
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS DO MOVIMENTO – INTERUNIDADES**

LEONARDO QUESADAS GOMES

**Análise de diferentes volumes de treinamento resistido com
diferentes intensidades sobre parâmetros de impedância
bioelétrica**

**Presidente Prudente – SP
2025**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
DOMOVIMENTO – INTERUNIDADES

LEONARDO QUESADAS GOMES

**Análise de diferentes volumes de treinamento resistido com
diferentes intensidades sobre parâmetros de impedância
bioelétrica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento - Interunidades, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento.

Orientador: Luís Alberto Gobbo

**Julho
2025**

G633a Gomes, Leonardo Quesadas
 Análise de diferentes volumes de treinamento resistido com
 diferentes intensidades sobre parâmetros de impedância bioelétrica /
Leonardo Quesadas Gomes. - Presidente Prudente, 2025
 46 p. : tabs., fotos

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
 Orientador: Luís Alberto Gobbo

 1. treinamento de força. 2. bioimpedância elétrica. 3. bioimpedância
 localizada. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LEONARDO QUESADAS GOMES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE.

Aos 21 dias do mês de março do ano de 2025, às 9h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LEONARDO QUESADAS GOMES, intitulada **Análise de diferentes volumes de treinamento resistido com diferentes intensidades sobre parâmetros de impedância bioelétrica**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. FÁBIO SANTOS DE LIRA

(Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de

Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP, Prof. Dr. LEANDRO DOS SANTOS (Participação Virtual) do(a) Centro de Educação Física e Esporte / Universidade Estadual de Londrina - UEL, Prof. Dr. EZEQUIEL MOREIRA GONÇALVES (Participação Virtual) do(a) Universidade Estadual do Norte do Paraná. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: _____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. FÁBIO SANTOS DE LIRA

Documento assinado digitalmente
 **FABIO SANTOS DE LIRA**
Data: 09/05/2025 14:39:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Luís Alberto Gobbo, pela oportunidade e confiança, desde o momento em que me aceitou no grupo de estudos, o que possibilitou meu reencontro no campo profissional e minha evolução pessoal. Pude conhecer mais sobre sua história e valores, e aprendi muito com esse ser humano incrível, que passei a admirar.

À minha mãe, Marli de Oliveira Quesadas, que sempre me apoiou em todos os momentos da minha vida, muitas vezes fazendo mais do que estava ao seu alcance. Ao meu pai, Marcelo Alexandre Gomes, espero que esteja orgulhoso e continue acompanhando essa história. Passo a passo, seguimos em busca de conquistar as “grandes coisas” de que você sempre falava.

À minha melhor amiga e, hoje, namorada, Mariana Fardin Espicaski dos Santos, que durante essa jornada foi uma das minhas bases, sempre me apoiando e auxiliando sempre que podia. Sou muito grato por todo o apoio e confiança.

Não posso deixar de citar meus familiares, minhas avós e tias, que estiveram presentes nesse período e sempre me forneceram suporte, principalmente após o falecimento do meu pai.

Aos professores Fábio Santos de Lira, Leandro dos Santos e Ezequiel Moreira Gonçalves, membros da banca examinadora, pela disposição em participar do exame e por toda a atenção oferecida na realização de correções e sugestões para este trabalho.

Ao Helder dos Santos Lopes e Fábio Mícolis de Azevedo, pela ajuda com o aparelho isocinético. Ao Augusto Cesinando de Carvalho e a todos os funcionários do CEAFIR, pelo espaço e auxílio que nos ofereceram.

Ao Eduardo Duarte de Lima Mesquita, amigo de longa data, que me ajudou com as avaliações no DXA e sempre se dispôs a colaborar em qualquer horário.

Aos meus amigos do laboratório LABSIM, especialmente Karina, Carlos, Marcelo, Victor e Beatriz. Sem eles, o projeto não teria se desenvolvido. Agradeço em especial ao Victor, pela ajuda e pelas ideias para o ajuste do trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

Em razão a prática de exercício físico e seus benefícios, o treinamento resistido (TR) tem se mostrado uma ferramenta interessante para diversos fins, possuindo variáveis como a intensidade e o volume, que podem ser manipuladas afim de promover melhores resultados ao praticante. Com isso a análise de impedância bioelétrica (BIA), muito utilizada em avaliações de composição corporal, tem sido proposta para analisar o impacto do TR através de seus parâmetros avaliativos, principalmente em idosos e atletas, porém pouco explorada em jovens adultos. Nesse sentido, afim de entender melhor o impacto dessas importantes variáveis e analisar suas modulações de maneira aguda, o presente estudo tem como objetivo, comparar os parâmetros de BIA em sessões de treino realizados em diferentes zonas de volume de treinamento (1 a 3, 8 a 12 e acima de 15) e diferentes intensidades (65%, 80%, e 95% de uma repetição máxima) em adultos jovens. Para isso, recrutaremos uma amostra de 29 homens adultos, com idade entre 18 a 40 anos, fisicamente ativos, para realizarem as sessões de TR em diferentes zonas de volume de treinamento e intensidades. O programa de treinamento será composto por sessões de treinos A, B, C, D, E e F, que serão distribuídas a partir da aleatorização das propostas de volume e intensidade, onde três sessões ocorrerá em zonas de repetições estipuladas pelo percentual da repetição máxima, e o restante será com repetições até a falha. Os parâmetros de BIA e L-BIA serão mensurados por meio de bioimpedância elétrica, utilizando um analisador de frequência de 50 kHz. Medidas de resistência e reatância serão obtidas para calculo do ângulo de fase. O teste de 1RM dos participantes será realizado a partir de protocolos descritos na literatura. Teste de Shapiro-Wilk será utilizado para a análise da distribuição dos dados. teste de Levene, utilizado para análise da homogeneidade das variâncias. Na sequência, o teste de Mauchly será aplicado para verificar a esfericidade e posteriormente quando necessário ajustado pela correção de Greenhouse Geiser. O teste post hoc de Bonferroni, para comparações múltiplas, será empregado para a identificação das diferenças específicas. Regressão linear será utilizada para análise da correlação entre as variáveis, com utilização do valor de beta e os respectivos intervalos de confiança (95%) para comparação das correlações. Para todas as análises estatísticas será aceita significância de $P < 0,05$.

Palavras-chaves: treinamento resistido, bioimpedância elétrica, bioimpedância localizada

ABSTRACT

The present study analyzed the acute effects of different volumes and intensities of resistance training on bioelectrical impedance (BIA) parameters in young adults. The research sought to observe changes in resistance (R), reactance (Xc) and phase angle (FA) in response to two exercise protocols: higher volume and lower intensity (3 sets of 15 repetitions at 90o/s) and lower volume and higher intensity (5 sets of 5 repetitions at 30o/s). The sample consisted of 18 physically active male participants, aged between 18 and 34 years. Bioelectrical parameters were measured by whole-body and localized BIA (L-BIA) before, immediately after and at intervals of up to 60 minutes after the training sessions. Additionally, muscle strength assessments were performed with an isokinetic dynamometer and pain perception (EVA) and effort (OMNI) recordings. The results revealed distinct responses between the protocols. In the higher volume and lower intensity protocol (Protocol A), a faster decline in resistance and reactance values was observed, with faster recovery. In contrast, in the lower volume and higher intensity protocol (Protocol B), the decline was more prolonged, suggesting greater muscle damage and inflammation due to more intense mechanical stress. AF values showed a similar behavior, with a greater decline in Protocol B, reflecting a greater impact on cellular integrity. The recovery of bioelectrical parameters presented different curves between protocols. While Xc recovery in Protocol A occurred around 15 minutes, in Protocol B, normalization took around 30 minutes. Resistance also recovered more slowly in Protocol B, which may be related to the accumulation of metabolites and the more pronounced inflammatory response. Furthermore, L-BIA analysis revealed significant differences between active (right) and resting (left) limbs, confirming the local specificity of the changes induced by resistance exercise. Subjective measures of pain (VAS) and perceived exertion (OMNI) were also higher in Protocol B, corroborating the higher physiological impact of higher intensity. The study concludes that the volume and intensity of resistance training influence BIA parameters differently. Higher volume tends to induce acute metabolic stress, with rapid recovery, while high intensity is associated with greater muscle damage and prolonged recovery. L-BIA has been shown to be effective in assessing the local impact of training and may be a practical and low-cost tool for monitoring muscle status in real time. These findings have important implications for resistance training prescription, allowing more precise adjustments in training load to optimize results and minimize injury risks.

Key-words: resistance training, bioimpedance, localized bioimpedance.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
1	Desenho experimental do estudo	10
2	Modelo de membros inferiores para colocação de eletrodos	11
3	Modelo de colocação de eletrodos no RF e maléolo	14
4	Escala visual de dor analógica	15
5	Escala OMNI de percepção de esforço para adultos em exercício de resistência (OMNI-RES)	15
6	Apresentação gráfica linear dos valores de resistência nos diferentes momentos do teste segundo os diferentes protocolos	19
7	Apresentação gráfica linear dos valores de reatância nos diferentes momentos do teste segundo os diferentes protocolos	20
8	Apresentação gráfica linear dos valores de reatância nos diferentes momentos do teste segundo os diferentes protocolos	21
9	Análise de vetores de impedância bioelétrica (BIVA) a partir de elipses de confiança pareada para os diferentes momentos em relação ao momento inicial do treino (Pré) para o Protocolo A	23
10	Análise de vetores de impedância bioelétrica (BIVA) a partir de elipses de confiança pareada para os diferentes momentos em relação ao momento inicial do treino (Pré) para o Protocolo B	24
11	Análise do padrão de migração dos pontos de alteração dos vetores para os diferentes protocolos para os membros inferiores ativos (direito) e em repouso (esquerdo)	25

LISTA DE SIGLAS

SIGLA DEFINIÇÃO

ACMS American College of Sports Medicine

AF Ângulo de Fase

BIA Bioimpedância

BIVA Análise de Vetorial de Bioimpedância

CC Composição Corporal

EVA Escala Visual Analógica

FCT Faculdade de Ciências e Tecnologia

FM Força Muscular

IMC Índice de Massa Corporal

L-BIA Bioimpedância Localizada

OMS Organização Mundial da Saúde

R Resistência

1RM 1 Repetição Máxima

TE Tamanho do Efeito

TR Treinamento Resistido

UNESP Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Xc Reatância

Z Impedância

LISTA DE TABELAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
1	Características descritivas da amostra	17
2	Resultados de força isocinética para os Protocolos A (90o/s) e B (30o/s)	18
3	Valores de resistência nos diferentes momentos do teste segundo diferentes protocolos	18
4	Valores de reatância nos diferentes momentos do teste segundo diferentes protocolos	20
5	Valores de ângulo de fase nos diferentes momentos do teste segundo diferentes protocolos	21
6	Valores de EVA e OMNI para os diferentes momentos do teste para os diferentes protocolos	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. JUSTIFICATIVA.....	6
3. OBJETIVOS	7
4. MATERIAIS E MÉTODOS	8
4.1 AMOSTRA.....	8
4.2 TAMANHO DA AMOSTRA	8
4.3 DESENHO DO ESTUDO.....	9
4.4 VARIÁVEIS DE ESTUDO	10
4.4.1 AVALIAÇÃO DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA (BIA).	10
4.4.1.2 BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA LOCALIZADA (L-BIA)	11
4.4.2 VARIÁVEIS INDEPENDENTES.....	12
4.4.2.1 DINAMOMETRO ISOCINÉTICO.....	12
4.4.2.2 ESCALA VISUAL DE DOR ANALÓGICA.....	13
4.4.2.3 ESCALA OMNI	14
4.5. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	14
5. RESULTADOS	16
6. DISCUSSÃO	26
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

A Bioimpedância Elétrica (BIA) é um instrumento validado, de boa aplicabilidade, não invasivo e com excelente custo-benefício. Trata-se de um método duplamente indireto de avaliação da composição corporal, utilizado para analisar as mudanças nos tecidos corporais e a integridade da membrana celular de um indivíduo (MOON, 2013; LUKASKI et al., 2019).

A BIA interpreta o corpo humano como um sistema composto por resistores — que incluem os fluídos fisiológicos, como o intracelular e o extracelular — e capacitores, representados pelas membranas celulares e pelas interfaces entre tecidos adjacentes. Esses componentes são mensurados por parâmetros como a água extracelular, a água corporal total e a água intracelular, que estão diretamente associados à resistência (R) e à reatância (Xc) do sistema (LUKASKI & TALLURI, 2022).

