

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA - FEF  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO-SENSU EM  
EDUCAÇÃO FÍSICA

EFEITOS DE DIFERENTES EXERCÍCIOS RESISTIDOS NO  
DANO MUSCULAR DOS EXTENSORES DO JOELHO:  
UNIARTICULAR VERSUS MULTIARTICULAR

Marco Aurélio Araújo Dourado

BRASÍLIA  
2018

EFEITOS DE DIFERENTES EXERCÍCIOS RESISTIDOS NO  
DANO MUSCULAR DOS EXTENSORES DO JOELHO:  
UNIARTICULAR VERSUS MULTIARTICULAR

MARCO AURÉLIO ARAÚJO DOURADO

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Educação Física da  
Universidade de Brasília, como  
requisito parcial para obtenção do  
grau de Mestre em Educação Física.

**ORIENTADOR:** PROF. DR. MARTIM F. BOTTARO MARQUES

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus em primeiro lugar, pois creio verdadeiramente na sua onisciência e onipotência. Assim, entendo que tudo aconteceu conforme sua vontade, sendo promovido por ele todas as condições necessárias para a conclusão deste curso.

Agradeço imensamente aos meus pais, Raimundo Nonato e Maria do Rosário, pelo investimento na minha formação. A minha esposa por ser minha auxiliadora e incentivadora incansável. Ela foi a minha maior motivação para entrar no mestrado e para concluí-lo também. Frente a dificuldades de conciliar trabalho com os estudos sempre tive alguém que pudesse contar e me animar.

Meu agradecimento e gratidão aos colegas de laboratório: Filipe, Sávio, Andrew, Amilton, Maurílio, Celes, Ubiratan e Flavinha. Especialmente, ao Filipe, sua disposição e tutoria integral foi de fundamental importância.

Agradeço e faço minhas sinceras honras ao meu orientador Prof. Dr. Martim Bottaro, pois sempre fui admirador e entusiasta do trabalho por ele realizado. Aos demais professores e aos meus colegas da FEF, pela contribuição incalculável na minha vida acadêmica.

Obrigado aos meus amigos pela força e motivação, sempre! E pôr fim aos voluntários da pesquisa pela disposição em ajudar.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE ABREVIACÕES.....	ix
RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	11
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Multiarticulares X Uniarticulares.....	14
2.1.1. Multiarticulares X Uniarticulares: membros superiores .....	15
2.1.2. Multiarticulares X Uniarticulares: membros inferiores .....	19
2.2. Dano muscular .....	21
2.2.1. Função muscular .....	23
2.2.2. Ultrassonografia.....	24
2.2.3. Dor muscular de início tardio .....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	26
3.1. Amostra.....	26
3.2. Delineamento experimental .....	26
3.3. Medidas antropométricas.....	27
3.4. Testes de 10RM.....	28
3.5. Testes isocinéticos.....	29
3.6. Salto com contramovimento.....	31
3.7. Ultrassonografia.....	32
3.8. Avaliação da Dor Muscular de Início Tardio.....	33
3.9. Sessão de treinamento .....	33
3.10. Análises estatísticas.....	33
4. RESULTADOS.....	35
4.1. Participantes .....	35
4.2. Teste de 10 RM .....	35
4.3. Desempenho na sessão de treino .....	36
4.4. Pico de torque dos extensores do joelho .....	37
4.5. Trabalho Total dos extensores do joelho .....	38
4.6. Salto com contramovimento.....	39
4.7. Espessura muscular no reto femoral.....	40
4.8. Espessura muscular no vasto lateral .....	41
4.9. Dor muscular de início tardio no reto femoral .....	42

4.10.	Dor muscular tardia no vasto lateral .....	43
5.	DISCUSSÃO .....	44
6.	CONCLUSÃO .....	51
7.	REFERÊNCIAS .....	52
Anexo I	.....	61
Anexo II	.....	62
Anexo III	.....	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Organograma do delineamento experimental .....	27
Figura 2. Equipamento cadeira extensora. ....	28
Figura 3. Equipamento Leg press. ....	29
Figura 4. Dinamômetro Isocinético Biodex System IV. ....	30
Figura 5. Salto com contramovimento.....	31
Figura 6. Imagem obtida por ultrassonografia.....	32
Figura 7: Escala visual analógica para avaliação da dor muscular tardia. ....	33
Figura 8. Demonstra as médias $\pm$ DP das cargas, em kg, correspondentes aos testes 10 RM de cada exercício. ....	35
Figura 9. Nesta figura estão representadas as médias $\pm$ DP correspondentes ao número de repetições realizadas em todas as séries durante o treino para todos os exercícios. ....	36
Figura 10. Médias $\pm$ DP do pico de torque (PT) normalizado a 60°/s dos extensores do joelho, antes (PRÉ), imediatamente após (PÓS), e 24-96h após a sessão de treino. (*) $p < 0.05$ , queda em relação ao momento PRÉ. ....	37
Figura 11. Médias $\pm$ DP do TT normalizado, produzido na série a 120°/s, dos extensores de joelho, de todos os exercícios em todos os momentos avaliados após a sessão de treino. ....	38
Figura 12. Médias $\pm$ DP do salto com contramovimento (CMJ) normalizado, antes (PRÉ), imediatamente após (PÓS), e 24-96h após a sessão de treino. ....	39
Figura 13. Mudanças na espessura muscular (EM) do músculo reto femoral (RF) normalizado, antes (PRÉ), imediatamente após (PÓS), e 24-96h após a sessão de treino. Os dados estão expressos em média $\pm$ DP. ....	40
Figura 14. Mudanças na espessura muscular (EM) do músculo vasto lateral (VL) normalizado, antes (PRÉ), imediatamente após (PÓS), e 24-96h após a sessão de treino. Os dados estão expressos em média $\pm$ DP. ....	41
Figura 15. Dor muscular de início tardio, unidade arbitrária (u. a.), avaliada por meio de palpação do RF nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média $\pm$ DP. ....	42

Figura 16. Dor muscular tardia, unidade arbitrária (u. a.), avaliada por meio de palpação do VL nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média  $\pm$  DP. ....43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características antropométricas dos participantes.....	35
Tabela 2. Médias $\pm$ DP do PT a 60°/s dos extensores do joelho, de todos os exercícios em todos os momentos avaliados após a sessão de treino.....	37
Tabela 3. Médias $\pm$ DP do TT, produzido na série a 120°/s, dos extensores de joelho, de todos os grupos em todos os momentos avaliados após a sessão de treino.....	38
Tabela 4. Médias $\pm$ DP do CMJ, de todos os exercícios em todos os momentos avaliados após a sessão de treino. ....	39
Tabela 5. Mudanças na EM do RF de todos os exercícios, nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média $\pm$ DP. ....	40
Tabela 6. Mudanças na EM do VL de todos os exercícios, nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média $\pm$ DP. ....	41
Tabela 7. Dor muscular de início tardio, unidade arbitrária (u. a.), avaliada por meio de palpação do RF nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média $\pm$ DP. ....	42
Tabela 8. Dor muscular tardia, unidade arbitrária (u. a.), avaliada por meio de palpação do VL nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média $\pm$ DP. ....	43



## LISTA DE ABREVIações

ACMS – Colégio Americano de Medicina do Esporte

CMJ - Salto com Contramovimento

DMIE - Dano Muscular Induzido pelo Exercício

DMIT - Dor Muscular de Início Tardio

EM - Espessura Muscular

EMG – Eletromiografia

MA - Multiarticular

PT - Pico de torque

RF - Reto Femoral

VL - Vasto Lateral

TF – Treinamento de Força

TT – Trabalho Total

UA - Uniarticular

## RESUMO

**OBJETIVO:** Avaliar os efeitos de dois exercícios resistidos, uniarticular (UA) e multiarticular (MA), na magnitude e tempo de recuperação do dano muscular (DM) dos extensores do joelho em homens jovens destreinados. **MÉTODOS:** 12 voluntários ( $22,8 \pm 3,5$  anos;  $79,08 \pm 9,68$  kg;  $175,37 \pm 8,62$  cm) foram aleatoriamente distribuídos para realizar numa das pernas o exercício cadeira extensora (UA) e o exercício leg press (MA) com a perna contralateral. A sessão de treino foi composta de oito séries de 10 repetições com 90% da carga de 10 repetições máximas em ambos exercícios. O intervalo de descanso foi de dois minutos entre as séries e 10 minutos entre os exercícios. As variáveis utilizadas para avaliar o DM foram: pico de torque isocinético (PT), trabalho total (TT), salto com contramovimento unilateral (CMJ), espessura muscular (EM), e dor muscular de início tardio (DMIT). A EM e DMIT foram avaliados individualmente nos músculos reto femoral (RF) e vasto lateral (VL). As mensurações foram realizadas em repouso (PRÉ), 10 min após (PÓS), 24, 48, 72 e 96 horas após a sessão de treino. **RESULTADOS:** Não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) nas comparações entre os exercícios para as avaliações do PT, TT e CMJ em nenhum momento. Ademais, não houveram diferenças para EM em ambos os músculos e DMIT do músculo VL. PT e CMJ retornaram aos valores basais 24h após, em ambos os exercícios. EM do reto femoral retornou aos valores basais 24h após no exercício cadeira extensora (UA), e 72h após no exercício leg press (MA). EM do vasto lateral recuperou após 24h em ambos exercícios. DMIT do RF foi maior 48h e 72h após no exercício UA quando comparado ao exercício MA. Não foram observadas diferenças entre os exercícios na magnitude da DMIT no músculo VL ( $p > 0,05$ ). **CONCLUSÃO:** Homens destreinados com experiência prévia em treinamento de força apresentam semelhantes respostas na magnitude e tempo de recuperação do DM após os exercícios cadeira extensora (UA) e leg press (MA).

**Palavras chave:** Escolha de Exercícios, Treinamento de Força, Dano Muscular, Extensores do Joelho.

## ABSTRACT

**PURPOSE:** This study evaluate the effects of two knee extension exercises, single-joint (SJ) and multi-joint (MJ) on acute responses and muscle recovery of knee extensors muscle damage in resistance-untrained men. **METHODS:** Twelve men ( $22,83 \pm 3,5$  years;  $79,08 \pm 9,68$  kg;  $175,37 \pm 8,62$  cm) were randomly assigned to perform a unilateral MJ resistance exercise (i.e. leg press, LP) and a unilateral SJ resistance exercise (i.e. seated knee extension, KE) with the contralateral limb. Participants performed 8 sets of 10 repetition maximum in both exercises with 2 min rest between sets. Muscle edema (ME), peak torque (PT), 1-legged countermovement (CMJ), and muscle soreness (MS) were measured pre, post, 24, 48, 72 and 96h following exercise. **RESULTS:** ME of the rectus femoris returned to baseline at 24h after KE exercise, and at 72h after the LP exercise. ME of the vastus lateralis recovered at 24h after both exercises. Moreover, PT recovered at 24h, and there was no difference between both exercises ( $p>0.05$ ). CMJ recovered at 24h, and there was no difference between both exercises ( $p>0.05$ ). Muscle soreness of the rectus femoris was greater at 48h and 72h after KE when compared to LP exercise. There was no difference between exercises in the magnitude of MS response in vastus lateralis ( $p>0.05$ ). **CONCLUSIONS:** Resistance-untrained men experience same muscle recovery following LP and KE exercises. The MJ condition offer similar stressful for knee extensors muscles as SJ, taking same time to recover from muscle damage.

**Key words:** Exercise Selection, Strength Training, Muscle Damage, Knee Extensors

## 1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) é muito utilizado na atualidade em programas de atividades físicas com o objetivo de promover efeitos positivos na saúde e desempenho (Kraemer & Ratamess, 2004). Alguns aspectos importantes devem ser considerados na manipulação e combinação de variáveis do TF, como intervalo de recuperação, velocidade de execução, carga, volume e seleção dos exercícios (Tan, 1999). Em geral os exercícios podem ser classificados como multiarticulares (MA) ou uniarticulares (UA), dependendo da quantidade de articulações envolvidas no movimento (Ribeiro et al., 2017). Embora existam diferenças nas respostas neuromusculares e metabólicas entre exercícios MA e UA, não há uma diretriz indicando qual é mais adequado para diferentes resultados (Paoli et al., 2017).

O Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2009) recomenda que exercícios MA podem maximizar os ganhos de força, já que estes exigem maior coordenação, ativação neuromuscular e equilíbrio; além de permitirem trabalhar com cargas mais pesadas. Ainda, o ACSM (2009) sugere que os exercícios UA podem promover maiores ganhos de massa muscular, pois são mais facilmente aprendidos e, assim, tem menor influência de fatores neurais. Nesse sentido, vários estudos comparam a participação muscular entre exercícios UA e MA (Welsch et al, 2005; Rocha Jr. et al., 2007; Campos & Da Silva, 2014). No entanto, a participação primária ou acessória de determinado grupamento muscular durante a execução de exercícios UA e MA não é clara e objetivamente conhecida, comprometendo a elaboração adequada de um programa de treino. Tratando-se por exemplo de estudos que analisaram a participação dos músculos extensores do joelho em exercícios UA e MA as evidências ainda são controversas (Signorile et al., 1994; Wilk et al., 1996; Alkner et al., 2000; Enocson et al., 2005; Ema et al., 2016). Signorile et al., (1994) encontraram maior participação dos músculos vasto medial (VM) e vasto lateral (VL) nos exercícios MA. Porém, Enocson et al., (2005) e Ema et al., (2016) encontraram maior participação do músculo reto femoral (RF) no exercício UA; e Alkner et al., (2000) não encontraram nenhuma diferença entre exercícios MA e UA.

No entanto, para os ganhos ótimos de hipertrofia não basta apenas um maior participação muscular, mas sim estímulos por meio da sobrecarga mecânica (Burd et al. 2012), do estresse metabólico (Schoenfeld, 2013), do dano muscular

induzido pelo exercício (DMIE) (Newton et al., 2008), e da interação entre esses estímulos. Portanto, o DMIE é considerado um fator muito importante na mensuração do estresse, da tensão, e das alterações agudas e crônicas geradas pelo TF na musculatura (Clarkson & Hubal, 2002). Alguns marcadores indiretos de DMIE como decréscimo na produção de força, dor muscular de início tardio (DMIT) e aumentos na espessura muscular são frequentemente utilizados para analisar o DMIE bem como o período de recuperação (Radaelli et al., 2012).

Assim, o conhecimento dos efeitos de diferentes exercícios (i.e., UA vs MA) de TF na magnitude e recuperação do DMIE, e nas respostas metabólicas, pode auxiliar os profissionais que atuam na prescrição do TF na escolha do modelo de exercício mais adequado para hipertrofia e ganhos de força muscular. Pensando nisso, Soares et al. (2015) compararam as respostas agudas e recuperação do DMIE dos flexores do cotovelo após a remada sentada (MA) e a rosca bíceps no banco scott (UA) em homens treinados. Os resultados do estudo mostraram que o exercício UA foi mais fatigante para os músculos flexores do cotovelo quando comparado ao exercício MA, levando mais tempo para se recuperar do DMIE. No entanto, o exercício MA (i.e., remada) utilizado no estudo de Soares et al., (2015) tem como motor primário a musculatura do grande dorsal e não dos flexores do cotovelo.

Na mesma linha, recentemente Maeo et al. (2017) compararam o DMIE dos extensores do joelho após os exercícios agachamento no Smith (MA) e cadeira extensora (UA). Os resultados do estudo mostraram que DMIE nos extensores do joelho levou mais tempo para se recuperar após o exercício UA quando comparado ao MA. Contudo, no estudo foram utilizadas apenas ações excêntricas com intuito de gerar dano. Assim seria razoável assumir que o DMIE poderia ser diferente utilizando também ações concêntricas (Nosaka & Newton, 2002). Nesse sentido, Enocson et al., (2005) avaliaram as respostas metabólicas (i.e., participação muscular) dos diferentes músculos do quadríceps após os exercícios isoinerciais leg press (MA) e cadeira extensora (UA). No entanto, os autores não avaliaram a magnitude e a recuperação do DMIE entre esses dois exercícios.

Assim, o objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de dois exercícios resistidos, cadeira extensora (UA) e leg press (MA), na magnitude e recuperação do DMIE e nas respostas metabólicas dos extensores do joelho em indivíduos destreinados com experiência prévia em TF.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Multiarticulares X Uniarticulares**

A escolha dos exercícios é norteadada pela participação de um determinado grupamento muscular, ou até mesmo segmentos do mesmo músculo, o que normalmente é avaliado por eletromiografia (EMG), ressonância magnética ou ultrassonografia. Nesse sentido vários estudos compararam a participação de diversos grupamentos musculares para o mesmo exercício, com diferentes variações de: inclinação (Glass & Armstrong, 1997), posição das mãos (Signorile et al., 2002); ou posição dos pés (McCaw et al., 2008). Além disso, diversos estudos compararam a participação do mesmo grupamento muscular, em diferentes músculos, entre diferentes exercícios, e sob diversos aspectos (Wilk et al., 1996; Alkner et al., 2000; Enocson et al., 2005; Rocha Jr. et al., 2007; Da Silva et al., 2009; Franke et al., 2015; Korak et al., 2015; Soares et al., 2015; Ema et al., 2016).

