



UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



Avaliação e Controlo de Treino. Caracterização e quantificação da carga externa na modalidade de Futebol

Relatório de Estágio elaborado com vista à obtenção do Grau de Mestre em Treino
Desportivo

Orientador: Professor Doutor Francisco José Bessone Ferreira Alves

Júri:

Presidente

Doutora Joana Filipa de Jesus Reis

Vogais

Doutor Francisco José Bessone Ferreira Alves

Doutor João Miguel Beckert Rodrigues

Mestre Filipe Engin Neves Celikkaya

David Lobão Matos
2018

Agradecimentos

Com a realização deste trabalho, dei mais um passo do meu percurso académico. Pretendo, por isso, referir todos aqueles que me apoiaram e incentivaram na realização deste estudo. Quero dedicar-lhes e prestar-lhes os meus agradecimentos de coração, por tudo o que fizeram e representam para mim.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a estudar e me proporcionaram um conforto e confiança enorme para que nunca me sentisse “sem chão”, permitindo a minha evolução académica até aos dias de hoje.

À minha irmã pela força e carinho que me dá todos os dias;

À minha namorada Sara por me motivar e incentivar nos dias em que achava que não iria conseguir;

Aos meus companheiros de mestrado Alex Sampaio, Gonçalo Costa, Mariana Bola e Alex Machado, por todo o apoio, ajuda e companheirismo nesta nossa etapa difícil que partilhámos;

Ao meu coordenador da instituição, Dr. João Beckert, por toda a disponibilidade demonstrada, pela paciência, pela excelência da orientação prestada na realização deste projeto e pelo conhecimento com que me premiou.

Ao meu coordenador da FMH-UL, Prof. Dr. Francisco Alves, pela orientação, apoio e disponibilidade em todo o processo, que me permitiu alcançar a meta final.

Resumo

O presente relatório foi realizado com o intuito de adquirir o título de Mestre em Treino Desportivo da Faculdade de Motricidade Humana e representa o trabalho realizado e o conhecimento adquirido ao longo de um ano letivo de estágio, realizado nos Laboratórios de Fisiologia do Exercício do Centro de Alto Rendimento do Jamor.

Na primeira parte do relatório, foi efetuado o enquadramento teórico do dispositivo de GPS utilizado para a recolha de dados nas modalidades de Futebol e Triatlo, sistematizando também informações acerca das abordagens utilizadas (Potência Metabólica e Modelo Matemático de Beckert et al. (2016)), para a análise e quantificação da carga externa.

Na segunda parte, foram descritas todas as intervenções realizadas, não só ao nível da componente prática do estágio (através da participação nas tarefas diárias do laboratório) bem como da componente de investigação

No final, realizei uma reflexão acerca do percurso realizado ao longo de todo este presente ano letivo, salientando os objetivos concretizados, os não concretizados e as dificuldades sentidas.

Palavras Chave: GPS, potência metabólica, velocidade, futebol, aceleração, desaceleração, fadiga, modelo, metabolismo, gasto energético.

Abstract

This paperwork was made for the acquisition of the Master degree in Sportive Training by the Faculdade de Motricidade Humana and it represents all the work and knowledge acquired during the year of the internship, realized at the Laboratory of Physiology of Exercise, at the Center for High Performance Athletics in Jamor.

On the first part of this paperwork there is an introduction which has some theoretical background of the GPS device used on the data collection on Football and Triathlon modalities and summarizing other information about the approaches used (Metabolic Power and the Mathematic Model of Beckert et. al (2016), for the analysis and quantification of external load.

On the second part, were described all the interventions made, focusing not just the practical part of the internship (by the daily activities at the lab), but also the investigation part.

At the end, I made a reflection about the steps I took during this year, highlighting the main goals the I've reached, the ones that I haven't, and the difficulties felt along the way.

Key Words: GPS, Metabolic Power, Velocity, Football, Acceleration, Deceleration, Fatigue, Model, Metabolism, Energetic Cost

Índice

Agradecimentos	2
Resumo	3
Abstract	4
1. Introdução	10
1.1 Contextualização do estágio.....	10
1.2 Objetivos de Formação.....	10
1.3 Enquadramento Geral do Estudo.....	11
2. Revisão de Literatura	12
2.1 GPS (Global Positioning System)	12
2.2 Modelo Teórico – Custo Energético e Potência Metabólica	16
2.3 Caracterização da Modalidade - Futebol	18
2.3.1 Caracterização Fisiológica	18
2.3.1.1 Metabolismo Anaeróbio.....	19
2.3.1.2 Metabolismo Anaeróbio Alático	20
2.3.1.3 Consumo de Máximo de Oxigénio $\dot{V}O_2\text{max}$	21
2.4 Modelação Matemática – Resposta Fisiológica ao exercício	21
3. Metodologia	25
3.1 Componente Prática no Laboratório de Fisiologia	25
3.1.2 Recolha de Dados em Triatlo	26
3.2 Componente de Investigação	27
3.2.1 Caracterização da Amostra	27
3.2.2 Instrumentos	27
3.2.3 Desenho do estudo	28
3.2.4 Protocolos de Recolha de Dados	29
3.3 Análise Estatística	32
4. Resultados	33
4.1 Velocidades Médias e Distâncias Percorridas	33
4.2 Custo Energético e Potência Metabólica	34
4.3 Frequência de Ocorrências	35
5. Discussão	37

5.1	Frequência de Ocorrências	44
5.2	Séries Temporais	45
5.3	Modelo Matemático	46
5.4	Direções Futuras	51
5.5	Limitações	51
6.	Conclusão	52
7.	Reflexão Final	53
8.	Bibliografia	54
9.	Anexos	61
9.1	Anexo 1	62
9.2	Anexo 2	63
9.3	Anexo 3	64
9.4	Anexo 4	65
9.5	Anexo 5	66
9.6	Anexo 6	68