Por meio da aplicação de uma corrente elétrica de baixa intensidade, a BIA consegue mensurar a quantidade de água nos tecidos corporais. Tais tecidos apresentam diferentes níveis de hidratação e, conseqüentemente, diferentes oposições à corrente elétrica. Tecidos mais hidratados oferecem menor resistência à passagem da corrente, favorecendo sua condução. A oposição ao fluxo elétrico é chamada de impedância (Z), composta por dois componentes: a resistência (R) e a reatância (Xc) (KYLE et al., 2004).

O tecido magro possui alta condutibilidade elétrica devido à presença de eletrólitos e água, enquanto o tecido adiposo atua como um isolante, elevando a resistência elétrica (EICKEMBERG et al., 2011). A resistência reflete a dificuldade de a corrente elétrica atravessar o corpo, enquanto a reatância representa a capacidade da membrana celular de armazenar e retardar a passagem da corrente, funcionando como um capacitor. Por isso, a Xc tem maior afinidade com a massa livre de gordura (SÁNCHEZ-IGLESIAS, FERNÁNDEZ-LUCAS & TERUEL, 2012; MARINI et al., 2013).

A partir da relação entre R e Xc é possível calcular o ângulo de fase (AF) — um parâmetro clinicamente estabelecido (NORMAN et al., 2012), cuja equação é dada por (BAUMGARTNER, CHUMLEA & ROCHE, 1988):

$$\text{Ângulo de Fase (AF, em graus)} = \text{arco tangente } (Xc/R) \times (180/\pi), \text{ onde } \pi = 3,1415926.$$

O AF representa um deslocamento angular (diferença de fase) entre formas de ondas sinusoidais de tensão e corrente, sendo possível identificar o tempo de atraso destas, na interface da membrana celular e dos tecidos (VICENZO, MARRA e SCALFI, 2019). Os

valores do AF variam de acordo com o sexo, idade e IMC, aumentando durante a infância, se estabilizando durante a fase adulta e decaindo na velhice, sendo os valores médios na fase adulta de 7,3 graus para homens e 6,4 graus para mulheres (MATIELLO et al., 2019; MATIELLO, MUNDSTOCK e ZIEGELMANN, 2022) e em atletas, valores maiores são observados - acima de 9,5 graus (TORRES et al., 2008).

As alterações do AF são dependentes das mudanças dos valores de R e Xc, com o AF relacionado positivamente à Xc e negativamente à R. É possível sinalizar alterações na permeabilidade da membrana celular e maior integridade celular, e dependendo do resultado da análise do AF, obtemos uma piora ou melhora de um quadro. Essas situações podem sugerir um estágio de condição de saúde e da massa corporal (SILVA, CARUSO e MARTINI, 2007; AZEVEDO et al., 2010).

Além do AF, Mereu et al. (2016) ressalva a importância de utilizar a Análise Vetorial de Bioimpedância Elétrica (BIVA), que vem sendo utilizado há mais de duas décadas (PICCOLI et al., 1994) devido a possíveis erros da técnica convencional ao utilizar equações preditivas, sendo a idade um fator que pode aumentar esses erros, como ocorre em idosos, por exemplo (BARBOSA-SILVA e BARROS, 2005).

A BIVA surge para monitorar a variação de fluidos corporais, através de uma análise de vetores e elipses pré-determinadas que são apresentadas a partir de dados de referência padrão (PICCOLI et al., 1994), não dependendo de equações, sendo assim, afetada apenas por erros de medida e variações biológicas individuais, se tornando uma boa ferramenta para avaliar a composição corporal, de modo que venha a diferenciar indivíduos atléticos, obesos, caquéticos e magros (NORMAN et al., 2012). Ainda sobre a BIVA, ela tem se tornado mais comum em estudos nas áreas do exercício, demonstrando assim um potencial para avaliar modificações oriundas de tais práticas (CASTIZO-OLIER et al., 2018).

Nas avaliações de corpo inteiro, todos os segmentos corporais são mensurados, com avaliação da água corporal total, que pode sofrer influência de fatores como a quantidade de gordura corporal do sujeito, seja ela total ou regional, o estado de hidratação, formas de contorno geométrico, entre outros (KYLE et al., 2004). Nesse sentido, buscando normalizar tais efeitos que podem influenciar os valores das análises, vem sendo também realizadas avaliações de BIA em pontos anatômicos específicos do corpo, denominada bioimpedância localizada (L-BIA).

Na avaliação de L-BIA a água extracelular pode indicar um edema, oriundo de inflamação ou lesão. Esse método tem sido utilizado de forma regionalizada devido à sua propriedade de avaliar a membrana celular, acompanhando as mudanças oriundas de dano

muscular, pelas medições elétricas (NESCOLARDE et al., 2014).

O exercício resistido (ER) é capaz de gerar uma resposta inflamatória rápida no organismo, e é capaz de induzir dano muscular (TUG et al., 2017), este que representa qualquer alteração na morfologia muscular (MORGAN e ALLEN, 1999; DAMAS et al., 2017). Ainda pode ser pontuado por parâmetros diretos a lesão estrutural e inchaço, assim como indiretos, por exemplo a perda de força e dor muscular tardia, que podem ser acometidos até em uma única sessão de treinamento (DAMAS, et al., 2016).

De forma geral, sabemos que o ER é capaz de promover benefícios para a saúde (WESTCOTT, 2012) e qualidade de vida, além de contribuir para a prevenção de lesões (JUKIC et al., 2022). Ele pode ser considerado uma forma de exercício completa e abrangente, sendo possível melhorar aptidões físicas e capacidades treináveis como força muscular, potência, hipertrofia, resistência muscular local, e mais, ainda é possível promover melhora na composição corporal, gerando redução de massa gorda e aumento de massa magra (ACSM, 2009; FRAGALA, et al., 2019).

Diversas variáveis são importantes no planejamento de programas de treinamento resistido, como a ordem dos exercícios, carga ou intensidade, volume do exercício e o descanso entre as séries (ACSM, 2009). A manipulação das variáveis do ER é de extrema importância, visando que na prescrição, profissionais evitem erros que possam vir a gerar danos e sequelas preocupantes (CLARKSON, 1997; PROSKE et al., 2001).

O volume de treinamento trata-se da quantidade de exercício realizado durante um período, sendo expresso pelo número de repetições completadas em uma sessão de treinamento de força (série x repetições) (SCHOENFELD, 2021). Mensurar o volume é importante, pois um maior volume pode resultar em maior dano muscular (ALEMANY et al., 2013).

Marcadores de dano muscular são maiores em protocolos isocinéticos com maior volume. Ambos os modelos isocinéticos e isotônicos são favoráveis para gerar adaptações do exercício resistido (ALEMANY et al., 2013).

Além do dano muscular, outros efeitos são desencadeados pelas contrações musculares induzidas pelo ER, como o maior fluxo metabólico no momento em que o suprimento sanguíneo foi ocluído para a contração e subprodutos metabólicos como íons de hidrogênio (H⁺), lactato, fosfato inorgânico (Pi), creatina livre (Cr), potássio (K⁺), se acumulam dentro e fora das fibras musculares (FOLLAND et al., 2002).

Com isso, após uma sessão aguda podemos observar um aumento de lactato (BROOKS et al., 2022), creatina quinase (CK) (ALEMANY et al., 2013) e amônia

(GOROSTIOGA et al., 2014) resultante de dano muscular induzido. Ocorrem também mudanças na concentração de testosterona e cortisol que são desencadeadas pelo exercício de força (RIACHY et al., 2020).

A força muscular pode ser medida por diferentes meios, sendo um destes o dinamômetro isocinético, que irá quantificar diversos parâmetros da função muscular, sendo um método seguro, confiável e frequentemente utilizado para avaliações de força muscular (COBAN et al., 2021).

Com o aparelho isocinético, os níveis de força produzidos em altas velocidades angulares são significativamente menores do que aqueles alcançados em velocidades mais baixas (PARCELL et al., 2002) e com o aumento da velocidade angular, a resistência muscular passa a ter um papel mais significativo (COBAN et al., 2021).

E mais, quanto menor a velocidade angular, mais o torque pode ser gerado para a musculatura do quadríceps durante a fase concêntrica (AKIMA, et al., 2023).

Com tantos efeitos positivos constatados sobre o treinamento resistido, uma nova linha de estudo tem se originado, buscando observar seu efeito, sobre parâmetros de BIA (RIBEIRO, et al., 2017a; RIBEIRO, et al., 2018), onde foram observados resultados positivos através dos parâmetros de BIA em populações mais idosas. De modo geral, o método de análise de vetores de impedância bioelétrica (BIVA), e a utilização do ângulo de fase (AF), vem sendo realizada em atletas e idosos (FUKUDA, et al., 2016; CUNHA, et al., 2018; CAMPA, et al., 2022), com escassez em populações de adultos mais jovens.

Nescolarde et al., 2014 constataram que a L-BIA é capaz de quantificar e acompanhar o impacto do dano, além da recuperação do tecido lesionado através da avaliação da integridade da membrana celular. Para tanto, foi avaliado um grupo de atletas profissionais de futebol, onde através da L-BIA, foi identificado nos membros inferiores que através da lesão muscular a R (acúmulo de fluidos) apresentou uma redução, enquanto a Xc (perda de integridade da membrana e lesão) demonstrou a recuperação muscular, e mais, com tais achados foi validado o uso de L-BIA comparada ao uso de ressonância magnética (NESCOLARDE et al., 2020).

Baseado nesses achados, cria-se a lacuna onde questionamos qual seria o impacto agudo do exercício resistido sobre os parâmetros da impedância bioelétrica, principalmente a L-BIA. Um artigo recente em maratonistas, utilizou da L-BIA para observar a região da coxa, e os achados indicam que a L-BIA parece ser capaz de prever o desempenho em competições de corrida (NESCOLARDE et al., 2023).

A saber da importância das variáveis de treino de força, e que ajustes imprudentes

podem resultar em lesões e doenças, ferramentas para monitorar o treinamento são fundamentais (SCOTT et al., 2016). Com isso, pensamos que futuramente, a L-BIA possa ser utilizada como ferramenta de monitoramento de treinamento.

Nesse sentido, buscamos observar o efeito agudo de uma sessão de exercício resistido, ainda não amplamente estudado até o presente momento com os parâmetros de impedância bioelétrica. Destacamos a escassez de dados envolvendo a população jovem adulta e treinamento de força, o que nos levou a observar modulações no volume e intensidade de treino, sobre os parâmetros de BIA.

Consoante às informações levantadas, surge a seguinte pergunta: A L-BIA pode ser sensível para avaliar o declínio dos marcadores após diferentes estímulos de treinamento de força?

2. JUSTIFICATIVA

Sabe-se que o número de praticantes de exercícios cresce a cada dia, e, diante da alta demanda por programas de intervenção sistematizados, o controle de variáveis como intensidade e volume deve ser analisado a fundo, visto que ambos são fundamentais para promover ganhos sobre componentes e capacidades musculares, com destaque para a força. Desse modo, torna-se um desafio para os profissionais realizarem ajustes nesses aspectos.

A BIA é uma ferramenta eficaz para estimativas da composição corporal e para analisar os efeitos de um programa de treinamento. Em especial, a L-BIA tem sido explorada como ferramenta para observar o dano muscular em sessões de exercício físico.

Dentro desse campo de estudo, avaliar a intensidade e o volume de treinamento, bem como a recuperação muscular após uma sessão aguda, e analisar como os níveis de força se mantêm, juntamente com o efeito na célula muscular, pode fornecer dados importantes.

Espera-se que, com o conhecimento sobre o efeito agudo da sessão de força, os profissionais possam utilizar um equipamento portátil, com bom custo-benefício e de baixa complexidade, para prescrição e acompanhamento de programas de treinamento de força — como, por exemplo, impedir que uma lesão ocorra e também programar um período em que o praticante esteja em ótimas condições para desempenho.

3. OBJETIVOS

Objetivo geral

Comparar os parâmetros de L-BIA em testes de força em diferentes zonas de volume de treinamento (5 e 15 repetições) e diferentes velocidades angulares (30° e 90° por segundo) em adultos jovens.

Objetivos específicos

Comparar os parâmetros de BIA resistência, reatância, ângulo de fase mensurados em corpo inteiro e localizado (coxa) em momentos pré e pós sessão de treino realizados em diferentes zonas de volume de treinamento (1 a 3, 8 a 12 e acima de 15) e diferentes intensidades (65%, 80%, e 95% de uma repetição máxima) em adultos jovens.

