

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**DENNIS WILLIAM ABDALA**

**ANÁLISE DA RAZÃO ANTAGONISTA/AGONISTA DO JOELHO POR  
RESISTÊNCIA MUSCULAR LOCALIZADA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS  
FUNCIONAIS**

**ALFENAS/MG**

**2025**

**DENNIS WILLIAM ABDALA**

**ANÁLISE DA RAZÃO ANTAGONISTA/AGONISTA DO JOELHO POR  
RESISTÊNCIA MUSCULAR LOCALIZADA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS  
FUNCIONAIS**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Biociências Aplicadas à Saúde pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Neurofisiologia sensorial, motora e Reabilitação em Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo César Carvalho  
Coorientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Denise Hollanda Lunes

**ALFENAS/MG**

**2025**

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Central

Abdala, Dennis William.

Análise da razão antagonista/agonista do joelho por resistência muscular localizada e sua relação com variáveis funcionais / Dennis William Abdala. - Alfenas, MG, 2025.

135 f. : il. -

Orientador(a): Leonardo César Carvalho.

Tese (Doutorado em Biociências Aplicadas à Saúde) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2025.

Bibliografia.

1. Usabilidade. 2. Equilíbrio Postural. 3. Telerreabilitação. I. Carvalho, Leonardo César, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

DENNIS WILLIAM ABDALA

**ANÁLISE DA RAZÃO ANTAGONISTA/AGONISTA DO JOELHO POR RESISTÊNCIA MUSCULAR LOCALIZADA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS FUNCIONAIS**

O(A) Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação da Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Biociências Aplicada à Saúde

Aprovada em: 10 de junho de 2025.

Prof. Dr. Leonardo César Carvalho – (UNIFAL-MG)

Presidente da Banca Examinadora

Instituição: Universidade federal de Alfenas

UNIFAL-MG

Prof. Dr. Tulio de Almeida Hermes

Instituição: Universidade federal de Alfenas

UNIFAL-MG

Prof. Dr. Daniel Ferreira Moreira Lobato

Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro

UFTM

Prof. Dr. Wonder Passoni Hígino

Instituição: Instituto Federal de educação, ciências e tecnologia do sul de Minas Gerais

IFSULDEMINAS

Prof. Dr. João Paulo Chieragato Matheus

Instituição: Universidade de Brasília

UNB



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo César Carvalho, Professor do Magistério Superior**, em 11/06/2025, às 12:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1514888** e o código CRC **9298C49A**.

A Deus, toda Honra e toda Glória.

## **AGRADECIMENTOS**

Quantas sensações, emoções e experiências vividas ao longo deste Doutorado, que marcaram profundamente esta caminhada, com aprendizado, humildade, parcerias, revelações, alegrias e até mesmo, em alguns momentos, desespero.

Mas nada disso seria possível se não tivesse primeiramente, a Fidelidade, Amor e Presença de Deus na minha vida e da minha família, que acompanharam e tem acompanhado todas as batalhas profissionais e pessoais que a vida nos oferece.

Desta forma, Deus colocou o Prof. Dr. Leonardo César Carvalho e a Prof<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Denise Hollanda Lunes para trilharem comigo este caminho, orientando, ensinando, compartilhando e sonhando com a reta final desta etapa. A vocês, não tenho palavras para agradecer tudo o que fizeram, dividindo seus conhecimentos, pareceria, amizade, carinho e respeito, permitindo desta forma, que eu me transformasse em um profissional melhor.

A Talita Abdala, minha amada e abençoada esposa, presente de Deus na minha vida, que a vinte e três anos atrás, decidiu dizer um sim, dividindo e compartilhando toda a sua vida comigo, participando de todas as conquistas, estando firme nas dificuldades, orando e intercedendo por mim, confiando que Deus sempre teve um propósito maravilhoso para nós.

Ao prof. Dr. Adriano Prado Simão, que em conjunto com o prof. Dr. Leonardo César Carvalho, nos apoiou desde a ideia inicial, projetando e elaborando as possibilidades desta pesquisa.

Aos alunos que estiveram diretamente envolvidos neste grupo de pesquisa, Thais de Castro Santos, Willian dos Santos da Costa, Bruno Alves Silveira, Gabriel João de Almeida Silva, Thais Helena Martins Faria de Almeida, Bruna Mesquita Pereira, Laura Onuzik, Allison Megda Guimarães, obrigado pela dedicação de vocês.

A Universidade Federal de Alfenas, ao Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicada à Saúde.

Ao Instituto de Ciências da Motricidade, pelo apoio, incentivo e toda estrutura disponível para nossa pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Busquem, pois, em primeiro lugar o Reino de Deus e a sua justiça, e todas essas coisas lhes serão acrescentadas”.

Mateus 6:33

## RESUMO

A resistência muscular localizada (RML) é a capacidade de um músculo ou grupo muscular de sustentar contrações repetitivas contra uma carga submáxima ou manter uma força submáxima por um período prolongado. Essa característica é essencial para avaliar a capacidade funcional e identificar desequilíbrios musculares. Este estudo foi conduzido em três etapas: a primeira avaliou a usabilidade do app RM na identificação do desequilíbrio muscular antagonista/agonista por meio de repetições máximas; a segunda examinou a razão antagonista/agonista do joelho em adultos jovens, correlacionando-a com desempenho funcional, ativação muscular, equilíbrio postural e pressão plantar; e a terceira investigou os efeitos do treinamento de força muscular da coxa realizado por telerreabilitação em pacientes com lombalgia autorrelatada. Método: Na primeira etapa, 27 participantes utilizaram o app RM pelo menos três ocasiões para avaliação das articulações do joelho e ombro, utilizando a escala System Usability Scale (SUS) para análise da usabilidade. Na segunda etapa, 39 participantes foram avaliados na razão antagonista/agonista do joelho por meio da RML de flexo-extensão do joelho com elástico, coletada pelo app RM e associada a testes como *hop test*, EMGs e baropodometria. Na terceira etapa, 33 participantes foram randomizados em dois grupos, telerreabilitação (GTR; n=17) e controle (GC; n=15), sendo avaliados quanto à eletromiografia, contração voluntária isométrica máxima (CIVM) e número de repetições máximas nos movimentos de flexão-extensão do joelho. Resultados: Na primeira etapa, o app RM obteve 88,71 pontos no SUS, sendo classificado como “melhor imaginável”, indicando alta satisfação, facilidade de aprendizagem e memorização, eficiência e minimização de erros. Na segunda etapa, observou-se maior RML no movimento de extensão do joelho, com desequilíbrio muscular de 24,03% no membro direito e 26,83% no esquerdo. O single hop test correlacionou-se com a razão antagonista/agonista do joelho direito ( $r=0.344$ ;  $p=0.043$ ) e esquerdo ( $r=0.343$ ;  $p=0.044$ ). A EMG do reto femoral esquerdo apresentou correlação com a razão antagonista/agonista ( $r=0.362$ ;  $p=0.033$ ). A distribuição de massa com olhos vendados correlacionou-se negativamente na posição anterior ( $r=-0.342$ ;  $p=0.045$ ) e positivamente na posterior ( $r=0.345$ ;  $p=0.042$ ). Na terceira etapa, o atendimento por telerreabilitação aumentou o recrutamento do reto femoral direito e melhorou a capacidade de repetição para extensão do joelho esquerdo e flexão dos joelhos

direito e esquerdo. Entretanto, reduziu a CIVM de flexão dos joelhos direito e esquerdo ( $p < 0,05$ ). Conclusão: O app RM demonstrou ótima usabilidade, eficiência, fácil memorização e baixa complexidade, sendo um recurso promissor para a avaliação do equilíbrio muscular. Os dados coletados indicaram que a razão antagonista/agonista se correlaciona ao desempenho funcional pelo single hop test, à ativação muscular do reto femoral e à distribuição de massa corporal. Sua aplicabilidade mostrou-se eficaz em contextos clínicos e na telerreabilitação, fornecendo dados para treinos de força específicos que otimizaram o recrutamento do bíceps femoral direito e mantiveram o recrutamento do reto femoral direito e esquerdo, além de melhorar a capacidade máxima de repetição para extensão e flexão do joelho.

**Palavras-chave:** Usabilidade; Equilíbrio Postural; Telerreabilitação.

## ABSTRACT

Localized muscular endurance (LME) is the ability of a muscle or muscle group to sustain repetitive contractions against a submaximal load or maintain a submaximal force for a prolonged period. This characteristic is essential to assess functional capacity and identify muscle imbalances. This study was conducted in three stages: the first evaluated the usability of the RM app in identifying antagonist/agonist muscle imbalance through maximum repetitions; the second examined the antagonist/agonist ratio of the knee in young adults, correlating it with functional performance, muscle activation, postural balance and plantar pressure; and the third investigated the effects of thigh muscle strength training performed by telerehabilitation in patients with self-reported low back pain. Method: In the first stage, 27 participants used the MR app at least three times to assess the knee and shoulder joints, using the System Usability Scale (SUS) to analyze usability. In the second stage, 39 participants were evaluated in terms of the knee antagonist/agonist ratio using the knee flexion-extension RML with elastic bands, collected by the RM app and associated with tests such as the hop test, EMG, and baropodometry. In the third stage, 33 participants were randomized into two groups, telerehabilitation (GTR; n=17) and control (CG; n=15), and were evaluated for electromyography, maximum isometric voluntary contraction (MVIC), and number of maximum repetitions in knee flexion-extension movements. Results: In the first stage, the RM app obtained 88.71 points in the SUS, being classified as “best imaginable”, indicating high satisfaction, ease of learning and memorization, efficiency, and minimization of errors. In the second stage, a greater RML was observed in the knee extension movement, with a muscle imbalance of 24.03% in the right limb and 26.83% in the left. The single hop test correlated with the antagonist/agonist ratio of the right ( $r=0.344$ ;  $p=0.043$ ) and left ( $r=0.343$ ;  $p=0.044$ ) knees. The EMG of the left rectus femoris correlated with the antagonist/agonist ratio ( $r=0.362$ ;  $p=0.033$ ). The mass distribution with blindfolded eyes correlated negatively in the anterior position ( $r=-0.342$ ;  $p=0.045$ ) and positively in the posterior ( $r=0.345$ ;  $p=0.042$ ). In the third stage, telerehabilitation increased the recruitment of the right rectus femoris and improved the repetition capacity for left knee extension and right and left knee flexion. However, it reduced the MVIC of right and left knee flexion ( $p<0.05$ ). Conclusion: The RM app demonstrated great usability, efficiency, easy memorization and low complexity, being a promising resource for the

assessment of muscle balance. The data collected indicated that the antagonist/agonist ratio correlates with functional performance in the single hop test, muscle activation of the rectus femoris, and body mass distribution. Its applicability proved effective in clinical settings and in telerehabilitation, providing data for specific strength training that optimized the recruitment of the right biceps femoris and maintained the recruitment of the right and left rectus femoris, in addition to improving the maximum repetition capacity for knee extension and flexion.

**Keywords:** Usability; Postural Balance; Telerehabilitation.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

- Figura 1 - Interface inicial (A), seleção do voluntário avaliado (B), seleção da articulação a ser avaliada (C), seleção do movimento da articulação do joelho (D), lançamento dos dados coletados (E) e promoção do reequilíbrio articular (F)..... 31
- Figura 2 - Tubo elástico utilizado nas avaliações de repetição máxima..... 31
- Figura 3 - Posição de avaliação dos movimentos de extensão do joelho (A), flexão do joelho (B), extensão do ombro (C) e flexão do ombro (D)..... 33
- Figura 4 - Pontuação do aplicativo pelo score do SUS..... 35

### ARTIGO 2

- Figura 1 - Interface inicial do aplicativo (A), tela de seleção do sexo do participante avaliado (B), tela de seleção da articulação a ser avaliada (C), tela de seleção do movimento da articulação do joelho (D), tela de lançamento dos valores obtidos na avaliação de repetição máxima dos dados coletados (E) tela de configuração para os valores sugeridos pelo aplicativo para o reequilíbrio articular (F)..... 74

### ARTIGO 3

- Figura 1 - Fluxograma CONSORT..... 86
- Figura 2 - Posicionamento para CIVM: (A) Extensão do joelho em ângulo de 45°; (B) Flexão do joelho em ângulo de 90°..... 89
- Figura 3 - Posicionamento para repetição máxima: (A) Voluntário em repouso; (B) Movimento de flexão do joelho; (C) Voluntário em repouso; (D) Movimento de extensão do joelho..... 91

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1 - Perguntas relacionadas à satisfação e à facilidade de memorização do aplicativo RM.....	36
Tabela 2 - Questões relacionadas à facilidade de aprendizagem do uso do aplicativo RM.....	37
Tabela 3 - Perguntas relacionadas à eficiência e minimização de erros na aplicação do aplicativo RM.....	38

### ARTIGO 2

Tabela 1 - Dados dos valores de resistência muscular localizada de flexo-extensão do joelho e o desequilíbrio muscular (média $\pm$ dp).....	75
Tabela 2 - Dados das variáveis avaliadas de hop test, EMGs, estabilometria, distribuição de massa, pressão máxima e intervalo de confiança.....	76
Tabela 3 - Correlação entre os dados de hop test, EMG, distribuição de massa, estabilometria, pressão máxima e de RML e da razão antagonista/agonista.....	77

### ARTIGO 3

Tabela 1 - Dados das características do grupo.....	85
Tabela 2 - Avaliação dos parâmetros eletromiográficos do músculo reto femoral direito (RRF), músculo reto femoral esquerdo (LRF), bíceps femoral direito (RBF) e bíceps femoral esquerdo (LBF) no grupo de telerreabilitação (TRG) e grupo controle (GC) nos momentos pré e pós-intervenção.....	93
Tabela 3 - Repetições máximas para os grupos controle e telerreabilitação, pré e pós 10 dias de intervenção com exercício, com valores de média e desvio padrão correspondentes.....	95
Tabela 4 - Valores de CIVM (KgF) durante os movimentos de extensão e flexão do joelho nos momentos pré e pós-intervenção, com valores de média e desvio padrão correspondentes.....	96

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
PET	Programa de Educação Tutorial
PPGB	Programa de Pós-graduação em Biociências Aplicadas à Saúde
UNIFAL-MG	Universidade Federal de Alfenas
RML	Resistência Muscular Localizada
EMGs	Eletromiografia de Superfície
CIVM	Contração Isométrica Voluntária Máxima

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>18</b>
1.1	OBJETIVOS	20
1.1.1	<b>Geral</b>	<b>20</b>
1.1.2	<b>Específicos</b>	<b>20</b>
1.2	JUSTIFICATIVA	20
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>22</b>
2.1	RESISTÊNCIA MUSCULAR LOCALIZADA (RML)	22
2.2	DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA	23
2.3	RAZÃO ANTAGONISTA/AGONISTA	24
<b>3</b>	<b>PRODUÇÃO CIENTÍFICA</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>ARTIGO 1</b>	<b>26</b>
	<b>Resumo</b>	<b>27</b>
1.	<b>Introdução</b>	<b>28</b>
2.	<b>Pacientes e métodos</b>	<b>29</b>
2.1	<b>Aplicativo para avaliação de equilíbrio muscular RM</b>	<b>30</b>
2.2	<b>Avaliação da Repetição Máxima</b>	<b>31</b>
2.3	<b>Usabilidade</b>	<b>33</b>
2.4	<b>Avaliação Heurística</b>	<b>34</b>
3.	<b>Resultados</b>	<b>34</b>
4.	<b>Discussão</b>	<b>38</b>
	<b>LIMITAÇÕES DO ESTUDO</b>	<b>40</b>
5.	<b>Conclusões</b>	<b>40</b>
	<b>Declaração de contribuição do autor</b>	<b>41</b>
	<b>Agradecimentos</b>	<b>41</b>
	<b>Financiamento</b>	<b>41</b>
	<b>Declaração de conflito de interesse</b>	<b>41</b>
	<b>Aprovação ética e consentimento do paciente</b>	<b>42</b>
	<b>Referências</b>	<b>42</b>
	<b>Relevância Clínica</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>ARTIGO 2</b>	<b>46</b>
	<b>Aprovação ética e consentimento do paciente</b>	<b>46</b>

	<b>Declaração de conflito de interesse</b>	<b>47</b>
	<b>RESUMO</b>	<b>48</b>
	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>49</b>
	<b>MÉTODOS</b>	<b>50</b>
	<b>Participantes</b>	<b>50</b>
	<b>Medidas</b>	<b>51</b>
	<b>Avaliação da Resistência Muscular Localizada (RML)</b>	<b>51</b>
	<b>Avaliação do Desempenho Funcional</b>	<b>53</b>
	<b>Avaliação da Ativação Muscular</b>	<b>54</b>
	<b>Avaliação do Equilíbrio Postural e Pressão Plantar</b>	<b>55</b>
	<b>Análise Estatística</b>	<b>55</b>
	<b>RESULTADOS</b>	<b>57</b>
	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>59</b>
	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>64</b>
	<b>PONTOS-CHAVE</b>	<b>64</b>
	<b>DETALHES DO ESTUDOS</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>66</b>
<b>3.3</b>	<b>ARTIGO 3</b>	<b>79</b>
	<b>Resumo</b>	<b>81</b>
<b>1.</b>	<b>Introdução</b>	<b>82</b>
<b>2.</b>	<b>Métodos</b>	<b>85</b>
<b>2.1</b>	<b>Participantes</b>	<b>85</b>
<b>2.2</b>	<b>Procedimentos</b>	<b>87</b>
<b>2.3</b>	<b>Instrumentação</b>	<b>87</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Desenho do Estudo</b>	<b>87</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Eletromiografia de superfície (EMGs)</b>	<b>87</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Avaliação da Capacidade de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM)</b>	<b>88</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Avaliação da Repetição Máxima (RM)</b>	<b>90</b>
<b>2.4</b>	<b>Análise Estatística</b>	<b>91</b>

<b>3</b>	<b>Resultados</b>	<b>92</b>
<b>4</b>	<b>Discussão</b>	<b>96</b>
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>100</b>
	<b>Referências</b>	<b>103</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>112</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>114</b>
	<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – ARTIGO 2</b>	<b>116</b>
	<b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – ARTIGO 3</b>	<b>120</b>
	<b>ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP – ARTIGO 2</b>	<b>123</b>
	<b>ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP – ARTIGO 3</b>	<b>127</b>
	<b>ANEXO C – ARTIGO PUBLICADO</b>	<b>133</b>
	<b>ANEXO D – SUBMISSÃO CONFIRMADA</b>	<b>134</b>
	<b>ANEXO E – SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)</b>	<b>135</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A resistência muscular localizada (RML) refere-se à capacidade de um músculo ou grupo muscular específico de sustentar contrações repetitivas, contra uma carga submáxima, ou manter uma força submáxima por um período prolongado. Os resultados obtidos em testes de RML podem fornecer informações valiosas sobre o desempenho físico, auxiliar na prescrição de exercícios e na prevenção de lesões. A RML é amplamente utilizada como instrumento de avaliação na área da saúde e do esporte, permitindo identificar a capacidade funcional de indivíduos e monitorar progressos em programas de treinamento e para identificar desequilíbrios musculares (Kang *et al.*, 2014; Kell; Bell; Quinney, 2001).

Este desequilíbrio muscular ocorre quando as qualidades físicas de força, resistência e potência encontram-se desarmônicas, sendo frequentemente resultado do declínio da força e da inatividade física, o que gera uma relação comprometida entre a força e a fraqueza muscular (Neme, 2022). Como efeito, esse desequilíbrio pode provocar alterações estruturais e movimentos deficitários que estão associados a desordens musculoesqueléticas (Scilingo *et al.*, 2005).

Entre as articulações afetadas pelos impactos do desequilíbrio muscular, a do joelho é a mais frequentemente comprometida. Isso ocorre devido à alta demanda a que é submetida em esportes competitivos e atividades de lazer, resultando em alterações na distribuição de força. Nesses casos, um grupo muscular pode tornar-se substancialmente mais forte ou mais fraco que o outro, constituindo um fator de risco significativo para lesões futuras e até mesmo dores lombares (Cvjetkovic *et al.*, 2015; Dallinga; Benjaminse; Lemmink, 2012; Devan *et al.*, 2004; Erickson; Sherry, 2017; Lee *et al.*, 2018; Rogan *et al.*, 2019; Yahia, 2011).

Dessa forma, avaliar a força dos músculos do joelho representa um componente essencial para o diagnóstico do perfil de desempenho físico. Essa análise abrange diferentes parâmetros, incluindo métricas fisiológicas, biomecânicas, antropométricas e de desempenho, que são adaptadas de acordo com os objetivos específicos de cada avaliação. Esses dados são cruciais não apenas para identificar talentos, mas também para desenvolver padrões nacionais e monitorar o desempenho ao longo do tempo de

maneira eficaz (McMaster *et al.*, 2014).

No que diz respeito a avaliação da força muscular da articulação do joelho, a dinamometria isocinética é considerada o padrão ouro. Este método permite medir o torque, a potência e o trabalho muscular em velocidades angulares constantes, fornecendo dados confiáveis. Além disso, a avaliação isocinética é amplamente utilizada, pois permite obter a razão do pico de torque entre músculos antagonista e agonista, investigando a presença do desequilíbrio muscular (Cadore *et al.*, 2014; Coudeyre *et al.*, 2016; Dvir; Müller *et al.*, 2020; Papadopoulos *et al.*, 2014).

Através da avaliação isocinética, é possível obter a razão entre os músculos do joelho, isquiotibiais e quadríceps (razão H:Q), frequentemente avaliado para o equilíbrio muscular, sendo um indicador crucial para a prevenção de lesões nos membros inferiores. A razão H:Q convencional é calculada dividindo-se a força dos isquiotibiais pela força dos quadríceps, onde os valores típicos dessa relação variam dependendo da velocidade angular durante o teste. A 60°/s a relação H:Q ideal deve estar na faixa de 60% a 69%. Isso significa que a força dos isquiotibiais deve ser aproximadamente 60% a 69% da força dos quadríceps. Um desequilíbrio, onde os quadríceps são mais fortes que os isquiotibiais, pode aumentar o risco de lesões (Cui *et al.*, 2023; Pellicer-Chenoll *et al.*, 2017; Ruas *et al.*, 2018).

No entanto, a utilização do dinamômetro isocinético, apresenta custos elevados que podem limitar sua acessibilidade em diversas instituições de saúde e pesquisa, que requer um investimento inicial significativo, mas também a manutenção periódica, atualizações de software e treinamento técnico especializado para operá-lo corretamente. Além disso, a necessidade de um espaço físico adequado e a disponibilidade de profissionais capacitados intensificam o impacto financeiro. Portanto, estratégias que busquem otimizar os custos relacionados a este recurso são essenciais para promover maior acessibilidade e equidade na área da saúde (D'Alessandro *et al.*, 2005).

Nesse contexto, as tecnologias emergem como ferramentas essenciais para apoiar os profissionais de saúde. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, (2021) o progresso em tecnologias digitais, dispositivos inteligentes para saúde, computação avançada, inteligência artificial e robótica desempenha um papel

significativo na promoção da saúde humana, além de contribuir para a redução dos custos no setor. Entretanto, esse avanço enfrenta uma barreira social conhecida como alfabetização digital. A baixa familiaridade da população com as tecnologias digitais e a usabilidade das soluções de eHealth representam desafios significativos (Neter; Brainin, 2012).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Geral

Realizar a análise da usabilidade de um aplicativo voltado à avaliação da Resistência Muscular Localizada, promover a correlação dos resultados obtidos pelo aplicativo, com variáveis funcionais e utilizar sua aplicabilidade no contexto clínico e na telerreabilitação.

### 1.1.2 Específicos

Verificar a usabilidade de um aplicativo destinado à avaliação do desequilíbrio muscular entre os músculos antagonistas e agonistas de articulações do corpo humano, com base na análise da resistência muscular localizada;

Avaliar a razão antagonista/agonista do joelho em adultos jovens, utilizando resistência muscular localizada com elástico e explorando sua relação com desempenho funcional, ativação muscular, equilíbrio postural e pressão plantar;

Analisar os efeitos do treinamento de força muscular da coxa em pacientes com lombalgia autorrelatada.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Os avanços tecnológicos e científicos nas áreas de esporte, saúde, exercícios e lazer têm se destacado consideravelmente. No entanto, grande parte dos estudos concentra-se exclusivamente na melhoria do desempenho atlético (KANG *et al.*, 2014).

Tais avanços utilizam de recursos pouco acessado pela maioria dos pesquisadores, devido ao seu alto custo de aquisição e operacional. O dinamômetro isocinético, por exemplo, é amplamente empregado na avaliação da performance muscular, mas apresenta limitações em sua aplicação na prática clínica, devido ao elevado custo associado ao seu uso e sua utilização permanece limitada (D'Alessandro, *et al.*, 2005; Gleeson; Mercer, 1996).

Testes e métodos de avaliação mais simples necessitam de serem empregados na prática clínica oferecendo uma alternativa eficaz para identificar indivíduos que necessitam de avaliações mais detalhadas em equipamentos sofisticados. Esses métodos de triagem devem ser práticos, rápidos, com alto grau de usabilidade e capazes de fornecer informações confiáveis sobre a função muscular. Além disso, sua aplicação na identificação de desequilíbrio muscular ajudaria a selecionar pessoas com risco de lesão muscular (Dauty *et al.*, 2002; Devan *et al.*, 2004), promovendo uma abordagem preventiva no campo terapêutico.

No que diz respeito ao desequilíbrio muscular em sua totalidade, pouco se explora, especialmente considerando a razão entre os músculos antagonistas e agonistas ao redor de uma articulação central.

Nesse contexto, surge o aplicativo, atualmente designado RM, desenvolvido por nosso grupo de pesquisa, criado em uma linguagem Microsoft Power FX por meio do software Power apps, com um layout planejado para ser autoexplicativo (Abdala *et al.*, 2025).

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 RESISTÊNCIA MUSCULAR LOCALIZADA (RML)

A RML é caracterizada pela capacidade de um músculo ou grupo muscular de sustentar contrações repetidas contra uma carga submáxima ao longo de um período prolongado (Deschenes, Kraemer, 2002; Kell, Bell, Quinney, 2001; Schoenfeld *et al.*, 2021,).

A RML pode ser analisada de duas formas, sendo categorizada como relativa ou absoluta. A relativa está relacionada a carga em uma determinada porcentagem de 1RM, enquanto a absoluta, a qual utilizamos, se refere à capacidade de um músculo ou grupo muscular de realizar repetições máximas possíveis com uma carga fixa até a fadiga. A carga é padronizada para todos os indivíduos e não depende do peso corporal ou do nível de força máxima de cada um, o que permite comparações diretas entre praticantes sem considerar variações individuais de força (Schoenfeld *et al.*, 2021).

