

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UPE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO

**ASSOCIAÇÃO ENTRE O ÂNGULO DE FASE E O DANO MUSCULAR INDUZIDO  
PELO EXERCÍCIO FÍSICO EM ATLETAS DE FUTEBOL**

**JOÃO PESSOA**

**2021**

**EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO**

**ASSOCIAÇÃO ENTRE O ÂNGULO DE FASE E O DANO MUSCULAR INDUZIDO  
PELO EXERCÍCIO FÍSICO EM ATLETAS DE FUTEBOL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Associado De Pós-Graduação Em Educação Física UPE/UFPB (PAPGEF UPE/UFPB), como requisito para à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

**Área de Concentração:** Saúde e Desempenho Humano

**Linha de pesquisa:** Cineantropometria e Desempenho Humano

**Orientador:** Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva

**Co-orientador:** Prof. Dr. Marcos Antônio Pereira dos Santos

**JOÃO PESSOA**

**2021**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

A447a Almeida Filho, Eder Jackson Bezerra.

Associação entre o ângulo de fase e o dano muscular induzido pelo exercício físico em atletas de futebol / Eder Jackson Bezerra Almeida Filho. - João Pessoa, 2021.

64 f. : il.

Orientação: Alexandre Sérgio Silva.

Coorientação: Marcos Antônio Pereira dos Santos.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Futebol - Atletas. 2. Respostas fisiológicas. 3. Marcadores biofísicos. 4. Teste de desempenho. 5. Marcadores bioquímicos. I. Silva, Alexandre Sérgio. II. Santos, Marcos Antônio Pereira dos. III. Título.

UFPB/BC

CDU 796.332(043)

**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE-UFPB**  
**CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

A Dissertação **Associação entre o ângulo de fase e o dano muscular induzido pelo exercício físico em atletas de futebol.**

Elaborada por Eder Jackson Bezerra de Almeida Filho

Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada para obtenção do título de MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA na Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano.

João Pessoa, 14 de dezembro de 2021

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva  
UFPB - Presidente da Sessão



Prof. Dr. Luis Alberto Gobbo  
UNESP - Membro Externo



Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura  
UFPB – Membro Interno

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pois sem Ele não há nada. Ele que sempre foi luz nos momentos de escuridão e deserto, me inspirando a seguir firme e confiante nesta jornada em busca dos meus sonhos.

À minha família por todo apoio e por proporcionar um ambiente em que eu pudesse estudar e desenvolver este trabalho. Especialmente aos meus pais Eder Jackson Bezerra de Almeida e Raquel Vitória Paulino Amorim de Almeida e aos meus avós paternos Leonídio Lins de Almeida e Francisca Bezerra de Almeida e a minha avó materna Maria Paulino, por todos os ensinamentos que me tonaram quem eu sou. A meu tio Leonídio Júnior por me ajudar com a impressão dos materiais necessário para o desenvolvimento deste trabalho e a Rebeqa Paiva por me ajudar com as correções gramaticais e me apoiar durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Dr. Alexandre Sérgio Silva (Orientador) e Dr Marcos Antônio Pereira dos Santos (Co-orientador), por me orientarem durante o desenvolvimento do trabalho e por todos os ensinamentos.

Aos membros da banca, Prof. Dr Luis Alberto Gobbo, Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura, Prof. Dr Anselmo de Athayde Costa e Silva e Prof. Dr. Leonardo de Sousa Fortes, pelas contribuições que fizeram para o desenvolvimento do trabalho.

Aos membros do laboratório, em especial a Mateus Duarte, Reabias Andrade, Valbério Cândido, Franciele Fernandes, Johnatas Guimarães, Felipe Martins, que me ajudaram nas coletas de dados e no desenvolvimento desta pesquisa. Além disso, quero agradecer por todos os ensinamentos e pela convivência durante a minha trajetória no laboratório desde a época de iniciação científica até hoje, a Lydiane Toscano, Valbério Cândido, Valter Azevedo, Bruno Virginio e Matheus Silveira

À nutricionista Gisele Franca por disponibilizar a clínica para a realização das coletas de dados e por todo empenho no desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Ytalo Mota e Gilmário, por emprestarem o equipamento que utilizamos para verificar a altura do salto com contramovimento dos atletas.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Aos funcionários da coordenação do Programa Associado em Educação Física UPE-UFPB, Ricardo Melo e Herson Meireles pelo apoio e por todos os

esclarecimentos sobre as normas do programa e os prazos a serem cumpridos, ajudando na parte burocrática com toda atenção e simpatia de sempre.

Aos funcionários do Departamento de Educação Física (UFPB), em especial a Enfermeira Milena Moura por auxiliar nas coletas de dados, realizando as coletas de sangue dos voluntários e por todos os momentos compartilhados em todo esse tempo de laboratório.

Aos voluntários da pesquisa pela disponibilidade, participação na pesquisa e por colaborar para o desenvolvimento do trabalho, em especial à Eduardo Silvestre e Luizão por permitir que seus atletas participassem da pesquisa.

Por fim, agradeço ao CNPQ pelo apoio financeiro e aos demais professores do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UPE-UFPB pelo bom convívio durante todo este tempo.

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** Monitorar o Dano Muscular Induzido Pelo Exercício(DMIE) é necessário para o controle das cargas de treino, porém, as ferramentas que avaliam o DMIE são invasivas, dispendiosas e/ou subjetivas. Enquanto isso, um marcador biofísico vem sendo associado ao prognóstico de pacientes com câncer, lesões musculares e melhoria do desempenho físico. Este marcador, ângulo de fase(AngF), sofre modificações devido as alterações na integridade da membrana celular que modificam a reatância(Xc) do sistema. Sendo assim, é plausível que o AngF seja capaz de detectar DMIE. **OBJETIVO:** Verificar se o AngF é capaz de detectar o DMIE, em atletas de futebol. **MÉTODOS:** Nove atletas de futebol masculino sub20 foram submetidos a uma sessão de treino. Antes, imediatamente e 24h pós treino, foram realizadas análise por bioimpedância, coleta sanguínea e salto com contramovimento(SCM), além da escala de dor antes e 24h pós treino. Como tratamento estatístico, foram realizados os testes t dependente, ANOVA para medidas repetidas, correlação de Pearson e Spearman. **RESULTADOS:** A creatina quinase(CK) aumentou 24h pós treino ( $349,67 \pm 162,91$ ;  $841,67 \pm 481,81$ U/l,  $p < 0,010$ ), a altura do SCM reduziu imediatamente ( $37,64 \pm 4,18$ ;  $33,84 \pm 3,74$ cm;  $p < 0,001$ ) e 24h pós treino ( $34,98 \pm 3,93$ cm;  $p < 0,010$ ), a dor aumentou 24h pós treino ( $3,79 \pm 2,81$ ;  $5,32 \pm 2,78$ cm,  $p < 0,050$ ), o AngF reduziu 24h pós treino em relação à imediatamente pós ( $7,18 \pm 0,31$ ;  $7,02 \pm 0,28$ ,  $p < 0,050$ ) os demais parâmetros biofísicos (Resistência e Impedância) não sofreram alterações significativas. A  $\Delta\%$ AngF e  $\Delta\%$ Xc apresentaram correlação positiva com a variação do teste de SCM 24h pós treino ( $r=0,827$ ;  $r=0,743$ , respectivamente). **CONCLUSÃO:** O AngF é capaz de detectar o DMIE em atletas de futebol.

**Palavras-chave:** Respostas fisiológicas; marcadores biofísicos; teste de desempenho; marcadores bioquímicos

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Monitoring Exercise Induced Muscle Damage(EIMD) is necessary to control training loads, however, the tools that assess EIMD are invasive, expensive and/or subjective. Meanwhile, a biophysical marker has been associated with the prognosis of patients with cancer, muscle damage, and improved physical performance. This marker, phase angle(PhA), undergoes modification due to changes in cell membrane integrity that modify the reactance( $X_c$ ) of the system. Therefore, it is plausible that PhA is capable of detecting EIMD. **OBJECTIVE:** To verify if PhA is capable of detecting EIMD in soccer athletes. **METHODS:** Nine U20 male soccer athletes were spotted in a training session. Before, immediately and 24 hours after training, bioimpedance analysis, blood collection and countermovement jump(CMJ) were performed, in addition to the pain scale before and 24 hours after training. As statistical treatment, the dependent t tests, ANOVA for repeated measures, Pearson and Spearman correlation were performed. **RESULTS:** Creatine kinase(CK) increased 24h post training ( $349.67 \pm 162.91$ ;  $841.67 \pm 481.81$ U/l,  $p < 0.010$ ), CMJ height immediately reduced ( $37.64 \pm 4.18$  ;  $33.84 \pm 3.74$ cm;  $p < 0.001$ ) and 24h after training ( $34.98 \pm 3.93$ cm;  $p < 0.010$ ), the pain increased 24h after training ( $3.79 \pm 2.81$ ;  $5.32 \pm 2.78$ cm,  $p < 0.050$ ), the PhA reduced 24h after training compared to immediately after ( $7.18 \pm 0.31$ ;  $7.02 \pm 0.28$ ,  $p < 0.050$ ) the other biophysical parameters (Resistance and Impedance) did not undergo muted changes. A  $\Delta\%$  AngF and  $\Delta\%$   $X_c$  positive dissipation with variation of the SCM test 24h post training ( $r = 0.827$ ;  $r = 0.743$ , respectively). **CONCLUSION:** PhA is able to detect EIMD in soccer athletes.

**Keywords:** Physiological responses; biophysical marker; performance test; biochemical markers

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** – Técnica de análises de gases (bolsa de Douglas)

**Figura 2** – Avaliações para monitoração do estado fisiológico do atleta

**Figura 3** – Imagem microscópica de tecido muscular após contrações excêntricas

**Figura 4** – Indicadores de dano muscular induzido pelo exercício

**Figura 5** – extravasamento de marcadores bioquímicos intramusculares para o plasma sanguíneo decorrente do dano muscular induzido pelo exercício.

**Figura 6** – Escalas de percepção de esforço

**Figura 7** – Representação trigonométrica das variáveis biofísicas mensuradas pela bioimpedância

**Figura 8** – Resistividade dos componentes corporais

**Figura 9** – Relação entre a frequência da onda e a reatância

**Figura 10** – Desenho do estudo

**Figura 11** – Sessão de treino

## LISTA DE ABREVIÇÕES E SIGLAS

ADP	Adenosina difosfato
AngF	Ângulo de fase
AST	Aspartato amino transferase
BPM	Batimentos por minuto
CK	Creatina quinase
DMIE	Dano muscular induzido pelo exercício físico
DMIT	Dor muscular de início tardio
FC	Frequência Cardíaca
IL-1	Interleucina 1
IL-6	Interleucina 6
LDH	Lactato desidrogenase
NRS	Escala de avaliação numérica
PSE	Percepção subjetiva de esforço
TNF- $\alpha$	Fator de necrose tumoral alfa
VAS	Escala análoga visual
VRS	Escala de avaliação verbal

XB	Capacitância
XC	Reatância
XL	Indutância
Z	Impedância

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1. Objetivo geral .....	16
2.2. Objetivos específicos .....	16
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
3.1. Controle do estado fisiológico do atleta.....	16
3.2. Ferramentas propostas para monitoração do dano muscular induzido pelo exercício em atletas .....	19
3.2.1. Monitoração do dano muscular induzido pelo exercício através de marcadores bioquímicos .....	22
3.2.2. Monitoração do dano muscular por meio da dor muscular de início tardio ..	24
3.2.3. Monitoração do dano muscular por marcadores de desempenho .....	27
3.3. Ângulo de fase como possível indicador de dano muscular.....	28
3.3.1. Princípios biofísicos do ângulo de fase .....	28
3.4. Aplicação do ângulo de fase no contexto esportivo .....	31
<b>4. MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
4.1. Caracterização da pesquisa .....	34
4.2. População e amostra .....	34
4.3. Aspectos éticos .....	35
4.4. Desenho do estudo .....	35
4.5. Instrumentos e procedimentos para coleta de dados.....	37
4.5.1. Procedimentos pré - experimentais.....	37
4.5.2. Questionário sociodemográfico .....	37
4.5.3. Teste de força dinâmica máxima (RMs).....	37
4.5.4. Composição corporal e Ângulo de Fase .....	38
4.5.5. Avaliação dos indicadores de dano muscular .....	38
4.5.5.1. Questionário de dor.....	38
4.5.5.2. Creatina quinase (CK).....	38
4.5.5.3. Teste de salto com contramovimento.....	39
4.6. Análise estatística .....	39
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	<b>46</b>
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>48</b>

<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 1 – Comitê de ética .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO 2 – Questionário sociodemográfico.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO 3 – Escala de dor .....</b>	<b>66</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Sessões de treinamento acima da capacidade usual geram desgaste físico no tecido muscular, provocado por estresse mecânico, acarretando assim, em Dano Muscular Induzido Pelo Exercício (DMIE) (NEWHAM et al., 1983). Esse dano muscular desencadeia um processo inflamatório em nível local mediado pelo sistema imune, processo natural e até desejado em atletas, pois, associado a processos fisiológicos adaptativos, é parte integrante dos mecanismos de reparo do tecido danificado (CRUZAT et al., 2007). Isso resulta na melhora da qualidade do tecido e, conseqüentemente, do desempenho muscular.

Porém, o DMIE demasiado pode gerar repercussões negativas. De forma aguda e subaguda (até 72 horas pós-treino). a máquina contrátil (filamentos de actina e miosina) encontra-se micro lesionada e, conseqüentemente, com menor capacidade de gerar tensão (DEYHLE et al. 2016). Este processo é acompanhado de queda de desempenho (MEEUSEN et al. 2006) e aumento na sensibilidade à dor (DEYHLE et al. 2016). Outra repercussão negativa associada ao dano muscular, está relacionada ao desfecho crônico, pois apesar da capacidade do tecido muscular se adaptar e reparar os danos ocasionados pelo treinamento físico, se forem aplicadas sucessivas cargas de treinamento sem o tempo de descanso necessário para que as adaptações necessárias ocorram, a inflamação local, que antes mediava o processo de adaptação, evoluirá para proporções sistêmicas desencadeando um desbalanço imunoneuroendócrino característico da síndrome do *overtraining* (MEEUSEN et al. 2012; SMITH 2000; TANSKANEN, ATALAY, e UUSITALO 2010)

Esse cenário mostra a importância do diagnóstico do DMIE, na medida em que fornece ao treinador informações quanto à adequabilidade da aplicação de novas cargas de treino, visando à melhoria do desempenho físico. Além disso, minimiza a possibilidade de expor o atleta a competições durante a fase aguda e subaguda do dano muscular e/ou acumular sucessivas cargas de treinamento.

Dada a importância de monitorar o DMIE para o controle das cargas de treino, existem diversas formas de monitorá-lo (SAW, MAIN, e GASTIN 2016), sendo as mais aceitas e usualmente utilizadas na literatura às avaliações bioquímicas, de desempenho e medidas subjetivas de dor. Para análise bioquímica do dano muscular, são utilizadas técnicas de detecção de diversos fragmentos de compostos intramusculares que extravasaram para o sangue devido a agressão exercida sobre

o tecido muscular. Dentre elas, as mais utilizadas são a 3-metil histidina (aminoácido presente nas células musculares) (CRUZAT et al., 2007), Creatina Quinase (CK) e Lactato Desidrogenase (LDH) (enzimas sarcoplasmáticas) (BRANCACCIO, LIPPI, e MAFFULLI 2010).

