

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO**

**CORRELAÇÃO DA ARQUITETURA MUSCULAR COM A FADIGA E O
DESEMPENHO DE *SPRINTS* EM FUTEBOLISTAS**

Autor: Maurício Diniz Rocha Pechina

Orientador: Dr. Giovani dos Santos Cunha

PORTO ALEGRE, 2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO**

**CORRELAÇÃO DA ARQUITETURA MUSCULAR COM A FADIGA E O
DESEMPENHO DE *SPRINTS* EM FUTEBOLISTAS**

Dissertação de mestrado
apresentada no Programa de Pós-
Graduação em Ciências do
Movimento Humano da Escola de
Educação Física, Fisioterapia e
Dança da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul.

Autor: Maurício Diniz Rocha Pechina

Orientador: Prof. Dr. Giovani dos Santos Cunha

PORTO ALEGRE
2021

Maurício Diniz Rocha Pechina

**CORRELAÇÃO DA ARQUITETURA MUSCULAR COM A FADIGA E O
DESEMPENHO DE SPRINTS EM FUTEBOLISTAS**

Conceito Final:

Aprovado em de de

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Lague Sehl

Prof. Dr. Bruno Manfredini Baroni – UFCSPA

Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore – UFRGS

Orientador - Prof. Dr. Giovani dos Santos Cunha – UFRGS

CIP - Catalogação na Publicação

Pechina, Maurício
Correlação da arquitetura muscular com a fadiga e o
desempenho de sprints em futebolistas / Maurício
Pechina. -- 2021.
59 f.
Orientador: Giovani Cunha.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Desempenho esportivo. 2. Esportes. 3.
Treinamento. 4. Avaliação física. I. Cunha, Giovani,
orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

De toda a concepção deste trabalho, creio que a parte mais difícil e complexa de todas seja elencar e atribuir o devido agradecimento a cada um que participou do processo, pois nada se constrói sozinho. Diferente de variáveis categóricas, análises de variância, correlações e outros testes exatos, é impossível quantificar o quanto cada um dos companheiros que mencionarei a seguir colaboraram. E seria injusto tentar quantificar o apoio e o afeto recebido por cada um dos presentes nesta construção.

Primeiramente, é de suma importância agradecer à minha família, sobretudo os meus pais – Adriana e Celio – por todo o apoio afetivo, social e material durante toda a minha trajetória, não só acadêmica, mas de todo o caminho percorrido até aqui. Agradeço imensamente por sempre me incentivarem e apoiarem a estudar, ler, refletir, criticar, e, por fim, a (tentar) mudar o mundo.

Em seguida, faz-se imprescindível agradecer ao grande orientador que tive, o professor Dr. Giovani dos Santos Cunha, um grande ser humano que sempre se fez muito solidário e presente durante toda a construção do meu mestrado. Não teria conseguido chegar aqui sem a tua imensa contribuição, meu muito obrigado por ser uma inspiração e por percorrer essa caminhada comigo.

Também faz-se importantíssimo ressaltar a importância de ter colegas que contribuem tanto intelectualmente quanto com sua amizade. Agradeço imensamente a Carlos Leonardo Machado, Luiz Carlos Rodrigues Jr., Rodrigo Neske, Guilherme Gomes, Régis Radaelli, Clarissa Brusco, Juliana Teodoro, Pedro Lopez, Salime Lisboa, Rafael Grazioli, Rodrigo Leal, Filipe Veeck, Gabriela Martini, Rogério Bonorino, Paloma Lazzaroni, Layane Ayres, Giovani Silva, Morgana Lunardi, Martinho Inacio, entre tantos que contribuíram nessa caminhada. Muito obrigado pelo companheirismo de todos vocês.

Complementarmente, é necessário agradecer a todos às grandes professoras e professores que eu tive ao longo de toda a minha trajetória acadêmica, desde a educação básica até aqui. Todos, sem exceção, contribuíram de alguma forma. Aos grandes professores, meus mais sinceros agradecimentos.

Ainda, devo profundos agradecimentos aos meus amigos que sempre apoiaram e compreenderam meus ausentamentos ao longo do mestrado, nomeadamente, Igor Dos Santos, Gabriel Chiomento, Naiton Gama, Rodrigo Nunes, Paula Schmitz, Mariana Barcellos, Bruna Martin, Mariana Gil, Hermeto Gimenez, Diogo Germano, Raí Ligocki, Victor Pizzolato, entre tantos outros que corro o risco de cometer injustiça deixando de fora dessa lista.

Além disso, devo também agradecer a todas as pessoas incríveis que pude me relacionar e criar laços durante a minha trajetória esportiva no futebol americano, são eles, Henrique Altieri (meu irmão de coração), José Pimentel, Paulo de Tarso Pillar, Ismael Ferreira, William Trevisan, William Spazzin, Otávio Lotti, Thiago Moraes, Vitor Dutra, Victor Cohen, Monise Trevizan (em memória), Leonardo Oberherr, Júlia Rodrigues (a primeira treinadora com quem tive a oportunidade de dividir a *sideline*) e Aldo Stragliotto.

Não obstante, também faz-se necessário agradecer à minha *alma mater*, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Universidade a qual tenho muito carinho e gratidão por ter me proporcionado realizar graduação de QUALIDADE e GRATUITA. Além disso, é claro, agradeço à Esefid, escola na qual realizei meus estudos de graduação – e conheci grandes pessoas – e dei seguimento aos meus estudos realizando minha pós-graduação. É também necessário destacar a importância da Fundação Liberato na minha formação intelectual, pois foi a primeira instituição na qual eu tive oportunidade de ser inserido na pesquisa científica.

Por último, mas de forma alguma com menor importância, agradeço à Mariana Backes Nunes por toda a inspiração, afeto, solidariedade e companheirismo durante a elaboração – e sobretudo na finalização em tempos tão caóticos – dessa empreitada.

MEU MUITO OBRIGADO A TODOS!

“(…)No te rindas, por favor no cedas,
aunque el frío queme,
aunque el miedo muerda,
aunque el sol se esconda y se calle el
viento,
aun hay fuego en tu alma,
aun hay vida en tus sueños,
porque la vida es tuya y también los
deseos, (…)”

(Mario Benedetti)

RESUMO

Introdução: Esportes coletivos como o futebol e suas variações requerem ações rápidas como dribles, desarmes e *sprints*, as quais estão diretamente associadas ao desempenho da modalidade. Nesse sentido, parâmetros de *sprints* são fatores determinantes em ações técnico-táticas dentro do contexto do jogo e compõem parte significativa de suas demandas físicas. Contudo, existe uma limitação de estudos que verificaram a associação da velocidade de *sprints* e a habilidade de repetir *sprints* (RSA) com os parâmetros morfológicos e de arquitetura muscular. **Objetivo:** Investigar a correlação entre parâmetros morfológicos e de arquitetura muscular como massa muscular (MM), espessura muscular (EM), comprimento de fascículo (CF) e ângulo de penação (AP) dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL), bíceps femoral cabeça longa (BF), gastrocnêmio medial (GM) e gastrocnêmio lateral (GL) com o desempenho em *sprints* (10 e 30m) e RSA. **Métodos:** A amostra foi composta por 24 atletas de futebol do sexo masculino ($23,6 \pm 4,7$ anos; $1,78 \pm 0,07$ m; $76,4 \pm 8,5$ kg). O protocolo de *sprints* repetidos consistiu em 6x30m com 30 segundos de intervalo entre repetições. Adicionalmente, foi calculado o decremento de desempenho em *sprints* (Sdec) para avaliar o desempenho na RSA. As variáveis de arquitetura muscular foram obtidas através da captura de imagens por ultrassonografia. Variáveis de composição corporal como massa muscular (MM) e percentual de gordura (%G) foram obtidas através de densitometria de dupla absorvância (DXA). Os dados do presente estudo são apresentados em média \pm desvio padrão. Foram utilizados os testes de correlação de Pearson e Spearman (r), com nível de significância adotado de $\alpha \leq 0,05$. **Resultados:** As variáveis apresentaram correlações moderadas-forte com o desempenho em *sprints* ($0,3 < r < 0,5$; $p < 0,05$), MM (*sprint* 10m: $r = 0,429$; *sprint* 30m: $r = 0,454$; *sprint* total: $r = 0,438$), EM [BF: (Sdec: $r = 0,418$); VL: (*sprint* 30m: $r = 0,547$; *sprint* total: $r = 0,488$)], CF (VL: $r = 0,449$) e AP (Sdec: $r = 0,617$). **Conclusão:** Parâmetros morfológicos e de arquitetura muscular apresentaram correlações positivas com o tempo de *sprints* e RSA. De acordo com os resultados, maiores valores de MM, EM, CF e AP dos músculos investigados (BF, VL, GL e GM) parecem prejudicar o desempenho no tempo de *sprints* em atletas de futebol. **Palavras-chave:** Desempenho esportivo, Esportes, Treinamento, Avaliação Física.

ABSTRACT

Introduction: In team sports, such as soccer and its variations, quick actions as dribbling, tackling, and sprinting are directly associated with sports performance. In this context, sprinting parameters have been broadly researched in the scientific literature, since they are key factors in technical-tactical actions inside the context of a soccer match and they are also a significant part of the game demands. Thus, sprint velocity and repeated sprint ability (RSA) are important factors to the game outcomes. **Aim:** The aim of the study was to investigate the correlation between morphological and muscular architecture, such as muscle mass (MM), muscle thickness (EM), fascicle length (CF), and pennation angle (AP) of the muscles rectus femoris (RF), vastus lateralis (VL), long head of the biceps femoris (BF), medial gastrocnemius (GM), and lateral gastrocnemius (GL), with sprint speed (10 and 30m) and repeated sprint ability. The sample was constituted by 24 male soccer athletes (23.6 ± 4.7 years old; 1.78 ± 0.07 m; 76.4 ± 8.5 kg). The study utilized a repeated sprint protocol of 6x30m sprints interspersed by 30 seconds of interval between bouts. For performance assessment, the best time in the 10m and 30m sprints was considered, also the total time and the sprint decrement were used to determine RSA performance. The architectural variables were acquired through ultrasonography. Body composition variables were acquired through DXA. Data of the present study are displayed in mean values and standard deviation. To establish the correlations, Pearson and Spearman (r) tests were run, with a significance of $\alpha \leq 0,05$ adopted. **Results:** The variables showed moderate-strong correlations with sprint performance ($r: 0,3-0,5$; $p < 0,05$), MM (*sprint* 10m: $r = ,429$; *sprint* 30m: $r = ,454$; *sprint* total: $r = ,438$), EM [BF: (Sdec: $r = ,418$); VL: (*sprint* 30m: $r = ,547$; *sprint* total: $r = ,488$)], CF (VL: $r = ,449$) e AP (Sdec: $r = ,617$). **Conclusion:** Morphological and architectural muscular parameters showed positive association with sprint time and RSA. According to these findings, greater values of MM, EM, CF, and AP in the muscles investigated (BF, VL, GL e GM) seem to impair sprint performance of soccer athletes.