Abreviaturas

$\dot{V}O_2max$ – Consumo Máximo de Oxigénio

AFL - Australian Football League

ASR – Reserva de Velocidade Anaeróbia

ATP – Adenosina Trifostato

CAR JAMOR – Centro de Alto Rendimento do Jamor

CDNJ - Centro Desportivo Nacional do Jamor

CP – Creatina fosfato

Dper – Distância Percorrida

EC – Custo Energético

ED – Distância Equivalente

EM – Equivalent Mass

ES – Equivalent Slope

FC – Frequência Cardíaca

GPS – Sistema de Posicionamento Global

HSR – Distância percorrida a alta velocidade

IPDJ - Instituto Português do Desporto e Juventude

LSG – Jogos de Maior Dimensão

MSG – Jogos Média Dimensão

Pmet – Potência Metabólica

PSE – Perceção Subjetiva de Esforço

SSC - Ciclo de alongamento-encurtamento

SSG – Jogos Reduzidos

VAM – Velocidade Aeróbia Máxima

Vel – Velocidade

W – Watts

Índice de Figuras

Figura 1: O sujeito está a correr para a frente com uma aceleração af em terreno plano (figura esquerda) ou a correr numa subida com inclinação i a uma velocidade constante (figura direita). COM – representa o centro de massa do atleta; g – aceleração da gravidade; $g' = \sqrt{(af^2 + g^2)}$; T – terreno; H – horizontal; α – ângulo entre COM e o terreno; $90 - \alpha$ – ângulo entre o terreno e a horizontal (retirado de Di Prampero et al. (2015)) – **pág. 16**

Figura 2: Representação simplificada do modelo usando a interface gráfica do software de Sistemas Dinâmicos, pondo em evidência as variáveis externas, as variáveis medidas em laboratório e os grupos de relações fenomenológicas. – **pág. 22**

Figura 3: Potência Metabólica (E, linhas vermelhas) e consumo estimado de O_2 ($\dot{V}O_2$, linhas azuis) ($W \cdot kg^{-1}$) em função do tempo (s) durante os primeiros minutos de um jogo de futebol de um jogador, cujo $\dot{V}O_{2max}$ ($18 W \cdot kg^{-1} \approx 52 ml O_2 kg^{-1} \cdot min^{-1}$) é indicado pela linha tracejada (retirado do estudo de di Prampero et al. (2015)) – **pág. 25**

Figura 4: Calendário com as sessões de treinos (cruz verde) e os jogos oficiais (cruz vermelha), onde foram realizadas recolhas de dados de GPS. – **pág. 28/29**

Figura 5: Percurso realizado pela atleta para recolha de dados no terreno. Os pontos A, B, C, E, e D correspondem às marcas colocadas no terreno. – **pág. 32**

Figura 6: Gráfico das % Médias da Frequência de Ocorrências de Potência Metabólica nos jogos (“11” e “9”). – **pág. 35**

Figura 7: Gráfico das % Médias da Frequência de Ocorrências de Velocidade (km/h) nos jogos (“11” e “9”). – **pág. 36**

Figura 8: Gráfico das % Médias da Frequência de Ocorrências de Potência Metabólica nos jogos treinos. – **pág. 36**

Figura 9: Relações de isotências calculadas em função da velocidade (eixo y) e da aceleração (eixo x). Uma velocidade de 9 km/h (linha tracejada horizontal) produz diferentes potências dependendo da aceleração. Por exemplo, a uma velocidade constante (9 km/h), a potência metabólica seria de aproximadamente 13 W/kg, enquanto que à mesma velocidade, mas com uma aceleração de 1 ou 2,4 m/s^2 , a potência metabólica aumentaria para 20 ou para 35 W/kg. – **pág. 43**

Figura 10: Consumo de O_2 (ml/Kg/min) ao longo de uma primeira parte de um jogo de futebol (a preto). A linha verde VT1 corresponde ao 1º limiar ventilatório e a linha vermelha VT2 corresponde ao 2º limiar ventilatório. A azul estão representados os valores de $\dot{V}O_2$ medidos durante a prova laboratorial em tapete rolante. A cinza, estão representados os valores de $\dot{V}O_2$ simulados pelo modelo matemático. – **pág. 47**

Figura 11: Taxa de refosforilização de ATP-PCr (mmol/Kg/s) através da via oxidativa, durante a primeira parte de um jogo de futebol. Linha azul referente à simulação realizada com o $\dot{V}O_{2max}$ real da atleta e a linha vermelha, referente à simulação realizada com menos 30% do valor de $\dot{V}O_{2max}$ real. – **pág. 49**

Figura 12: Taxa de refosforilação de ATP-PCr (mmol/Kg/s) através da via anaeróbia láctica, durante a primeira parte de um jogo de futebol. Linha azul referente à simulação realizada com o $\dot{V}O_2max$ real da atleta e a linha vermelha, referente à simulação realizada com menos 30% do valor de $\dot{V}O_2max$ real. – **pág. 49**

Figura 13: Comportamento da concentração de ATP-PCr (mmol/Kg) durante a primeira parte de um jogo de futebol. Linha azul referente à simulação realizada com o $\dot{V}O_2max$ real da atleta e, a linha vermelha, referente à simulação realizada com menos 30% do valor de $\dot{V}O_2max$ real. – **pág. 50**

Índice de Tabelas

Tabela 1: Zonas de intensidade de impactos/colisões, propostas por Cummins et al. (2013). – **pág. 15**

Tabela 2: Média, desvio-padrão e amplitude de variações das concentrações de lactato (mmol/l) no sangue durante e após o jogo. – **pág. 19**

Tabela 3: Lista dos equipamentos usados com a indicação dos principais parâmetros fisiológicos associados a esses equipamentos, modelo e fabricante. – **pág. 31**

