.

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

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P.J. Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, p.1015-25, 2012.

SAMPSON, J. A.; DONOHOE, A.; GROELLER, H. Effect of concentric and eccentric velocity during heavy-load non-ballistic elbow flexion resistance exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.17, p.306-311, 2014.

SENIAM (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles). Disponível em: < <http://www.seniam.org/>>. Acesso em: 10 mai. 2013.

SCHILLING, B.K.; FALVO, M.J.; CHIU, L.Z.F. Force-velocity, impulse-momentum relationships: Implications for efficacy of purposefully slow resistance training. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.7, p.299-304, 2008.

SCHOENFELD B.J. Is there a minimum intensity threshold for resistance training-induced hypertrophic adaptations? **Sports Medicine**, v.43,p.1279-1288, 2013.

SCHOENFELD, B.J., CONTRERAS, B., WILLARDSON, J. M., FONTANA, F., TIRYAKI-SONMEZ, G. Muscle activation during low- versus high-load resistance training in well-trained men. **European Journal Applied Physiology**, v.114, p.2491-2497, 2014.

SHINOHARA, M. Muscle activation strategies in multiple muscle systems. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, p.181-183, 2009.

SOARES-CALDEIRA, L.F.; RITTI-DIAS, R.M.; OKUNO,N.M.; CYRINO, E.S.; GURJÃO, A.L.D.; PLOUTZ-SNYDER; L.L. Familiarization indexes in sessions of 1-RM tests in adult women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, p.2039-2035, 2009.

TANIMOTO, M.; ISHII, N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. **Journal of Applied Physiology**, v.100, p.1150–1157, 2006.

TESCH, P.A.; PLOUTZ-SNYDER, L.L.; YSTRÖM, L.; CASTRO, M.J.; DUDLEY, G.A. Skeletal muscle glycogen loss evoked by resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.12, p.67-73, 1998.

TRAN, Q.T.; DOCHERTY, D.; BEHM, D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. **European Journal Applied Physiology**, v.98, p.402-410, 2006.

TRAN, Q.T.; DOCHERTY, D. Dynamic training volume: A construct of both time under tension and volume load. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.5, p. 707-703, 2006.

VAN DEN TILLAAR, R.; SAETERBAKKEN, A. Effect of fatigue upon performance and electromyographic activity in 6-RM Bench Press. **Journal of Human Kinetics**, v.40, p.57-65, 2014.

WALKER, S.; DAVIS, L.; AVELA, J.; HÄKKINEN, K. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.22, p. 356-362, 2012.

WALKER, S.; TAIPALI, R.S.; NYMAN, K.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Neuromuscular and hormonal responses to constant and variable resistance loadings. **Medicine and science in sports and exercise**, v.43, p.26-33, 2011.

WATANABE, Y.; MADARAME, H.; OGASAWARA, R.; NAKAZATO, K.; ISHII, N. Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.34, p.463-470, 2014.

WATANABE, M.; TANIMOTO, A.; OHGANE, K.; SANADA, K.; MIYACHI, M.; ISHII, N. Increased muscle size and strength from slow movement, low-intensity resistance exercise and tonic force generation. **Journal of Aging and Physical Activity**, v.21, p.71-84, 2013.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEÉ, H. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Medicine**, v.37, p.225-264, 2007.

WILSON, G.J.; ELLIOTT, B.C.; WOOD, G. A. The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.23, n.3, p.364-370, 1991.

WIRTZ, N.; WAHL, P.; KLEINODER, H.; MESTER, J. Lactate kinetics during multiple set resistance exercise. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.13, p.73-77, 2014.

## **APÊNDICE 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido**

Venho por meio deste convidá-lo (a) a participar da pesquisa intitulada "Respostas metabólicas e neuromusculares a protocolos de treinamento de força equiparados pelo tempo sob tensão" que será realizada no Laboratório do Treinamento na Musculação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG sob responsabilidade dos pesquisadores Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas (Orientador) e Lucas Túlio de Lacerda (Mestrando).