Keywords: Sports performance, Sports, Training, Physical evaluation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Desenho experimental do estudo
- Figura 2 – Imagem ultrassonográfica do bíceps femoral
- Figura 3 – Imagem ultrassonográfica do vasto lateral
- Figura 4 – Imagem ultrassonográfica do reto femoral
- Figura 5 – Imagem ultrassonográfica do gastrocnêmio lateral
- Figura 6 – Imagem ultrassonográfica do gastrocnêmio medial
- Figura 7 – Teste de *sprints* repetidos

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação qualitativa das correlações

Tabela 2 – Variáveis de caracterização da amostra

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros de arquitetura muscular

Tabela 4 – Resultados de desempenho em *sprints*

Tabela 5 – Correlações entre MM de membros inferiores com desempenho em sprints

Tabela 6 – Correlações entre EM e desempenho em sprints

Tabela 7 – Correlações entre CF e desempenho em sprints

Tabela 8 – Correlações entre variáveis AP e desempenho em *sprints*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MM – Massa muscular de membros inferiores

EM – Espessura muscular

CF – Comprimento de fascículo

AP – Ângulo de penetração

RF – Reto femoral

VL – Vasto lateral

BF – Bíceps femoral (cabeça longa)

GM – Gastrocnêmio medial

GL – Gastrocnêmio lateral

Sdec – Sprint decrement (decremento da velocidade em sprints repetidos)

RSA – Repeated Sprint ability (habilidade de repetir sprints)

FC – Frequência cardíaca

VO_{2max} – Consumo máximo de oxigênio

IF – Índice de fadiga

AST – Área de secção transversa

SNC - Sistema nervoso central

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 DEMANDAS DO JOGO.....	17
3.2 <i>SPRINTS</i> E A HABILIDADE DE REPETIR <i>SPRINTS</i>	18
3.3 ARQUITETURA MUSCULAR E DESEMPENHO	19
3.4 FADIGA	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 PROBLEMAS DE PESQUISA.....	23
4.2 HIPÓTESES.....	23
4.3 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	23
4.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA	23
4.5 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO DA AMOSTRA	23
4.6 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO DA AMOSTRA.....	24
4.7 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS.....	24
4.7.1 Variáveis de caracterização da amostra	24
4.7.2 Variáveis Independentes	24
4.7.3 Variáveis Dependentes	24
4.8 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS.....	25
4.8.1 Procedimentos Éticos	25
4.8.2 Desenho Experimental	25
4.9 AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	26
4.9.1 Variáveis Antropométricas	26
4.9.2 Variáveis de Arquitetura Muscular	26
4.9.3 Variáveis Funcionais – Teste de <i>sprints</i> repetidos (RSA)	31

5. ANÁLISE DOS DADOS	33
5.1 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	33
6. RESULTADOS	34
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	34
6.2 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E ARQUITETURA MUSCULAR.....	34
6.3 <i>SPRINTS</i> E RSA	35
6.4 ASSOCIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR COM O DESEMPENHO DE <i>SPRINTS</i>	35
6.4 ASSOCIAÇÃO DA ARQUITETURA MUSCULAR COM O DESEMPENHO DE <i>SPRINTS</i>	35
6.4.1 Espessura Muscular	36
6.4.2 Comprimento do Fascículo	36
6.4.3 Ângulo de Penação	37
7. DISCUSSÃO	38
8. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS	41
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICE A - ANAMNESE CLÍNICA	49
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA (PAR-Q)	56
APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	57

1. INTRODUÇÃO

Em esportes coletivos (futebol, futsal, handebol, basquetebol e futebol australiano), fatores como força, resistência, potência e velocidade são determinantes para o desempenho de ações específicas do jogo (IMPELIZZERI *et al.*, 2008; CASTAGNA *et al.*, 2009; PÓVOAS *et al.*, 2012; MONTGOMERY *et al.*, 2010; WISBEY *et al.*, 2009). Nesse sentido, ações que requerem do sistema neuromuscular a produção de altos níveis de potência e velocidade (arrancadas, *sprints* e trocas de direção) têm sido amplamente abordadas na literatura (DI SALVO *et al.*, 2009).

No contexto do futebol e do futsal, estudos recentes têm apontado que, embora a maior parte da distância percorrida por atletas durante uma partida ocorra em baixa intensidade, as ações decisivas para o resultado da partida (dribles, finalizações, desarmes e *sprints*) ocorrem em altas velocidades e curtas distâncias (0-5m). Dessa forma, elas demandam do sistema neuromuscular uma alta capacidade de produzir potência e velocidade no menor tempo possível (CASTAGNA *et al.*, 2009; IMPELIZZERI *et al.*, 2008; REILLY *et al.*, 2008; WISLOFF *et al.*, 2004).

Além disso, a habilidade de produzir potência muscular e velocidade de maneira repetida ao longo de uma partida, em que, muitas vezes, existe um acúmulo de fadiga do sistema neuromuscular em decorrência dos esforços intermitentes da modalidade, torna-se um fator importante na investigação do desempenho esportivo (BARNES *et al.*, 2014). Nesse sentido, além da velocidade máxima em *sprints*, a habilidade de repetir *sprints* (RSA) é um importante marcador de desempenho, pois avalia a *performance* do sistema neuromuscular através de ações repetidas de *sprints* de uma forma similar ao jogo de futebol (DI MASCIO *et al.*, 2015; GIRARD *et al.*, 2011).

Alguns dos parâmetros envolvidos na produção de potência e velocidade pelo sistema neuromuscular através de *sprints* já foram investigados (CHELLY; DENIS, 2001; DELECLUSE, 1997; KORHONEN *et al.*, 2006; MORIN *et al.*, 2011; NELSON *et al.*, 2005). A potência e a velocidade de contração são dependentes de parâmetros histoquímicos (número de fibras do tipo IIx, atividade da miosina ATPase, creatina fosfato intramuscular, etc.), morfológicos (massa muscular, volume e espessura muscular) e, ainda, de variáveis de arquitetura muscular (área de secção transversa,

ângulo de penação e comprimento de fascículo) (ABE *et al.*, 2001; KUMAGAI *et al.*, 2000; KUMMEL *et al.*, 2018; PAREJA-BLANCO *et al.*, 2016; ZARAS *et al.*, 2016).

Embora esses parâmetros estejam associados com a produção de potência e velocidade, existem lacunas a serem investigadas. Existe uma carência de estudos que investiguem o efeito da arquitetura muscular de membros inferiores sobre a produção de potência e velocidade no contexto do futebol, uma vez que, para o melhor de nosso conhecimento, ainda que estudos anteriores tenham investigado a influência de parâmetros morfológicos e arquitetura muscular nos *sprints* (ABE *et al.*, 2001; KUMAGAI *et al.*, 2000), nenhum estudo foi realizado com atletas de esportes coletivos. Adicionalmente, é importante destacar que não identificamos nenhum estudo prévio que tenha investigado a relação entre os parâmetros morfológicos e de arquitetura muscular com a RSA.

Por todo o exposto, o presente estudo teve como objetivo investigar a relação de parâmetros morfológicos e da arquitetura muscular com o desempenho de sprints e RSA. Hipotetiza-se que MM, EM, AP e CF apresentem correlação negativa com o tempo de *sprints* (melhor *sprint* e tempo total de *sprints*).

2. OBJETIVOS

Verificar a correlação entre parâmetros morfológicos e de arquitetura muscular de membros inferiores (massa muscular (MM), espessura muscular (EM), comprimento de fascículo (CF) e ângulo de penação (AP) dos músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL), bíceps femoral cabeça longa (BF), gastrocnêmio medial (GM) e gastrocnêmio lateral (GL) com o desempenho de *sprints* e RSA em jogadores de futebol profissional.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DEMANDAS DO JOGO

O futebol e suas variações (futsal e futebol 7) são esportes coletivos similares. Apesar disso, essas modalidades apresentam diferenças que impactam e alteram as demandas físicas impostas durante uma partida, além de acarretarem em diferenças de parâmetros de aptidão dos atletas envolvidos (GOROSTIAGA *et al.*, 2009).

A partir da observação de parâmetros físicos durante uma partida, é possível verificar as demandas específicas do jogo e identificar quais parâmetros físicos são determinantes para o desempenho na modalidade. Atualmente, são utilizados diversos parâmetros de carga externa, tais como a distância total (km) e relativa ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$) percorridas por jogador ao longo da partida, a velocidade de deslocamento e o número de *sprints* (BALDI *et al.*, 2017; CASTAGNA *et al.*, 2009; DI SALVO *et al.*, 2009; VIEIRA *et al.*, 2019); assim como de cargas internas, como consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$), frequência cardíaca (FC), cortisol, lactato, creatina quinase, percepção subjetiva de esforço (ÁLVAREZ *et al.*, 2009; IMPELIZZERI *et al.*, 2004; MILANEZ *et al.*, 2011), de forma a identificar as respostas fisiológicas às demandas do jogo.

Outro aspecto observado é a diferença de *performance* entre o primeiro e o segundo tempo de partida. Esse fenômeno tem sido observado, notando-se no futebol de campo uma queda no desempenho físico no decorrer da partida (distância percorrida de 6km no 1º tempo vs. 5km percorridos no 2º tempo) (REILLY *et al.*, 2008). Além disso, foi observado por Mohr *et al.* (2008) que em atletas femininas de futebol os deslocamentos em alta intensidade reduzem entre 25-57% nos últimos 15 minutos de partida. Ainda, foi examinado que atletas de elite percorrem maiores distâncias, sobretudo em altas intensidades, quando comparadas a atletas de alto nível, dessa forma, evidenciando uma diferença de desempenho significativa entre diferentes níveis competitivos.

Em relação ao volume de *sprints* executado durante uma partida, Castagna *et al.* (2009) investigaram as demandas coletivas de uma equipe de futsal e observaram que os jogadores percorrem, em média, $105\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ durante o jogo. Ainda foi constatado que os atletas realizavam *sprints* por um período correspondente a 5% do total do jogo e cada *sprint* ocorria em média a cada 79 segundos. Por outro lado, no

futebol, apesar da média da distância percorrida ser maior em comparação ao futsal (10-11km vs. 3-4km), há menos trocas de direção e deslocamentos em alta intensidade no futebol (DI SALVO *et al.*, 2009; MILIONI *et al.*, 2016). Além disso, em estudo comparando atletas de futebol e futsal (GOROSTIAGA *et al.*, 2009), os atletas de futebol apresentaram melhor capacidade cardiorrespiratória do que os atletas de futsal, de forma que, durante um teste progressivo de esforço máximo em esteira, obtiveram respostas levemente inferiores de aumento de FC e lactato sanguíneo para mesmas velocidades que atletas de futsal. Também, os atletas de futebol apresentaram maiores níveis de força no exercício de meio agachamento e altura de salto, além de menores tempos em *sprints* de 0-5m e 0-15m de distância.

3.2 SPRINTS E A HABILIDADE DE REPETIR SPRINTS

Embora não haja um consenso na literatura em relação a velocidade mínima de um esforço para ser considerado um *sprint*, adotaremos as faixas estabelecidas por Barnes *et al.* (2014), cujas faixas de deslocamento são classificadas em: em pé (0 – 0,6 km.h⁻¹), caminhando (0,7 – 7,1 km.h⁻¹), corrida leve (7,2 – 14,3 km.h⁻¹), corrida (14,4 – 19,7 km.h⁻¹), corrida de alta intensidade (19,8 – 25,1 km.h⁻¹) e *sprint* (> 25,1 km.h⁻¹), respectivamente. Adicionalmente, foi verificado que ao longo das últimas duas décadas as demandas do jogo (i.e. futebol) foram modificadas. Embora a maior parte dos deslocamentos em uma partida ainda seja caracterizado por esforços cujo sistema aeróbico é a principal via metabólica utilizada, foi observado um aumento de deslocamentos em corrida de alta intensidade e *sprints*, sendo que as ações precedentes ao gol foram em alta intensidade (BARNES *et al.*, 2014).

Dessa forma, a habilidade de executar esforços em alta intensidade é de grande importância nas ações decisivas do jogo, sobretudo em condições nas quais existem altos níveis de fadiga. Sendo assim, a habilidade de repetir *sprints* (i.e. RSA) é um indicador de desempenho relevante no contexto do jogo, visto que está presente em ações que precedem os gols. A RSA é a capacidade de realizar *sprints* repetidos, caracterizados por esforços máximos ou próximos ao máximo separados por um curto período de tempo. Assim, a RSA divide-se em *sprint* intermitente, que é caracterizado por esforços de até 10 segundos, separados por intervalos entre 60-300 segundos; e exercício de *sprint* repetido (i.e. RSE), definido por esforços de até 10 segundos, separados por intervalos de até 60 segundos (GIRARD *et al.*, 2011). A RSA é avaliada

através da execução de *sprints* repetidos, executados em sequência similar a especificidade da modalidade cuja avaliação é aplicada (CASTAGNA *et al.*, 2008; IMPELIZZERI *et al.*, 2008; RIISER *et al.*, 2018), uma vez que o teste realizado necessita de especificidade, confiabilidade e reprodutibilidade para ser considerado um teste adequado (DI MASCIO *et al.*, 2015).

Na avaliação da habilidade de *sprints* repetidos, são utilizados o índice de fadiga (IF) e o decremento de *sprints* (Sdec). Conforme estudo de Glaister *et al.* (2008), cujo objetivo foi comparar qual dos métodos utilizados de maneira recorrente na literatura seria o melhor método para avaliar a fadiga encontrada em testes de *sprints* repetidos, foram testadas oito formas diferentes de calcular a fadiga durante os *sprints* repetidos e apenas uma equação não apresentou boa validade. No entanto, a fórmula 4 do estudo (Fadiga = $[100 \times (\text{tempo total de } \textit{sprints} \div \text{tempo ideal de } \textit{sprint})] - 100$) parece ser a mais aplicável, pois considera dados de todos os *sprints* do teste, além de oferecer confiabilidade e apresentar validade ecológica. Ademais, em testes de RSA, como, por exemplo, o *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST), também é realizado o cálculo do IF, calculado a partir da potência produzida durante cada *sprint* e seu somatório (ZAGATTO *et al.*, 2009).

3.3 ARQUITETURA MUSCULAR E DESEMPENHO

A velocidade de contração muscular está relacionada a fatores histoquímicos (i.e. número de fibras do tipo IIx, atividade da miosina ATPase, creatina fosfato intramuscular, etc.), bem como a arquitetura muscular. Dessa forma, a literatura recente reporta que variáveis de arquitetura muscular, tais quais comprimento de fascículo, ângulo de penação, espessura muscular, volume muscular, área de secção transversa e área de secção transversa fisiológica, estão associadas com a força muscular e a velocidade de encurtamento muscular (ABE *et al.*, 2001; BLAZEVIICH *et al.*, 2009; CORMIE *et al.*, 2011; FUKUMOTO *et al.*, 2012; GERSTNER *et al.*, 2017; KUMAGAI *et al.*, 2000; PALMER *et al.*, 2014; SOPHER *et al.*, 2017; WATANABE *et al.*, 2018; ZARAS *et al.*, 2016).