Dentre estes marcadores, a CK é o biomarcador mais amplamente utilizado na literatura para avaliar o DMIE, por apresentar boa sensibilidade e melhor custo – benefício. Porém, de maneira geral, os marcadores bioquímicos apresentam baixa aplicabilidade administrativa, pois, necessitam de materiais de consumo relativamente custosos, equipamentos de análises laboratoriais específicos, mão de obra especializada e capacitada para realizar as análises e, além disso, trata-se de um procedimento invasivo (DOBBS et al. 2019).

Por outro lado, existem outras formas não bioquímicas e menos invasivas de avaliar o DMIE, uma vez que diante do dano muscular a funcionalidade dos sarcômeros se encontra prejudicada e, por isso, a redução na força tem sido utilizada como indicadora do DMIE (CURRELL, 2008). Além disso, o DMIE aumenta a sensibilidade à dor, fenômeno conhecido por Dor Muscular de Início Tardio (DMIT). Com isso, as avaliações sobre a percepção do atleta quanto à presença e intensidade da dor têm sido utilizadas como ferramenta diagnóstica (CLARKSON; NOSAKA; BRAUN, 1991). Entretanto, há a possibilidade de ocorrer DMIE sem a ocorrência de dor, especialmente em atletas bem treinados e na utilização de cargas de treino não tão elevadas (HODY et al. 2019), além do fato destas avaliações serem subjetivas e indiretas. Por isso, não avaliam precisamente o estado físico das células musculares.

Enquanto isso, o Ângulo de Fase (AngF) vem sendo utilizado no âmbito da medicina para avaliar a integridade da membrana celular de pacientes acometidos por patologias que promovem modificações na estrutura celular, como por exemplo, pacientes acometidos por câncer (ARAB et al., 2021; GARLINI et al., 2018). No âmbito do treinamento físico, Tomeleri et al. 2017 mostrou que o ângulo de fase está associado a massa, função e qualidade muscular de mulheres acima de 60 anos. Além disso, Souza et al. 2016 e Nunes et al. 2018 mostraram que o ângulo de fase acompanha as adaptações provocadas pelo treinamento físico em idosas, acompanhando o aumento da massa muscular decorrente de um protocolo de treinamento. No contexto desportivo, foi verificado que o ângulo de fase está associado à potência máxima de membros inferiores de jovens atletas de futebol (NABUCO et al., 2019). Além de estar associado ao grau de lesão muscular, pois,

apresentou correlação com avaliações de diagnóstico por imagem (ressonância magnética e ultrassom) em atletas de futebol lesionados (NESCOLARDE et al. 2013, 2014, 2017).

Sendo o ângulo de fase capaz de diagnosticar o estado da membrana celular, devido as alterações na reatância ( $X_c$ ) (GARLINI et al. 2018) e atletas apresentarem comprometimento da integridade da membrana celular devido ao DMIE (BRANCACCIO, LIPPI, e MAFFULLI 2010), é plausível que a utilização do AngF possa ir além do uso clínico (no prognóstico de pacientes com câncer), geriátrico (avaliando a capacidade funcional de idosos) e fisioterapêutico (auxiliando na etiologia das lesões esportivas), para ser utilizado como um marcador de DMIE.

Caso confirmada a hipótese deste estudo, o ângulo de fase, ao se relacionar com os indicadores de DMIE, terá a vantagem de superar as limitações bioquímicas por se tratar de um procedimento menos invasivo. Além disso, pode oferecer um dado que reflete mais diretamente o estado físico da membrana celular em relação à presença de material bioquímico no sangue, alterações no desempenho físico e a percepção subjetiva de dor.

Entretanto, essa possibilidade ainda não está devidamente demonstrada na literatura científica. Para isso, é necessário estabelecer condições experimentais nas quais se expõem atletas a treinamentos capazes de gerar modificações nos indicadores de DMIE (CK, nível de dor e altura do salto com contramovimento), e usar o ângulo de fase para acompanhar essas sessões de treinamento, e verificar possíveis associações com estes indicadores.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Verificar se o ângulo de fase é capaz de detectar o dano muscular induzido por uma sessão de exercício físico, em atletas de futebol.

### **2.2. Objetivos específicos**

Monitorar uma sessão de treino de musculação através de indicadores de dano muscular induzido pelo exercício (nível de CK, percepção de dor e altura do salto com contramovimento).

Avaliar o ângulo de fase e as variáveis que o compõem (reatância e resistência) após uma sessão de treino capaz de promover modificações nos indicadores de dano muscular induzido pelo exercício (níveis de CK, percepção de dor e força explosiva de membros inferiores).

Verificar o grau de correlação do ângulo de fase e das variáveis que o compõem (reatância e resistência) com a variação dos indicadores de dano muscular induzido pelo exercício (nível de CK, percepção de dor e força explosiva de membros inferiores).

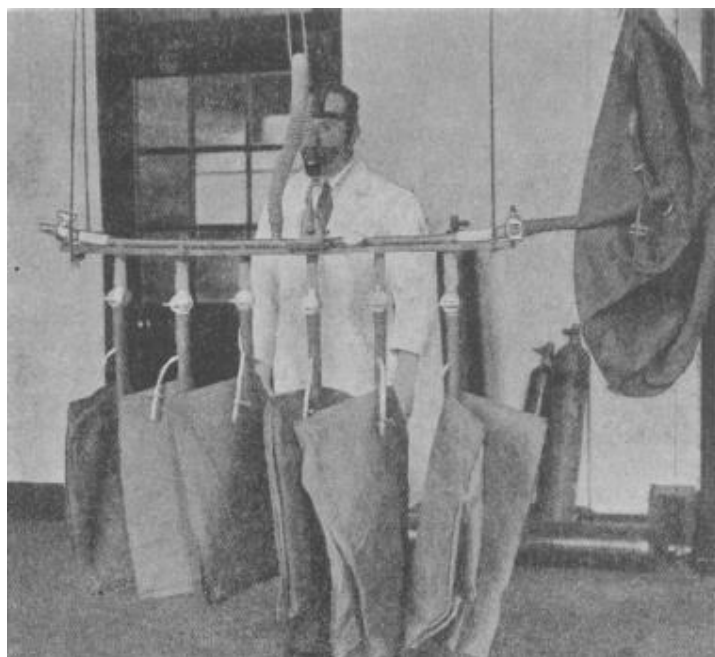
## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1. Controle do estado fisiológico do atleta**

Os primeiros indícios sobre a monitoração fisiológica de atletas datam do século passado, onde os atletas olímpicos finlandeses Hannes Kolehmainen e Paavo Nurmi foram fotografados fazendo uso de um cronometro enquanto treinavam (FOSTER et al., 2017). Além disso, segundo os mesmos autores, na década de 30 o treinador Woldemar Gerschler e o médico Herbert Reindell desenvolveram um método de treinamento baseado na frequência cardíaca. Este método ficou conhecido como treinamento intervalado, onde o atleta realizava repetidas corridas

em uma frequência cardíaca (FC) de 180 batimentos por minutos (bpm), com um intervalo de recuperação de 120 bpm. Esse método sofria adaptações de acordo com o intervalo de tempo necessário para a frequência cardíaca retornar a valores abaixo de 120 bpm.

Apesar dos indícios sugerirem que a monitoração fisiológica começou apenas no século passado, algumas ferramentas, que posteriormente seriam utilizadas para esta finalidade, já estavam sendo desenvolvidas muito antes disso. Segundo Carpenter (1933), Lavoisier descobriu em 1777 que animais confinados absorviam oxigênio e liberavam dióxido de carbono em resposta ao metabolismo celular, sendo assim, caso fosse possível medir essas concentrações seria viável medir o metabolismo celular do animal. Esta teoria serviu como base para o desenvolvimento de diversas técnicas e ferramentas utilizadas para análise de gases, como por exemplo, a bolsa de Douglas, técnica publicada em 1911 destinada a fazer análise de gases (HILL et al., 1924), evoluindo atualmente para a ergoespirometria (figura 1).



**Figura 1** – Técnica de análises de gases (bolsa de Douglas)

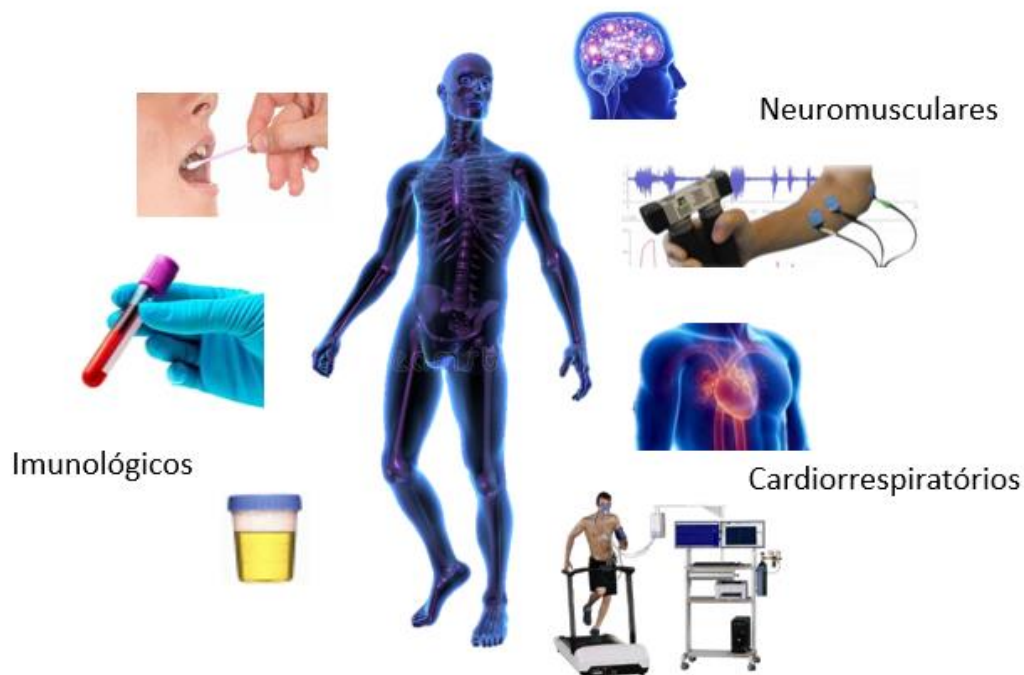
**Fonte:** Imagem retirada de Hill, et al., 1924

No período pós-segunda guerra mundial, a disputa pela descoberta de novas tecnologias foi intensificada em todos os âmbitos da ciência e, com a dos esportes não foi diferente. Neste período, a prática desportiva se aproximou dos laboratórios de pesquisa das universidades o que propiciou essa evolução científica.

Posteriormente, a partir dos anos 80, houve uma evolução considerável no desenvolvimento de tecnologias dos monitores radio telemétricos para avaliação da FC, analisadores portáteis de lactato sanguíneo, analisadores de gases respiratórios e desenvolvimento de técnicas laboratoriais para análise salivar do cortisol e da testosterona (RIAD-FAHMY et al., 1982; FOSTER, RODRIGUEZ-MARROYO e KONING 2017), possibilitando assim, um maior avanço científico nesta área, como por exemplo, uma melhor compreensão do conceito de zonas de intensidade de treinamento, relacionado a limiares metabólicos (HOLLMAN et al 2001) e das demandas físicas e metabólicas dos treinamentos e competições dos mais diversos esportes.

Apesar da evolução tecnológica ocorrida nos anos 80, ainda não havia uma ferramenta capaz de avaliar a carga interna de treinamento levando em consideração a relação entre a frequência, intensidade e tempo de treino (FOSTER; RODRIGUEZ-MARROYO; DE KONING, 2017). Por volta da década de 90, Banister (1991) desenvolveu uma equação que levava em consideração esses parâmetros, porém era pouco aplicável na prática por ser muito complexa, esta equação era baseada na porcentagem da frequência cardíaca de reserva, multiplicada por um fator não linear (baseado no lactato sanguíneo) e pela duração da sessão de treinamento, resultando em um *score* denominado de impulso do treinamento (TRIMP). Posteriormente, esta equação foi simplificada passando a levar em consideração apenas a multiplicação da percepção subjetiva de esforço (PSE) pela duração da sessão de treino, resultando em um TRIMP substituto.

Atualmente são utilizadas diversas ferramentas para monitorar o estado fisiológico do atleta, sejam elas através das cargas externas ou internas de treinamento. Para a avaliação das cargas externas, são utilizadas ferramentas que monitoram o tempo de treino, a frequência, distância, repetições de movimento, potência, velocidade e aceleração (BOURDON et al., 2017). Segundo Varley et al. (2016), para avaliar as cargas internas de treinamento são utilizados parâmetros cardiorrespiratórios (frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca, captação de oxigênio e derivados), parâmetros imunológicos (marcadores presentes no sangue venoso e capilar, no suor, na saliva e na urina) e neuromusculares (função muscular, eletromiografia e eletroencefalograma) (Figura 2).



**Figura 2** – Avaliações para monitoração do estado fisiológico do atleta

**Fonte:** Adaptado de Varley et al. (2016).

Mesmo com o desenvolvimento e aprimoramento das ferramentas utilizadas para avaliar as cargas de treinamento, ainda não há uma ferramenta capaz de sozinha monitorar o estado fisiológico do atleta, pois são diversos os fatores que modificam as cargas de treino, inclusive fatores extra treino, como o sono, os aspectos emocionais e a alimentação (IZZICUPO et al. 2019), além disso, as respostas às cargas de treino ocorrem em diversos momentos, podendo ser de forma aguda (durante uma sessão de treino), subaguda (após uma única sessão de treino) e crônica (acumulo de várias sessões de treino), acarretando assim em diversas alterações fisiológicas distintas fazendo com que seja necessário um conjunto de ferramentas para avaliar o estado fisiológico do atleta.

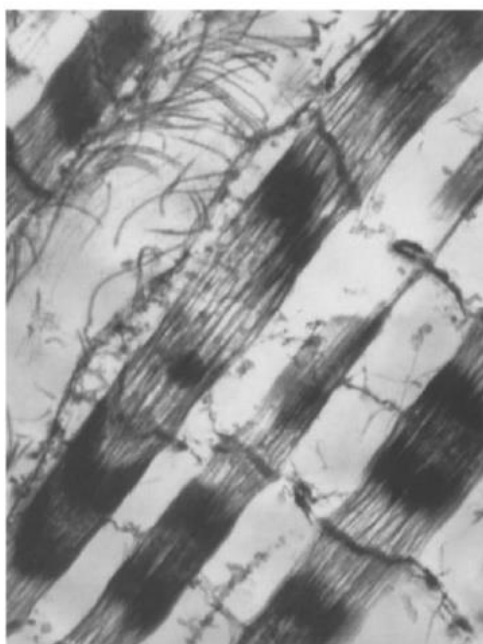
### **3.2. Ferramentas propostas para monitoração do dano muscular induzido pelo exercício em atletas**

Praticamente todos os sistemas orgânicos são estimulados diante do exercício físico, desde os órgãos reprodutores, acarretando na melhoria da

disfunção erétil (CHENG et al., 2007), até os sistemas mais diretamente relacionados com o exercício, como o endócrino, imunológico, respiratório e cardiovascular, que estão associados com a melhoria do desempenho físico e a prevenção e/ou atenuação de doenças crônicas degenerativas como hipertensão, diabetes e obesidade. (WARBURTON; NICOL; BREDIN, 2006).

Entretanto, considerando que o exercício físico envolve deslocamentos e movimentos corporais, o sistema musculoesquelético é o sistema mais diretamente ativado durante o treinamento. A contração muscular promove um evidente atrito entre os componentes contráteis do tecido acarretando em um desgaste mecânico denominado de dano muscular induzido pelo exercício físico (DMIE) (CLARKSON; DEDRICK, 1988). Segundo Morgan (1990), durante a contração das fibras musculares, principalmente excêntricas, a maior parte da tensão é absorvida pelas estruturas mais frágeis dos sarcômeros, sendo elas as primeiras a serem danificadas, o que explica o fato do dano muscular ser mais evidentes nas linhas Z.