Tabela 4: Tabela de Percentagens das Distâncias Totais Médias percorridas, nos Treinos, em cada categoria de velocidades: 2 km/h – 6 km/h; 6 km/h – 12 km/h; 12 km/h – 18 km/h; 18 km/h. – 24 km/h. – **pág. 34**

Tabela 5: Tabela de Percentagens das Distâncias Totais Médias percorridas, nos Treinos, em cada categoria de velocidades: 2 km/h – 6 km/h; 6 km/h – 12 km/h; 12 km/h – 18 km/h; 18 km/h. – 24 km/h. – **pág. 34**

Tabela 6: Em anexo – **pág. 62**

Tabela 7: Em anexo – **pág. 63**

Tabela 8: Em anexo – **pág. 64**

Tabela 9: Em anexo – **pág. 65**

Índice de Equações

Equação 1 – **pág. 16**

Equação 2 – **pág. 16**

Equação 3 – **pág. 16**

Equação 4 – **pág. 16**

Equação 5 – **pág. 16**

1. Introdução

1.1 Contextualização do estágio

O estágio no laboratório de Fisiologia do Centro de Alto Rendimento do Jamor foi realizado durante o ano letivo 2017/2018 no âmbito do segundo ano do Mestrado em Treino Desportivo da Faculdade de Motricidade Humana.

O Centro de Alto Rendimento do Jamor (CAR Jamor) é uma unidade orgânica integrada no Instituto Português do Desporto e Juventude, I.P., (IPDJ) com instalações localizadas no Centro Desportivo Nacional do Jamor (CDNJ) e que está ao serviço das necessidades dos praticantes que se encontram nos níveis mais elevados do rendimento desportivo, proporcionando-lhes condições de treino que lhes permitam dar resposta ao rigor e à exigência da preparação requerida para a obtenção de resultados de excelência.

O CAR Jamor coloca ao dispor dos atletas um conjunto de serviços e valências, designadamente:

1.1. Alojamento – na Residência do CAR Jamor. Esta é a infraestrutura de alojamento dos praticantes em regime interno, possibilitando a integração de um número máximo de 72 residentes;

1.2. Restauração – no refeitório localizado no Centro de Estágio da Cruz Quebrada (CECQ);

1.3. Área Social e de Lazer – em edifício próprio junto à Residência CAR Jamor, compreendendo: Biblioteca e Sala de Estudo, Sala de Convívio (com jogos diversos), Sala de Estar e TV, Sala de Informática, Sala Multimédia, Lavandaria e Kitchenette;

1.4. Acompanhamento dos atletas por tutores, nos termos acordados entre o IPDJ e as respetivas Federações;

1.5. Apoio pedagógico aos atletas residentes, do Ensino Básico e Secundário, através de plataforma educativa baseada na internet;

1.6. Apoio socioeducativo por uma Assistente Social;

1.7. Meios audiovisuais e acesso à Internet;

1.8. Apoio na Avaliação e Controlo do Treino – no complexo de piscinas do Jamor;

O estágio constituiu uma oportunidade para aprendizagem na área prática na Fisiologia do Exercício e uma oportunidade para aprofundar conhecimentos, com a contribuição do corpo técnico desta instituição. O projeto que me foi atribuído, com atividade de seguimento no laboratório e monitorização do treino no terreno, permitiu uma boa conciliação com a manutenção da minha restante atividade profissional.

Por determinação do orientado na instituição de acolhimento (Professor Doutor João Beckert, responsável clínico e coordenador da Unidade de Medicina Desportiva e Controlo de Treino do CAR Jamor), foi definido inicialmente que iria participar ativamente em tarefas diárias do laboratório, bem como nas avaliações estipuladas no calendário do mesmo. Em paralelo, foi-me proposto abraçar um projeto, que se iniciou logo no começo do meu estágio, que consistia na recolha de dados de GPS com um dispositivo fornecido (GPS AxSys Performance) ao CAR Jamor pela BoxPT Equipment e explorar em que medida, as informações fornecidas, nos permitiam perceber novas abordagens relativamente à metodologia e prescrição do treino.

1.2 Objetivos de Formação

Adquirir, melhorar e desenvolver competências no planeamento e avaliação do treino em atletas de Alto Rendimento, evidenciando uma conduta ética responsável, torna-

se um objetivo fundamental a alcançar. A avaliação ergométrica com recolha de gases respiratórios e lactatos e a interpretação dos dados constituem outro objetivo particular.

No final deste estágio pretende-se identificar quais os dados relevantes para o treinador utilizar no seu planeamento de treino e, no fundo, contribuir para a especialização de treinadores desportivos, possibilitando-lhes o domínio de instrumentos de avaliação e controlo do treino específicos das diferentes modalidades desportivas.

1.3 Enquadramento Geral do Estudo

Atletas e treinadores, estão a adotar uma abordagem cada vez mais científica para o planeamento e monitorização do treino. Esta monitorização, executada de forma adequada, pode auxiliar a compreensão dos efeitos da carga de treino nos atletas, minimizando os riscos para o desenvolvimento de lesões e/ou estados de fadiga.

À medida que os atletas se esforçam para melhorar seu desempenho, são necessárias modificações na carga de treino, particularmente variações de frequência, duração e intensidade. As cargas de treino são ajustadas em vários momentos durante o ciclo de treino com o objetivo de provocar alterações da resposta fisiológica e adaptações na estrutura ou função do organismo, que não se podem dissociar do aumento ou diminuição do estado de fadiga, dependendo da carga imposta, do indivíduo e da fase da época em que estese encontra.

A fadiga é um fenómeno complexo que possui uma variedade de mecanismos.