Nesse contexto, o comprimento de fascículo é um parâmetro de arquitetura cuja relação com o desempenho em *sprints* está reportado na literatura. Em estudo de Abe *et al.* (2001), foram analisados através de ultrassonografia os comprimentos de fascículos de 26 atletas femininas de elite da modalidade de 100m rasos e

comparadas a um grupo controle composto por 22 mulheres. Após a comparação entre os grupos, verificou-se que as atletas de elite apresentaram maiores comprimentos de fascículos de VL e GL que as participantes do grupo controle, o que corrobora com a hipótese de que maiores comprimentos de fascículos estão associados ao melhor desempenho de *sprints*.

Outro aspecto importante da arquitetura muscular é o ângulo de penação dos fascículos. Em um estudo de revisão de Cormie *et al.* (2011), reportou-se a influência do ângulo de penação na produção de força máxima. Conforme o número de sarcômeros em paralelo aumenta, maior será o ângulo de penação de um músculo, o que, em última análise, gera uma maior produção de força muscular máxima. No mesmo estudo, também é abordada a questão da área de secção transversa (AST) e sua influência sobre a força muscular. É reportado que maiores AST estão associadas com uma maior expressão de força muscular máxima. Além disso, em maiores AST também são encontrados maiores valores de potência muscular em decorrência do aumento da força muscular.

De forma complementar, o estudo de Kumagai e *et al.* (2000) investigou o desempenho de *sprints* em atletas masculinos de 100m rasos e parâmetros de arquitetura muscular. Verificou-se que os atletas com maior espessura muscular de gastrocnêmio lateral apresentaram melhores tempos de *sprints*. Nesse mesmo estudo, os participantes foram alocados em dois grupos: S11 (tempo de 100m entre 11 e 11,7s) e S10 (tempo de 100m entre 10 e 10,9s). Foi observada maior espessura muscular de gastrocnêmio lateral no grupo S10 comparado ao S11; o grupo S10 também apresentou menores ângulos de penação no músculo vasto lateral, gastrocnêmio medial e gastrocnêmio lateral; o comprimento de fascículo no grupo S10 também foi significativamente maior no músculo vasto lateral, gastrocnêmio medial e gastrocnêmio lateral.

Embora estudos prévios demonstrem haver relação entre arquitetura muscular e potência e força muscular, não está clara a relação entre arquitetura muscular e fadiga em atletas de futebol.

3.4 FADIGA

De acordo com definição da literatura, a fadiga induzida por exercício pode ser definida como um prejuízo no desempenho do exercício físico e inclui um aumento no

esforço percebido necessário para a realização daquele exercício, assim como, eventualmente, na inabilidade de produzir determinada força ou potência (ENOKA; CHATEAU, 2008).

A fadiga é proveniente da soma de fatores tanto centrais quanto periféricos. A fadiga central pode ser compreendida como a fadiga proveniente do sistema nervoso central (SNC), a qual é caracterizada por um prejuízo de transmissão sináptica do SNC para o sistema neuromuscular. Isto é, a fadiga central é definida por um declínio voluntário da ativação das unidades motoras (U.M.'s) recrutadas nas fases iniciais de produção de força muscular. A fadiga central pode ter origem em função do enfraquecimento do comando central ocasionado pelo declínio da excitação supraespinal gerada pelo córtex motor. Outro fator em nível espinal pode ser o acúmulo de neurotransmissores, afetando a percepção e realização de esforço (i.e. mecanismos relacionados a via serotoninérgica e dopaminérgica). Em nível espinal, a fadiga é resultado dos aferentes inibitórios (fibras do tipo III e IV) e dos fusos musculares (fibras tipo Ia e II). A avaliação da fadiga central é feita através de técnicas como *interpolated twitch technique* (ITT) e estimulação magnética transcraniana (BOYAS; GUÈVEL, 2011; TWOMEY *et al.*, 2017).

Em contrapartida, a fadiga periférica caracteriza-se por prejuízos de desempenho no músculo e por apresentar um ponto final metabólico. A fadiga periférica é constituída por alterações nos mecanismos de excitação-acoplamento, redução da eficiência da transmissão sináptica na junção neuromuscular e acúmulo de metabólitos intramusculares (BOYAS; GUÈVEL, 2011; MEEUSEN; ROELANDS, 2018).

Com relação à manifestação e duração da fadiga, ela pode ser aguda, isto é, caracterizada pela perda de desempenho em determinada tarefa até a cessação por incapacidade de gerar determinado esforço e é dependente da tarefa. Contudo, essa perda de desempenho pode ser revertida após um período de recuperação. Por outro lado, a fadiga crônica pode ser descrita como um acúmulo de fadiga (fadiga residual) por um período prolongado de tempo, sendo que, além da carga de treinamento, pode ser influenciada por outros fatores, como, por exemplo, baixos níveis de glicogênio, desidratação, anemia, fatores psicológicos, processos inflamatórios e *overtraining* (TWOMEY *et al.*, 2017).

Neste contexto, diversas formas de avaliação da fadiga neuromuscular têm sido reportadas. A avaliação da fadiga central é realizada através de técnicas como

interpolated twitch technique (ITT) e estimulação magnética transcraniana. Por outro lado, a avaliação de fadiga periférica é realizada através de eletroestimulação e eletromiografia (BOYAS; GUÈVEL, 2011; TWOMEY *et al.*, 2017).

No contexto de uma partida de futebol, a fadiga apresenta-se por prejuízos bioenergéticos e neuromusculares, culminando na deterioração do desempenho físico, técnico e tático, além de expor os atletas a um risco aumentado de lesão (BENGTSSON *et al.*, 2013; DAL PUPO *et al.*, 2014; DAL PUPO *et al.*, 2016; MILIONI *et al.*, 2016). A deterioração do desempenho pode ser avaliada utilizando métodos não-invasivos, através de contrações isométricas ou dinâmicas entre outras formas (e.g. testes isocinéticos, saltos, *sprints* repetidos, etc.) (FROYD *et al.*, 2013; TWOMEY *et al.*, 2017).

Recentemente, a avaliação da fadiga aguda e crônica tem sido avaliada através de testes de saltos verticais. Gathercole *et al.* (2015) investigaram a avaliação e o monitoramento dos níveis de fadiga através do desempenho de saltos horizontais (SJ, CMJ, DJ) e *sprints* de 20m pré- e pós-*Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2* (Yo-Yo IR2) e nos períodos subsequentes ao teste de 24h, 48h e 72h. Dos testes aplicados para mensuração da fadiga, o CMJ foi o teste que apresentou maior repetibilidade para avaliar a fadiga aguda e crônica. Dessa forma, a avaliação de fadiga através de saltos tem a vantagem de ser não-invasivo, confiável, prático, seguro e de baixo custo financeiro.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 PROBLEMAS DE PESQUISA

Qual dos parâmetros morfológicos e de arquitetura muscular (MM, EM, CF e θ) de membros inferiores apresentará correlação com o tempo de *sprints* [melhor *sprint* (10 e 30m) e tempo total de *sprints*]?

4.2 HIPÓTESES

Espera-se que MM, EM, CF e AP apresentem correlação negativa com o tempo de *sprints* [melhor *sprint* (10 e 30m) e tempo total de *sprints*].

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo caracteriza-se por ser um estudo transversal com amostra não-probabilística e voluntária.

4.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população do presente estudo foi constituída por 24 atletas profissionais de futebol do sexo masculino, com idades entre 18 e 35 anos.

4.5 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO DA AMOSTRA

- Futebolistas de nível profissional do sexo masculino com idades entre 18 e 35 anos;
- Não apresentar lesão musculoesquelética ou qualquer incapacidade ou limitação que impeça a realização de exercício físico no momento dos testes.
- Responder negativamente a todas as perguntas do Questionário de Prontidão de Atividade Física (PAR-Q – APÊNDICE 2).

4.6 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO DA AMOSTRA

- Futebolistas que não fossem profissionalizados, com idade abaixo de 18 anos ou acima de 35 anos;
- Ter apresentado lesão musculoesquelética ou qualquer incapacidade ou limitação que impeça a realização de exercício físico no momento dos testes;
- Ter indicado uma resposta SIM no Questionário de Prontidão de Atividade Física (PAR-Q – APÊNDICE 2).

4.7 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS

4.7.1 Variáveis de caracterização da amostra

- Idade (anos);
- Estatura (m);
- Massa corporal (MC);
- Índice de massa corporal (IMC);
- Composição corporal (%gordura).

4.7.2 Variáveis Independentes

- Massa muscular de membros inferiores (MM);
- Espessura muscular (EM) de BF, VL, RF, GL e GM;
- Ângulo de penação (AP) de BF, VL, GL e GM;
- Comprimento de fascículo (CF) de BF, VL, GL, GM.

4.7.3 Variáveis Dependentes

- Tempo de melhor *sprint* 10m;
- Tempo de melhor *sprint* 30m;
- Tempo total de *sprints*;
- Decremento de *sprints* (Sdec).

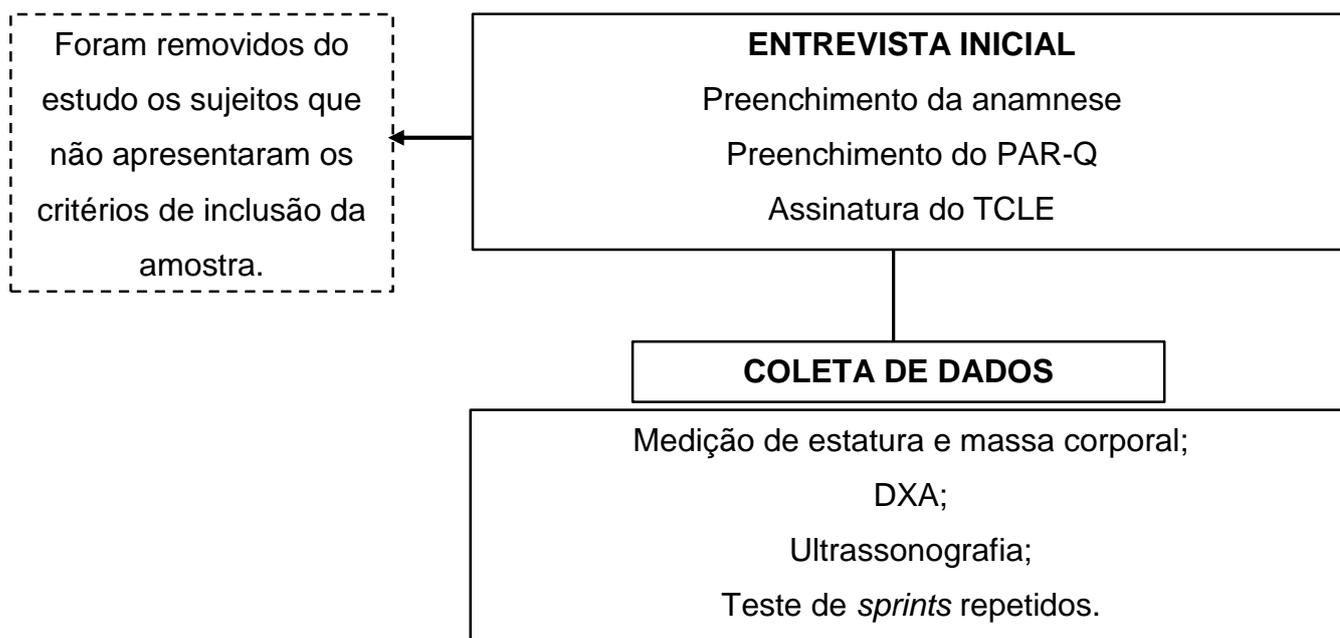
4.8 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

4.8.1 Procedimentos Éticos

Todos os participantes foram informados sobre os objetivos do presente estudo, seus riscos e benefícios previamente à assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Posteriormente, todos os participantes do estudo assinaram o TCLE (Apêndice 3). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CAAE: 24485019.2.0000.5347).

4.8.2 Desenho Experimental

Figura 1 - Desenho experimental do estudo



PAR-Q = Questionário de Prontidão para Atividade Física; TCLE = Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; DXA = densitometria por absorção de raios-X de dupla energia

A coleta de dados foi constituída por uma única visita ao Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX-UFRGS) com duração entre 45 a 90 minutos.

4.9 AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS

4.9.1 Variáveis Antropométricas

- Estatura

A estatura dos participantes foi mensurada por meio de estadiômetro (Urano – PS 180, Brasil). A resolução de medida do estadiômetro é 0,1cm.

- Massa corporal

A massa corporal foi mensurada a partir de uma balança digital (Urano – PS 180, Brasil). A resolução de medida da balança é de 0,01kg.