No que diz respeito à escolha de exercícios o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM) recomenda que tanto exercícios uniarticulares (UA), como multiarticulares (MA) devem compor uma sessão de treinamento de força (TF) (ACSM, 2009). Ainda, segundo o ACSM (2009) os exercícios MA podem maximizar os ganhos de força, pois exigem maior coordenação, maior ativação neuromuscular, maior equilíbrio e permitem trabalhar com cargas mais pesadas. Diferentemente, os exercícios UA podem promover maiores ganhos de massa muscular, pois são mais facilmente aprendidos e, assim, tem menor influência de fatores neurais (Chillibeck et al., 1998). Todavia, essas recomendações não foram totalmente baseadas em artigos que tiveram o objetivo comparar as diferenças entre UA e MA.

Uma grande vantagem dos exercícios MA é a possibilidade de diversos músculos serem estimulados simultaneamente. Assim, os treinos com exercícios MA adaptariam o indivíduo de modo mais eficiente para suas atividades do dia-a-dia, além de serem mais facilmente transferidos para modalidades desportivas (Stone & Borden, 1997). Porém, outra questão importante do TF é a utilização de exercícios UA para iniciantes embasada na hipótese que exercícios MA sejam complexos para esta condição. No entanto, diversos estudos usaram exercícios MA (e.g. agachamento,

supino e desenvolvimento) em indivíduos destreinados, com resultados bastante relevantes (Kraemer et al., 2000; Gentil et al., 2010).

Entretanto, utilizar exercícios UA induz um volume alto de treino, pois se troca um exercício por vários, como por exemplo substituir o supino inclinado por crucifixo, elevação lateral e extensão de cotovelos. Todavia, a utilização de exercícios UA pode ser menos segura em longo prazo, pois ao realizar os exercícios separadamente pode ocorrer incremento de força em músculos isolados, desacompanhado do respectivo padrão motor (Gentil et al., 2010). No entanto, as evidências para estas alegações são limitadas devido à falta de estudos comparando respostas neuromusculares e metabólicas entre os exercícios MA e UA, o que torna difícil escolher corretamente um exercício para um programa de TF.

### **2.1.1. Multiarticulares X Uniarticulares: membros superiores**

Tratando-se de exercícios para membros superiores, que objetivam recrutar os músculos adutores horizontais do ombro, Welsch et al. (2005) examinaram a atividade EMG e o tempo da ativação dos músculos peitoral maior e deltoide anterior entre três diferentes exercícios. Participaram do estudo 23 homens e mulheres em idade colegial com níveis diferentes de experiência em TF; onde os mesmos realizaram três repetições no supino reto com barra (MA), supino com halteres (MA) e crucifixo com halteres (UA) com uma carga avaliada para seis repetições máximas. Os resultados demonstraram que a atividade EMG dos músculos peitoral maior e deltoide anterior foram semelhantes entres os três exercícios realizados. Entretanto, o exercício crucifixo com halteres (UA) demonstrou tempo de ativação EMG significativamente menor quando comparado aos outros exercícios. Nesse sentido, os autores sugerem que o exercício UA pode ser mais adequado como um exercício complementar. Semelhantemente, Rocha Júnior et al. (2007) compararam a atividade EMG dos músculos peitoral maior, deltoide anterior e tríceps braquial durante a execução dos exercícios supino reto com barra (MA) e crucifixo na máquina (UA). A atividade EMG dos músculos foi avaliada durante a realização de 10 repetições máximas no supino reto com barra (MA) e crucifixo na máquina (UA) em 13 homens treinados. Os resultados não revelaram diferenças na atividade EMG do peitoral maior e deltoide anterior entre os exercícios, corroborando o que foi apresentado por Welsch

et al. (2005). A atividade EMG do tríceps braquial foi maior na realização do supino reto com barra (MA) em comparação com o crucifixo na máquina (UA). Durante o supino reto com barra (MA), a atividade EMG do peitoral maior foi maior em relação ao tríceps braquial, sem diferenças entre peitoral maior e deltoide anterior, ou deltoide anterior e tríceps braquial. No crucifixo na máquina (UA), a atividade EMG do peitoral maior e do deltoide anterior foram maiores em relação ao tríceps braquial, sem diferenças entre DA e peitoral maior. Assim, de acordo com os resultados obtidos por Welsch et al. (2005) e Rocha Júnior et al. (2007) sugere-se que, caso o objetivo do treinamento seja promover estímulos para o deltoide anterior ou peitoral maior, ambos os exercícios podem ser usados (i.e. UA ou MA), dependendo da disponibilidade de materiais e/ou da especificidade da atividade motora na qual se procura melhorar a performance.

Do mesmo modo, no que diz respeito aos músculos do ombro, Franke et al. (2015) examinaram a atividade EMG do músculo deltoide durante os exercícios crucifixo inverso (UA), remada sentada (MA) e puxada aberta (MA). Participaram do estudo 12 homens saudáveis com pelo menos seis meses de experiência em TF. As cargas absolutas diferiram entre os exercícios realizados, mas a carga relativa foi controlada por participante com 10 repetições máximas para cada exercício. Os resultados não revelaram diferenças na atividade EMG da porção anterior do músculo deltoide entre os exercícios. Entretanto, a porção lateral apresentou maior atividade EMG durante o crucifixo invertido (UA) (~47%) e remada sentada (MA) (~38%) em comparação com a puxada, sem diferenças entre os exercícios. Para a porção posterior do músculo deltoide, houve maior ativação durante o crucifixo inverso (~91%) em comparação com remada sentada (~51%) e com a puxada (~56%). Estes resultados levaram os autores a sugerir que para maximizar a ativação de um segmento de um grupo muscular, os exercícios UA são relevantes, torna-os necessários em programas de TF para ganhos de força e hipertrofia muscular.

Semelhantemente, com relação aos músculos flexores do cotovelo Gentil et al. (2015) comparam os efeitos de exercícios UA e MA nos ganhos de força e espessura muscular dos flexores de cotovelo em 29 homens jovens saudáveis sem experiência em TF, sendo que os voluntários foram divididos em dois grupos. Um grupo realizou três séries no exercício puxada (MA) e outro grupo três séries no exercício rosca bíceps (UA). Antes e após 12 semanas de treino, a força e a espessura



muscular dos flexores de cotovelo foram avaliadas por meio de dinamometria isocinética e ultrassonografia, respectivamente. Os resultados mostraram que os ganhos não foram diferentes entre os grupos, revelando que o músculo seria igualmente estimulado em exercícios MA e UA. Assim, esses achados trazem questionamentos sobre a necessidade de se realizar exercícios UA para pequenos grupos musculares em indivíduos destreinados. Nesse mesmo ano Soares et al. (2015) compararam a recuperação do DMIE dos flexores do cotovelo após os exercícios remada sentada (MA) e rosca bíceps no banco scott (UA) em homens treinados. Os voluntários realizaram em um dos braços o exercício MA, enquanto no braço contralateral foi realizado o exercício UA. O protocolo experimental constituiu de oito séries com carga avaliada para 10 repetições máximas nas duas situações. Os resultados mostraram que após o exercício UA o PT recuperou dentro de 48h ( $p > 0,05$ ), enquanto após o exercício MA a recuperação se deu em 24h ( $p > 0,05$ ). Os resultados do estudo mostraram que o exercício UA foi mais fatigante para os flexores do cotovelo quando comparado ao MA, levando mais tempo para se recuperar do dano, demonstrando assim que para indivíduos treinados o exercício MA não é capaz de gerar o mesmo dano nos flexores do cotovelo, sugerindo a necessidade de incluir exercícios UA em um programa de TF para praticantes mais experientes.

No que se refere aos músculos do manguito rotador, Giannakopoulos et al. (2004) verificaram as diferenças entre exercícios UA e MA utilizando a EMG em 39 homens ativos. Os voluntários treinaram três vezes por semana, durante seis semanas, e foram avaliados no dinamômetro isocinético, nos momentos pré e pós-treino. A distribuição foi feita aleatoriamente em um dos três grupos: o grupo UA realizou quatro exercícios UA para os rotadores internos e externos do ombro (rotação interna e externa para a direita e para a esquerda) usando halteres; o grupo MA realizou quatro exercícios MA (puxada, desenvolvimento, remada e flexões); e o grupo controle não treinou. O mesmo número de séries e repetições foram realizados para ambos os grupos. Antes e depois do período de treinamento, o pico de torque para rotação interna e externa do ombro foi avaliado em um dinamômetro isocinético. Ao comparar os grupos UA e MA, os resultados mostraram que as melhorias foram maiores para o grupo MA. Além disso, o grupo MA mostrou melhorias significativas na rotação externa e interna de ambos os lados, "forte" e "fraco", enquanto o grupo UA apenas apresentou melhorias significativas para o lado "fraco", tanto na rotação

interna quanto na rotação externa. De acordo com os autores, os exercícios de UA só são eficazes quando o objetivo do treinamento é fortalecer um grupo muscular mais fraco, mas eles devem ser substituídos por exercícios mais complexos para obter aumentos na força muscular.

Com o propósito de examinar o efeito da adição de exercícios UA a um programa de TF composto por exercícios MA no tamanho e força dos músculos dos membros superiores Gentil et al. (2013) e França et al. (2015) realizaram estudos com desenho experimental parecidos e os resultados foram semelhantes. No primeiro Gentil et al. (2013) compararam um grupo que treinava apenas com exercícios MA (puxada e supino) e outro que, além dos exercícios MA realizava exercícios UA (flexão e extensão de cotovelo). As análises foram realizadas por ultrassonografia e dinamometria isocinética, e mostraram que não houve diferença nos ganhos de massa muscular e força dos flexores de cotovelo. No segundo, França et al. (2015) compararam as mudanças na força e hipertrofia em 22 homens treinados que realizaram um programa de TF de membros superiores envolvendo MA + UA ou apenas exercícios MA. O estudo durou 8 semanas e o TF foi dividido em duas sessões por semana e seguiu um modelo de periodização linear. Nas segundas e quintas-feiras, o grupo MA realizou supino inclinado, supino reto, supino declinado, flexões e desenvolvimentos. Nas terças e sextas-feiras, eles realizaram puxada fechada, remada sentada (máquina), puxada supinada, remada sentada (polia) e remada alta. O grupo MA + UA seguiu a mesma rotina, mas adicionou extensões de cotovelo com pegada pronada na polia e extensões de cotovelo com pegada neutra na polia no final das sessões de segunda e quinta; também foram adicionados os exercícios rosca bíceps com halteres e rosca bíceps unilaterais sentados no final das sessões de terça e sexta-feira. Os resultados revelaram que as alterações na circunferência do braço flexionado (1,72 e 1,45% para os grupos MA e MA + UA, respectivamente) e a circunferência muscular do braço (1,33 e 3,17% para os grupos MA e MA + UA, respectivamente) não foram diferentes entre os grupos. Da mesma forma, ambos os grupos aumentaram significativamente 1RM para flexão do cotovelo (4,99 e 6,42% para os grupos MA e MA + UA, respectivamente) e extensão (10,60 e 9,79% para os grupos MA e MA + UA, respectivamente). Mostrando novamente, não existir diferença significativa entre os grupos. Assim, segundo os estudos de Gentil et al. (2013) e

França et al. (2015) a inclusão de exercícios UA parece não resultar em benefícios adicionais em termos ganhos de força e massa muscular.

### **2.1.2. Multiarticulares X Uniarticulares: membros inferiores**

Tal como para membros superiores, é comum a prescrição de diferentes exercícios para um mesmo grupamento muscular para os membros inferiores. Nesse sentido, Signorile et al. (1994) investigaram os efeitos de diferentes técnicas e variações entre os exercícios UA e MA na ativação dos músculos do quadríceps. A hipótese dos autores era que o agachamento (MA) produzia um desequilíbrio entre os músculos vasto lateral (VL) e vasto medial (VM). Assim, seria necessário acrescentar a cadeira extensora (UA) para diminuir tal desequilíbrio. No estudo foram medidas a atividade EMG dos músculos VL e VM da perna dominante, de homens treinados enquanto realizavam 10 repetições máximas de agachamentos (MA) e cadeira extensora (UA). Os testes foram realizados em duas sessões, separadas por uma semana. Durante a primeira sessão, os participantes realizaram uma série de agachamentos (MA), e após um descanso de 15 minutos, realizavam uma série na cadeira extensora (UA), e o protocolo foi repetido na ordem inversa na segunda sessão. Os resultados não mostraram diferenças entre a ordem dos exercícios. No entanto, diferenças significativas foram encontradas entre os exercícios. De acordo com os resultados, a atividade EMG dos músculos VL e VM foram maiores durante os agachamentos do que durante a cadeira extensora. O agachamento (MA) provocou maior atividade EMG que a cadeira extensora (UA) em ambos os músculos. Todavia nesse experimento a atividade EMG do músculo reto femoral (RF) não foi investigada. Assim tal comparação não trouxe repostas suficientes. Permanecendo assim o questionamento quanto a necessidade da cadeira extensora (UA) como um exercício suplementar neste caso.

Posteriormente, o estudo de Wilk et al. (1996) analisou a atividade EMG dos músculos do quadríceps. Participaram do experimento 10 homens treinados, com experiência média de 11 anos de TF. A atividade EMG dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM) foi medida durante a realização dos exercícios cadeira extensora (UA), leg press (MA) e agachamento (MA). Os participantes realizaram quatro repetições com uma carga de 12 repetições máximas

e isso foi normalizado com uma porcentagem do valor obtido em uma contração isométrica voluntária máxima. De acordo com os resultados, o exercício cadeira extensora gerou atividade EMG do músculo reto femoral superior ao agachamento (~45%); e o exercício agachamento gerou atividade dos músculos vasto medial e lateral superior (~20%, ~5%, respectivamente) a cadeira extensora. Tais resultados demonstram superior ativação do músculo RF no exercício cadeira extensora, músculo este desconsiderado no estudo de Signorile et al. (1994).

No estudo conduzido por Alkner et al. (2000), os investigadores compararam a relação entre a ativação muscular e a força isométrica no quadríceps femoral nos exercícios cadeira extensora (UA) e leg press (MA). Nove homens saudáveis e fisicamente ativos realizaram cinco contrações unilaterais com joelho 90° utilizando 20, 40, 60, 80, e 100% da contração isométrica voluntária máxima. O sinal EMG foi medido nos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF). Os resultados apontaram não existir diferenças na ativação muscular entre os exercícios cadeira extensora (UA) e leg press (MA). Uma limitação desse experimento realizado por de Alkner et al. (2000) foi a não inclusão do exercício agachamento (MA) no experimento, impossibilitando esclarecer se a ativação dos músculos RF, VL e VM seria semelhante entre exercícios MA. Outra questão encontra-se no fato da comparação ter sido realizada utilizando-se contrações isométricas; impossibilitando assim extrapolar os resultados para situações com movimento articular.

Posteriormente, Enocson et al. (2005) avaliaram a atividade contrátil dos músculos do quadríceps, nos exercícios cadeira extensora (UA) e leg press (MA), empregando outro instrumento, a ressonância magnética (RM). Oito jovens do sexo masculino realizaram 5 séries de oito a 12 repetições com 50, 75 e 100% da carga utilizada em 5 séries de 10 repetições máximas. As imagens de RM foram coletadas nos momentos pré e pós-exercício, para o reto femoral (RF), vasto intermédio (VI), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM). As análises das imagens de RM mostraram aumento significativo entre os momentos pré e pós-exercício após todos os exercícios, com heterogeneidades dentro dos músculos encontrados em cada exercício. As alterações nas imagens de RM mostraram que músculos RF, VI e VM foram significativamente mais recrutados no exercício extensora. Entretanto, os resultados apontaram semelhança no recrutamento do músculo VL entre os dois modelos de

exercícios (i.e. UA e MA). Corroborando assim os resultados de Wilk et al. (1996) no que diz respeito a ativação superior do músculo RF no exercício cadeira extensora (UA).

Recentemente, Ema et al. (2016) novamente analisaram a atividade EMG dos músculos do quadríceps femoral (reto femoral, vasto lateral e vasto medial), nos exercícios cadeira extensora (UA) e leg press (MA) em 15 homens não treinados. Os participantes realizaram cinco repetições em cada um dos exercícios em intensidades de 20, 40, 60 e 80% de 1RM. A atividade EMG foi considerada com base na média das cinco repetições. De acordo com os resultados, não foram observadas diferenças na atividade EMG do vasto lateral e vasto medial entre os exercícios cadeira extensora leg press e em qualquer carga. No entanto, a atividade EMG do reto femoral foi significativamente maior na cadeira extensora (UA) do que durante o leg press (MA) em todas as cargas. Os autores sugeriram que as diferenças na atividade EMG do músculo reto femoral decorrem do fato de tal ser músculo ser bi-articular (e.g., cruza duas articulações). Nesse sentido, pode-se considerar que o reto femoral parece apresentar maior atividade EMG quando é encurtado (por exemplo, durante um exercício de UA) do que quando o comprimento líquido não muda (por exemplo, durante exercícios de MA). No entanto, é importante notar que o uso de uma determinada porcentagem de 1RM pode ter levado a diferenças na carga relativa dos exercícios, uma vez que estudos anteriores relataram que o número de repetições realizadas em uma determinada porcentagem de uma RM é maior durante o exercício leg press. do que durante o exercício cadeira extensora Hoeger et al. (1990). Assim, é possível que a maior atividade EMG para o quadríceps femoral durante cadeira extensora (UA) tenha sido resultado de cargas relativamente mais altas, em contraste com as cargas relativamente mais baixas durante o leg press (MA).