Existem várias definições diferentes de fadiga, muitas vezes dependentes das condições em que elas ocorrem. De facto, a fadiga pode ser influenciada pelo tipo de estímulo (voluntário ou elétrico), tipo de contração (isométrica, isotónica e intermitente ou contínua), duração, frequência e intensidade do exercício e tipo de músculo (Sahlin, 1992). Além disso, o estado fisiológico e de treino do atleta e as condições ambientais também influenciam significativamente a fadiga. As ressalvas mencionadas acima destacam a natureza multifatorial da fadiga e a dificuldade para monitorizar a fadiga no atleta.

Para além das razões mencionadas em cima, pelas quais a monitorização da carga de treino se tem tornado uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento do estado de forma dos atletas, há também uma série de benefícios relacionados com a construção da comunicação e relacionamento entre atletas e treinadores. Quando os atletas estão envolvidos na monitorização do treino, aumenta o sentimento de envolvimento no projeto, com melhoria da percepção dos sinais do seu organismo na resposta ao treino.

No entanto, nem todos os treinadores e equipas têm acesso a este padrão de monitorização da carga, muitas das vezes devido a recursos insuficientes, em termos de tempo, recursos financeiros ou recursos humanos necessários para recolher, processar e analisar os dados. Também a falta de conhecimento ou experiência com técnicas de monitorização pode resultar na incapacidade de implementar um sistema prático e sustentável e/ou na incapacidade de interpretar os dados recolhidos.

Nas modalidades coletivas, tal como no futebol, torna-se difícil a quantificação da carga de treino externa e interna, pelo que as abordagens tradicionais concentram-se principalmente nos dados relativos à duração e frequência dos estímulos de treino (Brink et al., 2010)

Recentemente, a evolução dos sistemas de GPS permitiu aos treinadores obterem dados válidos e confiáveis de velocidades e distâncias percorridas. Rapidamente surgiu literatura de estudos onde a avaliação das cargas externas de treino, utilizando a tecnologia GPS, se centra em medir as distâncias percorridas pelos atletas, bem como o tempo gasto em velocidades específicas, com um foco no volume de treino realizado a altas velocidades, dada a sua importância para a performance do indivíduo (Aughey, 2011). No entanto, esta representação da carga externa, não representa o gasto real de energia que está associado às acelerações e desacelerações, que também podem ser monitorizadas através do GPS.

Di Prampero et al. (2005), propuseram uma abordagem para a quantificação da carga externa de treino incluindo a estimativa do custo energético (Cr) das acelerações e desacelerações dos atletas e fornecer a avaliação do custo global de energia da atividade em causa, com base em valores de Potência Metabólica (Pmet).

Estes valores de potência, foram aplicados num modelo matemático baseado em sistemas dinâmicos elaborado por Beckert et. al (2016), para estimar a contribuição aeróbia, anaeróbia alática e láctica no processo de refosforilização e estimar as alterações de conteúdo de oxigénio no tecido muscular em exercício. As simulações com o modelo matemático podem contribuir para uma diferente abordagem relativamente à quantificação das cargas de treino na modalidade de futebol. Complementarmente, os valores de potência debitada servem de base para comparar de cargas entre o treino e a competição.

2. Revisão de Literatura

Monitorizar o processo de treino é essencial para estudar a carga de treino. Ao calcular a carga de treino, procuramos encontrar uma relação entre as cargas de treino prescritas e a resposta dos jogadores ao estímulo(dose-resposta) que nos permita saber como um jogador responderá a determinado estímulo futuro, ajudando-nos também a conduzir o estado de aptidão ótimo do atleta, evitando lesões e estados de fadiga excessivos.

As medidas da carga de treino, podem ser categorizadas como internas ou externas (Impellizzeri et al., 2005). As cargas internas de treino são definidas como um stress biológico (tanto fisiológico como psicológico) imposto ao atleta durante um treino/competição. Medidas como frequência cardíaca, lactato sanguíneo, o consumo de oxigénio e a classificação da perceção subjetiva de esforço (PSE) são usualmente usadas para avaliar a carga interna. Por outro lado, as cargas de treino externas são medidas objetivas do trabalho realizado pelo atleta durante o treino/competição e são avaliadas de forma independente da carga de treino interna. Medidas comuns de carga externa incluem a potência, a velocidade, a aceleração, análise tempo-movimento, parâmetros do sistema de posicionamento global (GPS) e parâmetros de acelerometria. (Wallace LK, Slattery KM, Coutts AJ, 2014).

2.1 GPS (Global Positioning System)

O sistema de posicionamento global (GPS) é uma tecnologia de navegação de satélite originalmente criada para fins militares. Uma série de estudos sobre as técnicas e informações obtidas com GPS (Larsson, 2003; Gray et al., 2010) já foram publicados, demonstrando que esta tecnologia permite a monitorização do movimento tridimensional de um indivíduo ou grupo, com um rastreamento contínuo ao longo do tempo no ar, água, ou ambientes terrestres.

O desenvolvimento recente de unidades de GPS portáteis permitiram uma aplicação mais ampla desta tecnologia, nomeadamente no desporto, fornecendo assim um meio adicional para descrever e entender o contexto espacial da atividade física. O primeiro GPS utilizado para o rastreamento de atletas aconteceu em 1997 (Schutz & Chambaz, 1997) e partir daí, a tecnologia GPS tem sido cada vez mais utilizada em desportos de equipa para fornecer aos cientistas do desporto e treinadores uma análise em tempo real do desempenho do jogador no campo durante o treino/competição.

A tecnologia GPS tem sido já amplamente utilizada no rugby, no futebol australiano (AFL), cricket, hóquei e futebol. A literatura atual fornece uma variedade de informações sobre o perfil de atividade dos atletas, pois ao medir os movimentos dos jogadores, o GPS pode ser usado para quantificar objetivamente níveis de esforço e stress físico em atletas individuais, permite avaliar o desempenho em competição, avaliar as diferentes cargas de

trabalho por posição, estabelecer intensidades de treino e monitorizar mudanças nos gastos fisiológicos dos atletas (McLellan, Lovell & Cass, 2011). Os padrões de movimento dos jogadores e os seus perfis de atividade (cargas externas) podem ser usados, para além de informações táticas e respostas fisiológicas (internas carga), para caracterizar a competição (McLellan CP et al., 2011).

A partir da sua introdução, o GPS foi usado para medir componentes fundamentais da deslocação do jogador como a velocidade e distância percorrida, bem como o número de acelerações e desacelerações. A integração de um acelerómetro tri-axial nestes dispositivos, permite a recolha de informações para estimar taxas de trabalho. O acelerómetro tri-axial mede a magnitude da aceleração em três eixos (X, Y e Z), expresso como força G (Waldron MT et al., 2011). Além disso, o número e a intensidade de contatos físicos e colisões entre atletas e objetos ou superfícies podem ser quantificados através da “Body Load” e medidas de impacto. A “Body Load” é a soma de todas as forças impostas a um atleta, incluindo a aceleração / desaceleração, mudanças de direção e impactos, provenientes tanto da colisão entre jogadores como das quedas no chão (GPSports Systems, 2006). Diversos autores abordam a validade do GPS para a análise do movimento em desportos coletivos (Aughey, 2011; Varley & Aughey, 2012; Jennings et al., 2010; Johnston et al., 2012; Portas et al., 2009; Portas et al., 2010). O método “gold standard” usado para avaliar a precisão da distância fornecida pelo GPS é medir um determinado percurso com uma fita métrica e, para a velocidade, é o uso de portas de temporização (células fotoelétricas) num determinado percurso (Varley M. & Aughey R., 2012).

Os dispositivos de GPS são atualmente fabricados com amostragem de 1, 5 e 10 Hz (a frequência com que a unidade recolhe os dados). A literatura sugere que o GPS com uma frequência maior, apresenta uma maior validade para a medida da distância. Quando comparando a precisão da aquisição da distância entre um dispositivo de 1 Hz e um de 5 Hz, o erro padrão, num sprint de 10 m iniciado de uma posição estacionária, foi de 32,4% e 30,9%, respetivamente (Jennings et al., 2010). Por contraste, um GPS de 10 Hz apresentou um erro padrão de 10,9% ao longo de um sprint de 15 m (Varley & Aughey, 2012).

As unidades mais recentes de 10 Hz são capazes de medir as mais pequenas acelerações e desacelerações, ao passo que as unidades de 5 Hz são incapazes de fazê-lo (Varley & Aughey, 2012). Assim, os maiores erros associados à medição da distância com unidades de 1 Hz e 5 Hz em relação aos dispositivos GPS de 10 Hz, indicam que a amostragem pode ser um fator limitativo para a precisão das medidas de distância e velocidade.

A velocidade de um movimento afeta a validade da distância medida pelo GPS. Um estudo recente (Portas et al., 2009), mostrou que o erro associado à medida da distância do GPS é menor durante uma caminhada (1,8 m/s com erro padrão de 0,7%) e maior durante uma corrida (6 m/s com erro padrão de 5,6%). Assim, é necessária cautela quando analisamos padrões de taxas de trabalho acima dos 20 km/h, pois estes resultados indicam que a velocidade tem impacto sobre a eficácia das medidas de GPS, com este dispositivo a ser reportado como um método válido para medições de distâncias percorridas a baixas e moderadas velocidades, mas não a altas velocidades.

Em geral, os estudos concluem que os dispositivos de GPS têm um nível aceitável de validade e confiabilidade para avaliação de movimento em velocidades mais baixas. A diminuição da confiabilidade das unidades de GPS para a medição de padrões de movimentos em exercícios de alta velocidade, corrida em linha reta e esforços que exijam mudanças de direção, pode limitar tanto a precisão como a confiabilidade para avaliar esses parâmetros em desportos coletivos. No entanto, unidades de GPS com maior frequência de amostragem revelam uma maior validade (Coutts & Duffield, 2010; Castellano et al., 2011) e podem ser utilizadas na monitorização da atividade física em

situações como desportos de equipa, com as devidas cautelas já anteriormente mencionadas.

O uso de GPS para quantificar os impactos nos desportos de colisão, é um tema ainda relativamente recente e, portanto, são necessárias pesquisas mais aprofundadas acerca da validade e confiabilidade para este parâmetro, para além dos poucos estudos existentes (GPSports Systems, 2006; McLellan, Lovell, & Gass, 2011).

Na maioria das circunstâncias, os treinadores monitorizam os treinos com base nos seguintes parâmetros (mais comuns), com os quais podem para a elaborar relatórios diários/semanais:

- Distância total percorrida

A distância total é um dos primeiros e mais comuns parâmetros a ser medido, entendida como uma medida "extensiva", mede o "volume" de trabalho realizado pelo atleta. Este é um parâmetro que exige algum cuidado ao ser analisado pois, por exemplo, uma mesma distância percorrida a uma diferente velocidade, corresponderá a um diferente stress gerado. Assim, a distância total percorrida parece não ser um indicador perfeito da performance durante uma partida de futebol (Bangsbo, 1994).

- Distância relativa

Enquanto que a distância total nos fornece uma imagem do volume de trabalho do atleta, a distância relativa corresponde à distância percorrida por um atleta em cada minuto e é, portanto, uma grandeza de natureza "intensiva". Este parâmetro condensa a informação de todo o período de registo num só valor e pode não ser adequado para algumas situações, sobretudo quando usado como média e não como sucessivos valores de uma série temporal. Assim, por exemplo, se durante um jogo de futebol típico de 90 minutos, o jogador 1 gastar 45 minutos a 12 km/h e outros 45 minutos a 2 km/h, hipoteticamente isso equivaleria a uma distância total de 10,5 km e, portanto, uma distância relativa de 116 m/min. Por outro lado, o Jogador 2 pode gastar 45 minutos a 10 km/h e os outros 45 minutos a 4 km/h. Isso significaria que o Jogador 2 teria percorrido também uma distância total de 10,5 km, com uma distância relativa de 116 m/min.

Embora as distâncias totais e relativas sejam iguais, os dois atletas alcançaram essas distâncias de uma maneira completamente diferente, destacando um problema inerente com este parâmetro.

- Distância percorrida em altas velocidade/sprints

A utilização da Distância Percorrida a Altas Velocidades torna-se um parâmetro importante a avaliar, uma vez que, segundo alguns estudos, é uma medida relevante para avaliar a performance no futebol (Bangsbo et al. 1991; Bangsbo, 1994). Este parâmetro inclui uma componente intensiva ao seleccionar o intervalo mais elevado da escala de velocidades e inclui igualmente uma componente extensiva ao contemplar o somatório de todas as distâncias registadas a essa intensidade.

- Número de acelerações e desacelerações

Como a capacidade de um atleta para acelerar e desacelerar é considerada uma componente crítica para seu sucesso, as acelerações e desacelerações são usadas como parâmetro relacionado com a apreciação da "intensidade" (Cummins et al., 2013)

A capacidade de performance dos atletas será afetada como resultado da do gasto energético extremamente alto causado pelas acelerações (Osngnach C et al., 2010),

combinado com os efeitos disruptivos das desacelerações sobre os tecidos musculares (Hewit J et al., 2011).

- Impactos e colisões

As colisões de alta intensidade e/ou traumas apresentam uma importância extrema em desportos de contacto físico com o adversário, tendo sido já encontradas relações entre os danos do musculo esquelético e o número e intensidade dos impactos (McLellan CP, Lovell, DI & Gass GC, 2011). A intensidade dessas colisões é medida em forças G e o acelerómetro integrado no GPS permite a medição da velocidade de aceleração e desaceleração em cada plano, dividindo o valor por $9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ para determinar a força G (soma da força G medida em cada eixo direcional) (McLellan, CP et al., 2011). A tabela em baixo apresenta a proposta de Cummins et al. (2013) para as diferentes zonas de intensidade de impactos/colisões:

Zone	Description	G-Forces
Zone 1	Light	5 – 6
Zone 2	Moderate	6 – 6,5
Zone 3	Moderate-Heavy	6,5 – 7
Zone 4	Heavy	7 – 8
Zone 5	Very Heavy	8 – 10
Zone 6	Severe	>10

Tabela 1. Zonas de intensidade de impactos/colisões, propostas por Cummins et al. (2013).

- Potência Metabólica

A Potência Metabólica não é um dado primário do registo do equipamento GPS.

A potência metabólica é calculada com base nos dados de velocidade e aceleração e permite "estimar" o gasto de energia de um atleta associado às condições de velocidade e aceleração em cada instante, no treino ou na competição. A potência metabólica exprime a quantidade de ATP, por unidade de tempo, necessária para realizar a tarefa específica (di Prampero et al., 2005). Os parâmetros da distância total percorrida, distância relativa, distância percorrida em altas velocidades/sprints, o número de acelerações e desacelerações e os impactos/colisões, atrás citados, não têm em conta o gasto energético associado às acelerações e desacelerações, que podem ser também medidas através do dispositivo, o que leva a que as abordagens tradicionais subestimem o custo total de energia associado à atividade relacionada com o futebol.

O autor di Prampero, desenvolveu um método indireto para o cálculo da potência metabólica através de velocidade da corrida e dos valores de aceleração (di Prampero, Botter & Osgnach, 2015). Este método estima o custo de energia da corrida baseado num modelo simplificado em que se considera o gasto energético do atleta em aceleração equivalente à soma do gasto energético da corrida em terreno plano a uma velocidade constante e o gasto energético da corrida em terreno com inclinação proporcional à aceleração.

Embora este método de estimativa do gasto de energia através da velocidade de corrida e a da aceleração possa ser válido durante a corrida em linha reta (di Prampero et

al., 2015), há uma série de preocupações quanto à sua validade para tarefas específicas de algumas modalidades como por exemplo:

- É assumido que a economia de corrida de cada atleta é a mesma;
- Assume-se que os movimentos de desaceleração têm custos de energia semelhantes aos de aceleração (quando a inclinação do corpo é equivalente);
- Assume-se também que o gasto energético de uma aceleração lateral é equivalente ao gasto de energia da corrida linear.

Utilizando esta abordagem, Osgnach et al. (2010) relatou que o custo de energia associado à atividade de alta intensidade durante uma partida de futebol foi de 2-3 vezes maior que as estimativas com base exclusivamente na velocidade de corrida.

Apesar dessas observações, nenhum estudo até agora comparou os custos de energia do treino em futebol utilizando diferentes abordagens, com o objetivo de determinar em que medida as abordagens podem subestimar o verdadeiro custo energético.

2.2 Modelo Teórico - Custo Energético e Potência Metabólica

Medições da potência metabólica durante a corrida acelerada/desacelerada, são bastante problemáticas devido à curta duração e alta intensidade de algumas das ações, intercaladas com períodos deslocamentos lentos, de modo não previsível. Deste modo, para além do carácter estocástico da atividade, esta implica a participação das diferentes contribuições energéticas em condições que limitam a obtenção do estado estacionário e, por outro, implicam uma necessidade de energia metabólica que pode superar o $\dot{V}O_2$ do sujeito.

Uma abordagem alternativa é calcular a energia metabólica a partir do produto do Custo Energético da corrida (estimado) e da velocidade (medida). O custo energético da corrida é estimado considerando a aceleração / desaceleração da corrida em terreno plano como biomecanicamente equivalente a correr em subida / descida a uma velocidade constante. A teoria subjacente a esta situação acima descrita, é resumida graficamente na Fig. X1, a partir dos estudos de di Prampero et al. (2005) e Osgnach et al. (2010), estudos recentemente revistos por di Prampero et al. (2015) e está brevemente representada em baixo:

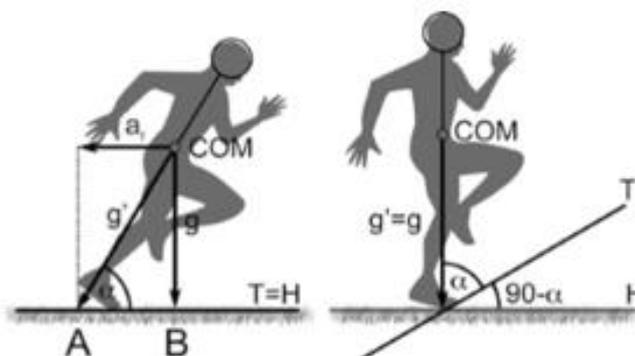


Fig. 1 - O sujeito está a correr para a frente com uma aceleração af em terreno plano (figura esquerda) ou a correr numa subida com inclinação i a uma velocidade constante (figura direita). COM – representa o centro de massa do atleta; g – aceleração da gravidade; $g' = \sqrt{(af^2 + g^2)}$; T – terreno; H – horizontal; α – ângulo entre COM e o terreno; $90 - \alpha$ – ângulo entre o terreno e a horizontal (retirado de Di Prampero et al. (2015)).

A Figura 1 ilustra como a corrida em aceleração em terreno plano e a corrida em subida a uma velocidade constante podem ser consideradas biomecanicamente equivalentes, desde que o ângulo (α) entre o eixo médio do corpo e o terreno seja igual em

ambas as condições. O declive do terreno, dado pelo ângulo entre o terreno e a horizontal, é igual a $(90-\alpha)$ que, como mostrado na Fig. X1, aumenta com a aceleração para a frente (af). Além disso, a inclinação do terreno é geralmente expressa como a tangente do ângulo $90-\alpha$. Como tal, pode ser facilmente obtido a partir da relação entre a aceleração à frente (af) e a aceleração da gravidade (g):

$$a_f/g = \tan(90 - \alpha) = ES \quad (1)$$

Conforme calculado, ES é a tangente do ângulo que torna a corrida em aceleração em terreno plano biomecanicamente equivalente a correr a uma velocidade constante, com uma inclinação correspondente, daí a designação de “Equivalent Slope” (ES). Acorrida acelerada em terreno plano, além de ser biomecanicamente equivalente à corrida constante em terreno inclinado, é caracterizada por outra diferença em comparação com esta última. De facto, a força que o corredor deve desenvolver (força média ao longo de uma passada completa) e que é dada pelo produto da massa corporal e a aceleração, é maior no primeiro caso ($F_{\text{corrida acelerada}} = M \times g'$) em comparação com o segundo caso ($F_{\text{corrida constante}} = M \times g$), porque $g' > g$ (Fig.2, lado esquerdo). Assim, a corrida acelerada é equivalente à corrida em subida, no entanto, a massa corporal é aumentada em proporção direta à razão $F_{\text{acc}} / F_{\text{const}}$. Como $g' = \sqrt{a_f^2 + g^2}$, esta razão, que aqui será definida como “massa corporal equivalente” (EM), é descrita por:

$$EM = \sqrt{a_f^2 / g^2 + 1} \quad (2)$$

Assim, aplicando as equações acima descritas, é possível calcular os valores de ES e EM referentes à corrida em aceleração ou desaceleração. Minetti et al. (2002), descreveram em função da inclinação, uma equação que permite o cálculo do custo energético (Cr , $J \text{ kg}^{-1} \text{ m}^{-1}$) da corrida de velocidade constante em subida / descida:

$$Cr = 155,4 \times i^5 - 30,4 \times i^4 - 43,3 \times i^3 + 46,3 \times i^2 + 19,5 \times i + C0 \quad (3)$$

Substituindo na equação a inclinação (i) pelo ES e assumindo que $C0$ representa o valor de custo energético ($3,6 J \text{ kg}^{-1} \text{ m}^{-1}$) de correr a uma velocidade constante em terreno plano (isto só é estritamente verdadeiro em corrida em passadeira, uma vez que nessa situação a resistência do ar é nula) e multiplicando pelo EM, o custo energético da corrida acelerada / desacelerada pode ser facilmente calculada através da seguinte fórmula:

$$Cr = (155,4 \times ES^5 - 30,4 \times ES^4 - 43,3 \times ES^3 + 46,3 \times ES^2 + 19,5 \times ES + 3,6) \times EM \quad (4)$$

Através do valor de Custo Energético e conhecendo os valores instantâneos de velocidade (m/s) do indivíduo, calculamos posteriormente o valor de Potência Metabólica (P_{met}) ($W \text{ Kg}^{-1}$) associado:

$$P_{\text{met}} = v \times Cr \quad (5)$$

Os valores de P_{met} obtidos foram multiplicados por uma constante ($KT = 1,29$), uma vez que correr em terreno de jogo de futebol é 30% mais dispendioso a nível energético do que correr num terreno compacto e homogéneo como o caso da passadeira (Pinnington HC & Dawson B., 2001).

2.3 Caracterização da modalidade – Futebol

A atividade física no futebol é intermitente, com mudanças regulares de intensidade. Durante um jogo de futebol, a atividade física de um jogador varia de uma sequência de sprints a uma recuperação com o jogador muitas das vezes a caminhar ou mesmo parado (Sequeira, 2002; Balikian et al., 2002).

Estes momentos de repouso são muito imprevisíveis, uma vez que são resultantes de uma combinação de fatores que estão diretamente relacionados com a dinâmica de jogo, as velocidades de execução, o próprio terreno de jogo e com as “obrigatoriedades” táticas que cada jogador tem durante uma partida.