- Composição corporal

A composição corporal (tecido adiposo e massa livre de gordura total e regional) foi avaliada por DXA (Hologic Discovery W, EUA). Durante a avaliação os participantes foram posicionados em decúbito dorsal, alinhados e centralizados na mesa de exame com quadris e ombros estendidos para dar início ao escaneamento corporal. Os participantes foram instruídos a vestirem roupas leves, as quais permitissem o adequado escaneamento corporal, e que não portassem objetos metálicos. O equipamento foi calibrado antes de cada escaneamento de acordo com as especificações do fabricante.

4.9.2 Variáveis de Arquitetura Muscular

A arquitetura muscular foi avaliada através de ultrassonografia com a captura das imagens obtida em B-modo (ganho: 90d e profundidade: 70mm) por um aparelho de ultrassom (Nemio XG, Toshiba, Japão) a partir de uma sonda linear de 9,5 MHz (38 mm de largura). Foram avaliadas a EM [BF (cabeça longa), VL, RF, GL e GM], o CF [BF (cabeça longa), VL, GL e GM] e o AP [BF (cabeça longa), VL, GL e GM] da perna direita. Previamente a avaliação, os atletas permaneceram 10 minutos em decúbito dorsal com os membros inferiores estendidos e relaxados com a finalidade de estabilizar os fluidos corporais (ARROYO *et al.*, 2018). Foi utilizado um gel à base d'água, que promove um contato acústico sem a necessidade de causar pressão

sobre a pele, o qual foi aplicado sobre o local da avaliação. O transdutor foi posicionado perpendicularmente à musculatura avaliada para a captura de imagem de EM e, posteriormente, a sonda foi horizontalizada para a obtenção da imagem de AP e CF. Todas as imagens foram obtidas pelo mesmo avaliador.

O ponto para avaliação do músculo RF foi marcado em 2/3 da distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur (CHILIBECK *et al.*, 2004) e para o músculo VL foi usado o ponto médio entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur (KUMAGAI *et al.*, 2000). O ponto para a avaliação da cabeça longa do músculo BF foi o ponto médio entre a tuberosidade isquiática e a borda superior da cabeça da fíbula (RIBEIRO-ALVARES *et al.*, 2018). Para os gastrocnêmios, foi marcada a distância proximal de 30% entre o maléolo da fíbula e o côndilo lateral da tíbia. Os pontos foram marcados com caneta dermatográfica (KUMAGAI *et al.*, 2000). Foram capturadas três imagens de cada músculo nos pontos marcados. As imagens foram analisadas através do *software Image-J* (versão 1.37, National Institutes of Health, Estados Unidos da América). Todas as imagens foram capturadas pelo mesmo avaliador.

As EM dos músculos RF e VL foram avaliadas a partir da distância entre o tecido adiposo subcutâneo e a aponeurose do músculo VI; quanto a espessura do músculo BF (cabeça longa), foi considerada a maior distância entre a aponeurose profunda e a aponeurose superficial; para o GM, foi analisada a maior distância entre o tecido adiposo subcutâneo e a aponeurose do músculo GL; para o músculo GL, foi considerada a maior distância entre a aponeurose do músculo GM e o tecido adiposo subcutâneo (CHEN *et al.*, 2011; FUKUMOTO *et al.*, 2012; KUMAGAI *et al.*, 2000; KUMMEL *et al.*, 2018).

Para a medida do CF, foi traçada uma linha reta entre a aponeurose superior e inferior sobre os fascículos dos músculos, o comprimento da linha foi considerado o CF. Para os músculos VL e BF, foram adotadas técnicas distintas de avaliação do CF (BLAZEVIICH; GILL; ZHOU, 2006; FRANCHI *et al.*, 2019). Para o músculo VL, foi adotada a equação de extrapolação geométrica utilizada por Blazevich *et al.* (2006), na qual:

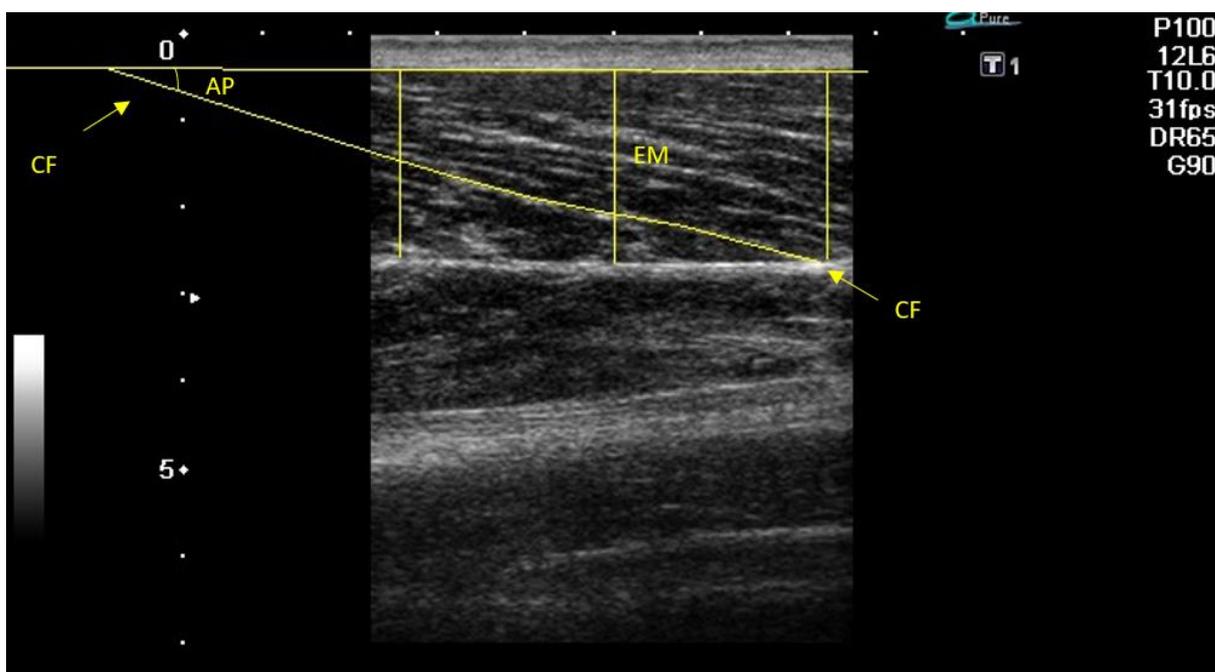
$$CF = \sin(\gamma + 90^\circ) \times EM \div \sin(180^\circ - (\gamma + 180^\circ - \theta))$$

γ = ângulo entre aponeuroses superficial e profunda; EM = espessura muscular; θ = ângulo de penetração.

Para análise de CF de BF, foi utilizada a extrapolação linear manual (*manual linear extrapolation* – MLE) conforme estudo de Franchi *et al.* (2019). Ademais, foram avaliados três fascículos em cada imagem, sendo que a média dos três foi utilizada para a estimativa de CF.

O AP dos músculos foi considerado a partir do ângulo formado pelos fascículos e a aponeurose profunda.

Figura 2 – Imagem ultrassonográfica de bíceps femoral



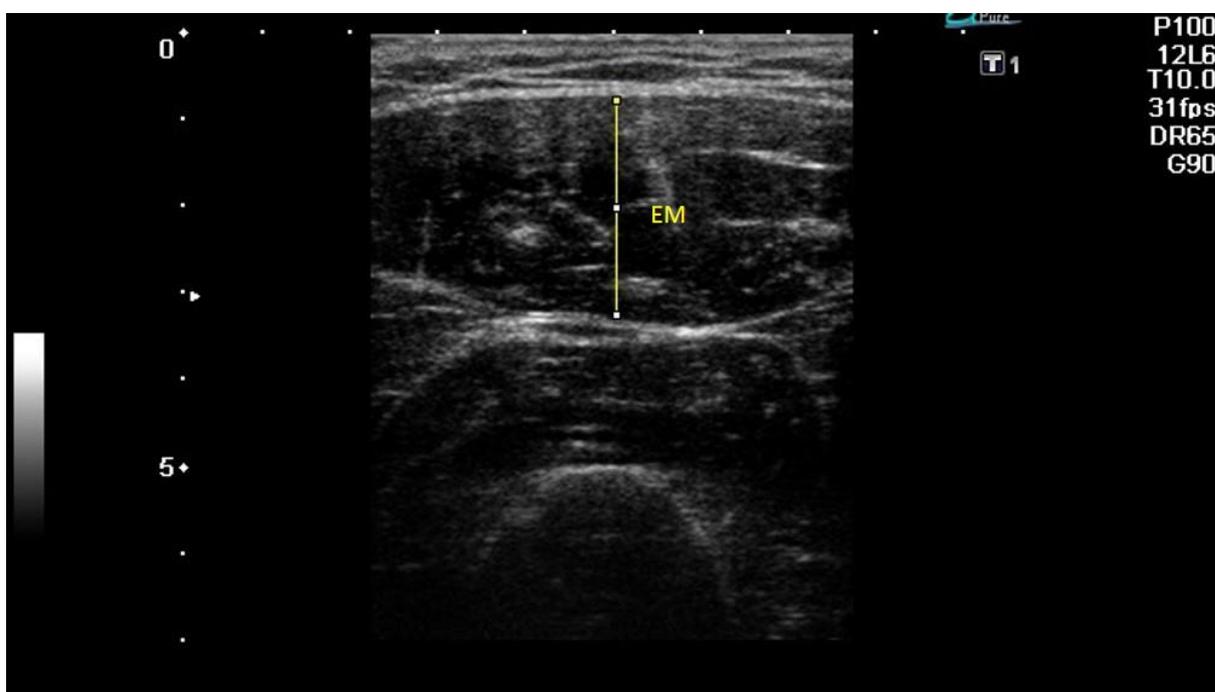
EM = espessura muscular; CF = comprimento de fascículo; AP = ângulo de penação.

Figura 3 – Imagem ultrassonográfica de vasto lateral

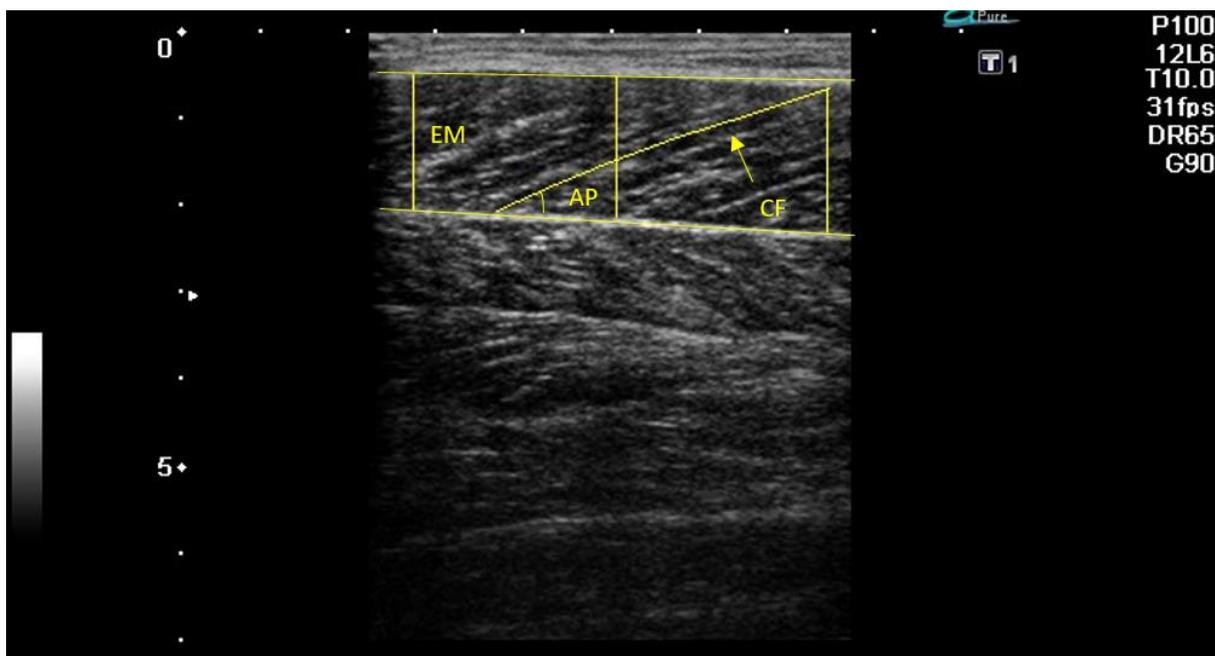


EM = espessura muscular; CF = comprimento de fascículo; AP = ângulo de penação.