Após a interrupção da atividade, com o relaxamento muscular, os sarcômeros danificados que se encontravam desorganizados (superestendidos), se reinterdigitam retornando assim a sua função normal (TALBOT e MORGAN, 1996). Segundo os mesmos autores este processo de retorno à estrutura normal, não ocorre em todos os sarcômeros, pois alguns se encontram muito danificados e permanecem superestendidos conforme a figura 3.



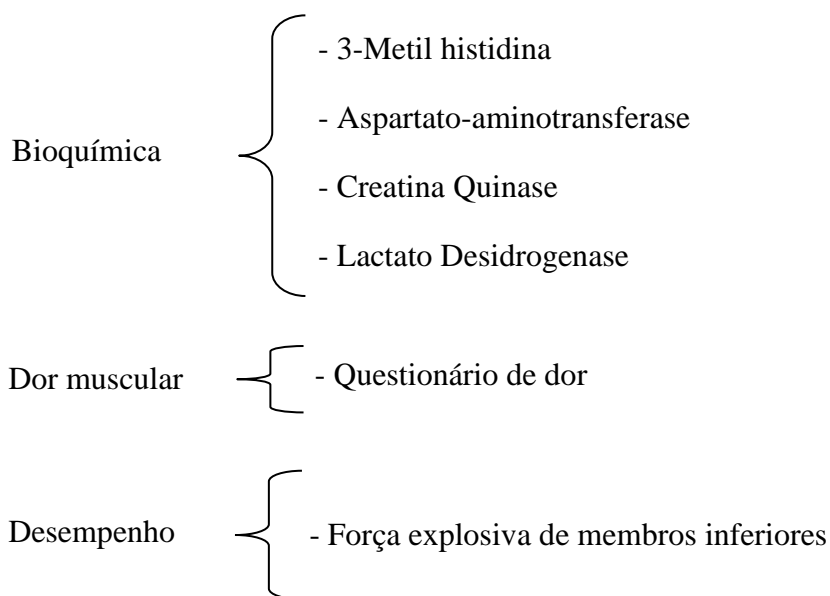
**Figura 3** – Imagem microscópica de tecido muscular após contrações excêntricas

**Fonte:** Imagem retirada de Talbot e Morgan (1996).

Devido a este desgaste físico, ocorre uma diminuição da capacidade da máquina contrátil gerar tensão muscular afetando assim a força e o desempenho físico do atleta (PROSKE; MORGAN, 2001). Além disso, este dano tecidual desencadeia um processo inflamatório local mediado pelo sistema imune através da mobilização de citocinas pró-inflamatórias (IL-1, IL-6 e TNF $\alpha$ ) que estimulam o influxo de linfócitos, neutrófilos, monócitos, macrófagos e prostaglandinas que realizam o processo de reparo muscular (OSTROWSKI et al., 1999).

Porém, durante a fase subaguda do dano muscular, este tecido encontra-se com uma menor capacidade de gerar tensão, apresentando menor força e maior sensibilidade a dor (PROSKE; MORGAN, 2001). Por isso, deve-se evitar participar de competições neste período. Com isso, a monitoração deste fenômeno é um fator importante no contexto do treinamento desportivo.

Para monitorar o DMIE, atualmente, são utilizadas diversas avaliações, sendo elas através de marcadores bioquímicos, de desempenho e de dor muscular de início tardio (KENTTÄ; HASSMÉN, 1998), conforme apresentados na figura 4.

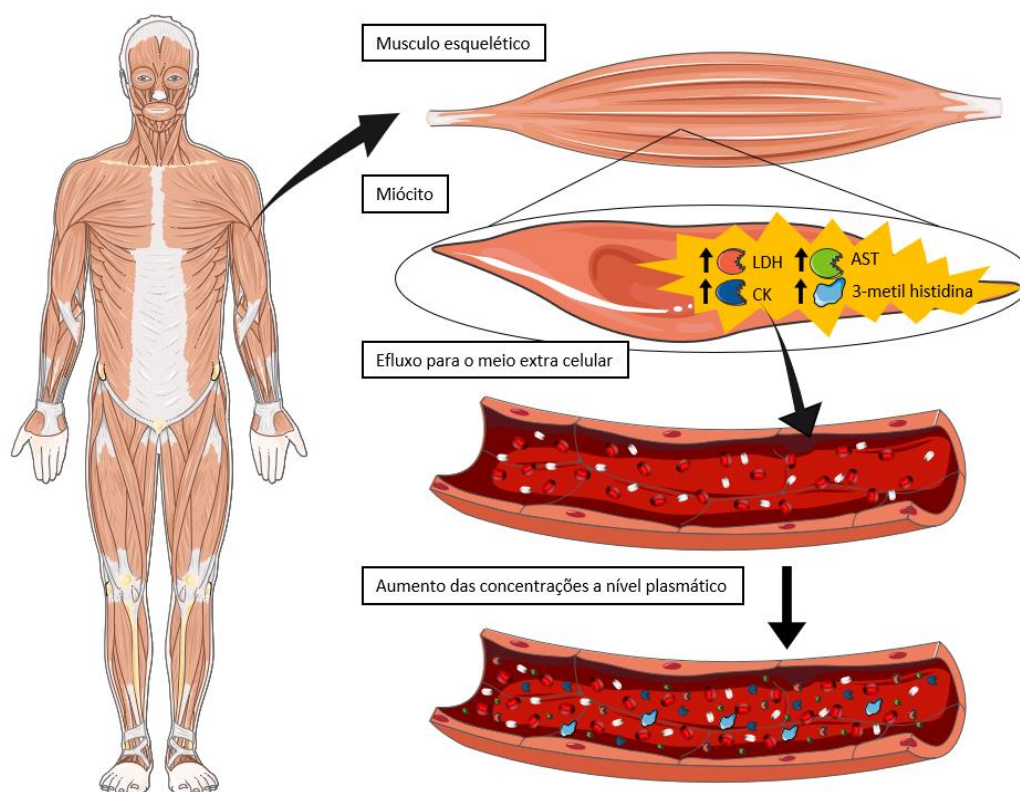


**Figura 4** – Indicadores de dano muscular induzido pelo exercício

**Fonte:** Autor

### 3.2.1. Monitoração do dano muscular induzido pelo exercício através de marcadores bioquímicos

Quanto às avaliações bioquímicas, os indicadores atualmente utilizados para diagnóstico do DMIE, figura 5, são compostos intramusculares, como aminoácido (3-metil histidina) e enzimas (AST, CK e LDH), que extravasam para o meio extracelular quando ocorre dano ao tecido muscular (BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010; CRUZAT et al., 2007; KOCH; PEREIRA; MACHADO, 2014; MADDALI et al., 1998). Dentre eles, a creatina quinase (CK) e a lactato desidrogenase (LDH) se destacam por serem mais amplamente utilizadas na literatura devido ao seu custo benefício.



**Figura 5** – extravasamento de marcadores bioquímicos intramusculares para o plasma sanguíneo decorrente do dano muscular induzido pelo exercício.

**Fonte:** Autor

A CK é uma enzima citosólica capaz de catalisar a troca das ligações de fosfato entre a fosfocreatina e a adenosina difosfato (ADP) intramuscular (KOCH; PEREIRA; MACHADO, 2014). Esta enzima apresenta três isoenzimas (CK MM, CK MB, CK BB), sendo a CK MM principalmente presente no tecido muscular

esquelético, a CK MB no cérebro e a CK BB no miocárdio (STADHOUDERS et al., 1994).

Após uma sessão de treino, principalmente excêntrico ou atividade desacostumada, este biomarcador tem sua concentração plasmática aumentada, podendo permanecer assim por vários dias, alcançando um pico máximo 96 horas após, diferentemente das demais atividades como após uma corrida em declive (*downhill*) e contrações isométricas que este pico ocorre, aproximadamente, 24 horas após a sessão de treino (CLARKSON; NOSAKA; BRAUN, 1991). Os valores basais da CK variam, em média, de 45 a 267 U/L, podendo aumentar em até cerca de 10.000 U/L após uma sessão de treino dependendo das características do exercício (KOCH; PEREIRA; MACHADO, 2014)

Além das características do exercício, a magnitude deste aumento depende das características individuais dos sujeitos (nível de treinamento e fatores genéticos) (KIM; LEE, 2015). Em repouso, atletas apresentam uma maior concentração de CK do que indivíduos não atletas, por outro lado, após uma sessão de treino, indivíduos não treinados apresentam um maior aumento de CK do que indivíduos treinados (VINCENT; VINCENT, 1997).

Clarkson et al. (2005) verificaram que após um exercício excêntrico, indivíduos homocigotos (TT) para o gene MLCK C49T apresentam maior aumento de CK e indivíduos homocigotos XX para o gene ACTN3 apresentam menor valor basal de CK que os RR e RX. Além disso, neste mesmo estudo foi verificado que os polimorfismos de ambos os genes (MLCK C49T e ACTN3) interferem na variabilidade da CK, 15,4% e 3,5% respectivamente.

Com isso, a CK é o biomarcador mais aceito e utilizado na literatura quanto se trata de avaliação do dano muscular, porém a análise deste marcador é relativamente complexa, por necessitar de materiais e conhecimentos de técnicas e procedimentos bioquímicos, invasiva, pois necessita da coleta de sangue venoso, e sem valor de referência padrão, pois pode variar de acordo com as características do indivíduo, como visto anteriormente, sendo assim aconselhável utilizar os valores do próprio indivíduo como referência.

Outra enzima intramuscular utilizada para indicar o dano muscular é a enzima conversora de piruvato em lactato, lactato desidrogenase (LDH) (EVERSE;

KAPLAN, 1973). Segundo Brancaccio, Lippi, e Maffulli (2010) existem cinco isoenzimas decorrentes da LDH (LDH1, LDH2, LDH3, LDH4 e LDH5), ambas são compostas por combinações de quatro monômeros dos polipeptídeos M e H, sendo, LDH1 composto por quatro M, LDH2 por um M e três H, LDH3 por dois M e dois H, LDH4 por três M e um H e LDH5 por quatro M.

O exercício físico pode induzir aumento na LDH, sendo o nível da elevação deste marcador decorrente do volume e da intensidade do exercício (SILVA; RUMPF; FAROOQ, 2017). A relação entre o número de cadeias M e H presentes na LDH indica a característica da via metabólica predominante na atividade. Quanto maior o número de cadeias M da isoenzima, mais predominantemente anaeróbia foi a atividade e, quanto maior o número de cadeias H, mais predominantemente aeróbia foi a atividade (BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010). Para avaliar o dano muscular, desconsiderando a análise da predominância da via metabólica, é utilizada a análise da LDH sem especificação de sua isoenzima.

A LDH é um biomarcador utilizado para avaliação do dano muscular, porém nem tanto quando comparada a CK, além de também necessitar de uma análise relativamente complexa, invasiva e sem a existência de um valor de referência padrão, a LDH não é tão sensível quanto a CK para avaliar o dano muscular, pois pode haver casos em que há aumento de CK após uma sessão de treino, indicando dano muscular, porém sem alteração nos valores de LDH (XAVIER OLIVEIRA, FRISSELLI, e DEMINICE 2019). Por estes motivos, apesar deste biomarcador ser indicador de dano muscular, ele não é tão utilizado na literatura quanto a CK.

### **3.2.2. Monitoração do dano muscular por meio da dor muscular de início tardio**

Como mostrado no tópico 3.2, o dano muscular gera um processo inflamatório local, com produções de citocinas e quimiocinas (prostaglandinas, IL-1, IL-6 e TNF $\alpha$ ). Este processo inflamatório local aumenta a sensibilidade dos nociceptores, levando o tecido muscular a ficar sensível a situações corriqueiras (hiperalgesia), como por exemplo, a palpação, contração e alongamento, caracterizando assim, a dor muscular de início tardio (DMIT) (MACINTYRE; REID; MCKENZIE, 1995). Este processo tem início em cerca de 6 a 8 horas após a sessão de treino com pico

máximo entre 24 e 48 horas após, reduzindo significativamente de 4 a 7 dias (MACINTYRE; REID; MCKENZIE, 1995).

Sendo a DMIT decorrente do dano muscular induzido pelo exercício (DMIE), a avaliação deste fenômeno pode ser utilizada para indicar indiretamente o dano muscular. Os principais questionários utilizados e validados para avaliação da dor são a escala de avaliação verbal (VRS), escala de avaliação numérica (NRS) e a escala análoga visual (VAS) (KARCIOGLU et al., 2018).

A VRS é uma escala que mede a percepção da dor através de adjetivos que fazem menção a intensidade desta, qualificando assim, a dor autoreferida pelo indivíduo, figura 6 (KARCIOGLU et al., 2018). Em sua maioria, estas escalas podem variar de 4 a 15 adjetivos associados com a intensidade da dor, dependendo do questionário. Elas são de fácil aplicação, pois basta solicitar que o indivíduo assinale o descritor que melhor classifique a intensidade da dor percebida por ele.

Diferentemente da escala de avaliação verbal (VRS), as escalas numéricas (NRS e VAS) possibilitam a utilização de estatística para analisar os resultados dos questionários. A NRS avalia a dor do indivíduo através de uma escala numérica que também faz menção a intensidade da dor percebida, em sua maioria varia de 0 a 10, conforme a figura 6 (KARCIOGLU et al., 2018). Para a aplicação desta escala, o avaliador deve solicitar que o indivíduo assinale o número na escala que melhor represente a intensidade da dor percebida.

A VAS é a escala mais utilizada atualmente para avaliação da dor, é de fácil utilização e apresenta reprodutibilidade e sensibilidade na avaliação da intensidade da dor (KELLY, 2001). Ela é composta por uma linha reta medindo 100 mm onde o ponto “zero mm” que indica ausência de dor e o “100 mm” que indica a pior dor imaginável. Com isso, o indivíduo deve traçar uma linha perpendicular à linha pré-existente no local que represente a intensidade da dor sentida por ele. Posteriormente, o pesquisador deverá medir em milímetros a distância da linha feita pelo indivíduo até o ponto “zero mm”, quantificando assim a intensidade da dor autoreferida, figura 6 (KARCIOGLU et al., 2018).