## **2.2. Dano muscular**

Já foi bem estabelecido que, após a realização de exercícios aos quais não se está acostumado, principalmente se esses envolverem contrações excêntricas, ou quando o indivíduo se encontra em um nível destreinado, ocorre um processo conhecido como dano muscular induzido pelo exercício (DMIE) (Paulsen et al., 2012; R. Radaelli et al., 2014). Esse processo consiste na desorganização e/ou rompimento

de células musculares graças a elevados níveis de estresse mecânico e/ou metabólico.

O DMIE é um importante mediador de adaptações do músculo, pois, posteriormente as micro lesões, o tecido muscular passa por um processo de recuperação e reestruturação, em que há um elevado aumento da síntese proteica. Vários marcadores indiretos podem ser utilizados para diagnóstico e quantificação da magnitude do DMIE. Os mais comuns são: produção de força muscular, edema muscular, dor muscular de início tardio (DMIT), diminuição da amplitude de movimento articular (ADM) e atividade sérica ou plasmática da enzima creatina quinase (CK) (Schoenfeld, 2012).

A redução da capacidade de produção de força muscular deve-se ao rompimento de estruturas musculares que acontece devido ao esforço demasiado dos sarcômeros que, por conta da sobreposição inadequada dos filamentos contráteis e das alterações no processo de excitação-contração acabam por desorganizar ou romper-se, diminuindo ou anulando sua capacidade de produção de força. Imediatamente após a sessão, e nos 2 a 5 dias seguintes, os níveis de força continuam abaixo dos valores antes do exercício. (Gleeson et al., 2003).

A DMIT é a percepção de desconforto muscular, que apresenta um pico cerca de 24-48 horas após a indução de DMIE. Comumente a dor se agrava quando a atividade realizada enfatiza mais contrações excêntricas do que concêntricas (Brentano et al., 2011). Toda vez que ocorre DM, o organismo desencadeia um processo inflamatório, com o qual objetiva-se recuperar o tecido lesionado liberando substâncias fundamentais para sinalização, limpeza e reconstrução da área afetada. Quatro fatores indicam a inflamação: calor, rubor, tumor e dor. Por conta da vasodilatação, tem-se um inchaço da região e maior concentração de sangue e, portanto, uma pequena elevação da temperatura. Acredita-se que a principal causa da DMIT é em decorrência do edema, que comprime as terminações nervosas levando à liberação de sinalizadores de dor, que indicam que aquela área não deve ser utilizada (Pizza et al., 2002).

A CK é considerada como o melhor indicador biomolecular da quebra da estrutura de uma célula muscular. O DMIE provoca desarranjos nas estruturas das células musculares, liberando enzimas próprias do meio intracelular para o sangue e aumentando sua atividade sérica ou plasmática nos dias após os exercícios

excêntricos, apresentando seu pico de atividade geralmente entre 48-72 horas após a sessão e podendo permanecer elevada durante sete dias.

Já está bem estabelecido na literatura que, após sessões repetidas de exercícios excêntricos, de mesma intensidade e volume, há diminuição da magnitude do DMIE, bem como dos seus marcadores indiretos. Além dos marcadores indiretos de DMIE, temos a biópsia muscular como método direto para mensuração do DMIE. Todavia, a biópsia possui muitas limitações. Entre as limitações estão: o seu custo financeiro alto, necessidade de recursos humanos especializados, além disso a extensão do DMIE é avaliada apenas na região que foi extraída, e pôr fim a amostra e a própria biópsia pode causar certo grau de dano no músculo, o que influenciar a análise do DMIE (Clarkson et al., 1992).

Alguns dos principais motivos pelos quais se investiga o DMIE são: para se mensurar o período de recuperação necessário entre as sessões de treinamento, importante para a elaboração de programas de exercícios; e como indicador de treinamentos de alta intensidade, principalmente em estudos sobre o fenômeno “*repeated bout effect*”- efeito de carga repetida (Brentano et al., 2011). Efeito da carga repetida ou efeito protetor (EP) é um fenômeno muito estudado na literatura, e ocorre logo após a recuperação do DMIE por uma primeira sessão de contrações excêntricas (Gleeson et al., 2003) podendo durar entre 6 e 9 meses (Nosaka et al., 2001).

Vários estudos já observaram a magnitude e o tempo de recuperação do DMIE após protocolos de exercício (Flores et al., 2011; R. Radaelli et al., 2014; Soares et al., 2015; Correia et al., 2018).

### **2.2.1. Função muscular**

Uma forma bastante eficaz de se mensurar a magnitude do DMIE é a capacidade de produzir força muscular. A diminuição da capacidade de produzir força é relatada na literatura como uma das principais consequências do DMIE (Clarkson et al., 1992). No estudo de Paulsen et al. (2012) eles propuseram uma classificação do grau de DMIE de acordo com a perda na capacidade de gerar força da musculatura exercitada. Em sua extensa revisão de literatura eles notaram que nos estudos que observaram reduções <20% na capacidade de gerar força, imediatamente após o exercício, não foram encontrados sinais de necrose tecidual ou acúmulo de leucócitos,

e os aumentos nas concentrações de CK foram relativamente baixas. Foi relatado também que sob essas condições, a recuperação da produção de força aos valores basais aconteceu entre 24 e 48 horas após a realização do exercício. Quando a perda de força logo após o exercício é entre 20-50% e a recuperação na capacidade de produzir força muscular somente retorna aos valores basais entre 48 e 168 h, Paulsen et al. (2012) classificaram o DMIE como moderado. Ainda segundo esses autores caso a recuperação da força muscular retorne aos valores basais após 168 h e a queda na produção de força logo após o exercício for >50%, então, o DMIE é classificado como severo.

### **2.2.2. Ultrassonografia**

A ultrassonografia (US) é uma técnica não invasiva muito utilizada para mensuração da espessura muscular (EM) (Nosaka & Newton, 2002). O edema muscular é considerado um marcador indireto de DMIE. Isso porque o edema gerado nos dias subsequentes a uma sessão de exercícios físicos é consequência do quadro inflamatório e da infiltração de células do sistema imune (Paulsen et al., 2012). A instalação do processo inflamatório tem como objetivo sinalizar o aumento da síntese proteica para reparação das fibras musculares danificadas (Clarkson et al., 1992). Entretanto, mudanças observadas na EM logo após a realização de exercícios físicos são atribuídas à hiperemia, ou seja, o aumento do fluxo sanguíneo devido ao aumento da atividade metabólica na musculatura exercitada (Radaelli et al., 2012).

### **2.2.3. Dor muscular de início tardio**

A dor muscular de início tardio (DMIT) se manifesta horas após o exercício e, normalmente, tem seu pico entre 24 h e 48 h (Clarkson et al., 2002). A DMIT, normalmente, pode ser avaliada pela palpação ou alongamento da musculatura alvo. O indivíduo é questionado acerca do quão dolorido sua musculatura está e, com o auxílio de uma escala visual analógica, determina o escore que mais representa a sua percepção de dor. Apesar de ser uma medida totalmente subjetiva diversos estudos observaram uma relação entre a magnitude do DMIE e a percepção da dor muscular tardia (Nosaka & Newton, 2002).



Os mecanismos por trás da DMIT ainda não são completamente entendidos. Acredita-se que os produtos decorrentes da lesão tecidual sensibilizam os nociceptores, mecanoreceptores e as terminações nervosas livres que transmitem um impulso nervoso que é interpretado como dor (Clarkson et al., 2002). Com a instalação do processo inflamatório, decorrente do DMIE, células do sistema imune (macrófagos e monócitos) são deslocadas até o tecido muscular lesionado (Paulsen et al., 2012). Após o estímulo gerado pelo DMIE, a membrana da célula muscular produz o ácido araquidônico (Funk, 2001). O ácido araquidônico é sintetizado em prostaglandinas (PG), mais especificamente a PGE2, que são mediadores lipídicos envolvidos na regulação do processo inflamatório (Funk, 2001). Essas moléculas são potentes vasodilatadores e agem como substância hiperalgésica (Uchida et al., 2009). As PGE2, por sua vez, sensibilizam os nociceptores e as terminações livres que transmitem um estímulo nervoso, que é interpretado como dor, associado ao processo de dano tecidual, para o sistema nervoso central (Connolly, Sayers e McHugh, 2003; Paulsen, 2012). Assim, a magnitude da percepção de dor está relacionada com a magnitude do DMIE na musculatura exercitada (Clarkson e Hubal, 2002; Nosaka e Newton, 2002). Os maiores valores na percepção subjetiva de dor são observados entre 24 e 72 horas, podendo desaparecer somente após 7 a 10 dias (Clarkson e Hubal, 2002; Smith, 1992).

Assim, as respostas e recuperação do DMIE dos extensores do joelho foi avaliada entre dois exercícios resistidos, cadeira extensora (UA) e leg press (MA) em indivíduos destreinados com experiência prévia em TF.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Amostra**

Para compor a amostra do estudo foram recrutados 12 voluntários do sexo masculino. O recrutamento ocorreu por meio de cartazes, rede sociais e anúncios colocados na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília (FEF/UnB) ou também por contato telefônico. Como critérios de inclusão, os voluntários deveriam ser do sexo masculino, ter entre 18 e 30 anos, não participantes de qualquer programa de exercícios (treinamento de força, alongamento ou aeróbico) há pelo menos 6 meses antecedentes ao estudo; ter experiência prévia em treinamento de força; não apresentar qualquer patologia cardiovascular, pulmonar ou metabólica que pudesse agravar, ou que impedisse a prática de exercícios com pesos. Os indivíduos foram instruídos a manter seus hábitos alimentares normais, não ingerir bebida alcoólica, não praticar nenhum exercício físico que envolva a musculatura testada e quaisquer intervenções que pudessem afetar a recuperação, como medicamentos anti-inflamatórios e analgésicos, massagem, gelo e suplementação nutricional durante o período experimental. Os indivíduos responderam a um breve questionário acerca das suas condições gerais de saúde por meio do PAR-Q (anexo 1), bem como relataram sua experiência com TF por meio de outro questionário (anexo 2).

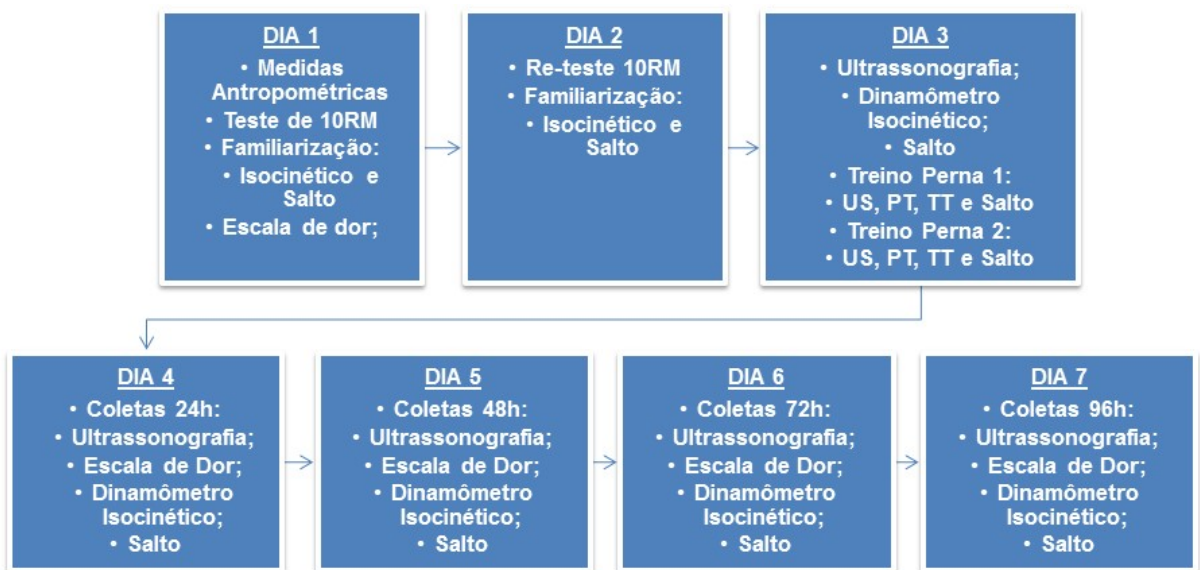
Todos os sujeitos da amostra foram informados verbalmente e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (anexo 3), onde foram descritos todos os procedimentos do estudo assim como seus riscos e benefícios. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Saúde da Universidade de Brasília (CAAE n. 36351214.7.0000.0030).

#### **3.2. Delineamento experimental**

Os voluntários participaram de duas situações experimentais de exercícios resistidos envolvendo exercício uniarticular (UA) para uma perna e multiarticular (MA) para a outra perna. A distribuição dos exercícios em cada perna deu-se de forma aleatória e contrabalanceada. Os voluntários realizaram 7 visitas ao laboratório, em dias distintos, para a realização dos testes e do treino. No primeiro dia foram

mensuradas a estatura e massa corporal dos sujeitos, para descrição da amostra. Ainda no primeiro dia, e também realizados no segundo dia, os voluntários realizaram o teste e re-teste de 10 RM, e se familiarizaram com o protocolo de avaliação de força no dinamômetro isocinético, e com o salto com contramovimento unilateral na plataforma de força.

No terceiro dia, foram realizadas as medidas, em repouso dos seguintes indicadores do DMIE: edema muscular, dor muscular de início tardio (DMIT), salto com contramovimento unilateral e avaliação da força muscular, e em seguida, foi realizada a sessão de treino. Os testes foram refeitos imediatamente após o treino, bem como nos dias seguintes (4º, 5º, 6º e 7º dia) para a avaliação do DMIE, sempre com 24 horas de intervalo. Vale ressaltar que todos os testes foram realizados pelo mesmo pesquisador. A figura 1 mostra um organograma ilustrando os procedimentos realizados no estudo.



**Figura 1:** Organograma do delineamento experimental

### 3.3. Medidas antropométricas

As medidas usadas para caracterização da amostra foram massa corporal e estatura. A estatura dos indivíduos foi mensurada por meio de um estadiômetro com precisão de 0,1 cm (Sanny; campo de medição de 40 cm a 210 cm;) e a massa corporal por uma balança digital com precisão de 0,05 kg (Líder, modelo P 180M, Araçatuba, SP). Os voluntários se posicionaram em pé, de costas para a régua de

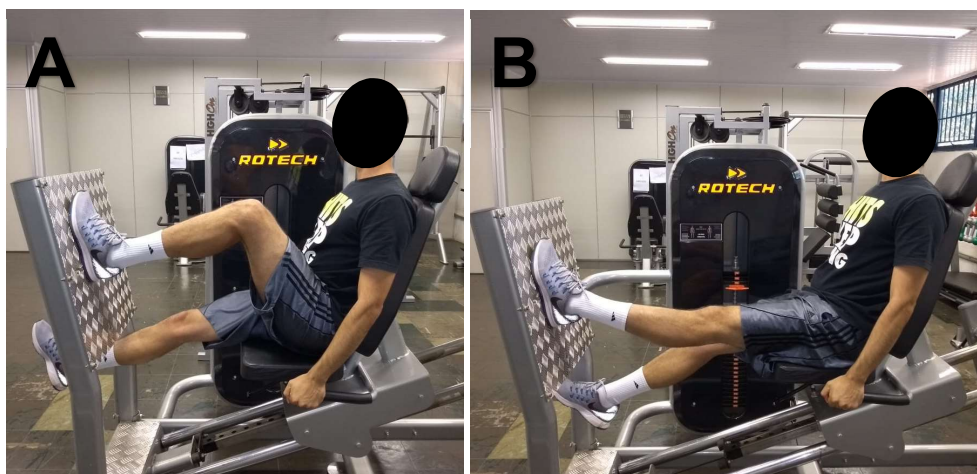
medição do estadiômetro com os pés juntos, corpo ereto e com as mãos ao lado do corpo. Para mensuração da massa corporal, os avaliados foram posicionados em pé no centro da balança, de frente para o visor digital da balança, com pequeno afastamento lateral dos pés, eretos e com o olhar em um ponto fixo a frente.