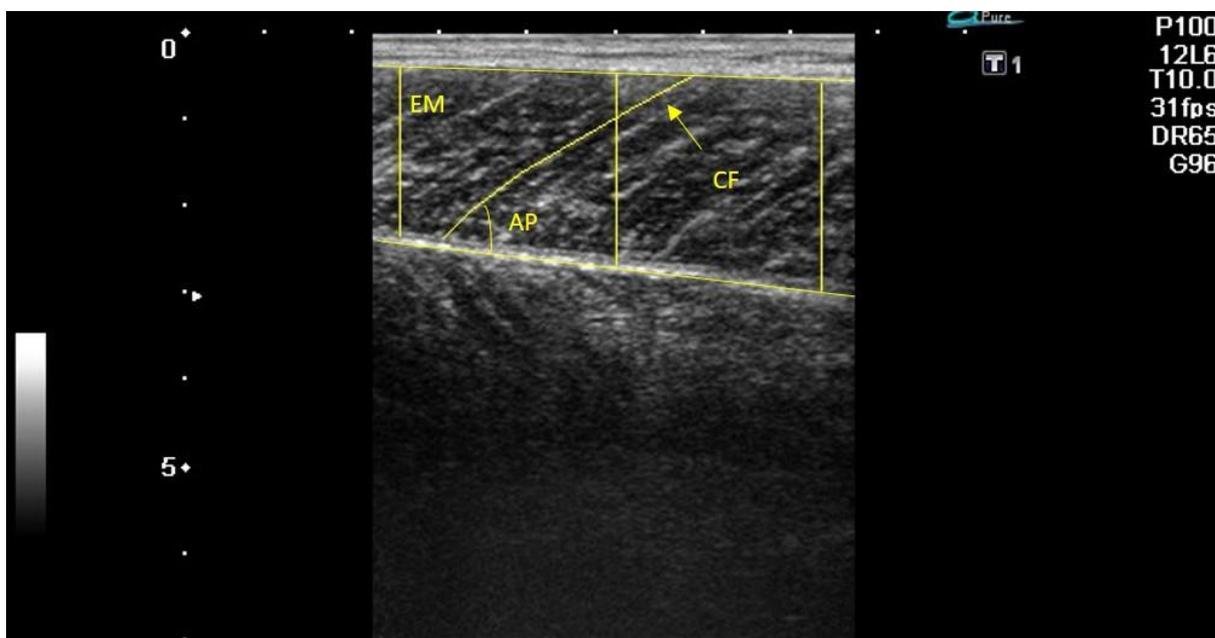
Figura 4 – Imagem ultrassonográfica de reto femoral



EM = espessura muscular.

Figura 5 – Imagem ultrassonográfica de gastrocnêmio lateral

EM = espessura muscular; CF = comprimento de fascículo; AP = ângulo de penetração.

Figura 6 – Imagem ultrassonográfica de gastrocnêmio medial

EM = espessura muscular; CF = comprimento de fascículo; AP = ângulo de penetração.

4.9.3 Variáveis Funcionais – Teste de *sprints* repetidos (RSA)

Foi demarcada uma linha de 30m (figura 7) com cones posicionados ao início e ao fim do trajeto. Adotando uma postura de saída em dois pontos, os participantes foram instruídos a posicionarem-se 50cm atrás da linha de início do trajeto a ser percorrido. Após a autorização para a partida, o participante foi instruído a realizar o percurso de maneira mais rápida possível; após o final, recomendou-se desacelerar progressivamente e posicionar-se novamente na linha de início para realizar novamente o trajeto. Foi dado estímulo verbal aos participantes durante todos os *sprints* ao longo do teste. O processo foi realizado por 6 vezes, totalizando 6 *sprints* de 30m com recuperação ativa de 30" entre *sprints* (MUJIKI *et al.*, 2009; PYNE *et al.*, 2008; SPENCER *et al.*, 2011). O tempo foi registrado com o uso de fotocélulas (CEFISE, Brasil), que foram posicionadas na linha de início, na linha de 10m e na linha final do trajeto (30m).

O tempo foi registrado a cada *sprint* e a soma de todos os *sprints* ao final do teste. Para efeito de desempenho, foi utilizado o melhor tempo de *sprint* e o tempo total dos *sprints*. O índice de fadiga foi avaliado através do cálculo de decremento dos *sprints* (S_{dec} – *sprint decrement*), obtido a partir de fórmulas validadas em estudos prévios (GLAISTER *et al.*, 2008; GLAISTER *et al.*, 2010; TORRES-TORRELO *et al.*, 2018).

No presente estudo, foi adotada a fórmula de decremento de *sprints* (S_{dec}) para avaliar o prejuízo da fadiga no tempo de execução dos *sprints*.

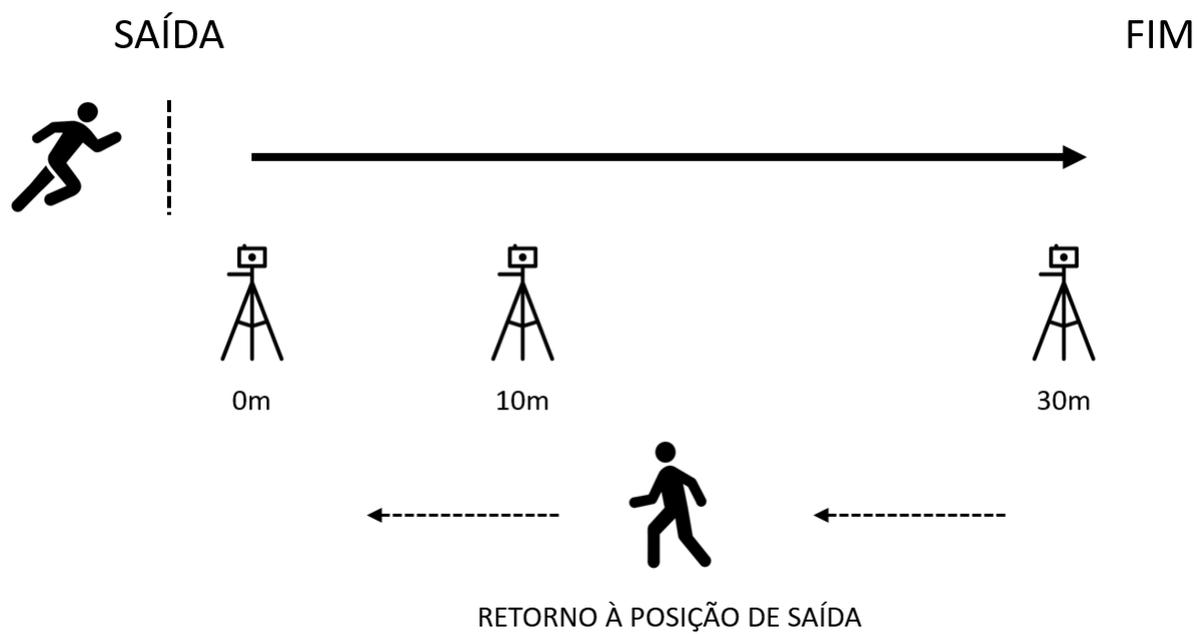
O S_{dec} foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Fadiga} = [100 \times (\text{tempo total de } \textit{sprints} \div \text{tempo ideal de } \textit{sprint})] - 100$$

Onde:

$$\text{Tempo total de } \textit{sprints} = \sum \text{tempo de todos os } \textit{sprints}$$

$$\text{Tempo ideal de } \textit{sprint} = \text{tempo do melhor } \textit{sprint} \times n^{\circ} \text{ de } \textit{sprints}$$

Figura 7 – Imagem do teste de *sprints* repetidos

5. ANÁLISE DOS DADOS

5.1 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados de caracterização da amostra do estudo estão apresentados em média \pm desvio padrão. A normalidade das variáveis dependentes e independentes do estudo foram analisadas através do teste de Shapiro-Wilk. Após, as variáveis que arquitetura muscular que apresentaram distribuição normal foram correlacionadas com as variáveis dos testes funcionais através do teste de Pearson (r). As variáveis com distribuição não-normal foram analisadas através do teste de correlação de Spearman. O nível de significância adotado foi de $\alpha \leq 0,05$.

Para análise qualitativa da força das correlações (representadas por r), foram utilizados os valores estabelecidos por Akoglu (2018). Todas as análises foram realizadas utilizando o software SPSS 20.

Tabela 1 - Classificação qualitativa das correlações.

Coeficiente de correlação		CHAN YH (medicina)
+ 1	- 1	Perfeita
+ 0,9	- 0,9	Muito forte
+ 0,8	- 0,8	Muito forte
+ 0,7	- 0,7	Moderada
+ 0,6	- 0,6	Moderada
+ 0,5	- 0,5	Razoável
+ 0,4	- 0,4	Razoável
+ 0,3	- 0,3	Razoável
+ 0,2	- 0,2	Fraca
+ 0,1	- 0,1	Fraca
0	0	Nula

Fonte: Adaptado de Akoglu (2018).

6. RESULTADOS

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Os dados de caracterização da amostra são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Variáveis de caracterização da amostra (n=24)

Variável	Média ± DP
Idade (anos)	23,6 ± 4,7
Estatura (cm)	178,2 ± 6,5
Massa corporal (kg)	76,4 ± 8,5
IMC	24,0 ± 2,0
Percentual de gordura (%)	16,3 ± 3,5

Legenda: IMC = índice de massa corporal.

6.2 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E ARQUITETURA MUSCULAR

Os resultados morfológicos e a arquitetura muscular são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados dos parâmetros de arquitetura muscular

Variável	Músculo	Média ± DP
MM (kg)	Membros inferiores	27,48 ± 3,05
EM (mm)	BF	24,16 ± 3,11
	VL	24,11 ± 3,39
	RF	24,96 ± 3,23
	GL	16,63 ± 3,27
	GM	18,45 ± 2,68
CF (mm)	BF	80,21 ± 12,03
	VL	69,22 ± 12,10
	GL	50,36 ± 10,81
	GM	39,13 ± 6,12
AP (°)	BF	18,76 ± 3,68
	VL	18,73 ± 2,3
	GL	21,53 ± 3,30
	GM	32,01 ± 7,01

Legenda: MM = massa muscular de membros inferiores; EM = espessura muscular; CF = comprimento de fascículo; AP = ângulo de penação; BF = bíceps femoral; VL = vasto lateral; RF = reto femoral; GL = gastrocnêmio lateral; GM = gastrocnêmio medial.

6.3 SPRINTS E RSA

Os resultados dos *sprints* e RSA são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados de desempenho em *sprints*

	Média ± DP
<i>Sprint</i> 10m (s)	1,67 ± 0,07
<i>Sprint</i> 30m (s)	4,11 ± 0,13
<i>Sprints</i> total (s)	25,27 ± 0,87
<i>Sdec</i> (%)	4,87 ± 0,05

Legenda: *Sdec* = decremento da velocidade de *sprints*.

6.4 ASSOCIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR COM O DESEMPENHO DE SPRINTS

Na Tabela 5 são apresentadas as correlações da MM de membros inferiores com o desempenho de *sprints* de 10m, 30m e total, assim como o *Sdec*. A MM de membros inferiores apresentou correlações significativas moderadas com o tempo de *sprints* nas distâncias de 10m, 30m e no tempo total de *sprints* repetidos.

Tabela 5 - Correlações entre MM de membros inferiores com desempenho em *sprints* (n=24)

		MM
<i>Sprint</i> (10m)	R	,429*
	P	,037
<i>Sprint</i> (30m)	R	,454*
	P	,026
<i>Sprints</i> total	R	,438*
	P	,032
<i>Sdec</i> (%)	R	,097
	P	,652

Legenda: * correlação significativa $p < 0,05$. *Sdec* = decremento da velocidade em *sprints* repetidos.

6.4 ASSOCIAÇÃO DA ARQUITETURA MUSCULAR COM O DESEMPENHO DE SPRINTS

Abaixo são apresentados os resultados das correlações entre os parâmetros de arquitetura muscular e desempenho de *sprints*.

6.4.1 Espessura Muscular

Na tabela 6 estão apresentadas as correlações dos parâmetros de espessura muscular de BF, VL, RF, GL e GM com os parâmetros de desempenho funcional. Dessas análises, a EM de BF apresentou correlação moderada com o Sdec; a EM de VL apresentou correlação moderada com *sprint* (10m) e com tempo total de *sprints*.

Tabela 6 - Correlações entre EM e desempenho em *sprints* (n=24).

		BF	VL	RF	GL	GM
<i>Sprint</i> (10m)	r	-0,17	0,35	-0,162	0,221	0,155
	p	0,428	0,094	0,449	0,299	0,470
<i>Sprint</i> (30m)	r	0,157	,547*	-0,066	0,373	0,176
	p	0,465	0,006	0,76	0,072	0,411
<i>Sprints</i> total	r	-0,049	,488*	-0,168	0,29	0,158
	p	0,819	0,016	0,433	0,169	0,462
<i>Sdec</i> (%)	r	,418*	0,312	0,085	0,282	0,374
	p	0,042	0,138	0,692	0,182	0,072

* correlação significativa $p < 0,05$. Sdec = decremento da velocidade em *sprints* repetidos; BF = bíceps femoral cabeça longa; VL = vasto lateral; RF = reto femoral; GL = gastrocnêmio lateral; GM = gastrocnêmio medial.

6.4.2 Comprimento do Fascículo

Na tabela 7 são apresentadas as correlações entre CF do BF, VL, GL e GM com os parâmetros de desempenho de *sprints*. Dessas análises, apenas o CF do VL apresentou correlação significativa moderada com o desempenho de *sprint* de 30m.

Tabela 7- Correlações entre CF e desempenho em *sprints* (n=24).

		BF	VL	GL	GM
<i>Sprint</i> (10m)	r	-0,055	-0,118	-0,138	0,222
	p	0,800	0,580	0,520	0,296
<i>Sprint</i> (30m)	r	-0,01	,449*	-0,004	0,128
	p	0,962	0,028	0,985	0,550
<i>Sprints</i> total	r	0,02	0,298	-0,102	0,127
	p	0,928	0,157	0,636	0,553
<i>Sdec</i> (%)	r	-0,014	0,347	0,074	0,115
	p	0,947	0,096	0,732	0,592

* correlação significativa $p < 0,05$. Sdec = decremento da velocidade em *sprints* repetidos; BF = bíceps femoral cabeça longa; VL= vasto lateral; GL= gastrocnêmio lateral; GM= gastrocnêmio medial.

6.4.3 Ângulo de Penação

A tabela 8 apresenta as correlações entre o AP do BF, VL, RF, GL e GM com os parâmetros de desempenho de *sprints*. O AP de BF apresentou correlação significativa forte com Sdec ($r=0,617$).

Tabela 8- Correlações entre variáveis AP e desempenho em *sprints* (n=24).

		BF	VL	GL	GM
Sprint (10m)	r	-0,132	0,217	0,079	-0,175
	p	0,538	0,307	0,713	0,414
Sprint (30m)	r	0,032	0,102	0,097	-0,046
	p	0,881	0,635	0,653	0,832
Sprints total	r	-0,17	0,176	0,123	-0,038
	p	0,426	0,41	0,567	0,86
Sdec (%)	r	,617*	-0,05	0,341	0,286
	p	0,001	0,816	0,103	0,176

* correlação significativa $p<0,05$. Sdec = decremento da velocidade em *sprints* repetidos; BF= bíceps femoral cabeça longa; VL= vasto lateral; GL= gastrocnêmio lateral; GM= gastrocnêmio medial.

7. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar as relações entre parâmetros morfológicos e de arquitetura muscular de membros inferiores (i.e. MM, EM, CF e AP) dos músculos RF, VL, BF, GM e GL com o desempenho em *sprints* (10m, 30m) e RSA (6×30m) em jogadores de futebol. A principal descoberta do estudo foi que as variáveis morfológicas e de arquitetura muscular analisadas apresentaram correlações razoáveis-moderada ($0,429 < r < 0,617$; $p < 0,05$) com o desempenho de *sprints* e RSA.

Em relação às variáveis morfológicas e de arquitetura muscular avaliadas (MM, EM, CF e AP), o presente estudo observou resultados distintos em relação a estudos anteriores, os quais haviam apresentado correlações negativas entre as variáveis analisadas (e.g. MM, EM, CF e AP) com o desempenho de *sprints* (ABE *et al.*, 2001, 2018; AERENHOUTS *et al.*, 2012; MANGINE *et al.*, 2014; METHENITIS *et al.*, 2016; MONTE; ZAMPARO, 2019; PEREZ-GOMEZ *et al.*, 2008; STAFILIDIS; ARAMPATZIS, 2007; STOCK *et al.*, 2017).

Quanto à massa muscular, os resultados estabelecidos (Tabela 5) apontaram correlações positivas entre MM e tempo de *sprints* em 10m, 30m e tempo total, diferente do que foi hipotetizado inicialmente. Os resultados do presente estudo diferem em relação a estudos anteriores, os quais reportam efeito positivo da MM sobre o tempo de *sprints* tanto na fase de aceleração (10m) quanto na fase de velocidade máxima (>30m) (ABE *et al.*, 2018; AERENHOUTS *et al.*, 2012; CRONIN; SLEIVERT, 2005). Contudo, é importante expôr que no presente estudo a análise da variável de MM não foi ajustada para o percentual relativo à massa corporal total e o esporte estudado foi diferente (atletismo), o que pode auxiliar a justificar os resultados encontrados.

No mesmo sentido, é importante destacar o estudo de Abe *et al.* (2019), no qual os autores investigaram a associação longitudinal da MM e da composição corporal com o desempenho em *sprints* de 100m em atletas do sexo feminino. Através de uma análise longitudinal utilizando o método bayesiano, observou-se que ao longo do tempo, as variações no desempenho de *sprints* foram inversamente proporcionais com as mudanças na MM e diretamente proporcionais as alterações na gordura corporal. A ausência de uma análise longitudinal e o ajuste da análise estatística a

múltiplos fatores podem justificar a discrepância entre os resultados estabelecidos entre os diferentes estudos.

Em relação as correlações da EM com o desempenho de *sprints*, apenas VL apresentou correlações razoáveis a moderadas (Tabela 6) com o tempo de *sprints* de 30m e com o tempo total de *sprint* e BF com Sdec. Tal como os outros parâmetros analisados, esses resultados opõem-se a estudos anteriores (ABE *et al.*, 2018; KUMAGAI *et al.*, 2000; MONTE; ZAMPARO, 2019; STAFILIDIS; ARAMPATZIS, 2007). Torna-se importante destacar os resultados encontrados no estudo de Monte e Zamparo (2019), cujo escopo foi avaliar diferentes variáveis de arquitetura muscular e correlacioná-las com o melhor tempo de 100m, velocidade média e velocidade máxima em 20m em uma população de *velocistas* do sexo masculino. Os resultados de desempenho (em segundos) nos 100m apresentaram correlações negativas fortes em todos os músculos analisados (GL, GM, sóleo, VL, VM, VI e RF). Ainda, quando correlacionada a velocidade média e a velocidade máxima no *sprint* de 20m com a EM, foram apresentadas correlações razoáveis à forte ($-0,81 < r < -0,56$) (MONTE; ZAMPARO, 2019).

Quanto ao CF, apenas VL apresentou correlação razoável com *sprint* de 30m (tabela 7). Da mesma maneira que resultados encontrados em outras variáveis analisadas, as correlações de CF com desempenho de *sprints* foram opostas ao hipotetizado, conforme as evidências estabelecidas na literatura em estudos anteriores. Nesse contexto, o resultado do presente estudo contrapõe-se ao de estudos anteriores (KUMAGAI *et al.*, 2000; MONTE; ZAMPARO, 2019). Por exemplo, no estudo de Kumagai *et al.* (2000), no qual o CF do VL, GM e GL apresentaram correlações negativas moderadas ($r = -0,55$ e $r = -0,40$) com o tempo de *sprint* de 100m. Assim como em relação ao estudo de Monte e Zamparo (2019), o qual associaram o desempenho de *sprints* de 100m e velocidade máxima no *sprint* de 20m com CF de GL, GM, sóleo, VL, VM, VI e RF. Os resultados demonstram correlações moderadas ($r : -0,53$ e $r = 0,75$) com o melhor tempo em 100m e correlações moderadas ($r = 0,62$, $r = 0,75$) com a velocidade pico no *sprint* de 20m.

Nesta perspectiva, os resultados encontrados no presente estudo diferem-se de estudos anteriores e contrapõem-se à hipótese do estudo. Além disso, os resultados encontrados não corroboram com a hipótese de que maiores CF associariam-se a menores tempos de *sprint* (ABE *et al.*, 2001; KUMAGAI *et al.*, 2000) em jogadores de futebol quando executam *sprints* de 10m e 30m.

Com relação ao AP, a única variável que apresentou correlação significativa foi o AP de BF com o Sdec, conforme apresentado na Tabela 8. Esse resultado foi um achado do presente estudo, pois, até então, nenhum dos estudos anteriores havia correlacionado fadiga em RSA (expressa por Sdec) com AP. Entre os estudos prévios, o único que havia analisado a correlação entre AP e desempenho em *sprints* foi o estudo de Monte e Zamparo (2019), cujos resultados apontaram haver correlações negativas moderadas ($-0,7 < r < -0,5$) entre o AP dos músculos GL, GM, sóleo e VM e o tempo de *sprint* de 100m. Similarmente, foram encontradas correlações negativas moderadas ($-0,74 < r < -0,62$) entre o AP dos músculos GL, GM, sóleo, VL, VM, VI e RF.

Os resultados do presente estudo sugerem que as variáveis analisadas apresentam correlação positiva com o desempenho de *sprints* e RSA. Contudo, esses resultados devem ser interpretados com cautela, uma vez que: a) não houve ajuste para percentual de gordura e nem para massa livre de gordura nas correlações de MM com desempenho em *sprints*, o que pode ter influenciado nos resultados encontrados (ABE *et al.*, 2019); b) ainda em relação às variáveis de MM e EM, avaliações longitudinais poderiam influenciar a composição corporal, sobretudo tratando-se de atletas de futebol, nos quais são observadas mudanças de composição corporal ao longo de uma temporada (CARLING; ORHANT, 2010; MILANESE *et al.*, 2015; SILVESTRE *et al.*, 2006); c) outro fator importante que, no entanto, não foi abrangido no escopo do presente estudo são os níveis de força dos atletas, uma vez que influenciam diretamente no desempenho em *sprints*, conforme investigado em estudos anteriores (CRONIN; SLEIVERT, 2005; ISHØI *et al.*, 2019; STONE *et al.*, 2002); d) a experiência com o treinamento de *sprints* na população estudada pode ter influenciado os resultados encontrados no presente estudo, visto que os estudos anteriores investigaram populações de *sprinters*, os quais utilizam meios e métodos específicos para o desenvolvimento da velocidade linear, o que nem sempre ocorre com atletas de futebol (LEE; PIAZZA, 2009; RUMPF *et al.*, 2015, 2016); e) por fim, o tamanho amostral pode ser considerado uma limitação do estudo, contudo a avaliação de 24 atletas profissionais de futebol durante a pré-temporada sempre é um fator de positivo a se destacar devido a dificuldade de acesso a essa população.

8. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

O presente estudo investigou as correlações entre parâmetros morfológicos e de arquitetura muscular de membros inferiores (ex. MM, EM, CF e AP) dos músculos RF, VL, BF, GM e GL com o desempenho em *sprints* (10m, 30m) e RSA (6x30m) em jogadores de futebol profissional. Parâmetros morfológicos (MM) e de arquitetura muscular [EM (VL com *sprint* 30m e total e BF com Sdec), CF (VL com *sprint* 30) e AP (BF com Sdec)] apresentaram correlações positivas razoáveis à moderadas com o tempo de *sprints* e RSA. Dessa forma, os dados encontrados indicam que maiores valores de MM, EM, CF e AP parecem prejudicar o desempenho no tempo de *sprints* em distâncias de 10m e 30m e na RSA (6x30m) em atletas de futebol. Adicionalmente, os dados sugerem que quanto maior for AP do BF maior será a fadiga no teste de *sprints* repetidos.

Por fim, mais estudos são necessários para elucidar a influência de parâmetros morfológicos e arquiteturais no desempenho de *sprints* e *sprints* repetidos na população de atletas de futebol.

REFERÊNCIAS

- ABE, Takashi *et al.* Relationship between sprint performance and muscle fascicle length in female sprinters. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science**, v. 20, n. 2, p. 141–147, 2001.
- ABE, Takashi *et al.* Differences in 100-m sprint performance and skeletal muscle mass between elite male and female sprinters. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 59, n. 2, p. 304–309, 2018.
- ABE, Takashi *et al.* Longitudinal associations between changes in body composition and changes in sprint performance in elite female sprinters. **European Journal of Sport Science**, v. 20, n. 1, p. 100–105, 2019.
- AERENHOUTS, Dirk *et al.* Comparison of anthropometric characteristics and sprint start performance between elite adolescent and adult sprint athletes. **European Journal of Sport Science**, v. 12, n. 1, p. 9–15, 2012.
- AKOGLU, Haldun. User's guide to correlation coefficients. **Turkish Journal of Emergency Medicine**, v. 18, n. 3, p. 91–93, 2018.
- ARROYO, Elliott *et al.* Effects of supine rest duration on ultrasound measures of the vastus lateralis. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 38, n. 1, p. 155–157, 2018.
- BALDI, Marcelo *et al.* Repeated sprint ability in soccer players: Associations with physiological and neuromuscular factors. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 57, n. 1–2, p. 26–32, 2017.
- BARBERO-ALVAREZ, J. C. *et al.* Match analysis and heart rate of futsal players during competition. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 1, p. 63–73, 2008.
- BARNES, C. *et al.* The evolution of physical and technical performance parameters in the english premier league. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 13, p. 1095–1100, 2014.
- BENGTSSON, Hakan; EKSTRAND, Jan; HÄGGLUND, Martin. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 47, n. 12, p. 743–747, 2013.
- BILLAUT, François; BISHOP, David. Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. **Sports Medicine**, v. 39, n. 4, p. 257–278, 2009.
- BLAZEVICH, Anthony J. *et al.* Changes in muscle force-length properties affect the early rise of force in vivo. **Muscle and Nerve**, v. 39, n. 4, p. 512–520, 2009.