Comparar os parâmetros de BIA resistência, reatância, ângulo de fase mensurados em corpo inteiro e localizado (coxa) em momentos pré e pós sessão de treino realizados em diferentes zonas de volume de treinamento (1 a 3, 8 a 12 e acima de 15) e diferentes intensidades (65%, 80%, e 95% de uma repetição máxima) entre os membros dominante ativo e em repouso.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo transversal, de característica de correlação, realizadas em pessoas adultas envolvidas em sessões de treinamento resistido em diferentes intensidades físicas e volume de exercício.

4.1 AMOSTRA

A amostra foi estabelecida por conveniência, composta por homens jovens, com idades entre 18 e 40 anos, fisicamente ativos, convidados a participar do programa sessão única de treino resistido em diferentes volumes e intensidades na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Presidente Prudente, São Paulo.

A seleção da amostra foi por conveniência, estabelecida através de convite impressos e convites em mídias sociais. Após entrevista individual, anamnese clínica e avaliação de peso e estatura, participantes que estiverem envolvidos em programas de treinamento resistidos foram solicitados a cessarem o treinamento uma semana antes da avaliação inicial, e foram autorizados a retomar seus respectivos programas após a última avaliação. Foi solicitado ao participante que não realizasse sessões de exercícios nas 24 horas que antecederam as avaliações do estudo.

Como critério de inclusão, foram aceitos no estudo adultos jovens do sexo masculino com idade entre 18 e 40 anos, saudáveis, que não possuísem doenças crônicas não transmissíveis que os incapacitassem de participar das avaliações de força, que pudessem interferir nos efeitos e adaptações geradas, que não tiveram implantados no corpo marcapassos ou equipamentos com sinais elétricos (implantes), e que fossem praticantes de treinamento resistido. Foram excluídos da amostra três participantes que não completaram as duas avaliações.

Todos os participantes, após serem convenientemente informados sobre a proposta do estudo e procedimentos aos quais foram submetidos, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (Processo CAAE nº 54939222.7.0000.5402).

4.2 TAMANHO DA AMOSTRA

Para o cálculo do tamanho da amostra, foi considerado análise de correlação, com

valor de significância (alfa, em duas caudas) igual a 0,05, beta igual a 0,20 e o coeficiente de correlação esperado em 0,5. Com os valores apresentados, o tamanho amostral para o estudo de validação foi de 29 sujeitos, acrescido de 6 sujeitos (20%) para possíveis perdas amostrais, por conta de eventuais faltas em sessões ou dados faltantes.

4.3 DESENHO DO ESTUDO

A avaliação de força foi composta por uma única sessão semanal para o exercício de extensão de joelho e flexão de joelho (perna direita), totalizando duas semanas de avaliações, determinadas de maneira randomizada. Antes da avaliação acontecer, foram realizadas avaliações antropométricas (peso, estatura e medidas de comprimento do fêmur), de BIA - localizada (R, Xc, AF), e eletromiografia, além da verificação da escala visual analógica (EVA) de dor em repouso junto a escala OMINI de esforço para o teste de força realizado.

Após as primeiras avaliações, terão início as sessões de avaliação de extensão e flexão de joelho, unilateral, com o membro direito do participante, nas semanas um e dois, quando os volumes e intensidades serão determinadas a partir de aleatorização (sorteio), conforme a proposta:

- A. 3 séries de 15 repetições a 90° por segundo;
- B. 5 séries de 5 repetições a 30° por segundo.

Em cada sessão de avaliação, avaliações de BIA, eletromiografia, dinamometria, EVA de dor e Escala OMINI serão realizadas nos momentos pré e pós treino. Coletas de BIA-localizada aconteceram, além do momento pré-treino, nos momentos imediatamente após a finalização da avaliação, e 3, 5, 10, 15, 30, 45 e 60 minutos após a finalização da sessão de treinamento, e avaliações de eletromiografia, além do momento pré-treino, nos momentos imediatamente após a finalização da sessão de treinamento, e 5, 10, 15, 30, 45 e 60 minutos após a finalização da sessão. Todas as avaliações serão realizadas tanto no membro direito (utilizado na sessão de treino) quanto no membro esquerdo (membro em repouso).

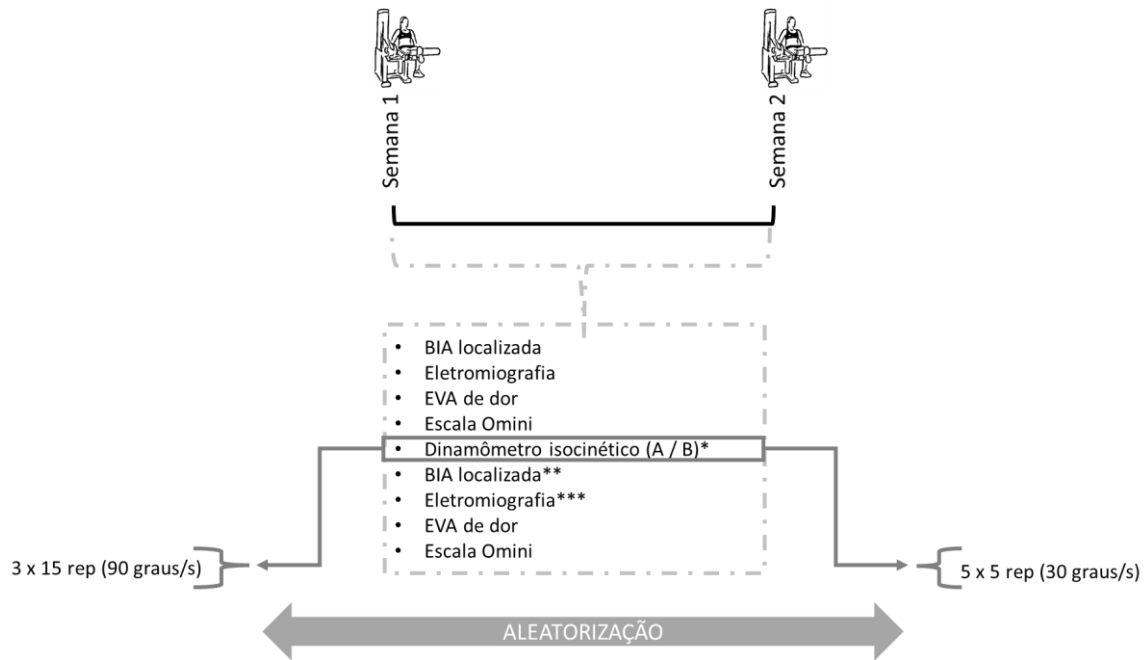


Figura 1. Desenho experimental do estudo.

Notas: * Sessões de avaliações A e B foram determinadas a partir de aleatorização (sorteio) das propostas de volumes e intensidades das avaliações (Protocolo A e B; 3 séries de 15 repetições à 90 graus por segundo e 5 séries de 5 repetições à 30 graus por segundo, respectivamente.). ** Coletas de BIA-localizada nos momentos imediatamente após a finalização da sessão de treinamento, e 3, 5, 10, 15, 30, 45 e 60 minutos após a finalização da sessão de força. *** Coletas de eletromiografia nos momentos imediatamente após a finalização da sessão de treinamento, e 5, 10, 15, 30, 45 e 60 minutos após a finalização da sessão de força.

Durante as avaliações no teste de força e na eletromiografia, foram utilizados estímulo verbal, para incentivar os participantes a entregarem o máximo de esforço durante os testes como recomendado por Lee, H. et al., 2021, que evidenciou que tal prática promove benefícios no sistema nervoso, apesar de não auxiliar na produção de força contra a fadiga.

4.4 VARIÁVEIS DE ESTUDO

4.4.1 AVALIAÇÃO DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA (BIA).

Os parâmetros de impedância bioelétrica foram estimados por meio de um analisador de frequência de 50 kHz (BIA Analyzer™, The Nutritional Solutions Corporation, Harrisville, MI, EUA). Medidas de resistência e reatância foram obtidas e, subsequentemente, o ângulo de fase foi calculado ($\text{arco-tangente} [\text{reatância/resistência}] \times 180^\circ/\pi$). As características dos participantes e da amostra foram comparadas com a elipse de tolerância concêntrica (50%, 75% e 95% dos casos), representando a variabilidade da população de referência. As avaliações foram realizadas em uma sala preparada com temperatura entre 22–24°C, com todos os participantes medidos para a L-BIA, na posição inicial do exercício

escolhido e com os músculos relaxados.

Na tentativa de minimizar possíveis erros de estimativa, os participantes foram orientados a urinar cerca de 30 minutos antes da realização das avaliações e a absterem-se da ingestão de alimentos nas duas horas anteriores. Nas 24 horas antecedentes ao teste, os avaliados foram instruídos a evitar a prática de exercícios físicos vigorosos, bem como o consumo de álcool e bebidas cafeinadas. Durante a sessão de treino e no período de avaliação pós-treino, não foi permitida hidratação.

4.4.1.2 BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA LOCALIZADA (L-BIA)

Após a limpeza da pele com álcool, quatro eletrodos foram colocados nos pontos específicos da região do quadríceps para avaliação dos valores de R, Xc e AF localizados nos músculos específicos, dos membros ativos e em repouso. Nesse sentido, destacamos que foram avaliados tanto o membro direito (ativo para a sessão) quanto o membro esquerdo (em repouso durante todo o protocolo).

Foi realizada a medição do comprimento da coxa utilizando uma trena corporal antropométrica (Cescorf). O ponto médio foi obtido pela distância entre a linha inguinal e a borda superior da patela.

Para avaliação da L-BIA, eletrodos do tipo AgCl/Ag PT2334 em base gel, de contato, medindo 4,6cm de largura x 4cm de altura, da marca Maxicor (Maxicor Produtos Médicos, Pinhais, PR, Brasil), foram colocados nos participantes do estudo, de acordo com a indicação na figura 2.

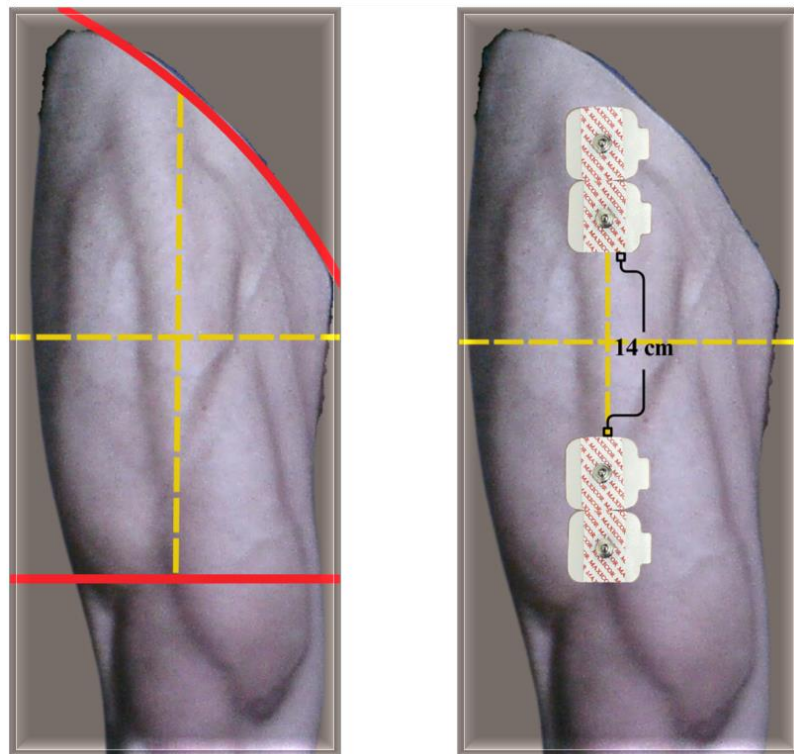


Figura 2. Modelo de membros inferiores para colocação de eletrodos.

Vale ressaltar que o espaço de contato do eletrodo, desconsiderando o espaço extra para fixação era de 2,2 cm de largura x 4cm de altura. Os eletrodos foram posicionados em ordem, da porção distal para a proximal do músculo, a partir do ponto médio do quadríceps entre o processo inguinal e a borda superior da patela.

O músculo avaliado foi o reto femoral. Seguindo o seu segmento, o primeiro eletrodo foi colocado na posição distal da coxa, um pouco acima da borda superior da patela, com 11 cm de distância do ponto médio da coxa. O segundo eletrodo foi colocado logo acima do primeiro, completando os 2 eletrodos da região distal. Os eletrodos na região proximal, foram posicionados seguindo a mesma lógica.

4.4.2 VARIÁVEIS INDEPENDENTES

4.4.2.1 DINAMOMETRO ISOCINÉTICO

A força isocinética de contração voluntária máxima foi avaliada por meio de testes de força, executado no exercício extensão de joelho e flexão de joelho. Os participantes foram submetidos ao teste em um dinamômetro isocinético da marca, BIODEX. Para a familiarização e aquecimento, os participantes realizaram uma série de 15 repetições com

velocidade angular de 180°/seg.