### 3.4. Testes de 10RM

Foi realizado o teste de dez repetições máximas (10 RM), seguindo as recomendações de Kraemer et al. (2006) adaptado, para determinar a carga utilizada na sessão de treinamento: 1) aquecimento de oito a dez repetições com 40% da carga de 10 RM estimada; 2) descanso de 60 segundos, seguido de seis a oito repetições com 60% da carga de 10RM estimada; 3) após mais 60 segundos de descanso incremento do peso tentando alcançar 10 RM em, no máximo, três tentativas, usando pelo menos cinco minutos de intervalo entre uma tentativa e outra; 4) o valor registrado foi o de dez repetições com o peso máximo levantado na última tentativa bem sucedida. Para garantir a confiabilidade dos dados foi realizado um re-teste para confirmar a carga de 10 RM, 72 h após. Foram testados de forma unilateral os exercícios uniarticular (UA) e multiarticular (MA) no mesmo dia de teste. Os exercícios resistidos utilizados no protocolo experimental foram: cadeira extensora (UA) (Figura 2) e leg press (MA) (Figura 3).



**Figura 2.** Equipamento cadeira extensora. (A – posição inicial; B – posição final).



**Figura 3.** Equipamento Leg press. (A – posição inicial; B – posição final)

Os voluntários realizaram os testes nos dois exercícios separados por 10 minutos de intervalo. Os exercícios foram distribuídos de forma aleatória e contrabalanceada para cada uma das pernas dos sujeitos. A distribuição foi independente da perna dominante do sujeito. Também foi registrada a ordem do exercício para cada perna, afim de que fosse preservada a mesma durante a sessão de treino. Ou seja, se o indivíduo iniciou o teste com o UA, o treino necessariamente começou com o UA. Os indivíduos realizaram amplitude de movimento completa e posicionaram-se de maneira análoga em todos os testes para evitar possíveis alterações nos resultados.

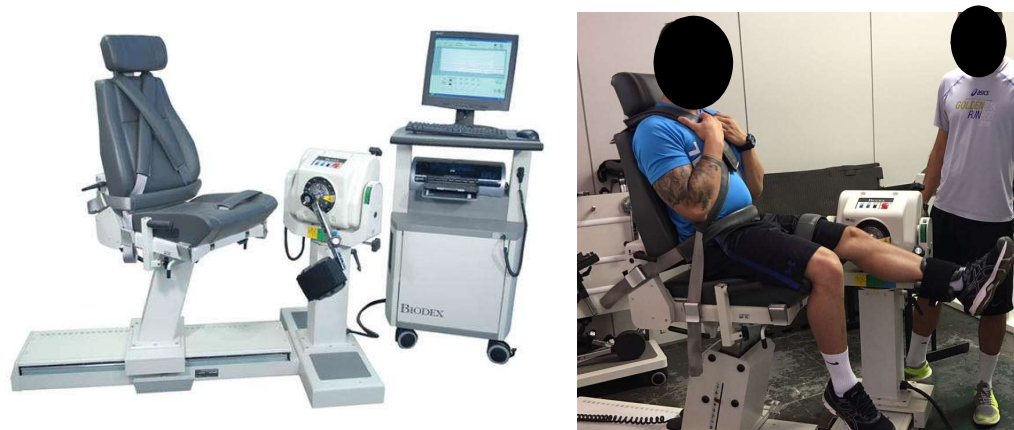
### **3.5. Testes isocinéticos**

O pico de torque (PT) e trabalho total (TT) dos extensores do joelho foram avaliados por meio da dinamometria isocinética (Biodex System IV, Biodex Medical, Inc., Shirley, NY, USA) (Figura 4). Os testes foram precedidos de uma série de aquecimento de cinco repetições a 120°/s. Foram realizadas duas séries de quatro repetições máximas a 60°/s, para avaliar o PT isocinético e após um minuto de descanso, foi realizada uma série de 30 repetições máximas a 120°/s para mensurar o TT. Uma amplitude de movimento de 85° de flexão-extensão (deslocamento entre 5° e 90° em relação a 0° na extensão completa do joelho) foi usada.

A calibração do dinamômetro foi realizada de acordo com as especificações do fabricante. Os sujeitos posicionaram-se sentados com o eixo de rotação do braço do dinamômetro alinhado com o côndilo lateral do joelho. O braço de alavanca foi

ajustado e fixado 5 cm acima do calcâneo. Cintos foram empregados para fixar a coxa, pelve e tronco na cadeira do dinamômetro e evitar movimentos descontrolados. Todos os indivíduos foram orientados a segurar com os braços cruzados nos cintos de estabilização do tronco (Correia et al., 2018). Os ajustes da cadeira e do dinamômetro para cada sujeito foram registrados para garantir que a posição permanecesse constante durante todo o período de testes. A amplitude de movimento da extensão e flexão do joelho foi determinada em 85°. A correção da força da gravidade exercida no braço de força do dinamômetro foi realizada através da mensuração da força exercida pelo próprio braço e pela perna do indivíduo avaliado. Essa mensuração foi realizada sempre a 30 ° de extensão, como forma de padronização. Todas as análises e correções foram realizadas com o software Biodex Advantage (Biodex Medical, Inc., Shirley NY, USA).

Durante o intervalo de recuperação, o cinto fixado no joelho era afrouxado para permitir a circulação adequada nos membros inferiores. Os sujeitos foram instruídos a flexionar e estender completamente a articulação do joelho e trabalhar com intensidade máxima durante todas as repetições. Forte incentivo verbal e feedback visual através do monitor do computador com dinamômetro foram fornecidos durante o teste para encorajar os participantes a atingir o nível máximo de esforço. Todos os testes foram realizados pelo mesmo investigador.

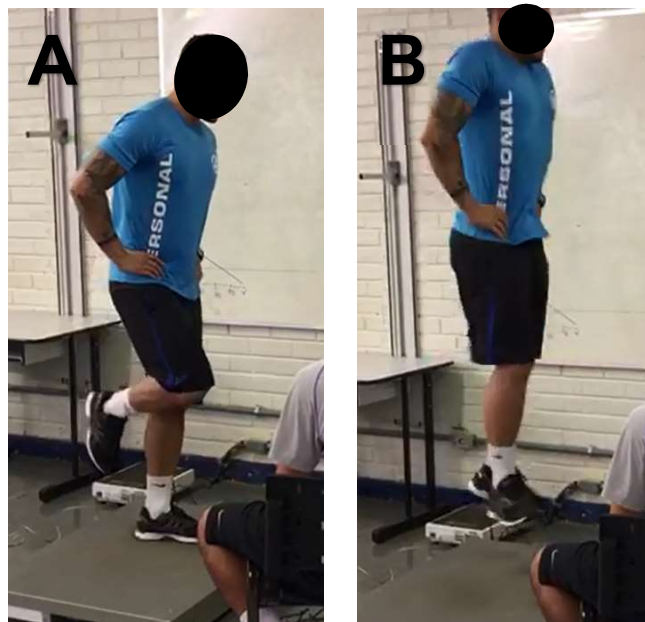


**Figura 4.** Dinamômetro Isocinético Biodex System IV.

### 3.6. Salto com contramovimento

Foram realizados saltos unilaterais com contramovimento para avaliar a capacidade de produzir força explosiva. Cada bateria de testes consistiu de 3 tentativas para cada perna. O voluntário posicionou-se na plataforma e retirou o pé oposto da perna a ser testada. Não foi permitido nenhum movimento da perna oposta antes do salto para não influenciar o desempenho. A tentativa de salto era desconsiderada caso o avaliador suspeitasse de qualquer contribuição da perna inativa. Para eliminar a contribuição dos braços, os voluntários foram orientados a permanecer com mãos apoiadas na região da cintura. Os indivíduos foram orientados a saltar verticalmente o mais alto possível. Forte incentivo verbal foi fornecido durante o teste para ajudar a garantir o melhor desempenho. Foi adotado um intervalo de recuperação de 1 minuto entre cada tentativa (Markovic et al., 2004).

Os dados de altura dos saltos foram coletados utilizando-se uma plataforma de força (Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA), via software AccuPower versão 2.0 (Massachusetts, USA), a uma frequência de 1.000 Hz. A melhor tentativa foi utilizada para análise dos dados.

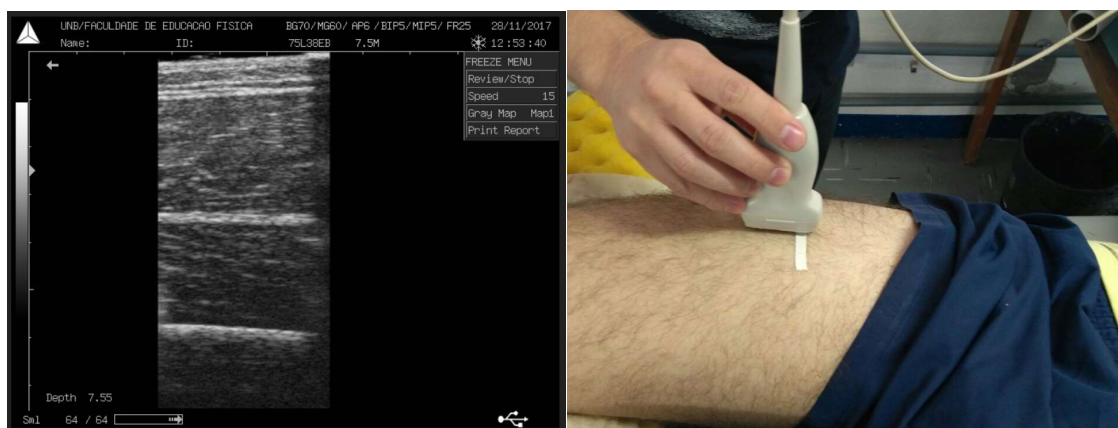


**Figura 5.** Salto com contramovimento (A – posição inicial; B – posição final)

### 3.7. Ultrassonografia

Os dados de ultrassonografia foram utilizados para avaliar o edema muscular nos dias de recuperação após a protocolo experimental, por meio do aparelho de ultrassonografia B-Mode (Philips-VMI, Ultra Vision Flip, model BF; Lagoa Santa, MG, Brazil). Um transdutor de 7,5 MHz foi colocado sobre a pele perpendicularmente ao tecido avaliado, com um gel condutor hidrossolúvel, promovendo a redução dos efeitos de interferência da superfície dérmica. Uma fita adesiva anecóica foi afixada no local de medição, a qual forneceu uma sombra vertical de referência na imagem. O fio do transdutor foi posicionado perpendicularmente a base e sustentado a 30 cm da mesma. Desta forma, nenhuma força de compressão adicional foi realizada no tecido, evitando alterações de forma.

As imagens do reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) foram coletadas em dois pontos padronizados na perna direita. O RF foi analisado a 50% da distância entre a espinha ilíaca anterossuperior e a borda superior da patela (Blazevich et al., 2006) . O VL foi analisado a 50% da distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral. (Lixandrão et al., 2014) Todas as imagens coletadas com o ultrassom foram analisadas através do software Image--J (versão 1.49, National Institute of Health, Washington, D.C., EUA). Os voluntários permaneceram em repouso por cinco minutos antes das coletas. As medidas foram realizadas em ambos os lados com os sujeitos posicionados em decúbito dorsal. As imagens de ultrassom foram analisadas através do software Image-J software (version 1.49, National Institute of Health, Washington, D.C., EUA). Para a análise estatística foi utilizada a média de três medidas aferidas da EM de cada músculo.



**Figura 6.** Imagem obtida por ultrassonografia.



### 3.8. Avaliação da Dor Muscular de Início Tardio

A dor muscular tardia foi avaliada por palpação dos ventres da musculatura do reto femoral e vasto lateral. O avaliador aplicou uma pressão constante com a ponta dos dedos III e IV por aproximadamente 3 segundos (Uchida et al., 2009). A palpação foi realizada sempre pelo mesmo avaliador. A classificação da dor se deu por meio de uma escala análoga-visual (Figura 7). Nessa escala “0” representa “nenhuma dor” e “10” representa “dor extrema”. Quando perguntados, os sujeitos indicaram qual nível de dor muscular percebido para cada músculo avaliado.

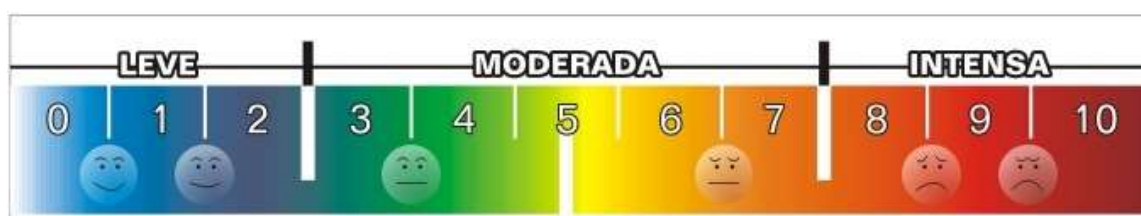


Figura 7: Escala visual analógica para avaliação da dor muscular tardia.

### 3.9. Sessão de treinamento

Os voluntários participaram de duas situações experimentais de exercícios resistidos envolvendo exercício uniarticular (cadeira extensora) para uma perna e multiarticular (leg press) para a outra perna. O intervalo de recuperação foi de dois minutos entre séries para cada exercício e, 10 minutos entre exercícios. Cada voluntário executou o protocolo experimental de TF composto por oito séries de 10 repetições com 90% da carga de 10 RM. Para evitar uma queda muito acentuada do número de repetições, após a quarta série a carga utilizada foi de 80% da carga de 10 RM. Os voluntários foram estimulados verbalmente para atingir a falha muscular concêntrica em cada série.

### 3.10. Análises estatísticas

Os dados foram analisados utilizando o *software* SPSS (version 21.0; SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Primeiramente os dados foram tratados e foi realizada análise estatística descritiva destes através da média e desvio padrão (DP) das

variáveis. Foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Assim, foi realizado a ANOVA fatorial mista 2 x 6 [exercício (cadeira extensora e leg press) x tempo (PRÉ, PÓS, 24h, 48h, 72h e 96h)] e o *post hoc Bonferroni*. Quando a ANOVA 2 x 6 encontrou um efeito principal significativo nas comparações dentro dos exercícios foi realizado uma ANOVA one-way de medidas repetidas 1 x 6, para cada exercício, para encontrar as diferenças significativas ao longo do tempo. O nível de significância estatística adotado foi de  $p < 0,05$ .

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Participantes

O cálculo da amostra foi realizado a partir do software G\*Power (version 3.1.2; University of Trier, Trier, Germany), considerando o erro tipo um ( $\alpha=0,05$ ) e um erro tipo dois ( $\beta=0,8$ ) de maneira a detectar efeito moderado ( $f^2>0,5$ ). Os cálculos indicaram uma amostra de 10 sujeitos.

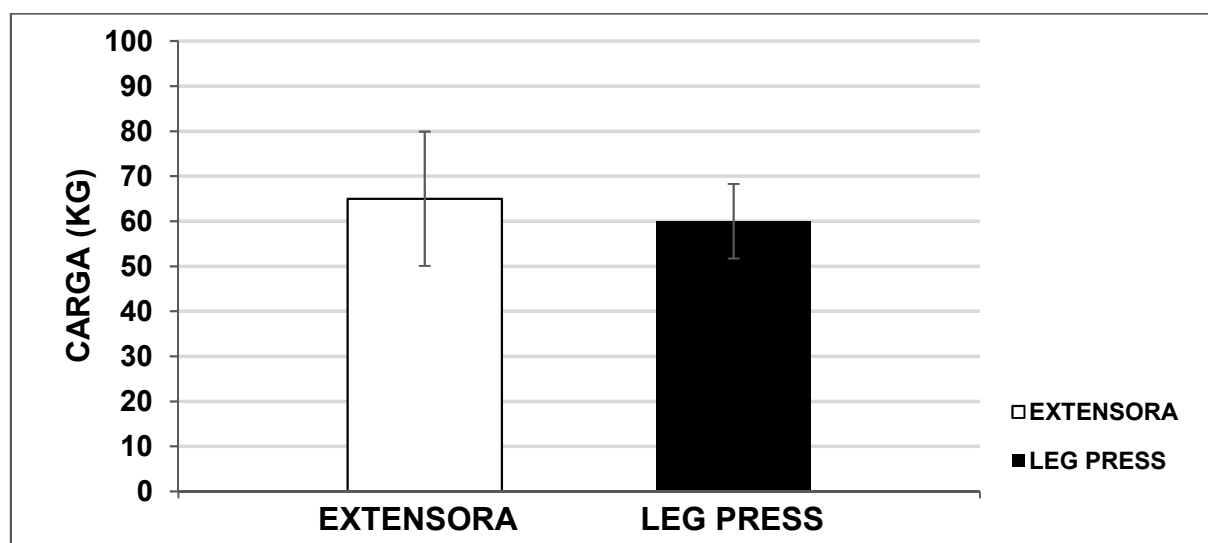
Doze voluntários foram recrutados para compor a amostra do estudo. Os dados estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características antropométricas e nível de treinamento dos participantes.