Esta capacidade permite medir a condição de um músculo ou grupamento muscular de sustentar contrações sucessivas. Diferentemente de outros testes de força, seu principal diferencial está na utilização de cargas reduzidas, focando na quantidade de repetições que o indivíduo consegue realizar. Pesquisas indicam que a confiabilidade desse método para mensuração da força dinâmica máxima é elevada, mesmo em indivíduos sem treinamento prévio (Plotkin *et al.*, 2022; Schoenfeld *et al.*, 2017).

A RML tem sido descrito na literatura como um método eficaz para a determinação da força dinâmica máxima, utilizando frações da força máxima para orientar a escolha dos parâmetros de treinamento (Ramalho *et al.*, 2011).

A capacidade de RML, desenvolvida através de exercícios de resistência, realizados com um alto volume e baixa carga, demonstram maior eficácia na indução do anabolismo muscular agudo em comparação aos treinos de resistência com baixo volume e alta carga, se tornando uma capacidade física muscular importante na razão antagonista/agonista do joelho, no que diz respeito ao equilíbrio muscular (Burd, *et al.*, 2010).

A RML utilizada até o ponto de fadiga muscular, é igualmente eficaz para estimular quantidade de fibras musculares recrutadas, fornecendo resultados importantes na razão antagonista/agonista, através de uma grande exigência de contração muscular necessária, estimulando inclusive, a síntese proteica, em que, mesmo com cargas leves, a RML pode resultar no recrutamento completo das unidades motoras, desde que seja realizado até a falha muscular momentânea (Mitchell *et al.*, 2012).

## 2.2 DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA

O dinamômetro isocinético tem sido amplamente utilizado na realização de testes monoarticulares para avaliar diversas articulações do corpo humano (O'Shea *et al.*, 2002), aferindo a produção de força muscular, parâmetros mecânicos em condições de contração concêntrica.

Desde sua introdução no final dos anos 1960, com os primeiros dinamômetros isocinéticos angulares (DIAs), essa tecnologia tem sido amplamente reconhecida como o padrão ouro para testes musculares (Cadore, *et al.*, 2014; Coudeyre *et al.*, 2016; Papadopoulos *et al.*, 2014).

Na década de 1980, foram incorporados motores elétricos associados a sistemas hidráulicos, permitindo agora, medição da ação muscular excêntrica, proporcionando uma análise mais detalhada do comportamento mecânico do músculo e permitindo um mapeamento abrangente do seu potencial funcional. Porém, existem fragilidades em relação a maneira como o dinamômetro avalia, pois, ao considerar o alinhamento do eixo do atuador com o eixo da articulação, isso não reflete perfeitamente o movimento humano devido pois nenhuma das articulações do corpo humano se move de forma puramente angular devido à incongruência das superfícies articulares e aos movimentos acessórios resultantes e à ativação conjunta de múltiplos músculos. Apesar dessas limitações, o método ainda fornece uma estimativa funcional útil dentro de uma amplitude controlada (Dvir; Müller, 2020).

A avaliação dessas variáveis possibilita comparações entre músculos antagonistas e agonistas, bem como entre membros contralaterais, sendo um método

essencial para a identificação de potenciais fatores de risco associados a lesões musculoesqueléticas. Em particular, a detecção de assimetrias entre membros e de desequilíbrios entre músculos antagonistas e agonistas, além da verificação de valores de função muscular inferiores aos padrões de referência estabelecidos para determinadas populações, são aspectos críticos analisados pelo dinamômetro isocinético. Estudos na literatura especializada indicam que tais características podem constituir fatores predisponentes para lesões esportivas, reforçando a importância da avaliação isocinética na prevenção e no manejo dessas condições (Devan *et al.*, 2004; Dauty *et al.*, 2003).

Entretanto, a sua aplicação na prática clínica, devido ao elevado custo associado ao seu uso permanece limitada (D'Alessandro, *et al.*, 2005; Gleeson; Mercer, 1996).

### 2.3 RAZÃO ANTAGONISTA/AGONISTA

Conhecida na literatura como razão/relação H:Q, representa a proporção das forças dos isquiotibiais (músculos flexores do joelho) e a dos quadríceps (músculos extensores do joelho), sendo amplamente utilizada nas áreas de treinamento esportivo e reabilitação, para avaliar o desequilíbrio muscular na articulação do joelho, apresentando valores de referência típicos dessa relação, que devem estar na faixa de 60% a 69%, nos informando que, a força dos isquiotibiais deve ser aproximadamente 60% a 69% da força dos quadríceps (Cui *et al.*, 2023; Ruas *et al.*, 2018; Pellicer-Chenoll *et al.*, 2017).

A razão de força H:Q representa um parâmetro fundamental na análise da biomecânica muscular e na prevenção de lesões. Essa proporção exerce influência direta sobre a estabilidade articular e a funcionalidade do membro inferior, tornando-se um fator determinante para indivíduos fisicamente ativos, especialmente atletas, sugerindo que valores inferiores a essa proporção podem estar associados a um aumento no risco de lesões musculares, especialmente nos isquiotibiais, pois a insuficiência de força pode comprometer a capacidade de equilibrar as forças geradas pelos quadríceps durante movimentos dinâmicos como corrida e salto (Aagaard *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2009).

A avaliação da força dos músculos flexo-extensores do joelho é essencial para compreender a capacidade funcional em tarefas típicas do dia a dia e do esporte, sendo uma das medidas objetivas mais utilizadas (Keytsman; Verbrugghe; Eijnde, 2024; Lum; Haff; Barbosa, 2020; Wilson; Murphy, 1996).

A força dos membros inferiores desempenha um papel fundamental em movimentos específicos, como arremessos, saltos, corridas e mudanças de direção, onde os músculos ao redor do joelho apresentam alta ativação. Além disso, o equilíbrio entre os grupos musculares antagonistas e agonistas representado pela razão H:Q, indica a importância da relação de força para um desempenho eficiente e seguro (Canüzmez *et al.*, 2006; Malliou *et al.*, 2003).

A capacidade de tomar decisões corretas sobre a força muscular e o equilíbrio articular na região do joelho depende da razão H:Q, que pode refletir ou não tendência a lesões (Yilmaz *et al.*, 2022).

### 3 PRODUÇÃO CIENTÍFICA

#### 3.1 ARTIGO 1

#### **USABILIDADE DE UM APLICATIVO PARA ANÁLISE DO DESEQUILÍBRIO MUSCULAR**

Dennis William Abdala<sup>a</sup>, Gabriel João de Almeida Silva<sup>b</sup>, Willian dos Santos da Costa<sup>b</sup>, Bruno Alves Silveira<sup>b</sup>, Adriano Prado Simão<sup>b,c</sup>, Leonardo César Carvalho<sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicadas à Saúde (Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil).

<sup>b</sup> Instituto de Ciências da Motricidade (Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil).

<sup>c</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Instituto de Ciências da motricidade, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil).

Correspondência para: Programa de Biociências Aplicadas à Saúde (Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil). Endereço de e-mail: Leonardo César Carvalho (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Instituto de Ciências da motricidade, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil). Número de telefone: +55 35 3701 1923 leonardo.carvalho@unifal-mg.edu.br

1

---

<sup>1</sup> Este artigo foi formatado de acordo com as orientações da revista.

**Resumo**

**Contexto:** O desequilíbrio muscular pode ser a causa do aparecimento de doenças articulares, porém sua avaliação implica o uso de equipamentos específicos. O objetivo deste estudo foi avaliar a usabilidade do aplicativo Repetição Máxima (RM) para avaliação do desequilíbrio muscular antagonista e agonista de articulações do corpo humano.

**Desenho e métodos de pesquisa:** o System Usability Scale (SUS) foi utilizado para a análise da usabilidade. 27 voluntários utilizaram o aplicativo RM pelo menos em três ocasiões para avaliações das articulações do joelho e ombro. O aplicativo RM foi planejado para ser autoexplicativo e permitir ao usuário informar os valores obtidos na avaliação de repetição máxima, associado promove o cálculo do desequilíbrio muscular, além de expor uma proposta de reequilíbrio e treinamento de força muscular.

**Resultados:** a pontuação obtida pelo SUS foi de 88,71 o que o classifica como “melhor imaginável”. Além disso, identificou-se que o aplicativo foi capaz de contemplar dentro de uma avaliação heurística a satisfação, a facilidade de aprendizagem e memorização, a eficiência e a minimização de erros.

**Conclusão:** o aplicativo RM mostrou ótima usabilidade, eficiência, fácil memorização, baixa complexidade e ótima satisfação, sendo um aplicativo promissor para auxiliar na avaliação do equilíbrio muscular.

**Palavras-chave:** Músculo; Exame Físico; Articulações; Usabilidade.

## 1. Introdução

Mudanças estruturais e movimentos deficitários podem ser causados por desequilíbrios musculares. Uma musculatura equilibrada significa que músculos são construídos com força, resistência e potência mútuas e equilibradas entre antagonista e agonista ao redor de uma articulação situada no meio [1]. O equilíbrio e a recuperação muscular podem ser melhorados com exercícios de fortalecimento, uma abordagem terapêutica comum [2].

O desenvolvimento do equilíbrio e a melhora do controle muscular podem ser aumentados por meio de exercícios de fortalecimento muscular [3,4]. Estes exercícios podem ser de resistência e precisam ser progressivos, com uma carga gradualmente crescente para atingir a ativação neuromuscular. Além disso, exercícios com treinamento de resistência podem ser uma importante ação na prevenção de lesões [5,6]. Nesse sentido, fitas elásticas são um tipo de acessório importante para o treinamento de resistência, o que permite uma resistência variável, podendo criar uma variedade de movimentos com potencial para aumentar a força muscular e prevenir lesões durante a prática de exercícios [7,8]. As fitas elásticas são frequentemente usadas durante programas de reabilitação, devido à sua facilidade, simplicidade, segurança e a vantagem econômica, por isso estão disponíveis na maioria dos centros de reabilitação, o que as torna um aparato simples de baixo custo para auxiliar no processo de avaliação do desequilíbrio muscular.

Uma vez que a sobrecarga em exercícios de resistência, geralmente dependem do aumento da carga para também aumentar a demanda neuromuscular, o número de repetições também pode ser considerado um fator interessante para adquirir os mesmos resultados, pois a carga ou as repetições, melhoraram as adaptações musculares dentro de um ciclo de treinamento, progredindo na força e hipertrofia [9].

Neste cenário, as tecnologias tornam-se um aliado poderoso para auxiliar os profissionais de saúde e segundo a Organização Mundial de Saúde [10], o desenvolvimento de tecnologias digitais, dispositivos inteligentes para a saúde, computação avançada, inteligência artificial e até mesmo a robótica, contribuem para a saúde humana e busca reduzir custos em saúde. No entanto, tal avanço esbarra num problema social denominado alfabetização digital. A baixa alfabetização em tecnologias

digitais da população e a usabilidade dos ehealth se tornar um grande desafio [11].

A usabilidade refere-se à criação de tecnologia que é eficiente para os usuários [12]. É uma característica de qualidade que mede a facilidade de uso das interfaces de usuário. Também pode ser vista como a qualidade da interação, considerando aspectos como o tempo necessário para realizar tarefas, a quantidade de erros cometidos e o tempo necessário para se tornar um usuário proficiente [13].

A usabilidade em aplicativos móveis é um fator que influencia a satisfação e o engajamento do usuário, especialmente em aplicativos relacionados à saúde [14]. Atualmente, existem várias ferramentas para avaliar a usabilidade de um sistema, como o Inventário de Medição de Usabilidade de Software [15], Questionário de Satisfação da Interface do Usuário [16], Utilidade Percebida e Facilidade de Uso [17]. Todavia, uma ferramenta se destaca, o System Usability Scale (SUS).

O SUS é considerada uma escala universal e independente da tecnologia, fornece a oportunidade de explorar a aplicabilidade de sistemas [18,19]. As vantagens da ferramenta SUS incluem sua neutralidade tecnológica, ou seja, pode ser aplicada a diversos tipos de sistemas de tecnologia da informação, sua rapidez e simplicidade tanto para participantes quanto para pesquisadores e sua capacidade de fornecer uma pontuação única em uma escala de fácil compreensão [20]. Além disso, o SUS é muito popular e tem sido utilizado em vários setores com mais de 43% de estudos que envolvem usabilidade, tendo sido citada 9.516 vezes [21], não possuindo direito autorais, o tornando um instrumento de custo recomendável.

Assim o presente estudo teve por objetivo verificar a usabilidade do aplicativo para avaliação do desequilíbrio muscular antagonista e agonista de uma articulação do corpo humano por meio da análise do número de repetições máximas.

## **2. Pacientes e métodos**

O presente estudo metodológico com abordagem quantitativa foi realizado na Clínica Escola de Fisioterapia Profa. Dra. Ana Cláudia Bonome Salate, da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). Aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (Parecer 5.688.543).

A amostra foi selecionada por conveniência e composta por 27 voluntários com idade

de  $23,5 \pm 2,5$  anos, pelo período de março de 2023 a setembro de 2023. Todos os voluntários utilizaram o aplicativo pelo menos em três ocasiões para avaliações das articulações do joelho e ombro em sujeitos atendidos na clínica escola. Todos os voluntários que concordaram em participar assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes do procedimento. Foram excluídos voluntários que não utilizavam o aplicativo em suas atividades.

### **2.1 Aplicativo para avaliação de equilíbrio muscular RM**

O aplicativo foi desenvolvido em linguagem Microsoft Power FX por meio do software Power apps. O layout do aplicativo foi planejado para ser autoexplicativo. Abaixo é apresentado a sequência de telas que o usuário visualiza. Na primeira tela (Figura 1A) o usuário inicia o aplicativo. Em seguida, seleciona o gênero (Figura 1B) e posteriormente a articulação que será avaliada (Figura 1C). Após selecionar a articulação, o movimento específico a ser avaliado deverá ser selecionado (Figura 1D) conforme a articulação. Após promover a seleção do movimento o voluntário descreve os valores obtidos na avaliação de repetição máxima e o aplicativo calcula o desequilíbrio presente na articulação avaliada (Figura 1E), sendo em seguida possível solicitar ao aplicativo que promova a possível análise para o reequilíbrio muscular que é apresentada numa próxima tela (Figura 1F).

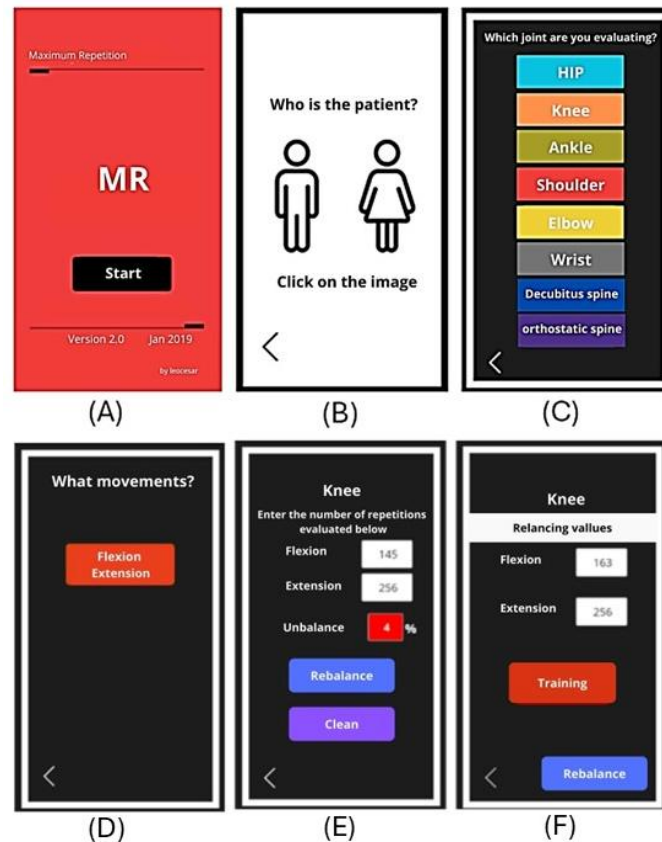


Figura 1. Interface inicial (A), seleção do voluntário avaliado (B), seleção da articulação a ser avaliada (C), seleção do movimento da articulação do joelho (D), lançamento dos dados coletados (E) e promoção do reequilíbrio articular (F).

## 2.2 Avaliação da Repetição Máxima

A repetição máxima foi avaliada por meio de movimentos de flexão e extensão sob resistência elástica para as articulações de joelho e ombro, bilateralmente. A resistência ao movimento foi ofertada por meio de um elástico n° 200 (Figura 2), com comprimento de um metro e meio, sendo o movimento realizado sob resistência do início ao fim.



Figura 2. Tubo elástico utilizado nas avaliações de repetição máxima.

Para a extensão do joelho, o sujeito foi posicionado de modo sentado,

confortavelmente em uma cadeira. O elástico foi fixado na extremidade distal da perna e na cadeira e, gerou uma resistência elástica em toda a amplitude de movimento conforme figura 3A.

Para a flexão de joelho, o sujeito foi posicionado em decúbito ventral em uma maca sendo uma extremidade do elástico nela fixada e a outra extremidade fixada na extremidade distal da perna, gerando resistência elástica em toda a amplitude de movimento conforme figura 3B. Todos os movimentos foram executados até a exaustão informada pelo sujeito avaliado e registrado por um contador digital.

Nos movimentos para a avaliação da articulação do ombro, o sujeito avaliado foi posicionado em ortostatismo. Para promover o movimento de flexão de ombro, foi necessário que o cotovelo estivesse em extensão, o antebraço em pronação e flexão dos dedos, segurando o elástico. O sujeito foi orientado realizar o movimento de flexão do ombro, até um ângulo de  $90^\circ$  conforme apresentado na figura 3C. Para o movimento de extensão de ombro, foi necessário que o cotovelo estivesse em extensão, o antebraço em pronação e flexão dos dedos, segurando o elástico. O paciente deveria realizar a extensão do ombro, partindo de um ângulo de flexão de  $90^\circ$  até a extensão, posicionando a mão ao lado do corpo, executando então  $90^\circ$  de extensão, puxando o elástico para trás, até o seu limite conforme figura 3D. Todos os movimentos foram executados até a exaustão informada pelo sujeito avaliado e registrado por um contador digital.

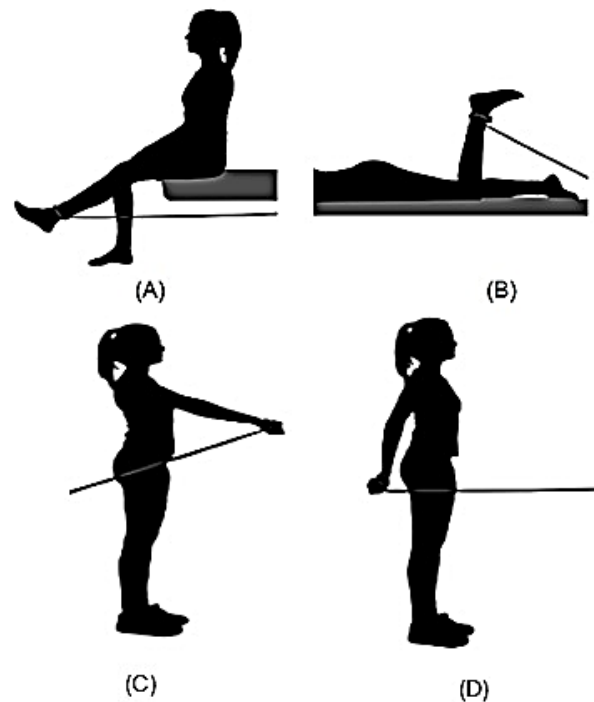


Figura 3 – Posição de avaliação dos movimentos de extensão do joelho (A), flexão do joelho (B), extensão do ombro (C) e flexão do ombro (D).

### 2.3 Usabilidade

Para avaliar a usabilidade do aplicativo foi utilizado a System Usability Scale (SUS) traduzido para a língua portuguesa [22].

O SUS é um instrumento utilizado para avaliar a usabilidade e consiste em uma avaliação simples com dez itens, sendo a metade deles (itens de número ímpar) com um tom positivo de resposta e a outra metade (itens de número par), com o tom negativo de respostas, fornecendo uma perspectiva abrangente das avaliações subjetivas de usabilidade do sistema.

O SUS contém 10 enunciados e sua resposta é dada numa escala likert de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente) para cada item. A sua pontuação varia de 0 a 100, sendo que a pontuação mais alta, significa melhor usabilidade. A ferramenta possui os seguintes itens: 1- Acho que gostaria de usar este sistema com frequência; 2- Achei o sistema desnecessariamente complexo; 3- Achei o sistema fácil de usar; 4- Acho que precisaria do suporte de uma pessoa técnica para conseguir usar este

sistema; 5- Achei que as várias funções deste sistema estavam bem integradas; 6- Achei que havia muita inconsistência neste sistema; 7- Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema muito rapidamente; 8- Achei o sistema muito complicado de usar; 9- Me senti muito confiante ao usar o sistema; 10- Precisei aprender muitas coisas antes de conseguir começar a usar este sistema.

Para calcular o score total, soma-se inicialmente as contribuições das pontuações de cada item sendo que após, para os itens 1, 3, 5, 7 e 9, subtraímos o valor obtido em cada item por um. Para os itens 2, 4, 6, 8 e 10, faz-se o cálculo da pontuação da escala menos cinco. Ao final se multiplica a soma das pontuações por 2.5 para obter o valor total que pode variar de 0 a 100. O valor final representa a medida de usabilidade global.

Após a pontuação e o cálculo do escore total, é possível realizar a classificação do sistema avaliado, que segundo Kortum e Bangor [23], abaixo de 20,5 (pior imaginável); de 21 a 38,5 (pobre); de 39 a 52,5 (mediano); de 53 a 73,5 (bom); de 74 a 85,5 (excelente); e de 86 a 100 (melhor imaginável).

## 2.4 Avaliação Heurística

Para avaliação heurística, baseou-se na análise de Nielsen & Norman [24], agrupando as seguintes questões SUS para se identificar os itens abaixo:

- Satisfação: Perguntas 1, 4, 9
- Facilidade de aprendizagem: Perguntas 3, 4, 7 e 10
- Eficiência: Perguntas 5, 6 e 8
- Facilidade de memorização: Perguntas 2
- Minimização dos erros: Perguntas 6

## 3. Resultados

Participaram do estudo 27 voluntários com idade de  $23,5 \pm 2,5$  anos entre os períodos de março a setembro de 2023. Os resultados de usabilidade são apresentados a seguir.

A pontuação média obtido a partir da avaliação com o SUS foi de 88,71 pontos (Figura 4), sendo atribuída uma percepção tida como melhor imaginável.

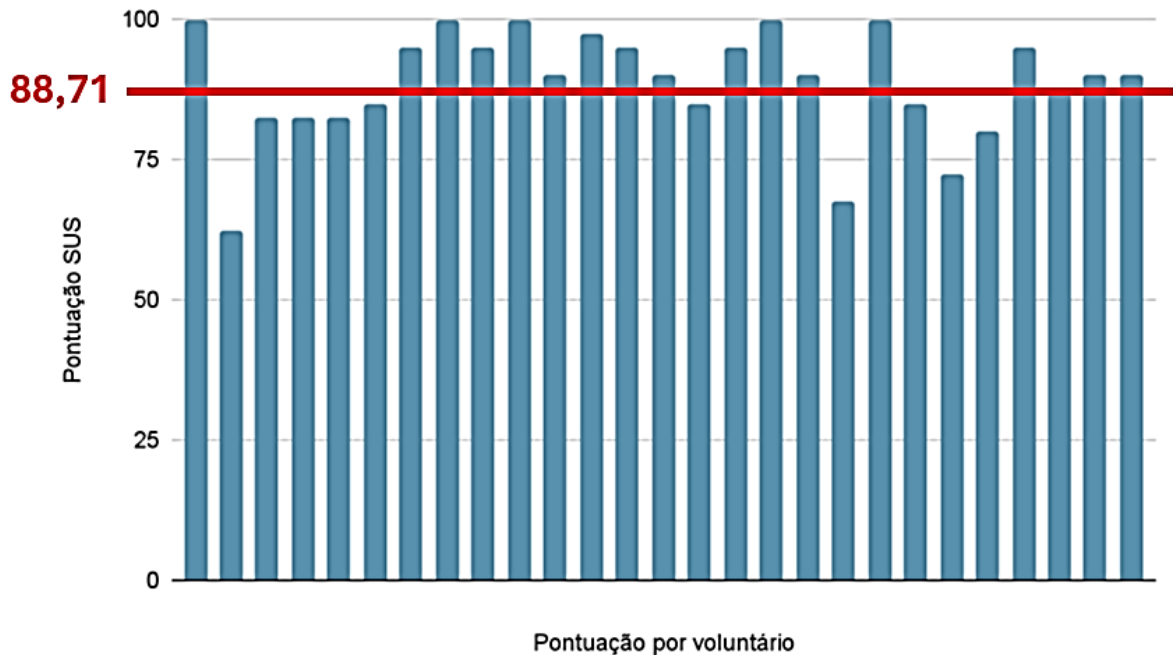


Figura 4- Pontuação do aplicativo pelo score do SUS

Na Figura 4 é possível observar a pontuação individual dos voluntários que utilizaram o aplicativo RM e pontuaram pelo instrumento SUS. Esses resultados já apresentam que 59,2% do total de usuários, estabeleceram uma pontuação acima de 88,71 que, de acordo com o score do SUS, demonstra percepção como melhor imaginável sobre a usabilidade de uma maneira geral [23]. O aplicativo RM foi capaz de atender a relação sistema com o usuário, o que demonstra um fator positivo de grande impacto, permitindo que o usuário tenha condições de operar todas as abas do aplicativo, e com isso, facilitando o acesso de usabilidade do sistema.

Tabela 1. Perguntas relacionadas à satisfação e à facilidade de memorização do aplicativo RM

RESPOSTA	QUESTÕES							
	1- Acho que gostaria de usar este sistema com frequência		4- Acho que precisaria do suporte de uma pessoa técnica para conseguir usar este sistema		9- Me senti muito confiante ao usar o sistema		2- Achei o sistema desnecessariamente complexo	
	Frequência	%	Frequência	%	Frequência	%	Frequência	%
<b>Discordo totalmente</b>	0	0.00	16	59.26	0	0.00	26	96,3
<b>Discordo</b>	0	0.00	6	22.22	0	0.00	0	0.00
<b>Neutro</b>	2	7.41	2	7.41	3	11.11	1	3.70
<b>Concordo</b>	4	14.81	2	7.41	5	18.52	0	0.00
<b>Concordo totalmente</b>	21	77.78	1	3.70	19	70.37	0	0.00
<b>Total</b>	27	100	27	100	27	100	27	100

Na análise da satisfação do usuário em operar o aplicativo RM, apresentada na tabela 1, é possível observar um resultado positivo. A maior parte da amostra estudada gostaria de usar o aplicativo com frequência e considerou o seu uso de baixa complexidade. Para a análise facilidade de memorização 96,3% dos voluntários consideraram o aplicativo de fácil memorização.