Estas escalas são utilizadas no desporto para avaliar a dor muscular de início tardio, podendo ou não levar em consideração cada região do corpo, assim como foi realizado no estudo de Drobic et al. (2014). Neste artigo, eles testaram se a

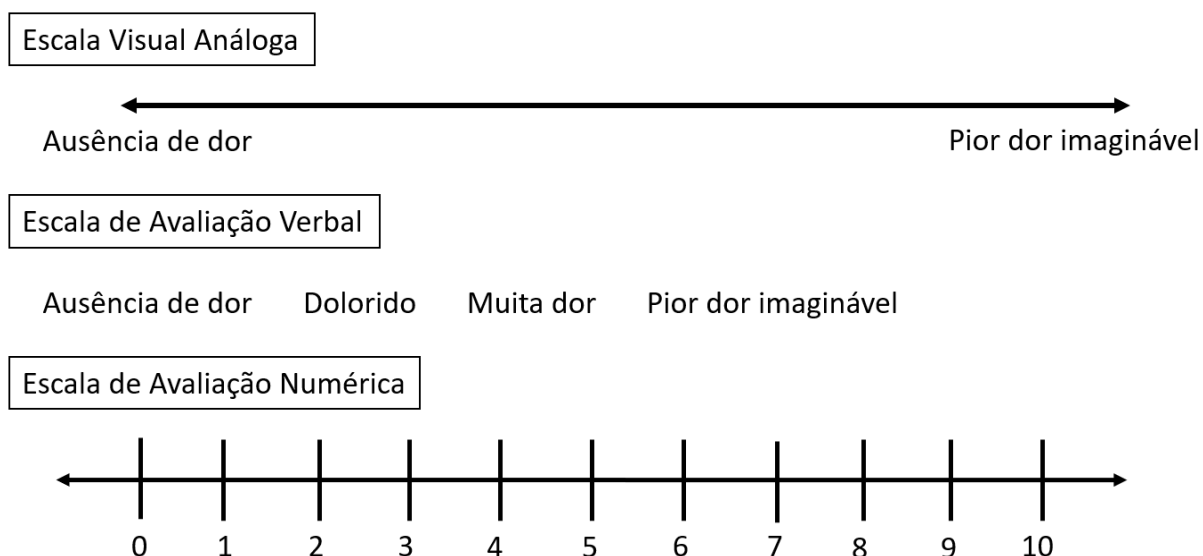
curcumina pode atenuar o DMIE. Para isto, eles induziram o dano muscular através de uma corrida em declive e realizaram avaliação da intensidade da dor, por meio de uma escala VRS de seis pontos, ressonância magnética, biópsia muscular, CK entre outros exames laboratoriais e análises histológicas. Com isto, verificaram que a intensidade da dor foi maior no grupo placebo e, sendo o dano muscular confirmado por meio das imagens de ressonância e os valores de CK.

Marathamuthu, Selvanayagam, e Yusof (2020) utilizaram recentemente uma escala NRS para avaliar a intensidade da dor de 10 homens moderadamente ativos submetidos a um protocolo de indução de dano muscular, composto por cinco séries de 30 contrações excêntrica de flexão plantar, em um equipamento isocinético, a 80% da contração máxima voluntária. Eles verificaram a presença da dor muscular na avaliação 10 minutos após o exercício, atingindo o pico máximo 24h após. O mesmo aconteceu com a CK indicando assim que o protocolo foi suficiente para induzir o dano muscular.

Enquanto isto, Barlas et al. (2000) utilizaram a escala análoga visual para avaliar a DMIT de 60 indivíduos durante 11 dias, sendo eles submetidos a 7 sessões de treino excêntrico para indução do dano muscular (dia 1, 2, 3, 4, 5, 8 e 11), sendo verificado aumento na percepção da dor 24h após a primeira sessão de treino sendo os maiores valores encontrados nos dias 3 e 4.

Existem outras formas de aplicação destas escalas, como por exemplo, a utilizada por Mavropalias et al. (2020) que fizeram uso de uma escala NRS de 0-10 e avaliaram a DMIT, após um protocolo de indução do dano muscular em três condições, na palpação, alongamento e ação muscular, utilizando assim, como marcador de DMIT a média das respostas em ambas as condições. Em seu trabalho, eles mostraram que após uma atividade excêntrica de alta intensidade em ciclo ergômetro ocorre DMIT 24 e 48h pós a sessão de treino, aumento da CK e diminuição da altura do salto com contra movimento (SCM), da força isométrica máxima e torque de contração isocinética, indicando assim, o DMIE. Smith et al. (1993), utilizaram a NRS com variação de 0 a 10 para verificar a intensidade da dor nas 10 regiões corporais pré-definidas (panturrilha, posterior de coxa, anterior de coxa, glúteos, cintura e músculos abdominais, parte superior das costas, ombros, antebraço e braço). Neste estudo, foi verificado aumento significativo na auto

percepção de dor muscular 24 horas após um protocolo de alongamento nos dois grupos (balístico e estático).



**Figura 6** – Escalas de percepção de esforço

**Fonte:** Autor.

### 3.2.3. Monitoração do dano muscular por marcadores de desempenho

Um importante desfecho do dano muscular é a redução da capacidade deste tecido gerar tensão, o que resulta em perda de força e conseqüentemente perda de desempenho físico do atleta (PROSKE; MORGAN, 2001). Este fenômeno é explicado pelo fato dos sarcômeros se encontrarem superestendidos devido à tensão imposta aos mesmos, assim como foi descrito no tópico 3.2. Esta desorganização resulta em menor tensão muscular o que acarreta diminuição da força. Como visto no estudo de Mavropalias et al. 2020, onde foi mostrado que ciclistas submetidos a um treino intenso com características excêntricas apresentam perda de força isométrica, isocinética e diminuição da altura do SCM. Além disso, eles apresentaram aumento de CK e DMIT, o que comprova DMIE.

Para avaliar este desfecho, atualmente, vem sendo bastante utilizado na literatura o teste de SCM. Este método avalia a impulsão vertical por meio de diversos equipamentos, sendo eles, plataformas de força, tapete de contato, acelerômetro e até mesmo aplicativos de *smartphones* (GALLARDO-FUENTES et al., 2016).

O padrão ouro para verificar o desempenho no teste de SCM são as plataformas de força. Estes equipamentos, podem medir a altura do salto, a velocidade, a potência, a força, o tempo de voo, o tempo de fase excêntrica e concêntrica, porém dentre os equipamentos disponíveis, as plataformas de força são as mais caras. Com isso, outros equipamentos foram desenvolvidos e passaram a ser utilizados, como por exemplo, tapete de contato (Hidrofit, Software Multisprint Full, Belo Horizonte, Brasil) e acelerômetro (Wimu). Equipamentos estes que são capazes de medir a altura do salto. Na tentativa de diminuir ainda mais o custo e facilitar o uso para a maioria dos treinadores, com o avanço na tecnologia já foi possível desenvolver aplicativos de smartphones capazes de também calcular a altura do salto (GALLARDO-FUENTES et al., 2016). Apesar destes equipamentos mais baratos serem capazes de medir apenas a altura do salto, diferentemente da plataforma de força, segundo a meta-análise realizada por Claudino et al. (2017) a média da altura dos saltos é a melhor medida para monitorar as cargas de treino e a mais comumente utilizada (KIPP; KIELY; GEISER, 2016), derivada do SCM.

Maté-Muñoz et al. (2017) avaliaram 34 atletas de Crossfit, antes, durante e após uma série de exercícios ginásticos, metabólicos e de levantamento de peso. Conforme previsto, após a sessão de exercícios de levantamento de peso houve uma diminuição da altura do salto (-7,35%), assim como durante a sessão de treino, indicando a fadiga decorrente do treinamento. Além disso, Wiewelhove et al. (2015) mostraram que exercícios mais intensos e com intervalos menores promovem maior redução na altura do SCM do que exercícios menos intensos e maior intervalo.

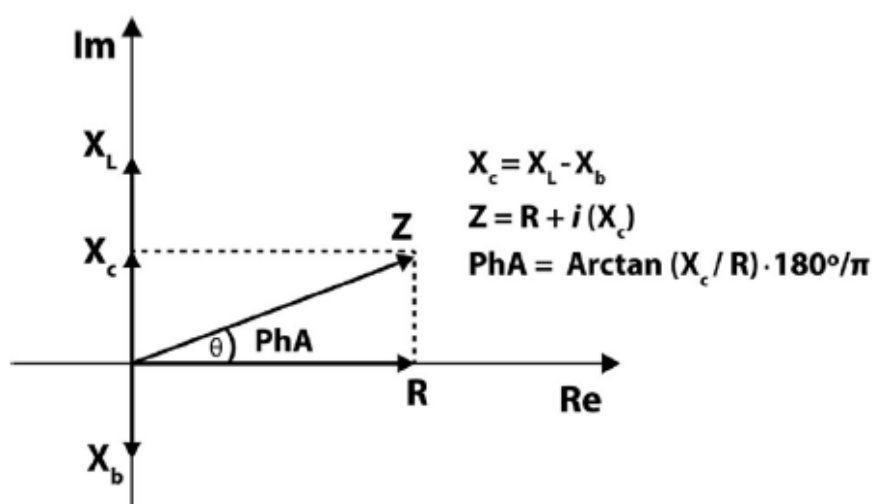
Visando verificar a supercompensação decorrente do treinamento físico, Tøien et al. (2018), submeteram 53 jovens saudáveis a três protocolos de treinamento, sendo eles treinamento de força (quatro séries de quatro repetições a 90-95% 1RM), treinamento excêntrico (quatro séries de quatro repetições a 90-95% 1RM na fase concêntrica e 150% na fase excêntrica) e grupo controle (sem treinamento). Com isto, foi verificado aumento na altura do salto com contra movimento dos indivíduos do grupo treinamento de força e excêntrico após oito semanas de treinamento.

### **3.3. Ângulo de fase como possível indicador de dano muscular**

#### **3.3.1. Princípios biofísicos do ângulo de fase**

O ângulo de fase é uma variável biofísica avaliada por meio da bioimpedância. Este equipamento é capaz de emitir uma corrente elétrica alternada e, mensurar as oposições dos tecidos à passagem da corrente (LUKASKI, 1990). Esta oposição é denominada de impedância (Z), sendo ela determinada pela associação entre a resistência e a reatância ( $X_c$ ) (Figura 7) (SARDINHA, 2018). Estes marcadores, variam de acordo as características de cada tecido corporal, podendo ser um tecido de boa condutibilidade, devido à presença de eletrólitos condutores e conteúdo hídrico (tecido magro), ou de baixa condutibilidade (tecido adiposo e ósseo) (LUKASKI, 1990). Segundo Geddes and Baker, 1967 o sangue e o fluido extracelular são bons condutores (120 ohm/cm e 200 ohm/cm, respectivamente), os tecidos magros e adiposo são condutores médios (400 ohm/cm e 900 ohm/cm) e a gordura, o tecido conectivo e ósseo são maus condutores (1500 ohm/cm, 2000 ohm/cm e 3500 ohm/cm) (Figura 8).

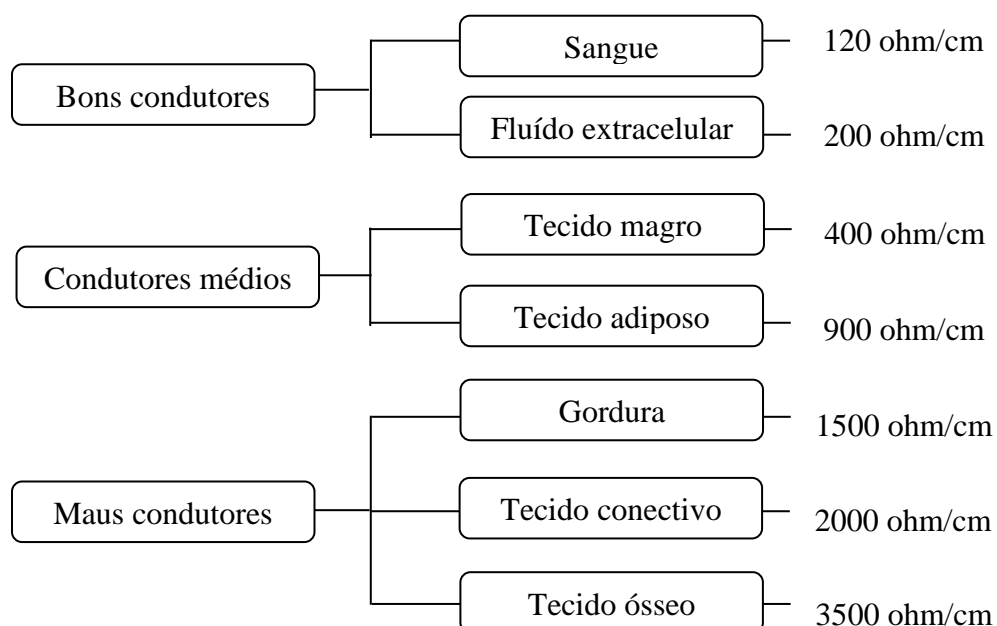
Já o ângulo de fase reflete a relação entre as oposições de um sistema (corpo) à passagem de um corrente elétrica, representado pelo ângulo formado entre a reta que, em um plano cartesiano, representa a resistência (R) e a que representa a impedância (Z) (Figura 7), sendo matematicamente representado pela seguinte fórmula ( $\text{AngF} = \text{Arc Tan} (X_c/R) \cdot 180/\pi$ ) (SARDINHA, 2018).



**Figura 7** – Representação trigonométrica das variáveis biofísicas mensuradas pela bioimpedância

**Legenda:** R = resistência;  $X_c$  = reatância; Z = Impedância; PhA = ângulo de fase;  $X_L$  = indutância  $X_b$  = capacitância

**Fonte:** Sardinha (2018).

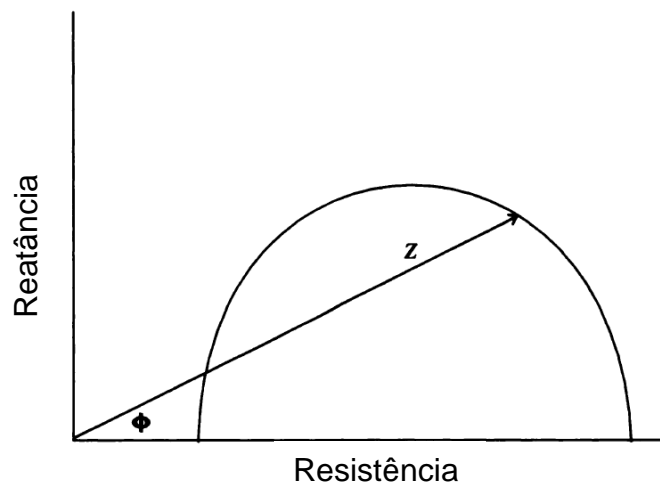


**Figura 8** – Resistividade dos componentes corporais  
**Fonte:** Traduzido e adaptado de Marini et al., 2021.

A partir da impedância, da resistência e da reatância, utilizando equações de predição, que levam em consideração, idade, sexo, estatura, e outras características dos sujeitos, a bioimpedância é capaz de estimar marcadores da composição corporal comumente utilizados, como por exemplo, massa gorda, massa livre de gordura (SARDINHA, 2018).

Para realizar uma análise por bioimpedância (BIA), é importante padronizar a frequência que será adotada para a avaliação, pois a reatância, a resistência e conseqüentemente, o ângulo de fase e a impedância variam de acordo com a frequência da corrente, figura 9. Isto ocorre pelo fato de que, em baixa frequência a corrente elétrica é conduzida apenas nos fluídos extracelulares, nos eletrólitos das células e órgãos. Quando a frequência é aumentada, a corrente elétrica é conduzida também pelas membranas celulares o que aumenta a reatância e reduz a resistência que, conseqüentemente, promove um aumento do ângulo de fase e modifica a impedância (LUKASKI, 1990). Porém, segundo os mesmos autores, quando a frequência é muito alta e excede a capacidade dos tecidos celulares de armazenar energia, a impedância é equivalente ao valor da resistência.

E por isso, para análise desses marcadores, deve ser utilizada a frequência crítica (frequência em que se encontra o valor máximo da reatância), sendo ela a 50Khz. Além disso, os valores de AngF também podem sofrer influência das características dos indivíduos, principalmente, sexo e idade, dessa forma, os resultados devem ser comparados ou aos dados prévios do próprio indivíduo, ou com os valores de referência ou padronizado para a população (BARBOSA-SILVA et al., 2005).



**Figura 9** – Relação entre a frequência da onda e a reatância

**Legenda:** Impedância = Z, ângulo de fase  $\phi$ ,

**Fonte:** Traduzido de Lukaski (1990).

O AngF vem sendo utilizado como um marcador de integridade da membrana celular. A membrana celular tem a capacidade de armazenar energia o que eleva a reatância do sistema e conseqüentemente pode aumentar o ângulo de fase. Com isso, quando a membrana celular se encontra com a integridade prejudicada, esta capacidade é reduzida, acarretando na redução do ângulo de fase (SELBERG e SELBERG 2002).