Foram realizadas duas sessões, com intervalo mínimo de 48 horas entre eles. Cada teste foi executado em dias distintos, aleatorizados, de acordo com diferentes volumes e velocidades angulares, conforme os protocolos A e B, onde realizou-se 3 séries de 15 repetições à 90°/s, e 5 séries de 5 repetições à 30°/s, respectivamente. O intervalo de recuperação estabelecido entre as séries, foi de 120 segundos.

Os testes foram acompanhados por profissionais de Educação Física previamente capacitados da FCT/UNESP, e os participantes receberam orientação para realizar o exercício com o maior esforço possível. Estimulos verbais foram utilizados na tentativa de extrair uma melhor performance dos voluntários. Ao menos três pesquisadores supervisionaram todas as sessões para garantir a segurança e integridade dos participantes.

Durante o teste, os participantes permaneceram sentados, com 90° de flexão de quadril e joelho. O tronco, quadril e membro inferior foram estabilizados por cintos. O eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur. O braço de alavanca, que aplicou resistência à porção distal da tíbia, foi ajustado conforme o comprimento da perna de cada participante. A medição da massa do sistema de alavanca foi realizada a 30° de extensão do joelho, com correção da gravidade conforme especificações do aparelho. Os testes concêntricos foram realizados de 20° a 90° de flexão do joelho, com velocidades angulares de 30°/s e 90°/s (NAKAGAWA et al., 2011; FERREIRA et al., 2019).

4.4.2.2 ESCALA VISUAL DE DOR ANALOGICA

A escala EVA é um instrumento para avaliar a intensidade da dor, introduzido em 1921 por Hayes e Patterson (DELGADO et al., 2018). Trata-se de uma régua, com numeração de 0-10, de uma extremidade à outra, sendo uma com a marcação “nenhuma dor” e a outra como “pior dor imaginável”.

Os participantes foram instruídos a indicar a dor sentida imediatamente após os testes. Utilizou-se a versão digital da EVA, validada por Delgado et al. (2018). Apresentada em todos os momentos previamente descritos no desenho do estudo.

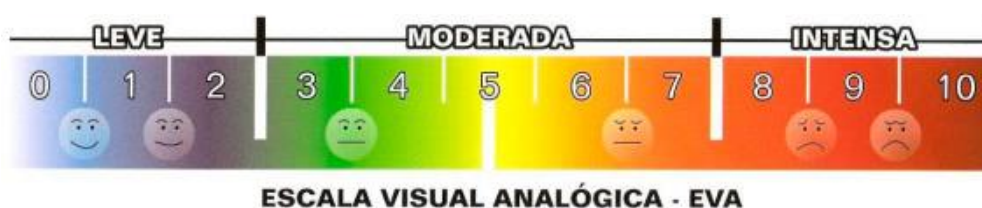


Figura 4. Escala visual de dor analogica.

4.4.2.3 ESCALA OMNI

Para mensurar a carga interna percebida do exercício resistido, foi utilizada a Escala OMNI (ROBERTSON et al., 2003), que apresenta valores de 0 a 10 acompanhados por uma figura ilustrativa de um levantador de peso. Os participantes foram instruídos a autoavaliar o esforço percebido ao longo do protocolo.

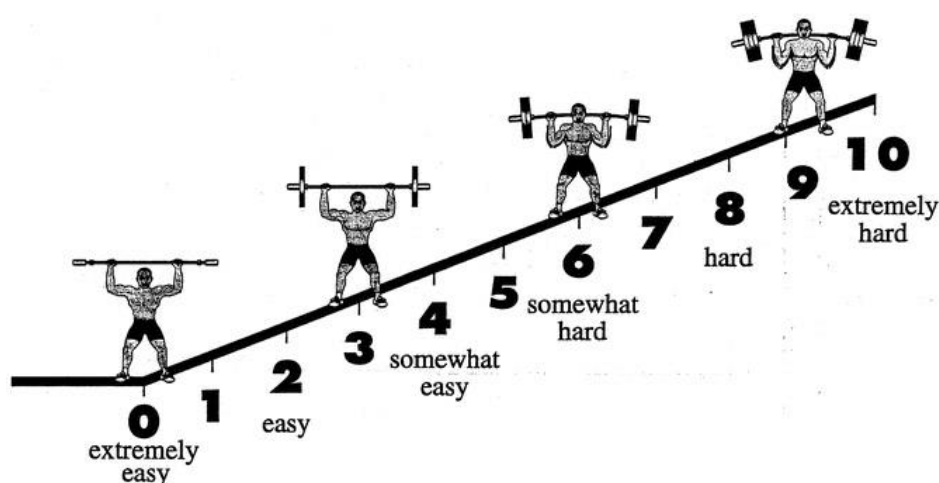


Figura 5. Escala OMNI de percepção de esforço para adultos em exercício de resistência (OMNI-RES). Fonte: Robertson et al. 2003)

4.5. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para a análise da distribuição dos dados. Análise descritivas foram apresentadas por meio de dados de tendência central e dispersão (média, mediana, desvio-padrão, e intervalos de confiança). Na análise da comparação dos dados entre os momentos e os grupos (Protocolos A e B), inicialmente foi realizado teste de Levene, utilizado para análise da homogeneidade das variâncias. Na sequência, o teste de Mauchly foi aplicado para verificar a esfericidade e posteriormente quando necessário ajustado pela correção de Greenhouse Geiser. Para todas as análises estatísticas será aceita significância de $P < 0,05$. Para comparação dos valores dos parâmetros de BIA antes e depois das sessões de treino, elipse de confiança será utilizada, com teste t^2 de Hotelling para comparação dos valores entre os momentos pré e pós, e D de Mahalanobis, para análise das distâncias entre os momentos. Os dados serão registrados e analisados nos pacotes estatísticos SPSS para

Windows, versão 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

5. RESULTADOS

O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos agudos do treinamento resistido (TR) sobre os parâmetros de impedância bioelétrica em adultos jovens sob diferentes intensidades e volumes de treinamento. Os resultados dos dados coletados são apresentados abaixo.

Características dos Participantes

A amostra foi composta por 18 participantes do sexo masculino, jovens e fisicamente ativos, com idades entre 18 e 34 anos, e idade média de $24,06 \pm 4,67$ anos. Estatísticas descritivas para as variáveis antropométricas e de composição corporal estão apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1. Características descritivas da amostra (N = 18).

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Idade, anos	18,00	34,00	24,06	4,67
Estatura, cm	1,68	1,85	1,75	0,05
Peso corporal, kg	60,40	114,10	83,58	13,51
IMC, kg.m^{-2}	21,49	36,77	27,13	3,85
MIGO, kg	21,60	35,00	30,46	4,01
iMIGO, kg.m^{-2}	7,68	11,91	9,90	1,18
CMO de MMIID, kg	0,45	0,71	0,60	0,06
CMO total, kg	2,44	3,65	3,20	0,34
Gordura de MMIID, kg	1,25	7,01	3,55	1,54
Gordura total, kg	6,99	42,13	19,50	9,21
MM de MMIID, kg	8,43	12,72	11,22	1,34
MM total, kg	44,49	71,17	60,98	7,31
MT de MMIID, kg	11,00	20,40	15,37	2,40
MT de MMIID, kg	60,10	113,00	83,68	13,41
% de gordura de MMIID	11,40	34,40	22,37	7,18
% de gordura total	11,40	37,30	22,52	7,56

Notas: IMC = índice de massa corporal; MIGO = massa isenta de gordura e osso; iMIGO = índice de massa isenta de gordura e osso; CMO = conteúdo mineral ósseo; MMIID = membros inferiores direito; MM = massa magra; MT = massa total.

Parâmetros de Torque e Trabalho

A **Tabela 2** apresenta os resultados de torque e trabalho para extensão e flexão de joelho durante o Protocolo A ($90^\circ/\text{s}$) e o Protocolo B ($30^\circ/\text{s}$). Os resultados indicam que o pico de torque (TP) foi significativamente maior durante o Protocolo A, tanto para extensão de joelho ($242,6 \pm 42,3$ Nm) quanto para flexão ($135,0 \pm 24,8$ Nm), em comparação com o Protocolo B. No entanto, o trabalho total e a potência foram significativamente maiores no Protocolo B, refletindo os efeitos da menor velocidade angular e maior intensidade.

Tabela 2. Resultados de força isocinética para os Protocolos A (90°/s) e B (30°/s).

Variáveis	Protocolo A 90°/s		Protocolo B 30°/s		p
	Min - Max	Med±DP	Min - Max	Med±DP	
Extensão de Joelho					
Torque pico, NM	149,9 - 300,8	242,6±42,3	128,4 - 252,5	208,2±37,2	0,001
% TP/PC	211,0 - 392,1	294,3±40,9	169,4 - 329,1	254,2±41,8	0,001
Ângulo no TP	51,6 - 77,8	68,7±7,1	53,3 - 70,7	64,1±5,1	0,001
CV %	3,7 - 16,3	7,3±3,3	5,7 - 30,0	14,4±6,4	0,001
TRM, J	98,9 - 269,3	192,3±53,1	123,1 - 242,7	183,8±37,2	0,226
Trabalho total, 1000J	0,38 - 1,24	0,86±0,24	1,51 - 3,05	2,32±0,48	0,001
PM, W	52,8 - 120,1	90,1±18,6	127,8 - 239,7	185,0±31,5	0,001
PT Média	138,6 - 288,0	227,0±41,4	114,9 - 224	176,6±32	0,001
Flexão de Joelho					
Torque pico, NM	96,7 - 181,2	135,0±24,8	76,9 - 155	117,5±21	0,001
% TP/PC	119,2 - 236,2	165,3±29,6	93,1 - 202,1	144,8±29,4	0,001
Ângulo no TP	33,6 - 61,4	43,6±7,9	42,3 - 60,3	49,8±5,5	0,005
CV %	3,3 - 8,2	5,8±1,4	6,8 - 30,8	14,9±6,1	0,001
TRM, J	59,1 - 154,1	108,6±27,4	69,2 - 150,6	110,9±20,5	0,660
Trabalho total, 1000J	0,23 - 0,71	0,49±0,13	0,89 - 1,77	1,37±0,23	0,001
PM, W	34,4 - 75,5	52,0±11,3	71,4 - 141,4	105,7±18,1	0,001
PT Média	88,9 - 168,0	126,5±23,6	67,5 - 131,0	98,9±16,9	0,001

Notas: NM = newton-metro; TP = torque pico; PC = peso corporal; CV = coeficiente de variação; TRM = trabalho médio; J = joules; PM = potência média = PT = potência total.

Análise de Impedância Bioelétrica (BIA)

Alterações nos parâmetros bioelétricos (resistência, reatância e ângulo de fase) foram avaliadas em vários momentos. Como mostrado na **Tabela 3** e na **Figura 6**, os valores de resistência diminuíram imediatamente após o exercício e se recuperaram gradualmente ao longo do tempo. O Protocolo A apresentou uma queda mais acentuada na resistência em comparação com o Protocolo B, possivelmente devido ao maior estresse metabólico induzido por um maior número de repetições e volume.

Tabela 3. Valores de resistência nos diferentes momentos do teste segundo diferentes protocolos.

Momento	Protocolo A 90°/s		Protocolo B 30°/s	
	Média ± DP	IC 95% LI - LS	Média ± DP	IC 95% LI - LS
Pré	54,5 ± 2,8*	48,8 - 60,2	55,4 ± 2,8*	49,7 - 61,1
Pós	49,8 ± 2,6 [#]	44,5 - 55,1	51,6 ± 2,6 ^{\$}	46,3 - 56,9
3 min	49,0 ± 2,7	43,6 - 54,4	50,8 ± 2,7 ^{\$}	45,4 - 56,2
5 min	48,8 ± 2,6	43,5 - 54,2	50,7 ± 2,6 ^{\$}	45,4 - 56,1
10 min	48,8 ± 2,7	43,4 - 54,2	50,2 ± 2,7	44,8 - 55,6
15 min	48,8 ± 2,6	43,5 - 54,2	49,4 ± 2,6	44,1 - 54,8
30 min	49,7 ± 2,9	43,8 - 55,5	49,6 ± 2,9	43,7 - 55,4
45 min	49,3 ± 2,8	43,7 - 54,9	49,7 ± 2,8	44,1 - 55,3
60 min	49,6 ± 2,8	43,9 - 55,2	49,9 ± 2,8	44,3 - 55,6

Notas: Pré = momento em repouso; Pós = momento imediatamente após a finalização do teste; LI = limite

inferior do IC 95%; LS = limite superior do IC 95%. * = diferente de todos os momentos do mesmo protocolo; # = diferente do momento 5'; § = diferente para os momentos 10' e 15'; \$ = diferente para o momento 15'.