Tabela 2. Questões relacionadas à facilidade de aprendizagem do uso do aplicativo RM

RESPOSTA	QUESTÕES							
	3- Achei o sistema fácil de usar		4- Acho que precisaria do suporte de uma pessoa técnica para conseguir usar este sistema		7- Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema muito rapidamente		10- Precisei aprender muitas coisas antes de conseguir começar a usar este sistema	
	Frequência	%	Frequência	%	Frequência	%	Frequência	%
<b>Discordo totalmente</b>	0	0.00	16	59.26	0	0.00	9	33.33
<b>Discordo.</b>	0	0.00	6	22,22	1	3.70	8	29.63
<b>Neutro</b>	1	3.70	2	3,41	1	3.70	5	18.52
<b>Concordo</b>	0	0.00	2	3.41	3	11.11	3	11.11
<b>Concordo totalmente</b>	26	96.30	1	3,70	22	81.48	2	7.41
<b>Total</b>	27	100	27	100	27	100	27	100

A tabela 2 mostra os resultados sobre as questões de facilidade de aprendizagem do uso do aplicativo, sendo que a maioria da amostra considerou o aplicativo de fácil manuseio, não necessitando de auxílio, tendo a percepção que várias pessoas poderiam utilizar facilmente e sem a necessidade de aquisição de novas habilidades.

Tabela 3 - Perguntas relacionadas à eficiência e minimização de erros na aplicação do aplicativo RM

RESPOSTA	QUESTÕES					
	5- Achei que as várias funções deste sistema estavam bem integradas		6- Achei que havia muita inconsistência neste sistema		8- Achei o sistema muito difícil de usar	
	Frequência	%	Frequência	%	Frequência	%
<b>Discordo totalmente</b>	0	0.00	21	77.78	22	81.48
<b>Discordo.</b>	1	3.70	1	3.70	4	14.82
<b>Neutro</b>	1	3.70	3	11.11	0	0
<b>Concordo</b>	6	22.22	2	7.41	1	3.70
<b>Concordo totalmente</b>	19	70.37	0	0.00	0	0.00
<b>Total</b>	27	100	27	100	27	100

Na análise relacionada à eficiência, demonstrado na tabela 3, nota-se que a maioria dos usuários acredita que as funções do aplicativo RM estão bem integradas, mencionam uma percepção positiva sobre como as diferentes funções se integram e não apontaram grandes inconsistências. A maioria acredita que o aplicativo é fácil de usar, indicando uma experiência de usuário fluida e intuitiva.

No geral os participantes do estudo consideraram o aplicativo “fácil de usar”, “utilizariam com frequência”, “não complexo”, “bem integrado”, “consistente” e “capaz de aprender rapidamente”.

#### 4. Discussão

Atualmente a análise do desequilíbrio muscular é dispendiosa com a necessidade de dispositivos comerciais de alto custo como dinamômetros isocinéticos [25] e isométricos [26]. Com o desenvolvimento do aplicativo RM esperamos popularizar e democratizar esse tipo de avaliação simplificando a obtenção de dados confiáveis por meio de um tubo elástico e o próprio aparelho celular. As pessoas utilizam smartphones rotineiramente em mais áreas de suas vidas pessoais e profissionais [27]. No campo da saúde, os aplicativos estão se tornando um meio de promoção da educação em saúde. No presente momento o objetivo do estudo foi avaliar a usabilidade do aplicativo RM.

O instrumento SUS é uma ferramenta muito utilizada sendo capaz de coletar dados realmente coerentes, informando padrões de usabilidade pelo usuário e utilizado em

vários estudos para avaliação inicial de aplicativos [28,29,30,31]. Naquilo que tange o uso do aplicativo RM, foi possível utilizar essa ferramenta para avaliação de seu uso e nos permitiu obter dados para melhoria futura. O instrumento nos forneceu uma visão real da experiência dos usuários frente ao uso do aplicativo e permitiu identificar que o mesmo possui uma interface confiável e consistente [19].

Um score ideal no teste de usabilidade varia entre 70 e 100 pontos, pois abaixo dessa faixa, o produto pode apresentar problemas sérios de usabilidade que impactam negativamente a experiência do usuário. O aplicativo RM, na visão dos usuários, mostrou um score nesta faixa sendo classificado como “melhor imaginável” [23].

A usabilidade mensura a facilidade de uso das interfaces dentre outras variáveis de um aplicativo ou sistema computacional pelo usuário [12]. No presente estudo foi possível observar que os usuários declararam que gostariam de utilizar o aplicativo com frequência e demonstraram que o mesmo é de fácil uso. Tal achado pode demonstrar o engajamento contínuo no uso do aplicativo durante um processo avaliativo [30,32]. No que diz respeito a facilidade de manuseio, foi possível observar que houve compreensão dos usuários no que se refere às tarefas, quanto as orientações apresentadas e a linguagem utilizada pelo aplicativo, além das informações apresentadas com clareza, conseqüentemente, apresentando conforto ao navegar.

A usabilidade é um fator crucial para a qualidade de produtos e sistemas. Ela se concentra em observar como as pessoas interagem com o recurso e analisa a relação entre o usuário, a tarefa e o produto. Essa avaliação permite identificar pontos de atrito e oportunidades de aprimoramento, resultando em uma experiência mais fluida e satisfatória para o usuário [19].

Em relação a satisfação, os participantes demonstraram-se satisfeitos e incentivadores ao uso do aplicativo o considerando de baixa complexidade. Diferentemente dos nossos achados, quanto um aplicativo é avaliado em diferentes países, com diferentes culturas, a usabilidade pode ser considerada como inaceitável, pois a percepção de uso pode ser diferente e ocasionar insatisfação [32]. Até o presente momento o aplicativo foi avaliado apenas no Brasil.

Embora a usabilidade seja essencial para o engajamento do usuário, também é importante considerar que alguns aplicativos podem priorizar a funcionalidade em

detrimento da experiência do usuário, potencialmente levando a uma satisfação menor, apesar da alta utilidade. Este equilíbrio é crucial para o sucesso a longo prazo, sobretudo naquilo que tange o design. Comumente, o design precisa ofertar facilidade em seu uso, especialmente quanto a facilidade de memorização das etapas que permitem atingir o objetivo final. Assim o reconhecimento das etapas de execução de uma operação se torna mais fácil quando se limita o número de alternativas [33]. Nesse quesito, o aplicativo RM foi considerado pelos usuários como de fácil memorização de suas etapas, o tornando de fácil aprendizagem.

No fator eficiência foi possível observar que a maioria dos usuários acredita que as funções do aplicativo RM estão bem integradas, mencionam uma percepção positiva sobre como as diferentes opções de uso. Os aplicativos móveis podem ser eficazes na melhoria dos resultados de saúde e sendo um meio para o desenvolvimento de intervenções escaláveis e com boa relação custo-benefício [27]. Além disso, um aplicativo usado para dados de saúde deve implementar estratégias robustas para minimizar erros, garantindo a confiabilidade das informações e a segurança do avaliado. Isso pode ser feito por meio de validação de dados, interfaces intuitivas, feedback em tempo real para o usuário, além de oferecer resultados instantâneos para as variáveis que se busca avaliar [34].

## **LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

O uso do SUS restringe a obtenção de detalhes específicos de usabilidade, o que se tentou contornar fazendo uma análise de frequência dos dados obtidos nas questões agrupados por análise heurística. Além disso, cabe reforçar que como o instrumento limita a análise a um score único isso pode restringir a obtenção de dados subjetivos apontados pelos usuários [18]. Como limitação do estudo, é importante mencionar também que o aplicativo RM foi avaliado por pessoas entre 18 a 30 anos, sendo assim, não foi avaliado por usuários com idade superior a 30 anos.

## **5. Conclusão**

O presente estudo teve por objetivo verificar a usabilidade do aplicativo RM. Dessa forma, foi possível observar que os usuários demonstraram compreender todas as

tarefas para utilização do aplicativo, evidenciando assim, que o aplicativo RM mostrou eficiente para os objetivos propostos. Portanto, concluiu-se que o aplicativo RM mostrou ótima usabilidade, eficiência, fácil memorização, baixa complexidade e ótima satisfação, sendo um aplicativo promissor para auxiliar na avaliação do equilíbrio muscular, mas torna-se importante mais estudos sobre sua validação.

### **Declaração de contribuição do autor**

Contribuições substanciais para a concepção e o desenho do estudo: GJAS, DWA, LCC; contribuições substanciais para a análise e interpretação dos dados: GJAS, DWA, LCC; redação do artigo ou revisão crítica do mesmo quanto ao conteúdo intelectual importante: DWA, GJAS, WC, BS, AS, LC; aprovação final da versão do artigo a ser publicada: DWA, GJAS, WSC, BAS, APS, LCC.

### **Agradecimentos**

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001, PET Fisioterapia, por meio do Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicadas à Saúde da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG, BR.

Agradecimento: Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, PET Fisioterapia, Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicadas à Saúde da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL -MG, BR.

### **Financiamento**

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 por meio do Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicadas à Saúde da UNIFAL-MG.

### **Declaração de conflito de interesse**

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

### **Aprovação ética e consentimento do paciente**

A aprovação ética foi obtida do Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFAL (Protocolo nº 5.688.543). Todos os participantes que atenderam aos critérios de inclusão foram inscritos no estudo após fornecer consentimento informado. A confidencialidade dos dados foi garantida, e o estudo cumpriu os princípios descritos na Declaração de Helsinque.

### **Referências**

1. Kang SR, Yu CH, Han KS, et al. Comparative analysis of basal physical fitness and muscle function in relation to muscle balance pattern using rowing machines. *Bio-Med Mater Eng.* 2014;24(6):2425–2435. doi: 10.3233/BME-141056
2. Magarey ME, Jones MA. Dynamic evaluation and early management of altered motor control around the shoulder complex. *Man Ther.* 2003;8(4):195–206. doi: 10.1016/s1356-689x(03)00094-8
3. Lauersen JB, Andersen TE, Andersen LB. Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: a systematic review, qualitative analysis and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018;52(24):1557–1563. doi: 10.1136/bjsports-2018-099078
4. Pritchard HJ, Barnes MJ, Stewart RJ, et al. Higher- versus Lower-Intensity Strength-Training Taper: Effects on Neuromuscular Performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2019;14(4):458–463. doi: 10.1123/ijsp.2018-0489
5. Green S, Buchbinder R, Hetrick SE. Physiotherapy interventions for shoulder pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003; 22;(3). doi: 10.1002/14651858.CD004258
6. Kuhn JE. Exercise in the treatment of rotator cuff impingement: A systematic review and a synthesized evidence-based rehabilitation protocol. *J Shoulder Elbow Surg.* 2009;18(1):138-160. doi: 10.1016/j.jse.2008.06.004
7. Cho J, et al. The effects of double oscillation exercise combined with elastic band exercise on scapular stabilizing muscle strength and thickness in healthy young individuals: a randomized controlled pilot trial. *J Sports Sci Med.* 2018;17:7-16.

8. Yoo I-G, Yoo W. The Effect of a New Neck Support Tying Method Using Thera-Band on Cervical ROM and Shoulder Muscle Pain after Overhead Work. *J Phys Ther Sci*. 2013;25(7):843-844. doi: 10.1589/jpts.25.843
9. Plotkin D, Coleman M, Van Every D, et al. Progressive overload without progressing load? The effects of load or repetition progression on muscular adaptations. *PeerJ*. 2022;10:e14142. doi: 10.7717/peerj.14142
10. World Health Organization. Global strategy on digital health 2020–2025 [Internet]. 2021. Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/344249/9789240020924-eng.pdf>. Accessed October, 2024.
11. Neter E, Brainin E. eHealth literacy: extending the digital divide to the realm of health information. *J Med Internet Res*. 2012;14(1):e19. doi: 10.2196/jmir.1619
12. Tractinsky N. The Usability Construct: A Dead End? *Hum Comput Interact*. 2017; 33(2):131–177. <https://doi.org/10.1080/07370024.2017.1298038>
13. Deshmukh AM, Chalmeta R. Validation of system usability scale as a usability metric to evaluate voice user interfaces. *PeerJ Comput Sci*. 2024; 29;10:e1918. doi: 10.7717/peerj-cs.1918
14. Chen Z, Siegel LN, Prutzman YM, Wiseman KP. Characterizing perceived usability and its correlation with smoking cessation: An analysis of user assessments of the smoking cessation app quitSTART. *Internet Interv*. 2024; 35:100714. doi: 10.1016/j.invent.2024.100714
15. Kulkarni R, Padmanabham P, Sagare V, et al. Usability evaluation of PS using SUMI (Software Usability Measurement Inventory). In: 2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI); Piscataway: IEEE; 2013. p. 1270-1273. doi:10.1109/ICACCI.2013.6637360
16. Chin JP, Diehl VA, Norman KL. Development of a tool for measuring user satisfaction of the human-computer interface. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; 1988. p. 213-218. doi: 10.1145/57167.57203
17. Davis FD. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Q*. 1989;13(3):319-340. doi: 10.2307/249008

18. Lewis JR. The System Usability Scale: Past, Present, and Future. *Int J Hum Comput Interact.* 2018;34(7):577-590. doi: 10.1080/10447318.2018.1455307
19. Bangor A, Kortum PT, Miller JT. An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *Int J Hum Comput Interact.* 2008; 24(6):574-594. doi: 10.1080/10447310802205776
20. Hägglund M, Scandurra I. User Evaluation of the Swedish Patient Accessible Electronic Health Record: System Usability Scale. *JMIR Hum Factors.* 2021;27;8(3):e24927. doi: 10.2196/24927
21. Peres SC, Pham T, Phillips R. Validation of the System Usability Scale (SUS): SUS in the wild. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.* Thousand Oaks: Sage Publications; 2013. p. 192-196. <https://doi.org/10.1177/15419312135710>
22. Gralha S, Bittencourt ONS. Analysis of questionnaires for evaluating health apps: A systematic review. *Clin Biomed Res.* 2022;11. doi: 10.22491/2357-9730.119236
23. Kortum PT, Bangor A. Usability ratings for everyday products measured with the System Usability Scale. *Int J Hum Comput Interact.* 2013; 29(2):67-76. doi: 10.1080/10447318.2012.681221
24. Nielsen J, Norman D. 10 Usability Heuristics for User Interface Design [Internet]. NN/g Nielsen Norman Group; 1994 [updated 2020; cited 2024 Dec 3]. Available from: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
25. Lutz FD, Cleary CJ, Moffatt HM, et al. Comparison of the H:Q Ratio Between the Dominant and Nondominant Legs of Soccer Players: A Meta-analysis. *Sports Health.* 2023;15(4):486-496. doi: 10.1177/19417381221095096
26. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.* 2007;37(2):145-168. doi: 10.2165/00007256-200737020-00004
27. Pradal-Cano L, Lozano-Ruiz C, Pereyra-Rodríguez JJ, et al. Using mobile applications to increase physical activity: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;7;17(21):8238. doi: 10.3390/ijerph17218238
28. Arain AA, Hussain Z, Rizvi WH, et al. Evaluating the usability of M-Learning application in the context of higher education institute. In: Zaphiris P, Ioannou A,

- editors. Learning and collaboration technologies. LCT 2016. Lecture Notes in Computer Science (LNCS), vol 9753. Springer, Cham; 2016. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39483-1\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39483-1_24)
29. Vaziri DD, Aal K, Ogonowski C, et al. Exploring user experience and technology acceptance for a fall prevention system: results from a randomized clinical trial and a living lab. *Eur Rev Aging Phys Act.* 2016;13:6. <https://doi.org/10.1186/s11556-016-0165-z>
  30. Weenk M, Bredie SJ, Koeneman M, et al. Continuous Monitoring of Vital Signs in the General Ward Using Wearable Devices: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res.* 2020;22(6):e15471. <https://doi.org/10.2196/15471>
  31. Shear K, Rice H, Garabedian PM, et al. Usability Testing of an Interoperable Computerized Clinical Decision Support Tool for Fall Risk Management in Primary Care. *Appl Clin Inform.* 2023 Mar;14(2):212-226. doi: 10.1055/a-2006-4936
  32. Seinsche J, de Bruin ED, Saibene E, et al. A Newly Developed Exergame-Based Telerehabilitation System for Older Adults: Usability and Technology Acceptance Study. *JMIR Hum Factors.* 2023;10:e48845. <https://doi.org/10.2196/48845>
  33. Khalifa M. Modelling ease of learning of user interfaces. *Can J Adm Sci.* 2009;12(3):250-267. doi: 10.1111/j.1936-4490.1995.tb00088.x
  34. Zych MM, Bond R, Mulvenna M, et al. Quality assessment of digital health apps: umbrella review. *J Med Internet Res.* 2024 Oct 10;26:e58616. doi: 10.2196/58616. Erratum in: *J Med Internet Res.* 2024;28;26:e67849. doi: 10.2196/67849

### **Relevância Clínica**

A informação em saúde é uma das áreas de conhecimento que precisa alcançar autonomia no desenvolvimento de ações em saúde. Portanto, para o profissional de saúde que define, gerencia e pratica intervenções assistenciais, de pesquisas e/ou de ensino, o conhecimento e a aplicação de um instrumento para medir o equilíbrio muscular é importante, agregando valor e utilidade às informações coletadas, tabuladas e analisadas.

### 3.2 ARTIGO 2

#### **ANÁLISE DO DESEQUILÍBRIO DO JOELHO POR RESISTÊNCIA MUSCULAR LOCALIZADA COM ELÁSTICO E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS FUNCIONAIS**

Dennis William Abdala, PE, MSc<sup>1,2</sup>, Thais Helena Martins Faria de Almeida, PT<sup>2</sup>, Bruna Mesquita Pereira, PT<sup>2</sup>, Laura Onuzik, PT<sup>2</sup>, Allison Megda Guimarães, PT<sup>2</sup>, Denise Hollanda Iunes, PT, PhD<sup>1,3</sup>, Adriano Prado Simão PT, PhD<sup>1,3</sup>, Leonardo César Carvalho, PT, MD, PhD<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicadas à Saúde, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Ciências da Motricidade, Universidade Federal de Alfenas, MG, Alfenas, Brasil

<sup>3</sup> Instituto de Ciências da Motricidade, Universidade Federal de Alfenas, MG, Alfenas, Brasil

#### **Aprovação ética e consentimento do paciente**

A aprovação ética foi obtida do Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFAL (Protocolo nº 5.688.543). Todos os participantes que atenderam aos critérios de inclusão foram inscritos no estudo após fornecer consentimento informado. A confidencialidade dos dados foi garantida, e o estudo cumpriu os princípios descritos na Declaração de Helsinque.

\*Correspondência para: Leonardo César Carvalho, Instituto de Ciências da Motricidade, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Minas Gerais, Brasil. Jovino Fernandes Sales, 2600 AVE. CEP: 37133-840. E-mail: leonardo.carvalho@unifal-mg.edu.br

Agradecimentos: Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 por meio do PPGB da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG. PET MEC Seseu.

#### **Declaração de conflito de interesse**

Os autores declaram que não há conflito de interesses.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Este artigo foi formatado de acordo com as orientações da revista.

## RESUMO

**OBJETIVO:** Avaliar a razão antagonista/agonista do joelho de adultos jovens, aferido por resistência muscular localizada (RML) com elástico e sua relação com desempenho funcional, ativação muscular, equilíbrio postural e pressão plantar.

**DESENHO:** Estudo observacional transversal.

**MÉTODOS:** Foram analisados 39 participantes. A coleta inicial consistiu na realização do teste de RML de flexo-extensão do joelho e avaliado por um aplicativo denominado RM, baseado em dados isocinéticos e desenvolvido por nosso grupo de pesquisa. Associado foram realizados os testes de hop testes, EMGs, baropodometria.

**RESULTADOS:** Os achados mostram maior RML para o movimento de extensão, revelando a presença de desequilíbrio muscular de 24.03% e 26.83% nos membros direito e esquerdo. Se correlacionam com a razão antagonista/agonista o single hop test dos membros direito ( $r=0.344$ ;  $p=0.043$ ) e esquerdo ( $r=0.343$ ;  $r=0.044$ ) com a razão antagonista/agonista direito; a EMGs do reto femoral esquerdo ( $r=0.362$ ;  $p=0.033$ ), com a razão antagonista/agonista esquerdo; a distribuição de massa com olhos vendados, anterior negativamente ( $r=-0.342$ ;  $p=0.045$ ) e posterior ( $r=0.345$ ;  $p=0.042$ )

**CONCLUSÃO:** Os achados são consistentes de que a razão antagonista/agonista aferido por RML se correlaciona ao desempenho funcional pelo *single hop test*, a ativação muscular do reto femoral e a distribuição de massa corporal anterior e posterior.

Palavras-chave: Teste de Exercício; Músculo; Equilíbrio Postural; Resistência.

## INTRODUÇÃO

A RML é definida como a capacidade de um músculo ou grupo muscular de realizar o máximo de contrações repetidas contra uma carga submáxima por um período prolongado, sendo também referida como resistência muscular local <sup>25, 44</sup>.

A dinamometria isocinética é considerada o padrão ouro para avaliar a força muscular <sup>14</sup>. Associada oferece uma resistência adaptável, a uma velocidade angular constante, o que permite a produção máxima de força ao longo de uma amplitude de movimento definida <sup>4, 7, 37</sup>. Além disso, permite obter a razão do pico de torque entre músculos antagonista e agonista, investigando a presença do desequilíbrio muscular <sup>4, 7, 14, 37</sup>.

O equilíbrio muscular significa que os músculos possuem força, resistência e potência equilibradas de forma recíproca <sup>24</sup>. Em contrapartida, o desequilíbrio muscular é caracterizado quando essas qualidades físicas não estão equilibradas <sup>34</sup>, causando mudanças estruturais e movimentos deficitários que se associam a algumas desordens musculoesqueléticas <sup>45</sup>. A razão de pico de torque é utilizada para avaliar o equilíbrio muscular e a função neuromuscular, especialmente em contextos esportivos de reabilitação <sup>15, 52</sup>. Ela é calculada comparando o torque máximo produzido por grupos musculares opostos, geralmente em uma articulação específica. Para a articulação do joelho a razão do pico de torque entre os isquiotibiais e os quadríceps é um fator crucial para prever tanto a função quanto o risco de lesões no joelho <sup>10, 11, 13, 17, 26, 40, 52</sup>.

Assim, levantamos a hipótese: seria possível avaliar a razão antagonista/agonista por meio de RML com elástico até a falha concêntrica sem o controle de regras de velocidade angular ou amplitude de movimento? O uso de

elásticos se justifica pelo fato de oferecerem uma resistência submáxima adaptável o que permite a obtenção de um número relativamente elevado de contrações até a falha concêntrica <sup>28, 43</sup>. E o uso de RML se justifica pelo fato de possibilitar uma análise de torques ao longo de toda a amplitude, pois a comparação de medidas de pico isoladas não detecta déficits de força <sup>15</sup>. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a razão antagonista/agonista do joelho de adultos jovens, aferido por RML com elástico e sua relação com desempenho funcional, ativação muscular, equilíbrio postural e pressão plantar.

## **MÉTODOS**

Este é um estudo observacional transversal e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Alfenas (CAE: 6 0359722.1.1001.5142. Parecer: 5.688.543).

O estudo segue as diretrizes do Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology – STROBE.

### **Participantes**

Recrutamos participantes por meio de convite presencial. Como critério de seleção foi considerado: ambos os sexos, que não apresentassem diagnóstico médico de doenças neurológicas; ortopédicas; traumatológicas; reumatológicas e que promovessem alterações do equilíbrio postural estático ou ocasionassem dor crônica, desta forma, 39 participantes foram selecionados. As coletas foram realizadas na Clínica de Fisioterapia Profa. Dra. Ana Cláudia Bonome Salate, da Universidade

Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), entre os meses de março e setembro de 2024.

### **Medidas**

Para todas as coletas, os participantes realizaram ambientação dos testes que seriam propostos, sanadas as dúvidas os procedimentos foram realizados na seguinte sequência: 1° Teste de RML de flexo-extensão do joelho > Intervalo de 48h > 2° Baropodometria e Hop testes > Intervalo de 48h > 3° EMGs.

### **Avaliação da Resistência Muscular Localizada (RML)**

O presente método foi desenvolvido por nosso grupo de pesquisa <sup>1</sup>. A avaliação foi realizada por meio de movimentos de flexão e extensão do joelho, sob resistência elástica, avaliando primeiro o membro direito e, posteriormente o esquerdo, com intervalo de três minutos entre os membros. Cada participante utilizou um elástico de nº 200, individual e intransferível, com 1.50m de comprimento (Material complementar). A resistência fornecida foi contínua durante todo o movimento, garantindo uniformidade e precisão na avaliação dos músculos envolvidos.

Para a avaliação do movimento de extensão do joelho, o participante foi posicionado sentado, em uma maca, com flexão de 90° nas articulações do quadril, joelho e tornozelo, coluna ereta, pés apontando para frente e membros superiores relaxados. Para o movimento de flexão do joelho, o participante foi posicionado em decúbito ventral, membros superiores ao lado do corpo e cabeça ajustada para conforto (Material complementar).

Em ambos os casos, a resistência foi fornecida por um elástico fixada na maca e ao membro inferior do voluntário com o ponto de fixação do elástico na extremidade dos

maléolos medial e lateral. Após a fixação o voluntário era orientado sobre o movimento a ser realizado e dado o comando verbal “pode iniciar”. Os exercícios foram realizados até a falha concêntrica voluntária, modificado de Shimano et al <sup>46</sup>, com o número de repetições registrado manualmente por um contador digital estático.

Após a obtenção dos dados de RML os dados foram lançados no app RML. O software foi desenvolvido em Microsoft Power FX no Power Apps, e utiliza como base dados normativos de razão de pico de torque isocinético obtidos na literatura <sup>9, 38, 41</sup> e corrigido para que o valor de desequilíbrio mostre um número 0 (zero) na presença de uma articulação equilibrada, ao invés de apresentar dados entre 60% e 69% de razão de pico, como descrito na literatura <sup>9, 38, 41</sup>. As razões antagonista e agonista foram subtraídas de 61 e 62 devido as razões de torque isocinético em sujeitos normais serem 61% e 62%, assim o resultado de desequilíbrio mostraria valores mais próximos a zero.

O cálculo programado no app RML seguiu as seguintes fórmulas matemáticas:

$$Desequilíbrio\ masculino = \left[ 61 - \left( \frac{antagonista \times 100}{agonista} \right) \right]$$

$$Desequilíbrio\ feminino = \left[ 62 - \left( \frac{antagonista \times 100}{agonista} \right) \right]$$

O processo inclui o início do aplicativo (**FIGURA 1A**), escolha do sexo (**FIGURA 1B**), seleção da articulação (**FIGURA 1C**) e do movimento a ser avaliado (**FIGURA 1D**). Após inserir os dados de repetição máxima (**FIGURA 1E**), o aplicativo calcula o

desequilíbrio e sugere análises para reequilíbrio (**FIGURA 1F**), proporcionando um fluxo claro e acessível.

