

**TIAGO HENRIQUE PEREIRA**

**RELAÇÃO ENTRE O NÍVEL DE APTIDÃO FÍSICA, MODULAÇÃO  
AUTONÔMICA CARDÍACA E POSICIONAMENTO TÁTICO EM JOGADORES DE  
FUTEBOL DA CATEGORIA SUB-17**

**UBERABA**

**2023**

Tiago Henrique Pereira

**RELAÇÃO ENTRE O NÍVEL DE APTIDÃO FÍSICA, MODULAÇÃO  
AUTONÔMICA CARDÍACA E POSICIONAMENTO TÁTICO EM JOGADORES DE  
FUTEBOL DA CATEGORIA SUB-17**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração "Educação Física, Esporte e Saúde" (Linha de Pesquisa: Aspectos Psicobiológicos do Exercício Físico Relacionados à Saúde e ao Desempenho), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Octávio Barbosa Neto

UBERABA

2023

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro**

P496r Pereira, Tiago Henrique  
Relação entre o nível de aptidão física, modulação autonômica cardíaca e posicionamento tático em jogadores de futebol da categoria sub-17 / Tiago Henrique Pereira. -- 2023.  
57 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2023  
Orientador: Prof. Dr. Octávio Barbosa Neto

1. Futebol. 2. Frequência Cardíaca. 3. Desempenho físico funcional. 4. Medição de velocidade de vazão. 5. Condicionamento físico humano. 6. Aptidão física. I.  
Barbosa Neto, Octávio. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 796.332

Tiago Henrique Pereira

**RELAÇÃO ENTRE O NÍVEL DE APTIDÃO FÍSICA, MODULAÇÃO  
AUTONÔMICA CARDÍACA E POSICIONAMENTO TÁTICO EM JOGADORES DE  
FUTEBOL DA CATEGORIA SUB-17**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração "Educação Física, Esporte e Saúde" (Linha de Pesquisa: Aspectos Psicobiológicos do Exercício Físico Relacionados à Saúde e ao Desempenho), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2023.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Dr. Octávio Barbosa Neto – Orientador  
Universidade Federal do Ceará

---

Dr<sup>a</sup>. Rosângela Soares Chriguer  
Universidade Federal de São Paulo

---

Dr. Victor Silveira Coswig  
Universidade Federal do Ceará

*Dedico esse trabalho a minha mãe Maria da Glória de Jesus Pereira, minha noiva Tatiane Vargas Moraes, que são a minha base, e a todos os meus amigos que me incentivam e apoiam em todos os momentos da minha vida*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me dado o poder de sonhar e realizar esses sonhos.

Agradeço a minha querida mãe Maria da Glória de Jesus Pereira e a meu saudoso pai João Pedro Pereira, por toda dedicação, exemplo e amor a mim dedicados.

Agradeço ao meu professor e orientador Octávio Barbosa Neto por ter me orientado nessa jornada.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Triângulo Mineiro pela oportunidade de estar cursando esse importante mestrado junto a vocês.

Agradeço aos colegas de mestrado que sempre estiveram lado a lado comigo nessa árdua empreitada em especial a minha parceira de estudos Anna Carolina Borges.

## RESUMO

O futebol é uma modalidade esportiva acíclica caracterizada por esforços intermitentes com curtos intervalos de recuperação entre as ações, onde os jogadores realizam movimentos de sprints, corridas e caminhadas, intercalando esforços de baixa e alta intensidade. Embora o metabolismo aeróbio forneça a maior proporção de energia para as atividades durante os jogos, o futebol também desencadeia exigências metabólicas e a aptidão anaeróbica em seus jogadores. Por ser a modalidade com mais apreciadores em todo o mundo, essa exposição atrai alto investimento em grandes clubes profissionais, inclusive na área de análise do desempenho físico, perfil técnico tático e medicina esportiva. Seguindo essa vertente, existem inúmeros protocolos de avaliação fisiológica no futebol, porém, treinadores, preparadores físicos e fisiologistas têm buscado cada vez mais identificar novas metodologias que possam ser utilizadas para potencializar o desempenho e evitar maiores desgastes físicos dos jogadores. As adaptações fisiológicas também têm sido monitoradas por meio das respostas da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), que pode fornecer informações úteis quanto a alterações no estado físico e de treinamento, bem como estar associada a melhoras da performance atlética dos jogadores. Atualmente, se encontra limitado na literatura, estudos que avaliam a associação entre função autonômica cardíaca, desempenho físico e a posição tática no futebol, em especial, nas categorias de base. O objetivo do presente estudo foi de verificar se as ações táticas das diferentes posições do futebol de campo estão associadas com a VFC de repouso e o desempenho em jogadores da categoria Sub-17. Cinquenta e nove jogadores do sexo masculino com idade de  $16,1 \pm 1,4$  anos participaram voluntariamente deste estudo e foram subdivididos em 5 categorias: goleiros (n=10), zagueiros (n=13), laterais (n=15), volantes (n=11) e atacantes (n=10). Parâmetros hemodinâmicos basais e a VFC foram avaliados em condições de repouso. Testes físicos foram realizados para verificar aptidão física dos jogadores. Os laterais apresentaram uma maior modulação vagal cardíaca de repouso do que todos os outros jogadores ( $p < 0,05$ ), assim como, menor FC de repouso em comparação aos goleiros ( $p < 0,001$ ) e atacantes ( $p = 0,039$ ). Maior  $VO_{2m\acute{a}x}$  e distância percorrida no teste Yo-Yo IR1 foram observados nos jogadores laterais em relação aos jogadores das demais posições ( $p < 0,05$ ). Resultados similares foram observados quanto aos testes de agilidade, onde os jogadores laterais obtiveram o menor tempo de execução em comparação aos outros grupos de jogadores ( $p < 0,05$ ). Correlações significativas foram identificadas entre os índices vagais cardíacos e aptidão física de acordo com as posições no campo de futebol. Nossos dados nos permitem concluir que os jogadores laterais apresentaram valores superiores de atividade vagal e esses achados foram associados a um maior desempenho físico.

**Palavras chaves:** variabilidade da frequência cardíaca; teste de agilidade,  $VO_{2m\acute{a}x}$ ; aptidão física; futebol de campo.

## ABSTRACT

Soccer is an acyclic sport modality characterized by intermittent efforts with short recovery intervals between actions, where players perform sprints, runs and walks, alternating low and high intensity efforts. Although aerobic metabolism provides the highest proportion of energy for activities during matches, football also triggers metabolic demands and anaerobic fitness in its players. As it is the modality with the most appreciators in the world, this exhibition attracts high investment in large professional clubs, including in the area of physical performance analysis, tactical technical profile and sports medicine. Following this trend, there are numerous protocols for physiological assessment in soccer, however, coaches, physical trainers and physiologists have increasingly sought to identify new methodologies that can be used to enhance performance and avoid greater physical strain on players. Physiological adaptations have also been monitored through heart rate variability (HRV) responses, which can provide useful information regarding changes in physical and training status, as well as being associated with improvements in the athletic performance of players. Currently, there are limited studies in the literature that evaluate the association between cardiac autonomic function, physical performance and tactical position in soccer, especially in the base categories. The objective of the present study was to verify if the tactical actions of the different positions of the soccer field are associated with the HRV at rest and the performance in players of the Sub-17 category. Fifty-nine male players aged  $16.1 \pm 1.41$  years voluntarily participated in this study and were subdivided into 5 categories: goalkeepers (n=10), fullbacks (n=13), wingers (n=15), midfielders (n=11) and attackers (n=10). Baseline hemodynamic parameters and HRV were assessed under resting conditions. Physical tests were carried out to verify the physical fitness of the players. The full-backs had a greater resting cardiac vagal modulation than all other players ( $p < 0.05$ ), as well as a lower resting HR compared to goalkeepers ( $p < 0.001$ ) and forwards ( $p = 0.039$ ). Greater  $VO_{2max}$  and distance covered in the Yo-Yo IR1 test were observed in wingers players in relation to all players in other positions ( $p < 0.05$ ). Similar results were observed regarding the agility tests, where lateral players had the lowest execution time compared to other groups of players ( $p < 0.05$ ). Significant correlations were identified between cardiac vagal indices and physical fitness according to positions on the soccer field. Our data allow us to conclude that wing players had higher values of vagal activity and these findings were associated with greater physical performance.

**Keywords:** heart rate variability; agility test;  $VO_{2max}$ ; physical fitness; field soccer.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Organograma das fases de coleta de dados do estudo.....	21
Figura 2 - Esquema do teste (Yo-Yo IR1).....	24
Figura 3 - Esquema do teste de agilidade <i>Shuttle Run</i> .....	25
Figura 4 - Esquema do percurso realizado pelas atletas durante o teste <i>Illinois</i> .....	26
Figura 5 - Valores médios da FC de repouso dos participantes do presente estudo.....	28
Figura 6 - Valores da média $\pm$ DP da pressão arterial sistólica (A), diastólica (B), média (C) e pressão de pulso (D) de repouso dos jogadores de futebol da categoria Sub-17.....	29
Figura 7 - Valores médios do DP de repouso dos participantes do presente estudo.....	30
Figura 8 - Distância percorrida (A) e VO <sub>2</sub> máx (B) após teste de recuperação Yo-Yo nível 1 intermitente (IR1).....	32
Figura 9 - Valores médios $\pm$ DP dos testes físicos de agilidade <i>Shuttle Run</i> (A) e <i>Illinois</i> (B) realizados pelos jogadores de futebol da categoria Sub-17.....	33
Figura 10 - Coeficiente de regressão linear entre a modulação parassimpática cardíaca de repouso (índice rMSSD [A], componente espectral normalizado da banda HF [B], índice não linear SD <sub>1</sub> [C]) e o VO <sub>2</sub> máx obtido após o teste Yo-Yo IR1 dos jogadores de futebol da categoria Sub-17.....	33
Figura 11 - Coeficiente de regressão linear entre a modulação parassimpática cardíaca de repouso (índice rMSSD [A], componente espectral normalizado da banda HF [B], índice não linear SD <sub>1</sub> [C]) e o tempo de execução do teste físico de agilidade <i>Shuttle Run</i> dos jogadores de futebol da categoria Sub-17.....	34
Figura 12 - Coeficiente de regressão linear entre a modulação parassimpática cardíaca de repouso (índice rMSSD [A], componente espectral normalizado da banda HF [B], índice não linear SD <sub>1</sub> [C]) e o tempo de execução do teste físico de agilidade <i>Illinois</i> dos jogadores de futebol da categoria Sub-17.....	35

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Características demográficas, perfil antropométrico e composição corporal.....	27
Tabela 2 - Valores dos índices nos domínios do tempo e da frequência e pelos métodos lineares e não lineares da variabilidade da frequência cardíaca.....	31

## LISTA DE ACRÔNIMOS

AR – Autorregressivo  
AT. – Atacantes  
bpm – Batimentos por Minuto  
DC – Débito Cardíaco  
DF – Domínio da Frequência  
DP – Duplo Produto  
DT – Domínio do Tempo  
dYo-Yo IR1 – Distância no Intermittent Recovery Test Level 1  
ECG – Eletrocardiograma  
EF – Exercício Físico  
FC – Frequência Cardíaca  
FIFA – Federação Internacional de Futebol Associado  
GO. – Goleiros  
HF – High Frequency (alta frequência)  
HFnu – Componente espectral de alta frequência em unidades normalizadas  
Hz – Hertz  
IMC – Índice de Massa Corporal  
iRR – Intervalo RR  
KG – Quilogramas  
km/h – Quilômetros por Hora  
LA. – Laterais  
LF – Low Frequency (baixa frequência)  
LFnu – Componente espectral de baixa frequência em unidades normalizadas  
m – Metro  
m<sup>2</sup> – Metro Quadrado  
Min. – Minuto  
mmHg – Milímetros de Mercúrio  
ms – Milissegundos  
ms<sup>2</sup> – Milissegundos ao Quadrado  
nu – Unidades Normalizadas  
O<sub>2</sub> – Oxigênio

PA – Pressão Arterial

PAD – Pressão Arterial Diastólica

PAM – Pressão Arterial Média

PAS – Pressão Arterial Sistólica

pNN50 – Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms.

PSE – Percepção subjetiva de esforço

rMSSD – Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

SNP – Sistema Nervoso Parassimpático

SNS – Sistema Nervoso Simpático

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca

VLf – Very Low Frequency (muito baixa frequência)

VO. – Volantes

VO<sub>2máx</sub> – Volume de Oxigênio Máximo

vYo-YO IR1 – Velocidade no Intermittent Recovery Test Level 1

Yo-Yo IR1 – Intermittent Recovery Test Level 1

ZA. – Zagueiros

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>13</b>
<b>3 HIPÓTESE.....</b>	<b>14</b>
<b>4 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
4.1 Objetivo Geral.....	14
4.2 Objetivos Específicos.....	14
<b>5 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>6 METODOS.....</b>	<b>23</b>
6.1 Caracterização da amostra.....	23
6.2 Delineamento do estudo.....	23
6.3 Medidas antropométricas e composição corporal.....	25
6.4 Parâmetros hemodinâmicos basais.....	25
6.5 Registro eletrocardiográfico e análise da modulação autonômica cardíaca.....	26
6.5.1 Análise no domínio do tempo.....	26
6.5.2 Análise de domínio de frequência.....	26
6.6 Teste de resistência intermitente de jogadores de futebol (Yo-Yo IR1).....	27
6.7 Teste de Shuttle Run.....	28
6.8 Teste de agilidade Illinois.....	29
6.9 Métodos estatísticos.....	30
6.10 Determinações da Reativação Vagal Plena pós exercícios.....	28
6.11 Análise estatística.....	28
<b>7 RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>8 DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>9 CONCLUSÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>10 APLICAÇÕES PRÁTICAS.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O futebol é um dos esportes mais fascinantes e populares do mundo, por isso mesmo, desperta paixões em seus expectadores e possui adeptos de ambos os sexos e de várias idades. Sem dúvidas, é a modalidade esportiva que mais movimenta dinheiro, anualmente algo superior a 240 bilhões de dólares, por isso possui a maior visibilidade mundial, representando grande influência na sociedade, na perspectiva do entretenimento e da prática esportiva (OLIVEIRA et al., 2013).

Este esporte se caracteriza por esforços intermitentes com curtos intervalos de recuperação entre as ações, intercalando estímulos de alta e baixa intensidade, rápidos e não contínuos como aceleração, desaceleração e mudanças abruptas de direção (HAFF, 2002). Além disso, os jogadores são expostos a uma grande quantidade de treinamentos, o que requer desenvolvimento de habilidades/qualidades, como resistência, velocidade, força e agilidade (BRITO et al., 2020).

Com a evolução do futebol e a chegada das cifras milionárias, o cuidado com os jogadores também aumentou, preparação física, tática e técnica passaram a ser vistos como essenciais para o ganho de desempenho. Profissionais de educação física, analistas, médicos, nutricionistas, massagistas fisioterapeutas, psicólogos entre outras especialidades passaram a fazer parte no dia a dia do futebol profissional (CORRÊA et al., 2002). Silva (2000) no início do século 21 já relatava que fisiologistas do exercício na Europa, assim como brasileiros, ganhavam espaço e reconhecimento dentro dos grandes clubes, auxiliando a equipe de preparação física na estruturação dos programas de treinamento, fundamentando o trabalho e levando a ciência para dentro do futebol.

Porem muitas equipes de base ainda conduzem seus trabalhos de forma empírica, a criação de ambientes sistematizados para a formação de atletas nos clubes é de suma importância, pois pode trazer benefícios tanto na parte técnica quanto financeira com a revelação de novos talentos (BETTEGA et al., 2022).

Avaliações e análises de aptidão física mais precisas permitem a treinadores, preparadores físicos, fisiologistas e cientistas a possibilidade de identificar fraquezas e pontos fortes específicos de seus jogadores (SPORIS et al., 2009). Conhecer essas demandas fisiológicas pode contribuir também para o encaminhamento de jovens jogadores das categorias de base para posições que se encaixem melhor em seu perfil físico (BOONE et al., 2012), pois as demandas físicas impostas pelo futebol de elite, são diferentes, dependendo da posição de atuação (DI SALVO et al., 2007).

O futebol exige que o atleta tenha uma grande resistência aeróbia combinada com alta exigência de conhecimento técnico e tático do jogo. Esses jogadores realizam diferentes tipos de movimentos, como, caminhadas, corridas moderadas, sprints, mudanças de direção e saltos, o que permite classificar a modalidade como intermitente de alta intensidade, que estão ligadas à melhora da aptidão física, aumento do volume máximo de oxigênio consumido durante a realização de uma atividade física aeróbica ( $VO_{2m\acute{a}x.}$ ), economia de corrida e limiar de lactato, por outro lado existem movimentos de curta duração e alta intensidade que são derivadas da capacidade anaeróbia (ARAZI et al., 2017; HAZIR, 2010; VIGNE et al., 2010).

O organismo humano se adapta significativamente às mudanças fisiológicas provocadas pelo exercício físico crônico, melhorando o meio de absorção, transporte e utilização do  $O_2$ , dando uma resposta específica diante do tipo, intensidade e a duração do exercício (BANKOFF et al., 2009).

Costumeiramente são feitas associações entre o treinamento físico e a redução da frequência cardíaca (FC) de repouso, isso acontece devido ao aumento do tônus vagal cardíaco, assim como auxilia também na atenuação simpática e/ou ritmo intrínseco de despolarização sinusal (WEBERRUSS, 2018). No coração, a atuação do sistema nervoso autônomo (SNA) é basicamente dividida em 2 componentes: sistema nervoso simpático (SNS) e parassimpático (SNP), os quais atuam na regulação do ritmo cardíaco. O SNS através do estresse aumenta a demanda energética cardíaca, elevando a frequência e a força de contratilidade, já o SNP tem a função de levar a homeostase da frequência (ERNST, 2017).

Um coração saudável não tem seus batimentos regulares como em um metrônomo, os intervalos entre cada batida não são lineares. Essa sequência não linear permite alterações rápidas na FC conforme o ambiente incerto (SHAFFER, GINSBERG, 2017). Esse fenômeno pode ser analisado por meio da variabilidade da FC (VFC), que aponta as oscilações entre os intervalos consecutivos das ondas R (iRR) do eletrocardiograma (ECG), resultantes da interação entre as entradas parassimpáticas e simpáticas no coração (BARBOSA FILHO et al., 2002). Partindo dessa premissa, podemos especular que existe uma relação entre maior modulação autonômica cardíaca e diferentes posições técnico-táticas no futebol de campo.

## **2 JUSTIFICATIVA**

Existe um expressivo número de estudos envolvendo modulação autonômica cardíaca em jogadores de futebol de campo. No entanto, até onde sabemos, ainda há falta de mais evidências científicas referentes à influência do comportamento autonômico cardíaco de

repouso como variável preditora na performance esportiva de futebolistas da categoria Sub-17 de acordo com as posições táticas do futebol. Análises essas que poderão confirmar o pressuposto de que a metodologia da VFC pode ser útil no monitoramento das adaptações relacionadas ao treinamento e competição em jogadores de futebol.

### **3 HIPÓTESE**

Jogadores de futebol de campo da categoria sub-17 que atuam em posições que realizam maior movimentação tática de jogo apresentarão maior VFC (representada por maior atividade vagal cardíaca) de repouso associada a melhores desempenhos nos testes físicos de resistência intermitente e agilidade.

### **4 OBJETIVOS**

#### 4.1 Geral

Investigar se a posição técnico e tática dos jogadores da categoria Sub-17 do futebol de campo está associada com a modulação autonômica cardíaca de repouso e aptidão física.

#### 4.2 Específicos

Avaliar em atletas da categoria Sub- 17 do futebol de campo o efeito das diferentes posições técnico e táticas de jogo sobre:

- ✓ Medidas antropométricas e composição corporal;
- ✓ Parâmetros hemodinâmicos basais;
- ✓ Modulação autonômica cardíaca de repouso através dos métodos lineares e não lineares da VFC;
- ✓ Estimativa do  $VO_{2máx.}$  pelo teste de resistência intermitente de jogadores de futebol (Yo-Yo IR1);
- ✓ Avaliação da capacidade física agilidade no futebol pelo teste Shuttle Run e Illinois;
- ✓ Correlação e associação entre a VFC e desempenho físico.

## 5 REFERENCIAL TEÓRICO

O esporte é um elemento cultural diferenciado, ou seja, é componente da cultura universal que alia a saúde à alegria, que serve tanto à Educação como ao lazer. Sua prática tem tal apelo que cria um verdadeiro espírito esportivo (PAFFENBARGER, 1988). É considerado um dos mais importantes objetos de análise, sendo estudado não apenas pelas ciências do esporte, mas também pelas múltiplas abordagens literárias.

O futebol é indiscutivelmente o esporte mais popular e com maiores adeptos em todo o mundo. A Federação Internacional de Futebol (FIFA) possui atualmente centenas de associações nacionais com mais de 260 milhões de jogadores registrados (CRUZ et al., 2022). Os principais torneios são realizados em grandes estádios e transmitidos para trilhões de espectadores em todo o mundo. Com a chegada das cifras milionárias ao futebol o cuidado com os jogadores também aumentou, preparação física, tática e técnica são essenciais para o melhor desempenho, nesse sentido, profissionais de educação física, médicos, nutricionistas, fisioterapeutas, psicólogos entre outras especialidades passaram a fazer parte do dia a dia de um clube de futebol profissional (CORRÊA, et al. 2002).

Há na literatura vigente, robustos estudos quanto aos aspectos médicos e fisiológicos do futebol (REILLY et al., 2000; DVORAK et al., 2012; SIGNORELLI et al., 2012; CLEMENTE ET al., 2013; DVORAK et al., 2013; BARNERS et al., 2014; BESSEM et al., 2015; HOPPE et al., 2015), com inúmeras vertentes a qual incluem a incidência de morte súbita (DVORAK et al., 2013), dados clínicos (BESSEM et al., 2015) e testes fisiológicos (SIGNORELLI et al., 2012; CLEMENTE et al., 2013; HOPPE et al., 2015).

Como um dos mais importantes fenômenos socioculturais desta transição de séculos, o desporto tem merecido da intelectualidade e da mídia internacional uma atenção especial, que tem permitido aprofundamentos políticos, sociais, culturais, educacionais, científicos e antropológicos. Esses estudos vão, pouco a pouco, inserindo, de forma consolidada, fatos esportivos na contemporaneidade, fazendo com que o esporte cada vez mais se torne uma das prioridades das diversas sociedades do mundo atual (TUBINO, 2010). Existem diversas comprovações dos benefícios da prática regular do exercício físico e dos esportes, assim como evidências da relação entre tal prática e a diminuição do risco de morte súbita em pessoas fisicamente ativas (ZUNINO et al., 2013).

O exercício físico (EF) é capaz de proporcionar estresse fisiológico no organismo ao elevar consideravelmente as demandas energéticas em relação ao estado de repouso. Além disso, provoca modificações morfológicas e funcionais em seus praticantes que os capacitam a

responder ao estresse provocado pelos esforços que desempenham. Por outro lado, essas alterações são muito estudadas e complexas porque envolvem a interação entre vários sistemas do organismo, como o musculoesquelético (aumento da massa muscular), cardiovascular (remodelamento cardíaco e bradicardia de repouso), respiratório (aumento do consumo máximo de oxigênio [ $VO_{2máx}$ ]), elevação da taxa metabólica do praticante e o SNA, que possui a capacidade de modular as inter-relação entre esses sistemas, os quais determinam a capacidade funcional do indivíduo (DE PINHO et al., 2010).

Estratégias para o desenvolvimento a longo prazo de jovens atletas têm sido amplamente debatidas nos últimos anos (BAQUET et al., 2003; FORD et al., 2011; LLOYD & OLIVER, 2012; HARRISON et al., 2015). Distintos modelos de identificação de talentos e programas de treinamento têm sido desenvolvidos na tentativa de melhorar continuamente o desempenho de atletas iniciantes, respeitando seu crescimento cronológico e mudanças maturacionais (HARRISON et al., 2015). De fato, durante o processo maturacional de jovens atletas (entre 9 e 17 anos), ocorrem diferentes mudanças físicas e fisiológicas, que têm um papel crítico na escolha do programa de exercícios a ser prescrito e, portanto, na série de sucessivas adaptações que podem ocorrer em relação ao estímulo de treinamento (VIRU et al., 1999; NAUGHTON et al., 2000).

Especificamente no futebol, o desenvolvimento da aptidão aeróbica desde os estágios iniciais deve contribuir para o sucesso futuro dos jogadores, devido à demanda progressiva por ações de alta intensidade, bem como a capacidade de manter essas ações ao longo do tempo. (HELGERUD et al., 2001; MOHR et al., 2003; BARNES et al., 2014). Assim, encontrar ferramentas práticas para detectar atletas com alta performance aeróbica e monitorar as mudanças que ocorrem nessa capacidade através do processo de treinamento em jovens jogadores pode desenvolver adequadamente seu desempenho físico durante o processo de maturação.

O futebol de campo é um esporte coletivo predominantemente aeróbio (BANKOFF et al., 2009), marcado por diversas ações, realizado em um período aproximado de 90 minutos (GUIMARÃES & PAOLI, 2011). É caracterizado por esforços intermitentes com curtos intervalos de recuperação entre as ações, intercalando estímulos de alta e baixa intensidade, sendo apontado como uma categoria esportiva acíclica sendo um dos esportes mais popular e praticado ao redor do mundo (HOFF, 2002). Capacidades físicas como força, velocidade e resistência aeróbia/anaeróbia são imprescindíveis para a prática do futebol, seja em alto nível, quanto no futebol amador ou no futebol de final de semana. Tal fato leva ao atleta praticantes ao desenvolvimento de ambas as alterações/adaptações fisiológicas promovidas por estes exercícios

ao longo de sua carreira (GHORAYEB, 1995).

Fisiologicamente falando, o futebol é considerado como um exercício anaeróbio-aeróbio misto ou intermitente, normalmente exigindo um sprint de esforço total uma vez a cada 90 segundos e esforços de alta intensidade a cada 30 segundos para cada jogador, embora diferenças substanciais sejam esperadas de acordo com estilo, habilidade, perfil técnico-tático e posição do jogador (REILLY et al., 2000). Essas características podem ser encontradas tanto no futebol profissional quanto no futebol amador, assim como em diferentes categorias (VIGNE et al., 2010).

Mesmo que grande parte da energia utilizada em uma partida de futebol venha do sistema oxidativo aeróbio, o bom rendimento necessita de participação importante do metabolismo anaeróbio, nos movimentos que exigem força, velocidade e potência na execução de ações técnicas e táticas importantes na definição das partidas (ASANO et al., 2013). Sienkiewicz-Dianzenza et al. (2009), corroboram afirmando que a capacidade de realizar exercícios aeróbicos em potência máxima é uma característica essencial em atletas de futebol. Estudos apontam que jogadores da elite profissional realizam 28% a mais de corridas de alta intensidade e 58% a mais de *Sprints* em comparação a jogadores de nível inferior, assim como jogadores com diferentes posições técnico e táticas dentro de suas respectivas equipes (MOHR et al., 2003).

Uma equipe de futebol é composta por 11 jogadores que devem assumir papéis específicos e funções que estão associadas à sua posição tática dentro de campo (HUGHES et al., 2015). Ao se pesquisar na literatura da área, encontra-se em grande escala as classificações das posições basicamente em goleiro, zagueiro, lateral, volantes e atacantes. Os jogadores, de acordo com sua posição, terão uma participação mais ativa em um determinado setor do que em outro. Por exemplo, o zagueiro participará de poucas jogadas no setor de ataque (GUIMARÃES; PAOLI, 2011). A forma de se posicionar e a função de cada atleta dentro da partida dependerá do esquema tático adotado pelo treinador, essa tática definirá o número de jogadores que atuaram em cada área do campo (defesa, meio campo e ataque), o esquema 4-4-2 por exemplo, será composto pelo goleiro, quatro jogadores de defesa, quatro meio campistas (volantes e meias) e dois atacantes (REIN; MEMMERT, 2016).

Cada vez mais as equipes estudam o jogo de forma fragmentada, observando cada posição tática de forma distinta, a análise desses dados tem como objetivo apontar pontos positivos e áreas de fragilidade táticas e técnicas dentro de seu sistema, identifica também as necessidades fisiológicas de cada jogador diante dos eventos específicos encontrados por ele no jogo (KUNZ, 2007).

A posição no campo interfere diretamente em seu tempo de jogo, na distância e intensidade percorrida em corrida e caminhada na partida e também no seu tempo de recuperação após estímulo. Considerando que a compreensão da demanda fisiológica de uma modalidade esportiva é importante para melhoria dos processos de prescrição do treinamento (BOUHLEL et al., 2006; DEGOUTTE et al., 2003; FRANCHINI et al., 2011), o conhecimento sobre as respostas fisiológicas durante uma partida de futebol poderia contribuir para o aperfeiçoamento dos métodos de treinamento e desenvolver uma melhor saúde esportiva em seus praticantes, em especial na saúde cardiovascular.

Durante o esforço físico, o organismo humano reage com fim de se adaptar aos estímulos, sendo que, para a maioria dos indivíduos as respostas são semelhantes, mudando apenas a intensidade de como isso ocorre. Em uma partida de futebol de campo, tanto os atletas profissionais como os amadores ou amigos que se reúnem para praticar, apresentam grandes variações de ritmo nos batimentos cardíacos. O aumento da FC, a transpiração, respiração intensa e a percepção subjetiva de esforço (PSE), são algumas das reações provocadas pelos efeitos que ocorrem no corpo, em resposta ao exercício físico. Essas reações acontecem para que as atividades sejam realizadas da melhor forma possível, auxiliando no processo de homeostasia do organismo. Entre as reações mencionadas podemos citar as alterações nos batimentos cardíacos, em resposta a função autonômica cardiovascular (GUYTON; HALL, 2002).

De acordo com Silva & Rodrigues (2003), a verificação da FC é uma forma indireta para se estimar a intensidade do esforço físico e da utilização de O<sub>2</sub> pelo corpo, a prescrição da intensidade de determinado exercício, através da FC, é utilizada por diversos profissionais envolvidos no esporte. Devido à importância de se observar a variabilidade que ocorre na FC, o monitoramento tanto clínico quanto desportivo tornou-se método indispensável para determinar a intensidade de um determinado esforço, por ser um indicador válido dos níveis de intensidade do exercício e das adaptações autonômicas decorrentes da exposição aguda ou crônica em diferentes métodos de treinamento ou modalidades esportivas, assim como marcador de arritmia e morte súbita (PASCHOAL et al., 2002).

Normalmente representada pelo número de despolarizações do nódulo sinusal no período de um minuto, a FC é um dos parâmetros cardiovasculares mais afetados pelo exercício físico e o mais frequentemente estudado, dado à facilidade de sua mensuração (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003). Quando um indivíduo percebe ou é informado que um exercício será iniciado dentro de poucos instantes, verifica-se um aumento discreto da FC, em função de uma retirada vagal cardíaca acompanhada de uma ação adrenérgica aliada a resposta de preparação

(BANKOFF et al., 2009). No início do exercício físico propriamente dito, existe um rápido transiente na FC, com tempo de latência inferior a um segundo. No começo, ou até mesmo um pouco antes de se iniciar o exercício, a atividade cardiovascular é ativada pelos centros neurais acima da região bulbar. O fluxo sanguíneo regional é alterado em proporção direta com a intensidade do exercício devido aos ajustes que acarretam um aumento significativo na frequência e na força de bombeamento do coração (BANKOFF et al., 2009).

Os sistemas cardiovascular e respiratório estão intimamente correlacionados aos processos aeróbios ocorrendo alterações específicas tanto em nível funcional quanto morfológico associado com as dimensões do coração e pulmões. Estudos clássicos da fisiologia do exercício têm comprovado que esses sistemas se modificam significativamente, melhorando a captação, o transporte, a absorção e a utilização de O<sub>2</sub>, que pode ser constatado através do VO<sub>2máx.</sub>, após a prática regular e sistemática de programas de condicionamento fisiológico, que representa por sua vez, um estado de adaptação do organismo em responder adequadamente a diferentes intensidades, tipos e durações de exercícios físicos (BANKOFF et al., 2009).

Em uma partida de futebol, inúmeras atividades explosivas são requeridas, incluindo saltos, chutes, divididas, giros, *sprints* e fortes contrações musculares para manter o equilíbrio e o controle da bola frente à pressão do adversário (GUIMARÃES; PAOLI, 2011). Jogadores de futebol de elite realizam entre 150 e 250 ações intensas de curta duração durante um jogo, indicando que a taxa de obtenção de energia anaeróbia é alta em certos momentos. Além da intensidade na prática de atividade física que o sujeito venha a realizar, outros fatores garantem grandes alterações na FC. Com o mínimo de esforço que o sujeito realize, a FC aumentará para suprir a necessidade do músculo para realizar tal esforço.

Em uma base teórica, os jogadores de futebol, que repentinamente e frequentemente realizam esforços físicos de explosão em curtos períodos de exercícios de alta intensidade, se beneficiariam por serem capazes de aumentar rapidamente sua FC e, conseqüentemente, o débito cardíaco para otimizar o fornecimento de O<sub>2</sub> aos músculos em trabalho. Essa resposta quase instantânea seria benéfica em atrasar ou diminuir a contribuição anaeróbia para o gasto total de exercício durante as situações de jogo, o que, muito provavelmente, representaria uma vantagem metabólica para o desempenho do futebol, em especial o futebol de elite (DAL PUPO et al., 2010). Nessa linha de raciocínio, é interessante notar que a magnitude da retirada do reflexo vagal cardíaco induzido pelo exercício de explosão possui uma associação com o VO<sub>2máx.</sub> Assim, essa correlação parece ser muito específica, tornando-se uma característica interessante a ser avaliada juntamente com outras variáveis fisiológicas, morfológicas e clínicas

(GISSIS et al., 2006).

O SNA atua tanto tonicamente quanto reflexamente no sistema cardiovascular, a partir de que, tanto as descargas de norepinefrina, quanto de acetilcolina liberadas no coração modificam o débito cardíaco, por alterar a força de contração das fibras do miocárdio e a FC, nos vasos de circulação sistêmica alteram o estado contrátil do músculo liso, podendo ainda exercer o efeito trófico sobre as células musculares lisas e miocárdicas (DE ANGELIS et al., 2004).

Um fato interessante e bem estabelecido na literatura é que a FC em repouso está regulada principalmente sob controle parassimpático (ROBINSON et al., 1966). Nesse contexto, estudo anterior mostrou que a atividade parassimpática está apenas parcialmente associada a outras medidas de FC menos precisas, que se acredita serem parcialmente dependentes da modulação vagal cardíaca (ARAÚJO et al., 1992). De fato, a FC reage principalmente por impulsos emitidos pelo SNA. De acordo com suas subdivisões, o SNS é responsável pelo aumento na condução de impulsos elétricos, característicos no aumento FC, evidenciados geralmente quando o corpo sofre algum tipo de estresse, seja ele físico ou emocional. Quando ocorre a diminuição do estresse no organismo o SNP se torna predominante. O SNP é atuante pelo nervo vago que possui a função de controlar a liberação de impulsos elétricos e manter os níveis da FC estabilizados. O SNP ainda garante a redução nos níveis contráteis do músculo cardíaco.

Segundo Coote & Botham (2001), devido a contração dos músculos durante o exercício, alguns mecanorreceptores inibem o tônus vagal cardíaco, impedindo a excitação dos barorreceptores levando ao aumento imediato da FC, na sequência os produtos metabólicos musculares ativam os metaborreceptores elevando assim a atividade simpática e ainda mais o débito cardíaco. Existem dados consideráveis relacionando a atividade simpática e parassimpática e o desempenho esportivo (PARK et al., 2013). Assim, até onde sabemos, essa interação não foi amplamente avaliada em jogadores de equipes de base e que atuam em diferentes posições técnico-táticas.

As adaptações fisiológicas também têm sido monitoradas por meio das respostas do SNA, investigadas a partir da VFC em seu estado de repouso, que pode fornecer informações úteis quanto às alterações no estado de treinamento (BORRESEN; LAMBERT, 2008). Estudos prévios têm demonstrado que a VFC é sensível a alterações nas cargas de treinamento (IELLAMO et al., 2002; MANZI et al., 2009) e ao que tudo indica, tem sido considerada como uma ferramenta importante para a prescrição de treinamento individualizado (KIVINIEMI et al., 2007).

Algumas observações literárias apontam que a VFC possui uma relação positiva com o aumento no  $VO_{2máx}$  em indivíduos saudáveis não atletas após oito semanas de treinamento aeróbico (HAUTALA et al., 2003). Outras investigações, conforme presumido por pesquisadores (REILLY et al., 2000) e afirmado também por jornalistas esportivos especializados (WILSON, 2009) apontam que jogadores de futebol de determinadas posições táticas apresentarem vantagens fisiológicas em relação a outras, que podem incluir uma maior VFC.

Quanto as análises de performance física, o Yo-Yo IR1 é um dos testes mais populares para avaliar a capacidade aeróbia em jogadores de futebol devido à sua validade, confiabilidade, especificidade e facilidade de implementação em rotinas de testes (KRUSTRUP et al., 2003; BANGSBO et al., 2008). Testes intermitentes baseados em velocidade máxima com características de vai e vem se destacam, pois, fazem com que diferentes tipos fisiológicos de jogadores alcancem uma demanda cardiorrespiratória parecida (ARAZI et al., 2017). No entanto, realizar testes exaustivos mesmo em atletas jovens nem sempre é possível ou mesmo recomendado, e quando é necessário avaliar vários atletas simultaneamente, isso pode ser muito demoroso e extenuante, exigindo uma ampla equipe de profissionais para controlar adequadamente tais testes.

Como alternativa aos testes exaustivos, a avaliação da função autonômica cardíaca em repouso, por meio da VFC, tem se mostrado altamente correlacionada com a capacidade aeróbica (BUCHHEIT, 2014), e sensível para detectar alterações no desempenho físico após treinamento e destreinamento em atletas de esportes distintos (FREITAS et al., 2015; PEREIRA et al., 2016; NAKAMURA et al., 2017). Além disso, a versão da avaliação de curta duração demanda apenas 2 minutos de descanso (NAKAMURA et al., 2015; PEREIRA et al., 2016), possibilitando a avaliação de vários atletas em um curto período. No entanto, até o momento, não se sabe se esses testes “submáximos” também podem ser usados para avaliar e monitorar a capacidade aeróbica desde os estágios iniciais de desenvolvimento, por exemplo, idade inferior a 12 anos.

Levando em consideração que as capacidades físicas e fisiológicas melhoram natural e progressivamente ao longo do processo maturacional e sabendo que a participação regular em esportes pode potencializar essa mudança (HARRISON et al., 2015), há uma grande necessidade de avaliar a ocorrência de alterações nessa população esportiva. Como esses atletas são inespecíficos em termos de aptidão física real (aptidão aeróbica, flexibilidade, força/potência muscular, equilíbrio e composição corporal), abrangendo sujeitos com perfis físicos e fisiológicos diferentes (ARAÚJO & SCHARHAG, 2016), existe uma robusta

controvérsia em relação à modulação autonômica cardíaca em atletas dessa categoria (BOYETT et al., 1985; ARAÚJO et al., 1989; DIXON et al., 1992; AUBERT et al., 2003; HETTINGA et al., 2014; COOTE et al., 2015).

Enquanto alguns estudos descrevem uma tendência a uma maior modulação vagal cardíaca (ARAÚJO et al., 1989; DIXON et al., 1992; CARTER et al., 2003; ABAD et al., 2014; PROIETTI et al., 2017), isso não foi uniformemente confirmado por outros (BOYETT et al., 1985; AUBERT et al., 2003; COOTE et al., 2015). De fato, essa controvérsia não é surpreendente, pois é possível que momentos distintos de testes ao longo da temporada competitiva e, mais importante, diferenças entre modalidades esportivas ou especializações dentro de uma mesma modalidade, possam ser a razão dessas discrepâncias (ARAÚJO et al., 1989; MICHAILIDIS et al., 2014).

É importante selecionar e implementar testes práticos capazes de detectar jovens com níveis mais elevados de aptidão física. Isso pode ajudar os treinadores e a equipe técnica envolvida no futebol juvenil a monitorar e desenvolver adequadamente as qualidades físicas dos jogadores ao longo de seu desenvolvimento prospectivo. Além disso, este estudo pode melhorar o conhecimento sobre a contribuição fisiológica da função autonômica cardíaca para a aptidão aeróbica de jovens atletas, bem como examinar sua importância e efeitos no desempenho físico de populações atléticas jovens de acordo a posição técnico e tática exercida no campo de futebol.

## 6 MÉTODOS

### 6.1 Caracterização da amostra

Foram convidados a participar voluntariamente do presente estudo, jogadores de futebol de campo da categoria Sub-17 de diferentes posições táticas dos clubes profissionais da região do Triângulo Mineiro e alto Paranaíba. A amostra desta pesquisa foi estipulada por conveniência, porém, suficiente para garantir a inclusão de todos os perfis, sendo cinco grupos, um de cada posição: (Goleiros, n=10), (Zagueiros, n=13), (Laterais, n=15), (Volantes, n=11) e (Atacantes, n=10).

Para a participação neste estudo foram adotados os seguintes critérios: jogadores da categoria Sub-17 considerados titulares em suas respectivas equipes a mais de 1 ano. Não foram incluídos no estudo: indivíduos que estivessem afastados dos treinos e dos jogos a mais de duas semanas, lesionados ou que estivessem em fase de tratamento ou recuperação fisioterápica, estivessem em uso de analgésico e/ou recursos ergogênicos. Foram excluídos desta investigação os jogadores que não compareceram a qualquer uma das fases estabelecidas do projeto de pesquisa. Os critérios e respectivos métodos para verificação das posições táticas dos grupos alocados foram através das anamneses estabelecida pelos pesquisadores do projeto juntamente com os atletas e a equipe técnica dos clubes.

### 6.2 Delineamento do Estudo

O presente estudo se caracteriza como uma pesquisa transversal, de caráter quantitativo e de base institucional, o qual foi conduzido em locais distintos de acordo com a localização e infraestrutura dos clubes de futebol que aceitaram participar da presente investigação.

O respectivo projeto foi executado em 04 (quatro) etapas distintas (Figura 1). A primeira fase consistiu no contato presencial dos pesquisadores com a diretoria e equipe técnica dos clubes, onde foi apresentada a proposta e as informações referentes a execução da pesquisa. Após a concordância e liberação da diretoria e equipe técnica dos clubes, o projeto foi apresentado aos jogadores da categoria selecionada, onde eles foram convidados a participar voluntariamente do estudo com a apresentação verbal e por escrito do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que foi preenchimento e assinado pelos seus respectivos representantes legais.

Após o aceite e assinatura do TCLE, foi iniciada a segunda fase do estudo, onde uma

anamnese foi realizada a partir de um questionário elaborado e aplicado pelos pesquisadores a fim de obter informações sobre os dados pessoais, antecedentes familiares, história da moléstia atual e estilo de vida relacionado à saúde e hábitos comportamentais. Em seguida, exames físicos foram realizados para obtenção do perfil antropométrico e da composição corporal, além dos parâmetros hemodinâmicos da FC, pressão arterial (PA) e duplo produto (DP) em repouso. Logo após todos os voluntários foram submetidos ao protocolo de avaliação da modulação autonômica cardíaca pelo método de análise da VFC.

A terceira e quarta fase do estudo foram realizadas para aplicação de testes físicos com objetivo de analisar a performance dos jogadores. Na terceira fase, o teste empregado foi o Yo-Yo IR1, o qual foi utilizado para averiguar a capacidade de resistência intermitente de jogadores de futebol. A quarta e última etapa do estudo ocorreu uma semana após, e consistiu na aplicação dos testes *Shuttle Run* e *Illinois*, que teve por finalidade medir a agilidade geral dos jogadores. Todas as coletas de dados aconteceram no período matutino entre 08:00 e 12:00 da manhã. Foi recomendado aos atletas que mantivessem alimentação habitual e não fizessem ingestão de bebidas alcólicas, cafeinadas e energéticos nas 24 horas antecedentes as avaliações e testes.

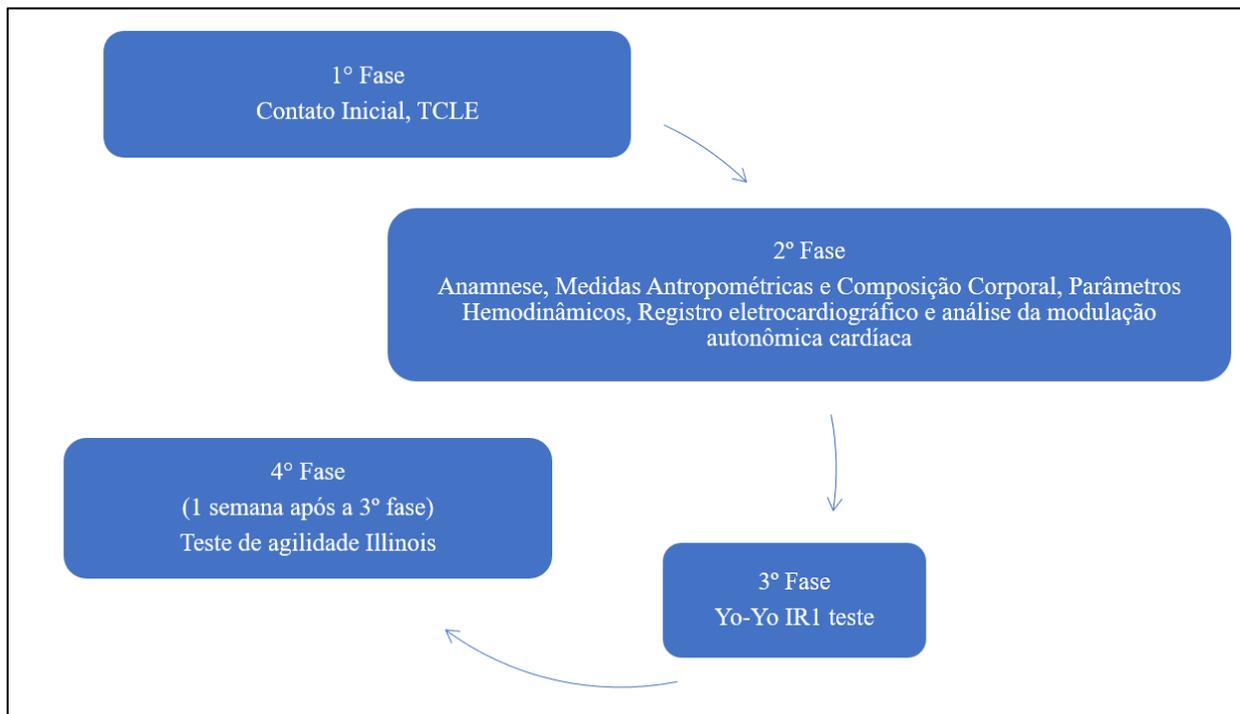


Figura 1: Organograma das fases de coleta de dados do estudo.

### 6.3 Medidas antropométricas e composição corporal

A avaliação antropométrica foi realizada por profissionais de Educação Física previamente treinados para realização dos protocolos de avaliação física. Para definir a massa corporal foi utilizada uma balança digital (Design Clean HD313 – Tanira®). Para averiguar a estatura foi utilizado um estadiômetro (E120p – Tonelli®). A partir desses dados foi quantificado o Índice de Massa Corpórea (IMC), dado pela razão entre o peso corporal (kg) e altura (m<sup>2</sup>).

As circunferências corporais foram medidas como uso de fita métrica da marca Sanny® com precisão de 0,1 centímetros. A avaliação da composição corporal foi realizada por meio de protocolo de dobras cutâneas, utilizando-se adipômetro científico da marca Cescorf®, seguindo padronizações de Lohman et al. (1988). A partir da espessura das dobras cutâneas foi determinada a densidade corporal (DC) pela fórmula de Jackson e Pollock (1978):

$$DC = 1,11200000 - 0,00043499 (\Sigma 7EDC) + 0,00000055 (\Sigma 7EDC)^2 - 0,00028826 (IDADE)$$

Onde  $\Sigma 7EDC$  é o somatório da espessura das sete dobras cutâneas (peitoral, axilar média, tricipital, subescapular, abdominal, supra-íliaca e coxa). Determinada a densidade corporal, foi utilizada a equação de Siri (1961) para estimar a gordura corporal:

$$\%G = [(4,95/DC) - 4,50] \times 100$$

Onde %G é o percentual de gordura corporal.

### 6.4 Parâmetros hemodinâmicos basais

Para a obtenção dos valores hemodinâmicos de repouso os voluntários do presente estudo foram colocados em uma maca na posição supina em uma sala da qual possui ambiente tranquilo e temperatura entre 19 e 23°C. Os voluntários permaneceram deitados e acordados por um período de 15 minutos para que fosse encontrada a menor FC de repouso, que foi obtida através dos registros eletrocardiográficos utilizando-se um eletrocardiograma (ECG ECAFIX FUNBEC®). Os níveis pressóricos basais foram aferidos utilizando-se um esfigmomanômetro digital automático (Omron M3 Intellisense®) devidamente calibrado, aferida em milímetros de mercúrio (mmHg), identificando respectivamente a PA sistólica (PAS), diastólica (PAD) e

média (PAM). Foi avaliado o índice relativo de trabalho cardíaco através do duplo produto (DP), cujo cálculo é realizado pelo produto PAS x FC.

### 6.5 Registro eletrocardiográfico e análise da modulação autonômica cardíaca

Após um período mínimo de dez minutos de repouso para estabilização da FC na posição supina, o registro do sinal eletrocardiográfico de repouso foi realizado com o voluntário por um período de cinco minutos, com eletrodos na posição CM5 (utilizando-se eletrocardiograma *ADInstruments*, Austrália). Os sinais de ECG registados foram transportados através de conversor analógico-digital (*PowerLab*, sistema de aquisição de dados de 4 canais, *ADInstruments*, Austrália) com uma frequência de amostragem de 1024 Hz. Um segmento sem artefatos ou batimentos ectópicos de 5 minutos do ECG foi analisado utilizando-se o *software LabChart 8.0.10 Copyright© 1994-2015 ADInstruments*, o qual permitiu a inspeção visual do sinal de ECG bruto e dos sinais respiratórios, de modo a obter os parâmetros de VFC.

#### 6.5.1 Análise no domínio do tempo

Para a análise da variabilidade cardiovascular, os sinais do ECG, continuamente registrados ao longo do protocolo, foram processados de modo a gerar séries temporais batimento-a-batimento do intervalo das ondas R (iRR). A variância dos valores de iRR dentro do período basal foi tomada como um índice de variabilidade no domínio do tempo (DT). Esta análise envolve a comparação de dois sinais diferentes e foi analisada utilizando medidas estatísticas. As flutuações da FC foram avaliadas utilizando-se as variáveis (a) desvio padrão dos intervalos RR (iRR) normais do ECG, (a) sensíveis a todas as fontes de variação (SDNN); (b) diferença quadrática média de iRR (rMSSD) e (c) percentagem de intervalos NN sucessivos que variam em mais de 50 ms (pNN50), que são mais sensíveis ao componente de frequência mais elevada e melhores preditores de atividade parassimpática.

#### 6.5.2 Análise de domínio de frequência

O modelo autorregressivo (AR) não paramétrico foi utilizado para análise de parâmetros do domínio da frequência (DF). Séries temporais batimento a batimento de iRR, coletados durante os tempos de registro, contendo 300 batimentos sucessivos foram avaliadas. Usando segmentos estacionários das séries temporais, os parâmetros autorregressivos foram estimados

através do método de *Levinson-Durbin* e a ordem do modelo foi escolhida de acordo com o critério de *Akaike*. Em seguida, sobre cada segmento estacionário individual de 300 batimentos, a decomposição espectral foi realizada, que permite automaticamente quantificar a frequência central e a potência de cada componente espectral relevante em unidades absolutas bem como em unidades normalizadas.

Os dados foram analisados a partir do espectro de potência total em milissegundos ao quadrado ( $\text{ms}^2$ ), resultando em valores de Muito Baixa Frequência (*Very Low Frequency* - VLF) variando de 0,003 a 0,04 Hz, que indica termorregulação e pode ser usada para calcular as unidades normalizadas (nu), de Baixa Frequência (*Low Frequency* - LF), com variação entre 0,04 e 0,15Hz, indicando o tônus simpático e parassimpático com predominância simpática e Alta Frequência (*High Frequency* - HF), com variação de 0,15 a 0,4Hz, que é indicativa do tônus vagal, ou seja, maior presença de oscilações de baixa ou alta frequência com relação às variações de FC e a relação LF/HF que reflete o equilíbrio simpatovagal. O procedimento de normalização, aplicado apenas à variabilidade do iRR, foi realizado pela divisão da potência do componente LF ou HF pela potência espectral total da qual se subtrai a potência da banda VLF, multiplicando-se o resultado por 100.

#### 6.6 Teste de resistência intermitente de jogadores de futebol (Yo-Yo IR1)

O Yo-Yo IR1 foi realizado no campo de futebol dos respectivos clubes esportivos participantes do estudo (Figura 2). Todos os voluntários foram familiarizados com os procedimentos desse teste na semana que antecedeu o início das coletas. Tal familiarização foi realizada em dois momentos antes do treinamento dos atletas, quando, realizaram os dois primeiros estágios do Yo-Yo IR1. O campo de futebol foi demarcado por dois cones distantes 20 metros um do outro e um terceiro cone será posicionado a 5 metros de um dos cones (área de recuperação).

O teste consiste em corridas de idas e voltas em um percurso total de 40 metros (ida e volta de 20 metros), com velocidade inicial de 10km/h e aumentos progressivos da velocidade, por meio de estímulos sonoros. Ao completar o percurso de 40 metros, os avaliados deveriam parar de correr e passar a caminhar até o terceiro cone (área de recuperação) e retornar ao cone de início. O período de recuperação correspondeu a 10 segundos. O final do teste foi determinado quando o voluntário falhasse por duas vezes consecutivas em alcançar os cones no mesmo instante do sinal sonoro ou entrar em exaustão. Foram consideradas como variáveis de desempenho, nesse teste, a distância total percorrida (dYo-Yo IR1) e a velocidade pico (vYo-

Yo IR1) alcançada pelo avaliado.

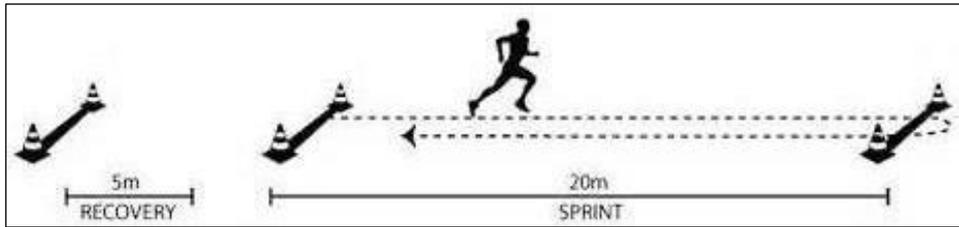


Figura 2: Esquema do teste (Yo-Yo IR1).

### 6.7 Teste de Shuttle Run

O teste *Shuttle Run* (Figura 3) foi realizado no campo de futebol dos respectivos clubes, local plano e demarcado com duas linhas paralelas traçadas no solo, distantes 10 m, medidas de suas bordas externas. Dois blocos de madeira, com dimensões de 5cm x 5cm x 10cm, colocados a 10cm da linha externa e separados entre si por um espaço de 30cm (Johnson; Nelson, 1979).

Para iniciar o teste, os jogadores colocaram-se em afastamento anteroposterior das pernas, com o anterior mais próximo possível da linha de saída. Com a voz de comando “Atenção, já!”, os pesquisadores acionaram o cronômetro e os avaliados iniciaram a corrida em velocidade máxima até os blocos, pegando um deles e retornando ao ponto do qual partiram, depositando o bloco atrás da linha de partida. Em seguida, correram em busca do segundo bloco, procedendo da mesma forma. Quando depositaram os blocos no solo, os jogadores transporam ao menos um dos pés das linhas que delimitam o percurso, e não foi permitido arremessar os blocos, mas sim colocá-los no solo. O cronômetro foi parado quando os avaliados colocaram o último bloco no solo e ultrapassaram com pelo menos um dos pés a linha final. O tempo do desempenho do teste foi anotado em segundos e centésimos de segundos. Cada jogador realizou duas vezes o teste, com intervalo de cinco minutos entre cada realização, onde os pesquisadores selecionaram o menor tempo de execução do teste.

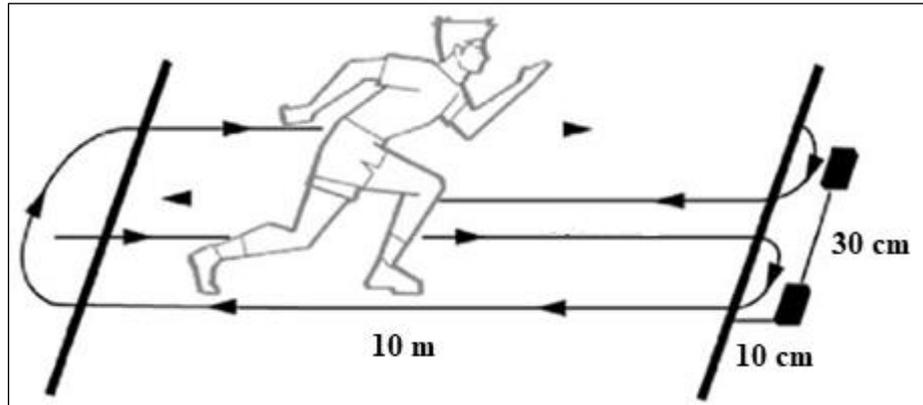


Figura 3: Esquema do teste de agilidade *Shuttle Run*.

### 6.8 Teste de agilidade Illinois

A extensão total do percurso foi de 10 metros, sendo que a largura correspondente ao ponto de partida e de chegada é de 5 metros (Figura 4). O teste inicia-se através de um estímulo de voz, estando o indivíduo atrás da linha de partida. Ao sinal do avaliador o avaliado deveria se deslocar em sentido linear até o primeiro cone postado a 10 metros. Após ultrapassar o cone, o jogador deveria se direcionar para o centro, onde encontraria quatro cones perpendiculares à linha que delimita o início e o final do teste, estando espaçados a uma distância de 3,3 metros, devendo contorná-los. Depois de realizar o trajeto, o atleta deveria se direcionar até o cone no canto direito contornando-o, assim finalizando o teste após ultrapassar o último cone postado a uma distância de 10 metros (ROOZEN, 2004). Cada jogador avaliado teve duas tentativas para realizar o teste, sendo computado o melhor tempo de execução.

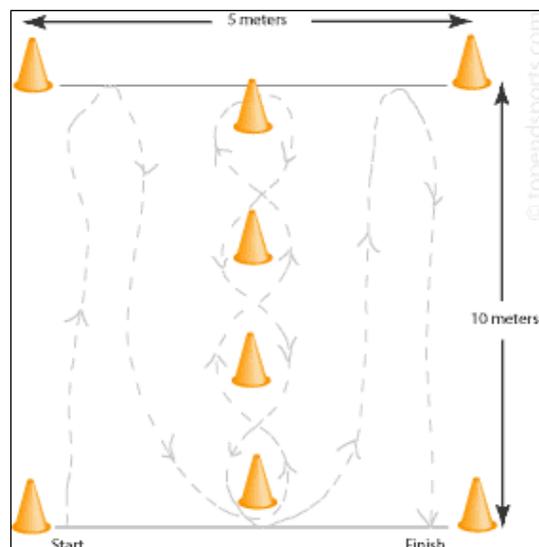


Figura 4: Esquema do percurso realizado pelas atletas durante o teste *Illinois*.

## 6.9 Métodos estatísticos

Para análise estatística foi utilizado o programa SigmaStat 2.3.0 (Jandel Scientific Software; SSPS, Chicago, IL). As variáveis contínuas paramétricas foram apresentadas como média  $\pm$  desvio padrão da média (DPM), os dados não paramétricos foram apresentados como mediana e percentis (25% e 75%), e as variáveis categóricas como porcentagens. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro Wilk. Para análise do efeito das posições táticas sobre a VFC e demais variáveis foi utilizado o teste ANOVA de um fator, seguido pelo pós-teste de Bonferroni ou o teste de Kruskal-Wallis seguido pelo pós-teste de Dunn's, de acordo com a presença ou não de normalidade de distribuição e/ou homogeneidade de variância. O teste de regressão linear foi empregado para analisar as associações entre as variáveis estipuladas. A significância estatística foi estabelecida em  $P < 0,05$  para todos os testes.

## 7 RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os dados relativos as características demográficas, perfil antropométrico e composição corporal dos jogadores de futebol da categoria sub-17 participantes do estudo segundo as posições táticas de jogo. Evidenciou-se que o grupo de goleiros possuem um maior percentual de gordura em relação aos demais grupos, assim como maior massa corporal, estatura e massa gorda comparado aos zagueiros, laterais e volantes. Os jogadores atacantes também apresentaram maiores índices de estatura e massa gorda em comparação aos laterais e volantes. Não houve diferenças significativas quanto ao IMC, massa magra, tempo de prático do futebol e minutos de treinamento semanal, e como esperado, também não houve diferenças quanto a idade dos jogadores.

Tabela 1: Características demográfica, perfil antropométrico e composição corporal dos jogadores de futebol da categoria sub-17 participantes do estudo segundo as posições técnico e táticas de jogo.

	Goleiros (n=10)	Zagueiros (n=13)	Laterais (n=15)	Volantes (n=11)	Atacantes (n=10)
Idade ( <i>Anos</i> )	16,3 ± 0,4	16,0 ± 0,2	16,4 ± 0,5	16,7 ± 0,1	16,5 ± 0,5
MC ( <i>kg</i> )	73,9 (72,6-74,3)	71,4 (69,1-72,6) <sup>a</sup>	70,2 (68,7-72,5) <sup>a</sup>	70,3 (69,9-71,1) <sup>a</sup>	72,0 (70,4-72,5)
Estatura ( <i>cm</i> )	176,2 ± 1,3	172,2 ± 4,1 <sup>a</sup>	169,8 ± 2,1 <sup>a</sup>	170,9 ± 2,7 <sup>a</sup>	176,2 ± 1,7 <sup>b,c,d</sup>
IMC ( <i>kg/m<sup>2</sup></i> )	23,7 ± 0,6	23,8 ± 2,0	24,2 ± 0,8	24,1 ± 0,5	23,1 ± 0,7
Gordura (%)	13,9 ± 1,3	11,2 ± 0,9 <sup>a</sup>	10,8 ± 0,8 <sup>a</sup>	11,0 ± 0,6 <sup>a</sup>	11,3 ± 1,4 <sup>a</sup>
MCG ( <i>Kg</i> )	10,2 ± 0,8	7,9 ± 0,9 <sup>a</sup>	7,6 ± 0,8 <sup>a</sup>	7,7 ± 0,5 <sup>a</sup>	8,7 ± 1,0 <sup>c,d</sup>
MCM ( <i>Kg</i> )	64,3 (62,0-65,4)	63,7 (60,7-65,0)	62,1 (61,5-64,5)	62,8 (62,1-63,2)	63,2 (61,8-64,0)
Tempo de futebol ( <i>anos</i> )	8,0 (7,0-9,0)	9,0 (8,3-9,5)	8,3 (8,0-9,0)	9,0 (8,6-9,5)	9,0 (8,5-9,5)
Treino semanal ( <i>min</i> )	142,5 ± 29,3	137,6 ± 26,1	139,3 ± 26,8	136,3 ± 20,6	131,0 ± 28,0

Valores expressos como média ± DP (desvio padrão) e valores medianos (25, 75 percentis). MC: massa corporal; IMC: índice de massa corporal; MCG: massa corporal gorda; MCM: massa corporal magra.

<sup>a</sup>p < 0,05 vs. Goleiro; <sup>b</sup>p < 0,05 vs. Zagueiro; <sup>c</sup>p < 0,05 vs. <sup>d</sup>Lateral e p < 0,05 vs. Volante.

O grupo de jogadores que atuam como laterais demonstraram uma menor FC de repouso ( $66,2 \pm 2,3$  bpm) em comparação aos atletas nas posições de goleiro ( $71,3 \pm 1,6$  bpm;  $p < 0,001$ ) e atacante ( $69,1 \pm 2,9$  bpm;  $p = 0,039$ ), não havendo diferenças significativas entre os demais grupos (Figura 5).

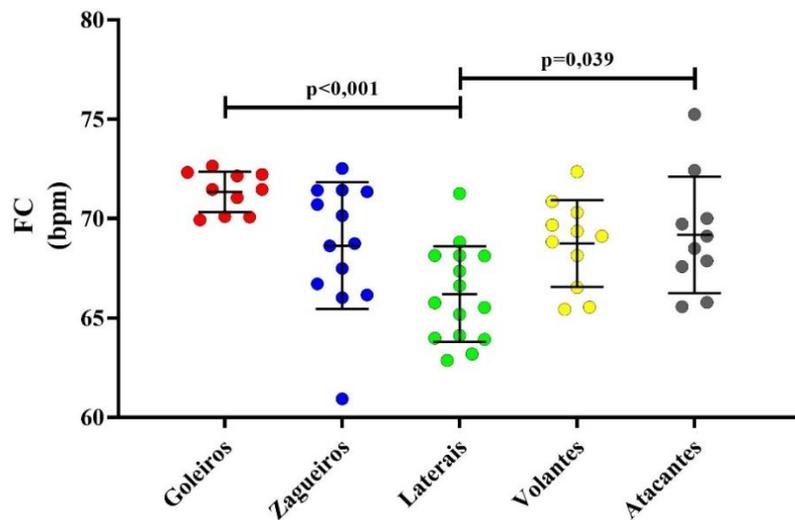


Figura 5: Valores médios da FC de repouso dos participantes do presente estudo.

A figura 6 representa os resultados do comportamento hemodinâmico pressórico basal dos jogadores Sub-17. Nesse sentido, não foi observado diferenças significativas na PAS (Fig. 8A), PAD (Fig. 8B), PAM (Fig. 8C) e PP (Fig. 8D).

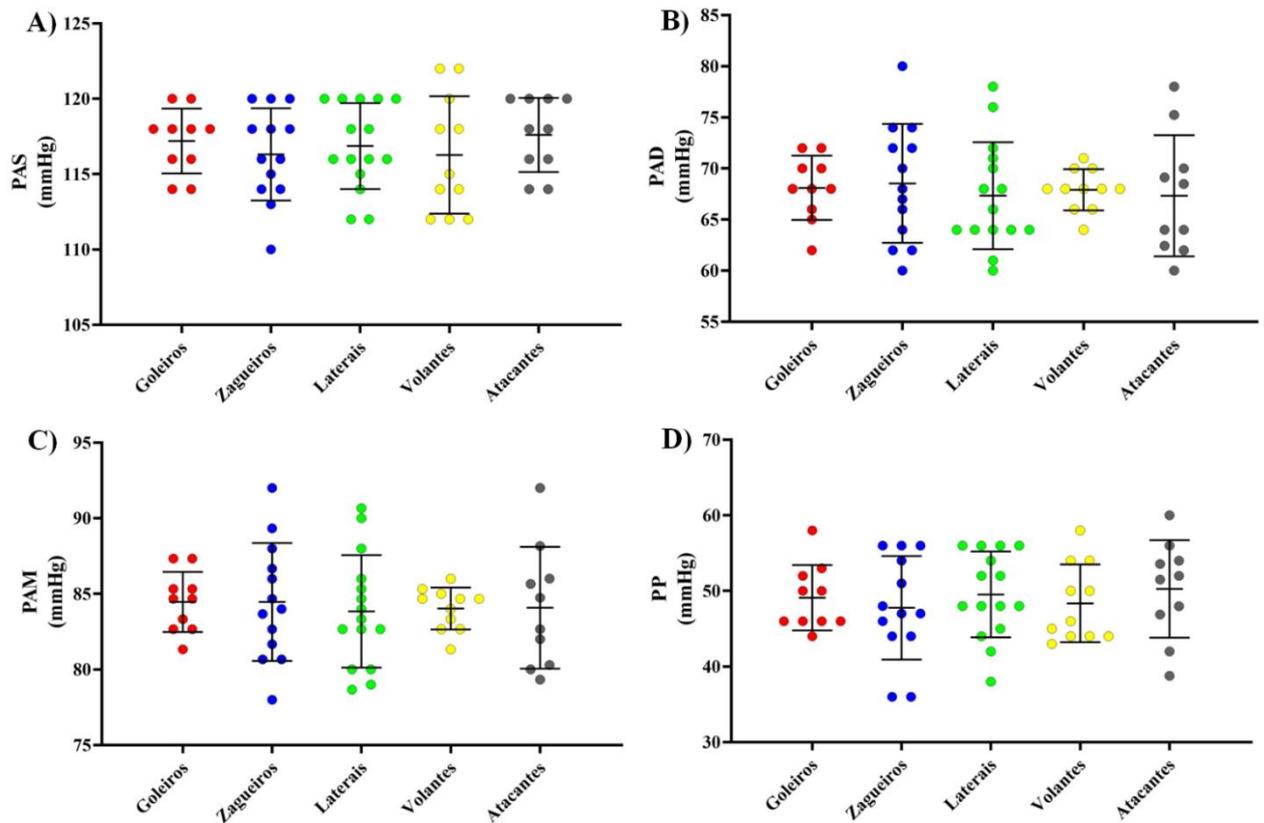


Figura 6: Valores da média  $\pm$  DP da pressão arterial sistólica (A), diastólica (B), média (C) e pressão de pulso (D) de repouso dos jogadores de futebol da categoria Sub-17.

Conhecido como um indicativo do trabalho cardíaco, o DP está demonstrado na figura 7, onde pode-se observar um menor valor desse índice em repouso nos jogadores da posição lateral ( $7738,4 \pm 376,0$  bpm x mmHg) do que os goleiros ( $8359,8 \pm 109,1$  bpm x mmHg;  $p = 0,002$ ). Não houve diferenças significativas quanto ao DP nos demais grupos de atletas.

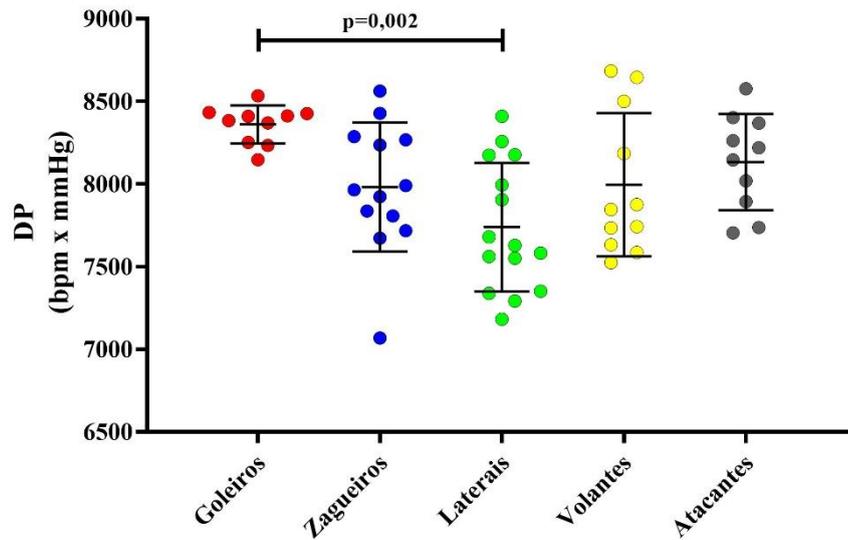


Figura 7: Valores médios do DP de repouso dos participantes do presente estudo.

As respostas da modulação autonômica cardíaca avaliada pelos métodos lineares e não lineares da VFC são evidenciados na Tabela 2. Nas análises do DT, os laterais apresentaram maiores índices de SDNN do que os atuantes nas posições de goleiro, zagueiro e atacante ( $p < 0,05$ ), respectivamente. Resultados similares foram observados quanto aos índices rMSSD e pNN50 (representativos do sistema nervoso parassimpático) que também foram superiores no grupo de jogadores laterais em comparação aos goleiros, zagueiros e atacantes ( $P < 0,05$ ).

Seguindo o mesmo comportamento autonômico, os componentes espectrais das bandas de alta frequência absoluta (HF) e normalizada (HFnu), que são marcadores da modulação parassimpática cardíaca no DF, também foram maiores nos laterais do que nos goleiros, zagueiros e volantes ( $p < 0,05$ ). Que mais uma vez foi confirmado pelo índice  $SD_1$  (método não linear representativo parassimpático).

Tabela 2. Valores dos índices nos domínios do tempo e da frequência e pelos métodos lineares e não lineares da VFC dos jogadores de futebol da categoria Sub-17 participantes do estudo segundo posições táticas de jogo.

	Goleiros (n=10)	Zagueiros (n=13)	Laterais (n=15)	Volantes (n=11)	Atacantes (n=10)
SDNN (ms)	162,7 ± 25,3	199,5 ± 78,8	273,2 ± 73,9 <sup>a,b</sup>	213,0 ± 67,0	188,8 ± 61,0 <sup>c</sup>
rMSSD (ms)	154,6 ± 57,6	187,0 ± 71,1	274,2 ± 81,4 <sup>a,b</sup>	202,8 ± 70,1	151,8 ± 42,2 <sup>c</sup>
pNN50 (%)	48,9 ± 12,5	53,9 ± 9,1	61,6 ± 10,2 <sup>a</sup>	52,1 ± 9,0	49,8 ± 6,9 <sup>c</sup>
VLF (ms <sup>2</sup> )	502,7 ± 298,1	556,8 ± 259,4	770,2 ± 320,8	556,9 ± 234,6	742,7 ± 346,1
LFln (ms <sup>2</sup> )	6,9 (6,5-7,7)	6,8 (6,7-7,8)	6,8 (6,6-6,9)	6,9 (6,1-7,6)	6,4 (6,2-7,2)
LFnu (%)	48,4 ± 14,1	57,0 ± 9,9	51,1 ± 8,2	50,7 ± 14,7	43,2 ± 15,6
HFln (ms <sup>2</sup> )	7,2 ± 0,3	7,4 ± 0,2	7,7 ± 0,1 <sup>a</sup>	7,4 ± 0,2	7,3 ± 0,2 <sup>c</sup>
HFnu (%)	54,7 ± 5,4	55,0 ± 7,3	68,8 ± 6,9 <sup>a,b</sup>	57,4 ± 6,5 <sup>c</sup>	55,4 ± 7,1 <sup>c</sup>
LF/HF	0,7 (0,5-1,4)	0,5 (0,3-0,8)	0,4 (0,3-0,5)	0,4 (0,2-1,1)	0,4 (0,3-0,9)
SD <sub>1</sub> (ms)	35,6 (33,8-38,6)	39,9 (36,4-45,9)	55,4 (49,5-62,6) <sup>a,b</sup>	40,1 (29,0-55,0) <sup>c</sup>	46,0 (34,2-63,3)
SD <sub>2</sub> (ms)	59,7 (43,1-64,3)	58,2 (49,6-66,6)	66,0 (50,3-64,6)	60,2 (50,3-64,6)	51,7 (45,0-63,3)
SD <sub>1</sub> /SD <sub>2</sub>	0,62 (0,55-0,93)	0,60 (0,56-0,89)	0,74 (0,53-0,95)	0,63 (0,52-0,95)	0,90 (0,64-1,05)

Valores expressos como média ± DP (desvio padrão) e valores medianos (25, 75 percentis). iRR: intervalo entre ondas R sucessivas; SDNN: desvio padrão do RRI normal; rMSSD: raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre iRR; pNN50: porcentagem de intervalos NN (RR) sucessivos que diferem em mais de 50 ms; VLF, LF e HF: potência dos componentes oscilatórios da série iRR em muito baixa (<0,2 Hz), baixa (0,2-0,8 Hz) e alta (0,8-3,0Hz) bandas de frequência; nu: unidades normalizadas; SD<sub>1</sub>: desvio padrão 1 - dispersão de pontos perpendiculares à linha de identidade; SD<sub>2</sub>: desvio padrão 2 - dispersão de pontos ao longo da linha de identidade.

<sup>a</sup>p < 0,05 vs. Goleiro; <sup>b</sup>p < 0,05 vs. Zagueiro; <sup>c</sup>p < 0,05 vs. Lateral e p < 0,05 vs. Volante.

Foram encontradas correlações significativas entre o tipo de teste Yo-Yo IR1 realizado e as posições dos jogadores de futebol Sub-17 para duas variáveis investigadas (distância percorrida e VO<sub>2</sub>máx. A distância percorrida no teste Yo-Yo IR1 (Fig. 8A) foi significativamente maior em laterais: 1040,0 (1040,0-1080,0 m) do que goleiros: 800,0 (760,0-840,0 m), zagueiros 920,0 (920,0-970,0 m), volantes 920,0 (880,0-1000,0 m) e atacantes 880,0 (880,0-960,0 m) (p<0,05), respectivamente. Por outro lado, a distância percorrida pelos goleiros foi menor quando comparada com todos os outros grupos (p<0,05). Ao converter a distância percorrida obtida pelo teste Yo-Yo IR1 valores de e VO<sub>2</sub>máx (Fig. 8B), os dados indicaram que o grupo de jogadores laterais também apresentaram valores mais elevados deste parâmetro fisiológico 53,8 (53,8-54,5 mL.kg<sup>-1</sup>.min.<sup>-1</sup>) quando comparado aos goleiros: 49,8 (49,1-50,5 mL.kg<sup>-1</sup>.min.<sup>-1</sup>), zagueiros: 51,8 (51,8-52,6 mL.kg<sup>-1</sup>.min.<sup>-1</sup>), volantes: 51,8 (51,1-53,2 mL.kg<sup>-1</sup>.min.<sup>-1</sup>) e atacantes: 51,1 (51,1-52,5 mL.kg<sup>-1</sup>.min.<sup>-1</sup>) (p<0,05), respectivamente.

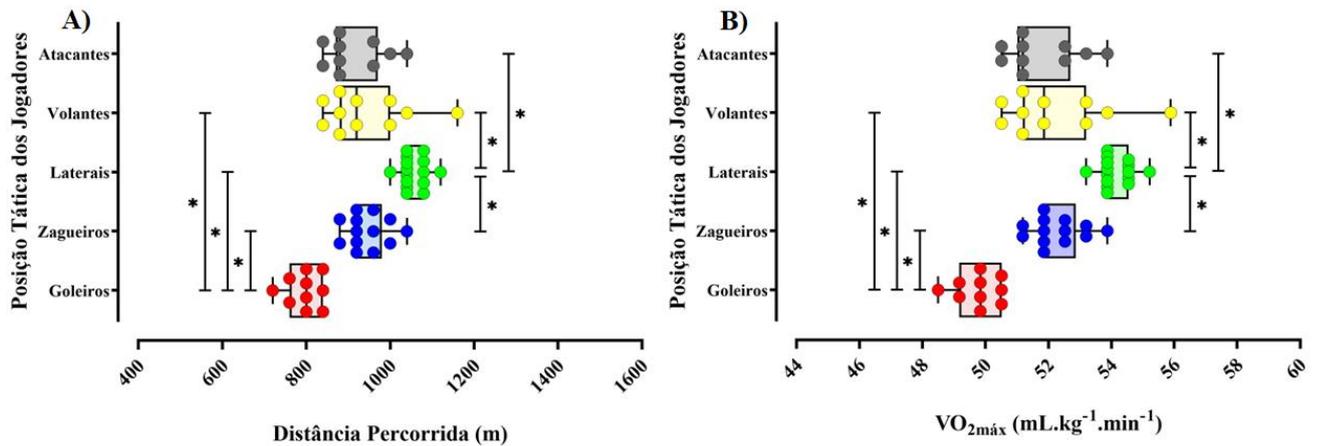


Figura 8: Distância percorrida (A) e VO<sub>2</sub>max (B) após teste de recuperação Yo-Yo nível 1 intermitente (IR1).

A figura 9 apresenta os resultados referentes aos testes de agilidade realizados pelos jogadores de futebol das equipes Sub-17. Para estes testes físicos observou-se uma variação significativa entre os escores obtidos para cada grupo. No teste *Shuttle Run* (Figura 9A), os jogadores agrupados na posição lateral demonstraram ser mais ágeis do que os jogadores das demais posições, obtendo um tempo médio de teste de  $9,48 \pm 0,5$  segundos comparados aos goleiros ( $11,8 \pm 0,8$  s;  $p < 0,001$ ), zagueiros ( $11,4 \pm 0,4$  s;  $p < 0,001$ ), volantes ( $10,9 \pm 0,6$  s;  $p < 0,001$ ) e atacantes ( $11,7 \pm 0,9$  s;  $p < 0,001$ ). Os volantes por sua vez foram mais rápidos no teste do que o grupo de goleiros ( $p = 0,040$ ). Respostas semelhantes foram obtidas durante o teste de agilidade *Illinois* (Figura 9B). O grupo de laterais obteve um tempo médio de teste de  $16,0 \pm 0,5$  s, enquanto os goleiros apresentaram um tempo de  $17,9 \pm 0,8$  s ( $p < 0,001$ ), os zagueiros de  $17,3 \pm 0,4$  s ( $p < 0,001$ ), os volantes de  $17,5 \pm 0,2$  S ( $p < 0,001$ ) e os atacantes de  $17,3 \pm 0,9$  s ( $p < 0,001$ ).

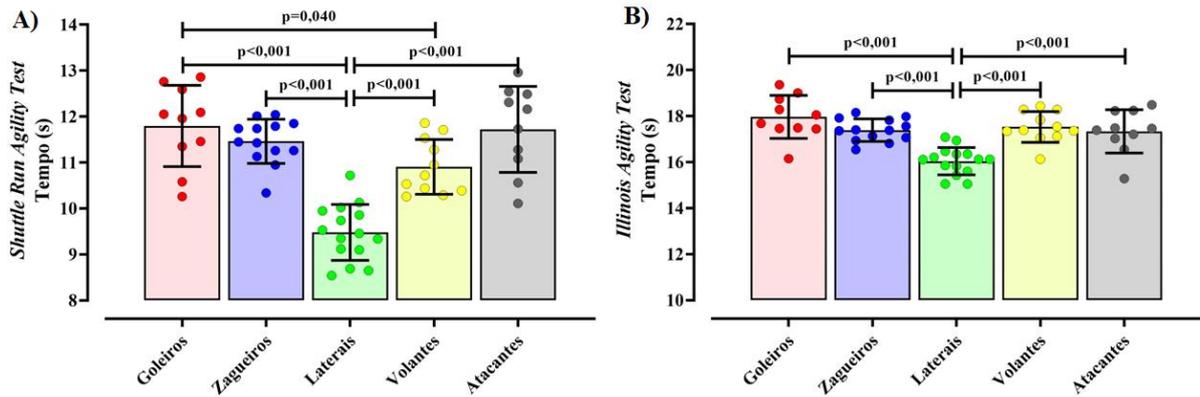


Figura 9: Valores médios  $\pm$  DP dos testes físicos de agilidade *Shuttle Run* (A) e *Illinois* (B) realizados pelos jogadores de futebol da categoria Sub-17.

Correlações e associações significativas foram identificadas entre o índice rMSSD (marcador da modulação vagal cardíaca no DT) e o  $VO_{2\text{máx}}$  obtido após o teste de recuperação Yo-Yo IR1 ( $r = 0,368$ ;  $r^2 = 0,136$ ;  $p = 0,004$  - Fig. 10A). Foram observadas também interações similares entre o componente HF normalizado (marcador da modulação vagal cardíaca no DF) e o  $VO_{2\text{máx}}$  ( $r = 0,477$ ;  $r^2 = 0,227$ ;  $p < 0,001$  - Fig. 10B), e o índice  $SD_1$  (marcador da modulação vagal cardíaca por métodos não lineares) e o  $VO_{2\text{máx}}$  ( $r = 0,374$ ;  $r^2 = 0,140$ ;  $p = 0,003$  - Fig. 10C).

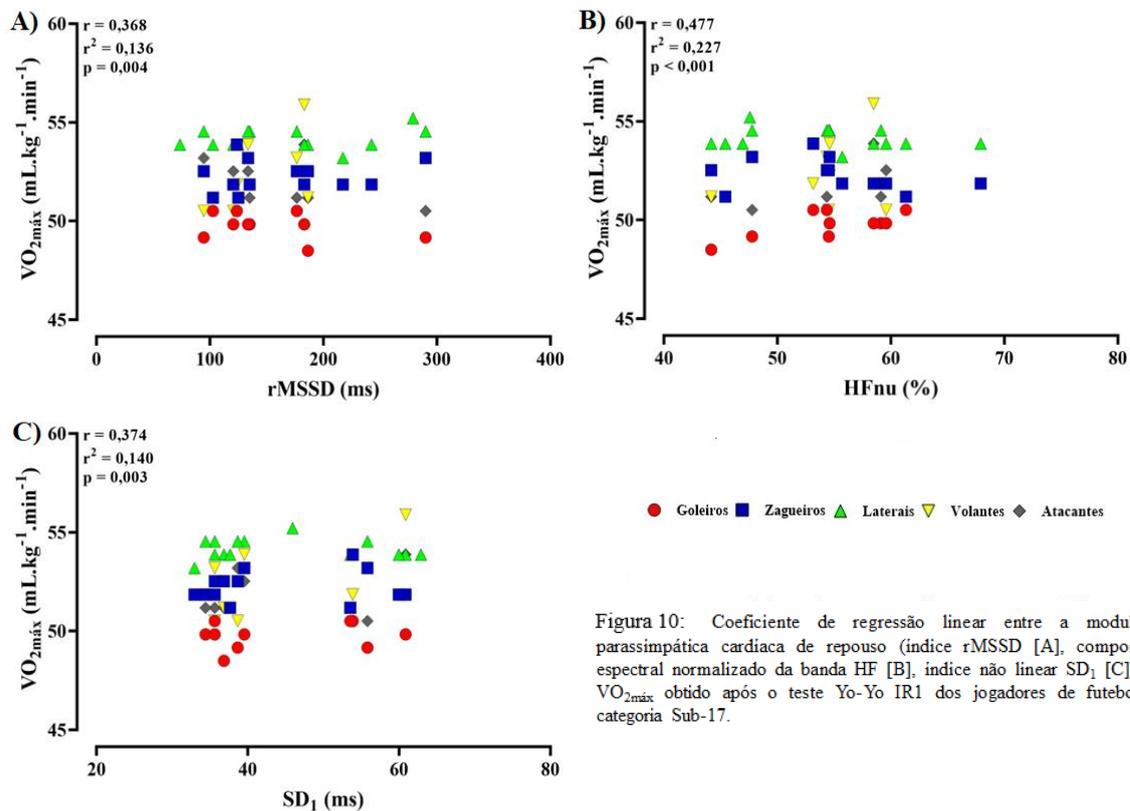


Figura 10: Coeficiente de regressão linear entre a modulação parassimpática cardíaca de repouso (índice rMSSD [A], componente espectral normalizado da banda HF [B], índice não linear  $SD_1$  [C]) e o  $VO_{2\text{máx}}$  obtido após o teste Yo-Yo IR1 dos jogadores de futebol da categoria Sub-17.

Reforçando esses achados, as variáveis consideradas marcadoras da atividade parassimpática cardíaca foram identificadas como preditoras do tempo de execução dos testes de agilidade *Shuttle Run* (Figura 11) e *Illinois* (Figura 12). Evidenciamos também correlações e associações significativas do índice rMSSD ( $r = 0,435$ ;  $r^2 = 0,216$ ;  $p = 0,002$  - Fig. 11A), componente HFnu ( $r = 0,508$ ;  $r^2 = 0,293$ ;  $p < 0,001$  -Fig. 11B) e o índice SD<sub>1</sub> ( $r = 0,398$ ;  $r^2 = 0,175$ ;  $p < 0,005$  -Fig. 11C) com o menor tempo de execução do teste *Shuttle Run*, e novamente entre o índice rMSSD ( $r = 0,347$ ;  $r^2 = 0,184$ ;  $p = 0,004$  - Fig. 12A), componente HFnu ( $r = 0,436$ ;  $r^2 = 0,285$ ;  $p = 0,001$  - Fig. 12B) e o índice SD<sub>1</sub> ( $r = 0,381$ ;  $r^2 = 0,152$ ;  $p = 0,003$  - Fig. 12C) e o menor tempo de execução do teste *Illinois*.

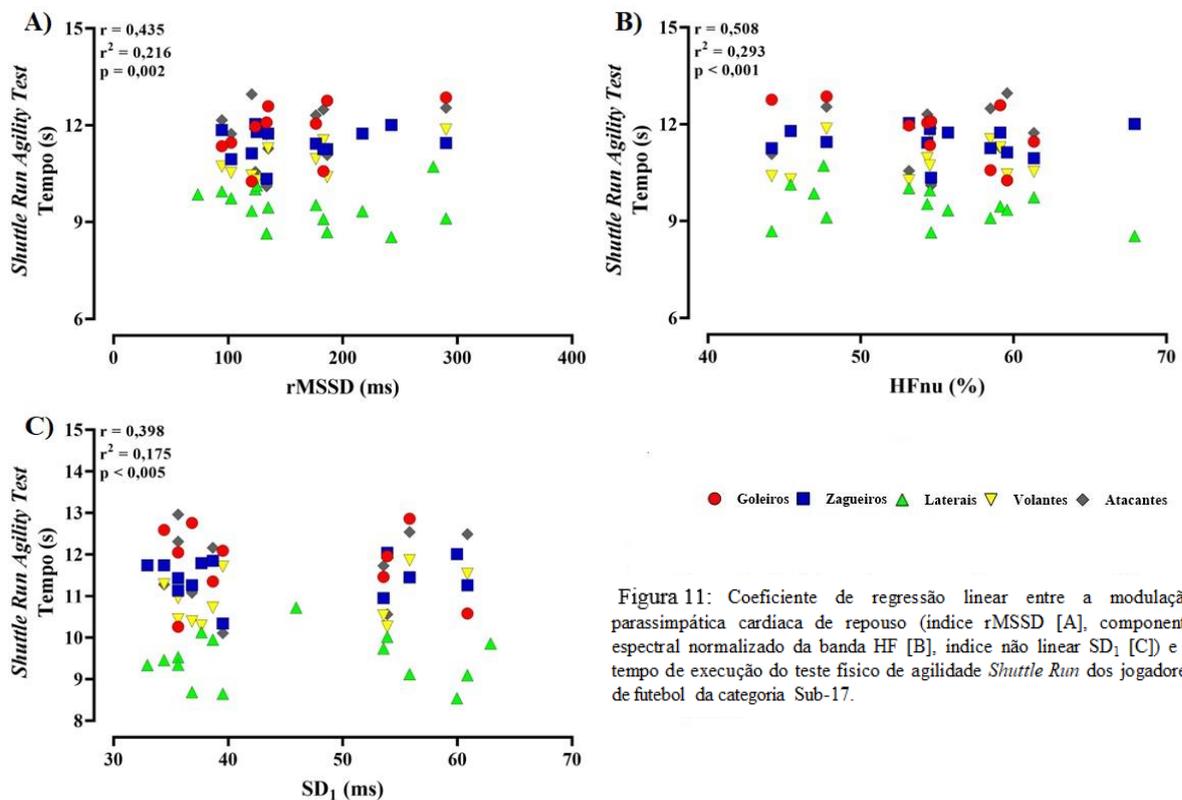
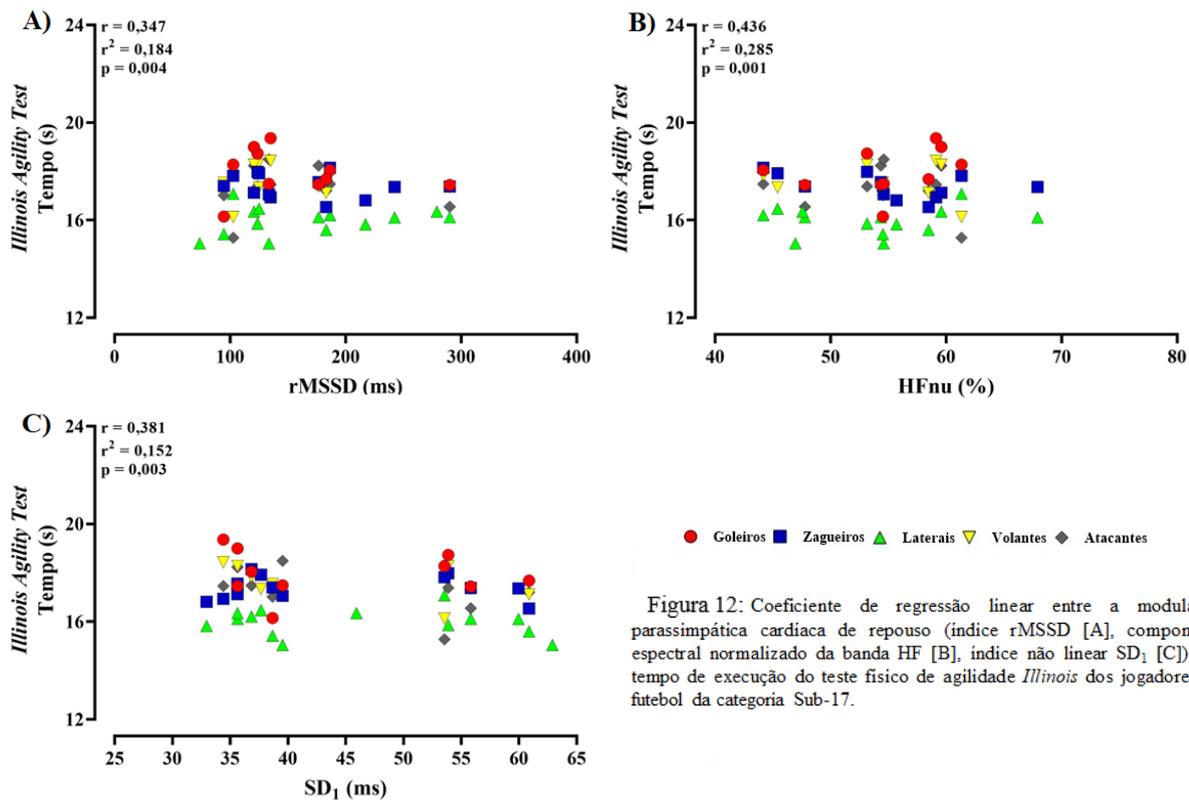


Figura 11: Coeficiente de regressão linear entre a modulação parassimpática cardíaca de repouso (índice rMSSD [A], componente espectral normalizado da banda HF [B], índice não linear SD<sub>1</sub> [C]) e o tempo de execução do teste físico de agilidade *Shuttle Run* dos jogadores de futebol da categoria Sub-17.



## 8 DISCUSSÃO

O presente estudo verificou a influência do comportamento autonômico vagal cardíaco de repouso (a partir dos métodos lineares e não lineares da VFC) como variável preditora nas respostas das capacidades físicas de resistência (*Yo-Yo IRI test*) e agilidade (*Shouttle Run & Illinois agility tests*) de acordo com as posições técnico e táticas de jogo em jogadores de futebol de campo da categoria sub-17. Os principais achados deste estudo foram que os índices lineares (rMSSD e HFnu) e não lineares (SD<sub>1</sub> e SD<sub>2</sub>), que são marcadores da variabilidade vagal cardíaca, foram maiores nos jogadores laterais em comparação com todas as outras posições técnico e táticas. Além disso, essa maior ação parassimpática sobre o coração encontrada nos laterais foi associada a melhores parâmetros de desempenho físico (VO<sub>2</sub>máx e tempo de execução nos testes de agilidade). Embora já tenha sido demonstrada uma relação entre a VFC e a melhora nos parâmetros de desempenho em atletas e não atletas (HEDELIN et al., 2001; HAUTALA et al., 2003), até onde sabemos, este é o primeiro estudo relatando simultaneamente parâmetros autonômicos e de desempenho em jogadores de futebol Sub-17 de acordo com as diferentes posições táticas no campo de futebol.

O futebol é um dos esportes mais populares do mundo, sendo que o progresso desta

modalidade exige maior eficiência física, tática, técnica e psicológica dos atletas (FERNANDES, 1994). Atualmente tanto o meio acadêmico quanto o profissional concordam em referir que o rendimento de uma equipe depende da interação destas capacidades (SILVA JR et al., 2020). Entretanto, a procura de novas técnicas e métodos de pesquisa para o avanço futebolístico são desafiadoras e vem crescendo cada vez mais no meio científico. Nesse contexto, a modulação autonômica cardíaca (através da VFC) vem se constituindo num fator importante para a obtenção de saúde e sucesso destes esportistas (DAMBROZ et al., 2022).

Nossos resultados estão alinhados com algumas pesquisas anteriores (OLIVEIRA et al., 2012; BOULLOSA et al., 2013) em que os autores relataram uma correlação semelhante entre a modulação autonômica cardíaca e o desempenho intermitente avaliado com YoYo teste, mas não em relação das diferentes posições táticas de campo, bem como em jogadores das categorias de base. Esse achado também reforça a importância da VFC para avaliação de jogadores de futebol, já que esse parâmetro tem demonstrado discriminar o nível competitivo dos jogadores (BUCHHEIT et al., 2010). Outro estudo aponta mudanças nos indicadores da VFC mediante a rotina de treinos, jogos e carga de estresse em jovens jogadores (BRICOUT et al., 2010).

Os jogadores laterais apresentaram maiores influências vagais no nodo sinusal, representadas pelos índices de VFC total, rMSSD (no DT), os componentes espectrais de HF e HF normalizado (no DF) e parâmetro  $SD_1$  (não linear). Esse resultado é importante, pois reflete uma maior atividade parassimpática em futebolistas que exercem funções que exigem maior esforço físico no jogo. Esse achado também confirma investigações prévias (OSTOJIC et al., 2011), onde foi evidenciado que as adaptações cardiorrespiratórias (observadas por aumentos de  $VO_{2máx}$ ) poderia mediar melhorias na capacidade de corrida dos jogadores de futebol (SILVA et al., 2010).

A modulação parassimpática tem sido frequentemente estimada a partir da resposta da FC à atropina, arritmia sinusal respiratória ou outras medidas de VFC relacionada à respiração (KATONA et al., 1975; JANSSEN et al., 1993). Embora haja estudos, usando os diferentes métodos acima, tenham mostrado maior atividade vagal em atletas treinados em resistência em comparação com os controles, essa resposta ao treinamento foi questionada por outros (KATONA et al., 1982). Ao comparar indivíduos com capacidades aeróbicas variadas, GOLDSMITH et al. (1997) mostraram uma relação entre a potência no componente HF da VFC e a potência aeróbica. A VFC demonstra refletir a atividade parassimpática (AKSELROD et al., 1985). Em nosso estudo, encontramos HF e potência total consistentemente mais altos nos indivíduos com maior  $VO_{2máx}$  (ou seja, os laterais).

As oscilações da FC na faixa do componente HF da VFC são, intrinsecamente, ligadas ao ritmo da respiração, e por isso são comumente chamadas de arritmia sinusal respiratória. Esse fenômeno é inteiramente mediado pela inervação vagal cardíaca. Assim, o espectro de FC na banda de HF é um índice, seguro, da modulação parassimpática do coração (SEELY et al., 2014).

De acordo com os dados mencionados acima, poderíamos sugerir que níveis mais altos de todos os índices que avaliam a atividade vagal cardíaca constituíram uma condição favorável ao maior  $VO_{2máx}$  em nossos jogadores laterais. Se isso for verdade, talvez aqueles atletas que têm valores de  $VO_{2máx}$  mais altos também tenham a modulação parassimpática cardíaca mais elevada. Uma possível explicação para esse fato é que o nível de atividade parassimpática reflete e afeta a responsividade cardiovascular ao treinamento físico (SWAIN; FRANKLIN, 2006). A falta de uma relação linear entre as mudanças nas medidas de aptidão e atividade parassimpática indica que o treinamento per se não parece ter uma grande influência na adaptação parassimpática. Tal conclusão deve, no entanto, ser interpretada com cautela porque o tamanho amostral foi relativamente pequeno.

Juntamente com a literatura, nossas descobertas também levam a várias aplicações em potenciais para o meio esportivo. Por exemplo, índices de rMSSD, banda total de HF, HF normalizado e  $SD_1$  podem ajudar a avaliar se um jogador está em bom ou mau estado físico em um determinado momento. Nesse cenário, esses índices também poderiam prever se o atleta terá um bom desempenho físico ou não. Estudos anteriores mostraram a utilidade da VFC para avaliar o *overtraining* e sua aplicação prática na programação das cargas de treinamento (DONG, 2013; DJAOUI et al., 2017). Nosso tipo de abordagem também pode ser útil para identificar condições de *overtraining* que apresentam maior risco de lesões musculares e levar a intervenções preventivas, como cargas leves de treinamento ou descanso aguardando a recuperação.

Estudos foram realizados com o objetivo de identificar os mecanismos responsáveis pelas modificações no balanço simpátovagal após o treinamento físico de resistência aeróbia. Alguns autores demonstraram que o treinamento físico modifica o balanço simpátovagal com predomínio parassimpático sobre o simpático (EKBLUM et al., 1973; KENNEY, 1985; SEALS; CHASE, 1989; DE MEERSMAN, 1992; GOLDSMITH; BIGGER, 1992; UUSITALO et al. 1996). O mecanismo do predomínio deste componente foi defendido por Estorch et al. (2000) ao avaliarem a integridade do sistema simpático por meio da captação miocárdica regional de iodo-123- metaiodobenzilguanidina (I-123-MIBG) em atletas com bradicardia sinusal e em atletas que tinham ritmo cardíaco normal. MIBG é um análogo sintético da

guanetidine que tem a mesma captação neuronal e mecanismos de armazenamento da noradrenalina nos neurônios pré-sináptico.

Quando consideramos as distâncias percorridas no teste de Yo-Yo IR1 em nosso estudo, verificamos que a relação com os índices vagais cardíacos entre as diferentes posições do futebol de campo não foi homogênea. Este resultado não deve ser surpreendente. No contexto de uma partida competitiva em um esporte como o futebol, a velocidade da corrida pode variar dependendo das diferentes condições do jogo, como cenário do jogo, adversários, resultado parcial, tática, clima, exigência física dos jogadores e momento da jogada. Assim, podemos especular que, considerando nossos resultados, existe uma relação entre os índices parassimpáticos da VFC e o desempenho na corrida.

Além das adaptações autonômicas e estruturais cardíacas, o treinamento físico também leva a adaptações hemodinâmicas, tais como a redução da FC de repouso, conhecida como bradicardia sinusal de repouso, que é importante marcador da eficácia do treinamento físico aeróbio. A bradicardia sinusal está presente quando a FC é menor que 60 bpm. Enquanto indivíduos condicionados, que realizam treinamento físico de moderada intensidade, apresentam pequenas reduções na FC de repouso, atletas de elite podem alcançar menos que 25 bpm em repouso (AZEVEDO et al., 2007) e diminuição acentuada da FC durante o período noturno.

A menor FC de repouso encontrada nos laterais demonstra claramente a efetividade da posição específica do futebol de campo. Alguns estudos publicados recentemente mostraram que a modalidade atlética possivelmente pode influenciar o tipo de adaptação que ocorre nos mecanismos fisiológicos de controle cardíaco em atletas em condição de repouso (KAUR, 2013; AZEVEDO et al., 2014). Já está bem estabelecido que a FC basal está sob controle parassimpático (ROBINSON et al., 1966), portanto, não é surpreendente que exista uma associação entre a FC e a atividade vagal cardíaca. De fato, estudos anteriores mostraram que a bradicardia em repouso é dependente da modulação vagal cardíaca (ARAÚJO et al., 1992).

Alguns pesquisadores têm concentrado seus estudos nas respostas fisiológicas da FC, sendo esta considerada uma das mais importantes características para o sucesso nesse esporte, principalmente em situação aguda. Por outro lado, é reconhecido que a importância de cada um desses parâmetros fisiológicos parece depender, em grande parte, da posição e das funções táticas durante o transcorrer do jogo, da motivação, nível de qualidade técnica, carga genética e do grau de aptidão física do jogador. Nesse sentido, nossos achados corroboram com resultados prévios (KLISSOURAS, 1971; KLISSOURAS, 1976; ROCHCONGAR et al., 1981; BOUCHARD; LORTIE, 1984; BOUCHARD et al., 1986; APOR, 1988; PUGA et al., 1993).

Em contraste, outros estudos sugerem que a redução da FC não é totalmente dependente do controle autonômico ou especificamente do aumento da atividade vagal em repouso. Molina et al. (2013) compararam um grupo de ciclistas profissionais com um grupo de indivíduos não atletas treinados fisicamente. Embora o grupo de ciclistas tenha apresentado bradicardia em repouso, comparado ao grupo de indivíduos treinados fisicamente, os autores não observaram diferença no controle autonômico cardíaco da VFC. Os autores sugerem que a bradicardia observada em ciclistas parece estar relacionada a uma FC intrínseca alterada. É importante notar que a VFC mede a modulação vagal e não o tônus vagal, podendo influenciar diretamente na FC de repouso.

Sabendo que, a baixa FC de repouso, propicia um bom prognóstico e condição de saúde (BALLENGER et al., 2016) e uma boa aptidão física ao treinamento (SCOTT et al., 2016). Constantemente, são realizadas conexões entre o treinamento físico e a diminuição da FC de repouso, e um dos mecanismos responsáveis por tal fenômeno é o aumento do tônus parassimpático, responsável pela diminuição da FC, assim como a diminuição do tônus simpático e/ou diminuição do ritmo intrínseco de despolarização cardíaca (BALLENGER et al., 2016; WEBERRUSS et al., 2018).

Atualmente, os jogadores de futebol costumam correr algo entre 6 e 12 km por jogo de 90 minutos (CLEMENTE et al., 2013; BARNES et al., 2014; HOPPE et al., 2015), mas os laterais, com um duplo papel de defesa-ataque, são provavelmente aqueles que cobrem a maior parte do campo de jogo e para os quais se espera que mais ações de aceleração e frenagem ocorram durante a partida (REILLY et al., 2000). Essa observação prática e empírica corrobora nossa constatação de que os laterais são mais frequentemente vagotônicos e tiveram melhor desempenho físico entre os jogadores de futebol.

É interessante e razoável supor que jogadores de futebol capazes de ajustar rapidamente sua FC para mudanças de intensidade de exercício seriam mais adequados para serem posicionados como laterais. Essa capacidade pode representar uma vantagem hemodinâmica para situações de partidas intermitentes em que são necessárias transições rápidas da FC (e, conseqüentemente, incrementos mais rápidos na entrega de oxigênio aos músculos ativos).

Com base nos relatos acima, uma especulação resultante para explicar por que os jogadores atacantes e goleiros tiveram menores índices de modulação vagal cardíaca, menor desempenho no teste Yo-Yo IR1 e menor bradicardia de repouso se deve ao fato de que esses jogadores são mais exigidos em momentos específicos e suas ações em campo estão mais relacionadas a ações explosivas, como pular e correr durante curtos períodos. A mesma lógica se aplica aos atacantes. Eles geralmente estão mais focados no posicionamento no ataque até

que tenham que responder a um passe. Suas ações geralmente envolvem cabecear ou chutar a bola ou sprints curtos que tornariam seu sistema cardiovascular menos exigido. Tendo em vista que os laterais precisam correr para cima e para baixo no campo constantemente, é compreensível que suas variáveis cardiovasculares e autonômicas sejam melhores devido às adaptações cardíacas que eles possam ter.

Nosso estudo utilizou o teste Yo-Yo IR1, este protocolo pode ser usado para avaliar a capacidade de um atleta de realizar exercícios intermitentes intensos com alta produção de energia aeróbica e uma contribuição significativa do sistema de energia anaeróbica. O teste tem alta reprodutibilidade e sensibilidade e pode ser usado para examinar mudanças no desempenho de exercícios intermitentes de atletas como jogadores de futebol. O teste Yo-Yo IR1 parece ser ideal para avaliar a capacidade de realizar exercícios intensos repetidos porque os sistemas aeróbico e anaeróbico são fortemente estimulados (KRUSTRUP et al., 2006).

Por fim, a análise da VFC tem sido empregada de forma consistente em ambientes clínicos, devido à sua capacidade de prever o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e mortalidade (WULSIN et al., 2015). Mais recentemente, a análise da VFC também tem sido usada para rastrear mudanças sazonais na aptidão física e no desempenho (BUCHHEIT et al., 2010; MAZON et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2013; FLATT et al., 2015) para quantificar os efeitos da carga de treinamento na homeostase cardiovascular (FLATT et al., 2015; SABOUL et al., 2016) e para prever estatísticas psicológicas desfavoráveis, como ansiedade e estresse pré-competição (BLÁSQUEZ et al., 2009; MORALES et al., 2013) Além disso, os índices de VFC podem ser usados para prevenir fadiga excessiva e overtraining em diversas modalidades esportivas (FLATT et al., 2016; VESTERINEN et al., 2016).

Apesar dessa ampla aplicação da análise da VFC no campo esportivo, a confiabilidade da VFC em atletas sob uma condição típica de treinamento é pouco conhecida. Esse conhecimento é essencial, considerando que o nível de confiabilidade da VFC no esporte pode determinar sua capacidade de gerar informações precisas para treinadores e fisiologistas esportivos (ATKINSON et al., 1998; HOPKINS; NEVILL, 2000). Índices (DT, DF e não linear), a padronização dos aspectos metodológicos do cálculo da VFC e a escolha adequada do segmento do intervalo RR para análise da VFC são questões preocupantes (NUNAN et al., 2010).

Como demonstrado aqui, o grupo de jogadores da posição lateral apresentaram maiores influências vagais no nó sinusal, representadas também pelos índices não lineares da VFC. Esse resultado é importante, pois reflete uma maior atividade parassimpática em futebolistas mais jovens que exercem funções em cargos que exigem maior exigência física em campo, nesse

caso, os laterais. Esse achado também confirma observações anteriores em estudos transversais (OSTOJIC et al., 2010; OSTOJIC et al., 2011), com os resultados coletivos indicando que as adaptações cardiovasculares e mecânicas poderiam mediar melhorias na capacidade de desempenho de jogadores de futebol como evidenciado em outros estudos (HELGERUD et al., 2001). Portanto, a VFC é eficaz em fornecer uma ferramenta simples e interessante para monitorar a relação das adaptações cardíacas com o desempenho físico. Todavia, deve-se notar que o nível de reprodutibilidade desta medida nestas condições não foi determinado.

## **9 CONCLUSÃO**

Por meio dos nossos resultados é possível extrair três conclusões: (a) em um cenário do futebol de categoria de base, os jogadores laterais são os que possuem maior modulação vagal cardíaca de repouso e por isso mais frequentemente vagotônicos; (b) Os maiores índices de atividade vagal da VFC ao coração parecem constituir uma condição favorável aos laterais, pois também foram associados com maior desempenho físico; (c) Os métodos usados para avaliar a VFC podem ser úteis no monitoramento das adaptações relacionadas ao treinamento e à competição em jogadores de futebol de campo.

## **10 APLICAÇÕES PRÁTICAS**

Tendo em vista que jogadores de futebol são comumente expostos a extensa rotina, há necessidade de encontrar métodos/variáveis sensíveis e confiáveis para monitorar o estado de treinamento dos atletas. Isso ajuda a equipe técnica a manter seus atletas em bons níveis de condicionamento físico e a lidar melhor com as cargas de treinamento e competição. Os maiores valores de confiabilidade dos índices de VFC, juntamente com sua sensibilidade em discriminar atletas de diferentes níveis de posição de campo, suportam o uso desta ferramenta no monitoramento da carga de treinamento e na detecção de adaptações relacionadas ao treinamento. Principalmente se for realizado de forma precoce, ou seja, em categorias de base do futebol.

## REFERÊNCIAS

ABAD, César Cavinato C. et al. Cardiac autonomic control in high level Brazilian power and endurance track-and-field athletes. **International journal of sports medicine**, v. 35, n. 09, p. 772-778, 2014.

AKSELROD, Solange et al. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 249, n. 4, p. H867-H875, 1985.

ALMEIDA, Marcos B.; ARAÚJO, Claudio Gil S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. **Rev Bras Med Esporte**, v. 9, n. 2, p. 104-12, 2003.

APOR, Peter. Successful formulae for fitness training. In: **Science and football: Proceedings of the first world congress of science and football Liverpool, 13-17th April 1987**. 1988.

ARAÚJO, Cláudio Gil.; NÓBREGA, Antônio C.; CASTRO, Cláudia L. Vagal activity: effect of age, sex and physical activity pattern. **Braz J Med Biol Res**, v. 22, n. 7, p. 909-11, 1989.

ARAÚJO, Cláudio Gil S.; NÓBREGA, Antônio C. L.; CASTRO, Cláudia L. Heart rate responses to deep breathing and 4-seconds of exercise before and after pharmacological blockade with atropine and propranolol. **Clinical autonomic research**, v. 2, p. 35-40, 1992.

ARAÚJO, Cláudio Gil S.; SCHARHAG, Jurgen. Athlete: a working definition for medical and health sciences research. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 26, n. 1, p. 4-7, 2016.

ARAZI, Hamid et al. Effects of heart rate vs. speed-based high intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity of female soccer players. **Sports**, v. 5, n. 3, p. 57, 2017.

ASANO, Ricardo Y. et al. Comparação da potência e capacidade anaeróbia em jogadores de diferentes categorias de futebol. **Motricidade**, v. 9, n. 1, p. 5-12, 2013.

ATKINSON, Greg; NEVILL, Alan M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. **Sports medicine**, v. 26, p. 217-238, 1998.

AUBERT, André E.; SEPS, Bert; BECKERS, Frank. Heart rate variability in athletes. **Sports medicine**, v. 33, p. 889-919, 2003.

AZEVEDO, Luciene Ferreira et al. Cardiac and metabolic characteristics in long distance runners of sport and exercise cardiology outpatient facility of a tertiary hospital. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 88, p. 17-25, 2007.

AZEVEDO, Luciene Ferreira et al. Sport modality affects bradycardia level and its mechanisms of control in professional athletes. **International journal of sports medicine**, v. 35, n. 11, p. 954-959, 2014.

BAHRAINNY, Samira et al. Exercise training bradycardia is largely explained by reduced intrinsic heart rate. **International journal of cardiology**, v. 222, p. 213-216, 2016.

BANGSBO, Jens; IAIA, F. Marcello; KRUSTRUP, Peter. The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. **Sports medicine**, v. 38, p. 37-51, 2008.

BANKOFF, Antonia et al. Estudo da frequência cardíaca durante uma partida de futebol de campo: um estudo de caso. **Movimento & Percepcao. Espirito Santo do Pinhal**, v. 9, n. 13, 2008.

BAQUET, Georges; VAN PRAAGH, Emmanuel; BERTHOIN, Serge. Endurance training and aerobic fitness in young people. **Sports medicine**, v. 33, p. 1127-1143, 2003.

BARBOSA FILHO, José; BARBOSA, Paulo R.; CORDOVIL, Ivan. Modulação autonômica do coração na hipertensão arterial sistêmica. **Arq Bras Cardiol**, v. 78, n. 2, p. 181-95, 2002.

BARNES, Chris et al. The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. **International journal of sports medicine**, v. 35, n. 13, p. 1095-1100, 2014.

BESSEM, Bram; DE BRUIJN, Matthijs C.; NIEUWLAND, Wybe. The ECG of high-level junior soccer players: comparing the ESC vs the Seattle criteria. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 15, p. 1000-1006, 2015.

BETTEGA, Otávio Baggio et al. Formar o treinador e o jogador nas categorias de base do futebol: engendrando na interação e/ou na especificidade?. **Movimento**, v. 25, 2022.

BLÁSQUEZ, Julio César C; FONT, Gil Rodas; ORTÍS, Lluís Capdevila. Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. **Psicothema**, p. 531-536, 2009.

BOONE, Jan et al. Physical fitness of elite Belgian soccer players by player position. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 8, p. 2051-2057, 2012.

BORRESEN, Jill; LAMBERT, Michael I. Autonomic control of heart rate during and after exercise: measurements and implications for monitoring training status. **Sports medicine**, v. 38, p. 633-646, 2008.

BOUCHARD, Claude et al. Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 18, n. 6, p. 639-646, 1986.

BOUCHARD, Claude; LORTIE, Gilles. Heredity and endurance performance. **Sports Medicine**, v. 1, p. 38-64, 1984.

BOUHLEL, Ezdine. et al. Heart rate and blood lactate responses during Taekwondo training and competition. **Science & Sports**, v. 21, n. 5, p. 285-290, 2006.

BOULLOSA, Daniel A. et al. Cardiac autonomic adaptations in elite Spanish soccer players during preseason. **International journal of sports physiology and performance**, v. 8, n. 4, p. 400-409, 2013.

BOYETT, Mark R. et al. Is the resting bradycardia in athletes the result of remodeling of the sinoatrial node rather than high vagal tone?. **Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 9, p. 1351-1355, 2013.

BRICOUT, Véronique A; DECHENAUD, Simon; FAVRE-JUVIN, Anne. Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. **Autonomic Neuroscience**, v. 154, n. 1-2, p. 112-116, 2010.

BUCHHEIT, Martin et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. **European journal of applied physiology**, v. 108, p. 1153-1167, 2010.

BUCHHEIT, Martin. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. **Frontiers in physiology**, v. 5, p. 73, 2014.

BUCHHEIT, Martin et al. Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. **European journal of applied physiology**, v. 109, p. 869-878, 2010.

CARTER, James B.; BANISTER, Eric W.; BLABER, Andrew P. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. **Sports medicine**, v. 33, p. 33-46, 2003.

CLEMENTE, Filipe Manuel et al. Activity profiles of soccer players during the 2010 world cup. **Journal of human kinetics**, v. 38, n. 2013, p. 201-211, 2013.

COOTE, John H.; WHITE, Michael J. CrossTalk proposal: bradycardia in the trained athlete is attributable to high vagal tone. **The Journal of physiology**, v. 593, n. Pt 8, p. 1745, 2015.

COOTE, John H.; BOTHAMS, Valerie F. Cardiac vagal control before, during and after exercise. **Experimental physiology**, v. 86, n. 6, p. 811-815, 2001.

CORRÊA, Daniel Kroeff et al. Excelência na produtividade: a performance dos jogadores de futebol profissional. **Psicologia: reflexão e crítica**, v. 15, n. 2, p. 447-460, 2002.

DA SILVA, Alberto I; RODRIGUEZ-AÑEZ, Ciro R. A frequência cardíaca e a intensidade da atividade física do árbitro assistente durante a partida de futebol. **Journal of Physical Education**, v. 14, n. 1, p. 53-57, 2003.

DAL PUPO, Juliano et al. Potência muscular e capacidade de sprints repetidos em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 12, p. 255-261, 2010.

DAMBROZ, Felipe; CLEMENTE, Filipe Manuel; TEOLDO, Israel. The effect of physical fatigue on the performance of soccer players: A systematic review. **Plos one**, v. 17, n. 7, p. e0270099, 2022.

DE ANGELIS, Kátia; SANTOS, Maria do Socorro B.; IRIGOYEN, Maria Cláudia. Sistema nervoso autônomo e doença cardiovascular. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul**, v. 3, p. 1-7, 2004.

DE FREITAS, Victor H. et al. Sensitivity of the Yo-Yo Intermittent Recovery Test and cardiac autonomic responses to training in futsal players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 5, p. 553-558, 2015.

DE MEERSMAN, Ronald E. Respiratory sinus arrhythmia alteration following training in endurance athletes. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 64, n. 5, p. 434-436, 1992.

DE PINHO, Ricardo A, et al. Doença arterial coronariana, exercício físico e estresse oxidativo. **Arq BrasCardiol**. 2010;94(4):549-55.

DEGOUTTE, Fabrice.; JOUANEL, Pierre.; FILAIRE, Edith. Energy demands during a judo match and recovery. **British journal of sports medicine**, v. 37, n. 3, p. 245-249, 2003.

DI SALVO, Valter et al. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. **International journal of sports medicine**, v. 28, n. 03, p. 222-227, 2007.

DIXON, Ellen M. et al. Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. **Cardiovascular research**, v. 26, n. 7, p. 713-719, 1992.

DJAOUI, Léo et al. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological

markers. **Physiology & behavior**, v. 181, p. 86-94, 2017.

DONG, Jin-Guo. The role of heart rate variability in sports physiology. **Experimental and therapeutic medicine**, v. 11, n. 5, p. 1531-1536, 2016.

DVORAK, Jiri et al. Feasibility of precompetition medical assessment at FIFA World Cups for female youth players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 46, n. 16, p. 1132-1133, 2012.

DVORAK, Jiri et al. The FIFA medical emergency bag and FIFA 11 steps to prevent sudden cardiac death: setting a global standard and promoting consistent football field emergency care. **British journal of sports medicine**, v. 47, n. 18, p. 1199-1202, 2013..

EKBLOM, Björn; KILBOM, Åsa; SOLTYSIAK, J. Physical training, bradycardia, and autonomic nervous system. **Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation**, v. 32, n. 3, p. 251-256, 1973.

ERNST, Gernot. Heart-rate variability—more than heart beats?. **Frontiers in public health**, v. 5, p. 240, 2017.

ESTORCH, Montserrat et al. Myocardial sympathetic innervation in the athlete's sinus bradycardia: is there selective inferior myocardial wall denervation?. **Journal of Nuclear Cardiology**, v. 7, n. 4, p. 354-358, 2000.

FERNANDES, Juliano. L. A preparação tática. **FUTEBOL: ciência, arte ou sorte: treinamento para profissionais**. São Paulo: EPU, p. 77-96, 1994.

FLATT, Andrew A.; ESCO, Michael R.; NAKAMURA, Fábio Y. Individual heart rate variability responses to preseason training in high level female soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 2, p. 531-538, 2017.

FLATT, Andrew A.; ESCO, Michael R. Smartphone-derived heart-rate variability and training load in a women's soccer team. **International journal of sports physiology and performance**, v. 10, n. 8, p. 994-1000, 2015.

FORD, Paul et al. The long-term athlete development model: Physiological evidence and application. **Journal of sports sciences**, v. 29, n. 4, p. 389-402, 2011.

FRANCHINI, Emerson et al. Physiological profiles of elite judo athletes. **Sports medicine**, v. 41, p. 147-166, 2011.

GHORAYEB, Nabil. Coração do Atleta: Modificações fisiológicas X supertreinamento e doenças cardíacas. **Arq Bras Cardiol**, v. 54, p. 161, 1995.

GISSIS, Ioannis et al. Strength and speed characteristics of elite, subelite, and recreational young soccer players. **Research in sports Medicine**, v. 14, n. 3, p. 205-214, 2006.

GOLDSMITH, Rochelle L. et al. Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance-trained and untrained young men. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 20, n. 3, p. 552-558, 1992.

GOLDSMITH, Rochelle L. et al. Physical fitness as a determinant of vagal modulation. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 29, n. 6, p. 812-817, 1997.

GUIMARÃES, Murilo B; PAOLI, Próspero B. O treinamento técnico por posição no futebol: as especificidades na percepção dos técnicos de categorias de base do futebol mineiro. **Revista Brasileira de Futebol (The Brazilian Journal of Soccer Science)**, v. 4, n. 1, p. 42-53, 2013.

GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. Fluxo sanguíneo muscular e débito cardíaco, durante o Exercício Tratado de Fisiologia Médica, 10ª edição. **Rio de Janeiro: Guanabara Koogan**, p. 213-21, 2002.

HARRISON, Craig B. et al. Development of aerobic fitness in young team sport athletes. **Sports Medicine**, v. 45, p. 969-983, 2015.

HAUTALA, Arto J. et al. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 285, n. 4, p. H1747-H1752, 2003.

HAZIR, Tahir. Physical characteristics and somatotype of soccer players according to playing level and position. **Journal of Human Kinetics**, v. 26, n. 2010, p. 83-95, 2010.

HEDELIN, Rikard; BJERLE, Per; HENRIKSSON-LARSEN, Karin. Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 33, n. 8, p. 1394-1398, 2001.

HELGERUD, Jan et al. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 11, p. 1925-1931, 2001.

HETTINGA, Florentina J. et al. Cardiac acceleration at the onset of exercise: a potential parameter for monitoring progress during physical training in sports and rehabilitation. **Sports Medicine**, v. 44, p. 591-602, 2014.

HOFF, Jan et al. Soccer specific aerobic endurance training. **British journal of sports medicine**, v. 36, n. 3, p. 218-221, 2002.

HOPPE, Matthias W. et al. Match running performance and success across a season in German Bundesliga soccer teams. **International journal of sports medicine**, v. 36, n. 07, p. 563-566, 2015.

HUGHES, Michael et al. Moneyball and soccer-an analysis of the key performance indicators of elite male soccer players by position. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 7, n. 2, p. 402-412, 2012.

IELLAMO, Ferdinando et al. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. **Circulation**, v. 105, n. 23, p. 2719-2724, 2002.

JACKSON, Andrew S.; POLLOCK, Michael L. Generalized equations for predicting body density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JANSSEN, Marc JA et al. Supine and standing sympathovagal balance in athletes and

controls. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 67, p. 164-167, 1993.

KATONA, Peter G.; JIH, Felix. Respiratory sinus arrhythmia: noninvasive measure of parasympathetic cardiac control. **Journal of applied physiology**, v. 39, n. 5, p. 801-805, 1975.

KATONA, Peter G. et al. Sympathetic and parasympathetic cardiac control in athletes and nonathletes at rest. **Journal of Applied Physiology**, v. 52, n. 6, p. 1652-1657, 1982.

KENNEY, W. Larry. Parasympathetic control of resting heart rate: relationship to aerobic power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 17, n. 4, p. 451-455, 1985.

KIVINIEMI, Antti M. et al. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. **European journal of applied physiology**, v. 101, n. 6, p. 743-751, 2007.

KLISSOURAS, Vassalis. Heritability of adaptive variation. **Journal of applied physiology**, v. 31, n. 3, p. 338-344, 1971.

KLISSOURAS, Vassalis. Prediction of athletic performance: genetic considerations. **Can J Appl Sport Sci**, v. 1, p. 195-200, 1976.

KOBAL, Ronaldo et al. The impact of detraining on cardiac autonomic function and specific endurance and muscle power performances of high-level endurance runners. **J Sports Med Phys Fitness**, 2016.

KRUSTRUP, Peter et al. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 4, p. 697-705, 2003.

KRUSTRUP, Peter et al. The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, n. 9, p. 1666-1673, 2006.

KUNZ, Matthias. 265 million playing football. **FIFA magazine**, v. 7, p. 11-15, 2007.

LLOYD, Rhodri S.; OLIVER, Jon L. The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. **Strength & Conditioning Journal**, v. 34, n. 3, p. 61-72, 2012.

LOHMAN, Timothy G. et al. **Anthropometric standardization reference manual**. Human kinetics books, 1988.

MANZI, Vincenzo et al. Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 296, n. 6, p. H1733-H1740, 2009.

MAZON, Jose et al. Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 23, n. 1, p. 114-120, 2013.

MICHAILIDIS, Yiannis. Stress hormonal analysis in elite soccer players during a season. **Journal of Sport and Health Science**, v. 3, n. 4, p. 279-283, 2014.

MOHR, Magni; KRUSTRUP, Peter; BANGSBO, Jens. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. **Journal of sports sciences**, v. 21, n. 7, p. 519-528, 2003.

MOLINA, Guilherme E. et al. Unaltered R-R interval variability and bradycardia in cyclists as compared with non-athletes. **Clinical Autonomic Research**, v. 23, p. 141-148, 2013.

MORALES, Jose et al. The use of heart rate variability in assessing precompetitive stress in high-standard judo athletes. **International journal of sports medicine**, v. 34, n. 02, p. 144-151, 2013.

NAKAMURA, Fabio Y. et al. Adequacy of the ultra-short-term HRV to assess adaptive processes in youth female basketball players. **Journal of human kinetics**, v. 56, n. 1, p. 73-

80, 2017.

NAUGHTON, Geraldine et al. Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. **Sports medicine**, v. 30, p. 309-325, 2000.

NUNAN, David; SANDERCOCK, Gavin RH; BRODIE, David A. A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. **Pacing and clinical electrophysiology**, v. 33, n. 11, p. 1407-1417, 2010.

OLIVEIRA, Ricardo S. et al. Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. **International journal of sports medicine**, v. 34, n. 05, p. 424-430, 2013.

OSTOJIC, Sergej M. et al. Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise in continuous versus intermittent endurance athletes. **European journal of applied physiology**, v. 108, p. 1055-1059, 2010.

OSTOJIC, Sergej M.; STOJANOVIC, Marko D.; CALLEJA-GONZALEZ, Julio. Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise: relations to aerobic power in sportsmen. **Chin J Physiol**, v. 54, n. 2, p. 105-110, 2011.

PAFFENBARGER JR, Ralph S. Contributions of epidemiology to exercise science and cardiovascular health. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 20, n. 5, p. 426-438, 1988.

PARK, Gwnhi et al. Cardiac vagal tone is correlated with selective attention to neutral distractors under load. **Psychophysiology**, v. 50, n. 4, p. 398-406, 2013.

PEREIRA, Lucas A. et al. Assessing shortened field-based heart-rate-variability-data acquisition in team-sport athletes. **International journal of sports physiology and performance**, v. 11, n. 2, p. 154-158, 2016. a

PROIETTI, Riccardo et al. Heart rate variability discriminates competitive levels in professional soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 6, p. 1719-1725, 2017.

PUGA, Natália F. et al. Physical profile of a first division Portuguese professional soccer team. **Science and football II**, p. 40-42, 1993.

REILLY, Tom; BANGSBO, Jens; FRANKS, Adele. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. **Journal of sports sciences**, v. 18, n. 9, p. 669-683, 2000.

REIN, Robert; MEMMERT, Daniel. Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sports science. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2016.

ROBINSON, Brian F. et al. Control of heart rate by the autonomic nervous system: studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanisms and exercise. **Circulation Research**, v. 19, n. 2, p. 400-411, 1966..

ROCHCONGAR, Pierre; DASSONVILLE, J.; LESSARDY, Yvon. Consommation maximale d'oxygène, lactacidémie et football. **Medicine du Sport**, v. 55, n. 3, p. 5-8, 1981.

ROOZEN, M. Illinois agility test. **NSCA's Performance Training Journal**, v. 3, n. 5, p. 5-6, 2004.

SABOUL, Damien et al. A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. **European journal of sport science**, v. 16, n. 2, p. 172-181, 2016.

SCOTT, Brendan R. et al. Training monitoring for resistance exercise: theory and applications. **Sports medicine**, v. 46, p. 687-698, 2016.

SEALS, Douglas R.; CHASE, Peter B. Influence of physical training on heart rate variability and baroreflex circulatory control. **Journal of applied physiology**, v. 66, n. 4, p. 1886-1895, 1989.

SEELY, Andrew J. et al. Do heart and respiratory rate variability improve prediction of extubation outcomes in critically ill patients?. **Critical Care**, v. 18, n. 2, p. 1-12, 2014.

SIENKIEWICZ-DIANZENZA, Edyta; RUSIN, Marcin; STUPNICKI, Romuald. Resistência anaeróbica de jogadores de futebol. **Fitness & performance journal**, v. 8, n. 3, p. 199-203, 2009.

SIGNORELLI, Gabriel R. et al. A pre-season comparison of aerobic fitness and flexibility of younger and older professional soccer players. **International journal of sports medicine**, v. 33, n. 11, p. 867-872, 2012.

DA SILVA, Juliano F.; GUGLIELMO, Luiz GA; BISHOP, David. Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 8, p. 2115-2121, 2010.

SIRI, William. Body composition from fluid space and density. In. J. Brozek & A. Hanschel.(Eds). *Techniques for measuring body composition*. Washington D.C., National Academy of Science, 1961.

SPORIS, Goran et al. Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 7, p. 1947-1953, 2009.

SWAIN, David P.; FRANKLIN, Barry A. Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. **The American journal of cardiology**, v. 97, n. 1, p. 141-147, 2006.

TUBINO, Manoel José Gomes. *Estudos brasileiros sobre o esporte: ênfase no esporte-educação*. 2010.

UUSITALO, Arja L. T. et al. Non-invasive evaluation of sympathovagal balance in athletes by time and frequency domain analyses of heart rate and blood pressure variability. **Clinical physiology**, v. 16, n. 6, p. 575-588, 1996.

VESTERINEN, Ville et al. Individual endurance training prescription with heart rate variability. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 7, 2016.

VIGNE, Gregory et al. Activity profile in elite Italian soccer team. **International journal of**

**sports medicine**, v. 31, n. 05, p. 304-310, 2010.

VIRU, Atko et al. Critical periods in the development of performance capacity during childhood and adolescence. **European Journal of Physical Education**, v. 4, n. 1, p. 75-119, 1999.

WEBERRUSS, Heidi et al. Recovery of the cardiac autonomic nervous and vascular system after maximal cardiopulmonary exercise testing in recreational athletes. **European journal of applied physiology**, v. 118, p. 205-211, 2018.

WULSIN, Lawson R. et al. Autonomic imbalance as a predictor of metabolic risks, cardiovascular disease, diabetes, and mortality. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 100, n. 6, p. 2443-2448, 2015.

ZUNINO, Bruno Augusto E. et al. Fatores de risco cardiovascular e risco de morte súbita em praticantes de futebol recreativo. **Revista FisiSenect**