CARACTERÍSTICAS (N = 12)	MÉDIA / DP
Idade (anos)	22,83 $\pm$ 3,56
Estatura (cm)	175,37 $\pm$ 8,62
Massa Corporal (kg)	79,08 $\pm$ 9,68
Experiência com TF (anos)	1,90 $\pm$ 1,68

### 4.2. Teste de 10 RM

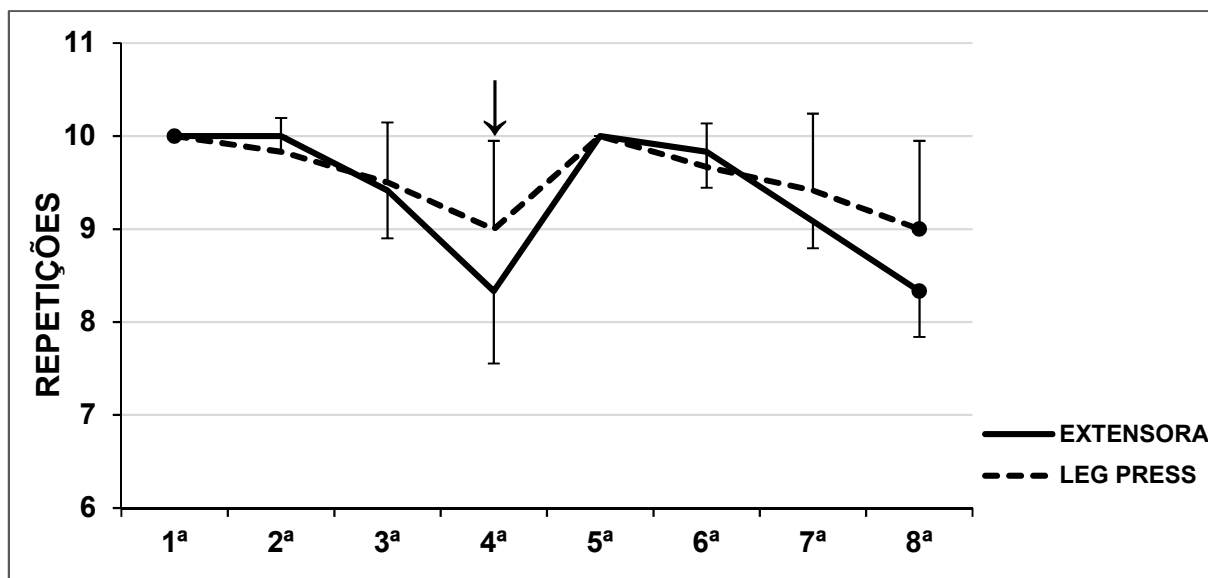
Abaixo segue uma figura ilustrando o resultado dos testes de 10 RM para os dois exercícios. O *Intraclass Correlation Coefficient* (ICC) na análise de teste e re-teste de 10 RM foi de 0,99 para o exercício cadeira extensora e 0,95 para o leg press como ilustrado na Figura 8. Os resultados não indicaram diferença significativa entre os exercícios cadeira extensora e leg press ( $p=0,482$ ).



**Figura 8.** Demonstra as médias  $\pm$  DP das cargas, em kg, correspondentes aos testes 10 RM de cada exercício.

### 4.3. Desempenho na sessão de treino

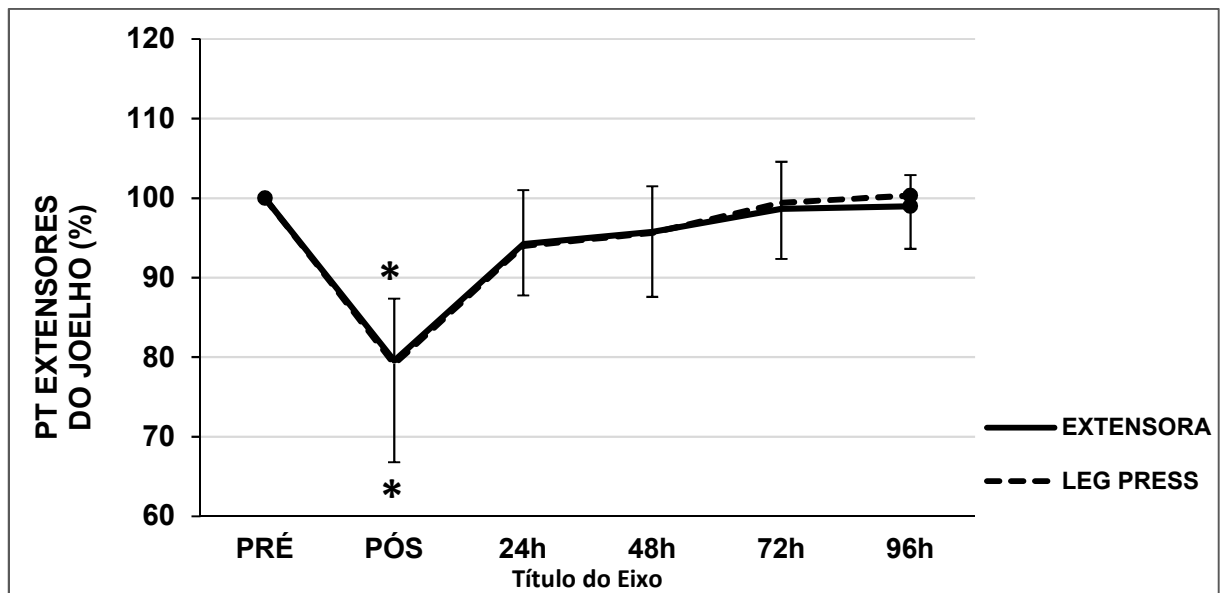
O desempenho do número de repetições ao longo das oito séries foi estatisticamente semelhante ( $p=0,874$ ) entre os exercícios cadeira extensora e leg press, como ilustrado na Figura 9. Para evitar uma queda muito acentuada do número de repetições, após a quarta série a carga utilizada foi de 80% da carga de 10 RM.



**Figura 9.** Nesta figura estão representadas as médias  $\pm$  DP correspondentes ao número de repetições realizadas em todas as séries durante o treino para todos os exercícios.

#### 4.4. Pico de torque dos extensores do joelho

Os exercícios estudados obtiveram valores de pico de torque (PT) estatisticamente semelhantes ( $p=0,932$ ). Imediatamente após o treino, no momento PÓS, em ambos os exercícios, os valores de PT para os extensores do joelho declinaram significativamente em relação aos valores iniciais (PRÉ) ( $p<0,001$ ). Entretanto, ao longo da recuperação (24h, 48h, 72h e 96h) não foram encontradas diferenças em relação ao momento PRÉ ( $p>0,05$ ). A Figura 10 e a Tabela 2 contêm os dados referentes ao PT na extensão de joelho.



**Figura 10.** Médias  $\pm$  DP do pico de torque (PT) normalizado a 60°/s dos extensores do joelho, antes (PRÉ), imediatamente após (PÓS), e 24-96h após a sessão de treino. (\*)  $p<0.05$ , queda em relação ao momento PRÉ.

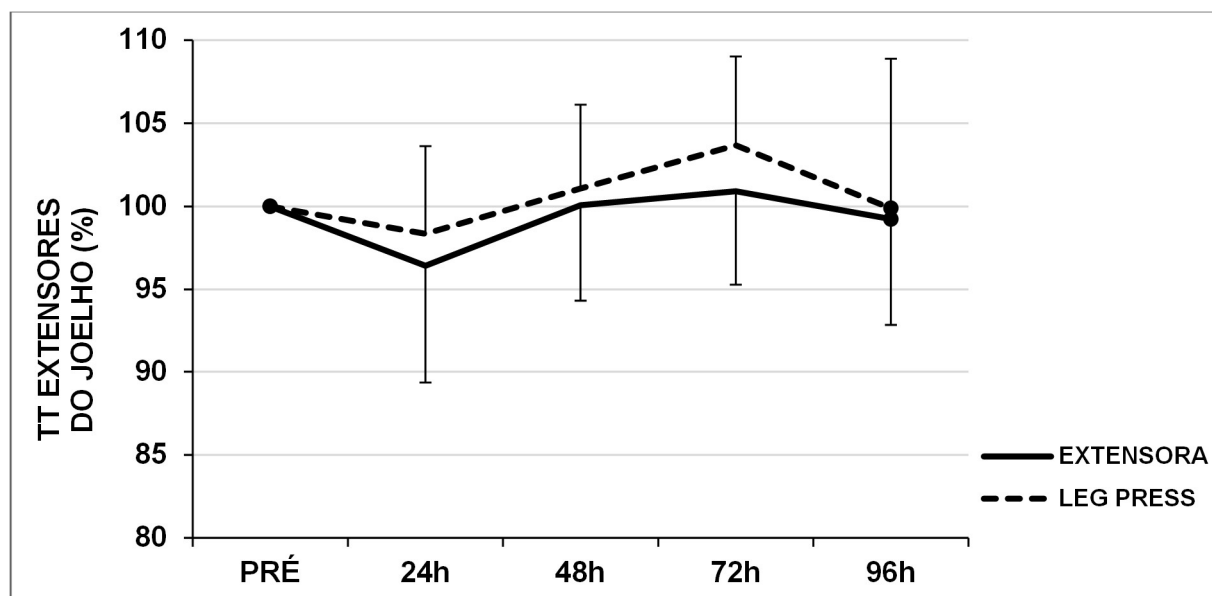
**Tabela 2.** Médias  $\pm$  DP do PT a 60°/s dos extensores do joelho, de todos os exercícios em todos os momentos avaliados após a sessão de treino.

PT EXTENSÃO DO JOELHO (N.m)						
EXERCÍCIO	PRÉ	PÓS	24h	48h	72h	96h
EXTENSORA	249,63	195,27*	232,93	235,64	241,79	246,94
	$\pm$ 29,17	$\pm$ 29,53	$\pm$ 30,29	$\pm$ 31,17	$\pm$ 29,61	$\pm$ 24,03
LEG PRESS	248,62	196,10*	233,20	237,23	247,00	249,58
	$\pm$ 39,96	$\pm$ 41,06	$\pm$ 39,25	$\pm$ 42,01	$\pm$ 44,16	$\pm$ 44,92

(\*)  $p<0,05$ , em relação à PRÉ;

#### 4.5. Trabalho Total dos extensores do joelho

Os resultados mostraram que a produção de trabalho total (TT) retornou aos valores basais com 24h ( $p=0,653$ ). Não foram observadas diferenças significantes entre os exercícios para TT ( $p>0,05$ ). A Figura 11 e a Tabela 3 contêm os dados referentes ao TT na extensão do joelho.



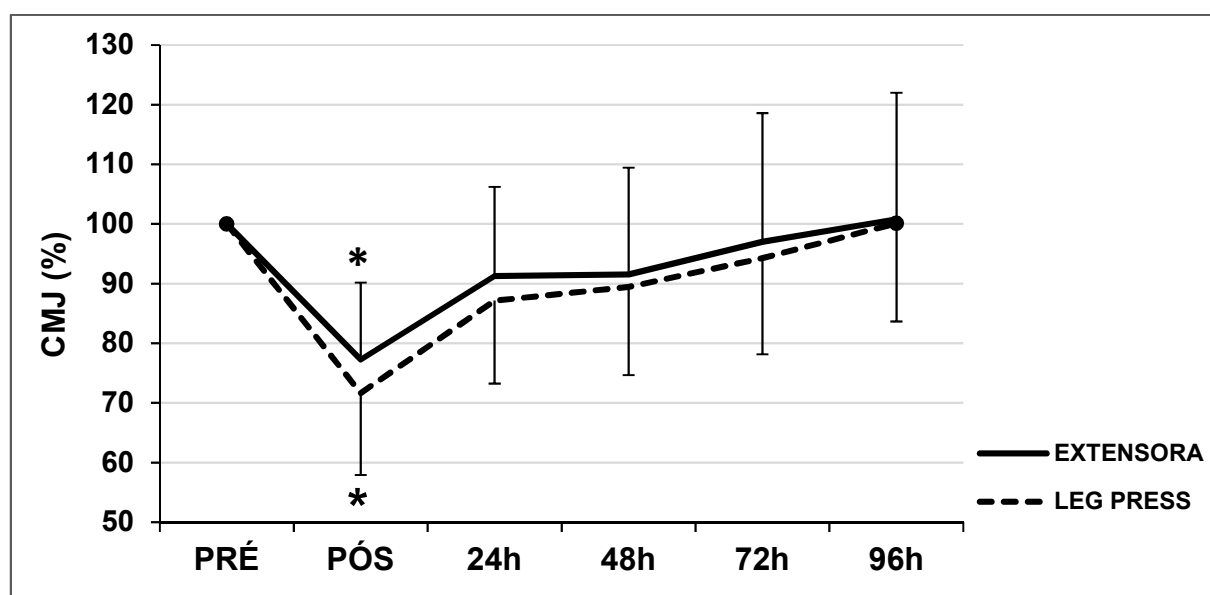
**Figura 11.** Médias  $\pm$  DP do TT normalizado, produzido na série a  $120^\circ/s$ , dos extensores de joelho, de todos os exercícios em todos os momentos avaliados após a sessão de treino.

**Tabela 3.** Médias  $\pm$  DP do TT, produzido na série a  $120^\circ/s$ , dos extensores de joelho, de todos os grupos em todos os momentos avaliados após a sessão de treino.

TT EXTENSORES DO JOELHO (J)					
EXERCÍCIO	PRÉ	24h	48h	72h	96h
<b>EXTENSORA</b>	4392,38 $\pm$ 733,70	4241,75 $\pm$ 799,33	4386,14 $\pm$ 712,34	4420,20 $\pm$ 681,04	4358,23 $\pm$ 755,53
<b>LEG PRESS</b>	4349,45 $\pm$ 845,94	4269,78 $\pm$ 798,98	4389,91 $\pm$ 826,38	4509,83 $\pm$ 894,74	4336,28 $\pm$ 847,95

#### 4.6. Salto com contramovimento

Os exercícios estudados obtiveram valores de salto com contramovimento (CMJ) estatisticamente semelhantes ( $p=0,562$ ). Imediatamente após o treino, no momento PÓS, em ambos os exercícios, os valores de CMJ declinaram significativamente em relação aos valores iniciais (PRÉ) ( $p<0,05$ ). Entretanto, ao longo da recuperação (24h, 48h, 72h e 96h) não foram encontradas diferenças em relação ao momento PRÉ ( $p>0,05$ ). A Figura 12 e a Tabela 5 contêm os dados referentes ao PT na extensão de joelho.



**Figura 12.** Médias  $\pm$  DP do salto com contramovimento (CMJ) normalizado, antes (PRÉ), imediatamente após (PÓS), e 24-96h após a sessão de treino. (\*)  $p<0,05$ , queda em relação ao momento PRÉ.;

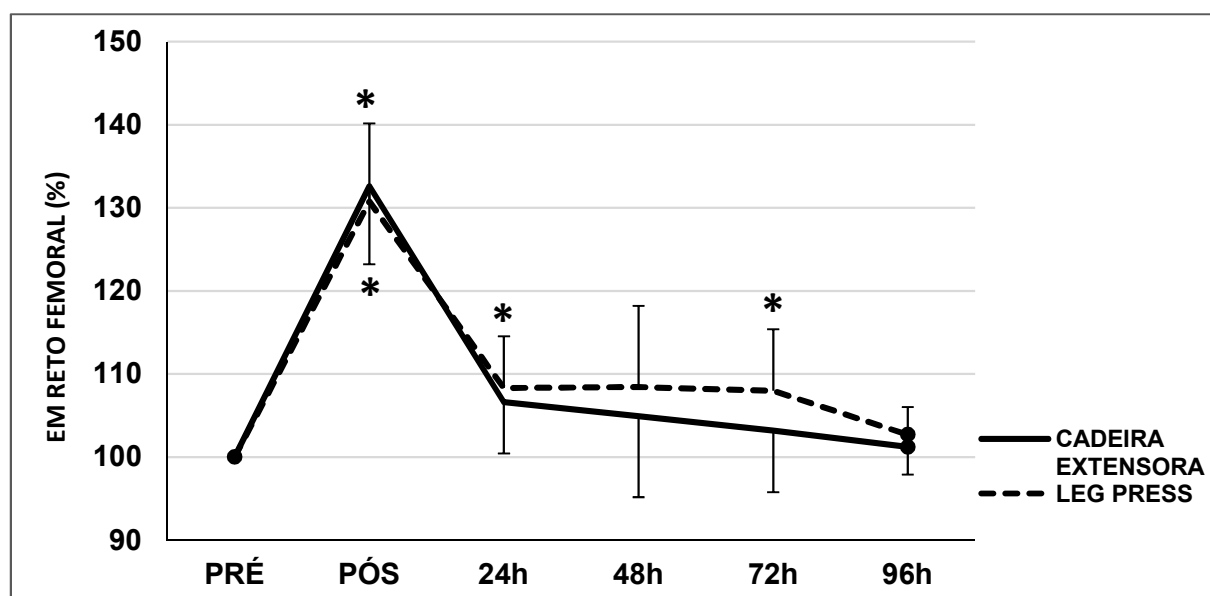
**Tabela 4.** Médias  $\pm$  DP do CMJ, de todos os exercícios em todos os momentos avaliados após a sessão de treino.