Figura 1

### **Avaliação do Desempenho Funcional**

Foram realizados quatro tipos de testes, utilizando uma marcação de 6m no solo e uma fita central de 15cm de largura. Os participantes realizaram três tentativas com os membros inferiores, alternando entre o membro direito e esquerdo, permitindo utilizar os membros superiores como impulsão, sendo considerada a média dos valores obtidos.

Os participantes foram submetidos a uma bateria de testes de quatro saltos realizada na seguinte ordem: 1) o salto simples para distância, 2) o salto triplo para distância, 3) o salto triplo cruzado para distância e 4) o salto cronometrado de 6 m<sup>39</sup>. Após cada salto as medidas de distância foram obtidas. Para o salto cronometrado de 6 m, uma contagem regressiva (ou seja, "3, 2, 1, vai") foi fornecida pelo avaliador posicionado no final da distância de 6 m, com o cronômetro iniciado ao movimento inicial do participante e interrompido quando o mesmo passava da marcação de 6 m.

Os participantes receberam uma descrição verbal do teste individual antes de cada teste de salto e foram autorizados dois saltos de aquecimento em cada membro (do salto simples para distância) antes de iniciar a bateria de testes de salto. Eles então receberam uma única tentativa de prática em cada membro para cada um dos três testes de salto a seguir, imediatamente antes do teste individual. Todos os testes de salto de distância foram medidos com precisão de 0,01 m e o salto cronometrado de 6 m com precisão de 0,01 s usando um cronômetro.

### **Avaliação da Ativação Muscular**

Para a análise da eletromiografia de superfície (EMGs) dos músculos reto femoral e bíceps femoral foi realizada durante os movimentos de extensão e flexão do joelho <sup>5</sup>. Foi utilizado o eletromiógrafo sem fio Trigno de 8 canais (*EMGWorks, Delsys Inc.*), juntamente com o *software* de aquisição EMGWorks 4.0, para a obtenção dos parâmetros de raiz quadrada média (RMS) e sinal de pico. Os participantes foram orientados a raspar a área previamente à avaliação, a fim de minimizar possíveis interferências nos dados <sup>22</sup>. A aquisição do sinal foi calibrada com uma frequência de amostragem de 1000 Hz, com ganho de 1000 vezes, e filtrada com filtros passa-alta em 20 Hz, passa-baixa em 500 Hz, e um filtro de 60 Hz para evitar interferência elétrica. A coleta de dados foi realizada de forma contínua durante 10 segundos, sendo os 2 primeiros e os 2 últimos segundos descartados para a análise dos dados. Foram utilizados quatro eletrodos não invasivos, posicionados nos músculos reto femoral direito e esquerdo, e bíceps femoral direito e esquerdo. Antes da colocação dos eletrodos, o pesquisador realizou a palpação dos músculos para garantir o posicionamento correto. Os locais de posicionamento dos eletrodos foram determinados conforme Hermens et al <sup>22</sup>. Para a análise dos dados eletromiográficos obtidos, foi realizada a normalização do EMGs durante o movimento, dividindo-se o valor do EMGs obtido durante a tarefa por um valor de referência do EMG do mesmo músculo <sup>19</sup>.

## **Avaliação do Equilíbrio Postural e Pressão Plantar**

Para a coleta de dados, foi utilizado o baropodômetro *FootWork Pro* (IST-Informatique, França). Durante o teste os participantes foram posicionados em posição ortostática sobre o equipamento, com os pés equidistantes, garantidos por um gabarito de 10 cm entre os maléolos mediais do tornozelo.

Após familiarização, o equilíbrio estático foi avaliado em duas condições: olhos abertos, fixando o olhar em um ponto a 1 metro; olhos vendados por óculos e ouvidos por abafador de som. Três coletas foram realizadas para cada condição, com duração de um minuto e intervalo de um minuto entre elas <sup>35</sup>. Os dados, adquiridos a 100Hz, foram analisados no software *FootWork Pro v.3.2.2.0* (IST Informatique, França) e obtidos os dados dos seguintes variáveis: distribuição de massa corpórea (anterior, posterior, direito e esquerda), dados estabilométricos como área de oscilação do centro de pressão (COP), deslocamento anteroposterior (COP-AP), mediolateral (COP-ML), e pressão plantar máxima (PPMáx).

## **Análise Estatística**

O tamanho e o poder amostral foram previamente calculados utilizando um estudo piloto. O cálculo (*G\*Power 3.1.7; FranzPaul, Universität Kiel, Alemanha*) do poder amostral e do tamanho do efeito foi obtido por meio da CIVM de extensão esquerda e correlacionada com a RML esquerda a partir do coeficiente de correlação dado  $r=0,220$  e utilizando os seguintes parâmetros: Família de testes: testes t > Teste estatístico: Correlação: modelo bisserial pontual > Tipo de análise de poder: a priori: calcular o tamanho amostral necessário — dados  $\alpha$ , poder e tamanho do efeito. O tamanho da amostra calculada foi de 30 voluntários.

O estudo utilizou uma análise por intenção de tratar realizada utilizando maximização esperada, com o resultado obtido pelo teste MCAR de *Little* sendo 1,000.

A análise estatística foi conduzida utilizando o software *Statistical Package for the Social Science* (SPSS, versão 20.0) para Windows. Inicialmente, os dados foram examinados por métodos estatísticos descritivos, com o objetivo de obter as médias e os desvios-padrão. Para avaliar a distribuição dos conjuntos de dados, foi aplicado o teste de *Komogorov-Smirnov*, verificando a normalidade.

Nos casos de distribuição não-paramétrica, utilizou-se o teste de correlação de *Spearman*, enquanto para distribuições paramétricas, empregou-se o teste de correlação de *Pearson*. Foram consideradas a seguinte interpretação para os valores de *r*: Desprezível (0.00 a 0.10), Fraca (0.11 a 0.30), moderada (0.31 a 0.50), forte (0.51 a 0.70), muito forte (0.71 a 0.90) e perfeita (0.91 a 1.00) <sup>23</sup>. Os resultados foram considerados estatisticamente significativos quando o valor de *p* foi inferior a 0.05.

## RESULTADOS

Participaram do estudo 39 participantes adultos jovens com idade de  $21.23 \pm 2.43$  anos (massa corporal de  $64.43 \pm 12.79$  Kg, estatura  $1.63 \pm 0.07$  m e IMC  $23.16 \pm 2.66$  kg/m<sup>2</sup>).

Os dados apresentados na **TABELA 1** demonstram os resultados de RML e da razão antagonista/agonista dos membros direito e esquerdo.

Tabela 1

Na **TABELA 2** são apresentados os resultados das avaliações de *hop test*, EMG e baropodometria.

Tabela 2

Na **TABELA 3** são apresentados os dados de correlação entre os resultados obtidos nas avaliações. Foi observado uma correlação positiva e moderada entre o single test direito e esquerdo com a razão antagonista/agonista do membro direito. O six meter test do membro direito se correlaciona negativa e moderadamente com o valor de RML de flexão do membro esquerdo. O six meter test do membro esquerdo se correlaciona negativa e moderadamente com os valores RML de flexão do membro direito e esquerdo e extensão esquerda.

A EMGs do músculo reto femoral direito se correlaciona positiva e moderadamente com a RML de flexão direita. A EMGs do músculo reto femoral esquerdo se correlaciona positiva e moderadamente com a razão antagonista/agonista do membro esquerdo. A EMGs do bíceps femoral direito se correlaciona positiva e moderadamente com os

valores de RML de extensão direita e esquerda (**TABELA 3**).

A distribuição de massa à direita e a esquerda com os olhos vendados se correlaciona positiva e negativa, respectivamente e de modo moderado com os valores de RML de extensão do membro direito. A distribuição de massa anterior com os olhos abertos se correlaciona positiva e fortemente com os valores de RML de flexão do membro direito e positiva e moderadamente com os valores de RML de flexão do membro esquerdo. A distribuição de massa anterior com os olhos vendados se correlaciona positiva e moderadamente com os valores de RML de flexão do membro direito e negativa e moderadamente com a razão antagonista/agonista do membro esquerdo. A distribuição de massa posterior com os olhos abertos se correlaciona negativa e fortemente com os valores de RML de flexão do membro direito e negativa e moderadamente os valores de RML de flexão do membro esquerdo. Com os olhos vendados, se correlaciona negativa e moderadamente com os valores de RML de flexão do membro direito e positiva e moderadamente com a razão antagonista/agonista do membro esquerdo (**TABELA 3**).

Na estabilometria, a área do COP com os olhos vendados, se correlaciona negativa e moderadamente com os valores de RML de extensão do membro esquerdo. A oscilação anteroposterior do COP, com os olhos abertos, se correlaciona negativa e moderadamente com os valores de RML de extensão do membro direito e extensão do membro esquerdo. A mesma variável mostra que quando os olhos estão vendados, ocorre uma correlação negativa e moderada com os valores de RML de extensão do membro esquerdo. Para a oscilação mediolateral do COP, com os olhos abertos, foi observado uma correlação negativa e moderada com os valores de RML de flexão do membro direito e negativa e forte com os valores de RML de extensão dos membros

direito e esquerdo. Ainda na oscilação mediolateral do COP, com os olhos vendados, foi observado a correlação negativa e moderada com os valores de RML de extensão do membro direito e negativa e forte com os valores de RML de extensão do membro esquerdo (**TABELA 3**).

A pressão máxima do lado direito, com os olhos abertos, se correlaciona negativa e moderadamente com os valores de RML de flexão do membro direito e esquerdo e extensão direito. A pressão máxima do lado esquerdo, com os olhos abertos, se correlaciona negativa e fortemente com os valores de RML de flexão do membro direito e negativa e moderadamente com os valores de RML de extensão do membro direito e flexão do membro esquerdo. Essa mesma variável, com os olhos vendados, correlaciona negativa e moderadamente com os valores de RML de flexão do membro direito e flexão do membro esquerdo (**TABELA 3**).

Tabela 3

## **DISCUSSÃO**

Este estudo analisou a razão antagonista/agonista por RML com resistência elástica até a falha muscular concêntrica da articulação do joelho em adultos jovens saudáveis e sua correlação com variáveis para otimização do desempenho físico. Os resultados indicaram maior RML de extensão em comparação à flexão, refletindo os achados anteriores que associam a mudança da razão antagonista/agonista entre isquiotibiais e quadríceps isocinética ao aumento do risco de lesões, como rupturas do LCA e distensões musculares <sup>8, 31, 41</sup>.

Pesquisas anteriores relatam picos de torque isocinético mais elevados em

extensão do que em flexão <sup>20, 53, 57</sup>. Em nosso estudo, utilizando a RML, os valores também demonstraram maior capacidade extensora, consistente com as pesquisas anteriores <sup>6</sup>. Outros achados identificaram que uma relação H:Q de 60%-69% está associada à ausência de lesões <sup>13</sup>.

Estudos prévios destacam que os isquiotibiais são mais suscetíveis a lesões do que os quadríceps, representando até 70% das lesões, com proporções de 37% para os isquiotibiais e 19% para os quadríceps <sup>12, 16</sup>. Ademais, desequilíbrios acima de 10% a 15% estão associados a maiores riscos de distensão e lesões no ligamento cruzado anterior <sup>48, 49</sup>.

Em nossos resultados, a relação H:Q foi de 24% para o membro direito e 26% para o membro esquerdo, isso quer dizer que em comparação a análises isocinéticas, para o membro direito, existe um desequilíbrio de 36% abaixo do ideal de 60% e para o membro esquerdo um desequilíbrio de 36% abaixo. Isso mostra que mesmo avaliando sujeitos saudáveis, é possível afirmar que os participantes apresentavam uma situação de relação H:Q comprometida o que permitiu a obtenção de uma correlação entre o *single hop test* e a razão antagonista/agonista direita. Embora não se tenha identificado estudos que correlacionaram diretamente o *single hop test* a razão H:Q, a força isocinética dos músculos extensores e flexores do joelho possui correlação de moderada a forte com as distâncias alcançadas no *single hop test* em participantes saudáveis <sup>50</sup> e após a reconstrução do LCA <sup>2, 33</sup>.

O salto cronometrado de seis metros apresenta baixa sensibilidade para detectar déficits funcionais contínuos <sup>27, 55</sup>. No presente estudo uma correlação negativa entre o six meter test e o RML, o que demonstra sensibilidade em identificar déficits, porém de modo antagônico, ou seja, quanto maior a capacidade de executar a RML, menor a

capacidade de realizar o salto cronometrado de seis metros.

A analisarmos o recrutamento muscular e as associações com a RML, podemos identificar correlações moderadas e positivas entre os membros avaliados e identificado em outros estudos <sup>42, 47</sup>. De modo similar Sung et al <sup>47</sup> identificou correlação positiva moderada e forte entre a EMGs com a força isométrica flexora e extensora do joelho. Por outro lado, resultados divergentes foram relatados, nos quais a maior aptidão na força muscular máxima não foi associada a um aumento na atividade elétrica dos músculos quadríceps <sup>30</sup>.

Ao analisarmos os achados de EMGs do músculo reto femoral e a razão antagonista/agonista identificou-se correlação apenas no membro esquerdo. Apesar de haver uma escassez de estudos que investigaram diretamente esta correlação, é possível identificar que quanto maior o recrutamento de fibras no reto femoral esquerdo, maior será a razão antagonista/agonista baseado em RML. Tal fato, poderia contribuir para identificação de fatores ocasionais de lesão muscular, pois na presença de uma menor relação H:Q, associado a outros fatores não avaliados em nosso estudo, como baixa força muscular e história de lesões prévias de isquiotibiais, o risco de lesão aguda aumenta <sup>26</sup>.

Além disso, foi observado uma maior atividade EMGs do bíceps femoral direito que se correlaciona com a RML de extensão direita e esquerda. É provável que um padrão de ativação muscular assimétrico <sup>56</sup> possa estar presente, o que contribuiria para maior risco de lesão no membro avaliado, pois assimetrias de força e potência de >10% a 15% são clinicamente significativas <sup>3, 48</sup>.

Em relação ao equilíbrio estático pesquisas anteriores descreveram que a oscilação postural não está diretamente relacionada à força muscular <sup>32</sup>. Entretanto, a

força muscular impacta positivamente o equilíbrio dinâmico funcional, enquanto pode prejudicar o controle postural estático em condições específicas, como olhos fechados<sup>18</sup>. Embora a relação direta entre a razão antagonista/agonista isocinética e parâmetros de equilíbrio medidos por baropodometria não esteja amplamente documentada na literatura, no presente estudo, observamos que quanto maior a capacidade de realizar RML de flexão, maior é a distribuição de massa na região anterior e menor para posterior. Além disso, o equilíbrio estático mostra uma associação negativa entre a área do COP e a RML de extensão. Na presença de déficit de controle postural existe o risco aumentado de lesão recorrente do tornozelo<sup>54</sup>. Embora o controle postural e a estabilidade sejam aspectos importantes da saúde musculoesquelética, a área do COP, por si só, não é amplamente reconhecida como um indicador isolado do risco de lesões musculoesqueléticas, o que se faz necessário o desenvolvimento de novos estudos.

Um estudo com mulheres jovens saudáveis mostra correlação entre os limites de estabilidade geral e a força do quadríceps<sup>51</sup>, em nosso estudo o mesmo achado foi identificado com o RML, porém com correlações negativas, ou seja, um aumento nos limites de oscilação do COP antero-posterior e médio-lateral se correlacionam negativamente com a RML de extensão em ambos os joelhos.

Ao se avaliar o pico pressão máxima plantar os achados demonstram correlação negativa com a RML em todos os movimentos, porém variável ao estímulo visual. Não foram identificadas correlações entre a pressão plantar e a razão antagonista/agonista. É plausível afirmar que caso ocorra aumento da pressão plantar ocorre redução na capacidade de realizar RML, independente do membro ou movimento avaliado. Um estudo mostra que o aumento da fadiga muscular está significativamente relacionado a um pico de pressão plantar mais alto<sup>29</sup>. Porém, uma recente revisão sistemática

mostrou que em situação de fadiga muscular geral e local em atletas de corrida, diferentes respostas foram obtidas em relação às mudanças na pressão plantar. O estudo aponta uma redução na pressão plantar (35%) ou um aumento (5%) na presença de fadiga muscular <sup>21</sup>. Portanto, é crucial para a prevenção de lesões, determinar se a fadiga <sup>36</sup> identificada por uma baixa capacidade de realizar RML de flexão ou extensão da articulação, promove desequilíbrios musculares e alterem os padrões de pisada.

A principal limitação do estudo foi o tamanho da amostra, que não permitiu validade externa significativa. Além disso, a avaliação limitou-se à análise de uma população de adultos jovens saudáveis. Estudos futuros são sugeridos com a mesma abordagem, mas com um tamanho amostral maior, ou potenciais colaborações para estudos multicêntricos, seriam importantes para confirmar os resultados.

## CONCLUSÃO

A razão antagonista/agonista aferido por RML se correlaciona ao desempenho funcional pelo *single hop test*, a ativação muscular do reto femoral e a distribuição de massa corporal anterior e posterior.

## PONTOS-CHAVE

**RESULTADOS:** A RML do movimento de extensão foi superior à do movimento de flexão. No desempenho funcional, os resultados do *single hop test* dos membros direito e esquerdo apresentaram correlação com a razão antagonista/agonista do lado direito. A ativação muscular do reto femoral, o equilíbrio postural, a distribuição de massa corporal também se correlacionou com a razão antagonista/agonista do lado esquerdo.

**IMPLICAÇÕES:** Os resultados preliminares são promissores principalmente pelo baixo custo de triagem, mas o desenvolvimento adicional é necessário para avaliar as respostas entre razão antagonista/agonista aferida por RML com elástico e outras variáveis em ambientes clínicos quanto esportivos. Esta nova metodologia pode contribuir para a redução dos custos de avaliação e auxiliar os clínicos na prevenção de lesões esportivas.

**ATENÇÃO:** Estudamos um grupo de participantes adultos jovens e saudáveis, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras populações.

## DETALHES DO ESTUDO

**CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES:** DWA, DHI, APS e LCC conceituação,

metodologia, análise formal, redação, revisão e edição, visualização. DWA, THMFA, BMP e AMG responsáveis pela aquisição de dados. LCC e LO análise dos dados. O manuscrito foi escrito por DWA, DHI, APS e LCC.

**COMPARTILHAMENTO DE DADOS:** O conjunto de dados desidentificados está disponível mediante solicitação por e-mail ao autor correspondente (leonardo.carvalho@unifal-mg.edu.br).

**ENVOLVIMENTO DO PACIENTE E DO PÚBLICO:** Os participantes do estudo não estiveram envolvidos no desenho, condução, interpretação ou tradução da pesquisa atual.

## REFERÊNCIAS

1. Abdala DW, Castro T, Costa WS, Silveira BA, et al. Effect of thigh muscle strength training through telerehabilitation in volunteers with low back pain. A controlled and randomized clinical trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2025; (43): 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2025.04.016>.
2. Aizawa J, et al. Correlations between isokinetic knee torques and single-leg hop distances in three directions in patients after ACL reconstruction. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2021; (13): 38. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00265-5>
3. Bond CW, et al. Asymmetry of lower extremity force and muscle activation during knee extension and functional tasks. *Muscle Nerve*. 2017; 56(3): 495-504. <https://doi.org/10.1002/mus.25506>
4. Cadore EL, González-Izal M, Pallarés JG, et al. Muscle conduction velocity, strength, neural activity, and morphological changes after eccentric and concentric training. *Scand J Med Sci Sports*. 2014; 24(5): e343–52. <https://doi.org/10.1111/sms.12186>
5. Casolo A, Andreia, Farina, et al. Strength training increases conduction velocity of high-threshold motor units. *Med Sci Sports Exerc*. 2020; 52(4): 955-967. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002196>
6. Colado JC, Triplett NT. Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. *J Strength Cond Res*. 2008; 22(5): 1441-1448. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817ae67a>
7. Coudeyre E, et al. Isokinetic muscle strengthening for knee osteoarthritis: A systematic review of randomized controlled trials with meta-analysis. *Ann Phys Rehabil*

*Med.* 2016; 59(3) :207-215. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.01.013>

8. Croisier JL, et al. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* 2002; (30): 199-203. <https://doi.org/10.1177/03635465020300020901>
9. Cui SY, et al. Effect of acupuncture exercise therapy synchronizing isokinetic muscle strength training for postoperative rehabilitation of meniscectomy under arthroscopy. *Zhongguo Zhen Jiu.* 2023; 43(10): 1118-22. Chinese. <https://doi.org/10.13703/j.0255-2930.20221228-0002>
10. Cvjetkovic DD, Bijeljic S, Palija S., et al. Isokinetic Testing in Evaluation Rehabilitation Outcome After ACL Reconstruction. *Med Arch.* 2015; 69(1): 21-23. <https://doi.org/10.5455/medarh.2015.69.21-23>
11. Dallinga JM, et al. Which screening tools can predict injury to the lower extremities in team sports?: a systematic review. *Sports Med.* 2012; 42(9): 791-815. <https://doi.org/10.1007/BF03262295>
12. Dekkers T, et al. Epidemiology and moderators of injury in Gaelic football: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2022; 25(3): 222–229. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.10.003>
13. Devan MR, et al. A Prospective Study of Overuse Knee Injuries Among Female Athletes with Muscle Imbalances and Structural Abnormalities. *J Athl Train.* 2004; 39(3): 263-267. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC522150/>
14. Dvir Z, Müller S. Multiple-Joint Isokinetic Dynamometry: A Critical Review. *J Strength Cond Res.* 2020; 34(2): 587-601. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002982>
15. Ebert JR, et al. Isokinetic torque analysis demonstrates deficits in knee flexor and

extensor torque in patients at 9-12 months after anterior cruciate ligament reconstruction, despite peak torque symmetry. *Knee*. 2021; (32): 9-18. doi: 10.1016/j.knee.2021.07.003. Epub 2021 Aug 4. PMID: 34364253.

16. Ekstrand J, et al. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*. 2011; 39(6): 1226-1232. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>

17. Erickson LN, Sherry MA. Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. *J Sport Health Sci*. 2017; 6(3): 262-270. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.001>

18. Forte R, et al. Measures of static postural control moderate the association of strength and power with functional dynamic balance. *Aging Clin Exp Res*. 2014; 26(6): 645-653. <https://doi.org/10.1007/s40520-014-0216-0>

19. Halaki M, Ginn K. Normalization of EMG signals: to normalize or not to normalize and what to normalize to? *In: Computational Intelligence in Electromyography Analysis – A Perspective on Current Applications and Future Challenges*. 1st ed. London: InTech; 2012. <https://doi.org/10.5772/49957>

20. Hannon JP, et al. Normalized Hip and Knee Strength in Two Age Groups of Adolescent Female Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2022; 36(1): 207-211. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31868812/>

21. Hazzaa WA, Hottenrott L, Kamal MA, Mattes K. The Influence of General and Local Muscle Fatigue on Kinematics and Plantar Pressure Distribution during Running: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports (Basel)*. 2023; 11(12): 241. <https://doi.org/10.3390/sports11120241>

22. Hermens HJ, et al. European Recommendations for Surface Electromyography – SENIAM. 1999; (8). Available at: <https://pt.scribd.com/document/590053286/Seniam-Recommendations-en>. Accessed on Dec.13, 2024.