Na análise linear no Gráfico 6, os dois grupos concordaram nas alterações intragrupo, ao longo do tempo, porém, houve interação momento x grupo na passagem do minuto 10 para 15 ($p=0,046$), com o protocolo B apresentando queda maior, enquanto o protocolo A se mantendo nos valores do momento anterior.

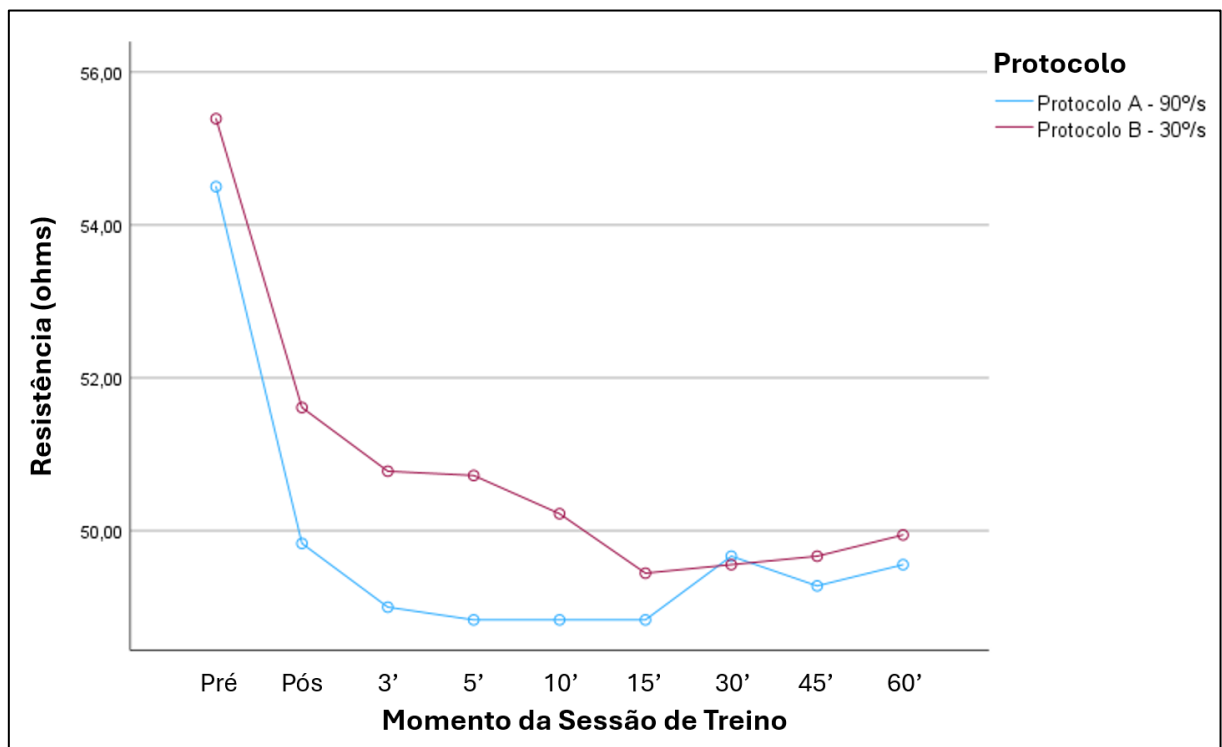


Figura 6. Apresentação gráfica linear dos valores de resistência nos diferentes momentos do teste segundo os diferentes protocolos.

A reatância, um indicador da integridade da membrana, apresentou uma queda imediata pós-exercício em ambos os protocolos, conforme mostrado na **Tabela 4**. A recuperação de X_c foi mais rápida no Protocolo A em comparação com o Protocolo B, refletindo, provavelmente, o impacto das diferentes intensidades de exercício na saúde celular e recuperação.

Tabela 4. Valores de reatância nos diferentes momentos do teste segundo diferentes protocolos.

Momento	Protocolo A 90°/s		Protocolo B 30°/s	
	Média ± DP	IC 95% LI - LS	Média ± DP	IC 95% LI - LS
Pré	10,4 ± 0,6*	9,2 - 11,5	10,0 ± 0,6#	8,8 - 11,2
Pós	8,6 ± 0,6	7,4 - 9,8	10,1 ± 0,6§	8,9 - 11,2
3 min	8,4 ± 0,6	7,2 - 9,6	8,9 ± 0,6§	7,8 - 10,1
5 min	8,1 ± 0,5	7,0 - 9,2	8,4 ± 0,5@	7,4 - 9,5
10 min	8,0 ± 0,5	7,0 - 9,0	8,1 ± 0,5	7,1 - 9,1
15 min	7,3 ± 0,6	6,1 - 8,4	7,3 ± 0,6	6,2 - 8,5
30 min	7,6 ± 0,6	6,5 - 8,7	7,1 ± 0,6	6,0 - 8,2
45 min	8,2 ± 0,6	7,0 - 9,4	7,3 ± 0,6	6,1 - 8,5
60 min	8,5 ± 0,6	7,3 - 9,7	7,6 ± 0,6	6,4 - 8,9

Notas: Pré = momento em repouso; Pós = momento imediatamente após a finalização do teste; LI = limite inferior do IC 95%; LS = limite superior do IC 95%. * = diferente de todos os momentos do mesmo protocolo; # = diferente dos momentos 5' ao 60'; § = diferente dos momentos 3' ao 60'; \$ = diferente do momento 15' ao 60'; @ = diferente dos momentos 30' e 45'.

Na **Figura 7**, é possível verificar a interação momento x grupo para a passagem da fase de repouso para o momento imediatamente após o teste, com o protocolo A reagindo mais ao teste, em relação ao protocolo B ($p < 0,001$).

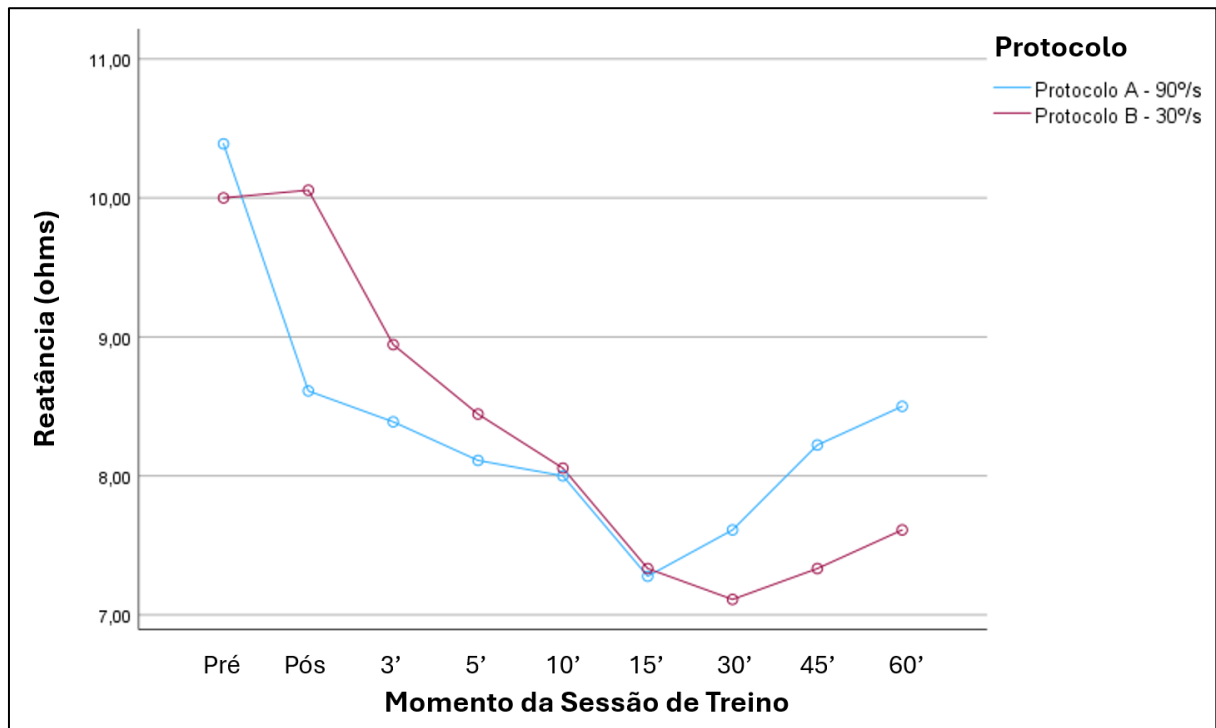


Figura 7. Apresentação gráfica linear dos valores de reatância nos diferentes momentos do teste segundo os diferentes protocolos.

A **Tabela 5** destaca as alterações no ângulo de fase. Ambos os protocolos apresentaram uma redução imediata pós-exercício, com o Protocolo B demonstrando um declínio mais prolongado, sugerindo maior dano muscular ou inflamação devido à maior

intensidade e menor volume.

Tabela 5. Valores de ângulo de fase nos diferentes momentos do teste segundo diferentes protocolos.

Momento	Protocolo A 90°/s		Protocolo B 30°/s	
	Média ± DP	IC 95% LI - LS	Média ± DP	IC 95% LI - LS
Pré	11,6 ± 1,0*	9,5 - 13,7	10,9 ± 1,0 [#]	8,8 - 13,0
Pós	10,6 ± 1,0	8,5 - 12,7	11,7 ± 1,0 [§]	9,6 - 13,9
3 min	10,5 ± 1,0	8,4 - 12,6	10,8 ± 1,0 [§]	8,6 - 12,9
5 min	10,2 ± 1,0	8,2 - 12,2	10,2 ± 1,0 [@]	8,2 - 12,1
10 min	10,1 ± 0,9	8,2 - 11,9	9,7 ± 0,9	7,8 - 11,6
15 min	9,3 ± 1,0	7,3 - 11,4	9,0 ± 1,0	7,0 - 11,1
30 min	9,6 ± 1,0	7,6 - 11,7	8,9 ± 1,0	6,8 - 10,9
45 min	10,3 ± 1,0	8,2 - 12,5	9,1 ± 1,0	6,9 - 11,2
60 min	10,6 ± 1,0	8,5 - 12,7	9,4 ± 1,0	7,3 - 11,4

Notas: Pré = momento em repouso; Pós = momento imediatamente após a finalização do teste; LI = limite inferior do IC 95%; LS = limite superior do IC 95%. * = diferente dos momentos 5' a 30'; [#] = diferente dos momentos 15' ao 45'; [§] = diferente dos momentos 10' ao 60'; [@] = diferente dos momentos 30' e 45'.

Na **Figura 8**, assim como para a reatância, foi identificado maior queda dos valores de ângulo de fase entre os momentos de repouso para o momento imediatamente após o teste para o protocolo A, comparado ao protocolo B, que apresentou tendência de aumento ($p = 0,003$).

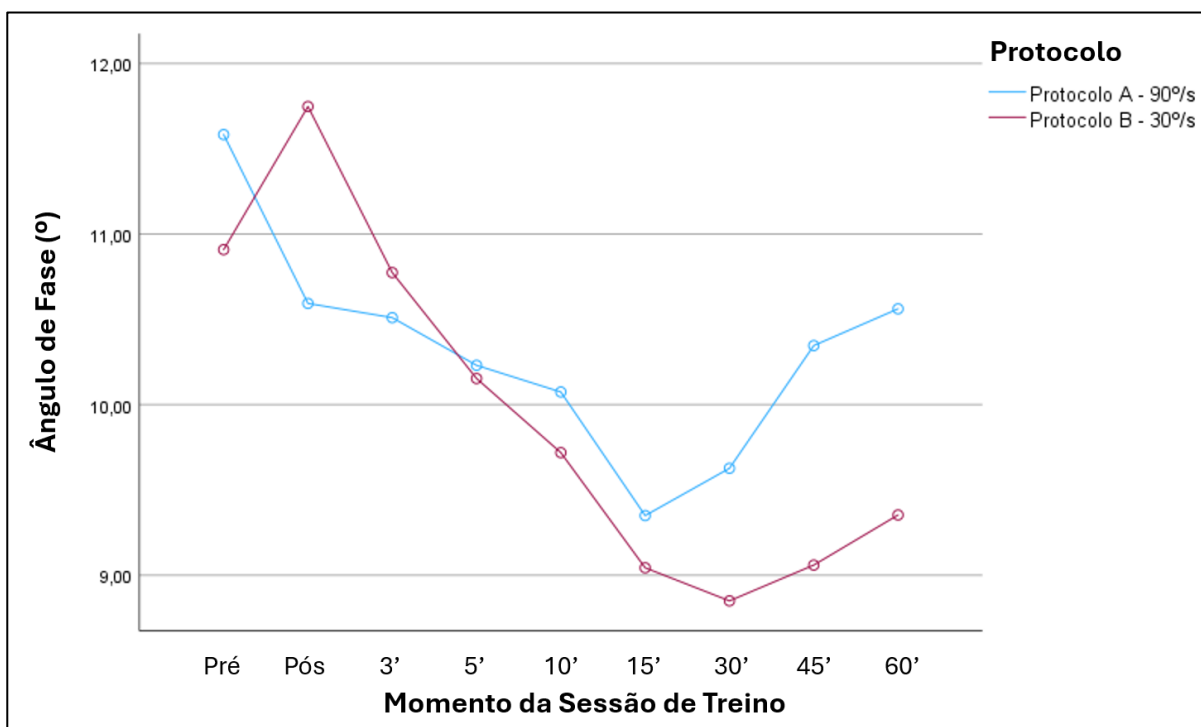


Figura 8. Apresentação gráfica linear dos valores de reatância nos diferentes momentos do teste segundo os diferentes protocolos.