A pesquisa consistirá de quatro sessões de treinamento e investigará as respostas neuromusculares e metabólicas agudas a dois protocolos de treinamento no exercício supino guiado. Para isso, haverá a mensuração da atividade eletromiográfica dos músculos peitoral maior, deltoide anterior e tríceps braquial por meio de eletrodos de superfície. Nesse período será realizada a tricotomização (raspagem dos pêlos) nas regiões do tórax, braço e ombro direitos para a colocação de eletrodos de superfície. Também, será mensurada a concentração de lactato sanguíneo por meio de um pequeno furo no lóbulo da orelha esquerda. Para esse procedimento serão utilizadas lancetas esterilizadas e descartáveis.

Por se tratar de uma pesquisa que realizará protocolos de treinamento de força na musculação existe risco associado a este estudo que podem incluir lesões musculoesqueléticas e traumatismo.

Será garantido o anonimato dos voluntários e os dados obtidos serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa pelo Laboratório do Treinamento na Musculação. Os pesquisadores se põem a disposição dos voluntários para responder qualquer dúvida que possa surgir.

O voluntário poderá se recusar a participar desse estudo ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar justificar-se e sem qualquer constrangimento ou transtorno. Não está prevista qualquer forma de remuneração.

Os pesquisadores podem decidir sobre a exclusão de qualquer voluntário do estudo por razões científicas, sobre as quais os mesmos serão devidamente informados.

Portanto, eu, \_\_\_\_\_, voluntariamente concordo em participar dessa pesquisa nos termos acima expostos.

Belo Horizonte, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013.

Assinatura do voluntário: \_\_\_\_\_

Declaro que expliquei os objetivos desse estudo, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Assinatura do pesquisador responsável: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas

Sub-coordenador do Laboratório do Treinamento na Musculação/ EEEFTO-UFMG

Tel.: 3466-2401/ 8832-0283 (Contatos: Lucas Túlio de Lacerda)

**COEP - Comitê de Ética em Pesquisa**

**Av. Antônio Carlos, 6627 Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005 Tel.:  
3409-4592**

**Campus Pampulha Belo Horizonte, MG – Brasil 31270-901**

## ANEXO 1 – Carta de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Respostas metabólicas e neuromusculares a protocolos de treinamento de força equiparados pelo tempo sob tensão.

**Pesquisador:** Mauro Heleno Chagas

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 23032213.1.0000.5149

**Instituição Proponente:** PRO REITORIA DE PESQUISA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 509.576

**Data da Relatoria:** 06/01/2014

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pesquisa experimental, baseada em medidas repetidas. Um mesmo grupo de sujeitos será avaliado, através da medida dos níveis de lactato e por eletromiografia, quanto aos efeitos musculares de dois tipos de tarefas, uma com tempo sob tensão de 3 segundos e a outra de 6 segundos. A amostra será constituída de 21 sujeitos do sexo masculino, adultos, e que estejam fazendo musculação há pelo menos 6 meses. Num primeiro momento será coletada anamnese, visando caracterizar o tipo de treinamento que o sujeito da pesquisa está desenvolvendo. Num segundo momento, será permitido aos sujeitos que se familiarizem aos equipamentos a serem usados e determinados os pesos a serem usados por cada indivíduo. Na terceira e na quarta visita do sujeito ao laboratório, será feita a coleta de dados, propriamente dita. A IEMG (eletromiografia de superfície) será realizada durante o esforço muscular, para avaliar a ativação voluntária máxima. Serão coletadas amostras de sangue, por punção de lóbulo auricular, será realizada em repouso, imediatamente antes e aos 1, 3, 6, 9 e 12 minutos pós-exercícios. Os resultados serão comparados por medidas de tendência central e dispersão. Será feita tricotomia. Descrevem uso de aparelho descartável.

#### Objetivo da Pesquisa:

Os autores informam os seguintes objetivos: "- Comparar as respostas agudas na iEMG

**Endereço:** Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005

**Bairro:** Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE

**Telefone:** (31)3409-4592

**E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 509.576

provocadas por dois protocolos de treinamento equiparados pela intensidade e TST, porém com diferentes durações da repetição e número de repetições. - Comparar as respostas agudas na concentração sanguínea de lactato provocadas por dois protocolos de treinamento equiparados pela intensidade e TST, porém com diferentes durações da repetição e número de repetições."