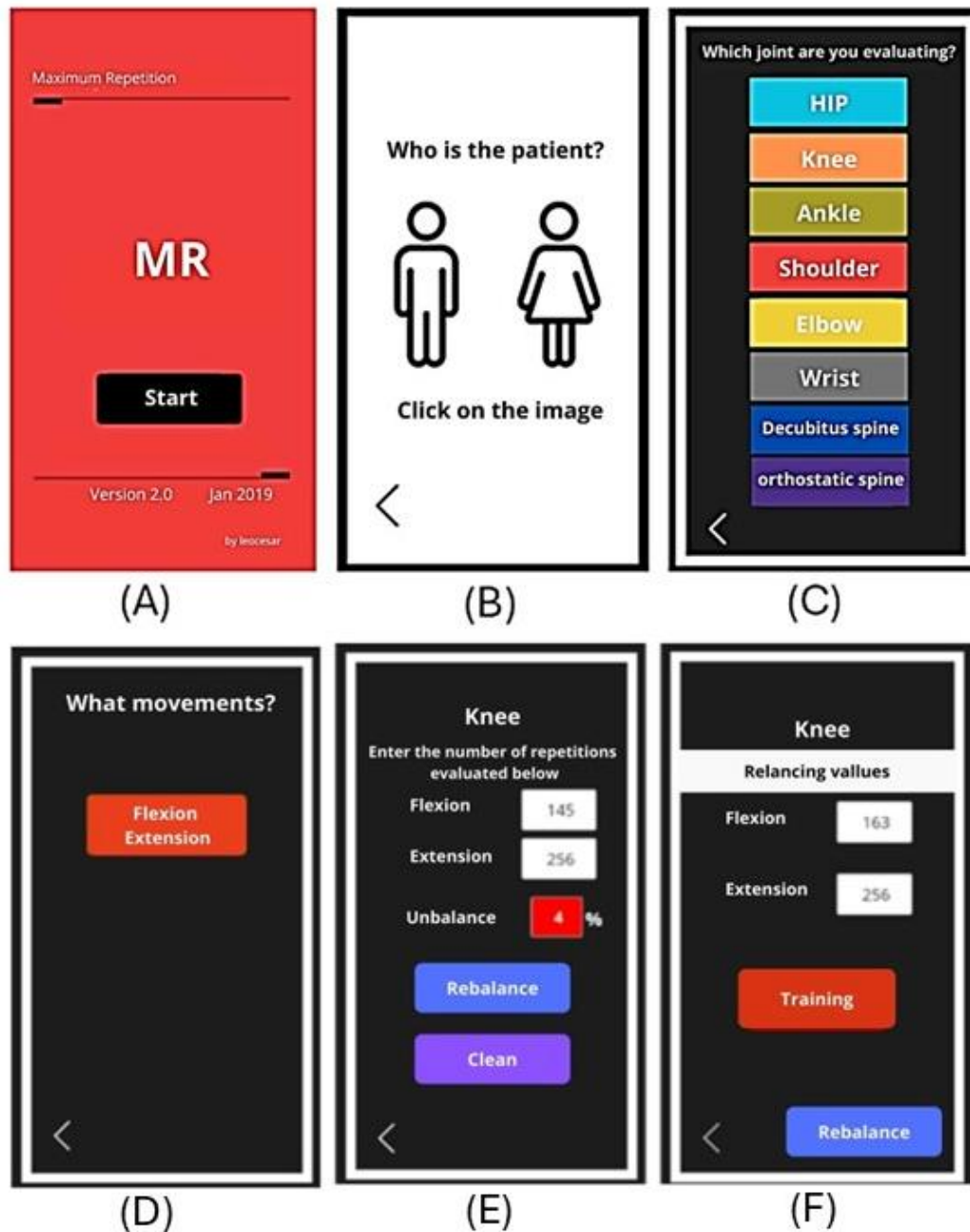
23. Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin, 2003.
24. Kang SR, et al. Comparative analysis of basal physical fitness and muscle function in relation to muscle balance pattern using rowing machines. *Biomed Mater Eng*. 2014; 24(6): 2425-35. <https://doi.org/10.3233/BME-141056>
25. Kell RT, Bell G, Quinney A. Musculoskeletal fitness, health outcomes and quality of life. *Sports Med*. 2001; 31(12): 863–73. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131120-00003>
26. Lee JWY, et al. Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: a prospective study of 146 professional players. *J Sci Med Sport*. 2018; 21(8): 789-793. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.11.017>
27. Logerstedt D, et al. Symmetry restoration and functional recovery before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013; 21(4): 859–68. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-1929-2>
28. Lopes JSS, Micheletti JK, Machado AF, et al. Test-retest reliability of knee extensors endurance test with elastic resistance. *PLoS One*. 2018; 13(8): e0203259. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203259>
29. Lung CW, et al. Effects of various walking intensities on leg muscle fatigue and plantar pressure distributions. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021; 22(1): 831. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04705-8>
30. Marshall PWM, et al. Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. *Eur J Appl Physiol*. 2011; (111): 3007–3016. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1944-x>

31. Mjøl̄snes R, et al. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. 2004; 14(5): 311-7. <https://doi.org/10.1046/j.1600-0838.2003.367.x>
32. Muehlbauer T, et al. Associations Between Measures of Balance and Lower-Extremity Muscle Strength/Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2015; 45(12): 1671-1692. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0390-z>
33. Nagai T, et al. Hop tests can result in higher limb symmetry index values than isokinetic strength and leg press tests in patients following ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020; 28(3): 816-822. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05513-3>
34. NEME JR. Balancing act: muscle imbalance effects on musculoskeletal injuries. *Mo Med*. 2022; 119(3): 225-228. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9324710/>. Accessed on Dec. 5, 2024.
35. Neto HP, et al. Clinical analysis and baropodometric evaluation in diagnosis of abnormal foot posture: a clinical trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2015; 19(3): 429–433 Available at: [https://www.bodyworkmovementtherapies.com/article/S1360-8592\(14\)00180-6/abstract](https://www.bodyworkmovementtherapies.com/article/S1360-8592(14)00180-6/abstract). Accessed on Mar. 1, 2025.
36. Pajek MB, et al. The Asymmetry of lower Limb load in Balance Beam Routines. *Science of Gymnastics Journal*. 8th ed. Ljubljana, SVN. 1, 2016: 5-13,100. Available at: <https://www.proquest.com/docview/1779955069?sourcetype=Scholarly%20Journals>. Accessed on Mar. 10, 2025

37. Papadopoulos C, Theodosiou K, Bogdanis GC, et al. Multiarticular isokinetic high-load eccentric training induces large increases in eccentric and concentric strength and jumping performance. *J Strength Cond Res.* 2014; 28(9): 2680-8. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000456>.
38. Pellicer-Chenoll M, et al. Comparison of conventional hamstring/quadriceps ratio between genders in level-matched soccer players. *Rev Andal Med Sport.* 2017; 10(1): 14-18. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.05.002>
39. Reid A, et al. Hop test provides reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 2007; 87(3): 337-349. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060143>
40. Rogan S, et al. Effects of Hip Abductor Muscles Exercises on Pain and Function in Patients with Patellofemoral Pain. a Systematic Review and Meta-Analysis. *J Strength Cond Res.* 2019; 33(11): 3174-3187. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002658>
41. Ruas CV, et al. Effect of Three Different Muscle Action Training Protocols on Knee Strength Ratios and Performance. *J Strength Cond Res.* 2018; 32(8): 2154-2165. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002134>
42. Saeterbakken AH, et al. The short- and long-term effects of resistance training with different stability requirements. *PLoS One.* 2019; 14(4): e0214302. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214302>
43. Schoenfeld BJ, et al. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: a systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2017; 31(12): 3508-3523. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002200>.

44. Schoenfeld BJ, et al. Loading recommendations for muscle strength, hypertrophy, and local endurance: a re-examination of the repetition continuum. *Sports (Basel)*. 2021; 9(2): 32. <https://doi.org/10.3390/sports9020032>
45. Scilingo EP, et al. Performance evaluation of sensing fabrics for monitoring physiological and biomechanical variables. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. 2005; vol. 9, n3, 9: 345-352. <https://doi.org/10.1109/TITB.2005.854506>
46. Shimano T, Kraemer WJ, Spiering BA, et al. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006; 20(4): 819-23. <https://doi.org/10.1519/R-18195.1>
47. Sung JH, et al. Surface Electromyography-Driven Parameters for Representing Muscle Mass and Strength. *Sensors*. 2023; 23(12): 5490. <https://doi.org/10.3390/s23125490>
48. Tabben M, Eirale C, Singh G, Al-Kuwari A, et al. Injury and illness epidemiology in professional Asian football: lower general incidence and burden but higher ACL and hamstring injury burden compared with Europe. *Br J Sports Med*. 2022; 56(1): 18-23. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102945>
49. Vaisman A, et al. Lower Limb Symmetry: Comparison of Muscular Power Between Dominant and Nondominant Legs in Healthy Young Adults Associated with Single-Leg-Dominant Sports. *Orthop J Sports Med*. 2017; 5(12): <https://doi.org/10.1177/2325967117744240>
50. Vassis K, Kanellopoulos A, Spanos S, Kakolyri D, et al. Association Between Isokinetic Knee Strength Characteristics and Single-Leg Hop Performance In Healthy Young Participants. *J Chiropr Med*. 2023; 22(1): 27-34. doi: 10.1016/j.jcm.2022.05.003

51. Wang H, et al. Correlation among proprioception, muscle strength, and balance. *J Phys Ther Sci*. 2016; 28(12): 3468-3472. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.3468>
52. Westwood C, Welbeck A, Killelea C, et al. Examining isokinetic knee peak torque and time to peak torque as predictors of vertical jump height in division I men's basketball players. *PloS One*. 2025; 20(4): e0303701. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303701>
53. Whiteley R, et al. Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. *J Sci Med Sport*. 2012; 15(5): 444-450. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.01.003>
54. Wikstrom EA, et al. Balance capabilities after lateral ankle trauma and intervention: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41(6): 1287-95. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318196cbc6>
55. Wilk KE, et al. The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994; 20(2): 60–73. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.20.2.60>
56. Yılmaz AK, Kabadayı M. Electromyographic responses of knee isokinetic and single-leg hop tests in athletes: dominant vs. non-dominant sides. *Res Sports Med*. 2022; 30(3): 229–43. <https://doi.org/10.1080/15438627.2020.1860047>
57. Zvijac JE, et al. Isokinetic concentric quadriceps and hamstring normative data for elite collegiate American football players participating in the NFL Scouting Combine. *J Strength Cond Res*. 2014; 28(4): 875-883. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a20f19>



**FIGURA 2.** Interface inicial do aplicativo (A), tela de seleção do sexo do participante avaliado (B), tela de seleção da articulação a ser avaliada (C), tela de seleção do movimento da articulação do joelho (D), tela de lançamento dos valores obtidos na avaliação de repetição máxima dos dados coletados (E) tela de configuração para os valores sugeridos pelo aplicativo para o reequilíbrio articular (F).

**TABELA 1. DADOS DOS VALORES DE RESISTÊNCIA MUSCULAR LOCALIZADA DE FLEXO-EXTENSÃO DO JOELHO E O DESEQUILÍBRIO MUSCULAR (MÉDIA ± DP)**

MEMBRO	MOVIMENTO	RML	AN/A RAZÃO
D	flexão	92.24 ± 28.86	24.03 ± 23.83
	extensão	413.03 ± 280.40	
E	flexão	87.41 ± 28.79	26.83 ± 24.99
	extensão	457.49 ± 379.54	

Legenda: RML- Resistência muscular localizada; AN/A -razão antagonista/agonista; R- direito; L- esquerdo

**TABELA 2. DADOS DAS VARIÁVEIS AVALIADAS DE HOP TEST, EMGs, ESTABILOMETRIA, DISTRIBUIÇÃO DE MASSA, PRESSÃO MÁXIMA E INTERVALO DE CONFIANÇA**

<b>AVALIAÇÕES</b>	<b>TESTES</b>	<b>MEMBRO</b>	<b>MÉDIA ± DP</b>	<b>IC</b>
HOP TESTE	SINGLE (cm)	direito	87.23±16.43	(81.58; 92.87)
		esquerdo	87.98±24.00	(79.73; 96.22)
	TRIPLE (cm)	direito	273.06±66.01	(250.38; 295.74)
		esquerdo	288.575±74.31	(263.05; 314.10)
	CROSS (cm)	direito	243.08±71.77	(218.43; 267.74)
		esquerdo	241.08±67.91	(217.75; 264.41)
SIX-METER (s)	direito	2.69±0.52	(2.51; 2.87)	
	esquerdo	2.77±0.54	(2.58; 2.96)	
EMGs (%)	RF	direito	4.49±2.13	(3.75; 5.22)
		esquerdo	4.23±1.21	(3.81; 4.65)
	BF	direito	5.09±2.29	(4.30; 5.88)
		esquerdo	2.11±1.12	(1.72; 2.49)
<b>OLHOS</b>		<b>VARIÁVEL</b>		
ESTABILOMETRIA	A	médio-lateral (cm)	1.17±0.47	(1.01; 1.33)
		anteroposterior (cm)	1.45±0.45	(1.29; 1.60)
		centro massa (cm <sup>2</sup> )	1.52±1.17	(1.12; 1.93)
	V	médio-lateral (cm)	1.17±0.45	(1.02; 1.33)
		anteroposterior (cm)	1.87±0.80	(1.60; 2.15)
		centro massa (cm <sup>2</sup> )	2.07±1.25	(1.64; 2.50)
DISTRIBUIÇÃO (%)	A	anterior	40.40±5.39	(38.55; 42.25)
		posterior	59.59±5.39	(57.74; 61.44)
		direito	45.88±3.06	(44.82; 46.93)
	V	esquerdo	54.09±3.04	(53.44; 55.13)
		anterior	43.91±8.45	(41.01; 46.82)
		posterior	56.09±8.38	(53.21; 58.97)
PRESSÃO MÁXIMA (kpa)	A	direito	153.23±26.11	(144.26; 162.20)
		esquerdo	156.41±26.59	(147.27; 165.54)
	V	direito	147.20±13.57	(142.54; 151.87)
		esquerdo	153.17±32.83	(141.89; 164.45)

Legenda: EMGs – Eletromiografia de Superfície; RF – Reto Femoral; BF – Bíceps Femoral; A– Olhos Abertos; V – Olhos Vendados

**TABELA 3. CORRELAÇÃO ENTRE OS DADOS DE HOP TEST, EMG, DISTRIBUIÇÃO DE MASSA, ESTABILOMETRIA, PRESSÃO MÁXIMA E DE RML E DA RAZÃO ANTAGONISTA/AGONISTA**

AVALIAÇÕES			FLEX D	EXT D	FLEX E	EXT E	AN/A D	AN/A E	
HOP	SINGLE	R	r	-0.197	-0.119	0.180	0.030	0.344	0.173
			p	0.256	0.497	0.302	0.864	0.043	0.322
		L	r	0.037	0.028	0.264	0.126	0.343	0.177
			p	0.831	0.871	0.125	0.471	0.044	0.310
	TRIPLE	R	r	-0.305	-0.138	-0.079	0.051	0.270	0.166
			p	0.075	0.430	0.652	0.772	0.117	0.340
		L	r	-0.224	0.053	-0.045	0.238	0.267	0.168
			p	0.195	0.762	0.798	0.169	0.121	0.336
	CROSS	R	r	-0.152	-0.111	0.149	0.003	0.238	0.108
			p	0.383	0.526	0.392	0.986	0.168	0.536
		L	r	-0.011	0.123	0.210	0.293	0.314	0.183
			p	0.950	0.481	0.226	0.088	0.066	0.292
SIX METER	R	r	-0.214	-0.107	-0.419	-0.200	-0.066	-0.013	
		p	0.216	0.540	0.012	0.248	0.705	0.943	
	L	r	-0.355	-0.239	-0.432	-0.336	-0.178	-0.001	
		p	0.036	0.166	0.010	0.048	0.307	0.997	
EMGs	RF	R	r	0.385	0.201	0.168	0.208	0.093	0.030
			p	0.022	0.247	0.335	0.230	0.595	0.863
		L	r	0.297	0.004	0.151	0.072	0.135	0.362
			p	0.083	0.981	0.386	0.680	0.440	0.033
	BF	R	r	0.313	0.378	0.183	0.400	0.232	0.162
			p	0.067	0.025	0.293	0.017	0.179	0.351
	L	r	-0.094	0.149	0.050	0.326	0.269	0.106	
		p	0.591	0.394	0.777	0.056	0.118	0.544	
DISTRIBUIÇÃO	R	ON	r	0.135	0.067	0.192	-0.115	-0.112	-0.003
			p	0.441	0.702	0.270	0.509	0.522	0.985
		VO	r	0.107	0.344	-0.096	0.188	0.190	0.212
			p	0.540	0.043	0.584	0.279	0.274	0.220
	L	ON	r	-0.134	-0.076	-0.190	0.109	0.112	-0.002
			p	0.441	0.666	0.275	0.532	0.523	0.992
		VO	r	-0.087	-0.407	0.087	-0.308	-0.067	-0.065
			p	0.618	0.015	0.618	0.072	0.704	0.710
	A	ON	r	0.530	0.204	0.387	0.192	0.025	-0.015
			p	0.001	0.240	0.022	0.270	0.888	0.931
		VO	r	0.442	0.054	0.191	0.097	-0.305	-0.342
			p	0.008	0.758	0.272	0.581	0.075	0.045
P	ON	r	-0.530	-0.204	-0.387	-0.192	-0.025	0.015	
		p	0.001	0.240	0.022	0.270	0.888	0.931	
	VO	r	-0.438	-0.042	-0.188	-0.096	0.316	0.345	
		p	0.009	0.809	0.281	0.584	0.065	0.042	
ESTABILOMETRIA	COP	ON	r	-0.056	0.044	0.072	0.082	-0.261	-0.329
			p	0.750	0.802	0.682	0.640	0.131	0.053
		VO	r	0.172	-0.211	0.028	-0.343	-0.109	0.023
			p	0.323	0.224	0.872	0.044	0.534	0.897
	COP AP	ON	r	0.207	-0.392	0.053	-0.391	-0.055	0.134
			p	0.233	0.020	0.763	0.020	0.752	0.444
	VO	r	0.021	-0.266	0.088	-0.417	-0.167	0.055	
		p	0.905	0.123	0.616	0.013	0.338	0.756	
COP ML	ON	r	-0.376	-0.543	-0.129	-0.558	0.029	0.174	
		p	0.026	0.001	0.460	<0.001	0.871	0.317	
	VO	r	-0.281	-0.492	-0.224	-0.567	-0.044	0.200	
		p	0.103	0.003	0.196	<0.001	0.803	0.249	
PMAx	R	ON	r	-0.385	-0.462	-0.106	-0.405	-0.054	0.111
			p	0.022	0.005	0.544	0.016	0.759	0.527
		VO	r	-0.169	0.118	-0.240	0.006	0.138	0.007
			p	0.333	0.498	0.165	0.971	0.430	0.970

L	ON	r	-0.566	-0.354	-0.368	-0.263	0.116	0.279
		p	<0.001	0.037	0.030	0.127	0.506	0.104
	VO	r	-0.356	-0.256	-0.469	-0.306	0.049	0.218
		p	0.036	0.137	0.004	0.073	0.778	0.208

Legenda: AN/A – razão antagonista/agonista; R – Direito; L – Esquerdo; EMGs – Eletromiografia de Superfície; RF – Reto Femoral; BF – Bíceps Femoral; A – Olhos Abertos; V – Olhos Vendados; A – Anterior; P – Posterior; COP – Centro de pressão; COP AP – Centro de pressão anteroposterior; COP ML Centro de pressão medial-lateral; PMAX – Pressão Máxima

### 3.3 ARTIGO 3

#### **EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA MUSCULAR DA COXA POR MEIO DA TELERRABILITAÇÃO EM VOLUNTÁRIOS COM DOR LOMBAR. UM ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

Dennis William Abdala<sup>a</sup>, Thais de Castro Santos<sup>b</sup>, Willian dos Santos da Costa<sup>b</sup>, Bruno Alves Silveira<sup>b</sup>, Gabriel João de Almeida Silva<sup>b</sup>, Natália da Silva Martins Fonseca<sup>d</sup>, Adriano Prado Simão<sup>a,b,c</sup>, Leonardo César Carvalho<sup>a,b,c\*</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicadas à Saúde, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil

<sup>b</sup> Instituto de Ciências da Motricidade, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil

<sup>c</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil

<sup>d</sup> Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada à Biometria, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil

\* Correspondência para: Programa de Biociências Aplicadas à Saúde, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil

Endereço de e-mail: leonardo.carvalho@unifal-mg.edu.br (LC. Carvalho).

Agradecimentos: Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de

Financiamento 001 por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Este artigo foi formatado de acordo com as orientações da revista.

**Resumo**

Contexto: A dor lombar (DL) é uma condição clínica com alta incidência global que impacta significativamente a qualidade de vida, incluindo aspectos psicológicos, físicos e sociais. Ela comumente leva ao comprometimento da força e ativação muscular.

Pergunta de pesquisa: O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de curto prazo do treinamento de força muscular da coxa conduzido por telerreabilitação e presencialmente em pacientes com LBP autorrelatada.

Métodos: Os grupos de telerreabilitação e controle realizaram 10 sessões de treinamento de força, cinco vezes por semana. Ambos os grupos foram avaliados quanto aos parâmetros eletromiográficos, à contração voluntária isométrica máxima (CIVM) e ao número de repetições máximas dos movimentos de flexão-extensão do joelho.

Resultados: A telerreabilitação aumentou o recrutamento do reto femoral direito ( $p < 0,05$ ). Melhorou a capacidade máxima de repetição para o movimento de extensão do joelho esquerdo ( $p < 0,01$ ) e para a flexão dos joelhos direito e esquerdo ( $p < 0,05$ ); no entanto, foi capaz de reduzir a MIVC de flexão dos joelhos direito e esquerdo ( $p < 0,05$ ).

Conclusão: A telerreabilitação foi capaz de aumentar o recrutamento do músculo bíceps femoral direito e manter o recrutamento do reto femoral direito e esquerdo; melhorar a capacidade máxima de repetição para extensão do joelho esquerdo e para o movimento de flexão dos joelhos direito e esquerdo. No entanto, não foi capaz de aumentar a CIVM após o período de treinamento.

**Palavras-chave:** Telereabilitação; Dor Lombar; Terapia por Exercícios.

## 1. Introdução

A lombalgia (LBP) é altamente prevalente e a principal causa de anos de incapacidade. Em 2020, a LBP afetou 619 milhões de pessoas em todo o mundo, com uma projeção de 843 milhões de casos prevalentes até 2050 (GBD 2021).

A disfunção dos músculos do complexo lombopélvico está associada à lombalgia. No quadril, indivíduos com essa condição são mais propensos a apresentar redução da força do glúteo médio (Sadler et al., 2019) e dos abdutores do quadril (Kendall et al., 2010), bem como padrões de ativação muscular alterados (Nelson-Wong et al., 2013). Esses fatores também podem reduzir a força muscular do joelho (Kaiser et al., 2022). Sugere-se que alterações na função e na força do glúteo médio contribuem para a lombalgia (Kanchanomai et al., 2015).

Segundo a Organização Mundial da Saúde, a dor na coluna tem múltiplas causas, com variáveis como fatores genéticos, idade, sexo, sedentarismo, tabagismo, obesidade e envelhecimento sendo associadas ao desenvolvimento dessa condição. No entanto, um conjunto de procedimentos poderia ser implementado para reabilitação, com ênfase no treinamento com faixas elásticas (OMS, 2023). Esse problema de saúde pública pode ser abordado por meio da Telerreabilitação com exercícios (Fatoye et al., 2020), incluindo o uso de resistência elástica, juntamente com orientação domiciliar (Lara-Palomo et al., 2022).

Uma revisão sistemática demonstrou que indivíduos com lombalgia apresentam redução da força muscular dos membros inferiores. Os autores deste estudo apontaram a necessidade do desenvolvimento de mais ensaios clínicos que analisem a inclusão do fortalecimento muscular dos membros inferiores nos protocolos de reabilitação de pacientes com lombalgia (de Souza et al., 2019). Esse fato justificou o desenvolvimento

do presente estudo.

Além disso, um estudo recente demonstrou que programas de telerreabilitação com foco em exercícios de controle motor podem levar a melhorias na dor, na incapacidade e na qualidade de vida de pacientes com lombalgia. O estudo também afirmou que os exercícios de controle motor realizados na clínica, em comparação com aqueles realizados por telerreabilitação, são igualmente eficazes na redução da dor e no aumento da função em indivíduos com lombalgia crônica (Fanuscu et al., 2024).

A telerreabilitação é um novo tipo de cuidado que permite que mais pessoas se submetam à reabilitação, reduzindo o número de idas a unidades de saúde. Essa abordagem facilita intervenções para indivíduos que vivem em áreas remotas com acesso limitado a serviços de saúde, ou mesmo durante grandes desastres (Elliott et al., 2014; Molina-Garcia et al., 2024). Durante a pandemia de COVID-19, essa modalidade foi amplamente utilizada, principalmente devido à facilidade de acesso a dispositivos como smartphones, tablets e laptops, o que possibilitou a reabilitação em diversos locais (Marcolino et al., 2018).

Atualmente, existem serviços de telerreabilitação que oferecem alta qualidade e benefícios semelhantes aos de outros serviços de saúde. No entanto, as ferramentas utilizadas no ambiente de comunicação atual facilitam a prestação de cuidados coesos, simples e de baixo custo, o que permite até mesmo discussões clínicas com outros profissionais de saúde (Havran & Bidelspach 2021; Rezende et al., 2023).

O exercício físico é um tratamento não farmacológico eficaz para a lombalgia, e a maioria das diretrizes de prática clínica o recomenda como intervenção de primeira linha (Van Dillen et al., 2021). No entanto, ainda há uma lacuna na compreensão dos verdadeiros benefícios do exercício monitorado por telerreabilitação. Assim, o presente

estudo avaliou os efeitos do treinamento de força muscular da coxa realizado por telerreabilitação em pacientes com lombalgia autorrelatada.

## 2. Métodos

### 2.1 Participantes

Os participantes foram recrutados na cidade de Alfenas, Minas Gerais, Brasil. Eles incluíram jovens adultos com idade entre 18 e 30 anos de ambos os sexos, distribuídos de acordo com o fluxograma CONSORT (Figura 1). Foram elegíveis para o estudo indivíduos com idade < 18 anos ou > 30 anos; aqueles com diagnósticos médicos de condições neurológicas, ortopédicas, traumáticas ou reumatológicas que causaram distúrbios do equilíbrio estático ou dor crônica foram excluídos. Pacientes com diagnóstico de LBP aguda ou subaguda (dor autorrelatada com duração entre 1 e 12 semanas) foram incluídos. Após a explicação dos procedimentos e exercícios da pesquisa durante o processo de recrutamento, os indivíduos que atenderam aos critérios de inclusão foram inscritos. O consentimento informado por escrito foi obtido de todos os participantes, que foram informados para se retirarem a qualquer momento. Este estudo foi conduzido de acordo com e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Alfenas. (CAAE:55104721.4.0000.5142; Número de registro 5.346.569).

Tabela 1. Dados das características do grupo.

<b>Grupo</b>	<b>TELEREABILITAÇÃO</b>	<b>CONTROLE</b>	<b>valor p</b>
Idade	24,00 ± 3,13	23,21 ± 2,15	0,453
Peso	73,18 ± 17,52	68,87 ± 14,51	0,635
Altura	1,68 ± 0,09	1,70 ± 0,11	0,592
IMC	60,26 ± 33,09	64,28 ± 22,62	0,705

Dados expressos como média ± desvio padrão.

<sup>a</sup> Valores significativos  $p < 0,05$

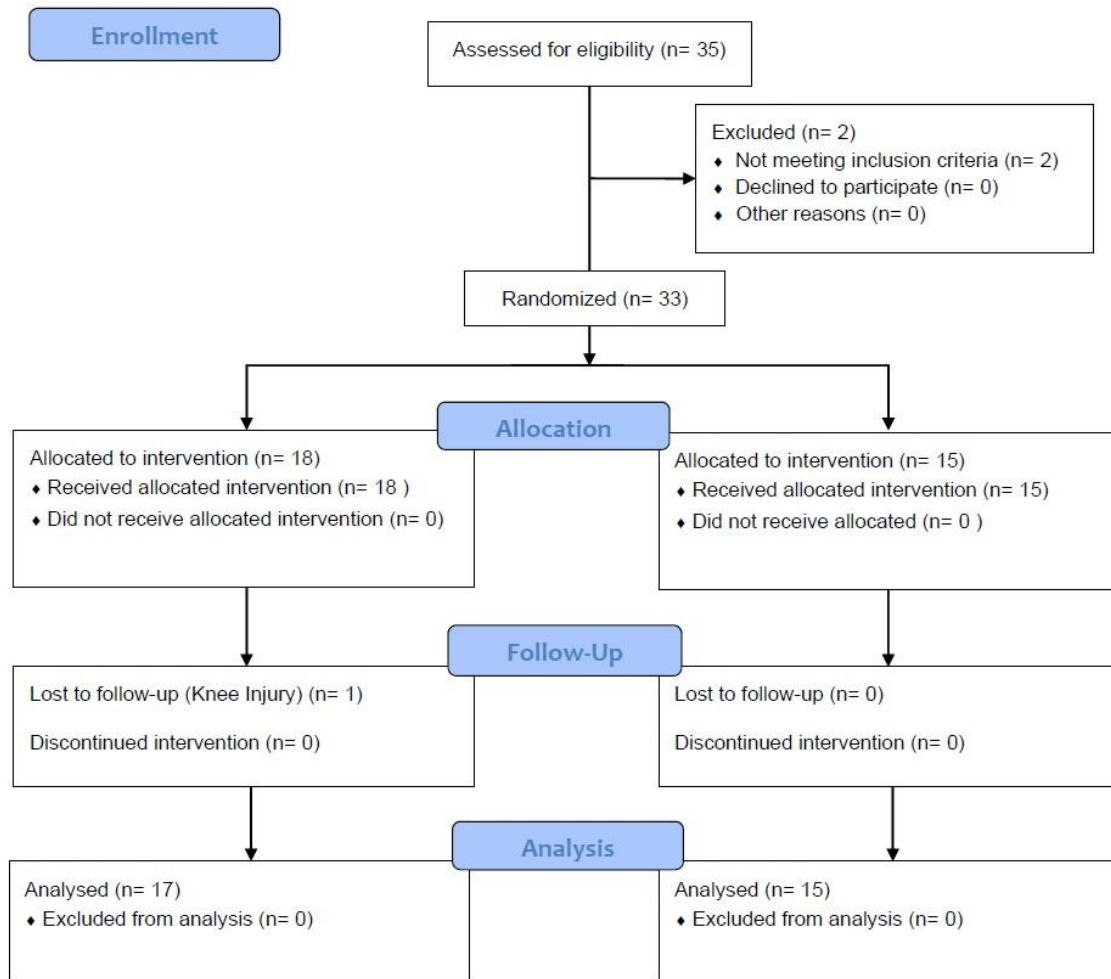


Figura 1- Fluxograma CONSORT.