Na análise de vetores de impedância bioelétrica (BIVA), realizada a partir da análise das elipses de confiança pareada e normalizada pelas diferenças dos valores de cada momento pelos valores do momento inicial do teste (em repouso), foi possível verificar padrões semelhantes (e estatisticamente significantes) para os dois protocolos (**Figuras 9 e 10**), exceto no momento inicial, do repouso para o momento imediatamente após o teste, quando foi possível perceber para o protocolo B manutenção dos valores, para depois iniciar a redução no momento 3 (3 minutos após a finalização do teste).

Na **Figura 11**, todos os pontos dos momentos de cada protocolo das figuras 9 e 10 foram inseridos em seu próprio gráfico, e comparados com os membros da perna em repouso, durante os testes (neste estudo, a perna esquerda).

Enquanto para as pernas ativas para ambos os protocolos é possível perceber padrão claro, lógico e plausível de queda tanto para resistência quanto para reatância, para a perna em repouso, também considerada no estudo a perna controle, o mesmo padrão não foi identificado.

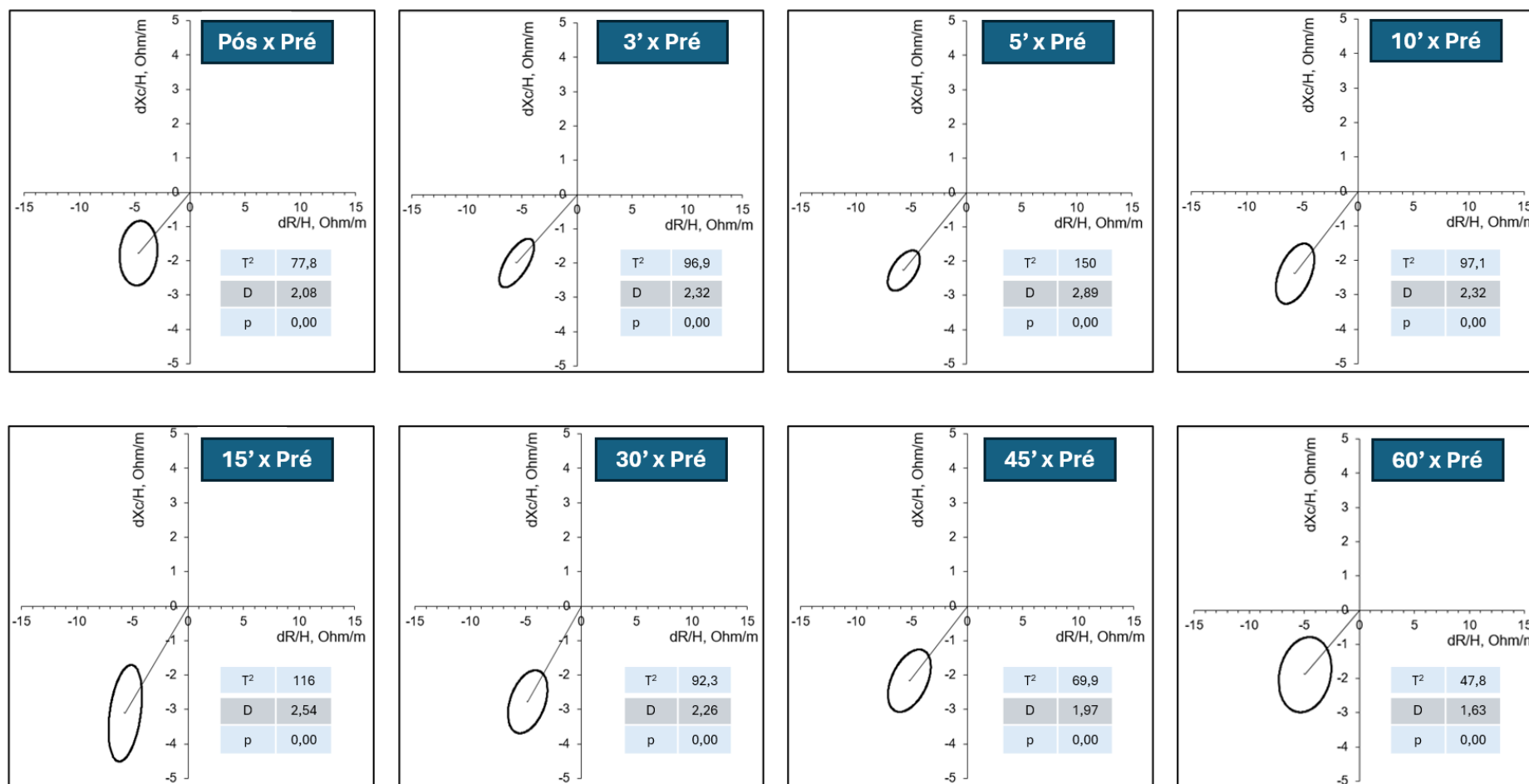


Figura 9. Análise de vetores de impedância bioelétrica (BIVA) a partir de elipses de confiança pareada para os diferentes momentos em relação ao momento inicial do treino (Pré) para o Protocolo A.

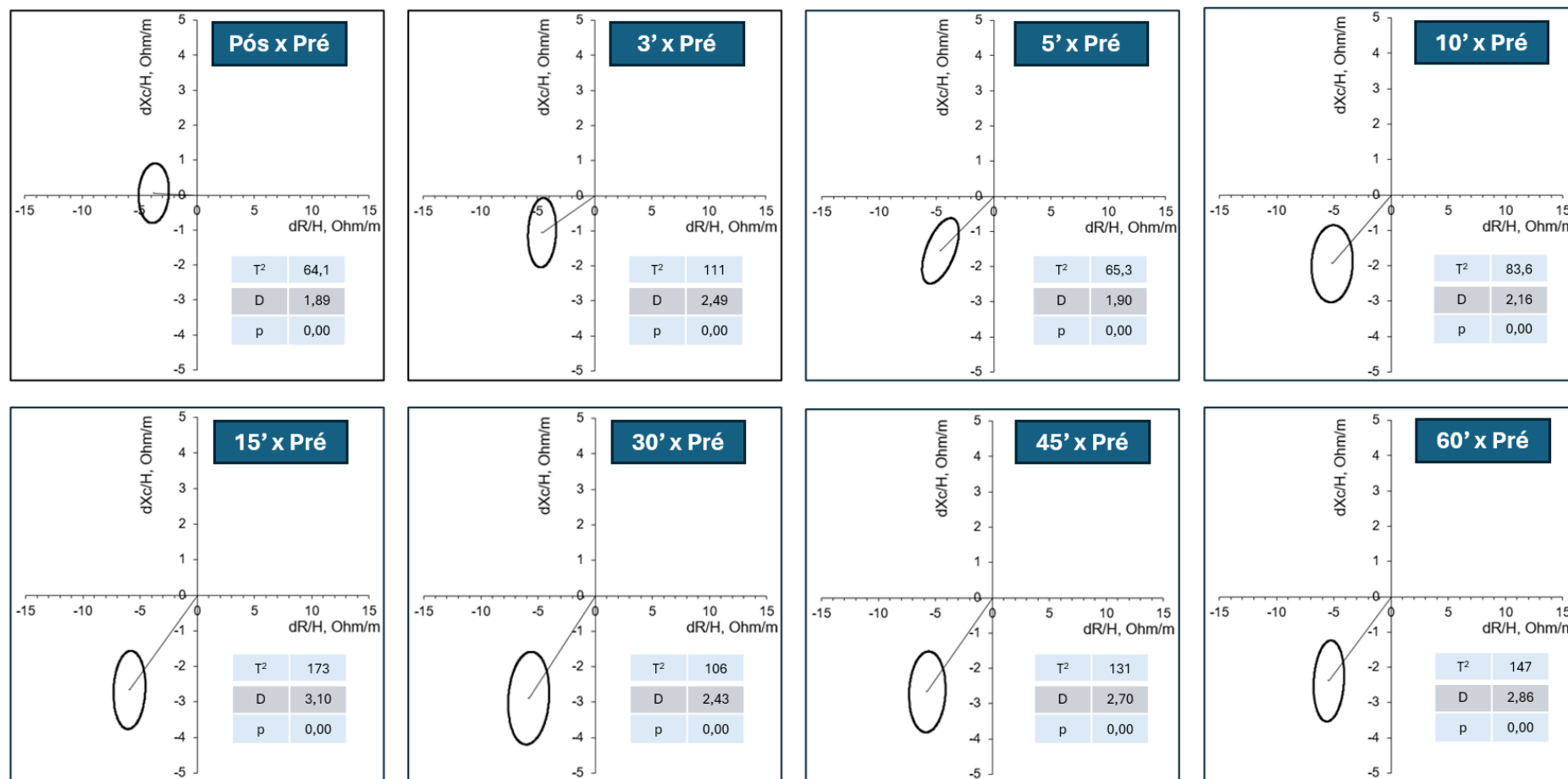


Figura 10. Análise de vetores de impedância bioelétrica (BIVA) a partir de elipses de confiança pareada para os diferentes momentos em relação ao momento inicial do treino (Pré) para o Protocolo B.

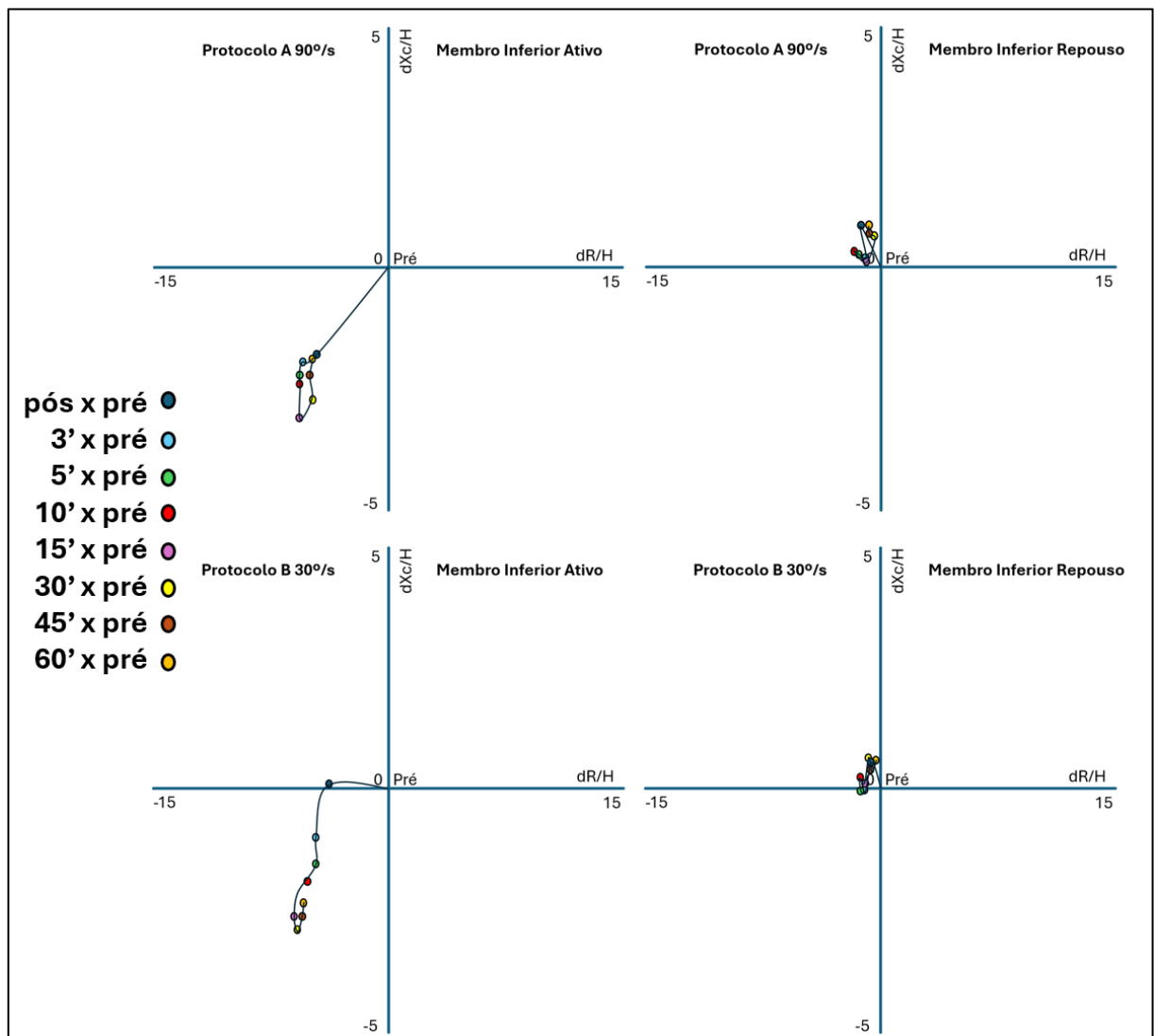


Figura 11. Análise do padrão de migração dos pontos de alteração dos vetores para os diferentes protocolos para os membros inferiores ativos (direito) e em repouso (esquerdo).