Diversos estudos mostraram a aplicação clínica do AngF para avaliar o estado da membrana celular de pacientes em tratamento radioterápico e hemodiálise, além de pacientes acometidos por diversas patologias, como por exemplo, cirrose hepática, câncer de colorretal, câncer de pulmão, câncer terminal, doença pulmonar obstrutiva crônica e imunodeficiência humana (ARAB et al., 2021; GARLINI et al., 2018).

### 3.4. Aplicação do ângulo de fase no contexto esportivo

Embora com dados ainda incipientes, o ângulo de fase já vem sendo aplicado no contexto esportivo em diversos aspectos, como por exemplo, nas adaptações positivas decorrentes do treinamento físico, desempenho físico de atletas e avaliação da gravidade de lesão muscular decorrente de atividades esportivas (VINCENZO et al., 2019).

As primeiras constatações sobre a relação entre o ângulo de fase e o esporte foram às diferenças notadas entre praticantes de atividade física e não praticantes. Em uma revisão sistemática com meta-análise, Custódio Martins et al. (2021) verificaram que o ângulo de fase está diretamente associado à força muscular e aptidão aeróbia em diferentes faixas etárias (crianças, adolescentes, adultos e idosos). Piccoli et al. (2007) mostrou que atletas de *bodybuilding* apresentam valores médios de ângulo de fase maior que indivíduos não atletas. O mesmo ocorre quando comparados os valores médios do AngF de dançarinas de ballet com o de mulheres com peso normal e anoréxicas, onde as dançarinas apresentam maior média em todas as regiões corporais (MARRA et al., 2009).

Além disso, estudos mostram que o desempenho atlético também está relacionado ao ângulo de fase. Martins; Moraes e Silva (2020) mostraram, em uma meta-análise que o AngF está associado com a modalidade, a posição de jogo e com o nível e desempenho esportivo. Micheli et al. (2014) avaliou 893 atletas de futebol de nível baixo à atletas de elite (baixo, médio baixo, médio, alto e elite) e constatou que os atletas de elite apresentam valores médios de AngF maior que os dos demais níveis. Nabuco et al. (2019) mostrou que há relação entre o AngF e a potência máxima média de membros inferiores de 99 atletas de futebol. O mesmo aconteceu quando foram avaliados 8 ciclistas de elite (POLLASTRI et al., 2014).

Apesar dos dados indicarem que a prática esportiva pode resultar em modificação nos valores do ângulo de fase de atletas, outros estudos vêm mostrando a responsividade do ângulo de fase ao treinamento físico. Um indicador disto é o estudo de Tomeleri et al. (2017), onde idosos com maiores valores de ângulo de fase apresentaram maior capacidade funcional e qualidade muscular. Embora este estudo apresente as limitações de um corte transversal. Nunes et al. (2018) observou uma dose resposta a um protocolo de treinamento resistido sob o ângulo de fase de idosas, onde as idosas que apresentaram aumento do ângulo de fase após o protocolo de treinamento também apresentaram melhora da massa muscular, força e qualidade muscular.

No contexto esportivo, Marra et al. (2014) mostraram que atletas de ciclismo avaliados no início, no meio e ao final de uma temporada de treinamento, apresentam aumento significativo no AngF no decorrer da temporada. Em outro estudo realizado por Marra et al. (2016), também com ciclistas, os atletas apresentaram redução do ângulo de fase dos membros inferiores, no final de uma temporada. Esta redução pode ser explicada pelo desgaste físico decorrente de uma temporada, onde os atletas se esforçam ao máximo para obter o melhor desempenho o que resulta desgaste físico demasiado. O mesmo aconteceu em atletas de nado sincronizado, onde também foi verificada redução do AngF após uma sessão de treino, durante um período pré-competitivo, com duração média de 167 minutos e percepção de esforço de 6,6 na escala CR-10 (CARRASCO-MARGINET et al. 2017). Estes estudos reforçam a nossa hipótese de que o desgaste muscular provocado pelo treinamento físico promove redução no ângulo de fase, pois constataram que após uma competição (MARRA et al. 2016) e uma sessão de treino (CARRASCO-MARGINET et al. 2017) há redução no ângulo de fase, períodos estes em que ocorre desgaste muscular demasiado. Porém, nosso estudo irá avaliar estas respostas sobre uma intervenção e com procedimento controle, garantindo um melhor controle das variáveis intervenientes, e verificar a associação com indicadores de danos musculares comumente utilizados.

Ao avaliar uma temporada de treinamento Mascherini et al. (2015) mostrou que 25 atletas de futebol profissional apresentaram aumento no AngF na terceira e nona semana de treinamento. Também com atletas de futebol profissional, dessa vez com atletas do sexo feminino, foi verificado aumento do AngF no meio de uma temporada de treinamento quando comparado com os valores pré-temporada (MASCHERINI et al., 2015).

No âmbito das lesões, Nescolarde et al. (2013, 2014, 2017, 2020) investigou sobre a utilização do ângulo de fase para auxiliar as avaliações de imagem (ressonância magnética e ultrassom) no diagnóstico de lesões musculares decorrentes da prática esportiva. Ao avaliar três atletas de futebol antes, após e durante a fase de recuperação de uma lesão muscular, foi verificado que o AngF reduziu com o aumento da gravidade da lesão (NESCOLARDE et al. 2013). Além disso, Nescolarde et al. (2013) mostrou que redução na R reflete o acúmulo de líquidos e que em Xc e AngF reflete rompimento da membrana celular. Assim como Nescolarde et al. (2013), Francavilla et al., (2015) mostrou, em um estudo de caso, que após uma lesão muscular os valores de R, Xc e AngF reduziram no dia posterior

e três dias após uma lesão na posterior da coxa de um atleta de futebol, retornando aos valores basais após a fisioterapia e o processo de reabilitação. Posteriormente, agora com 25 jogadores de futebol, Nescolarde et al. (2014) constatou que a diferença percentual de Xc entre o músculo do membro lesionado e o contralateral (não lesionado), 24h após a lesão, apresentou relação negativa com o grau da lesão muscular. Também com atletas de futebol, Nescolarde et al. (2017) verificou que o grupo de menor grau de lesão apresentou menor redução em Xc e AngF. Além disso, R, Xc e AngF apresentou alterações em atletas de futebol que sofreram lesões miofasciais e em atletas que sofreram lesões miotendíneas (NESCOLARDE et al., 2020).

## **4. MÉTODOS**

### **4.1. Caracterização da pesquisa**

Ensaio clínico, intervencional e não controlado

### **4.2. População e amostra**

O estudo foi realizado, inicialmente, com 11 atletas de futebol da categoria sub 20.

Como critério de inclusão os atletas deviam ter tempo de prática, na modalidade, de pelo menos um ano, sendo praticada de forma ininterrupta, há pelo menos três meses; não estar praticando musculação com métodos até a falha concêntrica com ênfase na fase excêntrica, nos últimos três meses; estar em condições osteomioarticulares saudáveis para a prática de exercícios físicos; não ter apresentado lesões nos últimos três meses e não fazer uso de esteroides anabolizantes nem de suplementos alimentares e medicamentos que possam interferir nas variáveis analisadas.

Foram excluídos do estudo os atletas que sofreram lesões nos treinamentos, nas competições que participarem ou durante a pesquisa; não seguiram as recomendações necessárias para a realização dos procedimentos experimentais; não realizaram todos os procedimentos experimentais.

Durante a pesquisa, um dos atletas relatou a presença de dor na região lombar e o outro apresentou dor no joelho ao realizar o agachamento e a flexora,

respectivamente, e por isso foram excluídos da pesquisa, resultando em um total de 9 atletas.

Posteriormente, foi realizado o cálculo amostral levando em consideração os dados do SCM pré e 24 horas após a sessão de treino resultando em uma amostra mínima de 27 atletas.

### **4.3. Aspectos éticos**

Este estudo foi submetido e aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa com Humanos do Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, Brasil, sob o parecer de número: 4.676.324 (Anexo 1).

Todos os voluntários foram esclarecidos quanto aos objetivos, riscos, benefícios e procedimentos da pesquisa, sendo garantido aos mesmos o sigilo e confidencialidade das informações individuais, conforme as normas para a realização de Pesquisas com Seres Humanos e atendendo aos critérios de Bioética do Conselho Nacional de Saúde na sua Resolução 466/12. Posteriormente, todos os voluntários receberam, leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

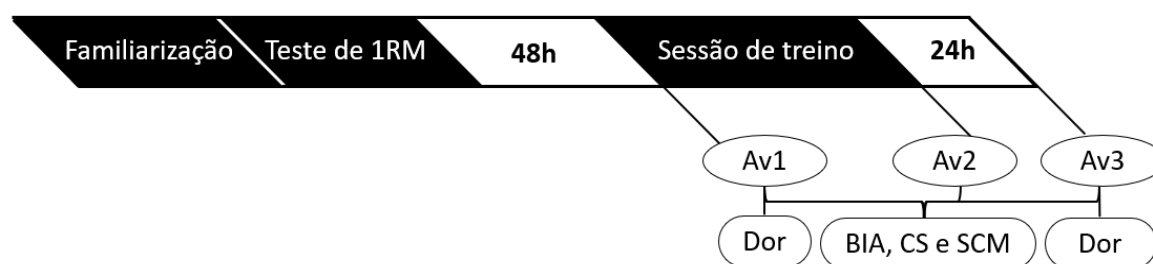
Quanto aos riscos que foram informados aos atletas, inclui o fato de que todo atleta está sempre exposto a lesões provocadas por diversos fatores incluindo elevadas cargas de treinamento. Neste estudo, eles realizaram uma sessão de exercício com estas características, sem contar outras sessões que fogem do protocolo deste estudo. Além disso, os atletas foram informados do risco de intercorrências decorrentes da pulsão venosa. Posteriormente, receberam, leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Os dois atletas que foram excluídos da pesquisa tiveram o direito de realizar todos os procedimentos subsequentes, porém os dados não foram considerados durante as análises estatísticas.

### **4.4. Desenho do estudo**

No primeiro dia os atletas responderam ao questionário sociodemográfico, realizaram o teste de repetições máximas (1RMs) e a familiarização com o teste de salto vertical com contramovimento. Quarenta e oito horas após, os atletas foram submetidos ao protocolo de indução do dano muscular. Antes, imediatamente e 24h

após o protocolo de indução do dano muscular, os atletas foram submetidos à análise por bioimpedância (BIA) (para avaliação da composição corporal e dos marcadores biofísicos), coleta sanguínea (para dosagem de creatina quinase) e teste de salto com contramovimento (para verificar a altura do salto). Além disso, foi realizado a aplicação do questionário de avaliação da dor muscular, antes e 24h após a sessão de treino, conforme demonstrado na figura 10.



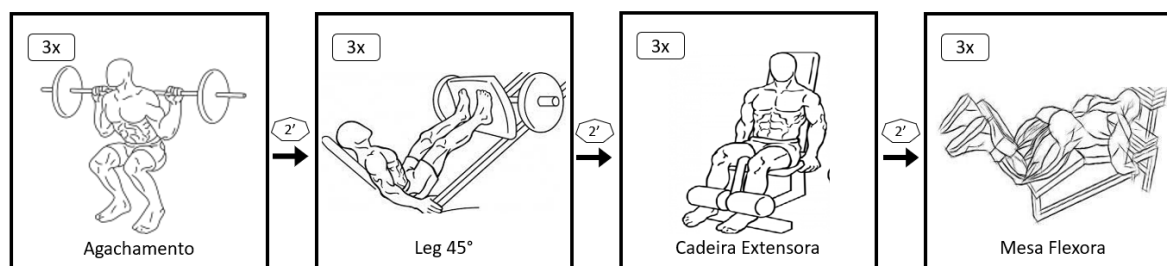
**Figura 10** – Desenho do estudo

**Legenda:** h = hora, 1RM = teste de uma repetição máxima e Av = avaliação, BIA = análise por bioimpedância, CS = coleta sanguínea, SCM = teste de salto com contramovimento.

**Fonte:** Autor

Com os dados do teste de 1RM, foi calculado a carga utilizada na sessão de treino de musculação (80% de 1RM), sendo ela, composta por três séries até a falha concêntrica em agachamento, leg 45°, cadeira extensora e mesa flexora (Figura 11), com dois minutos de descanso entre cada série e exercício. A sessão de treino foi realizada com ênfase na fase excêntrica, (cadência de três segundos excêntrica e um segundo concêntrica), controlada pelos avaliadores.

Quando os atletas estavam com dificuldades de realizar a fase concêntrica em um segundo eles foram estimulados a realizar o mais rápido possível, mantendo a fase excêntrica nos três segundos até que não fosse mais possível, de sozinho, realizar a fase concêntrica por completo. Sendo assim, decretada a falha concêntrica.



**Figura 11** – Sessão de treino

**Fonte:** Autor

## **4.5. Instrumentos e procedimentos para coleta de dados**

### **4.5.1. Procedimentos pré - experimentais**

As orientações foram passadas aos voluntários dois dias antes da avaliação, as quais incluíram: comparecer com 10 minutos de antecedência, uma hora após a última refeição, não fazer uso de suplemento alimentar, medicamentos anti-inflamatórios e bebidas alcoólicas nas 48h antes, não consumir diurético ou cafeína 24 horas antes, não ingerir líquidos 30 minutos antes, e ter dormido de seis a oito horas na noite anterior da avaliação.

### **4.5.2. Questionário sociodemográfico**

O questionário sociodemográfico conteve questões sobre a profissão, o histórico de lesões musculares, modalidades esportivas, nível de treinamento e tempo de prática em cada uma delas, conforme apresentado no anexo 2. Todos os atletas foram informados sobre o objetivo do questionário e o responderam na presença do pesquisador responsável para caso surgisse alguma dúvida sobre alguma das questões.

### **4.5.3. Teste de força dinâmica máxima (RMs)**

Para avaliar a força dinâmica máxima dos membros inferiores e determinar a carga utilizada no procedimento experimental, os atletas realizaram o teste de repetições máximas (RMs). Antes de iniciar o teste os atletas foram submetidos a um aquecimento habitual realizado pelo preparador físico da equipe conforme o realizado comumente durante os treinamentos. Após o aquecimento, os atletas iniciaram o teste com a carga mais alta que eles já utilizaram, caso necessário, foi sendo acrescentada ou removida a carga até que o atleta conseguisse realizar no máximo 15 repetições, entre cada tentativa os atletas descansaram por 5 minutos. Quando realizadas 5 tentativas e não tenha sido possível determinar a carga máxima do atleta, o teste seria interrompido e o atleta retornaria ao laboratório no mínimo 48h após para a realização de um novo teste. O protocolo de teste foi

baseado nas recomendações de O'connor; Simmons; O'shea, (1989) utilizando a equação indicada por ele.

#### **4.5.4. Composição corporal e Ângulo de Fase**

A bioimpedância foi utilizada para análise da massa corporal (MC), massa gorda (MG), massa muscular esquelética (MM), reatância ( $X_c$ ) e impedância ( $Z$ ) utilizando a Bioimpedância Octopolar *In Body 720* Biospace® (San Francisco, CA, EUA), seguindo os procedimentos referidos no manual, e as normas de preparação conforme o parágrafo a seguir.