SALTO COM CONTRAMOVIMENTO (cm)						
EXERCÍCIO	PRÉ	PÓS	24h	48h	72h	96h
EXTENSORA	11,11	8,55 *	9,95	9,97	10,48	10,82
	$\pm$ 3,22	$\pm$ 2,94	$\pm$ 2,70	$\pm$ 2,93	$\pm$ 2,88	$\pm$ 2,40
LEG PRESS	11,35	7,96 *	9,80	9,95	10,65	11,07
	$\pm$ 3,89	$\pm$ 2,65	$\pm$ 3,43	$\pm$ 2,97	$\pm$ 3,93	$\pm$ 3,26

(\*)  $p<0,05$ , em relação à PRÉ;

#### 4.7. Espessura muscular no reto femoral

Os exercícios estudados obtiveram valores estatisticamente semelhantes para a EM do RF. Foi observado um aumento significativo da EM do RF imediatamente após o treino (PÓS), no exercício cadeira extensora. No exercício leg press, o valor de EM levou mais tempo para voltar aos valores basais (PRÉ). Os momentos PÓS, 24h e 72h ( $p < 0,05$ ) foram maiores em relação ao PRÉ. A Figura 13 e a Tabela 5 contêm os dados referentes a EM do RF.



**Figura 13.** Mudanças na espessura muscular (EM) do músculo reto femoral (RF) normalizado, antes (PRÉ), imediatamente após (PÓS), e 24-96h após a sessão de treino. Os dados estão expressos em média  $\pm$  DP. (\*)  $p < 0,05$  aumento em relação a PRÉ.

**Tabela 5.** Mudanças na EM do RF de todos os exercícios, nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média  $\pm$  DP.

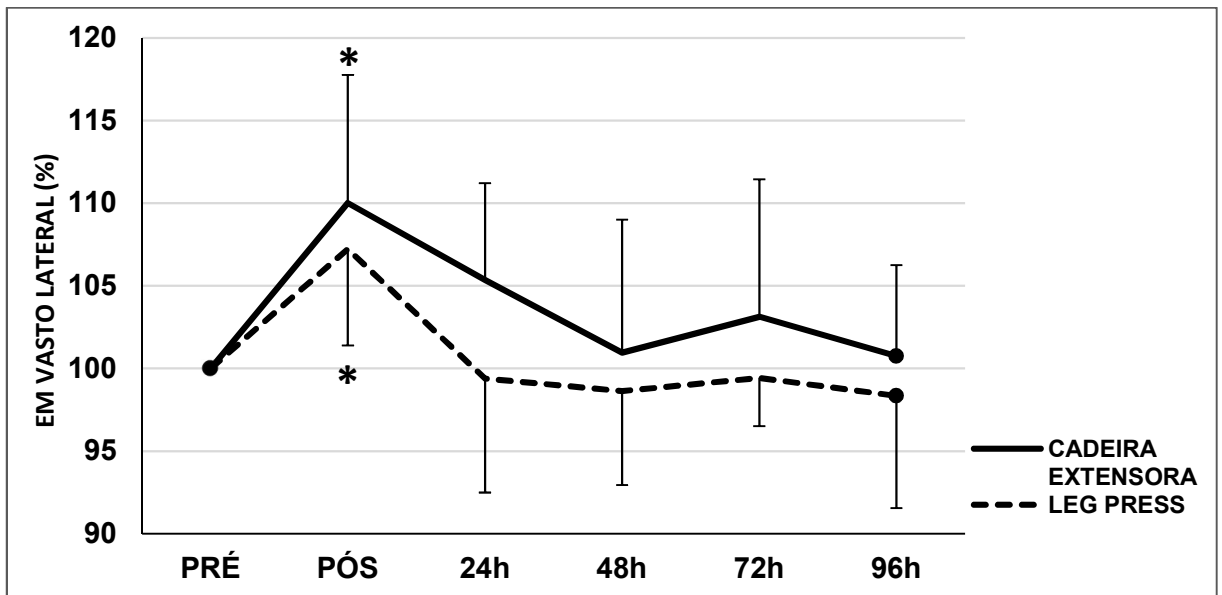
EXERCÍCIO	EM RETO FEMORAL (mm)					
	PRÉ	PÓS	24h	48h	72h	96h
EXTENSORA	49,02	64,74 *	52,33	51,50	50,70	49,65
	+ 4,53	+ 4,39	+ 6,10	+ 6,87	+ 6,45	+ 5,25
LEG PRESS	49,16	64,17 *	53,30 *	53,17	52,78 *	50,46
	+ 5,29	+ 6,77	+ 6,94	+ 5,89	+ 3,64	+ 5,80

(\*)  $p < 0,05$ , em relação à PRÉ;



#### 4.8. Espessura muscular no vasto lateral

Foi verificado um efeito principal significante para a EM do VL, na comparação com PRÉ, mas não na interação exercício x tempo. Não foram encontradas diferenças entre os exercícios em nenhum momento para essa variável ( $p > 0,05$ ). Foi observado apenas um aumento significativo da EM do VL imediatamente após o treino (PÓS), em ambos os exercícios. A Figura 14 e a Tabela 6 contêm os dados referentes a EM do VL.



**Figura 14.** Mudanças na espessura muscular (EM) do músculo vasto lateral (VL) normalizado, antes (PRÉ), imediatamente após (PÓS), e 24-96h após a sessão de treino. Os dados estão expressos em média  $\pm$  DP. (\*)  $p < 0,05$  aumento em relação a PRÉ.

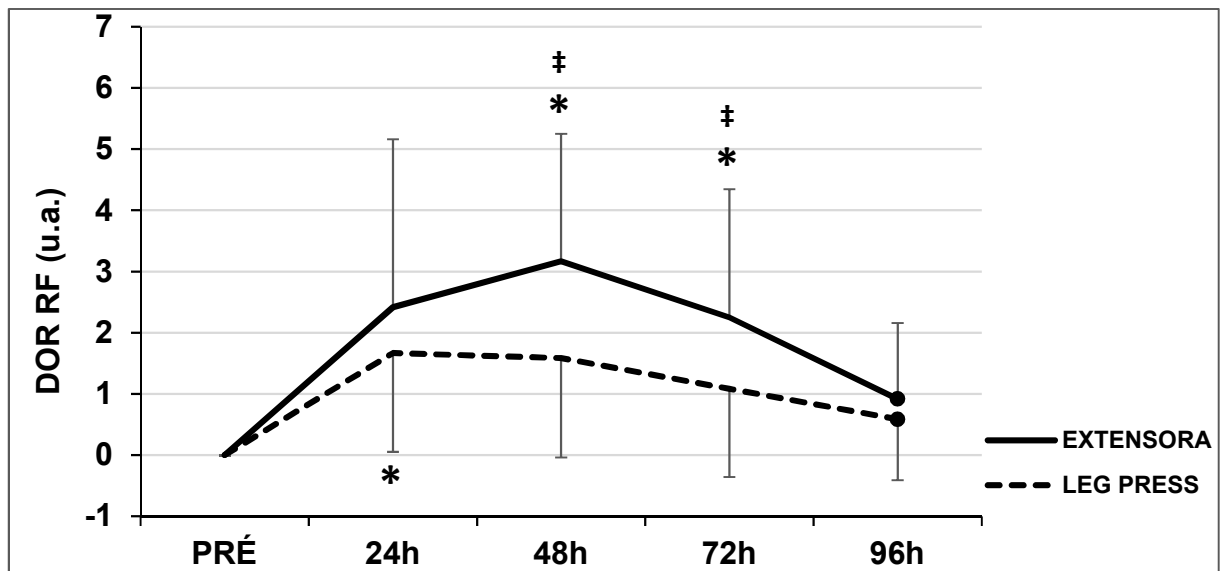
**Tabela 6.** Mudanças na EM do VL de todos os exercícios, nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média  $\pm$  DP.

EM VASTO LATERAL (mm)						
EXERCÍCIO	PRÉ	PÓS	24h	48h	72h	96h
EXTENSORA	46,66	51,05 *	49,06	46,86	47,83	46,88
	$\pm$ 6,60	$\pm$ 5,82	$\pm$ 6,48	$\pm$ 5,70	$\pm$ 5,55	$\pm$ 6,02
LEG PRESS	47,75	51,07 *	47,43	47,12	47,46	47,05
	$\pm$ 4,96	$\pm$ 4,62	$\pm$ 5,80	$\pm$ 5,88	$\pm$ 5,03	$\pm$ 6,53

(\*)  $p < 0,05$ , em relação à PRÉ;

#### 4.9. Dor muscular de início tardio no reto femoral

Na avaliação da dor muscular de início tardio (DMIT) do reto femoral (RF) foram encontradas diferenças significantes entre exercícios em relação à PRÉ nos momentos 48h e 72h ( $p < 0,05$ ). O músculo RF mostrou-se dolorido por até 72h após o treino realizado no exercício cadeira extensora. Entretanto após o exercício leg press o músculo RF demonstrou DMIT somente no momento 24h ( $p < 0,05$ ); sem diferenças para 48h, 72h e 96h ( $p > 0,05$ ). A seguir a Figura 15 e a Tabela 7 ilustram o comportamento da DMIT pós exercício nos dias de recuperação do treino para a musculatura do RF.



**Figura 15.** Dor muscular de início tardio, unidade arbitrária (u. a.), avaliada por meio de palpação do RF nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média  $\pm$  DP. (\*)  $p < 0,05$ , aumento em relação ao momento PRÉ; ‡  $p < 0,05$  diferença significativa entre os exercícios.

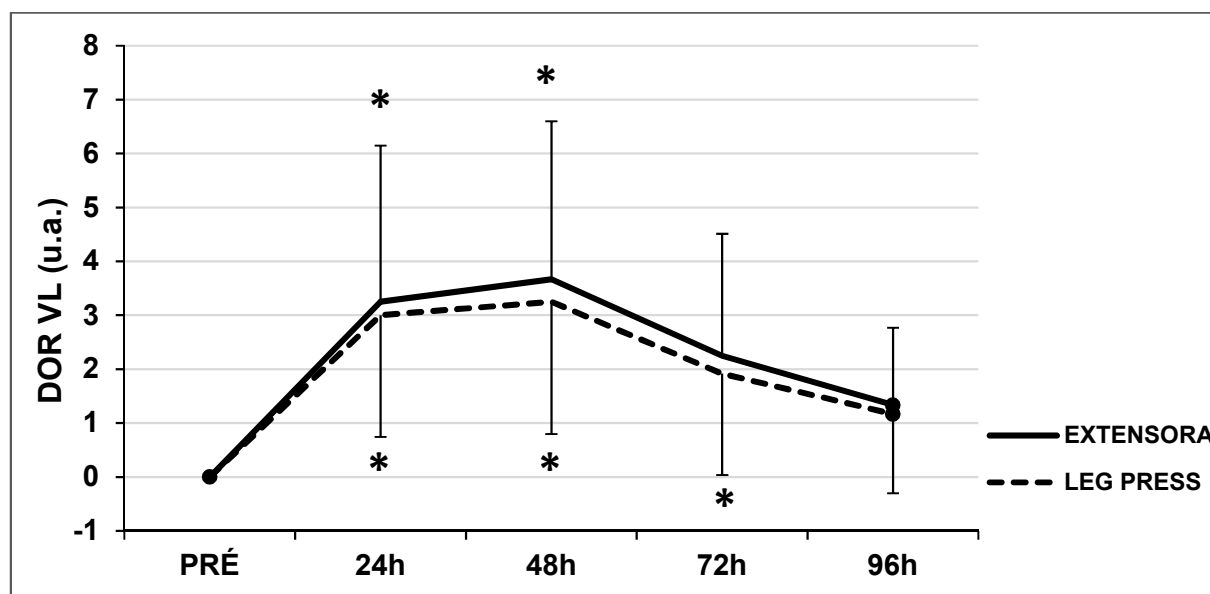
**Tabela 7.** Dor muscular de início tardio, unidade arbitrária (u. a.), avaliada por meio de palpação do RF nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média  $\pm$  DP.

		DOR RF (u.a.)				
EXERCÍCIO	PRÉ	24h	48h	72h	96h	
EXTENSORA	0	2,42	3,17 *	2,25 *	0,92	
		$\pm 2,75$	$\pm 2,08$	$\pm 2,09$	$\pm 1,24$	
LEG PRESS	0	1,67 *	1,58	1,08	0,58	
		$\pm 1,61$	$\pm 1,62$	$\pm 1,44$	$\pm 1,00$	

(\*)  $p < 0,05$ , em relação à PRÉ;

#### 4.10. Dor muscular tardia no vasto lateral

Na avaliação do músculo vasto lateral (VL) não foram verificadas diferenças entre os exercícios ( $p>0,05$ ). O músculo VL mostrou-se dolorido por até 48h após o treino no exercício cadeira extensora. Entretanto o músculo VL demonstrou dor tardia nos momentos 24h, 48h e 72h ( $p>0,05$ ) após o exercício leg press. A seguir a Figura 16 e a Tabela 8 ilustram o comportamento da dor tardia pós exercício nos dias de recuperação do treino para a musculatura do VL.



**Figura 16.** Dor muscular tardia, unidade arbitrária (u. a.), avaliada por meio de palpação do VL nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média  $\pm$  DP. (\*)  $p<0,05$ , aumento em relação ao momento PRÉ;

**Tabela 8.** Dor muscular tardia, unidade arbitrária (u. a.), avaliada por meio de palpação do VL nos dias de recuperação do treino. Os dados estão expressos em média  $\pm$  DP.

		DOR VL (u.a.)				
EXERCÍCIO	PRÉ	24h	48h	72h	96h	
EXTENSORA	0	3,25 *	3,67 *	2,25	1,33	
		$\pm$ 2,90	$\pm$ 2,93	$\pm$ 2,26	$\pm$ 1,44	
LEG PRESS	0	3,00 *	3,25 *	1,92 *	1,17	
		$\pm$ 2,26	$\pm$ 2,45	$\pm$ 1,88	$\pm$ 1,47	

(\*)  $p<0,05$ , em relação à PRÉ;

## 5. DISCUSSÃO

O principal objetivo da pesquisa foi comparar o dano muscular induzido pelo exercício (DMIE) nos extensores do joelho, gerados por uma sessão de treinamento de força (TF) característica de hipertrofia, em dois diferentes exercícios de membros inferiores, cadeira extensora e leg press, uniarticular (UA) e multiarticular (MA) respectivamente. Foram empregados como marcadores indiretos do DMIE a produção de força muscular isocinética mensurada através do pico de torque (PT); o salto com contramovimento unilateral (CMJ); a espessura muscular no ponto médio dos músculos reto femoral (RF) e vasto lateral (VL); e a dor muscular de início tardio (DMIT). Comparando-se os resultados não foram verificadas diferenças no DMIE nos músculos extensores do joelho entre os exercícios cadeira extensora (UA) e leg press (MA).

A avaliação da função muscular há muito tempo vem se mostrando um método simples e confiável na avaliação da magnitude do DMIE (Clarkson et al., 2002; Paulsen et al., 2012). Segundo a classificação proposta por Paulsen et al. (2012), a queda na produção de força máxima logo após o exercício de até 20% e com recuperação total dos valores basais acontecendo dentro de aproximadamente 48h, o DMIE pode ser considerado leve. Ainda, segundo Paulsen et al. (2012), o DMIE pode ser moderado, quando a recuperação da força se dá entre dois a sete dias; e severo, quando os indivíduos não recuperam a força em uma semana ou mais tempo.

No que diz respeito à recuperação da produção de força (i.e., 24h a 96h), na avaliação do PT dos extensores do joelho a 60°/s, não foram encontradas diferenças entre os exercícios em nenhum momento após a sessão de treino (Figura 10 e Tabela 2). Outros estudos (Prior et al., 2001; Fullford et al., 2014; Maeo et al., 2017) também avaliaram os efeitos do TF no DMIE nos extensores do joelho e suas implicações na produção de força em indivíduos destreinados. Maeo et al. (2017) conduziram um experimento cujo o objetivo também foi comparar exercícios UA e MA (cadeira extensora e agachamento no Smith, respectivamente). Os voluntários realizaram 5 séries de 10 repetições excêntricas com 90% de 1RM. O PT isométrico máximo de extensão do joelho foi avaliado nos momentos pré, 24h, 48h e 72h pós-exercício. Os autores reportaram uma queda significativa nos momentos 24h (-15,4%) e 48h (-11,6%) após a cadeira extensora (UA) e 24h (-12,7%) após o agachamento no Smith (MA). No presente estudo a queda no PT com 10 minutos após foi em média de 19,2%

no exercício cadeira extensora (UA) e 21,5% no exercício leg press (MA). Os efeitos deletérios observados no presente estudo foram semelhantes aos resultados apresentados por Maeo et al. (2017) e Fulford et al. (2015), demonstrando que ambos os exercícios (i.e. UA e MA) produziram os mesmos efeitos na produção de força.