Medidas Subjetivas

A percepção de dor aumentou significativamente após o exercício em ambos os protocolos, com valores mais altos observados no Protocolo B devido à maior intensidade (Tabela 6).

As pontuações na escala OMNI também foram mais altas no Protocolo B, refletindo as maiores demandas de intensidade.

Tabela 6. Valores de EVA e OMNI para os diferentes momentos do teste para os diferentes protocolos.

Momento	Protocolo A 90°/s Média ± DP	Protocolo B 30°/s Média ± DP
Escala Visual Analógica (EVA)		
- pré	0,11 ± 0,32	0,00 ± 0,00
- pós	4,00 ± 2,97	4,78 ± 3,49
- 3min	2,94 ± 2,41	3,33 ± 2,50
- 5min	2,11 ± 2,19	2,94 ± 2,46
- 10min	1,83 ± 2,53	3,06 ± 2,55
- 15min	1,89 ± 2,68	2,28 ± 2,65
- 30min	1,39 ± 2,17	1,94 ± 2,24
- 45min	1,17 ± 1,62	1,61 ± 2,28
- 60min	1,56 ± 2,45	1,56 ± 2,45
Escala OMNI		
- pré	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
- pós	6,44 ± 2,53	7,22 ± 2,13
- 3min	4,28 ± 2,93	5,00 ± 2,20
- 5min	2,67 ± 2,59	4,33 ± 2,45
- 10min	2,83 ± 3,03	3,67 ± 3,20
- 15min	2,61 ± 2,93	3,33 ± 3,12
- 30min	2,11 ± 2,91	2,72 ± 3,03
- 45min	1,78 ± 2,69	2,72 ± 2,80
- 60min	2,39 ± 3,09	2,28 ± 3,10

Notas: Pré = momento em repouso; Pós = momento imediatamente após a finalização do teste; LI = limite inferior do IC 95%; LS = limite superior do IC 95%.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo investigou os efeitos agudos do treinamento resistido (TR) sobre os parâmetros de impedância bioelétrica (BIA) em adultos jovens, explorando diferentes intensidades e volumes de treino. A análise das respostas dos protocolos A (maior volume e menor intensidade) e B (menor volume e maior intensidade) revelou padrões distintos de impacto e recuperação dos parâmetros bioelétricos (resistência - R, reatância - Xc e ângulo de fase - AF), oferecendo insights valiosos sobre as adaptações fisiológicas ao TR.

O Protocolo A apresentou reduções mais rápidas em R e Xc, com recuperação acelerada em comparação ao Protocolo B. Esse comportamento pode ser atribuído ao maior volume de trabalho, que induziu maior estresse metabólico, mas com menor carga mecânica em comparação ao Protocolo B. O Protocolo B, por sua vez, resultou em uma queda mais sustentada desses parâmetros, sugerindo maior dano muscular e maior ativação de fibras do tipo II devido à maior intensidade. Este achado está em consonância com estudos prévios que demonstram que intensidades mais elevadas geram maior tensão mecânica e lesão muscular (DAMAS et al., 2017; SCHOENFELD et al., 2010). Nossos achados mostram que a perna submetida ao exercício resistido (direita) sofreu alterações nos parâmetros de BIA (Xc, R e AF) devido ao dano muscular ocasionado pelo exercício de força, capaz de gerar modificações na morfologia muscular (DAMAS et al., 2017) e de desencadear uma resposta inflamatória rápida no organismo, juntamente ao dano celular (TUG et al., 2017).

A recuperação mais lenta no Protocolo B também corrobora a hipótese de que maiores intensidades provocam maiores demandas de recuperação devido ao acúmulo de metabólitos, inflamação e dano celular, conforme relatado por FOLLAND et al. (2002). Além disso, as alterações no AF reforçam a relação entre intensidade do exercício, saúde celular e integridade da membrana, uma vez que o declínio foi mais acentuado e prolongado no Protocolo B.

As curvas de recuperação dos parâmetros de BIA refletem a capacidade adaptativa do tecido muscular ao dano induzido pelo exercício. No Protocolo A, a recuperação de Xc ocorreu em aproximadamente 15 minutos, enquanto para R foi observada em 30 minutos. Em contraste, no Protocolo B, a recuperação de Xc foi observada apenas após 30 minutos, e

os valores de R demonstraram uma normalização ainda mais tardia

Esses achados sugerem que o volume de treino pode influenciar predominantemente o estresse metabólico, enquanto a intensidade parece estar mais associada à magnitude do dano muscular e à ativação de fibras musculares específicas. Essa interação entre intensidade e volume é fundamental para a prescrição de programas de TR, especialmente na modulação da carga para evitar sobrecarga e otimizar os resultados. Previamente Nescolarde et al. (2013; 2014) avaliaram lesões musculares objetivando analisar alterações bioelétricas pelo tipo e grau de lesão, além de monitorar a recuperação. Houve uma diminuição de R devido ao edema, e a ruptura da estrutura muscular ocasionou redução de Xc. O acompanhamento da lesão mostrou padrões elétricos semelhantes ao processo de cicatrização, consoante ao aumento dos valores de R e Xc para níveis próximos aos que antecederam a lesão.

Tais achados fundamentaram nossas hipóteses para o treinamento resistido. Em nosso trabalho, o exercício resistido resultou em microlesão (dano) muscular, e isso se comportou de maneira distinta conforme variamos o volume e a intensidade. Contudo, uma curva de recuperação dos valores de Xc e R começou a ser observada rapidamente, após 15 minutos da sessão de teste. Múltiplas séries de extensão de joelho induziram um aumento na espessura muscular e no acúmulo de água extracelular em estudo conduzido por Taniguchi et al. (2020). Esse cenário pode ser suficiente para promover alterações nos parâmetros de BIA. Em um estudo com uma população de indivíduos treinados, utilizando uma proposta semelhante à nossa na elaboração do protocolo de séries e repetições (intensidade alta: 5 x 5 repetições vs. intensidade baixa: 3 x 11 repetições), observou-se que ambos os protocolos promoveram aumento de mioglobina plasmática. Entretanto, a intensidade mais elevada (85% de 1RM) causou uma elevação significativa, o que não ocorreu em intensidade menor (67% de 1RM), sugerindo que provavelmente mais dano induzido pelo exercício ocorreu com maior intensidade, mesmo com menor volume.

Nosso estudo utilizou de um dinamometro isocinético, onde o controle das velocidades angulares (alta e baixa) produzem respostas diferentes no treinamento, de modo que uma velocidade angular mais baixa, pode promover um pico de torque maior (AKINOGLU et al., 2023). AKIMA et al. (2023) constataram que quanto menor a velocidade angular, mais torque é gerado para a musculatura do quadríceps durante a fase

concentrica.

Nesse sentido, a intensidade elevada resulta em maior dano muscular devido à maior tensão mecânica e maior ativação de fibras musculares do tipo II, mas devemos levar em conta o volume do exercício, que pode influenciar significativamente nesse dano. Além disso, as repetições prolongadas geram maior acúmulo de metabólitos, que contribuem para o dano nas fibras musculares (KRAMER e RATAMESS, 2004; SCHOENFELD et al., 2010; PEAK et al., 2017).

Podemos observar que a velocidade da redução dos valores de Xc e R foi menor no protocolo com maior intensidade (B), mas seu efeito foi mais prolongado do que o protocolo de menor intensidade e maior volume (A), apresentando um perfil de retomada aos níveis basais um pouco mais tardio, com subida a partir de 30 minutos para Xc e 15 minutos em R, porém de forma menos acentuada. A R da perna que se manteve em repouso também apresentou redução nos valores nos dois protocolos, porém com baixa magnitude, começando a se recuperar no momento de 10 minutos pós-teste. Já nos valores de Xc, um padrão não definido foi apresentado. Na imagem apresentada, o membro não exercitado apresentou alterações aleatórias em R e Xc, possivelmente refletindo um efeito sistêmico do exercício ou respostas compensatórias relacionadas à circulação e ao metabolismo. Entretanto, a magnitude dessas alterações foi significativamente menor em comparação ao membro ativo, corroborando a especificidade do impacto local do exercício.

As alterações de R e Xc podem ser compreendidas pelas respostas ocasionadas pelo exercício resistido e pelo dano muscular. O exercício pode aumentar a liberação de lactato pelos músculos e a depleção de glicogênio muscular (BROOKS et al., 2022). Isso ocorre pelo fato de contrações concêntricas envolverem um fluxo metabólico durante o momento em que o suprimento sanguíneo está ocluído pela contração de alta força, fazendo com que subprodutos metabólicos se acumulem dentro e fora da fibra muscular, o que pode estar associado ao estado de fadiga (FOLLAND et al., 2002). Com base nisso, acreditamos que a queda de Xc e R foi mais aguda no protocolo A, devido ao maior estresse metabólico.

O dano muscular na área de secção transversal do músculo é induzido pelo exercício resistido, resultando em alterações na morfologia muscular, como acúmulo de edema e vazamento de proteínas musculares (DAMAS et al., 2017). Previamente, foi observado que logo após uma sessão de exercício é possível identificar aumento robusto na

CK plasmática (ALEMANY et al., 2013). Esse cenário de microtrauma desencadeia a atuação de macrófagos, linfócitos, células satélites e aumento da síntese proteica, resultando em um cenário de hipertrofia muscular (SCHOENFELD et al., 2010). Vale ressaltar que, em nosso estudo, ambos os protocolos ocasionaram dano muscular, sem alteração na perna em repouso.

Como limitações, destaca-se o tamanho amostral reduzido e a ausência de biomarcadores adicionais, como creatina quinase ou lactato, para validar as alterações observadas nos parâmetros de BIA. Estudos futuros devem explorar o uso combinado da L-BIA com outras ferramentas de avaliação, a fim de obter uma compreensão mais abrangente das respostas ao TR. Além disso, investigações com amostras maiores e diversificadas podem ampliar a aplicabilidade desses achados.

O estudo apresenta como pontos fortes o uso de medidores de carga interna (EMG e escala de percepção subjetiva de esforço) e externa (dinamômetro isocinético e L-BIA – não tenho certeza se entra aqui). Vale ressaltar o uso do dinamômetro isocinético, considerado padrão-ouro para a avaliação da função muscular, possibilitando a medição exata da resistência máxima ao longo de toda a trajetória do movimento realizado. A precisão na medida da força máxima possibilitou a determinação da carga total e dos picos de torque, permitindo que, na avaliação pela L-BIA, se compreendesse melhor o dano muscular induzido pelo exercício resistido de forma aguda.

O uso da BIA, particularmente da L-BIA, mostrou-se eficaz para monitorar respostas agudas ao TR. Os dados sugerem que a L-BIA pode ser uma ferramenta prática e de baixo custo para avaliar o impacto imediato do exercício na integridade celular e no estado metabólico muscular. Isso pode ser particularmente útil na prescrição e no monitoramento de cargas de treino, permitindo ajustes baseados em respostas individuais.