Os dados da reatância ( $X_c$ ), impedância ( $Z$ ), resistência ( $R$ ) e ângulo de fase ( $AngF$ ), apresentados neste estudo, são a média dos membros inferiores na frequência de 50kHz. Para calcular a resistência ( $R$ ) e o ângulo de fase ( $AngF$ ) foram utilizadas fórmulas matemáticas, sendo elas,  $R = \sqrt{Z^2 - X_c^2}$  e  $AngF = \arctangente(X_c/R) * 180/\pi$ , respectivamente, o valor de  $\pi$  adotado foi 3,141592654

#### **4.5.5. Avaliação dos indicadores de dano muscular**

##### **4.5.5.1. Questionário de dor**

Para o preenchimento do questionário os voluntários foram informados sobre o objetivo do instrumento e como deveria ser realizado o procedimento. Os atletas responderam a escala de dor antes e 24h após a sessão de treino. A escala utilizada foi a visual análoga (VAS), sendo ela composta por uma linha horizontal medindo 10 centímetros conforme o anexo 3, onde os atletas assinalaram uma linha vertical sobre a linha horizontal no local que representasse a intensidade da dor muscular percebida por eles naquele momento. Posteriormente, a distância entre o ponto inicial da linha horizontal e a linha vertical desenhada pelo atleta foi medida em milímetros. Esta medida foi adotada como referente à intensidade da dor.

##### **4.5.5.2. Creatina quinase (CK)**

Foram coletados e armazenado em tubos, 3 ml de sangue venoso, por uma enfermeira experiente. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm durante 15 min e o soro foi retirado e armazenado em micro tubos acondicionados à -20°C até a realização das análises. A concentração plasmática de Creatina Quinase (CK) foi quantificada pelo método UV-IFCC por meio do kit comercial CK NAC Liquiform (Labtest, Minas Gerais, Brasil) seguindo as instruções do fabricante. A absorbância foi verificada no analisador automático Labmax 240 *Premium*® no comprimento de onda 340nm (Fabricado por: Hirose Electronic Sistem Co., Ltd, Tochigi, Japan).

#### **4.5.5.3. Teste de salto com contramovimento**

Para avaliar a força explosiva de membros inferiores foi realizado o teste de salto vertical com contramovimento. Sobre o tapete de contato, em posição ereta e com as mãos no quadril, os atletas realizaram um contramovimento (flexão de joelho a 90°) seguido de extensão e mantiveram as pernas estendidas durante o salto; o retorno ao solo foi realizado com os pés simultâneos além de permanecer com os tornozelos em dorsiflexão, conforme o protocolo descrito por Bosco (1994). Foram realizados três saltos com intervalos de 30 segundos entre eles e adotado a média entre os saltos, para isso, foi utilizado o tapete de contato (44 x 44 cm), Hidrofit, Software Multisprint Full, Belo Horizonte, Brasil.

Para realizar a familiarização com o teste de salto vertical com contramovimento, os atletas realizaram cinco saltos verticais com contramovimento, seguindo o protocolo descrito por (BOSCO, 1994). O protocolo foi demonstrado pelo pesquisador responsável, além de explicado verbalmente a todos os atletas. Durante o processo de familiarização, quando necessário, o pesquisador responsável fez correções na execução do movimento dos voluntários.

#### **4.6. Análise estatística**

Foi realizado o teste de Shapiro Wilk e Levene para testar a normalidade e homogeneidade, respectivamente. Para os dados que apresentaram distribuição normal, foi realizado o teste t para amostras dependentes, a ANOVA para medidas

repetidas e correlação de Pearson. Já os dados que não atenderam aos pressupostos de normalidade foram testados com os correspondentes não paramétricos, Kruskal-wallis e correlação de Spearman. Em todas as análises foi adotado grau de significância de  $p < 0,05$ . Todos testes foram realizados no Software SPSS Statistics (v. 24, IBM SPSS, Chicago, IL). Para classificar a magnitude da correlação foi considerado:  $< 0,3$  desprezível;  $> 0,3$  a  $0,5$  fraca;  $> 0,5$  a  $0,7$  moderada;  $> 0,7$  a  $0,9$  forte;  $> 0,9$  muito forte;  $1,0$  perfeita (MUKAKA, 2012). Além disso, foi analisado o effect size por meio do “d” de Cohen no Software GPower 3.1.9.4, adotando como classificação:  $< 0,19$  insignificante,  $0,20 - 0,49$  pequeno,  $0,50 - 0,79$  médio,  $0,80 - 1,29$  grande e  $> 1,30$  muito grande (ROSENTHAL, 1996).

## 5. RESULTADOS

Os voluntários da pesquisa eram atletas da equipe sub 20 de um time de futebol profissional da 1ª divisão regional e 3ª divisão nacional. Tinham idade entre 18 e 19 anos, percentual de gordura abaixo dos valores de referência de atletas de mesma modalidade e faixa etária (Bernal-Orozco et al., 2020), e percentual de massa magra acima destes mesmos valores de referência (Tabela 1).

Eles praticavam o futebol, em média, há  $10,33 \pm 2,83$  anos e treinavam no campo oito vezes por semana, sendo dois dias com duas sessões de treino, quatro dias com apenas uma sessão e um dia de descanso, com tempo de duração de duas horas cada uma delas. Já na musculação, eles relataram ter prática na modalidade há, em média,  $3,06 \pm 1,74$  anos e, frequência de treino de uma a duas vezes por semana, dependendo do atleta (dois atletas treinavam uma vez por semana e os demais treinavam duas vezes por semana). Os atletas estavam em fase de treinamento, finalizando a pré-temporada, já na fase específica do treinamento seguindo um regime de concentração morando no centro de treinamento. Sendo assim, todos apresentavam uma rotina padrão de alimentação, treino e descanso.

No momento experimental, eles reportaram ausência de dor muscular ( $3,79 \pm 2,81$  cm), que foi acompanhada por níveis de creatina quinase de  $349,67 \pm 162,91$  U/L, ângulo de fase de  $7,18 \pm 0,31^\circ$  e desempenho no teste de SCM  $37,64 \pm 4,18$  cm, conforme descrito na tabela 1.

**Tabela 1** – Caracterização dos atletas

	Média ± DP	Referência
Estatura (cm)	179,17±7,37	
Idade (anos)	18,72±0,39	
Massa Corporal Total (kg)	75,02±9,13	
Índice de massa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	23,32±1,62	
Massa Muscular Esquelética (kg)	38,86±4,72	
Percentual de massa magra (%)	51,88±3,00	49,3 – 50,1
Massa Gorda (kg)	7,46±4,02	
Percentual de gordura (%)	9,81±5,02	21,3 – 22,2
Tempo de prática do futebol (anos)	10,33±2,83	
Tempo de prática de musculação (anos)	3,06±1,74	
Frequência de treino do futebol (treino/semana)	8,00±0,00	
Frequência de treino de musculação (treino/semana)	1,78±0,44	
Duração das sessões de treino de futebol (h/sessão)	2,00±0,00	
Duração das sessões de treino de musculação (h/sessão)	1,00±0,00	

Legenda: kg = quilograma, % = porcentagem, kg/m<sup>2</sup> = quilograma por metro quadrado, cm = centímetro, DP = desvio padrão U/l = unidade por litro, cm = centímetro, L = litros, Khz = quilohertz, DP = desvio padrão, h = horas, Ω = ohms, ° = graus, valores de referência (BERNAL-OROZCO et al., 2020).

Seguindo o protocolo previsto, todos os atletas realizaram as três séries até a falha em todos os quatro exercícios que constituíram a sessão de treino. Eles realizaram no mínimo quatro e no máximo 16 repetições a cada série nos exercícios propostos, sendo em média,  $12 \pm 2$  no Leg 45°,  $9 \pm 2$  no agachamento,  $10 \pm 2$  na extensora e  $8 \pm 3$  na flexora. Quanto a carga utilizada a média encontrada para o Leg 45° foi de  $285 \pm 28$ kg, no agachamento  $77 \pm 31$ kg, na extensora  $68 \pm 10$ kg e na flexora  $31 \pm 9$ kg. Este protocolo foi capaz de gerar dano muscular, a julgar pelo aumento significativo na CK de  $141,77\% \pm 75,13$  ( $p=0,011$ ) com tamanho do efeito grande e na DMIT de  $184,98\% \pm 352,43$  ( $p=0,040$ ) com tamanho do efeito médio, sendo estas alterações encontradas 24h após a sessão de treino. Além disso também houve uma redução significativa na altura do SCM imediatamente ( $-9,98 \pm 4,71\%$ ,  $p=0,001$ ) e 24h após a sessão de treino ( $-7,05 \pm 3,17\%$ ,  $p=0,000$ ), sendo elas com effect size médio. A medida de tendência central e de dispersão destas variáveis estão apresentados na tabela 2.

Em relação às alterações do conteúdo hídrico, não houve alteração 24 horas após a sessão de treino em relação ao momento basal, momento esse em que foi

constatado o pico do dano muscular. Além disso, em relação ao momento pré-exercício, apenas a água extracelular apresentou uma redução de  $-1,38 \pm 1,38$  no momento pós-exercício ( $p=0,038$ ) com um effect size considerado insignificante, porém, este valor retornou aos valores basais 24h após a sessão de treino, mostrando assim que as alterações no conteúdo hídrico não estavam associadas ao dano muscular (tabela 2).

O AngF apresentou alteração significativa 24h após a sessão de treino em relação a medida pós exercício, com um tamanho de efeito considerado médio. As demais variáveis biofísicas (impedância, reatância e resistência) não apresentaram diferenças significativas, apesar de a reatância ter apresentado um tamanho de efeito considerado grande e a impedância e a resistência terem apresentado tamanho de efeito médio (tabela 2).

**Tabela 2** – Indicadores de dano muscular, variáveis biofísicas e de conteúdo hídrico de atletas de futebol sub 20 submetidos a um protocolo de indução de dano muscular

	Pré	Pós	24h	d
	Média $\pm$ DP	Média $\pm$ DP	Média $\pm$ DP	
Creatina quinase (U/l)	349,67 $\pm$ 162,91	493,11 $\pm$ 195,07	841,67 $\pm$ 481,81**	1,16
Dor	3,79 $\pm$ 2,81	–	5,32 $\pm$ 2,78*	0,55
Altura do salto (cm)	37,64 $\pm$ 4,18	33,84 $\pm$ 3,74***	34,98 $\pm$ 3,93**	0,65
Água corporal total (L)	49,43 $\pm$ 6,02	48,97 $\pm$ 6,20	49,84 $\pm$ 5,73#	0,07
Água intracelular (L)	31,32 $\pm$ 3,61	31,10 $\pm$ 3,74	31,53 $\pm$ 3,51#	0,07
Água extracelular (L)	18,11 $\pm$ 2,42	17,87 $\pm$ 2,46*	18,31 $\pm$ 2,23	0,09
Ângulo de fase 50Khz (°)	7,18 $\pm$ 0,13	7,31 $\pm$ 0,12	7,02 $\pm$ 0,11#	0,54
Impedância 50Khz ( $\Omega$ )	221,95 $\pm$ 6,51	212,32 $\pm$ 3,77	212,11 $\pm$ 3,77	0,75
Reatância 50Khz ( $\Omega$ )	27,74 $\pm$ 0,98	27,00 $\pm$ 0,72	25,91 $\pm$ 0,51	0,88
Resistência 50Khz ( $\Omega$ )	220,22 $\pm$ 6,46	210,59 $\pm$ 3,72	210,52 $\pm$ 3,76	0,75

Legenda: \* =  $p < 0,050$  em relação ao pré, \*\* =  $p < 0,010$  em relação ao pré, \*\*\* =  $p < 0,001$ , # =  $p < 0,050$  em relação ao pós, U/l = unidade por litro, cm = centímetro, L = litros, Khz = quilohertz, DP = desvio padrão, h = horas,  $\Omega$  = ohms, ° = graus, d = d de Coehn. Anova para medidas repetidas em todas as variáveis com exceção da dor, onde foi realizado um teste t para amostras dependentes adotando como grau de significância  $p < 0,05$  em todas as análises.

A variação percentual do AngF 24 horas após a sessão de treino apresentou associação positiva forte com a redução percentual do desempenho no teste de SCM, também 24 horas após a sessão de treino. Da mesma forma, a variação da Xc também apresentou associação positiva forte com a redução do desempenho no teste de SCM 24 horas após a sessão de treino em relação à medida pré-exercício. Além disso, a variação da Xc 24 horas após a sessão de treino também apresentou associação, desta vez negativa, com a variação da CK pós treino. Também foi encontrada uma associação positiva forte entre a variação da Xc e a variação do desempenho no teste de SCM pós exercício em relação a medida pré exercício (tabela 3). A variação da Z e da R também apresentaram associações com a variação dos marcadores de dano muscular conforme demonstrado na tabela 3.

**Tabela 3** – Correlação entre os parâmetros biofísicos e os marcadores de dano muscular de atletas de futebol sub 20 submetidos a um protocolo de indução de dano muscular

	Delta AngF Pós/Pré		Delta AngF 24h/Pré		Delta Z Pós/Pré		Delta Z 24h/Pré		Delta Xc Pós/Pré		Delta Xc 24h/Pré		Delta R Pós/Pré		Delta R 24h/Pré	
	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r
Delta SCM 24h/Pré	0,248	0,430	<b>0,006</b>	<b>0,827</b>	0,323	0,373	0,112	0,567	0,112	0,567	<b>0,022</b>	<b>0,743</b>	0,224	0,450	0,187	0,483
Delta SCM Pós/Pré	0,774	0,112	0,195	0,476	0,288	0,398	<b>0,005</b>	<b>0,833</b>	<b>0,016</b>	<b>0,767</b>	0,058	0,650	0,099	0,583	<b>0,013</b>	<b>0,783</b>
Delta DMIT 24h/Pré	0,732	-0,133	0,932	0,033	0,898	-0,050	0,576	0,217	0,831	-0,083	0,700	0,150	0,898	-0,050	0,406	0,317
Delta CK 24h/Pós	0,322	-0,374	0,887	0,056	<b>0,024</b>	<b>0,736</b>	<b>0,030</b>	<b>-0,717</b>	0,077	-0,617	0,127	0,548	0,265	-0,417	<b>0,042</b>	<b>-0,683</b>
Delta CK Pós/Pré	0,674	0,164	0,847	0,075	<b>0,000</b>	<b>-0,953</b>	0,576	0,217	0,576	0,217	<b>0,035</b>	<b>-0,703</b>	0,154	0,517	<b>0,488</b>	<b>0,267</b>

Legenda: Z = Impedância, Xc = Reatância, R = Resistência, AngF = Ângulo de Fase, h = horas, SCM = salto com contramovimento, DMIT = dor muscular de início tardio, CK = creatina quinase, 24h/Pré = variação percentual entre a medida 24 horas e a medida pré-exercício, 24h/Pós = variação percentual entre a medida 24h e a medida pós-exercício. Correlação de Pearson para delta AngF 24h/Pré, delta AngF 24h/Pós, delta Z 24h/Pós, delta Xc 24h/Pré, delta R 24h/Pós, delta SCM 24h/Pré, delta SCM Pós/Pré, delta CK 24h/Pós e delta CK Pós/Pré, correlação de Spearman para delta Z 24h/Pré, delta Xc 24h/Pós, delta R 24h/Pré e Delta DMIT 24h/Pré, adotando como grau de significância  $p < 0,05$ .

## 6. DISCUSSÃO

A sessão de treino adotada neste estudo foi capaz de promover alterações significativas em todos os marcadores de DMIE avaliados (aumento na sensação de dor e na CK e redução na altura do SCM). Como consequência deste DMIE houve uma redução do AngF 24 horas após a sessão de treino, além disso, foi encontrada uma associação positiva forte entre a variação do AngF e a perda de desempenho no teste de SCM, assim como, entre a variação da Xc e a variação do desempenho no teste de SCM.