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

No projeto, apontam o risco de lesões muscular, mas informam que é um risco pequeno, em função da metodologia de avaliação escolhida. A avaliação desenvolvida nas primeiras duas visitas do sujeito ao laboratório permitirá avaliar o peso a ser usado, funcionando assim como uma medida protetora, frente ao risco. Os benefícios apontados são apenas os científicos. Não discutem os benefícios para o sujeito em participar da avaliação e se os mesmo receberam alguma orientação para a prática de musculação em função dos seus resultados individuais. Não discutem os riscos da tricotomia nem os da punção auricular. Não discutem medidas protetoras frente ao risco, exceto que o coletador do sangue usará luvas e avental.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto está bem delineado e permitirá atingir os objetivos propostos. Os desconfortos impostos aos sujeitos são aqueles da coleta de sangue da tricotomia. A atividade física a ser realizada é semelhante a desenvolvida na atividade de musculação.

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

Apresentam: projeto de pesquisa em duas versões (CONEP e do Programa de Pós-Graduação); folha de rosto devidamente assinada, parecer consubstanciado do Departamento de origem, termo de anuência do coordenador, TCLE.

O TCLE está sob a forma de carta convite e utiliza linguagem coloquial. Descreve de maneira clara como serão os testes e os riscos associados.

**Recomendações:**

As solicitações foram devidamente atendidas

1.Rever os benefícios e os riscos aos sujeitos da pesquisa: "Os riscos envolvem lesões músculo esqueléticas e traumatismos típicos da realização de exercício físico. Entretanto, em condições laboratoriais, ocorrem com baixa frequência nos protocolos de treinamento a serem aplicados, sendo que sempre haverá pesquisadores responsáveis pelo auxílio e controle da carga de treinamento e, caso o voluntário apresente condições que aumente o risco, o pesquisador irá intervir para reduzir este potencial de risco. Contudo, estes riscos não são diferentes dos presentes em sua rotina de treinamento, como relatado anteriormente. Vale ressaltar que para a

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad Si 2005

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 509.578

realização dos testes de avaliação serão adotados todos os critérios de segurança relativos a esses procedimentos. Além disso, nos sete anos de atividade de pesquisa envolvendo esse tipo de exercício, não tivemos queixas e nem foram relatados problemas graves em relação à saúde dos voluntários. A coleta de sangue pode causar um pequeno desconforto no momento de perfuração, mas é um procedimento seguro e muito utilizado nas pesquisas da área.

O benefício é contribuir para o estudo da atividade física e do esporte, ajudando a descobrir novos métodos que auxiliem na compreensão das variáveis que influenciam o treinamento de na musculação."

2.Prever uma devolutiva para os sujeitos da pesquisa: "Em contrapartida à participação na pesquisa, os voluntários receberão informações sobre seu desempenho nos testes máximos, que poderão ser utilizadas para prescrição e controle do seu próximo programa de treinamento na musculação."

3.Explicitar as formas de recrutamento dos sujeitos de pesquisa:"O recrutamento dos voluntários será feito através de cartazes afixados em diferentes locais na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO-UFMG) e em academias da região."

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

Somos pela aprovação do projeto "Respostas metabólicas e neuromusculares a protocolos de treinamento de força equiparados pelo tempo sob tensão." do pesquisador Mauro Heleno Chagas.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Aprovado conforme parecer.

**Endereço:** Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005

**Bairro:** Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE

**Telefone:** (31)3409-4592

**E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 509.576

BELO HORIZONTE, 13 de Janeiro de 2014

---

Assinador por:  
Maria Teresa Marques Amaral  
(Coordenador)

**Endereço:** Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005

**Bairro:** Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

**UF:** MG **Município:** BELO HORIZONTE

**Telefone:** (31)3409-4592

**E-mail:** coep@prpq.ufmg.br