Os resultados deste estudo reforçam a importância da manipulação cuidadosa do volume e da intensidade no TR, destacando suas influências distintas sobre os parâmetros de BIA. O protocolo de maior intensidade promoveu maior estresse mecânico e respostas mais prolongadas, enquanto o de maior volume resultou em impacto metabólico agudo, mas de recuperação mais rápida. Esses insights podem orientar práticas de treinamento mais seguras e eficazes, com potencial aplicação tanto em populações atléticas quanto em reabilitação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akima, H., Maeda, K. & Shima, N. Neuromuscular activation of the quadriceps femoris, including the vastus intermedius, during isokinetic knee extensions. *Sci Rep* **13**, 7674 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34532-x>

Akınoğlu, B., Paköz, B., Yılmaz, A. E., Shehu, S. U., & Kocahan, T. (2023). Effect of contraction type at varying angular velocities on isokinetic muscle strength training. *Journal of exercise rehabilitation*, 19(4), 228–236. <https://doi.org/10.12965/jer.2346236.118>

Aleman, J. A., Delgado-Díaz, D. C., Mathews, H., Davis, J. M., & Kostek, M. C. (2014). Comparison of acute responses to isotonic or isokinetic eccentric muscle action: differential outcomes in skeletal muscle damage and implications for rehabilitation. *International journal of sports medicine*, 35(1), 1–7. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327652>

AZEVEDO, Zina Maria Almeida de et al. Associação entre ângulo de fase, PRISM I e gravidade da sepse. *Revista brasileira de terapia intensiva*, v. 19, n. 3, p. 297-303, 2010.

BARBOSA-SILVA, Maria Cristina G. et al. Can bioelectrical impedance analysis identify malnutrition in preoperative nutrition assessment? *Nutrition*, v. 19, n. 5, p. 422-426, 2003.

BARBOSA-SILVA, Maria Cristina G.; BARROS, Aluísio JD. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, v. 8, n. 3, p. 311-317, 2005.

Brooks, G. A., Arevalo, J. A., Osmond, A. D., Leija, R. G., Curl, C. C., & Tovar, A. P. (2022). Lactate in contemporary biology: a phoenix risen. *The Journal of physiology*, 600(5), 1229–1251. <https://doi.org/10.1113/JP280955>

Camata, T. V., Altimari, L. R., Bortolotti, H., Dantas, J. L., Fontes, E. B., Smirmaul, B. P., Okano, A. H., Chacon-Mikahil, M. P., & Moraes, A. C. (2011). Electromyographic activity and rate of muscle fatigue of the quadriceps femoris during cycling exercise in the severe domain. *Journal of strength and conditioning research*, 25(9), 2537–2543. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318202e6a0>

CAMPA, F; SILVA, A M; TOSELLI, S. Changes in phase angle and handgrip strength

induced by suspension training in older women. *International journal of sports medicine*, v. 39, n. 06, p. 442-449, 2018

CASTIZO-OLIER, Jorge et al. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. *PloS one*, v. 13, n. 6, p. e0197957, 2018.

CASTIZO-OLIER, Jorge et al. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. *PloS one*, v. 13, n. 6, p. e0197957, 2018.

CLARKSON, P. M. Eccentric exercise and muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, v. 18, n. S 4, p. S314-S317, 1997.

Coban, O., Yildirim, N. U., Yasa, M. E., Akinoglu, B., & Kocahan, T. (2021). Determining the number of repetitions to establish isokinetic knee evaluation protocols specific to angular velocities of 60°/second and 180°/second. *Journal of bodywork and movement therapies*, 25, 255–260. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.12.043>

CUNHA, P. M. et al. Improvement of cellular health indicators and muscle quality in older women with different resistance training volumes. *Journal of sports sciences*, v.36, n.24, p. 2843–2848, 2018.

DAMAS, F. et al. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *The Journal of physiology* vol. 594. n.18 p. 5209-22, 2016.

Damas, F., Libardi, C. A., & Ugrinowitsch, C. (2018). The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *European journal of applied physiology*, 118(3), 485–500. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3792-9>

de BORBA E..L. et al. Phase angle of bioimpedance at 50 kHz is associated with cardiovascular diseases: systematic review and meta-analysis. *Eur J Clin Nutr*, 2022.

Delgado DA, Lambert BS, Boutris N, McCulloch PC, Robbins AB, Moreno MR, Harris JD. Validation of Digital Visual Analog Scale Pain Scoring With a Traditional Paper-based Visual Analog Scale in Adults. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. 2018 Mar 23;2(3):e088. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-17-00088. PMID: 30211382; PMCID:

PMC6132313.

Di Vincenzo, O., Marra, M., & Scalfi, L. (2019). Bioelectrical impedance phase angle in sport: a systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0319-2>

Eickemberg, M., Oliveira, C. C., Roriz, A. K., Fontes, G. A., Mello, A. L., & Sampaio, L. R. (2013). Bioelectrical impedance and visceral fat: a comparison with computed tomography in adults and elderly. *Arquivos brasileiros de endocrinologia e metabologia*, 57(1), 27–32. <https://doi.org/10.1590/s0004-27302013000100004>

Ferreira AS, Silva DDO, Barton CJ, Briani R V, Taborda B, Pazzinatto MF. Impaired isometric, concentric, and eccentric rate of torque development at the hip and knee in patellofemoral pain. *J Strength Cond Res*. 2019. doi:10.1519/JSC.00000000000003179

Folland, J. P., Irish, C. S., Roberts, J. C., Tarr, J. E., & Jones, D. A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British journal of sports medicine*, 36(5), 370–374. <https://doi.org/10.1136/bjsm.36.5.370>

FRAGALA, Maren S. et al. Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 33, n. 8, 2019.

Fukuda, D. H., Stout, J. R., Moon, J. R., Smith-Ryan, A. E., Kendall, K. L., & Hoffman, J. R. (2016). Effects of resistance training on classic and specific bioelectrical impedance vector analysis in elderly women. *Experimental Gerontology*, 74(1), 9-12. doi:10.1016/j.exger.2015.12.002

Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A., Sánchez-Medina, L., Cusso, R., Guerrero, M., Granados, C., González-Izal, M., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2014). Blood ammonia and lactate as markers of muscle metabolites during leg press exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 28(10), 2775–2785. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000496>

Jukic, I., Castilla, A. P., Ramos, A. G., Van Hooren, B., McGuigan, M. R., & Helms, E. R. (2023). The Acute and Chronic Effects of Implementing Velocity Loss Thresholds During Resistance Training: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Critical Evaluation of the

Literature. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(1), 177–214. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01754-4>

Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Maresh, C. M., Anderson, J. A., Volek, J. S., Tiberio, D. P., Joyce, M. E., Messinger, B. N., French, D. N., Sharman, M. J., Rubin, M. R., Gómez, A. L., Silvestre, R., & Hesslink, R. L., Jr (2005). A cetylated fatty acid topical cream with menthol reduces pain and improves functional performance in individuals with arthritis. *Journal of strength and conditioning research*, 19(2), 475–480. <https://doi.org/10.1519/R-505059.1>

KYLE, Ursula G. et al. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical nutrition*, v. 23, n. 5, p. 1226-1243, 2004.

KYLE, Ursula G. et al. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical nutrition*, v. 23, n. 5, p. 1226-1243, 2004.

Lee, H., Shin, J., Kim, D., & Park, J. (2021). Effect of verbal encouragement on quadriceps and knee joint function during three sets of knee extension exercise. *Isokinetics and Exercise Science*, 29(2), 155-162. <https://doi.org/10.3233/IES-203203>

Lukaski, H. C., & Talluri, A. (2023). Phase angle as an index of physiological status: validating bioelectrical assessments of hydration and cell mass in health and disease. *Reviews in endocrine & metabolic disorders*, 24(3), 371–379. <https://doi.org/10.1007/s11154-022-09764-3>

MATTIELLO, R.; MUNDSTOCK, E.; ZIEGELMANN, P. K. Brazilian Reference Percentiles for Bioimpedance Phase Angle of Healthy Individuals. *Frontiers in Nutrition*, v. 9, 2022

MATTIELLO, Rita et al. Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects. *Clinical Nutrition*, 2019.

MEREU, Elena et al. Phase angle, vector length, and body composition. *The American journal of clinical nutrition*, v. 104, n. 3, p. 845-847, 2016.

MOON, J. R. Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *European journal of clinical nutrition*, v. 67, n. S1, p. S54,

2013.

MORGAN, D. L. and D. G. Allen (1999). Early events in stretch-induced muscle damage. *J Appl Physiol* 87:2007-2015.

Nakagawa, T. H., Baldon, R.deM., Muniz, T. B., & Serrão, F. V. (2011). Relationship among eccentric hip and knee torques, symptom severity and functional capacity in females with patellofemoral pain syndrome. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 12(3), 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.04.004>

NESCOLARDE, L. et al. Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. *Physiological measurement*, v. 36, n. 1, p. 27, 2014.

NESCOLARDE, L. et al. Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. *Physiological measurement*, v. 36, n. 1, p. 27, 2014.

NESCOLARDE, L. et al. Localized BIA identifies structural and pathophysiological changes in soft tissue after post- traumatic injuries in soccer players. In: 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE, 2014. p. 3743-3746.

NESCOLARDE, L. et al. Localized BIA identifies structural and pathophysiological changes in soft tissue after post- traumatic injuries in soccer players. In: 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE, 2014. p. 3743-3746.

Nescolarde, L., Talluri, A., Yanguas, J., & Lukaski, H. (2023). Phase angle in localized bioimpedance measurements to assess and monitor muscle injury. *Reviews in endocrine & metabolic disorders*, 24(3), 415–428. <https://doi.org/10.1007/s11154-023-09790-9>

NORMAN, Kristina et al. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical nutrition*, v. 31, n. 6, p. 854-861, 2012.

NORMAN, Kristina et al. The bioimpedance phase angle predicts low muscle strength, impaired quality of life, and increased mortality in old patients with cancer. *Journal of the*

American Medical Directors Association, v. 16, n. 2, p. 173. e17-173. e22, 2015.

Parcell, A. C., Sawyer, R. D., Tricoli, V. A., & Chinevere, T. D. (2002). Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(6), 1018–1022. <https://doi.org/10.1097/00005768-200206000-00018>

PROSKE. Uwe; MORGAN. David L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism. mechanical signs. adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*. v. 537. n. 2. p. 333-345. 2001.

Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. Ben, & Kraemer, W. J. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. doi:10.1249/MSS.0b013e3181915670

Riachy, R., McKinney, K., & Tuvdendorj, D. R. (2020). Various Factors May Modulate the Effect of Exercise on Testosterone Levels in Men. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 5(4), 81. <https://doi.org/10.3390/jfmk5040081>

RIBEIRO, A. S. Effects of Single Set Resistance Training With Different Frequencies on a Cellular Health Indicator in Older Women. *Journal of aging and physical activity*, p.26, v.4, p.537–543, 2018.

RIBEIRO, A. S. Resistance training prescription with different load-management methods improves phase angle in older women. *European journal of sport science*, v.17, n.7, p.913–921, 2017.

Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(2), 333–341. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>

SÁNCHEZ-IGLESIAS, Andrés; FERNÁNDEZ-LUCAS, Milagros; TERUEL, José L. Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. *Nefrología (Madrid)*, v. 32, n. 2, p. 133-135, 2012.

Schoenfeld B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to

resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>

SCHOENFELD, B. J. Science and development of Muscle Hypertrophy, Human Kinetics, 2021.

Scott, B. R., Duthie, G. M., Thornton, H. R., & Dascombe, B. J. (2016). Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(5), 687–698. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0454-0>

Scott, B. R., Duthie, G. M., Thornton, H. R., & Dascombe, B. J. (2016). Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(5), 687–698. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0454-0>

SENIAM. Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles. Disponível em: <http://www.seniam.org/>.

Taniguchi, M., Yamada, Y., & Ichihashi, N. (2020). Acute effect of multiple sets of fatiguing resistance exercise on muscle thickness, echo intensity, and extracellular-to-intracellular water ratio. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 45(2), 213–219. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0813>

TORRES, Alexandre G. et al. Biological determinants of phase angle among Brazilian elite athletes. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 67, n. OCE8, 2008.

Tug, S., Tross, A. K., Hegen, P., Neuberger, E. W. I., Helmig, S., Schöllhorn, W., & Simon, P. (2017). Acute effects of strength exercises and effects of regular strength training on cell free DNA concentrations in blood plasma. *PloS one*, 12(9), e0184668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184668>

Westcott W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current sports medicine reports*, 11(4), 209–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>