Existe uma plausível relação entre o AngF e a integridade da membrana muscular, conforme os achados do estudo de Nescolarde et al. (2013) onde mostraram que dentre os parâmetros biofísicos o AngF e a Xc refletem o estado da membrana celular. Porém, até o momento, os estudos prévios que avaliaram o AngF no contexto esportivo verificaram associação com a potência máxima de membros inferiores (NABUCO et al., 2019) e com o grau de lesão muscular (NESCOLARDE et al., 2013, 2014, 2017, 2020). Por outro lado, assim como no presente estudo, Moya-Amaya et al. (2021) publicaram recentemente dados apontando para uma outra perspectiva da utilização do AngF, que é a possibilidade deste marcador ser um indicador do DMIE.

Os achados do nosso estudo corroboram com a hipótese do mesmo, pois o AngF apresentou redução 24h pós treino e associação com um marcador de dano muscular já utilizado na literatura, o desempenho no teste de salto com contramovimento. Por outro lado, as variáveis que compõem o AngF (reatância, resistência e impedância) não sofreram alterações significativas, porém apresentaram um d de Coehn maior do que o do AngF.

Assim como em nosso estudo, Moya-Amaya et al. (2021) promoveram DMIE, porém utilizando uma partida de futebol, reconhecida pela capacidade de promover DMIE (SILVA; RUMPF; FAROOQ, 2017). Eles confirmaram o DMIE pelo aumento da CK e LDH 36h após a partida. Em nosso estudo, preferimos usar exercício de musculação, com uma sessão a que os atletas não estavam acostumados (controle da fase excêntrica) para maior garantia de DMIE (ERNANDEZ et al., 2016). Apesar de metodologia diferentes em ambos os estudos, o DMIE foi percebido pela

alteração nos parâmetros de controle (CK no caso de Moya-Amaya et al. (2021) e desempenho no teste de SCM no nosso caso), sendo estas alterações associadas as alterações no AngF.

Moya-Amaya et al. (2021) encontraram associação entre o AngF e a CK, mas não testaram com o SCM, que também tem sido considerado um indicador válido para avaliar o DMIE (CLAUDINO et al. 2017). Uma explicação para os dados divergentes na associação do AngF com a CK foi que Moya-Amaya et al. (2021) dosaram CK 36h após a partida, enquanto nós fizemos somente nas 24h pós exercício, momento este em que a CK ainda não atingiu o seu pico máximo que ocorre entre 48h e 96h após a sessão de treino (CLARKSON; NOSAKA; BRAUN, 1991).

O SCM é capaz de verificar o DMIE medindo uma variável mais diretamente envolvida nas implicações do DMIE no desempenho esportivo. Por isto, este teste tem recebido particular aceitação na prática e na pesquisa com treinamento esportivo. Segundo a meta-análise realizada por Claudino et al. (2017) a altura do SCM é uma medida válida e confiável para controlar as cargas de treinamento. Além disso, o SCM é a terceira avaliação mais realizadas para monitorar as cargas de treino de atletas de futebol, precedida apenas pela função muscular de membros inferiores e sprints em linha reta (SILVA; RUMPF; FAROOQ, 2017).

Os dados do presente estudo, indicam necessidade de um tamanho amostral maior. Dentre os marcadores do DMIE, a dor apresentou o menor effect size ( $d = 0,55$ ) indicando a necessidade de um tamanho amostral de 38 atletas, a CK apresentou o maior effect size ( $d = 1,16$ ), indicando a necessidade de um tamanho amostral de 10 atletas e o teste de SCM apresentou effect size ( $d = 0,65$ ), indicando a necessidade de 27 atletas. Além disso, apesar do equipamento utilizado ser um dos mais sofisticados (octapolar de múltipla frequência), ao realizar a análise segmentar, há um erro de medida maior do que se tivesse sido utilizado um equipamento localizado, devido a extrapolação dos valores da parte inferior do tronco para os membros inferiores e da parte superior do tronco para os membros superiores (MARINI et al., 2021).

Sendo assim, sugerimos para estudos futuros a utilização de um tamanho amostral maior e a utilização de um equipamento de BIA localizada. Além disso, seria interessante o acompanhamento destes parâmetros por um período de tempo que envolva o pico de CK, da sensação de dor e do desempenho no teste de SCM, até a restauração dos níveis basais. Além disso, sugerimos a realização de estudos com delineamento crônico, acompanhando os atletas durante uma temporada inteira para verificar se o AngF está associado com as alterações nestes parâmetros do DMIE ao longo da temporada. Dados deste tipo de estudo poderão prestar informações relevantes sobre a sensibilidade do AngF para detectar as flutuações nas cargas de treino.

Os dados deste estudo têm implicações práticas diretas no contexto do treinamento desportivo. A julgar pela associação do AngF com o desempenho no teste de SCM, podemos sugerir a adoção deste teste na rotina dos atletas. Um ponto favorável para esta implantação é a praticidade do teste, que leva poucos minutos, além da vantagem de os dados da bioimpedância servirem também para os aspectos nutricionais, por causa da composição corporal. Por outro lado, deve-se tomar em conta que a associação no presente estudo foi feita com o segundo mais sofisticado modelo de bioimpedância da marca comercial adotada, o que tem alto custo financeiro. Portanto, além de confirmar os dados deste estudo com tamanhos amostrais maiores e outras modalidades, é necessário atuar para minimizar os custos da adoção desta variável.

## **7. CONCLUSÃO**

A julgar pela redução do ângulo de fase 24h após a sessão de treino e a associação do AngF com o desempenho no teste de SCM, podemos concluir que o ângulo de fase é capaz de detectar o dano muscular induzido pelo exercício físico em atletas de futebol.

## 8. REFERÊNCIAS

ARAB, A. et al. Is phase angle a valuable prognostic tool in cancer patients' survival? A systematic review and meta-analysis of available literature. **Clinical Nutrition**, v. 40, n. 5, p. 3182–3190, 2021.

BANISTER, E. W. "Modeling Elite Athletic Performance," in Physiological Testing of the High-Performance Athlete. **Physiological Testing of Elite Athletes**, p. 1991, 1991.

BARBOSA-SILVA, M. C. G. et al. Bioelectrical impedance analysis: Population reference values for phase angle by age and sex. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 82, n. 1, p. 49–52, 2005.

BARLAS, P. et al. Managing delayed-onset muscle soreness: Lack of effect of selected oral systemic analgesics. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 81, n. 7, p. 966–972, 2000.

BERNAL-OROZCO, M. F. et al. Anthropometric and Body Composition Profile of Young Professional Soccer Players. **Journal of strength and conditioning research**, v. 34, n. 7, p. 1911–1923, 2020.

BOSCO, C. **La valoración de la fuerza con el test de Bosco**. Barcelona: **Paidotribo**. [s.l: s.n.].

BOURDON, P. C. et al. Monitoring athlete training loads: Consensus statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, p. 161–170, 2017.

BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damage. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 48, n. 6, p. 757–767, 2010.

CARPENTER, T. M. The Development of Methods for Determining Basal Metabolism of Mankind. v. 33, n. 5, 1933.

CARRASCO-MARGINET, M. et al. Bioelectrical impedance vector analysis ( BIVA )

for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. p. 1–17, 2017.

CHENG, J. Y. W. et al. Physical activity and erectile dysfunction : meta-analysis of population-based studies. n. August 2006, p. 245–252, 2007.

CLARKSON, P. M. et al. ACTN3 and MLCK genotype associations with exertional muscle damage. v. 01003, p. 564–569, 2005.

CLARKSON, P. M.; DEDRICK, M. E. Exercise-Induced Muscle Damage , Repair , and Adaptation in Old and Young Subjects. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**, v. 43, n. 4, p. 91–96, 1988.

CLARKSON, P. M.; NOSAKA, K.; BRAUN, B.  
Muscle\_function\_after\_exercise\_induced\_muscle. - Clarkson.pdf. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 24, p. 512–621, 1991.

CLAUDINO, J. G. et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 4, p. 397–402, 2017.

CRUZAT, V. F. et al. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo , exercícios físicos e suplementação \*. p. 336–342, 2007.

CURRELL, K. Validity , Reliability and Sensitivity of Measures of Sporting Performance. **Sports Medicine**, n. June 2017, 2008.

CUSTÓDIO MARTINS, P. et al. Association of phase angle with muscle strength and aerobic fitness in different populations: A systematic review. **Nutrition**, v. 93, 2021.

DEYHLE, M. R. et al. Skeletal Muscle Inflammation Following Repeated Bouts of Lengthening Contractions in Humans. v. 6, n. January, p. 1–11, 2016.

DOBBS, W. C. et al. The Accuracy of Acquiring Heart Rate Variability from Portable Devices: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, n. 0123456789, 2019.

DROBNIC, F. et al. Reduction of delayed onset muscle soreness by a novel

curcumin delivery system ( Meriva ® ): a randomised , placebo-controlled trial. p. 1–10, 2014.

ERNANDEZ, J. A. F. E. et al. NEUROMUSCULAR FATIGUE AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES AFTER FIVE DYNAMIC SQUAT EXERCISE PROTOCOLS. **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 4, 2016.

EVERSE, B. J.; KAPLAN, N. **LACTATE DEHYDROGENASES: STRUCTURE AND FUNCTION**. [s.l: s.n.]. v. 37

FOSTER, C.; RODRIGUEZ-MARROYO, J. A.; DE KONING, J. J. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. Suppl 2, p. S2-2-S2-8, abr. 2017.

FRANCAVILLA, V. C. et al. Localized bioelectrical impedance analysis: How useful is it in the follow-up of muscle injury? A case report. **Medicina dello Sport**, p. 323–334, 2015.

GALLARDO-FUENTES, F. et al. Inter and intra-session reliability and validity of the my jump app for measuring diferent jump actions in trainees male and female athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research Publish Ahead of Print**, 2016.

GARLINI, L. M. et al. Phase angle and mortality: a systematic review. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, n. 4, p. 495–508, 2018.

GEDDES, L. A.; BAKER, L. E. The specific resistance of biological material-A compendium of data for the biomedical engineer and physiologist. **Medical and biological engineering**, v. 5, n. 3, p. 271–293, 1967.

HALSON, S. L. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. **Sports Medicine**, v. 44, p. 139–147, 2014.

HILL, A. V. L. C. N. H. L. H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen, part IV–VI. **Proc. R. Soc. Lond. B**, v. 97, p. 84–138, 1924.

HODY, S. et al. Eccentric Muscle Contractions : Risks and Benefits. v. 10, n. May, p. 1–18, 2019.

IZZICUPO, P. et al. Can Off-Training Physical Behaviors Influence Recovery in Athletes ? A Scoping Review. v. 10, n. April, 2019.

KARCIOGLU, O. et al. American Journal of Emergency Medicine A systematic review of the pain scales in adults : Which to use ? **American Journal of Emergency Medicine**, v. 36, n. 4, p. 707–714, 2018.

KELLY, A. The minimum clinically significant difference in visual analogue scale pain score does not differ with severity of pain. **Emergency medicine journal**, v. 18, n. December 1997, p. 205–207, 2001.

KENTTÄ, G.; HASSMÉN, P. Overtraining and recovery. A conceptual model. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 26, n. 1, p. 1–16, jul. 1998.

KIM, J.; LEE, J. The relationship of creatine kinase variability with body composition and muscle damage markers following eccentric muscle contractions. v. 19, n. 2, p. 123–129, 2015.

KIPP, K.; KIELY, M. T.; GEISER, C. F. REACTIVE STRENGTH INDEX MODIFIED ISA VALID MEASURE OF EXPLOSIVENESS IN COLLEGIATE FEMALE VOLLEYBALL PLAYERS. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1341–1347, 2016.

KOCH, A. J.; PEREIRA, R.; MACHADO, M. The creatine kinase response to resistance exercise. v. 14, n. 1, p. 68–77, 2014.

LUKASKI., ET AL. APPLICATIONS OF BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS: A CRITICAL REVIEW. p. 365–374, 1990.

MACINTYRE, D. L.; REID, W. D.; MCKENZIE, D. C. Delayed Muscle Soreness The inflammatory Response to Muscle Injury and its Clinical Implications. **Sports Medicine**, v. 20, p. 24–40, 1995.

MADDALI, S. et al. Postexercise Increase in Nitric Oxide in Football Players with Muscle Cramps \*. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 6, p. 820–824, 1998.

MARATHAMUTHU, S.; SELVANAYAGAM, V. S.; YUSOF, A. Research Quarterly for

Exercise and Sport Contralateral Effects of Eccentric Exercise and DOMS of the Plantar Flexors : Evidence of Central Involvement Contralateral Effects of Eccentric Exercise and DOMS of the Plantar Flexors : Evidence of Central Invol. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 00, n. 00, p. 1–10, 2020.

MARINI, E. et al. **Bioelectrical impedance analysis of body composition Applications in sports science UNI CA press / didattica Edited by Elisabetta Marini** ,. [s.l: s.n.].

MARRA, M. et al. SHORT COMMUNICATION Bioelectrical impedance phase angle in constitutionally lean females , ballet dancers and patients with anorexia nervosa. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, p. 905–908, 2009.

MARRA, M. et al. Body composition changes in professional cyclists during the 2011 Giro d'Italia, a 3-week stage race. **Nutritional Therapy and Metabolism**, v. 32, n. 1, p. 31–34, 2014.

MARRA, M. et al. Segmental bioimpedance analysis in professional cyclists during a three week stage race Segmental bioimpedance analysis in professional cyclists during a three week stage race. **Institute of Physics and Engineering in Medicine**, v. 37, p. 1035–1040, 2016.

MARTINS, P. C.; MORAES, M. S.; SILVA, D. A. S. Cell integrity indicators assessed by bioelectrical impedance: A systematic review of studies involving athletes. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 24, n. 1, p. 154–164, 2020.

MASCHERINI, G. et al. Changes in hydration, body-cell mass and endurance performance of professional soccer players through a competitive season. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 55, p. 749–755, 2015.

MATÉ-MUÑOZ, L. et al. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. p. 1–17, 2017.

MAVROPALIAS, G. et al. Comparison between high - and low - intensity eccentric cycling of equal mechanical work for muscle damage and the repeated bout effect. **European Journal of Applied Physiology**, v. 5, p. 1015–1025, 2020.

MEEUSEN, R. et al. Prevention , diagnosis and treatment of the Overtraining Syndrome. v. 1391, n. December, 2006.

MEEUSEN, R. et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the european college of sport science and the American College of Sports Medicine. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 1, p. 186–205, 2013.

MICHELI, M. L. et al. Bioimpedance and Impedance Vector Patterns as Predictors of League Level in Male Soccer Players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, p. 532–539, 2014.

MORGAN, D. L. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. **Biophysical journal**, v. 57, n. February, p. 209–221, 1990.

MOYA-AMAYA, H. et al. Bioelectrical Phase Angle, Muscle Damage Markers and Inflammatory Response After a Competitive Match in Professional Soccer Players. **Polish Journal of Sport and Tourism**, v. 28, n. 3, p. 8–13, 2021.

MUKAKA, M. M. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. September, p. 69–71, 2012.

NABUCO, H. C. G. et al. Phase Angle is Moderately Associated with Short-term Maximal Intensity Efforts in Soccer Players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 11, p. 739–743, 2019.

NESCOLARDE, L. et al. Localized bioimpedance to assess muscle injury. **Physiological Measurement**, v. 34, n. 2, p. 237–245, 2013.

NESCOLARDE, L. et al. Effects of muscle injury severity on localized bioimpedance measurements. **Physiological Measurement**, v. 36, n. 1, p. 27–42, 2014.

NESCOLARDE, L. et al. Detection of muscle gap by L-BIA in muscle injuries: Clinical prognosis. **Physiological Measurement**, v. 38, n. 7, p. L1–L9, 2017.