Para além do PT, o salto com contramovimento (CMJ) tem sido utilizado para avaliar a influência do exercício no desempenho muscular dos membros inferiores (Vieira et al., 2015; Fulford et al., 2015). Quando comparados com testes de força laboratoriais, o CMJ pode ser mais específico para o esporte, requerendo mínimos recursos, e pode ser administrado mais facilmente. (Benjanuvatra et al., 2013). Na avaliação da recuperação do CMJ unilateral, não foram encontradas diferenças entre os exercícios em nenhum momento após a sessão de treino (i.e., 24h a 96h) (Figura 12 e Tabela 4). O estudo de Fulford et al. (2015) avaliou diferentes técnicas de ressonância magnética (RM) para acompanhar os efeitos do TF no DMIE em adultos jovens fisicamente ativos; e o CMJ foi utilizado como marcador do DMIE. Dezesete jovens (oito homens, nove mulheres) realizaram 10 séries de 10 repetições no exercício agachamento no smith (MA) com carga total (barra + anilhas) correspondente a 70% da massa corporal do participante. Os saltos CMJ foram coletados nos momentos pré e 24h pós-exercício. Os autores reportaram uma queda significativa para o CMJ (-21,4%) 24h pós-exercício. No presente estudo a queda no CMJ com 10 minutos após o exercício foi em média de 22,7% (cadeira extensora) e 28,4% (leg press), corroborando assim os resultados apresentados por Fulford et al. (2015).

A capacidade de realizar trabalho é outra importante variável que reflete a função muscular. O TT está intimamente ligado ao volume de treino (VT) e está diretamente relacionado às adaptações geradas pelo TF. A importância do VT e TT nas adaptações induzidas pelo TF, bem como da relação volume-intensidade, foram descritas por diversos autores (Craig & Kang, 1994; Crewther et al., 2008; Kraemer & Ratamess, 2005). Os dados de recuperação do TT não mostraram diferenças significativas entre os exercícios. O TT dos extensores do joelho retornou aos valores PRÉ após 24 h (Figura 11 e Tabela 3). Interessantemente, estudos anteriores têm reportado dissociação entre o tempo de recuperação do PT e do TT. Tal fenômeno ocorre, pois, a força muscular e a fatigabilidade tem diferentes mecanismos (Ferreira et al., 2017).

Outro marcador importante do DMIE utilizado no presente estudo foi a espessura muscular (EM) por meio da ultrassonografia dos músculos reto femoral (RF) e vasto lateral (VL). Comparando-se a EM dos músculos RF e VL não foram identificadas diferenças entre os exercícios (Figura 13 e 14; Tabela 5 e 7). Assim, parece não haver diferença aparente nas respostas metabólicas (i.e., participação muscular) entre os dois diferentes exercícios (i.e., cadeira extensora e leg press). Dado que o aumento da EM é uma resposta adaptativa ao TF (Blazevich et al., 2006), e tal inchaço correlaciona-se com a atividade contrátil dos músculos (Ferreira et al., 2017), acreditamos que os resultados da atual investigação refletem a participação muscular dos extensores do joelho nos dois diferentes exercícios de membros inferiores (i.e. cadeira extensora e leg press). Outros autores também investigaram diferenças, não nas respostas metabólicas, mas no recrutamento por meio de EMG dos músculos RF e VL nos exercícios cadeira extensora e leg press (Wilk et al., 1996; Escamilla et al., 1998; Alkner et al., 2000) e reportaram resultados similares aos apresentados acima.

Os resultados do presente estudo acerca do aumento na EM do RF após uma sessão de TF, foram semelhantes aos de outros estudos (Prior et al., 2001; Enocson et al., 2005; Ema et al., 2016). No estudo conduzido por Prior et al. (2001), os pesquisadores avaliaram os efeitos do TF no DMIE utilizando a ressonância magnética (RM) nos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM), vasto intermédio (VI) e reto femoral (RF). Quatorze homens saudáveis e fisicamente ativos realizaram seis a oito séries de cinco a dez repetições excêntricas unilaterais na cadeira extensora utilizando 90% da contração voluntária máxima (CVM). Imagens de RM dos músculos VL, VM, VI e RF foram coletados antes, imediatamente depois, e nos dias 2, 3, 4 e 6 após o protocolo de treino. As análises das imagens de RM apontaram respostas agudas (pós-pré) similares entre o VL, VM, VI e RF; sugerindo que os quatro músculos foram igualmente recrutados durante o exercício. Nos dias subsequentes os sujeitos experimentaram dor e edema aumentados sugerindo que o DMIE ocorreu. Porém o músculo bi-articular (i.e. RF) demonstrou edema significativamente maior comparando-se com os três músculos monoarticulares. Ou seja, quando a articulação do joelho é flexionada, os músculos vastos são sempre alongados, enquanto o comprimento do RF também depende do ângulo da articulação do quadril. Isso exporia o RF a um estresse menos excêntrico em uma atividade diária, tornando-o

mais responsivo quando a cadeira extensora (UA) é realizada, submetendo-o a um maior estresse excêntrico.

No que concerne ao aumento da EM do VL após uma sessão de TF que gerou DMIE, os resultados foram semelhantes aos de outros estudos (Enocson et al., 2005; Ema et al., 2016; Maeo et al., 2018). O estudo de Enocson et al. (2005) examinou a participação muscular por meio da ressonância magnética (RM) no quadríceps femoral em diferentes tipos de exercícios. Oito jovens do sexo masculino realizaram um dos dois exercícios a seguir: cadeira extensora e leg press, uniarticular (UA) e multiarticular (MA) respectivamente. O protocolo de treino consistiu de 5 séries de 8-12 repetições com 50, 75 e 100% da carga utilizada em 5 séries de 10 RM. As imagens de RM foram coletadas nos momentos pré e pós-exercício, para o reto femoral (RF), vasto intermédio (VI), vasto lateral (VL) e vasto medial (VM). As análises das imagens de RM mostraram aumento significativo entre os momentos pré e pós-exercício após todos os exercícios, com heterogeneidades dentro dos músculos encontrados em cada exercício. As alterações nas imagens de RM mostraram que músculos RF, VI e VM foram significativamente mais recrutados no exercício extensora. Porém, os resultados apontaram semelhança no recrutamento do músculo VL entre os dois modelos de exercícios, corroborando os resultados do presente estudo.

Os resultados do presente estudo acerca do recrutamento do VL após uma sessão de TF, estão em contraste com outros estudos (Signorile et al., 1994; Ploutz-Snyder et al., 1995; Fulford et al., 2015; Korak et al., 2018). O estudo conduzido por Signorile et al. (1994) comparou a atividade EMG dos músculos vasto lateral (VL) e vasto medial (VM) em diferentes tipos de exercícios. Participaram da pesquisa 10 atletas de futebol americano que realizaram 10 RM em cada um dos 2 exercícios a seguir: UA (cadeira extensora) ou MA (agachamento com a barra livre). O experimento foi realizado em duas sessões separadas por uma semana. Os voluntários tiveram 15 min de intervalo entre os exercícios e a ordem foi invertida entre as sessões. Os resultados não mostraram diferenças entre a ordem dos exercícios, porém diferenças significantes foram encontradas entre os exercícios. A atividade EMG dos músculos VL e VM foram maiores durante o exercício MA.

Adicionalmente Ploutz-Snyder et al., 1995 e Fulford et al., 2015 encontraram resultados semelhantes para o recrutamento do músculo VL utilizando imagens de ressonância magnética (RM) após um protocolo de TF. O estudo de Ploutz-Snyder et

al. (1995) se propôs a investigar as mudanças na área de secção transversa dos músculos reto femoral (RF), vasto medial (VM), vasto lateral (VL) e vasto intermédio (VI) após a realização de uma sessão de TF em indivíduos treinados. Oito participantes saudáveis, fisicamente ativos, realizaram uma sessão de treino utilizando exercício MA (agachamento com a barra livre) com 6 séries de 10 repetições máximas, com 2 minutos de intervalo entre as séries. As imagens de RM foram coletadas imediatamente antes e após o exercício. As análises das imagens de RM demonstraram participação significativamente maior do músculo VL.

Na mesma linha, com o objetivo de avaliar os efeitos do TF no DMIE dos músculos do quadríceps em homens adultos jovens com experiência em TF, Fulford et al. (2015) conduziram o seguinte experimento: 17 participantes saudáveis, fisicamente ativos, realizaram uma sessão de treino utilizando exercício MA (agachamento com a barra livre) com 10 séries de 10 repetições (somente ações excêntricas) com carga equivalente a 70% da massa corporal total. As imagens de RM foram coletadas imediatamente antes e 24h após o exercício. As análises das imagens de RM demonstraram recrutamento significativamente maior do músculo VL.

Os resultados do presente estudo acerca das diferenças na EM entre os músculos RF e VL poderiam estar relacionadas com aspectos da arquitetura muscular. Alterações na arquitetura muscular induzidas pelo TF dos extensores do joelho acarretariam diferentes respostas adaptativas dos músculos extensores sinergistas do joelho com diferentes desenhos geométricos (Baroni et al., 2013). No estudo conduzido por Baroni et al., (2013), os investigadores compararam a arquitetura muscular dos músculos RF e VL ao longo de 12 semanas de um programa de treinamento excêntrico realizado no exercício cadeira extensora. Imagens ultrassonográficas foram obtidas para o RF e VL de 20 voluntários masculinos antes e após um período de controle sem treinamento de 4 semanas, e avaliações adicionais foram realizadas após 4, 8 e 12 semanas de treinamento excêntrico isocinético. Os resultados mostraram mudanças significativas na arquitetura muscular no RF e VL dentro das primeiras 4 semanas de treinamento, e a resposta adaptativa ao longo da intervenção foi similar. A espessura muscular aumentou cerca de 7-10%, o comprimento do fascículo aumentou 17-19% e o ângulo de penação não foi alterado. Embora a RF e a VL tenham uma geometria fascicular diferente, elas tiveram adaptações morfológicas semelhantes ao treinamento excêntrico. Assim, sugere-se



que os diferentes resultados acerca da EM do presente estudo não estão relacionados a diferenças na arquitetura muscular entre os músculos RF e VL.

Os resultados do presente estudo acerca da avaliação da percepção de dor nos músculos reto femoral (RF) e vasto lateral (VL) foram semelhantes aos de outros estudos (Takahashi et al., 1994; Prior et al., 2001; Fulford et al., 2015; Maeo et al., 2018). Todavia, ao analisar as diferenças na percepção de DMIT no RF, entre os dois modelos de exercício, nos deparamos com resultados interessantes. Embora não tenham sido observadas diferenças significantes entre os grupos para as avaliações de DMIT no VL (Figura 16 e Tabela 8), foram notadas diferenças entre os grupos para a DMIT no RF (Figura 15 e Tabela 7). Os dados mostraram que após todos os exercícios o músculo VL apresentou-se dolorido por até 72 h posteriormente ao treino. Por outro lado, nas avaliações do RF, o exercício cadeira extensora demonstrou DMIT significativamente superior ao ao exercício leg press nos momentos 48h e 72h, bem como os valores de DMIT levaram mais tempo para retornar aos valores basais.

Em comparação com outros estudos que também avaliaram os efeitos do TF no DMIE nos extensores do joelho utilizando a dor muscular de início tardio (DMIT), em indivíduos destreinados, os efeitos deletérios observados no presente estudo foram semelhantes (Takahashi et al., 1994; Arazi & Asadi, 2017; Maeo et al., 2017). Com o objetivo de examinar os efeitos da intensidade do leg press (LP) nos sintomas do DMIE em homens adultos jovens destreinados em TF, Arazi & Asadi (2017) conduziram o seguinte experimento: 28 jovens do sexo masculino realizaram uma das três intensidades a seguir: 60% de uma repetição máxima (1RM), 80% de 1RM, 100% de 1RM e um grupo controle. Os participantes realizaram 4 séries no exercício LP com o máximo número de repetições até a exaustão voluntária. Os marcadores do DMIE foram: DMIT, a concentração de creatina kinase (CK) e CRP. Os mesmos foram avaliados nos momentos pré, 24h, 48h e 72h pós-exercício. Os autores reportaram sintomas de DMIT até 72h após todos os exercícios corroborando os achados do presente estudo.

Assim, no que concerne ao DMIE, os resultados do presente estudo devem ser vistos com cautela. As implicações do DMIE nos ganhos de força e massa muscular não estão totalmente esclarecidas (Flann et al. 2011; Schoenfeld, 2012; Damas et al., 2017). Segundo Flann et al. (2011) o processo de hipertrofia pode ser iniciado independentemente de qualquer dano discernível ao músculo. Tal afirmação foi

corroborada por Damas et al. (2017). Em artigo de revisão Damas et al. (2017) afirmam que o DMIE não é o processo que media ou potencializa a hipertrofia muscular induzida pela TF. Contrariamente, segundo Schoenfeld (2018) o papel do DMIE não pode ser totalmente descartado pois este pode maximizar efeitos hipertróficos ao longo do tempo. Somado a isso, é possível que os efeitos agudos decorrentes do declínio na força após o treino não sejam extrapolados como resultados rígidos em longo prazo.

## **6. CONCLUSÃO**

Os resultados do presente mostraram que a magnitude e a recuperação do DMIE dos músculos extensores do joelho foram semelhantes após os exercícios leg press e cadeira extensora. Ficou claro que os diferentes marcadores indiretos do DMIE retornam aos valores basais de forma similar. Foi visto também que a recuperação na capacidade de produzir força não está relacionada temporalmente com a recuperação da percepção subjetiva de dor em indivíduos destreinados. Em síntese, o protocolo de treino adotado pelo presente estudo induziu dano muscular considerado leve (Paulsen et al., 2012) nos músculos extensores do joelho de indivíduos destreinados em ambos os exercícios. As principais limitações do estudo encontram-se nas diferenças interindividuais e a falta de equipamentos sensíveis para verificar com precisão a dor muscular de início tardio dos extensores do joelho ao longo da recuperação.

Por fim, os resultados do presente estudo contribuem, em termos práticos, para mostrar que o tipo de exercício escolhido influencia a capacidade de recuperação dos músculos e que técnicos e preparadores físicos, no momento da prescrição do treino devem dar atenção especial à capacidade do exercício induzir dano muscular. Estudos crônicos também seriam de grande valia para investigar se essas alterações agudas geram diferentes respostas de adaptação.

## 7. REFERÊNCIAS

- Alkner, B., Tesch, P. A., & Berg, H. (2000). Quadriceps EMG/force relationship in knee extension and leg press. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(2), 459. <https://doi.org/10.1097/00005768-2000022000-00030>
- American College of Sports Medicine. (2009). Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Arazi, H. (2017). Effects of leg press exercise intensity on symptoms of muscle damage and soreness in men, (July).
- Baroni, B. M., Geremia, J. M., Rodrigues, R., De Azevedo Franke, R., Karamanidis, K., & Vaz, M. A. (2013). Muscle architecture adaptations to knee extensor eccentric training: Rectus femoris vs. vastus lateralis. *Muscle and Nerve*, 48(4), 498–506. <https://doi.org/10.1002/mus.23785>
- Benjanuvattra, N., Lay, B. S., Alderson, J. A., & Blanksby, B. A. (2013). Comparison of ground reaction force asymmetry in one- and two-legged countermovement jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2700–2707. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318280d28e>
- Blazevich, A. J., Gill, N. D., & Zhou, S. (2006). Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. *Journal of Anatomy*, 209(3), 289–310. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00619.x>
- Brentano, M. A., & Martins Krueel, L. F. (2011). A review on strength exercise-induced muscle damage: Applications, adaptation mechanisms and limitations. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 1–10. <https://doi.org/R40113061> [pii]
- Burd, N. A., Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., & Phillips, S. M. (2012). Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic responses after resistance exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37(3), 551–554. <https://doi.org/10.1139/h2012-022>
- Campos, Y. D. A. C., & Da Silva, S. F. (2014). Comparison of electromyographic activity during the bench press and barbell pullover exercises. *Motriz. Revista de Educacao Fisica*, 20(2), 200–205. <https://doi.org/10.1590/S1980-65742014000200010>

- Chilibeck, P. D., Calder, a W., Sale, D. G., & Webber, C. E. (1998). A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77, 170–175. <https://doi.org/10.1007/s004210050316>
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*, 81(11 Suppl), S52–S69. <https://doi.org/10.1097/01.PHM.0000029772.45258.43>
- Clarkson, P. M., Nosaka, K., & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med.Sci.Sports Exerc.* [https://doi.org/0195-9131/92/2405-0512\\$3.00/0](https://doi.org/0195-9131/92/2405-0512$3.00/0)
- Correia, A. L. M., de Lima, F. D., Bottaro, M., Vieira, A., da Fonseca, A. C., & Lima, R. M. (2018). Pre-exercise  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate free-acid supplementation improves work capacity recovery: a randomized, double-blinded, placebo-controlled study. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 1–27. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0867>
- Craig, B. W., & Kang, H. Y. (1994). Growth hormone release following single versus multiple sets of back squats: Total work versus power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(4), 270–275. <https://doi.org/10.1519/00124278-199411000-00013>
- Crewther, B. T., Cronin, J., & Keogh, J. W. L. (2008). The contribution of volume, technique, and load to single-repetition and total-repetition kinematics and kinetics in response to three loading schemes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1908–1915. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181839f61>
- Da Silva, E. M., Brentano, M. A., Cadore, E. L., De Almeida, P. V., & Krueel, L. F. M. (2008). Analysis of muscle activation during different leg press exercises at submaximum effort levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1059–1065. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181739445>
- Da Silva, R. A., Larivière, C., Arsenault, A. B., Nadeau, S., & Plamondon, A. (2009). Pelvic stabilization and semisitting position increase the specificity of back exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(2), 435–443.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318188446a>