## **2.2 Procedimentos**

Todos os participantes completaram 10 sessões de tratamento com uma frequência de cinco vezes por semana, com fins de semana e feriados observados, se aplicável. Os voluntários foram recrutados sob demanda e seguiram rigorosamente à randomização prévia. Isso significa que o estudo foi conduzido de abril de 2022 a dezembro de 2023. O grupo de telerreabilitação recebeu sessões por videochamada pelo aplicativo WhatsApp, onde o avaliador contatava o participante pela manhã para a realização dos exercícios. O grupo controle recebeu atendimento presencial na clínica de fisioterapia da Universidade Federal de Alfenas. O treinamento de força foi planejado individualmente com base em 80% do teste de repetição máxima. Não houve alterações nos métodos de avaliação ou intervenção após o início do estudo.

## **2.3 Instrumentação**

### **2.3.1 Desenho do Estudo**

Este é um ensaio clínico randomizado controlado, simples-cego. A amostra total foi de 35 voluntários, randomizados usando o aplicativo Random Number e alocados em dois grupos: telerreabilitação (GTR;  $n = 17$ ) e controle (GC;  $n = 15$ ). O cegamento foi aplicado ao indivíduo responsável pela análise dos resultados obtidos, que desconhecia a alocação dos grupos.

### **2.3.2 Eletromiografia de superfície (EMGs)**

eletromiografia de superfície (EMGs) dos músculos reto femoral e bíceps femoral foi conduzida durante movimentos de extensão e flexão do joelho (Casolo 2020). O

eletromiógrafo sem fio Trigno de 8 canais (EMGWorks, Delsys Inc.) e o software de aquisição EMGWorks 4.0 foram usados para obter os parâmetros de raiz quadrada média (RMS) e sinal de pico. Os participantes foram instruídos a raspar a área antes da avaliação para minimizar a interferência potencial com os dados (Hermens, 1999). A aquisição do sinal foi calibrada em uma frequência de amostragem de 1000 Hz, com um ganho de 1000 vezes, e filtrada com filtros passa-alta a 20 Hz, filtros passa-baixa a 500 Hz e um filtro de 60 Hz para evitar interferência elétrica. A coleta de dados foi realizada continuamente por 10 segundos, com os primeiros e últimos 2 segundos descartados para análise de dados.

Foram utilizados quatro eletrodos não invasivos, posicionados nos músculos reto femoral direito e esquerdo e nos músculos bíceps femoral direito e esquerdo. Antes da colocação dos eletrodos, o pesquisador palpou os músculos para garantir o posicionamento preciso. Os locais de colocação dos eletrodos foram determinados de acordo com Hermens (1999).

Para a análise dos dados EMG obtidos, a normalização EMG durante o movimento foi realizada dividindo o valor EMG durante uma tarefa por um valor EMG de referência do mesmo músculo (Halaki & Ginn, 2012).

### **2.3.3 Avaliação da Capacidade de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM)**

Os participantes foram submetidos a um teste de CIVM para os músculos extensores e flexores do joelho. As medidas de CIVM para extensão e flexão do joelho foram realizadas utilizando um dinamômetro isométrico com uma célula de carga de 200 kgf conectada a um computador para análise. Foram realizadas três medições para cada

movimento, com intervalos de 2 minutos entre elas. Para o teste, os voluntários foram posicionados sentados em uma cadeira, e a célula de carga foi fixada de forma que a articulação do joelho fosse mantida a  $45^\circ$  para o início da extensão e a  $90^\circ$  para o início da flexão (Figura 2). Os participantes foram presos à cadeira com um cinto para evitar compensação de movimento. Antes de iniciar a coleta de dados, o pesquisador forneceu instruções sobre como o teste seria realizado, incluindo quando iniciar a contração, manter a contração e relaxar. Durante o teste, o pesquisador continuou a fornecer dicas verbais: "preparar", "empurrar, empurrar, empurrar", "relaxar". A coleta de dados foi realizada utilizando um microcomputador equipado com o software EMGLab V1 para análise subsequente. Os resultados foram compilados no Microsoft Office Excel 2010 para análise estatística.

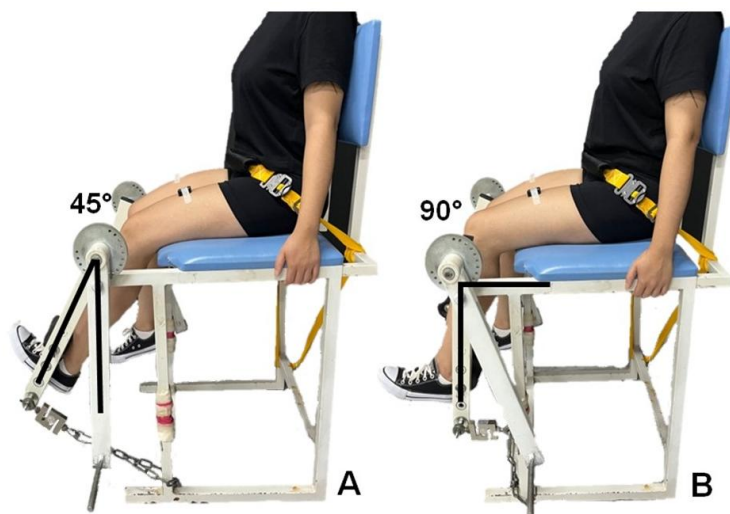


Figura 2. Posicionamento para CIVM: (A) Extensão do joelho em ângulo de  $45^\circ$ ; (B) Flexão do joelho em ângulo de  $90^\circ$ .

### **2.3.4 Avaliação de Repetição Máxima (RM)**

Para avaliar a repetição máxima, os participantes receberam instruções verbais e demonstrações do movimento a ser realizado. Neste estudo, realizamos um teste de repetição máxima (RM) até a falha voluntária, modificado de Shimano et al. (2006). Os participantes foram posicionados sentados em uma cadeira, com os quadris e joelhos a 90° para o movimento de extensão do joelho. Para a flexão do joelho, os participantes foram posicionados em pé, com o joelho estendido a 0° e apoiados pela cadeira para evitar compensação do movimento. O pesquisador instruiu os participantes a realizar o movimento em toda a amplitude de movimento, de 90° a 0° para extensão e de 0° a 90° para flexão. Os participantes também foram instruídos a continuar o teste até a falha muscular. Para o teste, dois degraus foram utilizados se a cadeira fosse muito baixa, e um tubo de látex (12,0 x 6,0 x 3,0 mm) foi fixado à cadeira para atuar como resistência elástica. O tubo foi fixado de forma que a resistência cobrisse toda a amplitude de movimento (Figura 3). Foi utilizado um aplicativo denominado "Multi Conter" para contabilizar o número de repetições realizadas por cada participante para cada movimento avaliado.

O treinamento foi baseado em 80% do número máximo de repetições obtidas para cada movimento de flexão-extensão. Por exemplo, se o voluntário X atingisse 100 repetições máximas para o movimento de extensão, seu treinamento consistiria em 80 repetições diárias.

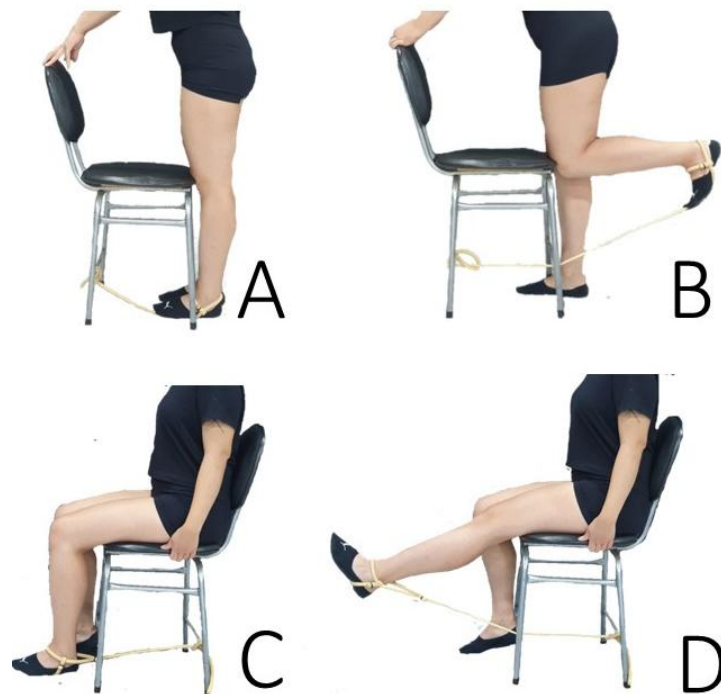


Figura 3. Posicionamento para repetição máxima: (A) Voluntário em repouso; (B) Movimento de flexão do joelho; (C) Voluntário em repouso; (D) Movimento de extensão do joelho.

#### 2.4 Análise estatística

O tamanho da amostra e o poder estatístico foram previamente calculados com base em um estudo piloto envolvendo seis pacientes. O cálculo (G\*Power 3.1.7; Franz Paul, Universität Kiel, Alemanha) do poder amostral e tamanho do efeito foi realizada utilizando a CIVM do movimento de extensão direita após a intervenção, considerando os seguintes parâmetros: Família de teste: testes t > Teste estatístico: médias: diferença entre duas médias independentes (dois grupos) > Tipo de análise de poder: a priori: calcular o tamanho de amostra necessário — dado  $\alpha$ , poder e tamanho do efeito. A amostra calculada apresentou os seguintes resultados: (Controle =  $8,60 \pm 5,34$ ; Telereabilitação =  $15,12 \pm 5,22$ ;  $d = 1,234$ ; Poder =  $0,823$ ), requerendo um mínimo de

24 voluntários.

O estudo utilizou uma análise por intenção de tratar realizada por meio de maximização de expectativa, com o resultado obtido do teste MCAR de Little sendo 0,317.

Inicialmente, os dados foram analisados utilizando métodos estatísticos descritivos, incluindo o cálculo das médias e dos desvios padrão. Posteriormente, todos os conjuntos de dados foram testados quanto à distribuição (normalidade) por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para amostras com distribuição normal, foi utilizado o teste ANOVA de duas vias com medidas repetidas, enquanto para amostras com distribuição não normal, aplicou-se o teste de Friedman. O teste de esfericidade de Mauchly foi empregado e, em caso de violação desta suposição, realizou-se a correção de Greenhouse–Geisser. O tamanho do efeito foi calculado a partir do quadrado eta parcial ( $\eta^2$  parcial) da análise temporal. Todas as análises foram realizadas utilizando o Statistical Package for Social Sciences (SPSS; IBM Corp., Chicago), versão 20.0. O teste t independente foi empregado para análise estatística das características dos grupos. Considerou-se um nível de significância de 5% para todas as análises.

### **3 Resultados**

Participaram do estudo 33 voluntários. Os dados antropométricos são apresentados na Tabela 1. Os resultados das avaliações eletromiográficas, repetições máximas e Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) obtidos durante as avaliações são apresentados a seguir.

Na avaliação inicial, ambos os grupos apresentaram padrão semelhante de recrutamento muscular. Apenas o bíceps femoral esquerdo apresentou padrão de

recrutamento menor do que o grupo de telerreabilitação, que se manteve após a intervenção. A telerreabilitação foi eficaz na melhora do recrutamento do bíceps femoral direito, mas reduziu a capacidade de recrutamento do bíceps femoral esquerdo. A intervenção presencial (controle) aumentou significativamente o recrutamento do músculo reto femoral direito (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação dos parâmetros eletromiográficos do músculo reto femoral direito (RFD), músculo reto femoral esquerdo (RFE), bíceps femoral direito (BFD) e bíceps femoral esquerdo (BFE) no grupo de telerreabilitação (GT) e grupo controle (GC) nos momentos pré e pós-intervenção.

Movimentos	Músculo	Grupo	PRÉ	PÓS	Tempo* grupo	Tempo	Parcial $\eta^2$
EXTENSÃO	RFD	Tele	0,500 ± 0,214	0,566 ± 0,273	0,346	<b>0,003</b>	0,257
		Controle	0,362 ± 0,226	0,465 ± 0,189 <sup>a</sup>			
	RFE	Tele	0,440 ± 0,178	0,428 ± 0,178	0,467	0,875	0,001
		Controle	0,391 ± 0,157	0,410 ± 0,168			
FLEXÃO	BFD	Tele	0,042 ± 0,025	0,056 ± 0,055 <sup>a</sup>	<b>0,015</b>	<b>0,001</b>	0,333
		Controle	0,067 ± 0,050	0,137 ± 0,088 <sup>b</sup>			
	BFE	Tele	0,089 ± 0,054	0,074 ± 0,045 <sup>a</sup>	0,828	<b>0,001</b>	0,341
		Controle	0,046 ± 0,042 <sup>b</sup>	0,035 ± 0,042 <sup>b</sup>			

Dados expressos como média ± desvio padrão. Tele = Telerreabilitação

<sup>a</sup> Teste de Bonferroni Pré vs Pós. <sup>b</sup> Telerreabilitação vs. Controle. Valores significativos  $p < 0,05$

A análise dos dados da capacidade de repetição máxima é apresentada na Tabela 3. Devido ao processo de randomização, não foram observadas diferenças entre os grupos no momento pré-intervenção. No momento pós-intervenção, os resultados mostraram que a intervenção presencial (grupo controle) produziu melhores resultados para o teste de repetição máxima para o movimento de extensão do joelho direito. No entanto, para as demais análises, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos. Para os movimentos de extensão esquerda e flexão direita e esquerda, ambos os grupos apresentaram aumento significativo no número de repetições

alcançadas após o período de intervenção. A intervenção presencial (grupo controle) resultou em aumento significativo na capacidade máxima do teste de repetição para todos os movimentos avaliados.

Tabela 3. Repetições máximas para os grupos controle e telerreabilitação, pré e pós 10 dias de intervenção com exercício, com valores de média e desvio padrão correspondentes.

Movimentos	Membro	Grupo	PRÉ	PÓS	Tempo* grupo	Tempo	Parcial $\eta^2$
EXTENSÃO	Direito	Tele	122,08±109,36	127,75±106,40	<b>0,024</b>	<b>0,009</b>	0,208
		Controle	110,33±60,97	178,64±47,19 <sup>a, b</sup>			
	Esquerda	Tele	134,41±167,81	223,52±161,12 <sup>a</sup>	0,697	<b>0,001</b>	0,321
		Controle	122,61±68,90	194,88±64,34 <sup>a</sup>			
FLEXÃO	Direito	Tele	56,47±26,19	102,09±68,30 <sup>a</sup>	0,959	<b>&lt;0,001</b>	0,529
		Controle	51,32±13,72	97,76±27,24 <sup>a</sup>			
	Esquerda	Tele	57,17±20,80	85,38±56,10 <sup>a</sup>	0,929	<b>&lt;0,001</b>	0,348
		Controle	66,63±25,08	93,60±20,39 <sup>a</sup>			

Dados expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Tele = Telerreabilitação

<sup>a</sup> Teste de Bonferroni Pré vs Pós. <sup>b</sup> Telerreabilitação vs. Controle. Valores significativos  $p < 0,05$

Os dados da CIVM são apresentados na Tabela 4. Para esta variável, apenas a intervenção presencial (grupo controle) resultou em um aumento significativo na força muscular flexora do joelho direito. A telerreabilitação reduziu significativamente os movimentos de flexão de ambos os joelhos. Tanto a intervenção presencial quanto a telerreabilitação mantiveram a força muscular extensora.

Tabela 4. Valores de CIVM (KgF) durante os movimentos de extensão e flexão do joelho nos momentos pré e pós-intervenção, com valores de média e desvio padrão correspondentes.

Movimentos	Membro	Grupo	PRÉ	PÓS	Tempo* grupo	Tempo	Parcial $\eta^2$
EXTENSÃO	Direito	Tele	26,79±21,07	24,40±16,85	0,107	0,542	0,013
		Controle	27,78±25,90	28,88±29,21			
	Esquerdo	Tele	22,47±17,12	21,88±11,80	0,623	0,926	<0,001
		Controle	23,59±20,57	24,45±22,91			
FLEXÃO	Direito	Tele	14,46±9,26	8,60±7,29 <sup>a</sup>	<b>0,001</b>	0,494	0,016
		Controle	10,22±10,25	14,25±12,26 <sup>a</sup>			
	Esquerdo	Tele	14,29±9,03	7,97±3,41 <sup>a</sup>	<b>0,009</b>	0,051	0,121
		Controle	12,11±11,09	13,13±10,89			

Dados expressos como média ± desvio padrão. Tele = Telerreabilitação

<sup>a</sup> Teste de Bonferroni Pré vs Pós. <sup>b</sup> Telerreabilitação vs. Controle. Valores significativos  $p < 0,05$

#### 4 Discussão

O presente estudo avaliou os efeitos do treinamento de força muscular via telerreabilitação sobre a EMG, a capacidade máxima de repetição e a CIVM. A hipótese principal era que a telerreabilitação produziria resultados semelhantes aos da intervenção presencial. Esse achado foi corroborado pelas variáveis de recrutamento muscular e CIVM; no entanto, para a capacidade máxima de repetição, a modalidade de intervenção presencial demonstrou ser superior à telerreabilitação. Para o movimento de extensão do joelho direito, mantendo efeitos semelhantes para os demais movimentos avaliados.

Resultados semelhantes foram relatados em outros estudos, que demonstraram que programas de telerreabilitação envolvendo dispositivos móveis apresentaram resultados promissores em relação ao recrutamento muscular do joelho em pacientes com lombalgia. Esses programas foram eficazes na redução da intensidade da dor em

indivíduos com lombalgia inespecífica e no aumento da força muscular (Villatoro-Luque et al., 2023), além de fornecer orientação personalizada para o controle da amplitude de movimento do tronco (Amorim et al., 2021).

No presente estudo, foi utilizado o exercício de flexão-extensão de joelho com resistência elástica, onde o participante realizou contrações concêntricas e excêntricas dos músculos quadríceps e bíceps femoral a 80% da repetição máxima alcançada em uma avaliação prévia. Quando realizado presencialmente (controle), este exercício foi capaz de aumentar o recrutamento dos músculos reto femoral e bíceps femoral direitos, mas a telerreabilitação foi capaz de aumentar o recrutamento do bíceps femoral direito, embora em menor intensidade do que o treinamento presencial. Ambos os grupos apresentaram recrutamento reduzido do bíceps femoral esquerdo. Isso não resultou em alterações significativas no recrutamento do músculo extensor, mas aumentou significativamente o número de repetições máximas para todos os movimentos avaliados após o treinamento em comparação com o grupo de telerreabilitação.

O uso do treinamento com faixas de resistência pode levar ao aumento da força em músculos como o bíceps femoral; no entanto, é influenciado pelo tipo de contração realizada (excêntrica ou concêntrica) (Sundstrup et al., 2014), bem como pelo tipo de exercício praticado (Nitsure et al., 2014). Por exemplo, exercícios simples produzem maior pico de atividade muscular voluntária no quadríceps do que exercícios de treinamento de força usando máquinas (Jakobsen et al., 2019). Outro estudo mostrou que exercícios simples usando faixas que geram força elástica isoínercial durante o movimento foram utilizados, promovendo assim a manutenção da força muscular (Aboodarda et al., 2016). Essas afirmações podem justificar a maior ativação associada ao aumento da força e da capacidade de realizar um maior número de repetições do

músculo bíceps femoral direito no grupo controle, bem como o ganho no aumento do recrutamento muscular e o aumento da capacidade de realizar repetição máxima no grupo Telerehabilitation.

Outro aspecto abordado pelo estudo foi o fato de a intervenção ter sido conduzida e supervisionada virtualmente. Foi possível identificar que, mesmo sem a presença física de um profissional para acompanhamento, resultados satisfatórios podem ser alcançados, semelhante aos achados de outros estudos (Moffet et al., 2017; Cottrell et al., 2017). Em pacientes com lombalgia crônica, a telerreabilitação é tão eficaz quanto o tratamento presencial (Mehendale et al., 2023; Villatoro-Luque et al., 2023). No presente estudo, a intervenção remota foi capaz de melhorar o recrutamento do músculo bíceps femoral e aumentar o número de repetições máximas para os movimentos de extensão e flexão do joelho esquerdo de ambos os membros.

A lombalgia representa um desafio persistente para a saúde pública, com impacto global e estando entre as condições mais comuns na população. Além da dificuldade de manejo, a lombalgia apresenta episódios intermitentes com exacerbações, que podem ser extremamente prejudiciais ao indivíduo, levando a diversos distúrbios, como redução da funcionalidade e diminuição da produtividade no trabalho (Diaconu et al., 2021). Nesse contexto, intervenções remotas são uma excelente opção para reduzir os custos com saúde e as despesas dos pacientes. Embora nosso estudo não tenha avaliado os custos, o programa de reabilitação proposto foi viável e produziu resultados semelhantes aos de outros estudos (Tenforde et al., 2020).

A CIVM não revelou diferenças significativas entre os grupos. No entanto, quando a intervenção foi realizada presencialmente (controle), houve aumento significativo na força do movimento de flexão do joelho direito. Um estudo semelhante envolvendo

estudantes com lombalgia inespecífica comparou exercícios com faixa elástica com posturas de yoga e demonstrou que exercícios de repetição com faixa elástica poderiam aumentar a força muscular (Nitsure et al., 2014). Outros estudos utilizando treinamento com faixa elástica também identificaram aumentos significativos na força muscular (Sundstrup et al., 2014; Vinstrup et al., 2015). É importante ressaltar que em ambos os métodos de treinamento, um profissional supervisionou os participantes. Em nosso estudo, a força muscular foi mantida independentemente da presença do profissional. No entanto, houve apenas redução na força dos movimentos de flexão do joelho de ambos os membros. Essa redução pode ser explicada pela falta de monitoramento da tensão gerada pelo elástico durante o movimento; ou seja, o movimento pode ter sido realizado sem resistência em toda a sua amplitude, o que poderia explicar o achado.

Assim, a telerreabilitação apresenta eficácia terapêutica comparável à dos procedimentos ambulatoriais convencionais para indivíduos com lombalgia inespecífica aguda e subaguda. Além disso, pode reduzir custos e é uma alternativa significativa para pacientes que necessitam de reabilitação (Shi et al., 2024), especialmente na manutenção da força extensora do joelho.

Nesse sentido, a telerreabilitação é uma ferramenta que pode beneficiar grupos de trabalho especializados como fisioterapeutas e osteopatas entre outros profissionais de saúde (Lovo et al., 2024), principalmente quando aplicada em populações com mobilidade reduzida como idosos, conforme já relatado em outros estudos (Man et al., 2024), sendo essa população um possível grupo para estudos futuros.

A principal limitação do estudo foi o tamanho da amostra, que não permitiu validade externa significativa. Além disso, a avaliação limitou-se aos efeitos imediatos ao longo

de um período de 2 semanas. Outra limitação foi a análise de uma população jovem, sendo recomendada cautela ao extrapolar os resultados para idosos ou indivíduos com lombalgia crônica. Estudos futuros são sugeridos com a mesma abordagem, mas com um tamanho amostral maior, ou potenciais colaborações para estudos multicêntricos, que seriam importantes para confirmar os achados.

## **5 Conclusão**

O protocolo de treinamento de força muscular da coxa conduzido via telerreabilitação foi capaz de aumentar o recrutamento do músculo bíceps femoral direito e manter o recrutamento do reto femoral direito e esquerdo; melhorar a capacidade máxima de repetição na extensão do joelho esquerdo e no movimento de flexão dos joelhos direito e esquerdo. No entanto, não foi possível aumentar a CIVM após o período de treinamento, mas não diferiu do grupo presencial para a força extensora em ambos os joelhos.

### Financiamento

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG.

### Registro de Ensaio Clínico

Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (número do processo: RBR- 5dxr6cq).

O estudo de pesquisa com seres humanos foi aprovado pelo comitê de ética da

Universidade Federal de Alfenas (processo número: 5.346.569).

#### Declaração de divulgação

Nenhum potencial conflito de interesses foi relatado pelos autores.

#### Declarações éticas de conflito

Os autores não têm conflitos de interesse a relatar.

#### Declaração de contribuição de autoria do CRediT

Leonardo Cesar Carvalho: Conceitualização, Metodologia, Análise formal, Escrita – revisão e edição, Visualização,

Dennis William Abdala: Conceitualização, Metodologia, Análise formal, Escrita – revisão e edição, Visualização,

Thais de Castro Santos: Metodologia; Análise formal, Redação – revisão e edição.

Willian dos Santos da Costa: Metodologia; Análise formal, Redação – revisão e edição.

Bruno Alves Silveira: Análise formal, Redação – revisão e edição.

Gabriel João de Almeida Silva: Metodologia; Formal análise.

Natália da Silva Martins Fonseca: Metodologia; Formal análise.

Adriano Prado Simão: Metodologia; Análise formal, Redação – revisão e edição.

#### Declaração de interesses conflitantes

Os autores declaram não ter conhecimento de conflitos de interesses financeiros

ou relacionamentos pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a todos os voluntários que participaram do estudo. Este foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001, por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG).

#### Relevância Clínica

O uso da telerreabilitação para a aplicação de exercícios terapêuticos com faixas elásticas é eficaz na melhora do recrutamento muscular do joelho, tornando-se uma opção viável para iniciar o processo de reabilitação em indivíduos com lombalgia. Além disso, a telerreabilitação envolvendo exercícios terapêuticos com faixas elásticas pode aumentar a capacidade de realizar repetições máximas (resistência muscular).

## Referências

- Aboodarda, S. J., Page, P. A., & Behm, D. G., 2016. Muscle activation comparisons between elastic and isoinertial resistance: A meta-analysis. *Clinical biomechanics*, 39, 52–61. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2016.09.008.
- Amorim, P., Paulo, J.R., Silva, P.A., Peixoto, P., Castelo-Branco, M., Martins, H., 2021. Machine Learning Applied to Low Back Pain Rehabilitation – A Systematic Review. *International Journal of Digital Health*. 2021; 1(1): 10, 1–14. doi: 10.29337/ijdh.34.
- Casolo, A., Farina, D., Falla, D., Bazzucchi, I., Felici, F., Del Vecchio, A., 2020. Strength Training Increases Conduction Velocity of HighThreshold Motor Units. *Med Sci Sports Exerc*. 52 (4), 955-967. doi:10.1249/MSS.0000000000002196.
- Cottrell, M.A., Galea, O.A., O’Leary, S.P., Hill, A.J., Russel, T.G., 2017. Real-time telerehabilitation for the treatment of musculoskeletal conditions is effective and comparable to standard practice: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 31 (5), 625-638. doi: 10.1177/0269215516645148.
- Diaconu, G.S., Mihalache, C.G., Popescu, G., Man, G.M., Rusu, R.G., Toader, C., Ciucurel, C., Stocheci, C.M., Mitrol, G., Georgescu, L.I., 2021. Clinical and pathological considerations in lumbar herniated disc associated with inflammatory lesions. *Romanian Journal of Morphology and Embryology*. 62 (4), 951-960.

de Sousa, C. S., de Jesus, F. L. A., Machado, M. B., Ferreira, G., Ayres, I. G.T., de Aquino, L. M., Fukuda, T. Y., Gomes-Neto, M., 2019 Lower limb muscle strength in patients with low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*. 1; 19(1): 69-78. PMID: 30839305; PMCID: PMC6454257.

Elliott, J., Forbes, D., Chesworth, B. M., Ceci, C., & Stolee, P., 2014. Information sharing with rural family caregivers during care transitions of hip fracture patients. *International journal of integrated care*, 14, e018. doi: 10.5334/ijic.1195.

Fanuscu, A., Öz, M., Özel Asliyüce, Y., Turhan, E., Ülger, Ö., 2024. Effects of Clinic-based and Telerehabilitation-based Motor Control Exercises in Individuals with Chronic Low-back Pain: A Randomized Controlled Trial With 3-Month Follow-up. *The Clinical Journal of Pain*. 1; 40 (12): 700-708. doi: 10.1097/AJP.0000000000001245. PMID: 39285790.

Fatoye, F., Gebrye, T., Fatoye, C., Mbada, C.E., Olaoye, M.I., Odole, A.C., Dada, O, 2020. The Clinical and Cost-Effectiveness of Telerehabilitation for People With Nonspecific Chronic Low Back Pain: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 24; 8(6):e15375. doi: 10.2196/15375. PMID: 32357128; PMCID: PMC7381065.

GBD 2021 Low Back Pain Collaborators., 2023. Global, regional, and national burden of low back pain, 1990-2020, its attributable risk factors, and projections

to 2050: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Rheumatology*. 5 (6), 316-e329. doi: 10.1016/S2665-9913(23)00098-X. PMID: 37273833; PMCID: PMC10234592.

Halaki, M., Ginn, K., 2012. Normalization of EMG Signals: To Normalize or Not to Normalize and What to Normalize to? *Computational Intelligence in Electromyography Analysis – A Perspective on Current Applications and Future Challeng*. 1st ed. InTech, Londres. doi: 10.5772/49957.

Havran, M.A., Bidelspach, D.E., 2021. Virtual Physical Therapy and Telerehabilitation. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 32 (2), 419-428. doi: 10.1016/j.pmr.2020.12.005.

Hermens, H.J., Freriks, B., Merletti, R., Stegman, D., Blok, J., Rau, G., Disselhorst-Klug, C., Hägg, G., 1999. European Recommendations for Surface Electromyography. SENIAM. 8.

Jakobsen, T. L., Jakobsen, M. D., Andersen, L. L., Husted, H., Kehlet, H., & Bandholm, T., 2019. Quadriceps muscle activity during commonly used strength training exercises shortly after total knee arthroplasty: implications for home-based exercise-selection. *Journal of experimental orthopaedics*. 6(1), 29. doi: 10.1186/s40634-019-0193-5.

Kaiser, M., Brambrink, S., Benditz, A., Achenbach, L., Gehentges, M., König, M.A., 2022. Increase in Lower Limb Strength after Multimodal Pain Management in

Patients with Low Back Pain. *Medicine*. 58 (7), 837. doi: 10.3390/medicina58070837.

Kanchanomai, S., Janwantanakul, P., Pensri, P., Jiamjarasrangsi, W., 2015. A prospective study of incidence and risk factors for the onset and persistence of low back pain in Thai university students. *Asia-Pacific journal of public health*. 27 (2), 106-115. doi: 10.1177/1010539511427579.

Kendall, K.D., Schmidt, C., Ferber, R., 2010. The relationship between hip-abductor strength and the magnitude of pelvic drop in patients with low back pain. *Journal of sport rehabilitation*. 19 (4), 422-435. doi: 10.1123/jsr.19.4.422.

Lara-Palomo, I.C., Gil-Martínez E., Ramírez-García, J.D., Capel-Alcaraz, A.M., García-López, H., Castro-Sánchez, A.M., Antequera-Soler, E., (2022). Efficacy of e-Health Interventions in Patients with Chronic Low-Back Pain: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Telemedicine journal and e-health*. 28 (12),1734-1752. doi: 10.1089/tmj.2021.0599. Epub 2022 May 9. PMID: 35532971.

Lovo, S., Harrison, L., O'Connell, M.E., Rotter, T., Bath, B., 2024. A physical therapist and nurse practitioner model of care for chronic back pain using telehealth: Diagnostic and management concordance. *Journal of Telemedicine Telecare*. 30 (5) : 842-850. doi: 10.1177/1357633X221098904. Epub 2022 May 12. PMID: 35546114; PMCID: PMC11331670.

- Man, S-S., Wen, H., Chiu, K-T., Wang, F., & Chan, H-S., 2024. Effectiveness of Telephysiotherapy in Improving Older Adults' Physical and Psychological Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare*, 12(17), 1775. <https://doi.org/10.3390/healthcare12171775>
- Marcolino, M.S., Oliveira, J.A.Q., D'Agostino, M., Ribeiro, A.L., Alkmim, M.B.M., Novillo-Ortiz, D., 2018. The Impact of mHealth Interventions: Systematic Review of Systematic Reviews. *JMIR mHealth and uHealth*. 6 (1), 23. 17. doi: 10.2196/mhealth.8873.
- Mehendale, P., Iyenagar, M., Bhatt, G., Manwadkar, S., 2023. Virtually Administered Intervention Through Telerehabilitation for Chronic Non-specific Low Back Pain: A Review of Literature. *Cureus*. 4;15(8):e42942. doi: 10.7759/cureus.42942. PMID: 37667713; PMCID: PMC10475325.
- Moffet, H., Tousignant, M., Nadeau, S., Mérette, C., Boissy, P., Corriveau, H., Marquis, F., Cabana, F., Belzile, É. L., Ranger, P., & Dimentberg, R., 2017. Patient Satisfaction with In-Home Telerehabilitation After Total Knee Arthroplasty: Results from a Randomized Controlled Trial. *Telemedicine journal and e-health*. 23(2), 80–87. doi: 10.1089/tmj.2016.0060.
- Molina-Garcia, P., Mora-Traverso, M., Prieto-Moreno, R., Díaz-Vásquez, A., Antony, B., Ariza-Vega, P., 2024. Effectiveness and cost-effectiveness of telerehabilitation for musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-

analysis. *Annals of physical and rehabilitation medicine*. 67 (1), 101791. doi: 10.1016/j.rehab.2023.101791.

Nelson-Wong, E., Poupore, K., Ingvalson, S., Dehmer, K., Piatte, A., Alexander, S., Gallant, P., McClenahan, B., Davis, A.M., 2013. Neuromuscular strategies for lumbopelvic control during frontal and sagittal plane movement challenges differ between people with and without low back pain. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 23 (6), 1317-24. doi:10.1016/j.jelekin.2013.08.011.

Nitsure, P.V., Pathania, T.S., Bilgi, T.A., 2014 Comparison of Elastic Resistance Band Exercises and Yoga in Physiotherapy Students with Chronic Non-Specific Low Back Pain: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Yoga & Physical Therapy*. 5: 180. doi:10.4172/2157-7595.1000180.

Rezende, D.R.B., Neto, I.A., Iunes, D.H., Carvalho, L.C., 2023. Analysis of the effectiveness of remote intervention of patients affected by chronic diseases: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Medicine Access*. doi: 10.1177/27550834231197316.

Sadler, S., Cassidy, S., Peterson, B., Spink, M., Chuter, V., 2019. Gluteus medius muscle function in people with and without low back pain: a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 20 (1), 463. doi: 10.1186/s12891-019-2833-4.

PMID: 31638962; PMCID: PMC6805550.

Shi, W., Zhang, Y., Bian, Y., Chen, L., Yuan, W., Zhang, H., Feng, Q., Zhang, H., Liu, D., Lin, Y., 2024. The Physical and Psychological Effects of Telerehabilitation-based Exercise in Patients with Non-specific Low Back Pain: A Prospective Randomized Controlled Trial. DOI: 10.2196/preprints.56580 URL: <https://preprints.jmir.org/ojs/index.php/preprints/preprint/56580>.

Shimano, T., Kraemer, W.J., Spiering, B.A., Volek, J.S., Hatfield, D.L., Silvestre, R., Vingren, J.L., Fragala, M.S., Maresh, C.M., Fleck, S.J., Newton, R.U., Spreuwenberg, L.P., Häkkinen, K., 2006. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 20 (4): 819-23. doi: 10.1519/R-18195.1. PMID: 17194239.

Sundstrup, E., Jakobsen, M.D., Andersen., C.H., Bandholm, T., Thorborg, K., Zebis, M.K., Andersen, L.L., 2014. Evaluation of elastic bands for lower extremity resistance training in adults with and without musculoskeletal pain. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 24 (5), e353-e359. doi:10.1111/sms.12187.

Tenforde, A.S., Borgstrom, H., Polich, G., Steere, H., Davis, I.S., Cotton, K., O'Donnell, M., Silver, J.K., 2020. Outpatient Physical, Occupational, and Speech Therapy Synchronous Telemedicine: A Survey Study of Patient Satisfaction with

Virtual Visits During the COVID-19 Pandemic. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 99 (11), 977-981. doi: 10.1097/PHM.0000000000001571.

Van Dillen, L.R., Lanier, V.M., Steger-May, K., Wallendorf, M., Norton, B.J., Civello, J.M., Czuppon, S.L., Francois, S.J., Roles, K., Lang, C.E., 2021. Effect of Motor Skill Training in Functional Activities vs Strength and Flexibility Exercise on Function in People With Chronic Low Back Pain: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Neurology*. 78 (4), 385-395. doi: 10.1001/jamaneurol.2020.4821. Erratum in: *JAMA Neurology*. 2021 Jan 19; PMID: 33369625; PMCID: PMC7770617.

Villatoro-Luque, F. J., Rodríguez-Almagro, D., Aibar-Almazán, A., Fernández-Carnero, S., Pecos-Martín, D., Ibáñez-Vera, A. J., Achalandabaso-Ochoa, A., 2023. In non-specific low back pain, is an exercise program carried out through telerehabilitation as effective as one carried out in a physiotherapy center? A controlled randomized trial. *Musculoskeletal science & practice*. 65, 102765. doi: 10.1016/j.msksp.2023.102765.

Vinstrup, J., Calatayud, J., Jakobsen, M.D., Sundstrup, E., Jay, K., Brandt, M., Zeeman, P., Jørgensen, J.R., Andersen, L.L., 2015. Electromyographic comparison of elastic resistance and machine exercises for high-intensity strength training in patients with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 97, 429–436. doi: 10.1016/j.apmr.2015.10.099.

World Health Organization, 2023. Package of interventions for rehabilitation.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste estudo foi realizar a análise da usabilidade de um aplicativo voltado à avaliação da Resistência Muscular Localizada, promover a correlação dos resultados obtidos pelo aplicativo, com variáveis funcionais e utilizar sua aplicabilidade em contextos clínicos.

Os três estudos apresentados compartilham um eixo comum: a avaliação e aprimoramento do equilíbrio e força muscular, com foco especial na região da coxa e sua funcionalidade, utilizando como recurso para triagem do desequilíbrio muscular, o aplicativo RM, desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa.

O primeiro estudo evidencia a usabilidade eficiente do aplicativo RM, destacando sua facilidade de uso, baixa complexidade e ótimo potencial para auxiliar na avaliação do equilíbrio muscular.

Desta forma, através do resultado de uma usabilidade eficiente, o segundo estudo aprofundou a correlação entre a razão antagonista/agonista, avaliada pelo aplicativo RM e diversas variáveis funcionais e biomecânicas, como ativação muscular, equilíbrio postural e distribuição de massa corporal. Os resultados revelam que a razão antagonista/agonista aferido por RML se correlaciona ao desempenho funcional pelo *single hop test*, a ativação muscular do reto femoral e a distribuição de massa corporal anterior e posterior. Os achados sugerem que essa nova metodologia pode reduzir custos de avaliação e contribuir para a prevenção de lesões.

Por fim, era necessária uma abordagem prática ao explorar os resultados de desequilíbrio muscular obtidos pelo aplicativo RM no ambiente clínico de reabilitação. Assim sendo, o ambiente clínico utilizado foi composto por adultos jovens com dor lombar autorrelatada, em que o treinamento de força muscular da coxa foi elaborado a partir dos dados coletados pelo aplicativo RM.

Os resultados indicaram melhora no recrutamento muscular e na capacidade de repetição, evidenciando seu potencial para reabilitação, seja remota ou presencial. No entanto, a força extensora dos joelhos não apresentou diferença significativa em comparação ao grupo presencial, destacando a necessidade de ajustes metodológicos para otimizar os benefícios dessa abordagem.

Portanto, os três estudos se complementam ao oferecer perspectivas sobre avaliação, intervenção e tecnologia voltadas à saúde muscular por meio do aplicativo RM. Juntos, reforçam a importância do uso de metodologias inovadoras, como aplicativos e novos protocolos de medição, contribuindo para avanços na prevenção e reabilitação de disfunções musculares. No entanto, esta foi apenas a primeira etapa no que diz respeito a utilização do aplicativo RM como uma possível nova metodologia para análise do desequilíbrio muscular do joelho, bem como sua usabilidade em ambientes clínicos de reabilitação e sua correlação com as variáveis funcionais.

Assim, a necessidade de mais pesquisas persiste, garantindo que essa tecnologia e metodologia sejam validadas e aplicadas com maior precisão e eficácia, para fortalecer a aplicação clínica e esportiva desse método.

## REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P. *et al.* Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. **Scand J Med Sci Sports**. [S. l.], v. 10, n. 2, p. 58-67, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010002058.x>. Acesso em: 01 maio 2025.
- BURD, N.A. *et al.* Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. **PLoS One**. Califórnia, US, v. 5, n. 8, e12033, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012033>. Acesso em 25: mar. 2025.
- CANÜZMEZ, A.E.; Acar, M.F.; Özçaldıran, B. İç üst vuruşta kullanılan kas grupları zirve tork güçlerinin topa vurus mesafesiyle arasındaki ilişki. **Muğla Üniversitesi the 9th International Sports Sciences Congress**: 2006, Muğla. Disponível em: <https://www.academia.edu/7942238/>. Acesso em: 25 mar. 2025.
- COSTA, P.B. *et al.* Effects of stretching on peak torque and the H:Q ratio. **Int J Sports Med**. [S. l.] v. 30, n. 1, p 60-5, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038738>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- D'ALESSANDRO, R.L. *et al.* Analysis on the association between isokinetic dynamometry of the knee's articulation and one-leg horizontal jump, hop test, in volleyball athlete. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Brasil, v. 11, n. 5, p. 271–275, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1517-86922005000500005>. Acesso em: 26 mar. 2025.
- DAUTY, M.; BRYAND, F.; POTIRON-JOSSE, M. Relation entre force isocinétique, le saut et le sprint chez le footballeur de haut niveau. **Science and Sports**. França, v. 17, p. 122-7, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0765-1597\(02\)00137-5](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(02)00137-5). Acesso em: 26 mar. 2025.
- DESCHENES, M.R.; KRAEMER, W.J. Performance and physiologic adaptations to resistance training. **Am J Phys Med Rehabil**, Estados Unidos, v. 81, n. 11suppl, p. S3-16, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/00002060-200211001-00003>. Acesso em: 28 mar. 2025.
- GLEESON, N. P; MERCER, T. H. The Utility of Isokinetic Dynamometry in the Assessment of Human Muscle Function. **Sports Medicine**, Alemanha, v. 21, n. 1, p. 18-34, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.2165/00007256-199621010-00003>. Acesso em: 25 mar. 2025.
- JENKINS, N.D.M. *et al.* Greater Neural Adaptations following High- vs. Low-Load Resistance Training. **Front Physiol**. Suíça, v. 29, v. 8, p. 331, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00331>. Acesso em: 25 mar. 2025.
- KEYTSMAN, C.; VERBRUGGHE, J.; EIJNDE, B.O. The isometric and isokinetic knee

extension and flexion muscle strength profile of elite soccer players. **BMC Sports Sci Med Rehabil**, Reino Unido, v. 16, n. 1, p. 180, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39187890/>. Acesso em: 16 dez. 2024.

LUM, D.; HAFF, G.G.; BARBOSA, T.M. The Relationship between Isometric Force-Time Characteristics and Dynamic Performance: **A Systematic Review. Sports (Basel)**. Suíça, v. 8, n. 5, p. 63, 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7281606/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

MALLIOU, P. *et al.* Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in Professional soccer players related to the phase of the training period. **Isokinetics And Exercise Science**. Holanda, v. 11, p. 165-169, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/IES-2003-0144>. Acesso em: 27 fev. 2025.

MCMMASTER, D.T. *et al.* A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. **Sports Medicine**. Alemanha, v. 44, n. 5, p. 603-623, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24497158/>. Acesso em: 14 dez. 2024.

MITCHELL, C.J. *et al.* Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **J Appl Physiol (1985)**. Estados Unidos, v. 113, n. 1, p. 71-77, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00307.2012>. Acesso em: 14 dez. 2024.

O'SHEA, K. *et al.* Resultados após rupturas do tendão do quadríceps. **2002 Injury**. Reino Unido, v. 33, n. 3, p. 257-260. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(01\)00110-3](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(01)00110-3). Acesso em: 14 dez. 2024.

RAMALHO, G.H.R.O. *et al.* The 1RM testing for prediction of load in hypertrophy training and its relation with maximum number of repetitions. **Brazilian journal of biomotricity**. Brasil, v. 5, n. 3, p. 168-174, 2011. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/930/93020834004.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2024.

WILSON, G.J.; MURPHY, A.J. The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. **Sports Medicine**. Alemanha, v. 22, n. 1, p.19-37, 1996. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8819238/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

YAHIA, A. *et al.* Evaluation of the posture and muscular strength of the trunk and inferior members of patients with chronic lumbar pain. **Joint Bone Spine**. França, v. 78, n. 3: 291-7, 2011 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2010.09.008>. Acesso em: 01 abr. 2025.

## APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – ARTIGO 2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG- CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3701 9153



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE -Participante da Pesquisa-

#### Dados de Identificação

**Título da pesquisa:** Avaliação do equilíbrio muscular de agonista e antagonista em grandes articulações

**Pesquisador(a) responsável:** Leonardo César Carvalho

**Pesquisador(es) participante(s):** Dennis William Abdala

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

**Data de nascimento:** \_\_\_\_\_ **CPF:** \_\_\_\_\_

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário(a), do projeto de pesquisa **AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO MUSCULAR DE AGONISTA E ANTAGONISTA EM GRANDES ARTICULAÇÕES**, de responsabilidade do professor pesquisador Dr. Leonardo Cesar Carvalho. Leia cuidadosamente o que segue e me pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, e no caso de aceitar fazer parte do nosso estudo assine ao final deste documento, que consta em duas vias. Uma via pertence a você e a outra ao pesquisador(a) responsável. Sua participação não é obrigatória e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição. Em caso de recusa você não sofrerá nenhuma penalidade.

**Ao ler os itens abaixo, você deve declarar se foi suficientemente esclarecido(a) sobre as etapas da pesquisa ao final desse documento.**

1. Esta pesquisa tem por objetivo avaliar o equilíbrio muscular agonista e antagonista por meio de exercícios sob resistência elástica e isocinética e a sua relação com a presença de dor neuropática.
2. A sua participação nesta pesquisa consistirá em ser avaliado(a) através de coleta de dados sociodemográficos, antropométricos e questionários sobre dor. Além disso, serão realizadas coletas de dados por meio da eletromiografia, a contração isométrica e isocinética da musculatura extensora e flexora do joelho, a fim de investigar a atividade das fibras musculares, baropodometria, hop test, que consiste em realizar quatro tipos de saltos diferentes com uma única perna, num espaço determinado. Será realizada apenas uma coleta, em que uma parte delas, serão realizadas na clínica escola de Fisioterapia da UNIFAL-MG e, apenas a coleta da contração isocinética, será no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, localizado na Cidade de Muzambinho, pois nesta Instituição Coparticipante, tem o aparelho isocinético, com a colaboração do pesquisador colaborador, professor Dr. Renato Aparecido de Souza.

Rubrica do(a) pesquisador(a): \_\_\_\_\_ Rubrica do(a) participante: \_\_\_\_\_ Pág. 1 de 4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG**  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG- CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3701 9153



3. Durante a execução da pesquisa poderão apresentar tonturas, vertigens e desconforto muscular como dor e fadiga na musculatura analisada. Se porventura apresentar em alguma dessas condições, a equipe estará devidamente preparada para reduzir esses desconfortos e serão ofertados alongamentos, analgesia e descanso por tempo prolongado, até que se recupere dos sintomas e será devidamente informado o tempo de duração destes sintomas. Se necessário, outras medidas, como compressas frias/quentes ou procedimentos fisioterapêuticos, serão utilizados, a depender do quadro apresentado. Todos os testes, serão realizados por profissionais capacitados e treinados, em um laboratório devidamente reservado para este fim. Caso seja observado pelo pesquisador ou percebido por você, voluntário, algum risco ou danos à sua saúde, as avaliações serão interrompidas imediatamente, sendo assistido pela equipe profissional até solução completa do quadro.

Além disso, os pesquisadores estarão sempre disponíveis para dar explicações a respeito dos testes realizados e tirar possíveis dúvidas, a fim de evitar medo, angústia ou qualquer sentimento adverso.

Visto o contexto da pandemia, por ser uma pesquisa presencial, há possibilidade de contaminação por Sars-CoV-2. A fim de diminuir esse risco e conter a disseminação da doença, os atendimentos serão realizados com horário marcado, em laboratório específico, com ventilação e espaço adequado, todos os envolvidos utilizarão máscara e higienizarão as mãos com álcool em gel sempre que necessário e os pesquisadores ficarão responsáveis em higienizar a sala e os equipamentos utilizados a cada procedimento realizado.

Desta forma, estão listados abaixo todos os procedimentos adotados para conduzir os protocolos propostos para esta pesquisa:

- Os participantes chegam até a clínica, utilizando máscaras, onde será recebido por um dos avaliadores que realizará a aferição da temperatura corporal e da saturação de oxigênio, para anotação no formulário anamnese que contém dados pessoais;
- Os casos em que o resultado considerar como caso suspeito o participante será dispensado da participação na pesquisa e será orientado a buscar atendimento médico no Posto de Saúde mais próximo de sua residência;
- Nos casos em que o resultado considerar como caso descartado, o participante será conduzido até a entrada do Laboratório de Marcha, onde o avaliador irá conduzir os procedimentos iniciais frente a este participante com as avaliações e testes sugeridos neste projeto.
- Ao final das avaliações, o avaliador responsável imediatamente faz a higienização de todos os instrumentos e equipamentos utilizados, com papel toalha e álcool líquido 70%, para somente após este procedimento de higienização, receber o próximo voluntário.

Se mesmo sendo tomadas todas as medidas descritas, resultar necessária a suspensão, interrupção ou o cancelamento da pesquisa, em decorrência dos riscos imprevisíveis aos participantes da pesquisa, por causas diretas ou indiretas, será feita imediatamente notificação para apreciação do Sistema CEP/Conep.

Rubrica do(a) pesquisador(a): \_\_\_\_\_ Rubrica do(a) participante: \_\_\_\_\_ Pág. 2 de 4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG**  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG- CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3701 9153



A equipe de pesquisa irá zelar pela confidencialidade e a privacidade dos dados, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes. Além do mais, será garantida a retirada do consentimento prévio do participante, caso desista de participar da pesquisa a qualquer instante e não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição. Em caso de recusa você não sofrerá nenhuma penalidade.

4. Todos os dados ficarão sob a responsabilidade da equipe de pesquisa que irá zelar pela confidencialidade e a privacidade a não estigmatização dos participantes. Além do mais, será garantida a retirada dos dados do participante a qualquer instante e não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição, não sofrendo nenhuma penalidade, caso desista de participar da pesquisa.

5. Ao participar desse trabalho você contribuirá com a investigação realizadas, para traçar um parâmetro ideal de equilíbrio muscular das articulações avaliadas, satisfatórias para avaliar e identificar alterações sobre o centro de massa corporal.

6. Você não terá nenhuma despesa por sua participação na pesquisa, sendo os questionários, entrevistas e testes totalmente gratuitos e, deixará de participar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerá qualquer prejuízo.

7. Você foi informado e está ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por sua participação, no entanto, caso você tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, terá direito a buscar ressarcimento.

8. Caso ocorra algum dano, previsto ou não, decorrente da sua participação no estudo, você terá direito a assistência integral e imediata, de forma gratuita (pelo patrocinador e/ou pesquisador responsável), pelo tempo que for necessário e terá o direito a buscar indenização.

9. Será assegurada a sua privacidade, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma identificá-lo(a), será mantido em sigilo. Caso você deseje, poderá ter livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que você queira saber antes, durante e depois da sua participação.

10. Você foi informado(a) que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para fins desta pesquisa, e que os resultados da pesquisa, poderão ser publicados/divulgados através de trabalhos acadêmicos ou artigos científicos por profissionais da área.

11. Conforme o item III.2, inciso (I) da Resolução CNS 466/2012 e o Artigo 3º, inciso IX, da Resolução CNS 510/2016, é compromisso de todas as pessoas envolvidas na pesquisa de não criar, manter ou ampliar as situações de risco ou vulnerabilidade para os indivíduos e coletividades, nem acentuar o estigma, o preconceito ou a discriminação.

Por esses motivos,

AUTORIZO ( ) / NÃO AUTORIZO ( )

Rubrica do(a) pesquisador(a): \_\_\_\_\_ Rubrica do(a) participante: \_\_\_\_\_ Pág. 3 de 4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG**  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG- CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3701 9153



a coleta dos dados, pelas avaliações acima mencionadas e divulgação de imagens/fotografias/vídeos/som de voz para a presente pesquisa.

12. Você poderá consultar o(a) Pesquisador(a) Participante Dennis William Abdala, que está sob a orientação do Pesquisador Responsável Leonardo César Carvalho, no seguinte telefone: (35) 9-8893-5988 ou email [dennis.abdala@unifal-mg.edu.br](mailto:dennis.abdala@unifal-mg.edu.br) e/ou o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CEP/UNIFAL-MG\*), com endereço na Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, Cep - 37130-000, Fone: (35) 3701 9153, no e-mail: [comite.etica@unifal-mg.edu.br](mailto:comite.etica@unifal-mg.edu.br) sempre que entender necessário obter informações ou esclarecimentos sobre o projeto de pesquisa e sua participação.

*\*O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CEP/UNIFAL-MG) é um colegiado composto por membros de várias áreas do conhecimento científico da UNIFAL-MG e membros da nossa comunidade, com o dever de defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento científico dentro de padrões éticos.*

Eu, \_\_\_\_\_, CPF nº \_\_\_\_\_, declaro ter sido informado (a) e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

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

.....  
 (Assinatura do participante da pesquisa)

.....  
 (Assinatura do pesquisador responsável/pesquisador participante)

## APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – ARTIGO 3

---



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG  
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG- CEP 37130-000  
Fone: (35) 3701 9153



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE -Participante da Pesquisa-

#### Dados de Identificação

**Título da pesquisa:** Efeito do Treinamento de Força por Teleatendimento. Ensaio Clínico Randomizado e Controlado

**Pesquisador(a) responsável:** Leonardo C. Carvalho

**Pesquisador(es) participante(s):** Thais de Castro Santos e Dennis William Abdala

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

**Data de nascimento:** \_\_\_\_\_ **CPF:** \_\_\_\_\_

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário(a), do projeto de pesquisa "EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA POR TELEATENDIMENTO. ENSAIO CLINICO RANDOMIZADO E CONTROLADO", de responsabilidade do pesquisador Leonardo C. Carvalho. Leia cuidadosamente o que segue e me pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, e no caso de aceitar fazer parte do nosso estudo assine ao final deste documento, que consta em duas vias. Uma via pertence a você e a outra ao pesquisador(a) responsável. Caso a sua participação seja de forma online, você deverá informar seu endereço de e-mail pra receber uma via desse documento. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição. Em caso de recusa você não sofrerá nenhuma penalidade.

**Ao ler os itens abaixo, você deve declarar se foi suficientemente esclarecido(a) sobre as etapas da pesquisa ao final desse documento.**

1. Esta pesquisa tem por objetivo investigar a eficácia da avaliação remota do teste de repetição máxima (RM) e do plano de fortalecimento muscular do quadríceps femoral em voluntários com autorrelato de lombalgia.
2. A sua participação nesta pesquisa consistirá em ser avaliado(a) através de coleta de dados sociodemográficos e antropométricos, como peso, altura e pressão arterial, frequência cardíaca, frequência respiratória e saturação parcial de oxigênio. Além disso, serão realizadas coletas de dados por meio da eletromiografia, concomitantemente, a contração isométrica da musculatura extensora de joelho, a fim de investigar a atividade das fibras musculares. Serão realizadas duas coletas eletromiográficas, comparando o efeito do treinamento proposto sobre a força muscular. As coletas serão realizadas na clínica escola de Fisioterapia da UNIFAL-MG ou por vídeo chamada no WhatsApp, a depender do grupo da pesquisa que você irá participar.

3. Durante a execução da pesquisa poderão ocorrer riscos de apresentar um pequeno hematoma na região de fixação do elástico de avaliação da força e

Rubrica do(a) pesquisador(a): \_\_\_\_\_ Rubrica do(a) participante: \_\_\_\_\_ Pág. 1 de 3



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG- CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3701 9153



cansaço/fadiga muscular em membros inferiores. Para o voluntário que, porventura, se apresente nesta condição será ofertada aplicação de US sobre o hematoma e massagem relaxante em membros inferiores com o objetivo de melhora do quadro, além de acompanhamento fisioterapêutico até solução completa do quadro. Além disso, os pesquisadores estarão sempre disponíveis para dar explicações a respeito dos testes realizados e tirar possíveis dúvidas, a fim de evitar medo, angústia ou qualquer sentimento adverso.

Visto o contexto da pandemia, por ser uma pesquisa parcialmente presencial, há possibilidade de contaminação por Sars-CoV-2. A fim de diminuir esse risco e conter a disseminação da doença, os atendimentos serão realizados com horário marcado, todos os envolvidos deverão utilizar máscara e higienizar as mãos com álcool em gel sempre que necessário e os pesquisadores ficarão responsáveis em higienizar a sala e os equipamentos utilizados.

Por fim, há um pequeno de risco de vazamento de dados, caso o sistema de armazenamento de dados da Google seja hackeado, pois trata-se de uma pesquisa que irá utilizar recursos digitais, como o Google planilhas e Whats App. Sendo assim, a equipe de pesquisa irá zelar pela confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes. Além do mais, será garantida a retirada do consentimento prévio do participante, caso desista de participar da pesquisa.

4. Ao participar desse trabalho você contribuirá com a investigação da eficácia do teste de repetição máxima realizado de forma online, bem como o efeito do treinamento de força baseado nesse teste. Espera-se que após o uso da técnica de fortalecimento ocorra um aumento nos percentuais de força da musculatura em análise.

5. Sua participação neste projeto terá a duração de aproximadamente um mês.

6. Você não terá nenhuma despesa por sua participação na pesquisa, sendo os questionários, entrevistas, aulas, cursos, palestras, consultas/exames/tratamentos/etc. totalmente gratuitos; e deixará de participar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerá qualquer prejuízo.

7. Você foi informado e está ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por sua participação, no entanto, caso você tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, terá direito à buscar ressarcimento.

8. Caso ocorra algum dano, previsto ou não, decorrente da sua participação no estudo, você terá direito a assistência integral e imediata, de forma gratuita (pelo patrocinador e/ou pesquisador responsável), pelo tempo que for necessário; e terá o direito a buscar indenização.

9. Será assegurada a sua privacidade, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, identificá-lo(a), será mantido em sigilo. Caso você deseje, poderá ter livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que você queira saber antes, durante e depois da sua participação.

Rubrica do(a) pesquisador(a):

Rubrica do(a) participante:

Pág. 2 de 3



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG- CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3701 9153



10. Você foi informado(a) que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para fins desta pesquisa, e que os resultados da pesquisa, poderão ser publicados/divulgados através de trabalhos acadêmicos ou artigos científicos por profissionais da área.

11. Conforme o item III.2, inciso (i) da Resolução CNS 466/2012 e o Artigo 3º, inciso IX, da Resolução CNS 510/2016, é compromisso de todas as pessoas envolvidas na pesquisa de não criar, manter ou ampliar as situações de risco ou vulnerabilidade para os indivíduos e coletividades, nem acentuar o estigma, o preconceito ou a discriminação.

Por esses motivos,

AUTORIZO ( ) / NAO AUTORIZO ( )

a coleta e divulgação de imagens/fotografias/vídeos/som de voz para a presente pesquisa.

12. Você poderá consultar o(a) pesquisador(a) *Thais de Castro Santos* no seguinte telefone: (35) 98456-6617 ou email [thais.santos@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:thais.santos@sou.unifal-mg.edu.br) e/ou o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CEP/UNIFAL-MG\*), com endereço na Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, Cep - 37130-000, Fone: (35) 3701 9153, no e-mail: [comite.etica@unifal-mg.edu.br](mailto:comite.etica@unifal-mg.edu.br) sempre que entender necessário obter informações ou esclarecimentos sobre o projeto de pesquisa e sua participação.

\*O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CEP/UNIFAL-MG) é um colegiado composto por membros de várias áreas do conhecimento científico da UNIFAL-MG e membros da nossa comunidade, com o dever de defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento científico dentro de padrões éticos.

Eu, \_\_\_\_\_, CPF n° \_\_\_\_\_, declaro ter sido informado (a) e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

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

.....  
 (Assinatura do participante da pesquisa)

.....  
 (Assinatura do pesquisador responsável / pesquisador participante)

## ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP - ARTIGO 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO MUSCULAR DE AGONISTA E ANTAGONISTA EM GRANDES ARTICULAÇÕES

**Pesquisador:** Leonardo César Carvalho

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 60359722.1.1001.5142

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.688.543

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de pesquisa de doutorado, multicêntrica, com financiamento próprio e sem relato de conflito de interesses. O estudo irá avaliar a repetição máxima de músculos agonista e antagonista das articulações do ombro, cotovelo, quadril e joelho por meio de resistência elástica, por meio das avaliações de contração isotônica concêntrica, excêntrica e isocinética, baropodometria, eletromiografia, rastreamento de dor neuropática e de lesões articulares através do Hop Test, Single, Triple, 6M, Lysholm, Lequesne e SPADI. O estudo será realizado no Laboratório de Marcha, da Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG e no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho.

#### Objetivo da Pesquisa:

**Objetivo Primário:**

Avaliar o equilíbrio muscular agonista e antagonista por meio de exercícios sob resistência elástica e isocinética e a sua relação com a presença de dor neuropática.

**Objetivo Secundário:**

Avaliar o equilíbrio muscular agonista e antagonista por meio de exercícios sob resistência elástica e isocinética e a sua relação com a presença de lesões articulares, equilíbrio postural estático e dinâmico por baropodometria computadorizada e desempenho funcional; Correlacionar o

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E

**Bairro:** centro

**CEP:** 37.130-001

**UF:** MG

**Município:** ALFENAS

**Telefone:** (35)3701-9153

**Fax:** (35)3701-9153

**E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS



Continuação do Parecer: 5.688.543

equilíbrio muscular avaliado pela resistência elástica e isocinética.

#### Análise CEP

Os objetivos são:

- a. claros e bem definidos;
- b. coerentes com a propositura geral do projeto;
- c. exequíveis.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

##### Riscos:

Os voluntários poderão apresentar tonturas, vertigens e desconforto muscular como dor e fadiga na musculatura analisada. Se porventura algum voluntário se apresente em alguma dessas condições, a equipe estará devidamente preparada para reduzir esses desconfortos e serão ofertados alongamentos, analgesia e descanso por tempo prolongado, até que eles se recuperem dos sintomas e serão devidamente informados o tempo de duração destes sintomas. Se necessário, outras medidas, como compressas frias/quentes ou procedimentos fisioterapêuticos, serão utilizados, a depender do quadro apresentado. Todos os testes, serão realizados por profissionais capacitados e treinados, em um laboratório devidamente reservado para este fim. Caso seja relatado pelo voluntário ou observado pelo pesquisador, algum risco ou danos à saúde, as avaliações serão interrompidas imediatamente, sendo assistido pela equipe profissional.

##### Benefícios:

Espera-se que, com as análises realizadas, torne-se possível traçar um parâmetro ideal de equilíbrio muscular das articulações avaliadas, satisfatórias para avaliar e identificar alterações sobre o centro de massa corporal. Desta forma, os voluntários envolvidos, receberão todas as informações dos resultados das análises sobre as condições relacionadas às variáveis, a que este projeto se propõe, com orientações pelos profissionais, de como poderão alcançar um parâmetro ideal de equilíbrio muscular, para a melhoria da sua saúde e qualidade de vida, resultando assim, num equilíbrio muscular saudável, com menores propensões a lesões.

##### Parecer do colegiado do CEP:

- a. os riscos de execução do projeto são bem avaliados, realmente necessários ou evitáveis, e estão bem descritos no projeto;

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
**Bairro:** centro **CEP:** 37.130-001  
**UF:** MG **Município:** ALFENAS  
**Telefone:** (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS



Continuação do Parecer: 5.688.543

- b. os benefícios oriundos da execução do projeto justificam os riscos corridos;
- c. para cada risco descrito, o pesquisador apresentou uma correta ação minimizadora/corretiva desse risco.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

- a. Método da pesquisa está adequado aos objetivos do projeto;
- b. Referencial teórico da pesquisa está atualizado e é suficiente para aquilo que se propõe;
- c. Cronograma de execução da pesquisa é coerente com os objetivos propostos e está adequado ao tempo de tramitação do projeto.

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

- a. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) - presente e adequado
- b. Termo de Assentimento (TA) – não se aplica
- c. Termo de Assentimento Esclarecido (TAE) – não se aplica
- d. Termo de Compromisso para Utilização de Dados e Prontuários (TCUD) – não se aplica
- e. Termo de Anuência Institucional (TAI) IFSuldeminas – presente e adequado
- f. Termo de Anuência Institucional (TAI) UNIFAL-MG – presente e adequado
- g. Termo de Anuência Institucional (TAI) UFTM – presente e adequado
- f. Folha de rosto - presente e adequada
- g. Projeto de pesquisa completo e detalhado - presente e adequado
- h. Declaração de compromisso do pesquisador - presente e adequado
- i. TERMO DE COMPROMISSO PARA DESENVOLVIMENTO DE PROTOCOLOS DE PESQUISA NO PERÍODO DA PANDEMIA DO CORONAVÍRUS (COVID-19) - presente e adequado

**Recomendações:**

Não há.

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

Recomendação de aprovação do Protocolo.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Após análise a coordenação do CEP emite parecer ad referendum.

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
**Bairro:** centro **CEP:** 37.130-001  
**UF:** MG **Município:** ALFENAS  
**Telefone:** (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS**



Continuação do Parecer: 5.688.543

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1924289.pdf	20/09/2022 12:54:31		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa.pdf	20/09/2022 12:53:01	Dennis William Abdala	Aceito
Outros	Carta_Resposta_Pendencia_CEP_UNIFAL_MG.pdf	19/09/2022 21:15:57	Dennis William Abdala	Aceito
Outros	Termo_Compromisso_Pesquisa_Pandemia.pdf	19/09/2022 21:07:02	Dennis William Abdala	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Dennis.pdf	19/09/2022 20:50:13	Dennis William Abdala	Aceito
Outros	formulario_encaminhamento_discente.pdf	04/07/2022 16:30:31	Dennis William Abdala	Aceito
Outros	Declaracao_de_compromisso.pdf	04/07/2022 16:28:25	Dennis William Abdala	Aceito
Outros	Termo_UFTM.pdf	28/06/2022 15:12:16	Dennis William Abdala	Aceito
Outros	Termo_ICM.pdf	28/06/2022 15:11:17	Dennis William Abdala	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	13/06/2022 16:53:13	Leonardo César Carvalho	Aceito
Outros	Termo.pdf	13/06/2022 16:40:31	Leonardo César Carvalho	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

ALFENAS, 06 de Outubro de 2022

Assinado por:  
**DANIEL AUGUSTO DE FARIA ALMEIDA**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
**Bairro:** centro **CEP:** 37.130-001  
**UF:** MG **Município:** ALFENAS  
**Telefone:** (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

## ANEXO B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP - ARTIGO 3

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA POR TELEATENDIMENTO. ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO E CONTROLADO

**Pesquisador:** Leonardo César Carvalho

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 55104721.4.0000.5142

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.346.569

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de pesquisa para Trabalho de Conclusão do Curso de Fisioterapia com a participação de dois docentes e uma discente. A proposta deste estudo é utilizar o teste de Repetição Máxima (RM), aplicado por vídeo chamada e também de forma presencial, para avaliação da força dos músculos dos membros inferiores em sujeitos que tenham dor lombar, além da elaboração de um treinamento de força, a fim de averiguar a sua eficiência e viabilidade no contexto da telerreabilitação em comparação a avaliação realizada de forma presencial. É um estudo clínico, controlado, randomizado e cego. Na avaliação inicial os voluntários serão alocados de forma randomizada para os grupos, sendo Grupo 1 - Treino baseado em RM por teleatendimento e Grupo 2 - Treino baseado em RM presencial; cada participante, de ambos os grupos, receberão 10 atendimentos. Os pesquisadores não relatam conflito de interesse. Possui financiamento próprio.

#### Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
**Bairro:** centro **CEP:** 37.130-001  
**UF:** MG **Município:** ALFENAS  
**Telefone:** (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA POR TELEATENDIMENTO. ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO E CONTROLADO

**Pesquisador:** Leonardo César Carvalho

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 55104721.4.0000.5142

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 5.346.569

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de pesquisa para Trabalho de Conclusão do Curso de Fisioterapia com a participação de dois docentes e uma discente. A proposta deste estudo é utilizar o teste de Repetição Máxima (RM), aplicado por vídeo chamada e também de forma presencial, para avaliação da força dos músculos dos membros inferiores em sujeitos que tenham dor lombar, além da elaboração de um treinamento de força, a fim de averiguar a sua eficiência e viabilidade no contexto da telerreabilitação em comparação a avaliação realizada de forma presencial. É um estudo clínico, controlado, randomizado e cego. Na avaliação inicial os voluntários serão alocados de forma randomizada para os grupos, sendo Grupo 1 - Treino baseado em RM por teleatendimento e Grupo 2 - Treino baseado em RM presencial; cada participante, de ambos os grupos, receberão 10 atendimentos. Os pesquisadores não relatam conflito de interesse. Possui financiamento próprio.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
**Bairro:** centro **CEP:** 37.130-001  
**UF:** MG **Município:** ALFENAS  
**Telefone:** (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

## UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS



Continuação do Parecer: 5.346.569

Investigar a eficácia da avaliação remota do teste de repetição máxima (RM) e do plano de fortalecimento muscular do quadríceps femoral em voluntários com autorrelato de lombalgia.

Objetivo Secundário:

Estudar a viabilidade da aplicação do teste de RM aplicado de forma remota;

Investigar o aumento de força muscular por meio da zona de treinamento determinado pelo RM;

Investigar a eficácia do tratamento baseado no Teste de RM remoto sobre os sintomas musculoesqueléticos.

Os objetivos são:

- a. claros e bem definidos;
- b. coerentes com a propositura geral do projeto;
- c. exequíveis.

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

Riscos:

Os voluntários poderão apresentar a presença de um pequeno hematoma na região de fixação do elástico de avaliação da força e cansaço/fadiga muscular em membros inferiores. Para o participante que, porventura, se apresente nesta condição será ofertada aplicação de US sobre o hematoma e massagem relaxante em membros inferiores com o objetivo de melhora do quadro, além de acompanhamento fisioterapêutico até solução completa do quadro. Além disso, os pesquisadores estarão sempre disponíveis para dar explicações a respeito dos testes realizados e tirar possíveis dúvidas, a fim de evitar medo, angústia ou qualquer sentimento adverso.

Visto o contexto da pandemia, por ser uma pesquisa parcialmente presencial, há possibilidade de contaminação por Sars-CoV-2. A fim de diminuir esse risco e conter a disseminação da doença, os atendimentos serão realizados com horário marcado, todos os envolvidos deverão utilizar máscara e higienizar as mãos com álcool em gel sempre que necessário e os pesquisadores ficarão responsáveis em higienizar a sala e os equipamentos utilizados.

Por fim, há um pequeno risco de vazamento de dados, caso o sistema de armazenamento de

<b>Endereço:</b> Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E			
<b>Bairro:</b> centro		<b>CEP:</b> 37.130-001	
<b>UF:</b> MG	<b>Município:</b> ALFENAS		
<b>Telefone:</b> (35)3701-9153	<b>Fax:</b> (35)3701-9153	<b>E-mail:</b> comite.etica@unifal-mg.edu.br	

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS



Continuação do Parecer: 5.346.569

dados da

Google seja hackeado, pois trata-se de uma pesquisa que irá utilizar recursos digitais, como o Google planilhas e Whats App. Sendo assim, a equipe de pesquisa irá zelar pela confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes. Além do mais, será garantida a retirada do consentimento prévio do participante, caso desista de participar da pesquisa.

**Benefícios:**

Espera-se que após o uso da técnica de fortalecimento ocorra um aumento nos percentuais de dinamometria da musculatura em análise.

**Parecer do colegiado do CEP:**

- a. os riscos de execução do projeto são bem avaliados, realmente necessários ou evitáveis, e estão bem descritos no projeto;
- b. os benefícios oriundos da execução do projeto justificam os riscos corridos;
- c. para cada risco descrito, o pesquisador apresentou uma correta ação minimizadora/corretiva desse risco.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

- a. Método da pesquisa está adequado aos objetivos do projeto;
- b. Referencial teórico da pesquisa está atualizado e é suficiente para aquilo que se propõe;
- c. Cronograma de execução da pesquisa é coerente com os objetivos propostos e está adequado ao tempo de tramitação do projeto.

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

- a. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) - presente e adequado
- b. Termo de Assentimento (TA) – não se aplica
- c. Termo de Assentimento Esclarecido (TAE) – não se aplica
- d. Termo de Compromisso para Utilização de Dados e Prontuários (TCUD) – não se aplica
- e. Termo de Anuência Institucional (TAI) – presente e adequado
- f. Folha de rosto - presente e adequada
- g. Projeto de pesquisa completo e detalhado - presente e adequado
- h. Termo de compromisso do pesquisador - presente e adequado.

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
**Bairro:** centro **CEP:** 37.130-001  
**UF:** MG **Município:** ALFENAS  
**Telefone:** (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS



Continuação do Parecer: 5.346.569

i. Termo de Compromisso para desenvolvimento de pesquisa no período de pandemia (COVID-19) - presente e adequado.

**Recomendações:**

Não há.

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

Recomendação de aprovação do projeto.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Após análise a coordenação do CEP emite parecer ad referendum.

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1814106.pdf	25/03/2022 15:36:14		Aceito
Outros	carta_resposta_cep.docx	25/03/2022 15:29:16	THAIS DE CASTRO SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_thaiscastro_telerreabilitacao.docx	25/03/2022 12:49:55	THAIS DE CASTRO SANTOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	tai_atualizado.pdf	25/03/2022 12:49:28	THAIS DE CASTRO SANTOS	Aceito
Outros	temo_compromisso_pesquisa_pandemia_correto.pdf	18/01/2022 11:01:25	THAIS DE CASTRO SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_TCC_completo_presencial.docx	18/01/2022 10:57:46	THAIS DE CASTRO SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto_thais.pdf	16/01/2022 10:45:48	THAIS DE CASTRO SANTOS	Aceito
Outros	declaracao_pesquisador_responsavelassinado.pdf	16/01/2022 10:43:38	THAIS DE CASTRO SANTOS	Aceito

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - Sala O 314 E  
**Bairro:** centro **CEP:** 37.130-001  
**UF:** MG **Município:** ALFENAS  
**Telefone:** (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS



Continuação do Parecer: 5.346.569

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

ALFENAS, 12 de Abril de 2022

---

**Assinado por:**  
**DANIEL AUGUSTO DE FARIA ALMEIDA**  
(Coordenador(a))

## ANEXO C - ARTIGO PUBLICADO

Journal of Bodywork &amp; Movement Therapies 43 (2025) 28–34









Contents lists available at ScienceDirect

## Journal of Bodywork &amp; Movement Therapies

journal homepage: [www.elsevier.com/jbmt](http://www.elsevier.com/jbmt)

## Effect of thigh muscle strength training through telerehabilitation in volunteers with low back pain. A controlled and randomized clinical trial

Dennis William Abdala <sup>a,b</sup> , Thais Castro <sup>b</sup> , Willian dos Santos da Costa <sup>b</sup> ,  
 Bruno Alves Silveira <sup>b</sup>, Gabriel João de Almeida Silva <sup>b</sup>, Natália da Silva Martins Fonseca <sup>d</sup> ,  
 Adriano Prado Simão <sup>a,b</sup> , Leonardo César Carvalho <sup>a,b,c,\*</sup> 

<sup>a</sup> Graduate Program Program in Biosciences Applied to Health, Federal University of Alfenas, Alfenas, Brazil

<sup>b</sup> Motor Science Institute, Federal University of Alfenas, Alfenas, Brazil

<sup>c</sup> Rehabilitation Science Graduate Program, Federal University of Alfenas, Alfenas, Brazil

<sup>d</sup> Graduate Program in Statistics Applied to Biometrics, Federal University of Alfenas, Alfenas, Brazil

## ARTICLE INFO

Handling Editor: Dr Jerrilyn Cambron

## Keywords:

Telerehabilitation  
 Low back pain  
 Exercise Therapy

## ABSTRACT

**Background:** Low back pain (LBP) is a clinical condition with a high global incidence that significantly impacts the quality of life, including psychological, physical, and social aspects. It commonly leads to an impairment in muscle strength and activation.

**Research question:** The aim of the study was to assess the short-term effects of thigh muscle strength training conducted via telerehabilitation and in-person in patients with self-reported LBP.

**Methods:** The telerehabilitation and control groups completed 10 strength training sessions, five times a week. Both groups were evaluated for electromyographic parameters, maximal isometric voluntary contraction (MIVC), and the number of maximum repetitions of knee flexion-extension movements.

**Results:** Telerehabilitation increased the recruitment of the right rectus femoris ( $p < 0.05$ ). It improved the maximum repetition capacity for the left knee extension ( $p < 0.01$ ) movement and for the right and left knee flexion ( $p < 0.05$ ); however, it was able to reduce the MIVC right and left knee flexion ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Telerehabilitation was able to increase the recruitment of the right biceps femoris muscles and maintain the recruitment of the right and left rectus femoris; improve the maximum repetition capacity for left knee extension and of both the right and left knees flexion movement. However, it could not increase the MVIC after the training period.

# ANEXO D - SUBMISSÃO CONFIRMADA

10/12/2024, 15:16

ScholarOne Manuscripts

 Expert Review of Medical Devices

 Home

 Author

 Review

## Submission Confirmation

 Print

Thank you for your submission

**Submitted to**  
Expert Review of Medical Devices

**Manuscript ID**  
ERD-2024-ST-0452

**Title**  
USABILITY OF AN APPLICATION FOR MUSCLE IMBALANCE ANALYSIS

**Authors**  
Abdala, Dennis  
Silva, Gabriel  
Costa, Willian  
Silveira, Bruno  
Simão, Adriano  
Carvalho, Leonardo

**Date Submitted**  
10-Dec-2024

[Author Dashboard](#)

## ANEXO E - SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)

### *System Usability Scale*

© Digital Equipment Corporation, 1986.

	Strongly disagree				Strongly agree
1. I think that I would like to use this system frequently	1	2	3	4	5
2. I found the system unnecessarily complex	1	2	3	4	5
3. I thought the system was easy to use	1	2	3	4	5
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system	1	2	3	4	5
5. I found the various functions in this system were well integrated	1	2	3	4	5
6. I thought there was too much inconsistency in this system	1	2	3	4	5
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly	1	2	3	4	5
8. I found the system very cumbersome to use	1	2	3	4	5
9. I felt very confident using the system	1	2	3	4	5
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system	1	2	3	4	5