NESCOLARDE, L. et al. Differentiation Between Tendinous, Myotendinous and Myofascial Injuries by L-BIA in Professional Football Players. **Frontiers in**

**Physiology**, v. 11, n. September, p. 1–12, 2020.

NEWHAM, D. J.; MCPHAIL, G.; MILLS, R. K.; EDWARDS, H. T. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. **Journal of the Neurological Sciences**, p. 109–122, 1983.

NUNES, JOÃO P. RIBEIRO, ALEX S. SILVA, ANALIZA M. SCHOENFELD, BRAD J. DOS SANTOS, LEANDRO. CUNHA, PAOLO M. NASCIMENTO, MATHEUS A. TOMELERI, CRISIELI M. NABUCO, HELLEN C G. ANTUNES, MELISSA. CYRINO, LETÍCIA T. CYRINO, E. S. Improvements in phase angle are related with muscle quality index after resistance training in older women. **Journal of aning and Physical Activity**, 2018.

O'CONNOR, B.; SIMMONS, J.; O'SHEA, P. **Weight training today**. [s.l.] São Paulo: West Publisher, 1989.

OSTROWSKI, K. et al. Pro- and anti-inflammatory cytokine balance in strenuous exercise in humans. **Journal of Physiology**, v. 6, p. 287–291, 1999.

PICCOLI, A. et al. Equivalence of information from single frequency v . bioimpedance spectroscopy in bodybuilders. **British Journal of Nutrition**, v. 97, p. 182–192, 2007.

POLLASTRI, L. et al. Body Water Status and Short-term Maximal Power Output during a Multistage Road Bicycle Race ( Giro d ' Italia 2014 ). **International Journal of Sports Medicine**, p. 329–333, 2014.

PROSKE, U.; MORGAN, D. L. Muscle damage from eccentric exercise : mechanism , mechanical signs , adaptation and clinical applications. p. 333–345, 2001.

ROSENTHAL, J. A. Qualitative descriptors of strength of association and effect size. **Journal of Social Service Research**, v. 21, n. 4, p. 37–59, 1996.

SARDINHA, L. B. Physiology of exercise and phase angle : another look at BIA. **European Journal of Clinical Nutrition**, p. 1323–1327, 2018.

SAW, A. E.; MAIN, L. C.; GASTIN, P. B. Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: A systematic review. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 5, p. 281–291,

2016.

SELBERG, O.; SELBERG, Æ. D. Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects , hospitalized patients , and patients with liver cirrhosis. **European journal of applied physiology**, v. 86, n. 6, p. 509–516, 2002.

SILVA, J. R.; RUMPF, M. C.; FAROOQ, M. H. C. C. A. **Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue : A Systematic Review and Meta-analysis**. [s.l.] Springer International Publishing, 2017.

SMITH, L. L. et al. The Effects of Static and Ballistic Stretching on Delayed Onset Muscle Soreness and Creatine Kinase. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 1, n. September 2014, p. 103–107, 1993.

SMITH, L. L. Cytokine hypothesis of overtraining: A physiological adaptation to excessive stress? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 2, p. 317–331, 2000.

SOUZA, M. F. et al. Effect of resistance training on phase angle in older women : A randomized controlled trial. p. 1–9, 2016.

STADHOUDERS, A. D. M. et al. Mitochondrial creatine kinase : A major constituent of pathological inclusions seen in mitochondrial myopathies. v. 91, n. May, p. 5089–5093, 1994.

TALBOT, J. A; MORGAN, D. L. Quantitative analysis of sarcomere non-uniformities in active muscle following a stretch. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v. 268, p. 261–268, 1996.

TANSKANEN, M.; ATALAY, M.; UUSITALO, A. Altered oxidative stress in overtrained athletes. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, n. 3, p. 309–317, 2010.

TØIEN, T. et al. Control of Movement Maximal strength training : the impact of eccentric overload. **Journal Neurophysiol**, p. 2868–2876, 2018.

TOMELERI, C. M. et al. Phase Angle Is Moderately Associated With Muscle Quality and Functional Capacity, Independent of Age and Body Composition in Older Women. **Journal of geriatric physical therapy (2001)**, v. 42, n. 4, p. 281–286,

2017.

VARLEY, M. C. et al. Wearable training monitoring technology: applications, challenges and opportunities. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 2016.

VINCENT, H. K.; VINCENT, K. R. The Effect of Training Status on the Serum Creatine Kinase Response , Soreness and Muscle Function Following Resistance Exercise. v. 18, 1997.

VINCENZO ET AL. Bioelectrical impedance phase angle in sport : a systematic review. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 16, p. 1–11, 2019.

WARBURTON, D. E. R.; NICOL, C. W.; BREDIN, S. S. D. Health benefits of physical activity : the evidence. **Canadian Medical Association journal**, 2006.

WIEWELHOVE, T. et al. Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. **Jornal of Sports Medicine and Physical Fitness**, p. 25665748, 2015.

XAVIER OLIVEIRA, D. C.; FRISSELLI, A.; DEMINICE, R. Football training session rises creatine kinase but does not impair performance. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 25, n. 3, p. 1–7, 2019.

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre a SENSIBILIDADE DO ÂNGULO DE FASE PARA DETECTAR O DESGASTE FISIOLÓGICO PROVOCADO PELO TREINAMENTO FÍSICO EM ATLETAS. Está sendo desenvolvida pelo pesquisador Eder Jackson Bezerra de Almeida Filho, aluno do Programa Associado de pós-graduação em Educação Física UPE-UFPB da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva. O objetivo do estudo é: Avaliar a sensibilidade do ângulo de fase para detectar o dano muscular induzido por uma sessão de exercício e um mesociclo de treinamento com ondulações nas cargas de treino, em atletas.

A monitoração do estado fisiológico do atleta é imprescindível para o controle das cargas de treinamento visando a obtenção de melhorias no desempenho físico e diagnóstico e prevenção do overtraining e overreaching não funcional. Porém, as ferramentas atualmente utilizadas para este controle são, em sua maioria, dispendiosas, invasivas e/ou indiretas. Com isso, a busca por novas ferramentas menos invasivas, dispendiosas e mais objetivas são de grande importância para a prática esportiva.

Caso confirmada a hipótese deste estudo, tanto os atletas, treinadores, clubes e a comunidade científica serão beneficiados, pois poderão contar com uma nova ferramenta menos invasiva e menos dispendiosa para monitorar as cargas de treinamento. Mesmo com a hipótese deste estudo não sendo confirmada todos serão beneficiados, os atletas, treinadores e os clubes, que participaram da pesquisa, serão beneficiados com os dados das avaliações realizadas (as análises bioquímicas, biofísicas, de desempenho, antropométricas e psicológicas) e a comunidade científica será beneficiada com novos questionamentos que poderão surgir durante o desenvolvimento da pesquisa.

Solicitamos a sua colaboração para participação para responder alguns questionários da pesquisa, fazer uma avaliação na balança para avaliar a sua composição corporal e variáveis biofísicas (medindo sua massa corporal, % de gordura, % de massa magra, água corporal, ângulo de fase e etc), realizar alguns exames sanguíneos para avaliar marcadores de dano muscular e inflamação (Creatina quinase, lactato desidrogenase, proteína c reativa e etc). Ao longo do procedimento agudo, serão feitas quatro coletas sanguíneas, de composição corporal, teste de impulsão vertical, avaliação da dor e uma da qualidade do sono. Já durante o procedimento crônico, serão feitas cinco coletas sanguíneas, de composição corporal, da qualidade do sono, teste de impulsão vertical e avaliação da dor

Você irá realizar, no procedimento agudo, um protocolo de treinamento excêntrico na musculação e será avaliado antes, 2 horas, 24 horas e 48 horas após a sessão

de treino. Já no procedimento crônico, você irá realizar mesociclo de treinamento com duração de quatro semanas onde será realizada ondulações na carga de treino, e serão realizadas as avaliações antes e 48 horas após cada microciclo (1 semana).

O pesquisador estará a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

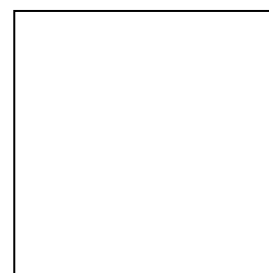
---

Assinatura do Participante da Pesquisa

---

Assinatura da Testemunha

Espaço para impressão dactiloscópica



Contato do Pesquisador Responsável: EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO. Telefones: (83) 9 8840-0249, e-mail: ederjackson15@hotmail.com. Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o pesquisador Ou Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba Campus I – Cidade Universitária – 1º Andar – CEP 58051-900 – João Pessoa/PB. Telefone: (83) 3216-7791 – E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

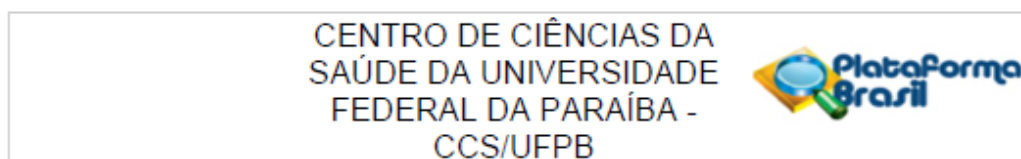
Atenciosamente, \_\_\_\_\_

Assinatura do Pesquisador Responsável

Obs.: O sujeito da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1 – Comitê de ética



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** SENSIBILIDADE DO ÂNGULO DE FASE EM DETECTAR O DANO MUSCULAR PROVOCADO PELO TREINAMENTO FÍSICO

**Pesquisador:** EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 44689121.6.0000.5188

**Instituição Proponente:** Centro De Ciências da Saúde

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 4.676.324

**Apresentação do Projeto:**

Sensibilidade do ângulo de fase em detectar o dano muscular provocado pelo treinamento físico

**Objetivo da Pesquisa:**

Avaliar a sensibilidade do ângulo de fase para detectar o dano muscular induzido por uma sessão de exercício e um mesociclo de treinamento com ondulações nas cargas de treino, em atletas.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

De acordo com os autores: Os riscos estão associados a possibilidade de sofrer lesão osteomioarticular durante os testes, porém este risco é comum durante os treinamentos habituais dos atletas. Além disso, outro risco associado ao desenvolvimento da pesquisa será o risco de ocorrer intercorrências durante a coleta de sanguínea, entretanto este risco será minimizado pois a coleta sanguínea será realizada por uma enfermeira qualificada e capacitada para a realização de tal procedimento.

E os benefícios: Tanto os atletas, treinadores, clubes e a comunidade científica serão beneficiados com a realização desta pesquisa. Caso confirmada a hipótese deste estudo, todos irão poder contar com uma nova ferramenta menos invasiva e menos dispendiosa para monitorar as cargas de treinamento.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa esta estruturada e a metodologia bem definida.

<b>Endereço:</b> UNIVERSITARIO S/N	<b>CEP:</b> 58.051-900
<b>Bairro:</b> CASTELO BRANCO	
<b>UF:</b> PB	<b>Município:</b> JOAO PESSOA
<b>Telefone:</b> (83)3216-7791	<b>Fax:</b> (83)3216-7791
<b>E-mail:</b> comitedeetica@ccs.ufpb.br	

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UFPB**



Continuação do Parecer: 4.676.324

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

Os termos foram todos contemplados.

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

Não houve pendências.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa. Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1541392.pdf	17/03/2021 07:44:54		Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_eder_2021_03_16.pdf	17/03/2021 07:44:05	EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	03/03/2021 15:36:36	EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO	Aceito
Cronograma	Cronograma.xlsx	03/03/2021 15:29:50	EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO	Aceito
Orçamento	Orcamento.xlsx	03/03/2021 15:29:34	EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_anuencia_Assinada_Gisele.pdf	03/03/2021 15:17:54	EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_anuencia_Assinada_UFPB_LETFADS.pdf	03/03/2021 15:13:04	EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLE_Assinado.pdf	03/03/2021 15:12:29	EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO	Aceito

Endereço: UNIVERSITARIO S/N  
Bairro: CASTELO BRANCO CEP: 58.051-900  
UF: PB Município: JOAO PESSOA  
Telefone: (83)3216-7791 Fax: (83)3216-7791 E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 4.676.324

Ausência	TCLE_Assinado.pdf	03/03/2021 15:12:29	EDER JACKSON BEZERRA DE ALMEIDA FILHO	Aceito
----------	-------------------	------------------------	---------------------------------------------	--------

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

JOAO PESSOA, 28 de Abril de 2021

Assinado por:

Eliane Marques Duarte de Sousa  
(Coordenador(a))

Endereço: UNIVERSITARIO S/N  
Bairro: CASTELO BRANCO CEP: 58.051-900  
UF: PB Município: JOAO PESSOA  
Telefone: (83)3216-7791 Fax: (83)3216-7791 E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

## ANEXO 2 – Questionário sociodemográfico

<b>Pesquisador(a): Eder Jackson Bezerra de Almeida Filho</b>			<b>Data:</b>		
<b>QUESTIONÁRIO – histórico de treino</b>					
<b>1- Nome:</b>			<b>3- Data de Nascimento (dd/mm/aa)</b>		
<b>3- Telefones para contato: ( ) _____</b>			<b>4-Email:</b>		
<b>5- Gênero ( X )M ( )F</b>		<b>6- Atividade Profissional:</b>		<b>7- Quantas horas/dia?</b>	
<b>8- Ingere bebidas alcoólicas?</b>			<b>9- Fuma?</b>		
<input type="checkbox"/> Não bebe <input type="checkbox"/> Raramente bebe <input type="checkbox"/> Ocasionalmente bebe <input type="checkbox"/> Diariamente bebe  <b>Quando bebe...</b> <b>Com que frequência?</b> <b>Quantidade (em média)?</b>			<input type="checkbox"/> Nunca fumou <input type="checkbox"/> Fumou durante _____ anos <input type="checkbox"/> Deixou de fumar há _____ anos <input type="checkbox"/> Fuma há _____ anos <input type="checkbox"/> Fuma _____ cigarros/dia		
<b>EXERCÍCIO E NUTRIÇÃO</b>					
<b>10- Modalidade(s) de exercício você pratica além do futebol?</b>					
( )Musculação ( )Natação ( )Ciclismo ( )Pilates ( )Outras: _____					
	<b>11- Qual?</b>	<b>12- A quanto tempo?</b>	<b>12- Duração/dia?</b>	<b>13- Quantas vezes por semana?</b>	<b>14-Turno em que pratica?</b>
<b>Prática esportiva 1</b>	Futebol				
<b>Prática esportiva 2</b>					

Prática esportiva 3					65
Prática esportiva 4					
<p><b>15- Já sofreu alguma lesão/intercorrência durante esta(s) prática(s)?</b> ( )Sim ( )Não</p> <p><b>15a. Qual (is)?</b></p> <p><b>15b. Há quanto tempo?</b></p> <p><b>15c. A lesão ainda persiste?</b></p>		<p><b>16- Tem acompanhamento personalizado? Se sim, para qual modalidade?</b> ( )Sim ( )Não</p> <p><b>17- Acompanhamento nutricional (com nutricionista)?</b> ( )Sim ( )Não</p>			
<p><b>18- Você possui problema(s) de saúde?</b> ( )Sim ( )Não</p> <p><b>Se sim, quais?</b> ( ) Hipertensão ( ) Diabetes ( ) Outros _____</p>		<p><b>19- Se você respondeu sim na questão 25, qual o tipo de tratamento/medicamento que utiliza?</b></p>	<p><b>20- Faz uso de anti-inflamatório e analgésico?</b> ( )Sim ( )Não</p> <p><b>Quais?</b></p> <p><b>Com que frequência?</b></p>		

## ANEXO 3 – Escala de dor

<b>Escala Análoga Visual</b>		1
Nome:		Data:

