

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO

**DESCRIÇÃO DO POLIMORFISMO DO GENE R577X DA ALFA-
ACTININA 3, DESEMPENHO FÍSICO E INDICADORES DE DANO
MUSCULAR EM JOGADORES PROFISSIONAIS DA SÉRIE C DO
FUTEBOL BRASILEIRO**

FRANCK RONYELLE DE SOUSA LIMA

ORIENTADOR: PROF. DR. EMERSON SILAMI GARCIA

São Luís

2018

FRANCK RONYELLE DE SOUSA LIMA

DESCRIÇÃO DO POLIMORFISMO DO GENE R577X DA ALFA-ACTININA 3, DESEMPENHO FÍSICO E INDICADORES DE DANO MUSCULAR EM JOGADORES PROFISSIONAIS DA SÉRIE C DO FUTEBOL BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, para a obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano.

Linha de Pesquisa: Atividade Física relacionada a Saúde Humana.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Silami Garcia.

São Luís

2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Lima, Franck Ronyelle de Sousa.

Descrição do polimorfismo do gene R577X da alfa-actinina 3, desempenho físico e indicadores de dano muscular em jogadores da Série C do futebol brasileiro / Franck Ronyelle de Sousa Lima. - 2018.

89 f.

Orientador(a): Emerson Silami Garcia Christiano Eduardo Veneroso.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Educação Física, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, 2018.

1. Desempenho físico. 2. Futebol. 3. Polimorfismo genético. I. Christiano Eduardo Veneroso, Emerson Silami Garcia. II. Título.

FRANCK RONYELLE DE SOUSA LIMA

**DESCRIÇÃO DO POLIMORFISMO DO GENE R577X DA ALFA-ACTININA 3,
DESEMPENHO FÍSICO E INDICADORES DE DANO MUSCULAR EM
JOGADORES PROFISSIONAIS DA SÉRIE C DO FUTEBOL BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, para a obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

A Banca Examinadora da defesa da Dissertação de Mestrado apresentada em sessão pública, considerou o candidato aprovado em: ____/____/____.

Prof. Dr. Emerson Silami Garcia (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Christiano Eduardo Veneroso (Co-Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Marcos Antonio Pereira dos Santos (examinador externo)
Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Almir Vieira Dibai Filho (examinador interno)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Christian Emmanuel Torres Cabido (examinador interno)
Universidade Federal do Maranhão

São Luís

2018

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a vovó Zita (in memorian), por me presentear com amor e carinho, e me proporcionar o sonho desse momento.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me protegido durante todo o trajeto.

A minha família pelo suporte que me foi dado e por suportar a saudade com compreensão.

A minha noiva Isa Marília Silva de Oliveira que foi meu alicerce e muito importante nessa jornada, pois me deu a força necessária para superar todos os momentos difíceis.

Ao professor Dr. Christiano Eduardo Veneroso que me acolheu e me ensinou as nuances de ser um fisiologista, e com o qual, aprendi através do seu exemplo de dedicação e disciplina.

Ao professor Dr. Emerson Silami Garcia pela oportunidade que me foi dada e por todo o conhecimento que o mesmo me proporcionou. Sua trajetória e trabalho se tornou um grande exemplo profissional.

Ao professor Dr. Mário Norberto Sevilio de Oliveira Junior por me ensinar a importância da dedicação e da disciplina na atuação profissional. Obrigado professor por cada momento de aprendizado.

Ao professor Dr. Marcos Antonio Pereira dos Santos por acreditar e ter me dado a chance que eu precisava para o ingresso no mestrado. Sua entrega a sua função de professor irá guiar meus passos através da minha atuação profissional.

Aos professores Dr. Antônio Coppi Navarro e Francisco Navarro por todas as suas experiências e conhecimentos compartilhados conosco, nos motivando a ser profissionais éticos e de qualidade.

A todos os professores que ministraram disciplinas para nossa turma por passar um pouco de suas vastas experiências na atuação como docente.

Ao meu amigo Paulo Vitor Albuquerque Santana por todos os momentos de aprendizado que tivemos juntos nesse programa.

Aos meus amigos e companheiros desta primeira turma, pelos momentos compartilhados e pela realização desta conquista.

Aos graduandos Guilherme Bottentuit Vieira, Andrey Shirabuko de Araújo e Breno Henrique Araújo Amorim, por todos os jogos e treinos em que estivemos coletando dados para esta pesquisa.

A todos os integrantes do grupo de pesquisa GENES, por toda a ajuda que me deram e por todas as experiências vivenciadas com todos.

RESUMO

Objetivo: Descrever o polimorfismo do gene R577X, analisar parâmetros de desempenho físico em jogos comparando as diferenças entre os tempos de jogo da intensidade de esforço, deslocamentos e quantidade de sprints, e analisar a cinética da concentração de creatina quinase em jogadores profissionais de um clube da Série C do futebol brasileiro. **Material e métodos:** Foram avaliados 17 jogadores profissionais masculinos de um clube da Série C do futebol brasileiro em jogos de competições de nível estadual e nacional. Todos foram genotipados para o polimorfismo do gene R577X da α -actinina 3 (RR, RX e XX). Foram realizadas coletas sanguíneas nos momentos pré-temporada, pós jogo 24 e 48 horas, para a determinação da concentração de creatina quinase. Foram realizadas análises de frequência cardíaca, distância percorrida e quantidade de sprints durante os jogos para a determinação da demanda física de jogo. ANOVA one-way com medidas repetidas post hoc de Tuckey foi realizada para a comparação das concentrações de creatina quinase no momento basal, 24 e 48 horas. ANOVA two-way com medidas repetidas post hoc de Bonferroni foi realizada para a comparar a intensidade de esforço e as categorias de deslocamentos entre o primeiro e o segundo tempo de jogo. Foi adotado um nível de significância de $p \leq 0,05$. **Resultados:** Há uma maior proporção do genótipo RX em relação ao genótipo RR e XX na amostra do estudo. Houve redução estatística de 3,2% da intensidade de esforço e de 6,6% do deslocamento percorrido do primeiro para o segundo tempo de jogo, assim como um aumento de 13,6% e 9,6% do deslocamento em corrida lenta e moderada respectivamente. Houve aumento estatístico da concentração de creatina quinase dos momentos após jogo em relação ao momento basal, e uma redução do momento 48 horas em relação a 24 horas. **Discussão:** A baixa proporção do genótipo RR e do alelo R encontrada neste estudo pode sugerir que nessa amostra há um menor potencial de desempenho de ações motoras de alta intensidade. Isso pode ser observado quando se analisa o desempenho físico e marcadores de dano muscular consequente dos jogos. Ao analisar o dano muscular encontrado pode ser verificado que a magnitude das concentrações de creatina quinase são inferiores ao que é encontrado em jogadores, o que pode ser explicado pelo menor desempenho em alta intensidade realizado pela amostra deste estudo. A cinética da intensidade de esforço e do deslocamento dos jogadores durante uma partida encontrada nesse estudo se equivale ao encontrado em outros estudos para jogadores. Todavia, esses achados não correspondem em magnitude de valores. **Conclusão:** Foi possível concluir com esse estudo que os jogadores da Série C do futebol brasileiro avaliados apresentam um menor potencial para o desenvolvimento de ações motoras de alta intensidade durante as partidas de futebol.

Palavras chave: polimorfismo genético, desempenho físico, futebol.

ABSTRACT

Objective: To describe the R577X gene polymorphism, to analyze parameters of physical performance in games comparing the differences between play time of effort intensity, distance covered and sprints, and to analyze the kinetics of creatine kinase concentration in professional players of a club of the C Series of the Brazilian soccer. **Material and methods:** 17 male professional players from a Brazilian Serie C club in national and state level competition games was evaluated. All were genotyped for the polymorphism of the α -actinin 3 gene R577X (RR, RX and XX). Blood samples were collected at pre-season, post-game 24 and 48 hours, for determination of creatine kinase concentration. Heart rate, distance covered and sprints were analyzed during the match to determine the physical demand for the game. One-way ANOVA with repeated measurements with post-hoc Tuckey was performed for the comparison of creatine kinase concentrations at baseline, 24 and 48 hours. Two-way ANOVA with repeated measurements with post hoc Bonferroni was performed to compare effort intensity and displacement categories between the first and second play time. A significance level of $p \leq 0.05$ was adopted. **Results:** There is a greater proportion of the RX genotype in relation to the RR and XX genotype in the study sample. There was a statistical reduction of 3.2% of effort intensity and 6.6% of the displacement traveled from the first to the second playing time, as well as a 13.6% and 9.6% increase in slow respectively. There was a statistical increase in creatine kinase concentration from moments after play to baseline, and a 48 hour reduction over 24 hours. **Discussion:** The low proportion of the RR genotype and the R allele found in this study may suggest that in this sample there is a lower potential for performance of high intensity motor actions. This can be observed when analyzing the physical performance and markers of muscle damage resulting from the games. When analyzing the muscle damage found, it can be verified that the magnitude of creatine kinase concentrations are lower than what is found in players, which can be explained by the lower performance in high intensity performed by the sample of this study. The kinetics of the intensity of effort and the displacement of the players during a game found in this study is equivalent to that found in other studies for players. However, these findings do not correspond in magnitude of values. **Conclusion:** It was possible to conclude from this study that the Brazilian C Series players evaluated have a lower potential for the development of high intensity motor actions during football matches.

Key-words: genetic polymorphism, physical performance, soccer

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 -** Relação entre frequência cardíaca e taxa de consumo de oxigênio em nadadoras do gênero feminino em teste de natação, que foi desde o repouso a velocidades acima de 1,4 m.s⁻¹. **29**
- FIGURA 2 -** Comportamento da frequência cardíaca durante o tempo de jogo, onde podemos notar que há alterações da proporção de permanência em cada zona de intensidade entre o primeiro e segundo tempo. **31**
- FIGURA 3 -** Representação do desenho do estudo desta pesquisa. **46**
- FIGURA 4 -** Esquema do Yoyo Intermittent Test (nível 2) **49**
- FIGURA 5 -** Diferenças entre as médias das concentrações de creatina quinase após jogo. **66**
- FIGURA 6 -** Cinética da variação da média do percentual da concentração de creatina quinase após jogo. **66**

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 –	Zonas de intensidade de esforço de acordo com o percentual de frequência cardíaca máxima desempenhada pelos jogadores.	56
QUADRO 2 –	Categorias de deslocamento em que foi distribuído a distância percorrida pelos jogadores durante a partida.	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	Características fisiológicas de jogadores da Série C do futebol brasileiro	59
TABELA 2 –	Frequência genotípica e alélica de jogadores da Série C do futebol brasileiro	60
TABELA 3 –	Comparações de média e desvio padrão da frequência cardíaca durante os períodos de jogo	61
TABELA 4 –	Tempo de permanência nas zonas de intensidade de esforço ao longo de uma partida por jogadores da Série C do futebol brasileiro	62
TABELA 5 –	Comparações de média e desvio padrão dos tempos de permanência em cada zona de intensidade de esforço no primeiro e no segundo tempo.	62
TABELA 6 –	Distância total percorrida durante uma partida e distância percorrida por categoria de deslocamento de jogadores da Série C do futebol brasileiro	63
TABELA 7 –	Comparações de média e desvio padrão da distância total percorrida e distância percorrida por categoria de deslocamento no primeiro e no segundo tempo de jogo de jogadores da Série C do futebol brasileiro	64
TABELA 8 –	Quantidade de sprints por jogo realizados por jogadores da Série C do futebol brasileiro	65

LISTA DE SIGLAS

- FIFA** – Fédération Internationale de Football Association
- GPS** – Sistema de Posicionamento Global

LISTA DE ABREVIATURAS

- bat** – Batimento
- bpm** – Batimento por minuto
- CO₂** – Gás carbônico
- cm** – Centímetro
- DNA** – Ácido desoxirribonucleico
- Gene R577X** – Gene que codifica a proteína α -actinina-3.
- h** – Hora
- kDa** – Quilodalton
- Kg** – Quilograma
- Km** – Quilômetro
- L** – Litro
- m** – Metro
- ml** – Mililitro
- mmol** – Milimol
- min** – Minuto
- pH** – Potencial hidrogeniônico
- R577XRR** – Genótipo RR do polimorfismo da α -actinina-3
- R577XRX** – Genótipo RX do polimorfismo da α -actinina-3
- R577XX** – Genótipo XX do polimorfismo da α -actinina-3
- U** – Unidade
- VO₂máx** – Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	JUSTIFICATIVA	19
3.	REVISÃO DA LITERATURA	21
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DO JOGADOR DE FUTEBOL	21
3.2.	DEMANDA METABÓLICA DO JOGADOR DE FUTEBOL	22
3.2.1.	O metabolismo aeróbico do jogador de futebol	22
3.2.1.1.	O consumo máximo de oxigênio	23
3.2.2.	O metabolismo anaeróbico do jogador de futebol	24
3.3.	DEMANDA FÍSICA DO JOGADOR DE FUTEBOL	26
3.3.1.	Monitoramento das cargas internas e externas de jogo	26
3.3.2.	Cinética da frequência cardíaca do jogador durante uma partida de futebol	27
3.3.3.	O deslocamento dos jogadores durante o jogo de futebol	31
3.4.	O DANO MUSCULAR NO JOGADOR DE FUTEBOL	33
3.5.	O POLIMORFISMO DA α -ACTININA 3 E O DESEMPENHO FÍSICO	36
3.5.1.	A α -actinina 3	36
3.5.2.	O polimorfismo do gene R577X e o desempenho físico	38
4.	OBJETIVOS	40
4.1.	OBJETIVO GERAL	40
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
5.	HIPÓTESES	42
6.	MATERIAL E MÉTODOS	43
6.1.	TIPO DE ESTUDO	43
6.2.	ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	43
6.3.	AMOSTRA DA PESQUISA	43
6.4.	LOCAL DA PESQUISA	44
6.5.	DELINEAMENTO DO ESTUDO	45
6.6.	PROCEDIMENTOS DE COLETAS DE DADOS	46

6.6.1.	Caracterização da amostra	46
6.6.1.1.	Determinação da composição corporal	47
6.6.1.2.	Determinação do $VO_{2máx}$	47
6.6.1.3.	Determinação da força explosiva dos membros inferiores	49
6.6.2.	Genotipagem do polimorfismo do gene R577X da α -actinina 3	51
6.6.2.1.	Extração de DNA	51
6.6.2.2.	Genotipagem	52
6.6.3.	Dosagem de creatina quinase	53
6.6.4.	Determinação das variáveis de desempenho físico	54
6.6.4.1.	Determinação da frequência cardíaca máxima e zonas de intensidade de esforço	55
6.6.4.2.	Determinação das distâncias percorridas, sprints e velocidade de deslocamentos	56
6.7.	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	57
7.	RESULTADOS	59
8.	DISCUSSÃO	67
9.	CONCLUSÃO	76
10.	REFERÊNCIAS	77
11.	ANEXOS	87

1. INTRODUÇÃO

O futebol é um fenômeno esportivo praticado por mais de 265 milhões de pessoas das mais diversas idades entre os gêneros em todo o mundo (FIFA, 2018). O jogador de futebol se desloca entre 10 e 13 km durante uma partida, com esforços de intensidade submáxima, intercalados com esforços de alta intensidade, como saltos, corridas em alta velocidade, acelerações, desacelerações e mudanças de direção, tornando o futebol um esporte com características metabólicas tanto aeróbicas quanto anaeróbicas (Coelho e colaboradores, 2016). Mediante essas variações, vários estudos têm sido desenvolvidos em busca dos possíveis fatores que influenciam no desempenho dos jogadores.

Recentes estudos atribuem a fatores genéticos diferenças individuais que podem influenciar na capacidade física e respostas fisiológicas dos jogadores ao esforço, onde mais de duzentos genes estão sendo associados a variações fenotípicas que regulam o organismo potencializando um determinado desempenho (Kikuchi, Nakazato, 2015). Atualmente o gene R577X, que codifica a proteína α -actinina-3 é um dos mais estudados relacionados ao desempenho físico em atletas de diversos esportes (Tucker e colaboradores, 2013; Massida e colaboradores, 2015; Broos e colaboradores, 2016; Magi e colaboradores, 2016; Papadimitiou e colaboradores, 2016).

Este gene apresenta uma variação comum, que resulta em dois alelos variantes: um alelo R funcional e um outro X não funcional, onde indivíduos homocigotos para o polimorfismo R577XX não expressam a α -actinina-3 (Coelho e colaboradores, 2017; Magi e colaboradores, 2016; Seto e colaboradores, 2013;

Massida e colaboradores, 2015; Papadimitriou e colaboradores, 2018). Diversos estudos demonstram uma alta frequência de expressão do alelo X em atletas de desempenho aeróbico (Coelho e colaboradores, 2015; Coelho e colaboradores, 2017; Magi e colaboradores, 2016; Papadimitriou e colaboradores, 2018). Enquanto isso, a expressão R do alelo (R577RX e R577RR) se encontra elevada em atletas de elite que realizam desempenho atléticos de força, potência e velocidade (Coelho e colaboradores, 2015; Broos, e colaboradores, 2016; Lee e colaboradores, 2016; Papadimitriou e colaboradores, 2016), todavia não há unanimidade quanto a esses resultados (Hogarth e colaboradores, 2016).

A expressão do genótipo RR está relacionada com desempenho superior em testes físicos de força, velocidade e potência em jogadores da Série A do campeonato brasileiro, enquanto que o genótipo XX se relaciona com desempenho superior em testes físicos de endurance (Pimenta e colaboradores, 2013; Rodrigues e colaboradores, 2017; Dionísio e colaboradores; 2017). Em relação ao desempenho dos jogadores, a busca pela compreensão de sua demanda física do jogador durante uma partida de futebol aponta diferenças entre respostas fisiológicas e desempenho físico que ocorrem entre treinos e jogos (Condessa e colaboradores, 2015). A manifestação do desempenho físico dos jogadores durante uma partida, promove microlesões na musculatura trabalhada, podendo ocorrer em diferentes magnitudes de acordo com o esforço exercido pelos jogadores (Thorpe e Sunderland, 2012).

O exercício físico gera um distúrbio na homeostasia orgânica associada à magnitude da exigência metabólica da atividade em resposta à inflamação e a parâmetros hormonais, após uma única sessão ou após diversas sessões de exercícios (Thirumalai e colaboradores, 2011).

Diversos marcadores biológicos foram propostos para representar a demanda fisiológica imposta pelo exercício a atletas, sendo a concentração sanguínea da proteína creatina quinase relacionada com a intensidade de esforço exercida por um jogador, e a persistência em valores elevados em condições de repouso pode ser sinal de doenças musculares ou de fadiga muscular deste (Branccacio, Maffulli e Limongelli, 2007).

Com a crescente importância dada aos fatores que influenciam o desempenho físico dos jogadores durante uma partida, treinadores e comissões técnicas puderam desenvolver procedimentos de treinos voltados para a realidade enfrentada por jogadores durante as partidas de futebol.

2. JUSTIFICATIVA

O nível competitivo encontrado no futebol atual e a grande variabilidade de funções táticas executadas pelas equipes de elite, exigem dos jogadores alta capacidade de desempenho físico em campo, e a comissão técnica necessita de informações cada vez mais individualizadas para a potencialização do plano de treinamento desses jogadores.

A identificação da pré-disposição genética de jogadores de futebol traz informações importantes para a comissão técnica no planejamento individualizado das cargas de treinamento, em especial sobre a demanda física possível a ser realizada por jogadores. Atualmente está cada vez mais clara a influência do perfil genotípico no desempenho físico de jogadores, no entanto, o conhecimento sobre esse desempenho é fundamentado em respostas encontradas em testes físicos, o que pode não representar a verdadeira demanda imposta ao jogador durante uma partida competitiva, podendo levar a comissão técnica a respostas inespecíficas desses jogadores.

Além disso, as informações acerca da cinética de concentrações de marcadores biológicos de dano muscular, são importantes para o planejamento da aplicação das cargas de treinamento, evitando uma sobrecarga nos jogadores, promovendo a integridade física dos mesmos. Com isso, a análise do desempenho físico durante uma partida, assim como a que foi realizada neste estudo, pode trazer importantes informações sobre o perfil genotípico e o desempenho físico realizado por jogadores de futebol.

A utilização de técnicas e procedimentos de coleta de informações recentes, como o perfil genotípico e utilização de Sistemas de GPS no futebol, vem crescendo em estudos com equipes das divisões de elite no futebol, sendo de baixa ocorrência nas divisões de acesso, como pode ser observado na quantidade de estudos que utilizam este público.

Apesar disso, com a crescente importância dos clubes da região nordeste do Brasil, a realização deste estudo pode abrir caminho para que outras pesquisas ocorram em diversas regiões do Brasil, além de descrever com maior fidelidade a realidade do futebol brasileiro.

Considerando que os clubes de futebol ascendem de acordo com suas classificações nos diversos torneios realizados por federações e confederações, é esperado que este estudo possibilite uma melhor compreensão das capacidades físicas inerentes a jogadores que compõem equipes que buscam o acesso às Séries superiores do futebol brasileiro, possibilitando a treinadores e comissões técnicas a proposta de sistematização do planejamento de treinos que visam a contribuir com os objetivos desses clubes, possibilitando o desenvolvimento do futebol brasileiro no cenário mundial científico e desportivo.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO JOGADOR DE FUTEBOL

O futebol é um esporte com ampla popularidade atualmente, com milhares de torcedores frequentando os estádios e cerca de 2 bilhões de espectadores acompanhando o torneio FIFA World Cup® 2014. Com tamanha popularidade, o número de praticantes vem aumentando ao longo dos anos, passando de cerca de 242 milhões em 2000, para, em 2006, cerca de 265 milhões de pessoas praticantes nas mais diversas idades entre os gêneros (FIFA, 2018), dentre elas, os jogadores profissionais, que atuam em equipes que disputam torneios de diversos níveis de acesso nacional e internacional.

O jogador de futebol desempenha ações caracterizadas por fatores táticos, técnicos, físicos e psicológicos, fazendo do futebol um esporte com alto grau de complexidade em sua execução (Milanovic e colaboradores, 2017). O desempenho físico no futebol é marcado principalmente por esforços de intensidade submáxima, intercalados com esforços intermitentes e de alta intensidade, como saltos, corridas de alta velocidade, fortes acelerações, desacelerações e mudanças de direção (Bangsbo, 1994). Dessa forma, o futebol apresenta características metabólicas tanto aeróbicas quanto anaeróbicas (Bangsbo, 1994; Helgerud e colaboradores, 2001; Stolen e colaboradores, 2005).

3.2. DEMANDA METABÓLICA DO JOGADOR DE FUTEBOL

3.2.1. O metabolismo aeróbico do jogador de futebol

Os noventa minutos de duração de uma partida de futebol, utiliza prioritariamente o metabolismo aeróbico como fonte energética (Stolen e colaboradores, 2005). As diversas variações de ações motoras realizadas na partida, mantém os índices de intensidade de esforço elevados, sendo necessária a recuperação metabólica para esses esforços. Dessa forma, a capacidade aeróbica irá determinar a capacidade de trabalho muscular de alta intensidade que poderá ser sustentado ao longo de uma partida (Bangsbo, 1994; Helgerud e colaboradores, 2001; Stolen e colaboradores, 2005).

Através de análises de diversos fatores na tentativa da determinação da intensidade de esforço realizada durante uma partida de futebol, foi possível observar que a relação existente entre frequência cardíaca e $VO_{2máx}$ traz importantes informações sobre a demanda fisiológica de um jogador de futebol durante um jogo (Bangsbo, 1994; Helgerud e colaboradores, 2001; Stolen e colaboradores, 2005; Bangsbo, Mhor e Krstrup, 2006). Além disso, a relativa facilidade na obtenção dessas variáveis auxilia em sua representatividade como intensidade de esforço do jogo (Torreño e colaboradores, 2016), que podem ser em jogos oficiais e amistosos, ou treinos com jogos simulados, com número de jogadores ou dimensões de campo reduzidos, atividades recreacionais ou em laboratórios de performance humana (Martínez-Lagunas e colaboradores, 2014).

3.2.1.1. O consumo máximo de oxigênio

Em jogadores profissionais, os valores médios para o $VO_{2máx}$ giram em torno de $60 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Krustrup e colaboradores, 2006; Dellal e colaboradores, 2012; Saeidi, 2016). O elevado valor de $VO_{2máx}$ apresentado por jogadores profissionais demonstra a importância do metabolismo aeróbico para a manutenção da capacidade de realizar esforços nas mais variadas intensidades de esforço exigidos pelo jogo (Draper, Wood, 2005).

Quando comparados com atletas de outras modalidades, os jogadores de futebol possuem valores de $VO_{2máx}$ acima de atletas de modalidades de características metabólicas mistas como voleibol (Rankovic e colaboradores, 2010), basquetebol (Poonam, 2018) e rugby (Taylor e colaboradores, 2018), diferentemente das modalidades de características aeróbicas como corridas de longa duração, Triatlhon e esqui cross-country (Millet e colaboradores, 2011; Magi e colaboradores, 2016).

Uma situação diferenciada pode ser observada com jogadoras do gênero feminino, já que os valores do $VO_{2máx}$ alcançam $50 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ em média, apresentando variação que vão de 42,9 a $55,4 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Martínez-Lagunas e colaboradores, 2014). Considerando isso, um estudo realizado por Haugen e colaboradores (2014) encontraram em jogadoras norueguesas de equipes nacionais valores diferentes de $VO_{2máx}$, sendo 4,6%, 13,1% e 8,9% maiores em relação a jogadoras de 1ª divisão, 2ª divisão e jogadoras júnior respectivamente. Para Bendiksen e colaboradores (2012) os valores de $VO_{2máx}$ encontrados em jogadores de segunda e terceira divisão alcançam a média de $61 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. A

grande amplitude dessa variação pode ocorrer devido a inúmeros protocolos de estimativa utilizados nos estudos, podendo se observar a necessidade de um protocolo padrão que represente a demanda fisiológica dos jogadores de futebol.

3.2.2. O metabolismo anaeróbico do jogador de futebol

Durante uma partida de futebol o jogador realiza entre 1000 a 1400 ações de curta duração a cada 4 a 6 segundos. Essas ações são representadas por saltos, disputas de bola, sprints, fortes desacelerações, acelerações e mudanças de direção, e dão a característica metabólica anaeróbica ao futebol. O nível de desempenho nessas ações pode influenciar na definição do resultado de uma partida (Stolen e colaboradores, 2005).

A intensidade média exercida por um jogador de futebol durante a partida gira em torno do limiar anaeróbico, o que torna impossível a manutenção de altas intensidades de jogo durante muito tempo sem um acúmulo de lactato resultante. Dessa forma, a ocorrência de constantes variações de períodos de atividades de alta e baixa intensidades auxilia ao jogador na remoção do lactato da musculatura trabalhada (Stolen e colaboradores, 2005).

O Limiar Anaeróbico representa a mais elevada intensidade de esforço, onde o acúmulo se iguala à taxa de remoção do lactato muscular. Em intensidades acima do Limiar Anaeróbico há um aumento exponencial da concentração de lactato proporcional à intensidade do esforço. O aumento da concentração de lactato promove um aumento da concentração de íons de hidrogênio, reduzindo assim o pH tecidual. A compensação da redução do pH se dá através do tamponamento do

lactato, que ocorre principalmente através da reação química entre o lactato e o bicarbonato de sódio no sangue. Como resultado dessa reação, há um aumento na concentração de CO_2 , que estimula os centros respiratórios a elevarem a ventilação pulmonar. (Coelho e colaboradores, 2009; Mcardle, Katch, Katch, 2016).

A determinação do Limiar Anaeróbico está associada a diversas variáveis como frequência respiratória, potência, frequência cardíaca ou $\text{VO}_{2\text{máx}}$, sendo encontrado valores em torno de 80% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, 170 $\text{bat}\cdot\text{min}^{-1}$ ou 90% da frequência cardíaca máxima, ou 14 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, com variações dependendo da posição de jogo desempenhada pelos jogadores (Coelho e colaboradores, 2009).

As concentrações de lactato sanguíneo no jogador durante uma partida variam de 2 a 10 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, dependendo do indivíduo, indicando que a taxa de produção de lactato muscular é alta durante uma partida. As elevadas concentrações de lactato encontradas em jogadores podem não representar uma alta produção de lactato em uma única ação durante o jogo, mas uma resposta acumulada para um número de atividades de alta intensidade realizadas no jogo (Bangsbo, Mohr e Krstrup, 2006).

Já a taxa de remoção do lactato depende de fatores como a concentração de lactato, atividade de recuperação metabólica desempenhada e capacidade aeróbica, sendo a taxa de remoção proporcional à taxa de concentração (Stolen e colaboradores, 2005).

Além da alteração da concentração de lactato, as ações motoras de alta intensidade realizadas durante uma partida de futebol levam ao aumento do metabolismo da creatina fosfato, que apresenta uma elevada taxa de ressíntese nos períodos de ações de baixa intensidade durante uma partida. Em biópsias

musculares realizadas após o jogo de futebol, foram encontradas concentrações médias de 75% de creatina fosfato em relação ao repouso. Todavia, estima-se que essa concentração durante o jogo seja em torno de 60% e que essa diferença é resultante da ressíntese que ocorreu no momento entre o fim da partida e a coleta das amostras (Bangsbo, Mohr e Krstrup, 2006; Saeidi, 2016).

É importante levar em consideração que elevadas taxas de $VO_{2máx}$ contribuem para a recuperação de ações de alta intensidade por auxiliar nos processos de redução das concentrações de lactato sanguíneo e ressíntese da creatina fosfato em períodos de ações motoras de baixa intensidade (Stolen e colaboradores, 2005).

3.3. DEMANDA FÍSICA DO JOGADOR DE FUTEBOL

3.3.1. Monitoramento das cargas internas e externas de jogo

A possibilidade de monitorar a intensidade do esforço no jogo de futebol fez com que pesquisadores e membros de comissões técnicas utilizassem diversos parâmetros para obter a estimativa da intensidade de esforço no jogo, como a distância percorrida média, a velocidade média, o $VO_{2máx}$, a temperatura retal, a concentração de lactato sanguíneo e o gasto calórico médio (Coelho e colaboradores, 2011).

Atualmente, as cargas internas e externas de atletas de diversos esportes podem ser quantificadas através da utilização de monitores de frequência cardíaca,

de acelerômetros, de sistema de posicionamento global, de sistema de posicionamento local e de sistemas de rastreamento ópticos (Sweeting e colaboradores, 2017). A aplicação desses recursos tecnológicos dentro do futebol tornou possível a análise em tempo real das demandas internas e externas dos jogadores e sua comparação com dados colhidos em treinos e em outros jogos que utilizaram recursos tecnológicos semelhantes (Torreño e colaboradores, 2017).

Esse monitoramento é importante no auxílio de treinadores e comissões técnicas para o planejamento adequado do treinamento, visando um maior desempenho em jogo e reduzindo a possibilidade de lesões decorrentes das ações motoras desenvolvidas durante uma partida (Ehrmann e colaboradores, 2016).

3.3.2. Cinética da frequência cardíaca do jogador durante uma partida de futebol

O jogador de futebol desempenha suas ações motoras durante uma partida de futebol com intensidade de esforço média de 75% do $VO_{2máx}$, com frequência cardíaca média de 165 bat.min⁻¹, o que representa aproximadamente 85% de sua frequência cardíaca máxima (Bangsbo, 1994; Helgerud e colaboradores, 2001; Stolen e colaboradores, 2005; Bangsbo, Mhor e Krstrup, 2006; Dellal e colaboradores, 2012; Bangsbo, 2014).

A simplicidade no monitoramento da frequência cardíaca, torna possível a obtenção de dados referentes à carga interna do jogador em tempo real. A frequência cardíaca máxima pode ser determinada através da aplicação de vários métodos como testes de laboratório, testes de campo, observações de esforços em

tempo real, além da aplicação de equações de predição por idade, sendo recomendado a aplicação de testes que reproduzam ao máximo a realidade da demanda fisiológica aplicada ao jogador (Coutinho e colaboradores, 2017; Bendksen e colaboradores, 2012; Bangsbo, 2008).

Durante uma partida de futebol, a frequência cardíaca máxima de um jogador pode alcançar valores absolutos acima de 200 bat.min⁻¹ de acordo com o esforço executado pelo mesmo (Bangsbo e colaboradores, 2014). Esses valores sofrem alterações de acordo com o tipo de atividade executada, onde pode ser observado menores valores de frequência cardíaca em treinamentos em relação a jogos amistosos, e estes, menores em relação a jogos oficiais (Condessa e colaboradores, 2015). Quando comparados a jogadores profissionais de futebol, jogadores das categorias de base e jogadores amadores apresentam menores valores de frequência cardíaca máxima (Stolen e colaboradores, 2005).

No entanto, a utilização de valores absolutos da frequência cardíaca podem não resultar em dados confiáveis, tendo em vista que a influência da idade, gênero, e estado de condicionamento físico dos jogadores, são relevantes na variação da frequência cardíaca, sendo proposta a padronização a partir do percentual da frequência cardíaca máxima como possível solução para o problema (Coelho e colaboradores, 2009; Dellal e colaboradores, 2015). O percentual da frequência cardíaca máxima é amplamente utilizado como preditor da intensidade do esforço devido a sua alta correlação com o $VO_{2máx}$ durante o exercício (Figura 1) (Coutinho e colaboradores, 2017; Esposito e colaboradores, 2004; Bernard e colaboradores, 1997).

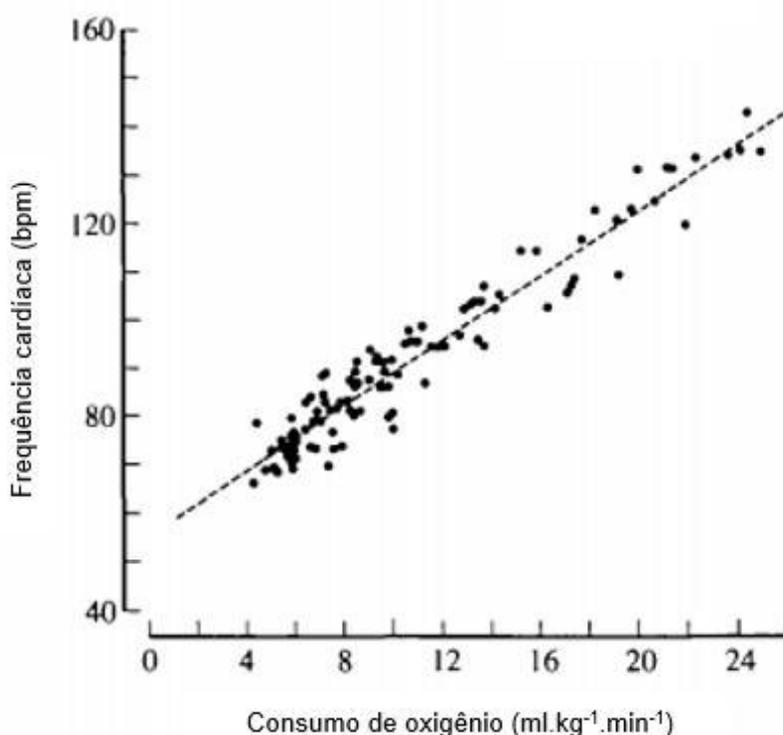


FIGURA 1: Relação entre frequência cardíaca e taxa de consumo de oxigênio em nadadoras do gênero feminino em teste de natação, que foi desde o repouso a velocidades acima de $1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

FONTE: (Butler e colaboradores, 1992)

Durante todo o jogo, as variadas ações motoras realizadas por jogadores de futebol de elite promovem a alteração da frequência cardíaca, fazendo com que sua média alcance valores entre 80 e 90% da frequência cardíaca máxima (Bangsbo, 1994; Helgerud e colaboradores, 2001; Stolen e colaboradores, 2005; Bangsbo, Mhor e Krusturup, 2006). Da mesma forma que ocorre nesses jogadores, valores semelhantes podem ser observados em jogadores que compõem equipes participantes de níveis competitivos inferiores e jogadores das categorias de base durante jogos competitivos (Dellal e colaboradores, 2012).

Análises de diversos estudos revelam que há uma redução na intensidade de esforço realizado entre o primeiro tempo o segundo tempo em jogadores profissionais de ambos os gêneros e em jogadores de categorias de base (Datson e colaboradores, 2014; Dellal e colaboradores, 2012; Coelho e colaboradores, 2016; Saeidi, 2016). Essa alteração pode estar relacionada com fatores que influenciam na fadiga, como a redução dos estoques de glicogênio muscular no decorrer da partida. (Coelho e colaboradores, 2016).

Na maior parte do tempo de jogo, os jogadores de futebol apresentam frequência cardíaca em valores de zonas de baixa intensidade de esforço. Isso é importante, principalmente, devido a recuperação de ações motoras de alta intensidade realizadas intermitentemente durante a partida (Helgerud e colaboradores, 2001). Com o decorrer da partida, há uma redução do tempo de permanência da frequência cardíaca em zonas de alta intensidade de esforço durante o segundo tempo de jogo (Figura 2) (Helgerud e colaboradores, 2001; Coelho e colaboradores, 2016). Em jogadores de categorias de base e que formam equipes de níveis competitivos inferiores é observado um comportamento diferente, com uma maior proporção do tempo de permanência da frequência cardíaca em zonas de alta intensidade de esforço maior que jogadores que compõem seleções nacionais e equipes de elite. (Dellal e colaboradores, 2012; Coelho e colaboradores, 2011).

A variação da frequência cardíaca do jogador de futebol que compõe equipes de elite é dependente da posição exercida na equipe desempenhada por este durante a partida. Evidências apontam que jogadores meio campistas apresentam valores de intensidade de esforço, assim como tempo de permanência

em zonas de alta intensidade de esforço, maiores quando comparados a jogadores que atuam nas zonas de ataque e defesa (Stolen e colaboradores,2005).

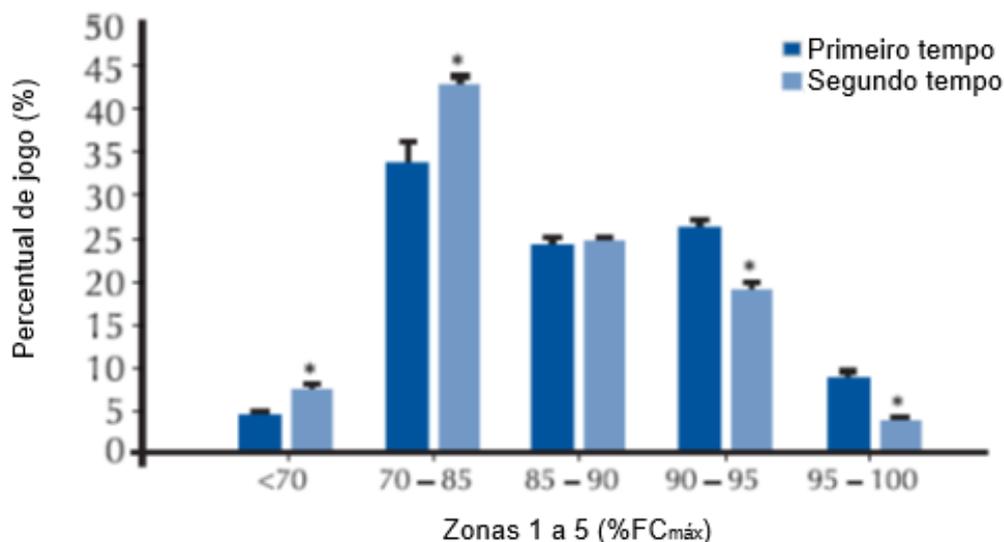


FIGURA 2: Comportamento da FC durante o tempo de jogo, onde podemos notar que há alterações da proporção de permanência em cada zona de intensidade entre o primeiro e segundo tempo. %HR_{máx} – percentual da frequência cardíaca máxima.

FONTE: (Coelho e colaboradores, 2011)

3.3.3. O deslocamento dos jogadores durante o jogo de futebol

Para a execução da sua função durante a partida de futebol, o jogador que compõe equipes de elite percorre uma distância entre 10 e 13 km em diferentes velocidades de deslocamento. A maior proporção de deslocamento ocorre em velocidades de baixa intensidade, sendo importante no auxílio da recuperação e manutenção dos deslocamentos e ações motoras que ocorrem em altas intensidades (Mohr e colaboradores, 2004; Krstrup e colaboradores, 2005; Stolen

e colaboradores, 2005; Dellal e colaboradores, 2010; Di Salvo e colaboradores, 2013; Bangsbo e colaboradores, 2014; Ingebrigtsen e colaboradores, 2014). Com o andamento da partida, há uma redução de 5 a 10% do deslocamento do segundo tempo em relação ao primeiro, ocorrendo especialmente em velocidades de deslocamento de intensidade moderada e alta (Mohr e colaboradores, 2004; Krusturup e colaboradores, 2005; Stolen e colaboradores, 2005; Dellal e colaboradores, 2012). Concentrações de lactato sanguíneo, distância percorrida em alta intensidade e número de sprints realizados confirmam a redução das ações durante o segundo tempo de jogo, independentemente do nível de desempenho dos jogadores (Dellal e colaboradores, 2012).

Jogadores meio-campistas apresentam maiores distâncias percorridas em relação a jogadores de outras posições (Stolen e colaboradores, 2005; Bangsbo e colaboradores, 2014), e jogadores que atuam pelas zonas laterais desempenham maiores distâncias em alta intensidade que jogadores que atuam pela zona central do campo. Esses jogadores que atuam nas zonas laterais do campo participam de ambas as ações coletivas ofensivas e defensivas, sendo necessária uma quantidade maior de sprints por parte dos mesmos (Stolen e colaboradores, 2005; Di Salvo e colaboradores, 2013; Abbot e colaboradores, 2018).

A proporção do deslocamento em alta intensidade ($19,8$ a $25,2$ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) ou em sprint ($> 25,2$ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) de jogadores profissionais que compõem equipes de níveis competitivos inferiores se apresenta em torno de 2 e 2,5 vezes menor que os dados apresentados por jogadores de elite (Ingebrigtsen e colaboradores, 2015). Esses dados são corroborados por Bangsbo e colaboradores (2014), que apontam jogadores de elite internacional apresentando um deslocamento 28% maior em

corridas de alta intensidade e 58% maior em sprint que jogadores profissionais que compõem equipes de níveis competitivos inferiores.

3.4. O DANO MUSCULAR NO JOGADOR DE FUTEBOL

As ações musculares podem gerar microlesões na musculatura, podendo ocorrer em diferentes magnitudes dependendo do tipo de contração, tipo de exercício, corrida em plano declinado, intensidade de trabalho e condicionamento físico do indivíduo (Thorpe e Sunderland, 2012).

As ações musculares excêntricas são responsáveis pela maior magnitude de microlesões decorrentes de ações motoras que não envolvem contato físico como fortes desacelerações e mudanças de direção. Como resultado desse efeito, há um processo inflamatório desencadeado pelo dano muscular, que promoverá respostas fisiológicas como infiltração de fagócitos no músculo, produção de radicais livres, elevação de citocinas, elevação de proteínas contráteis no sangue além de alterações hormonais (Clarkson e Hubal 2002; Ascensão e colaboradores, 2008; Dvorack, 2010).

O exercício físico gera um distúrbio na homeostasia orgânica associada à magnitude da exigência metabólica da atividade em resposta à inflamação e a parâmetros hormonais, após uma única sessão ou após diversas sessões de exercícios (Thirumalai e colaboradores, 2011).

Diversos marcadores biológicos foram propostos para representar a demanda fisiológica imposta pelo exercício aos atletas. Parâmetros como

interleucina-6, cortisol, testosterona, relação testosterona / cortisol, creatina quinase e α -actina muscular foram analisados como possíveis candidatos. Sendo que alterações nas concentrações sanguíneas desses elementos fornecem informações importantes sobre o metabolismo dos jogadores (Coelho e colaboradores, 2015).

O treinamento intenso prolongado pode promover o dano muscular que desencadeia a elevação da concentração de creatina quinase, isso pode ser uma consequência de causas metabólicas e mecânicas. Altas concentrações de creatina quinase estão relacionadas com a intensidade do esforço físico em indivíduos saudáveis, e a persistência em valores elevados em condições de repouso pode ser sinal de doenças musculares ou do estado de fadiga muscular do atleta (Branccacio, Maffulli e Limongelli, 2007).

A creatina quinase é uma proteína dimérica globular composta por duas subunidades com uma massa molecular de 43kDa. Ela interfere nas concentrações de Adenosina Trifosfato e Adenosina Difosfato por catalisar a reação reversível de mudança de um fosfato de alta energia entre a concentração de creatina fosfato e a Adenosina Difosfato durante as contrações musculares. Pelo menos cinco isoformas de creatina quinase são encontradas: três isoformas citoplasmáticas, que são a creatina quinase muscular, creatina quinase cardíaca e a creatina quinase cerebral, e duas isoenzimas mitocondriais (não sarcoméricas e sarcoméricas). As isoenzimas creatina quinase fornecem uma informação específica de dano dos seus respectivos tecidos de localização. Sendo aumentada a creatina quinase cardíaca no caso de infarto do miocárdio, a creatina quinase cerebral no caso de lesões cerebrais, a creatina quinase mitocondrial no caso de miopatias e a creatina

quinase muscular no caso de danos musculares. A creatina quinase muscular é especificamente ligada a Linha-M da estrutura miofibrilar localizada no sarcômero (Branccacio, Maffulli e Limongelli, 2007).

A concentração de creatina quinase em indivíduos saudáveis é representada prioritariamente pela isoenzima creatina quinase muscular, sendo que fatores como idade, gênero, etnia, estado de atividade física, massa muscular, adaptações ao treinamento e temperatura, podem promover alterações em sua concentração (Branccacio, Maffulli e Limongelli, 2007).

A concentração de creatina quinase nas condições de repouso em jogadores de futebol fica abaixo de 200 U.L^{-1} , sendo que existe uma faixa de concentração de creatina quinase pós exercício entre 300 a 500 U.L^{-1} . Os níveis de concentração de creatina quinase podem se encontrar elevados por até 4 dias após o exercício, e é um importante indicador do estado de treinamento e recuperação do jogador (Coelho e colaboradores, 2011; Coelho e colaboradores, 2013; Coelho e colaboradores, 2015).

As maiores concentrações de creatina quinase em jogadores de futebol podem ser encontrados no período de 24 a 48 horas após a atividade executada, com valores médios de 800 U.L^{-1} nesses momentos (Coelho e colaboradores, 2011). A concentração de creatina quinase de repouso dos jogadores se eleva ao longo da temporada, indicando um efeito crônico do treinamento, elevando a média de repouso para 350 U.L^{-1} (Coelho e colaboradores, 2015).

Assim como ocorre com a frequência cardíaca, a análise da concentração de creatina quinase através de seus valores absolutos pode não ser o mais

adequado, tendo em vista que diferenças biológicas podem fazer com que um indivíduo possa se apresentar mais responsivos que outros.

3.5. O POLIMORFISMO DA α -ACTININA 3 E O DESEMPENHO FÍSICO

O sucesso esportivo pode estar associado à expressão de determinados genes que podem influenciar nas capacidades físicas (Coelho e colaboradores, 2017). Atualmente, mais de 200 genes estão sendo associados a variações fenotípicas que regulam o organismo potencializando um determinado desempenho físico, onde o gene que codifica a proteína α -actinina 3 apresenta resultados que o relacionam com o desempenho desportivo (Kikuchi, Nakazato, 2015).

3.5.1. A α -actinina 3

A função contrátil exercida pelos sarcômeros na musculatura esquelética é dependente de uma intrínseca organização estrutural exercida por complexos proteicos que os mantêm unidos. Dentre as inúmeras proteínas que compõem esses complexos a α -actinina é um importante componente da linha Z sarcomérica responsável pela ancoragem dos miofilamentos de actina à linha Z, desempenhando a função de alinhamento espacial e transferência de tração entre essas estruturas (Coelho e colaboradores, 2018).

Diferentes isoformas da α -actinina são expressas em humanos, sendo que as isoformas 2 e 3 são encontradas especificamente no tecido músculo esquelético (Lee e colaboradores, 2016). A isoforma α -actinina 2 é expressa em todos os tipos de musculatura esquelética, enquanto que a isoforma α -actinina 3 é encontrada exclusivamente nas fibras glicolíticas rápidas do músculo esquelético humano (Hogarth e colaboradores, 2016). As fibras musculares do tipo I são as mais lentas, mas com alta resistência à fadiga devido ao seu metabolismo oxidativo de produção de energia, enquanto as fibras musculares do tipo II são responsáveis pela realização de contrações rápidas e potentes, permitidas pelo complexo enzimático metabólico anaeróbico inerentes a essas fibras (Mcardle, Katch, Katch, 2016). Lee e colaboradores (2016) afirmam que essas características podem estar associadas aos tipos de isoformas encontradas nos tipos de fibras musculares.

Devido a propriedades mecânicas específicas de arranjo estrutural da α -actinina 3 nos sarcômeros, foi possível inferir que esta proteína pode colaborar em uma maior capacidade de geração e transferência de força às fibras musculares do tipo II, auxiliando assim na tração e transferência da mesma entre as estruturas adjacentes (Coelho e colaboradores, 2018). Conforme Broos e colaboradores (2016), a ausência de α -actinina 3 em fibras musculares tipo II pode alterar as propriedades contráteis e/ou morfológicas dessas fibras e, conseqüentemente, as características de todo o músculo, incluindo força máxima, relação força-velocidade e fadigabilidade muscular, além disso, a α -actinina 3 interage com diversas proteínas estruturais, sinalizadoras e metabólicas.

3.5.2. O polimorfismo do gene R577X e o desempenho físico

Uma variação genética comum que ocorre no gene da α -actinina 3 é a substituição do aminoácido arginina, por um stop códon prematuro no resíduo 577 do DNA genômico, essa substituição promove a alteração do nucleotídeo Cistina pelo Timina na posição 1747 do éxon 16, que resulta na finalização precoce do processo de tradução proteica (North e colaboradores, 1999). Com isso, o polimorfismo do R577X do gene da α -actinina 3 humano resulta em dois alelos variantes: um alelo R funcional e um outro X não funcional, onde indivíduos homozigotos para o polimorfismo R577XX não expressam a α -actinina 3 (Coelho e colaboradores, 2018; Magi e colaboradores, 2016; Seto e colaboradores, 2013; Massida e colaboradores, 2015; Papadimitriou e colaboradores, 2018). De acordo com Lee e colaboradores (2016), apesar desses indivíduos não expressarem a proteína α -actinina 3, não é observado nenhum fenótipo patológico ou prejuízo funcional em sua ação muscular, podendo ser sugerida a compensação da α -actinina 3 por outra estrutura análoga como a α -actinina 2.

A expressão homozigota do alelo X do gene R577X ocorre em aproximadamente 18% da população caucasiana (Papadimitriou e colaboradores, 2018; Massida e colaboradores, 2015; Broos e colaboradores, 2016) e entre 25 a 29% na população japonesa (Kikuchi e colaboradores, 2015), e diversos estudos demonstram uma alta frequência de sua expressão em atletas de elite que desempenham performances atléticas de endurance aeróbica (Tucker e colaboradores, 2013; Coelho e colaboradores, 2015; Magi e colaboradores, 2016; Coelho e colaboradores, 2018; Papadimitriou e colaboradores, 2018). Enquanto

isso, a expressão do alelo R (R577RX e R577RR) se encontra elevada em atletas de elite que realizam desempenho atléticos de força, potência e velocidade, que incluem movimentos como corridas curtas de alta velocidade, saltos e movimentos isocinéticos rápidos (Coelho e colaboradores, 2015; Broos, e colaboradores, 2016; Lee e colaboradores, 2016; Papadimitriou e colaboradores, 2016), mas nem todos os estudos confirmam essas diferenças entre os genótipos (Hogarth e colaboradores, 2016).

A relação entre o polimorfismo do gene R577X e o desempenho físico é averiguado em diversos esportes na atualidade, contudo, há divergência entre os resultados apontados em alguns desses estudos. Todavia, a expressão do genótipo RR e RX está associada a modalidades esportivas que requeiram uma alta performance de força, potência e velocidade, enquanto que a expressão do genótipo XX está associada a modalidades que requeiram alta performance de capacidade aeróbica. (Yang e colaboradores, 2003; Pimenta e colaboradores, 2012; Tucker e colaboradores, 2013; Pimenta e colaboradores, 2013; Lee e colaboradores, 2016; Papadimitriou e colaboradores, 2018).

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GERAL

Descrever o polimorfismo do gene R577X, analisar parâmetros de desempenho físico em jogos comparando as diferenças entre os tempos de jogo da intensidade de esforço, deslocamentos e quantidade de sprints, e analisar a cinética da concentração de creatina quinase em jogadores profissionais de um clube da Série C do futebol brasileiro.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a frequência genotípica e alélica do polimorfismo do gene R577X em jogadores profissionais de um clube da Série C do futebol brasileiro;
- Averiguar o desempenho físico durante partidas de jogadores profissionais de um clube da Série C do futebol brasileiro;
- Comparar a variação da intensidade de esforço, deslocamentos e quantidade de sprints realizados durante o primeiro e o segundo tempo de jogo em jogadores profissionais de um clube da Série C do futebol brasileiro;

- Comparar as concentrações de creatina quinase nos momentos basal e pós jogo 24 horas e 48 horas em jogadores profissionais de um clube da Série C do futebol brasileiro.

5. HIPÓTESES

HA₀ – Não há diferença na variação da intensidade de esforço, distância total e distâncias percorridas em diferentes velocidades de deslocamento e quantidade de sprints realizados durante o primeiro e o segundo tempo de jogos em jogadores profissionais da Série C do futebol brasileiro.

HA₁ - Há pelo menos uma diferença na variação da intensidade de esforço, distância total e distâncias percorridas em diferentes velocidades de deslocamento e quantidade de sprints realizados durante o primeiro e o segundo tempo de jogos em jogadores profissionais da Série C do futebol brasileiro.

HB₀ – Não há diferença entre as concentrações de creatina quinase nos momentos basal, 24 horas pós jogo e 48 horas pós jogo em jogadores profissionais da Série C do futebol brasileiro.

HB₁ – Há diferença em pelo menos um dos momentos entre as concentrações de creatina quinase nos momentos basal, 24 horas pós jogo e 48 horas pós jogo em jogadores profissionais da Série C do futebol brasileiro.

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1. TIPO DE ESTUDO

Este estudo é do tipo descritivo analítico., pois foi capaz de observar e analisar os aspectos que envolvem fatos ou fenômenos, sem manipular os mesmos (Gil, 2008).

6.2. ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Este estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional da Saúde (Res. 466/12) envolvendo pesquisas com seres humanos, obtendo aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão (CAAE: 81313517.8.0000.5087).

Todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido após as explicações sobre procedimentos e possíveis riscos.

6.3. AMOSTRA DA PESQUISA

O estudo foi realizado com jogadores profissionais que pertenciam a um clube da Série C do futebol brasileiro que mantinha treinamentos sistematizados, regulares e disputava competições estaduais, regionais e nacionais organizadas

pela Federação Maranhense de Futebol e pela Confederação Brasileira de Futebol, caracterizando, assim, uma amostra por conveniência. Estes jogadores participaram de um regime de treinamento sistematizado visando competições, em média seis dias por semana, apresentando entre 4 e 10 sessões de treinamento por semana, com aproximadamente 2 h cada sessão de treinamento além dos períodos de competição.

Participaram inicialmente deste estudo 32 jogadores, que deveriam atender aos seguintes critérios de inclusão: ter sido genotipado para o gene R577X, apresentar treinamento regular na equipe (pelo menos 8 horas de treinamento e participar de jogos competitivos durante a semana), ter a concentração de creatina quinase monitorada tanto para a condição basal quanto em todos os momentos analisados após os jogos em pelo menos um dos jogos, assim como ter sido monitorado por GPS em pelo menos um jogo completo. A determinação dos jogadores que tinham a possibilidade de atender a todos os critérios de inclusão era de responsabilidade da comissão técnica da equipe, sendo que, os jogadores que não atenderam a todos os critérios de inclusão foram excluídos do estudo, resultando em uma amostra final com 17 jogadores, caracterizados conforme apresentado na tabela 3 (página 57).

6.4. LOCAL DA PESQUISA

Este estudo teve suas etapas desenvolvidas em locais específicos, devido às particularidades inerentes a cada uma delas. Os testes de caracterização da amostra ocorreram na Universidade Federal do Maranhão. A opção pelo local foi

devido à infraestrutura presente nos laboratórios dessa instituição, permitindo uma adequada coleta de dados.

As coletas realizadas durante as partidas necessariamente ocorriam em jogos com mando de campo do clube de futebol avaliado, considerando a necessidade de credenciais para acesso às dependências dos estádios durante a realização das partidas.

Já as coletas que ocorriam durante a reapresentação da equipe, ocorriam nas dependências do clube de futebol avaliado, em função das coletas serem realizadas em momento anterior ao início dos treinamentos dos jogadores.

6.5. DELINEAMENTO DO ESTUDO

O desenvolvimento deste estudo ocorreu em 3 etapas distintas que foram realizadas em períodos de tempos diferentes. A primeira etapa do estudo foi a caracterização da amostra através das medidas de massa corporal, estatura, dobras cutâneas, potência de membros inferiores e $VO_{2máx}$, além da coleta do material genético e da determinação da concentração de creatina quinase basal dos jogadores. Esta etapa teve início com o retorno dos jogadores aos treinamentos, ao final das férias, no início da pré-temporada competitiva de treinamento.

A segunda etapa ocorreu durante os jogos do Campeonato Maranhense, Copa do Nordeste e Campeonato Brasileiro Série C, e consistiu no monitoramento de cada partida, com registro das variáveis que caracterizam o desempenho físico

ao longo de todo o tempo de jogo. Cada jogador foi monitorado entre 2 a 4 partidas oficiais, sendo utilizada a média dos valores encontrados para cada variável.

A terceira etapa ocorria 24 horas ou 48 horas após a partida, sempre na reapresentação da equipe, anteriormente ao início dos treinos, onde eram coletadas amostras de sangue para análise da concentração de creatina quinase 24 horas ou 48 horas.

O desenho do estudo ocorreu como a representação a seguir:

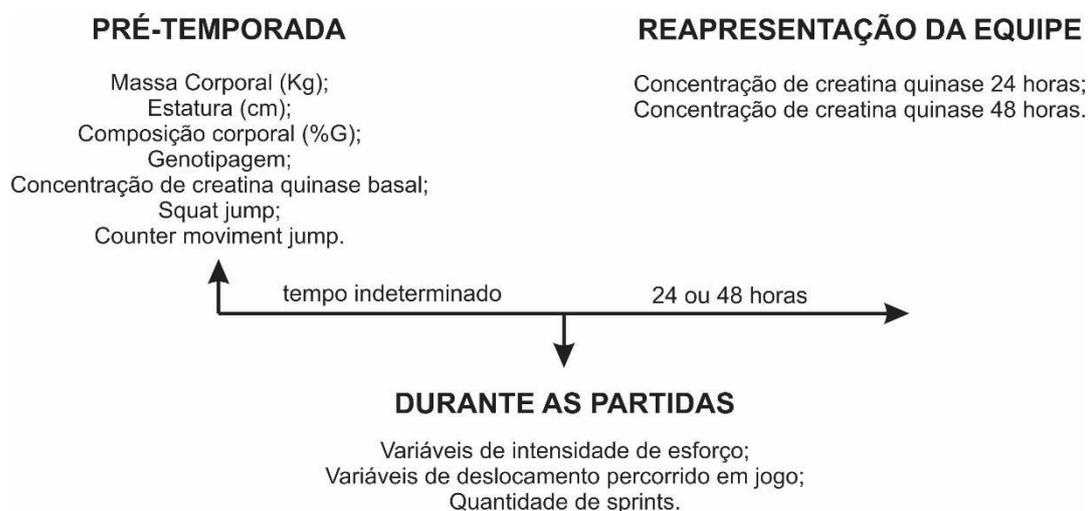


Figura 3: Representação do desenho do estudo desta pesquisa.

6.6. PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

6.6.1. Caracterização da amostra

Os voluntários passaram por uma bateria de avaliações anteriormente à pré-temporada, que consistiu na avaliação dos componentes: composição corporal,

$VO_{2\text{máx}}$, potência dos membros inferiores, frequência cardíaca máxima, genotipagem e concentração de creatina quinase basal.

6.6.1.1. Determinação da composição corporal

Para a determinação da composição corporal os voluntários foram submetidos à avaliação da massa corporal, estatura e dobras cutâneas. Uma balança digital (Welmy® W200A, Santa Barbara D'Oeste, SP, Brasil) com precisão de 0,05 quilogramas, com estadiômetro de precisão de 0,5 centímetros acoplado, calibrada previamente, foi utilizada para as medidas da estatura (centímetro) e da massa corporal (quilograma), onde os voluntários estavam descalços e com o mínimo de roupas possível.

As dobras cutâneas (subescapular, tríceps, suprailíaca e abdominal) foram medidas utilizando-se um plicômetro (Sanny®, São Bernardo do Campo, SP, Brasil), graduado em milímetros, de acordo com o protocolo proposto por Faulkner, (1968). Os valores de cada dobra foram utilizados para a obtenção do somatório das dobras (\sum dobras) e cálculo do percentual de gordura proposto por Siri (1961).

6.6.2.2. Determinação do $VO_{2\text{máx}}$

O $VO_{2\text{máx}}$ foi avaliado através do Yoyo Intermittent Test (nível 2) proposto por Bangsbo (1994). Este teste é específico para jogadores de futebol e esportes intermitentes (Krustrup e colaboradores, 2005) em que a distância percorrida em

caráter intermitente possui relação direta com a capacidade aeróbia dos jogadores (Castagna e colaboradores, 2006). Antes do teste, os jogadores completaram um período preparatório de 10 minutos composto por corridas de baixa intensidade, corridas com mudança de direção, saltos, corridas em alta velocidade de curta duração e alguns exercícios de alongamento. O cálculo do $VO_{2máx}$ foi realizado através da fórmula proposta por Bangsbo, Iaia e Krstrup, (2008):

$$VO_{2máx} \text{ (ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}\text{)} = [\text{distância no teste (metros)} \times 0,0136] + 45,3$$

O teste foi realizado em um campo de futebol, com os jogadores calçando chuteiras. Cones foram utilizados para demarcar o espaço para corrida, bem como uma fita métrica para determinar os 20 metros de distância da corrida e os cinco metros de recuo para a recuperação. Os jogadores deveriam percorrer a distância de 20 metros, ida e volta (40 metros), dentro do tempo estipulado por um sinal sonoro (figura 4). O intervalo de tempo foi diminuindo ao longo do teste, aumentando a intensidade da corrida. Os jogadores tiveram 10 segundos de intervalo entre cada estímulo, e neste tempo deveriam trotar dentro da zona de recuo e se posicionar para uma nova saída. O teste foi interrompido quando os jogadores não conseguiram mais suportar a intensidade de corrida. Um aparelho de som foi utilizado para reproduzir o áudio do CD específico para o teste. Para a execução do teste foi proposto a todos os jogadores um período mínimo de repouso de 48 horas.

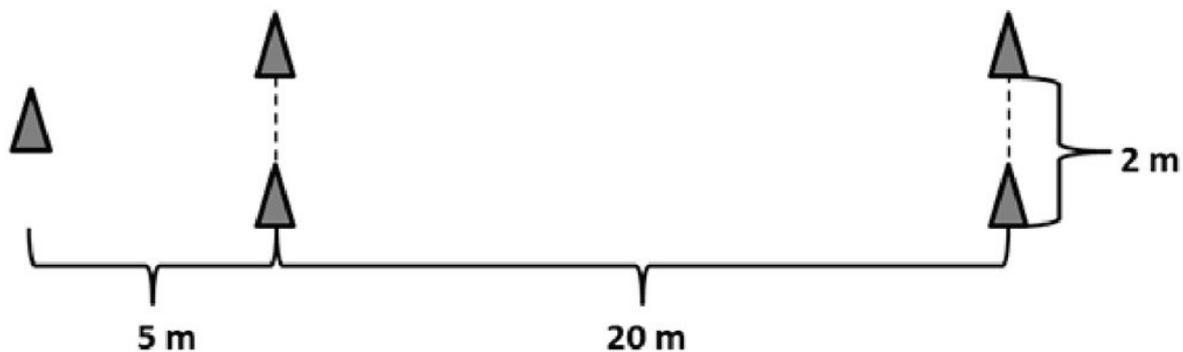


Figura 4. Esquema do Yoyo Intermitente Test (nível 2).

Fonte: Lizana e colaboradores (2014)

6.6.1.3. Determinação da força explosiva dos membros inferiores

Para a determinação da força explosiva dos membros inferiores dos jogadores foram utilizados os testes *Squat Jump* e *Counter Movement Jump*, conforme protocolo utilizado por Coelho e colaboradores (2016), utilizando uma plataforma de contato *System Jump Pro*[®] conectada ao sistema para medida de salto *Jump System*[®] (CEFISE[®], Nova Odessa, São Paulo, Brasil). Este sistema determina o tempo de voo, que é convertido para altura do salto usando a seguinte equação:

$$h = (g (t^2)) / 8$$

Onde g = aceleração da gravidade e t = tempo de ar.

As técnicas dos saltos foram demonstradas para cada jogador, onde cada um pôde utilizar dois saltos como procedimento de familiarização antes da realização dos testes.

Para a realização do *Squat Jump* os jogadores permaneciam sobre a plataforma de contato com as mãos no quadril e com os joelhos e quadril a 90° de flexão. Ao sinal sonoro os mesmos deveriam executar um salto vertical máximo sem qualquer movimento descendente anterior ao salto. Para a realização do *Counter Movement Jump* os jogadores permaneciam sobre a plataforma de contato com as mãos no quadril na posição ereta. Ao sinal sonoro os mesmos executavam um salto vertical máximo com movimento descendente até a posição de 90° de flexão dos joelhos imediatamente antes do salto. Cada jogador teve cinco tentativas intercaladas com repouso de 10 segundos entre cada salto no *Squat Jump* e no *Counter Movement Jump*, e de 3 minutos entre cada tipo de salto, sendo utilizado o melhor salto de cada jogador para a análise dos dados.

O desempenho na utilização da plataforma de contato poderia ser influenciado pela posição do corpo durante o vôo, portanto, os jogadores foram instruídos a manter os membros inferiores estendidos enquanto estavam no ar. Se os joelhos estivessem dobrados ou levantados, o teste era descartado e o jogador recebia outra tentativa após um período de repouso.

6.6.2. Genotipagem do polimorfismo do gene R577X da α -actinina 3

6.6.2.1. Coleta da amostra e extração de DNA

As amostras de DNA dos jogadores foram obtidas de amostras salivares coletadas em swab estéril Digene[®] cervical sampler (Qiagen, Missisauga, Ontario, Canadá) após esfregaço na mucosa da boca. Para a extração de DNA genômico, foi utilizado o DNA Extract All Reagents Kit (Applied Biosystems[®], Foster City, Califórnia, EUA). Inicialmente o material coletado em swab foi transferido para um tubo de 1,5 mililitros com 400 microlitros de GITC DIGENE[®] Specimen Transport Medium, previamente identificado. Posteriormente, o material foi centrifugado durante 1 minuto a 1.400 rpm, sendo removido o sobrenadante, restando apenas o pellet de células. Foi adicionado 100 microlitros da solução de lise em cada amostra, para posteriormente, estas serem homogeneizadas em agitador Vortex modelo QL-901 (Vertex, MA, EUA) por 15 segundos e incubadas por 3 minutos no termociclador (Applied Biosystems[®], CA, EUA) a 95°C. Após o resfriamento em temperatura ambiente por 30 segundos, a amostra recebeu 100 microlitros da solução estabilizadora de DNA e homogeneizadas mais uma vez, sendo armazenada a 4°C para análise posterior.

6.6.2.2. Genotipagem

Para a genotipagem das amostras foi realizada a técnica de PCR – REAL TIME, utilizando o aparelho StepOne™ Real-Time PCR System 48 wells (Applied Biosystems™).

Era possível a realização da genotipagem de 47 amostras por procedimento, pois o aparelho possui disponibilidade para placa de 48 poços, sendo 47 poços para as amostras e um poço para controle negativo.

Inicialmente era realizada a preparação do mix de reagentes para 47 amostras de DNA mais um controle negativo e 02 unidades a mais para segurança, misturando em um microtubo de 1,5 mililitros um volume total de 250 microlitros do reagente TaqMan™ GTXpress™ Master Mix (Applied Biosystems™), manuseado no escuro, 25 microlitros da sonda rs1815739 e 125 microlitros de água ultrapura. Daí então, eram distribuídos 8 microlitros do mix por poço e 2 microlitros da amostra, exceto no controle negativo, onde não deveria haver DNA. Então a placa era selada, e realizada a centrifugação rapidamente.

O desenho do experimento era realizado no software do aparelho, de acordo com protocolo específico do TaqMan™ GTXpress™ Master Mix (Applied Biosystems™), com *Holding* 95°C por 20 segundos; 40 ciclos de desnaturação a 95°C por 3 segundos e 1 ciclo de anelamento a 60°C por 20 segundos. Então era iniciado o protocolo de termociclagem, no modo *standard*, por aproximadamente 40 minutos, para que somente após esse intervalo de tempo, ser possível o acesso aos resultados.

6.6.3. Dosagem de creatina quinase

Para determinação da concentração enzimática da creatina quinase no plasma, foi retirado 32 microlitros de sangue capilar da polpa digital dos jogadores, após ser sido realizada a limpeza do local com álcool etílico a 95%. Em seguida, após secagem com algodão, para punção foi utilizada uma lanceta com disparador automático e o sangue foi drenado para um tubo capilar heparinizado (Cat n. 955053202 Reflotron®). O sangue foi imediatamente pipetado para uma tira reativa de creatina quinase (Cat n. 1126695 Reflotron®) e colocada no Reflotron Analyser®, da Boehringer Mannheim. (Roche® Laboratórios, Brasil).

Para a determinação da concentração de creatina quinase basal foi utilizada a concentração de creatina quinase encontrada na apresentação dos jogadores para a pré-temporada.

Já a determinação da concentração de creatina quinase 24 horas e 48 horas foi utilizada a concentração de creatina quinase coletada na reapresentação dos jogadores, decorrido o período de 24 ou 48 horas após a partida. A maior concentração de creatina quinase encontrada para cada jogador após uma partida neste estudo, foi utilizada para a determinação do percentual de variação da concentração de creatina quinase através da equação:

$$\Delta[\text{CK}] = ([\text{CK}]_{24\text{h ou }48\text{h}} - [\text{CK}]_{\text{basal}}) / ([\text{CK}]_{\text{máxima}} - [\text{CK}]_{\text{basal}}) \times 100$$

Onde $\Delta[\text{CK}]$ = Percentual de variação da concentração de creatina quinase
e $[\text{CK}]$ = concentração de creatina quinase

6.6.4. Determinação das variáveis de desempenho físico

As variáveis de desempenho físico dos jogadores foram aferidas e registradas por um conjunto de cardiofrequencímetro e Sistema de Posicionamento Global *Polar Team Pro* (Polar Electro Oy®, Kempele, Finlândia) que permitiu o registro sem a utilização de um monitor de pulso. Os registros foram realizados em um transmissor colocado junto ao peito do jogador antes do início dos jogos e ajustados com o auxílio de uma tira elástica. A frequência cardíaca iniciava seu registro 15 segundos após o contato com a pele. Os transmissores eram retirados logo após os jogos, higienizados e, tão logo quanto possível, os dados eram transferidos para o banco de dados em rede da Polar, de onde podiam ser analisados de qualquer equipamento com acesso à internet. A frequência de registro desse conjunto era de 0,1 segundos com capacidade de armazenamento de até 12 horas de dados. Os transmissores se adaptam anatomicamente ao corpo do jogador, não comprometendo o rendimento e o andamento do jogo e não oferecia riscos à integridade física do jogador, de seus adversários e companheiros. Os dados de todos os jogadores de uma equipe poderiam ser monitorados ao mesmo tempo caso não houvesse nenhum problema ou imprevisto. A localização dos jogadores era medida e registrada durante os jogos com precisão de 1 metro. O aparelho permitia o registro da distância percorrida e suas derivações, assim como acelerações e desacelerações, durante uma atividade. Os aparelhos encerravam um arquivo de registro dez segundos após perderem o contato com a pele.

A colocação do aparelho nos jogadores era realizada após o período de aquecimento, anterior ao início da partida, e o registro era finalizado com o fim da

partida. Após os dados serem carregados para a internet, eram realizados os cortes dos registros para que os dados utilizados representassem apenas o tempo de jogo total.

6.6.4.1. Determinação da frequência cardíaca máxima e zonas de intensidade de esforço

A frequência cardíaca máxima foi determinada através do mais elevado valor de frequência cardíaca, observado através de testes de campo realizado na pré-temporada ou registrado durante o monitoramento de uma partida. A frequência cardíaca de repouso foi determinada na apresentação da equipe para a pré-temporada, sendo definida através do menor valor obtido, após 15 minutos de repouso em decúbito dorsal. A frequência cardíaca máxima individual determinada dentre as situações foi utilizada para relativizar o esforço dos jogadores enquanto percentual da frequência cardíaca máxima através da fórmula:

$$\%FC_{\text{máx}} = (FC \text{ média} - FC \text{ de repouso}) / (FC_{\text{máx}} - FC \text{ de repouso}) \times 100$$

Onde: %FC_{máx} = Percentual da frequência cardíaca máxima e FC = frequência cardíaca.

A intensidade dos esforços foi registrada através do tempo total de jogo em que a frequência cardíaca se encontrou em uma das cinco diferentes zonas de

intensidade de esforço descritas por Helgerud e colaboradores (2001) como no quadro 1.

6.6.4.2. Determinação das distâncias percorridas, sprints e velocidade de deslocamentos

A determinação da distância percorrida foi caracterizada pelo deslocamento total realizado durante a partida, e esta foi estratificada em cinco categorias de acordo com a velocidade de deslocamento descritas por Ingebrigtsen e colaboradores (2015) (quadro 2). Os sprints foram determinados através da execução de deslocamento com velocidade a partir de $25,2 \text{ km.h}^{-1}$ (Ingebrigtsen e colaboradores, 2015).

Quadro 1. Zonas de intensidade de esforço de acordo com o percentual de frequência cardíaca máxima desempenhada pelos jogadores.

Zonas de intensidade de esforço	Limites das zonas de percentual da frequência cardíaca máxima
Zona 1	< 70%
Zona 2	70 a 84%
Zona 3	85 a 89%
Zona 4	90 a 95%
Zona 5	Acima de 95%

O padrão de cores utilizado na tabela é correspondente ao software utilizado para análise dos dados registrados com o aparelho Polar® Team Pro (Helgerud e colaboradores, 2001).

Quadro 2. Categorias de deslocamento em que foi distribuído a distância percorrida pelos jogadores durante a partida.

Categorias de deslocamento	Limites das zonas de velocidade de deslocamento
Caminhada	0,1 a 7,1 km.h ⁻¹
Corrida lenta	7,2 a 14,3 km.h ⁻¹
Corrida moderada	14,4 a 19,7 km.h ⁻¹
Corrida em alta intensidade	19,8 a 25,1 km.h ⁻¹
Corrida em sprint	A partir de 25,2 km.h ⁻¹

O padrão de cores utilizado na tabela é correspondente ao software utilizado para análise dos dados registrados com o aparelho Polar® Team Pro (Ingebrigtsen e colaboradores, 2015).

6.7. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk. A análise descritiva dos dados foi expressa como média, desvio padrão e amplitude entre o valor mínimo e o máximo.

Foi utilizado teste de correlação de Pearson, para dados paramétricos, e teste de Spearman, para dados não paramétricos, para fazer a correlação do *Squat Jump* e do *Counter Moviment Jump* com as variáveis referentes à intensidade de esforço, tempo de permanência nas zonas de intensidade de esforço, deslocamento percorrido, categoria de deslocamento em jogo, assim como da concentração de creatina quinase nos momentos 24 e 48 horas após o jogo.

ANOVA one-way com medidas repetidas post hoc Tukey foram utilizados para dados paramétricos, e teste de Friedman post hoc Bonferroni foram utilizados para dados não paramétricos, visando a verificação das diferenças entre as concentrações de creatina quinase basal, após 24 horas e após 48 horas.

Para verificar diferenças no tempo de permanência nas variadas zonas de intensidade de esforço e distância percorrida em diferentes velocidades de deslocamento existentes entre o primeiro e o segundo tempo de jogo, foram utilizados ANOVA two-way com medidas repetidas post hoc Bonferroni para dados paramétricos, e teste de Friedman post hoc Bonferroni para dados não paramétricos.

O nível de significância de 5% foi adotado neste estudo, sendo representado por um valor de $p \leq 0,05$. Os dados foram analisados no software de pacote estatístico SPSS for Windows, versão 21.0

7. RESULTADOS

A caracterização da amostra do estudo é apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Características fisiológicas de jogadores da Série C do futebol brasileiro, 2018.

Característica (n=17)	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Idade (anos)	29,03	4,62	21	36
Massa corporal (kg)	77,04	6,23	67,70	90,60
Estatura (cm)	177,00	8,19	158,00	190,00
Percentual de gordura	11,89	2,35	6,50	16,22
VO₂máx (mL.kg⁻¹.min⁻¹)	60,71	2,37	57,27	65,97
Squat Jump (cm)	35,67	3,86	28,50	42,60
Counter Moviment Jump (cm)	38,08	4,18	30,30	43,70

Ao ser realizada a correlação entre o *Squat Jump* e as variáveis que representam o esforço dos jogadores durante uma partida de futebol, é possível verificar uma correlação positiva, moderada entre a quantidade ($p < 0,01$, $r = 0,652$) e o deslocamento em sprint ($p < 0,01$, $r = 0,641$), e forte entre o deslocamento em corrida de alta intensidade ($p < 0,01$, $r = 0,702$). Assim como uma correlação negativa

moderada entre o percentual de variação de creatina quinase em 48 horas ($p=0,01$, $r=-0,574$) e deslocamento em corrida lenta ($p=0,03$, $r=-0,505$).

Do mesmo modo, ao analisar a correlação entre o *Counter Moviment Jump* e as variáveis que representam o esforço dos jogadores durante uma partida de futebol, pode-se verificar uma correlação positiva, moderada entre os deslocamentos em corrida em alta intensidade ($p=0,03$, $r=0,524$), em sprint ($p=0,02$, $r=0,555$) e a quantidade de sprints ($p<0,01$, $r=0,613$). Assim como uma correlação negativa moderada entre percentual de variação de creatina quinase em 48 horas ($p=0,02$, $r=-0,557$) e deslocamento em corrida lenta ($p=0,02$, $r=-0,573$).

A tabela 2 apresenta a frequência genotípica e alélica do gene R577X na amostra do estudo.

Tabela 2. Frequência genotípica e alélica de jogadores da Série C do futebol brasileiro.

	Frequência absoluta (n)	Frequência relativa (%)
Frequência genotípica		
RR	3	17,6
RX	12	70,6
XX	2	11,8
Frequência alélica		
R	18	52,9
X	16	47,1

A análise da cinética da frequência cardíaca mostra uma redução da frequência cardíaca média e percentual da frequência cardíaca máxima no segundo tempo de jogo quando comparado ao primeiro tempo, como pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3. Comparação dos valores médios \pm desvio padrão da frequência cardíaca durante os períodos de jogo.

Frequência cardíaca	1º Tempo	2º Tempo	Tempo total de jogo
Frequência cardíaca máxima (bpm)	191,13 \pm 7,45	189,61 \pm 7,79	192,04 \pm 7,28
Frequência cardíaca média (bpm)	171,11 \pm 7,02	165,59 \pm 9,30*	168,35 \pm 7,55
Percentual da frequência cardíaca máxima (%)	88,74 \pm 4,53	85,87 \pm 5,38*	87,31

*Diferente estatisticamente do 1º tempo de jogo ($p < 0,05$). Foi utilizada ANOVA one way post hoc Tuckey.

O tempo de permanência em cada uma das zonas de intensidade de esforço dos jogadores ao longo do jogo é apresentado na tabela 4, onde pode ser observado que o tempo de permanência na zona 1 de intensidade de esforço é inferior estatisticamente das zonas 2, 3 e 4, e as outras zonas não apresentam diferença significativa entre si.

Ao ser comparado os dados entre o primeiro e o segundo tempo, pode ser observado que o tempo de permanência na zona 1 é inferior estatisticamente das zonas 2, 3, 4 e 5 no primeiro tempo, e da zona 2 no segundo tempo (tabela 5).

Tabela 4. Tempo de permanência nas zonas de intensidade de esforço ao longo de uma partida por jogadores da Série C do futebol brasileiro.

Zonas de intensidade de esforço (n=17)	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Zona 1 (min) <70% da FCmáx	4,25	4,91	0,15	15,34
Zona 2 (min)* 70 a 84% da FCmáx	27,10	15,93	3,75	67,78
Zona 3 (min)* 85 a 89% da FCmáx	21,15	8,44	7,70	42,26
Zona 4 (min)* 90 a 94% da FCmáx	22,94	10,30	3,17	42,45
Zona 5 (min) A partir de 95% da FCmáx	17,05	14,76	0,00	48,80

FCmáx= frequência cardíaca máxima *Diferente estatisticamente da Zona 1 de intensidade de esforço ($p<0,01$). Foi utilizada ANOVA one way post hoc Tuckey.

Tabela 5. Comparações de média e desvio padrão dos tempos de permanência em cada zona de intensidade de esforço no primeiro e no segundo tempo.

Zonas de intensidade de esforço (n=17)	1º Tempo	2º Tempo
Zona 1 (min) <70% da FCmáx	0,90 ± 1,63	3,37 ± 4,12
Zona 2 (min) 70 a 84% da FCmáx	11,82 ± 7,50*	15,28 ± 9,22#
Zona 3 (min) 85 a 89% da FCmáx	10,68 ± 4,95*	10,47 ± 4,27
Zona 4 (min) 90 a 94% da FCmáx	12,64 ± 5,32*	10,30 ± 6,12
Zona 5 (min) A partir de 95% da FCmáx	9,86 ± 8,42*	7,18 ± 7,12

*Diferente estatisticamente da zona 1 no primeiro tempo. # Diferente estatisticamente da zona 1 no segundo tempo. Não há diferença estatisticamente significativa entre as zonas do primeiro tempo em relação às do segundo. Valor de $p<0,05$. Foi utilizada ANOVA two way com medidas repetidas post hoc Bonferroni.

A distância total percorrida e as distâncias percorridas em diferentes velocidades de deslocamento durante uma partida estão apresentadas na tabela 6, onde pode ser observado que há redução, estatisticamente significativa, da distância percorrida à medida que a velocidade de deslocamento aumenta.

Tabela 6. Distância total percorrida durante uma partida e distância percorrida por categoria de deslocamento de jogadores da Série C do futebol brasileiro.

Categoria de deslocamento (n=17)	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Distância Total percorrida (m)	9145,63	830,11	7890	10378
Caminhada (m)* 0,1 a 7,1 km.h⁻¹	4131,02	447,25	3238	4794
Corrida lenta (m)* 7,2 a 14,4 km.h⁻¹	3303,37	635,24	2293	4630
Corrida moderada (m)* 14,5 a 19,7 km.h⁻¹	1205,92	279,55	773	1699
Corrida de alta intensidade (m)* 19,8 a 25,1 km.h⁻¹	400,50	126,88	199	688
Em sprint 5 (m)* A partir de 25,2 km.h⁻¹	104,85	45,64	23	167

*Distância diferente estatisticamente de todas as outras categorias de deslocamentos. Valor de $p < 0,05$. ANOVA one way post hoc Tuckey.

A comparação entre o primeiro e o segundo tempo revela que houve uma redução estatisticamente comprovada de 6,6%, 13,6% e 9,6% no segundo tempo da distância total percorrida, e as distâncias em corrida lenta e moderada,

respectivamente, como pode ser observado na tabela 7. No primeiro tempo o deslocamento em caminhada e em corrida lenta não apresentam diferença estatística entre si, sendo superiores estatisticamente das demais categorias. No segundo tempo, houve uma redução estatisticamente comprovada do deslocamento percorrido a medida que a velocidade de deslocamento aumentava.

Tabela 7. Comparações de média e desvio padrão da distância total percorrida e distância percorrida por categoria de deslocamento no primeiro e no segundo tempo de jogo de jogadores da Série C do futebol brasileiro.

Categoria de deslocamento (n=17)	1º Tempo	2º Tempo
Distância Total percorrida (m)	4728,47±285,88	4417,35±622,23*
Caminhada (m) 0,1 a 7,1 km.h⁻¹	2088,82±210,24 ^{##}	2042,53±308,69 [#]
Corrida lenta (m) 7,2 a 14,4 km.h⁻¹	1771,94±298,16 ^{##}	1531,59±385,11 ^{*#}
Corrida moderada (m) 14,5 a 19,7 km.h⁻¹	632,00±145,59 [#]	574,12±153,64 ^{*#}
Corrida de alta intensidade (m) 19,8 a 25,1 km.h⁻¹	188,00±55,59 [#]	212,65±84,75 [#]
Em sprint (m) A partir de 25,2 km.h⁻¹	48,41±23,03 [#]	56,76±27,44 [#]

*Distância inferior estatisticamente em relação ao seu correspondente no primeiro tempo. [#]Distância diferente estatisticamente de todos os níveis de deslocamento no mesmo tempo de jogo. ^{##}Distância superior estatisticamente dos deslocamentos em corrida moderada, de alta intensidade e em sprint no mesmo tempo de jogo. Valor de $p < 0,05$. Foi utilizada ANOVA two way de medidas repetidas post hoc Bonferroni.

A quantidade de sprints por jogo é apresentada na tabela 8, onde pode ser observado que não há diferença estatística entre sua quantidade no primeiro e no segundo tempo.

Tabela 8. Quantidade de sprints por jogo realizados por jogadores da Série C do futebol brasileiro.

Quantidade de sprints (n=17)	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Valor máximo
1º tempo	4,41	1,66	2	7
2º tempo	4,71	2,62	1	11
Total	8,87	3,43	3	13

Com a análise da cinética da concentração de creatina quinase pode ser observado que sua concentração aumenta 2,9 vezes significativamente no período de 24 horas após o jogo em relação à concentração basal, mantendo-se 1,8 vezes acima até o período de 48 horas após a partida (figura 5).

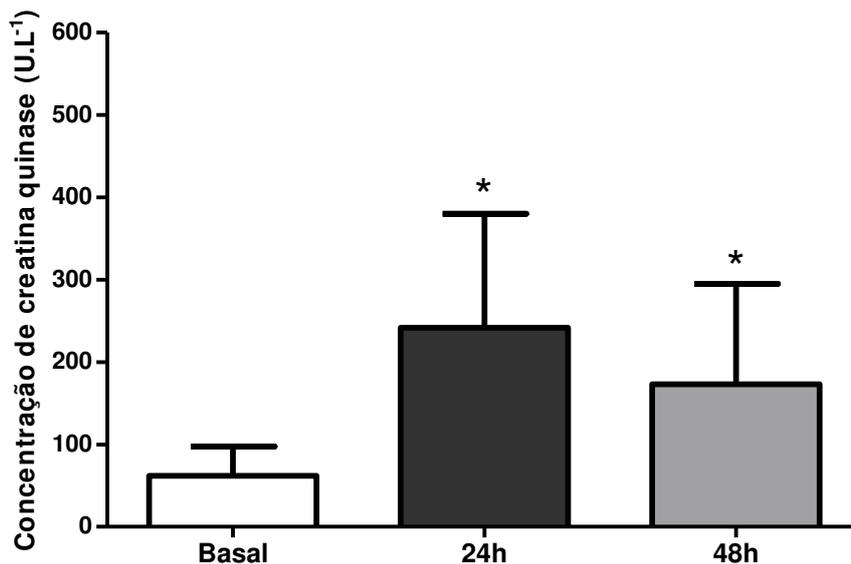


Figura 5. Diferenças entre as médias das concentrações de creatina quinase após jogo. *Superior estatisticamente em relação à concentração basal ($p < 0,05$). Foi utilizada ANOVA one way com medidas repetidas post hoc Tuckey.

Através da verificação da variação relativa da concentração de creatina quinase, pode ser observada uma redução significativa de 36,9% do momento 24 horas para o momento 48 horas após o jogo (figura 6).

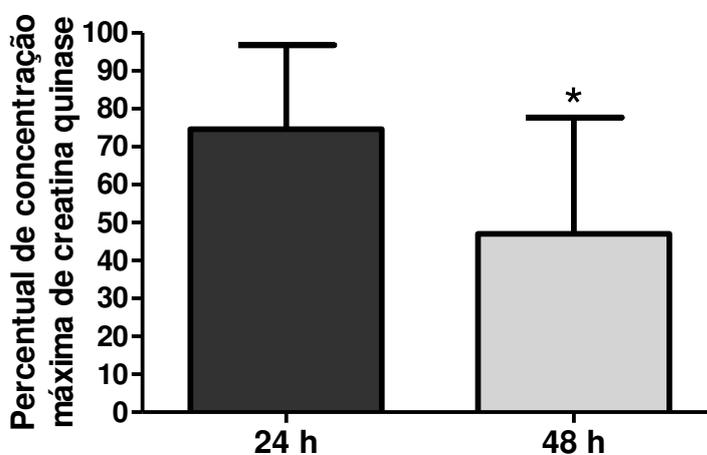


Figura 6. Cinética da variação da média do percentual da concentração de creatina quinase após jogo. *Inferior estatisticamente em relação ao percentual de variação da concentração 24 horas após o jogo ($p < 0,05$). Foi utilizada ANOVA one way com medidas repetidas post hoc Tuckey.

8. DISCUSSÃO

Um importante achado deste estudo foi o baixo potencial para a execução de ações motoras de alta intensidade encontrados em jogadores da Série C do futebol brasileiro avaliados. Esse achado foi possível através da análise das características da amostra, da proporção do genótipo RR da amostra, dos dados de intensidade de esforço e deslocamento percorrido pelos jogadores durante as partidas avaliadas, e da cinética da concentração de creatina quinase encontrada nos momentos após o jogo desses jogadores.

Foi encontrada, neste estudo, uma proporção de 17,6% do genótipo RR na composição da equipe, valores inferiores em relação a estudos que mostram uma proporção que varia de 40,5 a 45 % desse genótipo em equipes de futebol da Série A no Brasil (Pimenta e colaboradores, 2012; Coelho e colaboradores, 2013; Salgueirosa e colaboradores, 2017) e de 44 a 50 % em clubes das divisões de elite de países como Espanha, Rússia e Turquia (Santiago e colaboradores, 2008, Egorova e colaboradores, 2014; Ulucan, Sercan e Biyikli, 2015). O genótipo RR tem sido associado com performances de alta intensidade como velocidade, força e potência em diversos esportes (Yang e colaboradores, 2003; Dionísio e colaboradores, 2017), e Salgueirosa e colaboradores (2017) relatam que no futebol a maior proporção desse genótipo pode influenciar na realização de performances físicas que possam resultar em vitórias.

Em estudo elaborado por Pimenta e colaboradores (2013) os indivíduos com genótipo RR apresentaram resultados superiores em testes de velocidade de 10, 20 e 30 m e nos testes *Squat Jump* e *Counter Movement Jump*, enquanto indivíduos

com genótipo XX apresentaram um $VO_{2máx}$ superior aos outros genótipos. Neste estudo, as médias de 35,6 e 38,1 para o *Squat Jump* e *Counter Movement Jump*, respectivamente, são inferiores aos apresentados por Stolen e colaboradores (2005) como médias para jogadores de futebol de elite (37,8 e 42,9 respectivamente). Diversos outros estudos apontam para um desempenho superior do genótipo RR e RX e do alelo R, em ações musculares que requeiram força, velocidade e potência (Yang e colaboradores, 2003; Pimenta e colaboradores, 2012; Pimenta e colaboradores, 2013; Lee e colaboradores, 2016; Papadimitriou e colaboradores, 2016; Dionísio e colaboradores, 2017).

É importante levar em consideração que o futebol é um esporte de características metabólicas mistas, com esforços anaeróbicos e aeróbicos intermitentes, onde as características de força e potência geradas pelo alelo R, e características de endurance gerados pelo alelo X, podem ser complementares para o desempenho de diferentes funções exercidas pelo jogador durante uma partida. Bangsbo e colaboradores (2014) apontam diferenças no posicionamento, estratégia da equipe, fadiga e demanda energética durante o jogo como fatores que influenciam no desempenho físico dos atletas. A grande variedade motora presente no futebol e a variação de posicionamento e funções dos jogadores são apontadas por Garganta e colaboradores (2002) como possíveis fatores para a minimização da sobreposição da capacidade física sobre a potencialidade genética.

Ao ser realizada a análise da intensidade de esforço durante uma partida foi possível observar que os valores médios de 165,6 e 189,6 para a frequência cardíaca média e frequência cardíaca máxima, respectivamente e 87,3 para o percentual da frequência cardíaca máxima, possuem valores similares a observados em jogadores que compõem equipes de futebol da Série A do Brasil

(Coelho e colaboradores, 2011; Coelho e colaboradores, 2016; Condessa e colaboradores, 2015) e de outros países (Stolen e colaboradores, 2005; Dellal e colaboradores, 2012). Este achado é confirmado por outros estudos que avaliaram a intensidade de esforço durante partidas em jogadores de futebol de equipes que participam de competições de divisões de acesso (Esposito e colaboradores, 2004; Stolen e colaboradores, 2005; Mohr e colaboradores, 2004; Krusturup e colaboradores, 2006; Dellal e colaboradores, 2011). É importante ser dito que a utilização de valores absolutos para representar a frequência cardíaca não é adequada para a avaliação e comparação da intensidade do esforço alcançada, pois fatores como idade, gênero e estado de condicionamento físico podem interferir nos resultados da frequência cardíaca máxima individuais, sendo proposta a padronização a partir do percentual da frequência cardíaca máxima como possível solução para o problema (Coelho e colaboradores, 2009; Dellal e colaboradores, 2015).

É possível observar que houve uma redução de 3,2% na intensidade de esforço do segundo tempo em relação ao primeiro. Reduções assim foram observadas em diversos estudos, e sua causa pode estar relacionada com fatores ligados à fadiga muscular como acúmulo de lactato, depleção dos estoques de glicogênio muscular e desidratação (Stolen e colaboradores, 2005; Coelho e colaboradores, 2011; Coelho e colaboradores, 2016; Dellal e colaboradores, 2017). Em estudo conduzido por Helgerud e colaboradores (2001) foi possível reduzir o impacto da fadiga na intensidade de esforço no segundo tempo com a inclusão de treinos para o desenvolvimento da capacidade aeróbica.

A frequência cardíaca média encontrada nesta pesquisa variou de 85% a 88% da frequência cardíaca máxima entre os períodos de jogo, podendo assim

determinar que a intensidade de esforço do jogo possui características de atividades de alta intensidade, tendo em vista que estes valores se encontram em um intervalo onde os jogadores possam realizar seus desempenhos físicos de forma muito próxima ou acima do limiar de lactato, sendo importante uma grande capacidade aeróbica para a manutenção dos esforços em alta intensidade durante toda a duração de uma partida (Wisloff e colaboradores, 1998; Stolen e colaboradores, 2005; Greig e colaboradores, 2006). Na amostra em questão, o valor do $VO_{2máx}$ que caracteriza a amostra é compatível com o valor médio de $60 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ apresentado por Saieidi (2016) como valor de consumo de oxigênio para jogadores profissionais de futebol.

Ao ser analisado o tempo de permanência em zonas de intensidade de frequência cardíaca distintas, pode ser observado que os jogadores apresentam tempo de permanência na zona 1 de intensidade de esforço (<70% da frequência cardíaca máxima) menor estatisticamente que o tempo de permanência em todas as outras zonas de intensidade de esforço. Entretanto, ao se comparar o tempo de permanência em uma das cinco zonas de intensidade de esforço propostas por Helgerud e colaboradores (2001), podemos observar que estes permanecem uma proporção do tempo de jogo maior em zonas de intensidade de esforço elevadas em relação a jogadores da Série A do futebol nacional e internacional (Helgerud e colaboradores, 2001; Condessa e colaboradores, 2015; Dellal e colaboradores, 2012). Ao avaliar jogadores sub-17 e sub-20 de um clube da Série A do futebol brasileiro, Coelho e colaboradores (2011) encontraram um tempo de permanência superior na zona de intensidade 2 (70 a 84% da frequência cardíaca máxima) em relação às outras zonas, e um tempo de permanência da zona 3 (85 a 89% da frequência cardíaca máxima) e zona 4 (90 a 94% da frequência cardíaca máxima)

superior às zonas 1 e 5 (acima de 95% da frequência cardíaca máxima). Este comportamento foi encontrado por Helgerud e colaboradores (2001) em jogadores noruegueses sub-17. Outra diferença para o estudo citado é que, o tempo de permanência na zona 5 de intensidade encontrado neste estudo possui valor de 2 a 4 vezes maior que nos estudos apresentados por esses autores.

A observação do primeiro e do segundo tempo apontou para um aumento significativo do tempo de permanência na zona de intensidade de esforço 2, o que pode ser explicado pela redução da intensidade de esforço durante o jogo no segundo tempo. Esse comportamento, acompanhado pela redução simultânea do tempo de permanência nas zonas de intensidade de esforço 4 e 5 foi observado no estudo conduzido por Coelho e colaboradores (2011), em jogadores de idades sub17 e sub20. Dellal e colaboradores (2010) relatam que essas alterações podem ocorrer devido a um menor potencial de recuperação para estímulos de altas intensidades, resultando na elevação dos deslocamentos em baixa intensidades encontrados no segundo tempo em relação ao primeiro tempo de partidas de futebol.

A análise da distância percorrida em jogo neste estudo aponta que a média da distância percorrida dos jogadores avaliados é menor que a realizada por jogadores de clubes de elite (Stolen e colaboradores, 2005; Dellal e colaboradores, 2010; Di Salvo e colaboradores, 2013; Bangsbo e colaboradores, 2014; Saeidi, 2016). A análise da estratificação da distância percorrida em relação a velocidade de deslocamento apresenta evidências que podem estar relacionada ao nível de condicionamento físico dos jogadores analisados neste estudo. A distância percorrida caminhando ou em corrida de baixa intensidade representou 81,3% de todo o deslocamento durante um jogo. Em estudo realizado por Di Salvo e

colaboradores (2013) com jogadores da primeira e segunda divisões do futebol inglês, representou 76,6 e 74,9% respectivamente. Estudos realizados por Ingebrigtsen e colaboradores (2015) com jogadores de elite noruegueses, e por Abbot e colaboradores (2018) com jogadores sub-23 ingleses, encontraram dados semelhantes.

A alta proporção do deslocamento em baixas intensidades é importante para a manutenção dos períodos de ação motora em alta intensidade (Mohr e colaboradores, 2003; Krustup e colaboradores, 2005; Bangsbo e colaboradores, 2006). Dessa forma, o aumento na proporção da distância percorrida em baixas intensidades encontrada neste estudo pode ser atribuído a maior necessidade de tempo de recuperação das ações motoras de alta intensidade realizadas durante o jogo.

Proporcionalmente a essas evidências, a proporção do deslocamento em alta intensidade (19,8 a 25,2 km.h⁻¹) ou em sprint (> 25,2 km.h⁻¹) se apresenta em torno de 2 e 2,5 vezes menor que os dados apresentados por jogadores de clubes de elite. Esses dados são corroborados por Bangsbo e colaboradores (2014), que apontam jogadores de elite internacional apresentando um deslocamento 28% maior em corridas de alta intensidade e 58% maior em sprint que jogadores de clubes que participam de competições de Séries de acesso. Ao avaliar jogadores do futebol inglês, Di Salvo e colaboradores (2013) detectaram que jogadores de clubes *Premier League* apresentam um deslocamento em alta intensidade e em sprint maiores que jogadores de *Championship League*, todavia, a diferença entre as duas classes foi mínima.

Ingebrigtsen e colaboradores (2015) encontraram uma média de deslocamento em sprint de 106 metros distribuídos em 8,3 sprints em média por tempo de jogo, o que equivale ao encontrado em todo o jogo para a amostra deste estudo. Outros estudos realizados por (Dellal e colaboradores, 2010; Di Salvo e colaboradores, 2012) também apresentaram médias de deslocamento e quantidade de sprints bem superiores aos encontrados nesse estudo. Esse fato pode ser atribuído a uma menor capacidade de realização de ações motoras de alta intensidade pelos jogadores que compõem esta amostra.

A análise da concentração de creatina quinase como indicador de dano muscular mostra que o pico de concentração ocorreu no período 24 horas após o jogo, mantendo-se elevada 48 horas após o jogo em relação ao período basal. Esta alteração está de acordo com outros estudos que avaliaram jogadores de futebol profissional (Coelho e colaboradores, 2011; Thorpe e colaboradores, 2012; Nedelec e colaboradores, 2014) e jogadores de categorias de base (Fatouros e colaboradores, 2010). Coelho e colaboradores (2013) observou que em estudantes universitários a concentração de creatina quinase se encontra acima dos valores basais no período de 24 horas após o esforço. No estudo de Nedelec e colaboradores (2014) foi observado valores acima dos valores basais 72 horas após o esforço.

A alteração das concentrações de creatina quinase após o esforço pode vir acompanhada de alterações de parâmetros bioquímicos como concentrações de cortisol, interleucina-6, mioglobina, α -actinina e testosterona, assim como de rendimento em testes de sprints e saltos (Fatouros e colaboradores, 2010; Coelho e colaboradores, 2011; Thorpe e colaboradores, 2012; Nedelec e colaboradores, 2014; Coelho e colaboradores, 2015).

Ao analisar os valores absolutos das concentrações de creatina quinase pode ser observado que em todos os momentos avaliados neste estudo, estes valores foram inferiores aos encontrados em jogadores de futebol profissional e de categorias de base (Fatouros e colaboradores, 2010; Coelho e colaboradores, 2011; Thorpe e colaboradores, 2012; Nedelec e colaboradores, 2014), mas isso não ocorre ao ser comparado com jogadores amadores (Coelho e colaboradores, 2015). Através da análise dos dados nesse estudo, é possível sugerir que a baixa quantidade de ações motoras de alta intensidade encontradas, pode explicar a menor concentração de creatina quinase encontrada neste estudo em relação às encontradas em outros estudos com jogadores de futebol profissional.

Os níveis séricos crônicos de creatina quinase são responsáveis por uma grande variabilidade da cinética das concentrações de creatina quinase, determinando assim, a responsividade dos indivíduos ao esforço (Brancaccio e colaboradores, 2007). Dessa forma, este estudo trouxe a análise da creatina quinase com base no percentual da variação máxima da concentração de creatina quinase nos jogadores. Com isto foi possível observar que houve uma redução significativa da variação de creatina quinase do período 48 horas após o jogo em relação ao período 24 horas após o jogo, o que não foi possível observar com a análise dos valores absolutos.

O estudo da α -actinina 3 tem se mostrado importante para a fundamentação do desempenho físico em atletas de diversas modalidades esportivas, e sua relação com parâmetros físicos e bioquímicos em jogadores de futebol pode ampliar o leque de informações disponíveis à treinadores e comissão técnica para o planejamento das cargas de treinos para jogadores. A proposta de um perfil

poligênico pode trazer uma configuração ainda mais eficaz nas respostas ao desempenho físico de atletas de alto rendimento (Egorova e colaboradores, 2014).

Embora a análise genotípica e do desempenho durante uma partida ser uma novidade na avaliação de jogadores que participam das Séries de acesso do futebol nacional, este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. Inicialmente, o tamanho da amostra é relativamente pequeno, devido à logística do clube avaliado, onde pode ser notado que houve uma redução considerável da amostra original. A avaliação de uma quantidade maior de temporadas no clube ou a inclusão de outros clubes na pesquisa poderiam fortalecer os dados encontrados nesse estudo. Seria interessante a inclusão de clubes da Série A do futebol brasileiro, pois assim seria possível fazer uma comparação direta dos resultados com jogadores que participam de competições de variados níveis de dificuldade. Todavia, as condições geográficas no Brasil dificultam essa realidade, tendo em vista que os clubes da Série A do futebol brasileiro se concentram em sua maioria nas regiões sul e sudeste do país, distinto da região nordeste, onde esse estudo foi realizado. A utilização de diversos tipos de recursos tecnológicos empregadas nos mais variados estudos realizados com jogadores de futebol em todo o mundo podem fazer influenciar na precisão das comparações realizadas através da literatura, sendo assim necessária uma padronização dos recursos tecnológicos recentes adotados nessas pesquisas.

9. CONCLUSÃO

Foi possível concluir com este estudo que os jogadores da Série C do futebol brasileiro analisados apresentam uma baixa proporção do genótipo RR do polimorfismo da α -actinina 3, e que verificando as características do grupo, o desempenho físico durante as partidas e a cinética de concentração de creatina quinase após os jogos, é possível perceber um menor potencial para a execução de ações motoras de alta intensidade nos jogos. No entanto, esse aspecto pode ser influenciado por outros fatores como protocolos de treinos executados nas fases de preparação para os jogos, tipos ou fases das competições disputadas ou aspectos psicológicos, de modo que não seja possível atribuir ao genótipo a fundamental determinação para a potencialidade para execução de ações motoras de alta intensidade nos jogos.

10. REFERÊNCIAS

Abbot, W.; Brickley, G.; Smeeton, N.J. **Physical demands of playing position within English Premier League academy soccer.** Journal of human sport and exercise. Vol. 13. Núm. 2. 2018.

Arliani, G.G.; Belangero, P.S.; Runco, J.L.; Cohen, M. **The Brazilian Football Association (CBF) model for epidemiological studies on professional soccer player injuries.** Clinics. Vol 66. Núm. 10. 2011. p. 1707-1712.

Bangsbo J. **The physiology of soccer, with special reference to intense intermittent exercise.** Acta physiologica scandinavica. Supplementum: an in. The journal of physiological sciences. Vol. 151. 1994. p. 1-15.

Bangsbo J.; Mohr M.; Krstrup P. **Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player.** Journal of sports sciences. Vol 24. Núm. 7. 2006. p. 665-674.

Bangsbo, J.; Iaia, F.M.; Krstrup, P. **The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports.** Sports medicine. Vol. 31. Núm. 1. 2008. p. 37-51.

Bangsbo, J.; **physiological demands of football.** Sports Science Exchange. Vol. 27. Núm. 125. 2014. p. 1-6.

Barbero-Álvarez, J.C.; López, M.G.; Álvarez, V.B.; Granda, J.; Castagna, C. **Heart rate and activity profile for young female soccer players.** Journal of human sport and exercise. Vol. 3. Núm. 2. 2008. p. 1-11.

Bendixsen, M.; Bischoff, R; Randers, M.B.; Mohr, M.; Rollo, I.; Suetta, C.; Bangsbo, J. Krstrup, P. **The Copenhagen Soccer Test: Physiological response and fatigue development.** Medicine and science in sports and exercise. Vol. 44. Núm.8. 2012. p. 1595-603.

Brancaccio, P.; Maffulli, N.; Limongelli, F.M. **Creatine kinase monitoring in sport medicine.** British medical bulletin. Vol. 81-82. Núm. 1. 2007. p. 209–230.

Broos S.; Malisoux L.; Theisen D.; van Thienen R.; Ramaekers M.; Jamart C.; Deldicque L.; Thomis M.; Francaux M. **Evidence for ACTN3 as a Speed Gene in Isolated Human Muscle Fibers.** Plos one. Vol. 11. Núm. 3. 2016. p. 1-11.

Butler, P.J.; Woakes, A.J.; Boyd, I.L.; Kanatous, S. **Relationship between heart rate and oxygen consumption during steady-state swimming in California Sea Lions.** Journal of experimental biology. Vol. 170. 1992. p. 35-42.

Castagna, C.; ABT, G.; D'Otavvio. **The relationship between selected blood lactate thresholds and match performance in elite soccer referees.** Journal of strength and conditioning research. Vol. 16. Núm. 4. 2002. p. 623-627.

Clarkson, P.M.; Hubal, M.J. **Exercise-induced muscle damage in humans.** American journal of physical medicine & rehabilitation. Vol. 81. Núm. 11. 2002. p. S52-S69.

Coelho, D.B.; Morandi, R.F.; Melo, M.A.A.; Silami-Garcia, E. **Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva.** Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano. Vol. 13. Núm. 3. 2011. p. 189-194.

Coelho, D.B.; Morandi, R.F.; Paixão, R.C.; Mendes, T.T.; Borba, D.A.; Debarros, C.L.M.; Pereira, E.R.; Cabido, C.E.T.; Silami-Garcia E. **Limiar anaeróbico de 4,0mM é capaz de estimar a máxima fase estável de lactato de jogadores de futebol em testes de campo.** Revista brasileira de ciência e movimento. Vol. 23. Núm. 2. 2015. p. 32-39.

Coelho, D.B.; Mortimer, L.A.; Condessa, L.A.; Morandi, R.F.; Oliveira, B.M.; Marins, J.C.B.; Soares, D.D. Silami-Garcia, E. **Intensity of real competitive soccer matches and differences among player positions.** Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano. Vol. 13. Núm. 5. 2011. p. 341-347.

Coelho, D.B.; Mortimer, L.A.C.F.; Condessa, L.A.; Soares, D.D.; Barros, C.L.M.; Silami-Garcia E. **Anaerobic threshold in different categories of soccer players.** Article in Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano. Vol. 11. Núm. 1. 2009. p. 81-87.

Coelho, D.B.; Paixão, R.C.; Oliveira, E.C.; Becker, L.K.; Ferreira-Junior, J.B.; Coelho, L.G.; Dias, J.C.; Silami-Garcia E. **Exercise intensity during official soccer Matches.** Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano. Vol. 18. Núm. 6. 2016. p. 621-628.

Coelho D.B.; Pimenta E.; Rosse I.C.; Veneroso C.; Becker L.K.; Carvalho M.R.; Pussieldi G.; Silami-Garcia E. **The alpha-actinin-3 R577X polymorphism and physical performance in soccer players.** The journal of sports medicine and physical fitness. Vol. 56. Núm. 3. 2016. p. 241-8.

Coelho D.B.; Pimenta E.M.; Rosse I.C.; Veneroso C.; Pussieldi G.A.; Becker L.K.; Oliveira E.C.; Carvalho M.R.S.; Silami-Garcia E. **Alpha-Actinin-3 R577X Polymorphism Influences Muscle Damage and Hormonal Responses After a Soccer Game.** Journal of strength and conditioning research - Publish Ahead of Print. Vol. 0 Núm. 0. 2018.

Coelho, D.B.; Pimenta; E.M.; Veneroso, C.E.; Morandi, R.F.; Pacheco, D.A.S.; Pereira, E.R.; Coelho, L.G.M.; Silami-Garcia, E. **Assessment of acute physiological demand for soccer.** Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano. Vol. 15. Núm. 6. 2013. p. 667-676.

Coelho, D.B.; Pimenta, E.M.; Paixão, R.C.; Morandi, R.F.; Becker, L.K.; Ferreira-Junior, J.B.; Coelho, L.G.M. Silami-Garcia, E. **Analysis of chronic physiological demand of an annual soccer season.** Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano. Vol. 17. Núm. 4. 2015. p. 400-408.

Condessa, L.A.; Cabido, C.E.T.; Lima, A.M.; Coelho, D.B.; Rodrigues, V.M.; Chagas, M.H.; Silami-Garcia, E. Analysis and comparison of intensity in specific soccer training sessions. Motriz. Vol. 21. Núm.1. 2015. p. 54-60.

Coutinho, C.; Watson, A.; Brickson, S.; Sanfilippo, J. **Maximal heart rate differs between laboratory and field conditions among female athletes.** Journal of human sport and exercise. Vol. 12. Núm. 2. 2017. p. 386-395.

Datson, N.; Hulton, A.; Andersson, H.; Lewis, T.; Weston, M.; Drust, B.; Gregson, W. **Applied physiology of female soccer: an update.** Sports medicine. Vol. 44. Núm. 9. 2014. p. 1225-40.

Dellal A.; Hill-Haas, S.; Lago-Penas, C.; Chamari, K. **Small-sided games in soccer: amateur vs. professional players' physiological responses, physical, and technical activities.** The journal of strength and conditioning research. Vol. 25. Núm. 9. 2011. p. 2371-81.

Dellal, A.; Da Silva C.D.; Hill-Haas, S.; Wong, del P.; Natali, A.J.; De Lima, J.R.; Bara Filho, M.G.; Marins, J.J.; Silami-Garcia, E.; Chamari, C. **Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application.** The journal of strength and conditioning research. Vol. 26. Núm. 10. 2012. p. 2890-906.

Dellal, A.; Wong, del P.; Moalla, W.; Chamari, C. **Physical and technical activity of soccer players in the French First League – with special reference to their playing position.** International sportmed journal Vol. 11, Núm. 2. 2010. p. 278-290.

Di Salvo, V.; Pigozzi, F.; González-Haro, C.; Laughlin, M.S.; De Witt, J.K. **Match Performance Comparison in Top English Soccer Leagues.** International journal of sports medicine. Vol. 34. Núm. 34. 2013. p. 526–532.

Dionísio, T.; Thiengo, C.R.; Brozoski, D.T.; Dionísio, E.J.; Talamoni, G.A.; Silva R.B.; Garlet G.P.; Santos C.F.; Amaral S.L. **The influence of genetic polymorphisms on performance and cardiac and hemodynamic parameters among Brazilian soccer players.** Applied physiology, nutrition, and metabolism. Vol. 42. Núm. 6. 2017. p. 596-604.

Draper, S.; Wood, D.M. **The oxygen uptake response of sprint- vs. endurance-trained runners to severe intensity running.** Journal of science and medicine in sport. Vol 8. N. 2. 2005. p. 233-43.

Egorova, E.S.; Borisova, A.V.; Mustafina, L.J.; Arkhipova, A.A.; Gabbasov, R.T.; Druzhevskaya A.M.; Astratenkova I.V.; Ahmetov I.I. **The polygenic profile of Russian football players.** Journal of sports sciences. Vol. 32. Núm. 13. 2014. p. 1286-93.

Ehrmann, F.E.; Duncan, C.S.; Sindhusake, D.; Franzsen, W.N.; Greene, D.A. **GPS and injury prevention in professional soccer.** The journal of strength and conditioning research. Vol. 30. Núm. 2. 2016. p. 360-367.

Esposito, F.; Impellizzeri, F.M.; Margonato, V.; Vanni, R.; Pizzini, G.; Veicsteinas, A. **Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players.** European journal of applied physiology. Vol.93. Núm 1-2. 2004. p.167-72.

Esteve-Lanao, J.; Moreno-Pérez, D.; Cardona, C.A.; Larumbe-Zabala, E.; Muñoz, I.; Sellés, S.; Cejuela, R. **Is Marathon Training Harder than the Ironman**

Training? An ECO-method Comparison. *Frontiers in physiology*. Vol. 8. Art. 298. 2017.

FIFA. Federation Internationale de Football Association [Internet]. Disponível em: www.fifa.com. Acessado em: maio de 2018.

Fatouros I.G.; Chatzinikolaou A.; Douroudos I.I.; Nikolaidis M.G.; Kyparos A.; Margonis K.; Michailidis Y.; Vantarakis A.; Taxildaris K.; Katrabasas I.; Mandalidis D.; Kouretas D.; Jamurtas A.Z. **Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game.** *The journal of strength and conditioning research*. Vol. 24. Núm. 12. 2010. p. 3278-86.

Garganta, J.; Marques, A.; Maia, J. **Modelação tática do jogo de futebol. Estudo da organização ofensiva em equipas de alto rendimento.** *Estudos ibéricos*. Vol. . Núm. 2002. p. 51-66

Gil, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª edição. São Paulo. Ed. Atlas. 2008.

Gillach, M.C.; Sallis, J.F.; Buono, M.J.; Patterson.; Nader, P.R.; **The Relationship Between Perceived Exertion and Heart Rate in Children and Adults.** *Pediatric exercise science*. Vol. 1. Núm. 4. 1989. p. 360-368.

Grealy, R.; Herruer, J.; Smith, C.L.; Hiller, D.; Haseler, L.J.; Griffiths, L.R. **Evaluation of a 7-Gene Genetic Profile for Athletic Endurance Phenotype in Ironman Championship Triathletes.** *Plos One*. Vol. 10. Núm. 12. 2015.

Greig, M.P.; Naughton, L.R.M.; Lovell, R.J. **physiological and mechanical response to soccer-specific intermittent activity and steady-state activity.** *Research in sports medicine*. Vol. 14. Núm.1. 2006. p. 29-52.

Haugen, T.A.; Tonnessen, E.; Hem, E. Leirstein, S.; Seiler, S. **Vo₂max characteristics of elite female soccer players, 1989-2007.** *International journal of sports physiology and performance*. Vol. 9. Núm. 3. 2014. p. 515-521.

Helgerud, J.; Engen, L.C.; Wisloff, U.; Hoff, J. **Aerobic endurance training improves soccer performance.** *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 33. Núm. 11. 2001. p. 1925-31.

Hogarth, M.W.; Garton, F.C.; Houweling, P.J.; Tukiainen, T.; Lek, M.; Macarthur, D.G.; Seto, J.T.; Quinlan, K.G.; Yang, N.; Head, S.I.; North, K.N. **Analysis of the ACTN3 heterozygous genotype suggests that α -actinin-3 controls sarcomeric composition and muscle function in a dose-dependent fashion.** Human molecular genetics. Vol. 25. Núm. 5. 2016. p. 866-77.

Hulka, K.; Weisser, R.; Belka, J.; Hap, P. **The influence of different level of opponents on internal responses and external loads during small-sided games in soccer.** Acta gymnica. Vol. 45. Núm. 3. 2015. p. 113–119

Ingebrigtsen, J.; Dalen, T.; Hjelde, G.H.; Drust, B.; Wisloff, U. **Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play.** European journal of sport science. Vol. 15. Núm.2. 2015. p. 101-10.

Junge, A.; Dvorak, J. **Soccer Injuries: A review on incidence and prevention.** Sports medicine. Vol. 34. Núm. 13. 2004. p. 929-938.

Kikuchi, N.; Nakazato, K.; Min, S.K.; Ueda, D.; Igawa, S. **The ACTN3 R577X polymorphism is associated with muscle power in male japanese athletes.** Vol. 28. Num. 7. 2014. p. 1783-1789.

Kikuchi, N.; Yoshida, S.; Min, S.; Lee, K.; Sakamaki-Sunaga, M.; Okamoto, T.; Nakazato, K. **The ACTN3 R577X genotype is associated with muscle function in a Japanese population.** Applied physiology, nutrition, and metabolism. Vol. 40. 2015. p. 316-322.

Kikuchi, N.; Nakazato, K. **Effective utilization of genetic information for athletes and coaches: focus on ACTN3 R577X polymorphism.** Journal of exercise nutrition and biochemistry. Vol. 19. Núm. 3. 2015 p. 157-64.

Krustrup, P.; Mohr, M.; Steensberg, A.; Bencke, J.; Kjaer, M.; Bangsbo, J. **Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance.** Medicine and science in sports and exercise. Vol. 38. Núm. 6. 2006. p. 1165–1174.

Lee, F.X.; Houweling, P.J.; North, K.N.; Quinlan, K.G. **How does α -actinin-3 deficiency alter muscle function? Mechanistic insights into ACTN3, the 'gene for speed'.** Biochimica et biophysica acta. Vol. 4. 2016. p. 686-93.

Lizana, C.J.R.; Belozo, F.; Lourenço, T.; Brenzikofer, R.; Macedo, D.V.; Shoitimisuta, M.; Scaglia, A.J. **Análise da potência aeróbia de futebolistas por meio de teste de campo e teste laboratorial.** Revista brasileira de medicina do esporte. Vol. 20. Num. 6. 2014. p. 447-450.

Magi, A.; Unt, E.; Prans, E.; Raus, L.; Eha, J.; Veraksits, A.; Kingo, K.; Koks, S. **The Association Analysis between ACE and ACTN3 Genes Polymorphisms and Endurance Capacity in Young Cross-Country Skiers: Longitudinal Study.** Journal of sports science & medicine. Vol. 15. Núm. 2. 2016. p. 287-94.

Martínez-Lagunas, V.; Niessen, M.; Hartmann, U. **Women's football: Player characteristics and demands of the game.** Journal of sport and health science. Vol. 3. 2014. p. 258-272.

Massidda, M.; Bachis, V.; Corrias, L.; Piras, F.; Scorcu, M.; Culigioni, C.; Masala, D.; Calo, C.M. **ACTN3 R577X polymorphism is not associated with team sport athletic status in Italians.** Sports medicine - open. Vol. 1. Núm. 1. 2015. p. 1-6.

Mcardle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. **Fisiologia do exercício: Nutrição, energia e desempenho humano.** 8ª edição. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Koogan. 2016.

Milanovic, Z.; Sporis, G.2.; James, N.; Trajkovic, N.; Ignjatovic, A.; Sarmiento, H.; Trecroci, A.; Mendes, B.M.B. **Physiological Demands, Morphological Characteristics, Physical Abilities and Injuries of Female Soccer Players.** Journal of human kinetics. Vol. 60. 2017. p. 77-83.

Millet, G.P.; Vleck, V.E.; Bentley, D.J. **Physiological requirements in triathlon.** Journal of human sport and exercise. Vol. 6. Núm. 2. 2011. 184-204.

Miñano-Espin, J.; Casáis, L.; Lago-Peñas, C.; Gómez-Ruano, M.Á. **High Speed Running and Sprinting Profiles of Elite Soccer Players.** Journal of human kinetics. Vol. 58. 2017. p. 169-176.

Mohr, M.; Krstrup, P.; Nybo, L.; Nielsen, J.J.; Bangsbo, J. **Muscle temperature and sprint performance during soccer matches: Beneficial effect of re-warm-up at half-time.** Scandinavian journal of medicine and science in sports. Vol.14. Núm. 3. 2004. p. 156–162.

Nedelec, M.; McCall, A.; Carling, C.; Legall, F.; Berthoin, S.; Dupont, G. **The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer**

match. Journal of strength and conditioning research. Vol. 28. Núm. 6. 2014. p. 1517-23.

North, K.N.; Yang, N.; Wattanasirichaigoon, D.; Mills, M.; Eastal, S.; Beggs, A.H. **A common nonsense mutation results in a-actinin-3 deficiency in the general population.** Nature genetics. Vol. 21. 1999. p- 353-354.

Papadimitriou, I.D.; Lockey, S.J.; Voisin, S.; Herbert, A.J.; Garton, F.; Houweling, P.J.; Cieszczyk, P.; Maciejewska-Skrendo, A.; Sawczuk, M.; Massidda, M.; Calò, C.M.; Astratenkova, I.V.; Kouvatsi, A.; Druzhevskaya, A.M.; Jacques, M.; Ahmetov, I.I.; Stebbings, G.K.; Heffernan, S.; Day, S.H.; Erskine, R.; Pedlar, C.; Kipps, C.; North, K.N.; Williams, A.G.; Eynon, N. **No association between ACTN3 R577X and ACE I/D polymorphisms and endurance running times in 698 Caucasian athletes.** BMC genomics. Vol. 19. Núm. 1. 2018.

Papadimitriou, I.D.; Lucia, A.; Pitsiladis, Y.P.; Pushkarev, V.P.; Dyatlov, D.A.; Orekhov E.F.; Artioli, G.G.; Guilherme, J.P.; Lancha-Junior, A.H.; Ginevičienė, V.; Cieszczyk, P.; Maciejewska-Karłowska, A.; Sawczuk, M.; Muniesa, C.A.; Kouvatsi, A.; Massidda, M.; Calò, C.M. Garton, F.; Houweling, P.J.; Wang, G.; Austin, K.; Druzhevskaya, A.M.; Astratenkova, I.V.; Ahmetov, I.I.; Bishop, D.J.; North, K.N.; Eynon, N. **ACTN3 R577X and ACE I/D gene variants influence performance in elite sprinters: a multi-cohort study.** BMC genomics. Vol. 13. Núm. 17. 2016.

Pimenta, E.M.; Coelho, D.B.; Veneroso, C.E.; Coelho, E.J.B.; Cruz, I.R.; Morandi, R.F.; Pussieldi, G.A.; Carvalho, M.R.; Silami-Garcia E.; Fernández, J.A.P. **Effect of ACTN3 gene on strength and endurance in soccer players.** Journal of strength and conditioning research. Vol. 27. Núm. 12. 2013. p. 3286-92.

Pimenta, E.M.; Coelho, D.B.; Cruz, I.R.; Morandi, R.F.; Veneroso, C.E.; Pussieldi, G.A.; Carvalho, M.R.; Silami-Garcia, E.; Fernández, J.A.P. **The ACTN3 genotype in soccer players in response to acute eccentric training.** European journal of applied physiology. Vol. 12. Núm. 4. 2012. p. 1495-503.

Poonam, S.; Sangwan, S. **Relationship between endurance and VO_{2max} of basketball players.** International journal of physiology, nutrition and physical education. Vol. 3. Núm. 1. 2018. p. 296-298.

Rankovic, G.; Mutavdzic, V.; Toskic, D.; Preljevic, A.; Kocic, M.; Nedin-Rankovic, G.; Damjanovic, N. **Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports.** Bosn J Basic Med Sci. Vol. 10. Núm. 1. 2010. p. 44-8.

Saeidi, A. **Physical and physiological demand of soccer player based on scientific research.** International journal of applied science in physical education. Vol. 2. 2016. p. 9-22

Salgueirosa, F.M.; Rodrigues, P.; Seniski, G.G.; Wharton, L.; Osiecki, R. **ACT3 R577X and ACE I/D genotype frequencies of professional soccer players in Brazil.** Journal of exercise physiology online. Vol. 20. Núm. 6. 2017. p. 129-138.

Santiago, C.; González-Freire, M.; Serratos, L.; Morate, F.J.; Meyer, T.; Gómez-Gallego, F.; Lucia, A. **ACTN3 genotype in professional soccer players.** British Journal of sports medicine. Vol. 42. Núm. 1. 2008. p. 71-3.

Seto, J.T.; Quinlan, K.G.; Lek, M.; Zheng, X.F.; Garton, F.; MacArthur, D.G.; Hogarth, M.W.; Houweling, P.J.; Gregorevic, P.; Turner, N.; Cooney, G.J.; Yang, N.; North, K.N. **ACTN3 genotype influences muscle performance through the regulation of calcineurin signaling.** The journal of clinical investigation. Vol. 123. Núm. 10. 2013 p. 4255-63.

Soares, L.L.; Pimenta, E.M.; Barros, A.F.S.; Lessa, L.B.; Pussieldi, G.A. **Análise dos níveis séricos de creatina quinase em atletas de futebol universitário após uma sessão intermitente.** Motricidade. Vol 8. Núm. S2. 2012. p. 438-446.

Sjökvist, J.; Laurent, M.C.; Richardson, M.; Curtner-Smith, M.; Holmberg, H.C.; Bishop, P.A. **Recovery from high-intensity training sessions in female soccer players.** The journal of strength and conditioning research. Vol. 25. Núm. 6. 2011. p. 1726-35

Stolen, T.; Chamari, K.; Castagna, C.; Wisloff, U. **Physiology of Soccer: An update.** Sports medicine. Vol. 35. Núm. 6. 2005. p. 501-536.

Sweeting, A.J.; Cormack, S.J.; Morgan, S.; Aughey, R.J. **When Is a Sprint a Sprint? A Review of the Analysis of Team-Sport Athlete Activity Profile.** Frontiers in physiology. Vol. 8. Art. 432. 2017.

Taylor, R.J.; Sanders, D.; Myers, T.; Abt, G.; Taylor, C.A.; Akubat, I. **The Dose-Response Relationship Between Training Load and Aerobic Fitness in Academy Rugby Union Players.** International journal of sports physiology and performance. Vol. 13. Núm. 2. 2018. p. 163-169.

Thirumalai, T.; Therasa, S.V.; Elumalai, E.K.; David, E. **Intense and exhaustive exercise induce oxidative stress in skeletal muscle.** Asian Pacific Journal of Tropical Disease. Vol. 1. Núm. 1. 2011. p. 63–66.

Thorpe, R.; Sunderland, C. **Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match.** Journal of strength and conditioning research. Vol. 26. Núm. 10. 2012. p. 2783-2790.

Torreño, N.; Munguía-Izquierdo, D.; Coutts, A.; Villarreal, E.S.; Asian-Clemente, J.; Suarez-Arrones, L. **Relationship Between External and Internal Loads of Professional Soccer Players During Full Matches in Official Games Using Global Positioning Systems and Heart-Rate Technology.** International journal of sports physiology and performance. Vol. 11. Núm. 7. 2016. p. 940-946.

Tucker, R.; Santos-Concejero, J.; Collins, M. **The genetic basis for elite running performance.** British journal of sports medicine. Vol. 47. Núm. 9. 2013. p. 545-9.

Ulucan, K.; Sercan, C.; Biyikli, T. **Distribution of Angiotensin-1 Converting Enzyme Insertion/Deletion and α -Actinin-3 Codon 577 Polymorphisms in Turkish Male Soccer Players.** Genetics and epigenetics. Vol.7. 2015.

Wisloff, U.; Helgerud, J.; Hoff, J. **Strength and Endurance of elite soccer players.** Medicine and science in sports and exercise. Vol. 30. Núm. 3. 1998. p. 462-467.

Yang, N.; MacArthur, D.G.; Gulbin, J.P.; Hahn, A.G.; Beggs, A.H.; Easteal, S.; North, K. **ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance.** American journal of human genetics. Vol. 73. 2003. p. 627-631.

11. ANEXOS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DAOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Identificação de Polimorfismos Genéticos associados aos esportes e a relação com parâmetros utilizados como controle de treinamento.

Pesquisador: Emerson Silami Garcia

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 81313517.8.0000.5087

Instituição Proponente: Universidade Federal do Maranhão

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.710.602

Apresentação do Projeto:

O recente avanço da biologia molecular, que tem como marco o completo sequenciamento do genoma humano em 2001 (Venter, 2003), aliado aos seus promissores resultados na prevenção, detecção, e tratamento de uma série de doenças, tem viabilizado sua utilização no meio esportivo buscando uma melhora no rendimento. No esporte de alto rendimento a biologia molecular pode ter papel importante na prescrição do treinamento e na recuperação de lesões: Atualmente existem cerca de 200 genes que estão associados com os fenótipos de boa forma física relacionada à saúde e os fenótipos de performance física humana (Bray et al., 2009). O futebol é um esporte dinâmico e uma de suas principais características é o contato físico dos atletas, fato que relaciona esse às ocorrências de lesões. Um dos maiores desafios encontrados por fisiologistas e preparadores físicos se dá quanto à dosagem correta de treinos. Estímulos decorrentes de exercícios físicos causam adaptações nas células musculares, denominadas micro lesões, contudo uma nova repetição de estresse nesse músculo pode levar a uma contusão muscular, afastando temporariamente o atleta de suas atividades diárias. Têm-se buscado a identificação de marcadores fisiológicos que representem a demanda fisiológica imposta aos esportistas ao longo dos anos. Destes, pode-se citar fatores indicativos de micro traumas musculares como a creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), fragmentos da cadeia pesada de miosina (MHC), troponina-i e mioglobina (Brown, 1997). Outros fatores do monitoramento da demanda fisiológica imposta aos praticantes na atualidade são as interleucinas

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho
Bairro: Bloco C, Sala 7, Comitê de Ética **CEP:** 65.080-040
UF: MA **Município:** SAO LUIS
Telefone: (98)3272-8708 **Fax:** (98)3272-8708 **E-mail:** cepufma@ufma.br



Continuação do Parecer: 2.710.602

em especial a (IL-6) (Steinacker et al., 2004), associada à magnitude da exigência metabólica da atividade em resposta a inflamação (Febbraio, Pedersen, 2002; Pedersen, Febbraio, 2008) e parâmetros hormonais, como concentrações de cortisol e testosterona (Uchida et al., 2004; Cormack et al., 2008). Além de influenciar diretamente nos fenótipos musculares, os fatores genéticos também podem interferir na resposta ao treinamento (Thomis et al., 1998; Beunen, Thomis, 2004; Thomis et al., 2004; Brutsaert, Parra, 2006, Clarkson et al., 2005a; Delmonico et al., 2007; Norman et al., 2009). A identificação da pré-disposição genética dos atletas de alto rendimento traz informações importantes para a comissão técnica no planejamento individualizado das cargas de treinamento, em especial sobre o curso de tempo de mudanças na fase aguda inflamatória e de dano muscular tendo em vista que alguns treinamentos, e os jogos, são de caráter coletivo. Tal fato justifica-se porque alguns atletas não pré-dispostos geneticamente podem ser super exigidos nos treinamentos ou apresentando recuperação parcial em comparação aos seus colegas. Contemplando todo o presuposto apresentado o presente estudo se desenhou com finalidade de identificar polimorfismos genéticos que influenciam nos níveis de força, potência, resistência, (Pimenta et al., 2012; Pimenta et al., 2013), ativação e resolução da inflamação, (Hubal et al., 2010; Yamin et al., 2008; Devaney et al., 2007; Pruna et al. 2013; Ng et al., 2013) em atletas de alto rendimento, e avaliar a relação dos mesmos com marcadores inflamatórios, hormonais e de dano muscular utilizados como controle de treinamento de atletas.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo principal do presente estudo é buscar associação entre polimorfismos genéticos e marcadores inflamatórios, hormonais e de dano muscular, utilizados como controle para treinamento de atletas de alto rendimento.

Objetivo Secundário:

1. Verificar o comportamento de marcadores de dano muscular CK e respostas hormonais de Cortisol e Testosterona frente a treinamentos excêntricos específicos de futebol.
2. Verificar o comportamento desses marcadores de acordo com os polimorfismos genéticos encontrados.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Estes procedimentos não oferecem riscos aos participantes já que todos os procedimentos são de rotina dos clubes e acontecem de forma sazonal pelo departamento médico e de fisiologia dos

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho
Bairro: Bloco C, Sala 7, Comitê de Ética **CEP:** 65.080-040
UF: MA **Município:** SAO LUIS
Telefone: (98)3272-8708 **Fax:** (98)3272-8708 **E-mail:** cepufma@ufma.br

Continuação do Parecer: 2.710.602

mesmos.

Benefícios:

A identificação da predisposição genética de atletas de alto rendimento, traz informações importantes para treinadores e técnicos para o ajuste individual das cargas de treinamento. A busca de fatores que indiquem o estado de treinamento do atleta de forma crônica e a magnitude do estímulo representado por uma sessão de treinamento ou jogo tem sido motivo de investigações no meio esportivo. Se não controlado de forma adequada, o treinamento pode representar uma situação de risco para o organismo podendo desencadear lesões em que o atleta precise de um maior tempo de recuperação. Uma vez que, dispondo dessa informação de respostas fisiológicas de cada atleta, associadas às suas características genéticas, a comissão técnica poderá interpretar melhor o significado destes estímulos usados para desencadear adaptações ao treinamento, assim como planejar melhor os períodos de recuperação entre as sessões de treinamento e as competições.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa esta elaborada com todos os elementos necessários ao seu pleno desenvolvimento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatórios foram entregues e estão de acordo com a resolução 466/12 do CNS.

Recomendações:

Não existem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as pendências foram acatadas e corrigidas e estão de acordo com a resolução 466/12 do CNS.

Considerações Finais a critério do CEP:**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1039996.pdf	22/05/2018 10:09:20		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	osasco.pdf	22/05/2018 10:08:55	Emerson Silami Garcia	Aceito

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho**Bairro:** Bloco C, Sala 7, Comitê de Ética **CEP:** 65.080-040**UF:** MA **Município:** SAO LUIS**Telefone:** (98)3272-8708 **Fax:** (98)3272-8708**E-mail:** cepufma@ufma.br



Continuação do Parecer: 2.710.602

Continuação do Parecer: 2.710.602

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_CONSENTIMENTO_ESCLARECIDO.docx	25/04/2018 09:19:26	Emerson Silami Garcia	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_CONSENTIMENTO_ESCLARECIDO.pdf	25/04/2018 09:17:41	Emerson Silami Garcia	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROPOSTA.docx	25/04/2018 09:06:44	Emerson Silami Garcia	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROPOSTA.pdf	18/12/2017 17:09:59	Emerson Silami Garcia	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	18/12/2017 15:38:07	Emerson Silami Garcia	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO LUIS, 13 de Junho de 2018

Assinado por:
FRANCISCO NAVARRO
(Coordenador)

Arquivo	Postagem	Autor	Estado	Tipo Documento
PROJETO_1038999.pdf	22/05/2018 10:09:50	Emerson Silami Garcia	Aceito	Informações Básicas do Projeto
casaco.pdf	22/05/2018 10:08:55	Emerson Silami Garcia	Aceito	Declaração de Instituição

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho
Bairro: Bloco C, Sala 7, Comitê de Ética **CEP:** 65.080-040
UF: MA **Município:** SAO LUIS
Telefone: (98)3272-8708 **Fax:** (98)3272-8708 **E-mail:** cepufma@ufma.br