- Damas, F., Libardi, C. A., & Ugrinowitsch, C. (2018). The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(3), 485–500. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3792-9>
- De Azevedo Franke, R., Botton, C. E., Rodrigues, R., Pinto, R. S., & Lima, C. S. (2015). Analysis of anterior, middle and posterior deltoid activation during single and multijoint exercises. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *55*(7–8), 714–721. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5129.4169>
- de França, H. S., Branco, P. A. N., Guedes Junior, D. P., Gentil, P., Steele, J., & Teixeira, C. V. L. S. (2015). The effects of adding single-joint exercises to a multi-joint exercise resistance training program on upper body muscle strength and size in trained men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *40*(8), 822–826. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0109>
- Ema, R., Sakaguchi, M., Akagi, R., & Kawakami, Y. (2016). Unique activation of the quadriceps femoris during single- and multi-joint exercises. *European Journal of Applied Physiology*, *116*(5), 1031–1041. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3363-5>
- Enocson, A. G., Berg, H. E., Vargas, R., Jenner, G., & Tesch, P. A. (2005). Signal intensity of MR-images of thigh muscles following acute open- and closed chain kinetic knee extensor exercise - Index of muscle use. *European Journal of Applied Physiology*, *94*(4), 357–363. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1339-y>
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Zheng, N., Barrentine, S. W., Wilk, K. E., & Andrews, J. R. (1998). Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *30*(4), 556–569. <https://doi.org/10.1097/00005768-199804000-00014>
- Ferreira, D. V., Ferreira-Júnior, J. B., Soares, S. R. S., Cadore, E. L., Izquierdo, M., Brown, L. E., & Bottaro, M. (2017). Chest press exercises with different stability requirements result in similar muscle damage recovery in resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(1), 71–79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001453>
- Flores, D. F., Gentil, P., Brown, L. E., Pinto, R. S., Carregaro, R. L., & Bottar, M. (2011). Dissociated time course of recovery between genders after resistance

- exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3039–3044.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212dea4>
- Fulford, J., Eston, R. G., Rowlands, A. V., & Davies, R. C. (2015). Assessment of magnetic resonance techniques to measure muscle damage 24h after eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(1), e28–e39. <https://doi.org/10.1111/sms.12234>
- Gentil, P., Bottaro, M., Oliveira, E., Veloso, J., Amorim, N., Saiuri, A., & Wagner, D. R. (2010). Chronic Effects of Different Between-Set Rest Durations on Muscle Strength in Nonresistance Trained Young Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 37–42.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b2965c>
- Gentil, P., Rodrigo, S., Soares, S., Martorelli, S. S., & Bottaro, M. (2013). Resistance-Training Program on Strength and Hypertrophy in Untrained. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 344(May 2012), 341–344.  
<https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0176>
- Gentil, P., Soares, S., & Bottaro, M. (2015). Single vs. Multi-Joint Resistance Exercises: Effects on Muscle Strength and Hypertrophy. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6(1), 2–6. <https://doi.org/10.5812/asjasm.24057>
- Giannakopoulos, K., Beneka, A., Malliou, P., & Godolias, G. (2004). Isolated vs. complex exercise in strengthening the rotator cuff muscle group. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 144–148.  
<https://doi.org/10.1519/00124278-200402000-00021>
- Glass, S. C., & Armstrong, T. (1997). Electromyographical activity of the pectoralis muscle during incline and decline bench presses. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/00124278-199708000-00006>
- Gleeson, N., Eston, R., Marginson, V., & McHugh, M. (2003). Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. *British Journal of Sports Medicine*, 37(2), 119–125.  
<https://doi.org/10.1136/bjism.37.2.119>
- Hoeger, W. W. K., Hopkins, D. R., Barette, S. L., & Hale, D. F. (1990). Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *J Strength Cond Res*, 4(2), 47–54.

- Korak, J. A., Green, J. M., & Neal, E. K. O. (2015). Resistance Training Recovery: Considerations for Single vs. Multi-joint Movements and Upper vs. Lower Body Muscles. *International Journal of Exercise Science*, 8(1), 85–96. Retrieved from <https://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1653&context=ijes>
- Korak, J. A., Paquette, M. R., Fuller, D. K., Caputo, J. L., & Coons, J. M. (2018). Effect of a rest-pause vs . traditional squat on electromyography and lifting volume in trained women. *European Journal of Applied Physiology*, 0(0), 0. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3863-6>
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Fry, A. C., & French, D. N. (2006). Strength testing: development and evaluation of methodology in physiological assessment of human fitness. In *Physiological assessment of human fitness*.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. a. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(4), 339–361. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00004>
- Kraemer, W. J., Ratamess, N., Fry, A. C., Triplett-McBride, T., Koziris, L. P., Bauer, J. A., ... Fleck, S. J. (2000). Influence of Resistance Training Volume and Periodization on Physiological and Performance Adaptations in Collegiate Women Tennis Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5), 626–633. <https://doi.org/10.1177/03635465000280050201>
- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Bottaro, M., Chacon-Mikahil, M. P. T., Cavaglieri, C. R., Min, L. L., ... Libardi, C. A. (2014). Vastus Lateralis Muscle Cross-sectional Area Ultrasonography Validity for Image Fitting in Humans. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3293–3297. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000532>
- Maeo, S., Saito, A., Otsuka, S., Shan, X., Kanehisa, H., & Kawakami, Y. (2018). Localization of muscle damage within the quadriceps femoris induced by different types of eccentric exercises. *Scandinavian Journal of Medicine & Science In Sports*, 28(10), 95–106. <https://doi.org/10.1111/ijlh.12426>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and Factorial



- Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2)
- McCaw, S. T., & Melrose, D. R. (1999). Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(3), 428–436. <https://doi.org/10.1097/00005768-199903000-00012>
- Newton, M. J., Morgan, G. T., Sacco, P., Chapman, D. W., & Nosaka, K. (2008). Comparison of Responses to Strenuous Eccentric Exercise of the Elbow Flexors Between Resistance-Trained and Untrained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 597–607. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181660003>
- Nosaka, K., & Newton, M. (2002). Difference in the magnitude of muscle damage between maximal and submaximal eccentric loading. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(2), 202–208. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11991771>
- Nosaka, K., Sakamoto, K., Newton, M., & Sacco, P. (2001). How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(9), 1490–1495. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11528337>
- Paoli, A., Gentil, P., Moro, T., Marcolin, G., & Bianco, A. (2017). Resistance training with single vs. multi-joint exercises at equal total load volume: Effects on body composition, cardiorespiratory fitness, and muscle strength. *Frontiers in Physiology*, 8(DEC), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.011105>
- Paulsen, G., Mikkelsen, U. R., Raastad, T., & Peake, J. M. (2012). Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? *Exercise Immunology Review*, 18(May), 42–97. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ac7afa>
- Pizza, F. X., Koh, T. J., McGregor, S. J., & Brooks, S. V. (2002). Muscle inflammatory cells after passive stretches, isometric contractions, and lengthening contractions. *Journal of Applied Physiology*, 92(5), 1873–1878. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01055.2001>
- Ploutz-Snyder, L. L., Convertino, V. A., & Dudley, G. A. (1995). Resistance exercise-induced fluid shifts: change in active muscle size and plasma volume. *The*

- American Journal of Physiology*, 269(3 Pt 2), R536-----43.  
<https://doi.org/10.1152/ajpregu.1995.269.3.R536>
- Prior, B. M., Jayaraman, R. C., Reid, R. W., Cooper, T. G., Foley, J. M., Dudley, G. A., & Meyer, R. A. (2001). Biarticular and monoarticular muscle activation and injury in human quadriceps muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 85(1–2), 185–190. <https://doi.org/10.1007/s004210100434>
- Radaelli, R., Bottaro, M., Wagner, D. R., Wilhelm, E. N., Pompermayer, M. G., & Pinto, R. S. (2014). Men and women experience similar muscle damage after traditional resistance training protocol. *Isokinetics and Exercise Science*, 22(1), 47–54. <https://doi.org/10.3233/IES-130519>
- Radaelli, R., Bottaro, M., Wilhelm, E. N., Wagner, D. R., & Pinto, R. S. (2012). Time course of strength and echo intensity recovery after resistance exercise in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2577–2584. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823dae96>
- Ribeiro, A. S., Schoenfeld, B. J., & Nunes, J. P. (2017). Large and Small Muscles in Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*, 39(5), 33–35. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000333>
- Rocha, V. D. A., Gentil, P., Oliveira, E., & Do Carmo, J. (2007). Comparação entre a atividade EMG do peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial durante os exercícios supino reto e crucifixo. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 13(1), 51–54. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922007000100012>
- Schoenfeld, B. J. (2012). Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(5), 1441–1453. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824f207e>
- Schoenfeld, B. J. (2013, March 22). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0017-1>
- Schoenfeld, B. J. (2018). Exercise-Induced Muscle Damage and Hypertrophy: A Closer Look Reveals the Jury is Still Out. Retrieved from <http://www.lookgreatnaked.com/blog/exercise-induced-muscle-damage-and-hypertrophy-a-closer-look-reveals-the-jury-is-still-out/>
- Signorile, J. F., Weber, B., Roll, B., Caruso, J. F., Lowensteyn, I., & Perry, A. C. (1994). An Electromyographical Comparison of the Squat and Knee Extension

- Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(3), 178–183.  
<https://doi.org/10.1519/00124278-199408000-00009>
- Signorile, J. F., Zink, A. J., & Szwed, S. P. (2002). A comparative electromyographical investigation of muscle utilization patterns using various hand positions during the lat pull-down. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 539–546. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12423182>
- Soares, S., Ferreira-Junior, J. B., Pereira, M. C., Cleto, V. A., Castanheira, R. P., Cadore, E. L., ... Bottaro, M. (2015). Dissociated time course of muscle damage recovery between single- and multi-joint exercises in highly resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2594–2599.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000899>
- Stone, M. H., & Borden, R. a. (1997). Modes and Methods of Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*, 19(4), 18. [https://doi.org/10.1519/1073-6840\(1997\)019<0018:MAMORT>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1073-6840(1997)019<0018:MAMORT>2.3.CO;2)
- Takahashi, H., Kuno, S., Miyamoto, T., Yoshioka, H., Inaki, M., Akima, H., ... Takahashi, H. (1994). Changes in magnetic resonance images in human skeletal muscle after eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 69(5), 408–413.  
<https://doi.org/10.1007/BF00865404>
- Tan, B. (1999). Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men: A Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 289–304. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(1999\)013<0289:MRTPVT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(1999)013<0289:MRTPVT>2.0.CO;2)
- Uchida, M. C., Nosaka, K., Ugrinowitsch, C., Yamashita, A., Martins, E., Moriscot, A. S., & Aoki, M. S. (2009). Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. *Journal of Sports Sciences*, 27(5), 499–507. <https://doi.org/10.1080/02640410802632144>
- Vieira, A., Bottaro, M., Ferreira-Junior, J. B., Vieira, C., Cleto, V. A., Cadore, E. L., ... Brown, L. E. (2015). Does whole-body cryotherapy improve vertical jump recovery following a high-intensity exercise bout? *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 49–54. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s70263>
- Welsch, E. A., Bird, M., & Mayhew, J. L. (2005). Electromyographic activity of the

pectoralis major and anterior deltoid muscles during three upper-body lifts.

*Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/14513.1>

Wilk, K. E., Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Andrews, J. R., & Boyd, M. L. (1996). A Comparison of Tibiofemoral Joint Forces and Electromyographic Activity During Open and Closed Kinetic Chain Exercises. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(4), 518–527.

<https://doi.org/10.1177/036354659602400418>

## Anexo I

### *PAR Q\** *Physical Activity Readiness Questionnaire*

*Este questionário tem objetivo de identificar a necessidade de avaliação clínica antes do início da atividade física. Caso você marque mais de um sim, é aconselhável a realização da avaliação clínica. Contudo, qualquer pessoa pode participar de uma atividade física de esforço moderado, respeitando as restrições médicas.*

**Por favor, assinale “sim” ou “não” as seguintes perguntas:**

**1)** Alguma vez seu médico disse que você possui algum problema de coração e recomendou que você só praticasse atividade física sob prescrição médica?

sim  não

**2)** Você sente dor no peito causada pela prática de atividade física?

sim  não

**3)** Você sentiu dor no peito no último mês?

sim  não

**4)** Você tende a perder a consciência ou cair como resultado do treinamento?

sim  não

**5)** Você tem algum problema ósseo ou muscular que poderia ser agravado com a prática de atividades físicas?

sim  não

**6)** Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para controle de sua pressão arterial ou condição cardiovascular?

sim  não

**7)** Você tem consciência, através de sua própria experiência e/ou de aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça a realização de atividades físicas?

sim  não

Gostaria de comentar algum outro problema de saúde seja de ordem física ou psicológica que impeça a sua participação na atividade proposta?

---

---

**Assumo a veracidade das informações prestadas no questionário “PAR Q” e afirmo estar liberado pelo meu médico para participação em programas de atividade física.**

**Nome do participante:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**Data**

\_\_\_\_\_  
**Assinatura**

## Anexo II

### Questionário

(Favor preencher com letra de forma)

Nome: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_\_\_

Já havia praticado musculação?

Não  Sim. Em caso positivo:

Quanto tempo de prática? \_\_\_\_\_

Parado há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Onde praticou/pratica? \_\_\_\_\_

Teve/tem acompanhamento de um professor? \_\_\_\_\_

Praticou/pratica com qual objetivo? \_\_\_\_\_

Com que frequência? \_\_\_\_\_

Costuma praticar outras atividades físicas?

Não  Sim. Quais e com que frequência? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Possui algum problema de saúde que possa interferir no seu treino?

Não  Sim. Especificar, se possível: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Anexo III

### *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE*

O Senhor está sendo convidado a participar do projeto **“Especificidade do Treinamento Resistido Multiarticular x Uniarticular nos Extensores do Joelho: Uma comparação entre Métodos de Avaliação”**.

O objetivo desta pesquisa é comparar os efeitos de 4 semanas de exercícios multiarticulares e uniarticulares nos ganhos de força de extensores do joelho em função do método de avaliação em homens adultos jovens destreinados. A especificidade será investigada comparando a capacidade de transferir força obtida de um tipo de exercício que difere do modo de teste.

O senhor receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá sendo mantido o mais rigoroso sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo.

A sua participação será através de 14 (catorze) visitas ao laboratório de treinamento de força da faculdade de educação física (FEF) separados por intervalos que irão variar entre 24 e 72h. O senhor deverá preencher um questionário acerca das suas condições gerais de saúde bem como da sua experiência com treinamento de força. Durante as visitas serão realizadas medidas da força muscular bem como a aplicação do protocolo de treinamento. Na primeira visita o senhor será designado de forma aleatória, a um dos dois grupos testados e será realizada uma familiarização com os equipamentos, que se estenderá pelas próximas 3 visitas. Na quarta visita será realizado o teste para determinar a carga correspondente a uma repetição máxima (1 RM).

Na quinta visita será realizada uma familiarização com o protocolo de testes no dinamômetro isocinético modelo Biodex System IV (Biodex Medical, Inc., Shirley, NY), logo após a confirmação da carga de 1 RM determinada pelo re-teste, para garantir a confiabilidade dos dados. Na sexta visita iniciará-se o protocolo de treinamento que se estenderá por 4 semanas. Na décima quarta visita, logo após o protocolo de treinamento serão realizados novamente os testes no dinamômetro isocinético e de 1 RM. As visitas deverão durar aproximadamente entre 30 e 60 min.

Nos dias subsequentes ao treino a dor muscular tardia poderá ser intensa, mas não significa lesão, reflete apenas o processo inflamatório normal decorrente do treino executado. Informamos que o Senhor pode se recusar a participar de qualquer procedimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o senhor. Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de no mínimo cinco anos, após isso serão destruídos ou mantidos na instituição.

Se o Senhor tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor, telefone para: Sr. Marco Aurélio Araújo Dourado, na Faculdade de Educação Física telefone (61) 3107-2500, no horário comercial das 8h00 às 18h00 ou telefone celular (61) 98402-0002.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do sujeito da pesquisa podem ser obtidos através do telefone: (61) 3107-1947 ou do e-mail [cepfs@unb.br](mailto:cepfs@unb.br).

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor.

---

**Nome / assinatura**

---

Marco Aurélio Araújo Dourado  
Pesquisador Responsável

Brasília, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_