BLAZEVIICH, Anthony J.; GILL, Nicholas D.; ZHOU, Shi. Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. **Journal of Anatomy**, v. 209, n. 3, p. 289–310, 2006.

BOYAS, S.; GUÉVEL, A. Neuromuscular fatigue in healthy muscle: Underlying factors and adaptation mechanisms. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 54, n. 2, p. 88–108, 2011.

BRECHUE, William F. Structure-function Relationships that Determine Sprint Performance and Running Speed in Sport. **International Journal of Applied Sports Sciences**, v. 23, n. 2, p. 313–350, 2011.

CARLING, Christopher; ORHANT, Emmanuel. Variation in body composition in professional soccer players: Interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 5, p. 1332–1339, 2010.

CASTAGNA, Carlo *et al.* Match demands of professional Futsal: A case study. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 4, p. 490–494, 2009.

CASTAGNA, Carlo *et al.* Reliability characteristics and applicability of a repeated sprint ability test in young Male soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 6, p. 1538–1544, 2018.

CHELLY, Souhail M.; DENIS, Christian. Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 326–333, 2001.

CHEN, Trevor C. *et al.* Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 2, p. 211–223, 2011.

CHILIBECK, Philip D. *et al.* Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males and females. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 10, p. 1781–1788, 2004.

CORMIE, Prue; MCGUIGAN, Michael R.; NEWTON, Robert U. Developing Maximal Neuromuscular Power. **Sports Medicine**, v. 41, n. 1, p. 17–38, 2011.

CRONIN, John B.; HANSEN, Keir T. Strength and power predictors of sports speed. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 2, p. 349–357, 2005.

DAL PUPO, Juliano *et al.* The fatigue effect of a simulated futsal match protocol on sprint performance and kinematics of the lower limbs. **Journal of Sports Sciences**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 81–88, 2017.

DAL PUPO, Juliano; DETANICO, Daniele; SANTOS, Saray Giovana Dos. The fatigue effect of a simulated futsal match protocol on isokinetic knee torque production. **Sports Biomechanics**, v. 13, n. 4, p. 332–340, 2014.

DELECLUSE, C. Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. **Sports Medicine**, v. 24, n. 3, p. 147–156, 1997.

DI MASCIO, Michele; ADE, Jack; BRADLEY, Paul S. The reliability, validity and sensitivity of a novel soccer-specific reactive repeated-sprint test (RRST). **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 12, p. 2531–2542, 2015.

DI SALVO, V. *et al.* Analysis of high intensity activity in premier league soccer. **International Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 205–212, 2009.

ENOKA, Roger M.; DUCHATEAU, Jacques. Muscle fatigue: What, why and how it influences muscle function. **Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 11–23, 2008.

FRANCHI, Martino V. *et al.* Ultrasound-derived biceps femoris long head fascicle length: Extrapolation pitfalls. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 52, n. 1, p. 233–243, 2019.

FROYD, Christian; MILLET, Guillaume Y.; NOAKES, Timothy D. The development of peripheral fatigue and short-term recovery during self-paced high-intensity exercise. **Journal of Physiology**, v. 591, n. 5, p. 1339–1346, 2013.

FUKUMOTO, Yoshihiro *et al.* Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 4, p. 1519–1525, 2012.

GATHERCOLE, Rob *et al.* Alternative Countermovement-Jump Analysis to Quantify Acute Neuromuscular Fatigue. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 1, p. 84–92, 2015.

GERSTNER, Gena R. *et al.* Age-related reductions in muscle quality influence the relative differences in strength and power. **Experimental Gerontology**, v. 99, p. 27–34, 2017.

GIRARD, Olivier; MENDEZ-VILLANUEVA, Alberto; BISHOP, David. Repeated-sprint ability – Part I. **Sports Medicine**, v. 41, n. 8, p. 673–694, 2011.

GLAISTER, Mark *et al.* The Reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: An issue revisited. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 5, p. 1597–1601, 2008.

GLAISTER, Mark *et al.* Familiarization, reliability, and evaluation of a multiple sprint running test using self-selected recovery periods. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 12, p. 3296–3301, 2010.

GOROSTIAGA, Esteban M. *et al.* Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 4, p. 483–491, 2009.

IMPELIZZERI, Franco M. *et al.* Use of RPE-Based Training Load in Soccer. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 6, p. 1042–1047, 2004.

IMPELLIZZERI, Franco M. *et al.* Validity of a repeated-sprint test for football. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 11, p. 899–905, 2008.

ISHØI, Lasse; HÖLMICH, Per; THORBORG, Kristian. Measures of Hip Muscle Strength and Rate of Force Development Using a Fixated Handheld Dynamometer: Intra-Tester Intra-Day Reliability of a Clinical Set-Up. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 14, n. 5, p. 715–723, 2019.

JOHNSON, Doug L.; BAHAMONDE, Rafael. Power Output Estimate in University Athletes. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 161, 1996.

KARAMANIDIS, Kiros *et al.* Lower leg musculoskeletal geometry and sprint performance. **Gait and Posture**, v. 34, n. 1, p. 138–141, 2011.

KORHONEN, Marko T. *et al.* Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained athletes. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 3, p. 906–917, 2006.

KUMAGAI, Kenya *et al.* Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 3, p. 811–816, 2000.

KÜMMEL, J. *et al.* Conditioning hops increase triceps surae muscle force and Achilles tendon strain energy in the stretch-shortening cycle. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 28, n. 1, p. 126–137, 2018.

LEE, Sabrina S.M.; PIAZZA, Stephen J. Built for speed: Musculoskeletal structure and sprinting ability. **Journal of Experimental Biology**, v. 212, n. 22, p. 3700–3707, 2009.

MANGINE, Gerald T. *et al.* Influence of gender and muscle architecture asymmetry on jump and sprint performance. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 13, n. 4, p. 904–911, 2014.

MEEUSEN, Romain; ROELANDS, Bart. Fatigue: Is it all neurochemistry? **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 1, p. 37–46, 2018.

METHENITIS, Spyridon K. *et al.* Role of muscle morphology in jumping, sprinting, and throwing performance in participants with different power training duration experience. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 3, p. 807–817, 2016.

MILANESE, Chiara *et al.* Seasonal DXA-measured body composition changes in professional male soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 12, p. 1219–1228, 2015.

MILANEZ, Vinícius F. *et al.* The role of aerobic fitness on session rating of perceived exertion in futsal players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 6, n. 3, p. 358–366, 2011.

MILIONI, Fabio *et al.* Futsal match-related fatigue affects running performance and neuromuscular parameters but not finishing kick speed or accuracy. **Frontiers in Physiology**, v. 7, p. 1–10, 2016.

MOHR, Magni *et al.* Match Activities of Elite Women Soccer Players at Different Performance Levels. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 341–349, 2008.

MONTE, Andrea; ZAMPARO, Paola. Correlations between muscle-tendon parameters and acceleration ability in 20m sprints. **PLoS ONE**, v. 14, n. 3, p. 1–13, 2019.

MONTGOMERY, Paul G.; PYNE, David B.; MINAHAN, Clare L. The physical and physiological demands of basketball training and competition. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 5, n. 1, p. 75–86, 2010.

MORIN, Jean-Benoit; EDOUARD, Pascal; SAMOZINO, Pierre. Technical Ability of Force Application as a Determinant Factor of Sprint Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 9, p. 1680–1688, 2011.

MUJIKA, Iñigo *et al.* Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 14, p. 1581–1590, 2009.

NELSON, Arnold G. *et al.* Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 5, p. 449–454, 2005.

PALMER, Ty B *et al.* The relationship between passive stiffness and muscle power output: Influence of muscle cross-sectional area normalization. **Muscle and Nerve**, v. 49, n. 1, p. 69–75, 2014.

PALUCCI VIEIRA, Luiz Henrique *et al.* Match Running Performance in Young Soccer Players: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 49, n. 2, p. 289–318, 2019.

PAREJA-BLANCO, Fernando *et al.* Evolution of Determinant Factors of Repeated Sprint Ability. **Journal of Human Kinetics**, v. 54, n. 1, p. 115–126, 2016.

PEREZ-GOMEZ, Jorge *et al.* Role of muscle mass on sprint performance: Gender differences? **European Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 6, p. 685–694, 2008.

PÓVOAS, Susana C.A. *et al.* Physical and Physiological Demands of Elite Team Handball. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 26, n. 12, p. 3365–3375, 2012.

PYNE, David B. *et al.* Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 5, p. 1633–1637, 2008.

REILLY, Thomas; DRUST, Barry; CLARKE, Neil. Muscle Fatigue during Football Match-Play. **Sports Medicine**, v. 38, n. 5, p. 357–367, 2008.

RIBEIRO-ALVARES, Joao Breno *et al.* Four weeks of nordic hamstring exercise reduce muscle injury risk factors in young adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 5, p. 1254–1262, 2018.

RIISER, Amund *et al.* The Construct Validity of the CODA and Repeated Sprint Ability Tests in Football Referees. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 8, p. 619–624, 2018.

RUMPF, Michael C. *et al.* The effect of resisted sprint training on maximum sprint kinetics and kinematics in youth. **European Journal of Sport Science**, [s. l.], v. 15, n. 5, p. 374–381, 2015.

RUMPF, Michael C. *et al.* Effect of Different Sprint Training Methods on Sprint Performance over Various Distances: A Brief Review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 6, p. 1767–1785, 2016.

SILVESTRE, Ricardo *et al.* Body Composition and Physical Performance During a National Collegiate Athletic Association Division I Men's Soccer Season. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 962, 2006.

SOPHER, Ran S. *et al.* The influence of muscle pennation angle and cross-sectional area on contact forces in the ankle joint. **The Journal of Strain Analysis for Engineering Design**, v. 52, n. 1, p. 12–23, 2017.

SPENCER, Matt *et al.* Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: Specific to field-based team sports. **Sports Medicine**, v. 35, n. 12, p. 1025–1044, 2005.

SPENCER, Matt *et al.* Fitness determinants of repeated-sprint ability in highly trained youth football players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 6, n. 4, p. 497–508, 2011.

STAFILIDIS, Savvas; ARAMPATZIS, Adamantios. Muscle-tendon unit mechanical and morphological properties and sprint performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 9, p. 1035–1046, 2007.

STOCK, Matt S. *et al.* Echo intensity and muscle thickness as predictors Of athleticism and isometric strength in middle-school boys. **Muscle and Nerve**, v. 55, n. 5, p. 685–692, 2017.

SUGISAKI, Norihide *et al.* Associations Between Individual Lower-Limb Muscle Volumes and 100-m Sprint Time in Male Sprinters. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 2, p. 214–219, 2018.

TORRES-TORRELO, Julio *et al.* Effects of Resistance Training and Combined Training Program on Repeated Sprint Ability in Futsal Players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 7, p. 517–526, 2018.

TWOMEY, Rosie *et al.* Neuromuscular fatigue during exercise: Methodological considerations, etiology and potential role in chronic fatigue. **Neurophysiol Cli.**, v. 47, n. 2, p. 95-100, 2017.

WATANABE, Yuya *et al.* Association between echo intensity and attenuation of skeletal muscle in young and older adults: A comparison between ultrasonography and computed tomography. **Clinical Interventions in Aging**, v. 13, p. 1871–1878, 2018.

WISBEY, Ben *et al.* Quantifying movement demands of AFL football using GPS tracking. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 5, p. 531–536, 2010.

WISLØFF, U. *et al.* Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 3, p. 285–288, 2004.

ZAGATTO, Alessandro M; BECK, Wladimir R; GOBATTO, Claudio A. Validity of the Running Anaerobic Sprint Test for Assessing Anaerobic Power and Predicting Short-Distance Performances. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 6, p. 1820–1827, 2009.

ZARAS, Nikolaos D. *et al.* Rate of Force Development, Muscle Architecture, and Performance in Young Competitive Track and Field Throwers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 81–92, 2016.

APÊNDICE A - ANAMNESE CLÍNICA**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

Nome do Participante: _____

Data de avaliação: _____ Data de nascimento: _____

Idade: _____

Sexo: M () F ()

Profissão: _____

Peso (kg): _____ Altura (cm): _____ IMC (peso/altura²): _____

Classificação: _____

Membro superior dominante: Direito () Esquerdo ()

Membro inferior dominante: Direito () Esquerdo ()

QUESTÕES RELACIONADAS À SAÚDE

Apresenta problema de saúde? Sim () Não ()

Se sim, qual? (Descreva): _____

FATORES DE RISCO:

Possui alguma destas condições?

Doença cardiovascular () Hipertensão arterial () Diabetes () Varizes ()

Estresse () Colesterol (LDL elevado; HDL baixo) () Sobrepeso/obesidade ()

Alcoolismo () Tabagismo ()

Outra: _____

Possui algum destes fatores hereditários?

Doença Cardiovascular (): Parente(s) com menos de 60 anos ()

nº: _____

Hipertensão Arterial (): Parente(s) com menos de 60 anos ()

nº: _____

Acidente Vascular Cerebral (): Parente(s) com menos de 60 anos ()

nº: _____

Obesidade (): Parente(s) com menos de 60 anos ()

nº: _____

Diabetes () – TIPO 1 () TIPO 2 () : Parente(s) com menos de 60 anos ()

nº: _____

Câncer () : Parente(s) com menos de 60 anos ()

nº: _____

NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA ESPORTIVA:

Frequência semanal:

0-1x () 1-2x () 2-3x () 3-4x () 4-5x () 5-6x () 6-7x ()

Duração semanal (média de horas/semana):

Nunca () até 1h () 1h-1h30min () 1h30min a 2h () 2h a 2h30min ()

2h30 a 3h () 3h a 3h30min () 3h30min a 4h () 4h a 4h30min ()

4h30 a 5h () Mais que 5h ()

Duração das sessões de treinamento (média de horas/dia):

até 1h () 1h-1h30min () 1h30min a 2h () 2h a 2h30min () 2h30 a 3h ()

3h a 3h30min () 3h30min a 4h () 4h a 4h30 () 4h30 a 5h () Mais que 5h ()

Intensidade?

Leve () Leve a moderada () Moderada () Moderada a intensa ()

Intensa ()

Tempo de prática esportiva (anos):

0-1 () 1-2 () 2-3 () 3-4 () 4-5 () 5-6 () 6-7 () 7-8 () 8-9 () 9-10 ()

Mais que 10 anos ()

Quantidade de campeonatos disputados (anualmente):

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 ()

Nível dos campeonatos disputados:

Municipal:____ Estadual:____ Nacional:____ Internacional:____

Tempo/duração de temporada (anualmente):

0-1 meses () 1-2 meses () 2-3 meses () 3-4 meses () 4-5 meses ()
5-6 meses () 6-7 meses () 7-8 meses () 8-9 meses () 9-10 meses ()
Mais que 10 meses ()

Realizam pré-temporada?

Sim () Não ()

Se sim, quantas semanas?

0-1 () 1-2 () 2-3 () 3-4 () 4-5 () 5-6 () 6-7 () 7-8 () 8-9 () 9-10 ()
10-11 () 11-12 () Mais que 12 semanas () Entre 12-16 semanas ()
Mais que 16 semanas ()

Realizam aquecimento antes das partidas?

Sim () Não ()

Se sim, descreva brevemente:

Realiza alongamento/relaxamento antes e/ou depois das partidas?

Sim () Não ()

Se sim, descreva brevemente:

Tipo de atividade realizada ao longo dos treinamentos (descreva):

Atividade aeróbia ():

Atividades de força muscular ():

Atividade específica esportiva ():

Atividade técnica/táctica ():

Realiza atividades/exercícios físicos além da prática esportivas? Quais?

Descreva:

Frequência semanal:

0-1x () 1-2x () 2-3x () 3-4x () 4-5x () 5-6x () 6-7x ()

Duração diária? (horas/dias)

até 1h () 1h-1h30min () 1h30min a 2h () 2h a 2h30min () 2h30 a 3h ()

3h a 3h30min () 3h30min a 4h () 4h a 4h30 () 4h30 a 5h ()

Mais

que 5h ()

Intensidade?

Leve () Leve a moderada () Moderada () Moderada a intensa () Intensa ()

SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO

Apresenta dores musculares atualmente?

Sim () Não ()

Se sim, onde? (Descreva):

Dores na coluna?

Sim () Não ()

Se sim, qual(is) da(s) opção(ões) abaixo?

Lombar () Torácica () Cervical ()

Dores nas articulações?

Se sim, qual(is) da(s) opção(ões) abaixo?

Tornozelo () Joelho () Quadril () Punho () Cotovelo () Ombro ()

Dedos ()

Histórico de lesão musculoesquelética recente (últimos 24 meses/ 2 anos):

Sim () Não ()

Se sim, qual? (Descreva):

Condição da lesão (ex: contato, sem contato, corrida, sprint, troca de direção, arremesso, chute, passe, golpe etc) (descreva para cada lesão):

Momento das lesões (ex: aquecimento, jogo, treino, competição, pré-jogo, pós-jogo, sem razão aparente, outro) (descreva para cada lesão):

Estrutura (s) afetada (s):

Músculos () Tendões () Articulação () Ligamentos () Meniscos ()

Cartilagens () Estrutura nervosa () Pele () Ossos ()

Outra (s): _____

Necessidade de cirurgia?

Sim () Não ()

Se sim, descreva:

Região: _____ **Regi**

ão: _____ **Região:** _____

_____ **Região:** _____

Período da cirurgia:

Últimos 24 meses () 18 meses () 12 meses () 6 meses () 3 meses ()

Observações: _____

Tempo de inatividade física causada pela lesão (dias e/ou meses):

**Menos de 1 semana () 1-2 semanas () 2-4 semanas () 1-2 meses ()
2-4 meses () 4-6 meses () mais de 6 meses () mais de 12 meses ()**

Histórico de lesão musculoesquelética recente (últimos 24 meses/ 2 anos):

Sim () Não ()

Se sim, qual? Descreva

Condição da lesão (ex: contato, sem contato, corrida, sprint, troca de direção, arremesso, chute, passe, golpe etc) (descreva para cada lesão):

Momento das lesões (ex: aquecimento, jogo, treino, competição, pré-jogo, pós-jogo, sem razão aparente, outro) (descreva para cada lesão):

Estrutura (s) afetada (s):

**Músculos () Tendões () Articulação () Ligamentos () Meniscos ()
Cartilagens () Estrutura nervosa () Pele () Ossos ()**

Outra (s): _____

Necessidade de cirurgia?

Sim () Não ()

Se sim, descreva:

Região: _____ **Regi**

ão: _____ **Região:** _

Região: _____

Período da cirurgia:

Últimos 24 meses () 30 meses () 36 meses () mais que 36 meses ()

Observações: _____

Tempo de inatividade física causada pela lesão (dias e/ou meses):

Menos de 1 semana () 1-2 semanas () 2-4 semanas () 1-2 meses ()

2-4 meses () 4-6 meses () mais de 6 meses () mais de 12 meses ()

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA (PAR-Q)

Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q)

Este questionário tem o objetivo de identificar a necessidade de avaliação por um médico antes do início da atividade física. Caso você responda “SIM” a uma ou mais perguntas, converse com seu médico ANTES de aumentar seu nível atual de atividade física. Mencione este questionário e as perguntas às quais você respondeu “SIM”.

Por favor, assinale “SIM” ou “NÃO” às seguintes perguntas:

1. Algum médico já disse que você possui algum problema de coração e que só deveria realizar atividade física supervisionado por profissionais de saúde?
Sim () Não ()
2. Você sente dores no peito quando pratica atividade física?
Sim () Não ()
3. No último mês, você sentiu dores no peito quando praticou atividade física?
Sim () Não ()
4. Você apresenta desequilíbrio devido à tontura e/ ou perda de consciência?
Sim () Não ()
5. Você possui algum problema ósseo ou articular que poderia ser piorado pela atividade física?
Sim () Não ()
6. Você toma atualmente algum medicamento para pressão arterial e/ou problema de coração?
Sim () Não ()
7. Sabe de alguma outra razão pela qual você não deve praticar atividade física?
Sim () Não ()

Nome completo: _____

Idade: _____ Data: _____

Assinatura _____

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa intitulado “RELAÇÃO DE PARÂMETROS DE ARQUITETURA MUSCULAR COM A HABILIDADE DE REPETIR SPRINTS”. O presente estudo tem como objetivo verificar se existe relação entre parâmetros morfológicos e de arquitetura muscular com o desempenho de *sprints* e habilidade de repetir *sprints* em futebolistas. A sua participação é importante para podermos compreender como as variáveis morfológicas e de arquitetura muscular influenciam o desempenho de *sprints* e a habilidade de repetir *sprints*, as quais são variáveis importantes para o desempenho esportivo.

Os testes do presente estudo serão realizados no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX), na quadra poliesportiva ou no campo de futebol da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Todas as avaliações serão feitas no campi ESEFID, que localiza-se na Rua Felizardo, 750, no Bairro Jardim Botânico, na cidade de Porto Alegre/RS. As avaliações serão realizadas em uma única visita ao laboratório e o tempo estimado de sua participação pode variar entre 45 e 90 minutos. Serão realizadas as seguintes avaliações:

- 1) Preenchimento de questionário de anamnese e Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q);
- 2) Medição da estatura e massa corporal;
- 3) Avaliação da composição corporal através de equipamento de absorptometria radiológica de dupla energia (DXA);
- 4) Avaliação da arquitetura muscular (espessura muscular, comprimento de fascículo e ângulo de penação dos músculos vasto lateral, reto femoral, vasto medial e gastrocnêmio) através de imagens de ultrassonografia;
- 5) Avaliação da potência de membros inferiores através da realização de 3 saltos com contramovimento (CMJ) em um tapete de saltos que mede a altura dos saltos automaticamente;

- 6) Avaliação do tempo de *sprints*, potência e índice de fadiga através da realização 6 *sprints* de 30 metros de distância com recuperação ativa de 30 segundos entre cada *sprints*.

Os riscos relacionados à participação no estudo são mínimos, pois você será acompanhado por uma equipe de pesquisadores experientes. Porém, existe a possibilidade de ocorrer dores musculares, desconfortos relacionados aos equipamentos, cansaço decorrente dos testes físicos e risco de constrangimento no preenchimento dos questionários (caso isso ocorra, não será obrigatório responder as perguntas as quais possam causar constrangimento ou desconforto). Os eventos adversos que podem ocorrer são considerados como qualquer ocorrência médica sofrida pelo participante do estudo. Contudo, serão realizados todos os esforços a fim de minimizar quaisquer riscos de ocorrência de eventos adversos, isto é, a verificação de informações preliminares de saúde do participante e esclarecimento de quaisquer dúvidas que possam surgir a respeito da participação no estudo, bem como, instruções claras sobre a realização dos procedimentos. Ressaltamos que as avaliações realizadas durante o estudo são amplamente empregadas na pesquisa e que a equipe envolvida nas avaliações está devidamente preparada para a realização de tais procedimentos. Adicionalmente, durante as coletas de dados estará disponível uma linha telefônica para a necessidade de contatar o serviço de atendimento móvel em caso de emergência (SAMU-192).

A participação neste estudo é absolutamente voluntária, sem qualquer tipo de gratificação. Você é livre para desistir de sua participação na pesquisa a qualquer momento sem prejuízo ou penalidade alguma. Não haverá custos para você participar deste estudo, incluindo avaliações e outras despesas relacionadas ao projeto. Quaisquer custos com deslocamento, caso haja a necessidade serão de responsabilidade dos pesquisadores. Como benefício da participação no estudo, um relatório individual contendo os resultados de 1) desempenho no teste de *sprints*; 2) potência muscular; 3) índice de fadiga, 4) composição corporal (percentual de gordura, massa muscular e óssea); será disponibilizado, os quais poderão ser utilizados para melhorar a prescrição do treinamento e a compreensão sobre a modalidade.

Os dados do presente estudo serão submetidos em forma de artigos científicos em jornais especializados da área de forma a não identificar os voluntários. Este estudo é de autoria de Maurício Diniz Rocha Pechina, sob orientação do professor Giovani dos Santos Cunha. Caso você tenha qualquer dúvida ou dificuldade você

pode entrar em contato com os pesquisadores responsáveis, estes podem ser encontrados no LAPEX – Laboratório de Pesquisa do Exercício (ESEFID-UFRGS), Rua Felizardo nº 750 – fone: (51) 3308.5819 ou (51) 99305-1657. Adicionalmente, se você sentir qualquer violação dos seus direitos, você poderá contatar diretamente o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o qual está localizado Av. Paulo Gama, 110 – 7º andar – Porto Alegre - RS ou pelo fone (51) 3308-3738 – email: etica@propesq.ufrgs.br

Qualquer evento adverso grave será informado ao Comitê de Ética em Pesquisa em menos de 48h seguintes a ocorrência. Durante o andamento desse estudo você poderá se recusar a prosseguir a qualquer momento e poderá pedir desligamento da pesquisa. Uma via deste documento será disponibilizada para você e outra ficará guardada com os pesquisadores responsáveis pelo projeto. Ambas as vias serão assinadas por participante e pelo pesquisador responsável.

Tendo conhecimento dos procedimentos relativos à participação no projeto e concordância com os riscos e benefícios você declara a sua participação no mesmo, eu _____
declaro minha concordância em participar do estudo.

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Assinatura do participante da pesquisa