Esta “obrigatoriedade” tática em cima mencionada, em conjunto também com os restantes fatores, reflete-se no nível e tipo de preparação física que é necessária para o jogo, ou seja, as exigências físicas, segundo Barbanti (2004), levam a que posições e tarefas específicas possam exigir atributos fisiológicos e metodologias de treino diferenciadas. A prova disso são os perfis antropométricos e fisiológicos dos jogadores de diferentes posições, mas pelas características desta modalidade, a caracterização fisiológica do futebol permanece um desafio.

O futebol ainda é considerado por alguns, um desporto no qual a sorte tem um papel fundamental para o sucesso, onde o aproveitamento das oportunidades que surgem é determinante para o resultado dos jogos. No entanto, tal como constata Cunha et al. (2001), esta subjetividade inerente à vivência e análise do futebol tem sido gradualmente modificada por interpretações fundamentadas cientificamente.

2.3.1 Caracterização Fisiológica

Para Shephard (1982), as vias energéticas predominantemente utilizadas durante um jogo de futebol são semelhantes às mais utilizadas noutros desportos tipicamente intermitentes. É uma modalidade caracterizada por fases de repouso que alternam com fases de esforço a alta intensidade, não permitindo uma recuperação completa por parte dos atletas.

No decorrer de um jogo de futebol, o $\dot{V}O_2$ médio solicitado por um jogador representa 75% do $\dot{V}O_{2max}$ (Ekblom, 1986; Bangsbo, 1993).

Bangsbo (1994) considera que o contributo do metabolismo aeróbio representa aproximadamente 90% do consumo energético total. No entanto, o consumo energético depende de diferentes fatores: tipo de competição, especificidade posicional do jogador no terreno de jogo, ações técnico-táticas desempenhadas pelo atleta, acelerações e paragens bruscas, mudanças de direção, saltos, cargas (Ekblom, 1986; Shephard, 1992; Reilly, 1994).

Por sua vez o metabolismo anaeróbio tem um papel determinante no rendimento dos atletas porque é uma modalidade que exige uma série de ações de curta duração a alta intensidade.

Bangsbo (1993) refere que a degradação dos fosfatos de creatina (CP) e das reservas musculares de adenosina trifosfato (ATP) fornecem uma quantidade de energia importante durante os períodos curtos e intensos do jogo, com os intervalos de repouso durante o jogo a permitirem ressintese da CP de forma rápida no organismo durante situações de pausa ou de baixa intensidade. Assim, a CP tem um papel muito importante, na medida em que contribui para uma constante renovação do ATP durante o exercício de elevada intensidade (Bangsbo, 1993; Rebelo, 1999).

2.3.1.1 - Metabolismo Anaeróbio

Estima-se que a contribuição da glicose anaeróbia seja inferior a 10% do consumo energético total do requerido (Bangsbo, 1993), o que não retira a importância da participação do metabolismo anaeróbio nesta modalidade desportiva, uma vez que ele é fundamental para a produção de energia durante os períodos mais intensos do jogo (corrida de alta velocidade, sprints, saltos, remates). A participação deste metabolismo permite-nos analisar a intensidade do esforço realizado (Ekblom, 1986; Bangsbo et al., 1991), podendo ser estimada a partir da análise das concentrações de lactato no sangue (Bangsbo, 1993).

A partir do momento em que as reservas de ATP e CP são insuficientes para responder às atividades de elevada intensidade, a energia adicional necessária é assegurada pela glicose anaeróbia, com a consequente formação de lactato (Bangsbo, 1993). Nos estudos onde foi determinada a concentração de lactato sanguíneo durante uma partida, as amostras foram recolhidas quase sempre no intervalo e fim do jogo, tal como pode ser verificado na tabela seguinte:

Autor	Jogadores	Primeira Parte		Segunda Parte	
		Durante	Final	Durante	Final
Ekblom (1986)	Suécia				
	(1ªdivisão)		9,5 (6,9-14,3)		7,2 (4,5-10,8)
	(2ªdivisão)		8,0 (5,1-11,5)		6,6 (3,1-11,0)
	(3ªdivisão)		5,5 (3,0-12,6)		4,2 (3,2-8,0)
	(4ªdivisão)		4,0 (1,9-6,3)		3,9 (1,0-8,5)
Gerish et al. (19889)	Alemanha (liga amadora)		5,6 ± 2,0		4,7 ± 2,2
Rhode & Espersen (1988)	Dinamarca (1ª e 2ª divisão)		5,1 ± 1,6		3,9 ± 1,6
Bangsbo et al. (1991)	Dinamarca (1ª e 2ª divisão)	4,9 (2,1-10,3)		3,7 (1,8-5,2)	4,4 (2,1-6,9)
Smith et al. (1993)	Inglaterra (liga universitária)		5,2 (1,8-11,6) *		
Marechal (1996)	Bélgica (profissional)		4		3
Rebelo (1999)	Portugal (1ªdivisão)		4,2 (2,0-7,3) *		4,2 ± 2,6
Silva (2005)	Portugal (júnior)		4,6 ± 2,1		
Leal (2005)	Portugal (júnior)		4,57 ± 2,11		4,24 ± 2,58

*valores referentes a amostras recolhidas durante o jogo (1ª e 2ª partes)

Tabela 2. Média, desvio-padrão e amplitude de variações das concentrações de lactato (mmol/l) no sangue durante e após o jogo

Os valores de lactato variam entre os 3,0 e 9,5 mmol/l, demonstrando a elevada participação da componente anaeróbia láctica durante uma partida de futebol. É visível também que os valores de concentração de lactato são inferiores na segunda parte, o que está em concordância com os valores mais baixos de Frequência Cardíaca (FC), valores de distância percorrida menores e menor esforços de elevada intensidade durante a segunda parte comparativamente à primeira parte (Bangsbo, 1993).

A um nível intra-individual, Smith et al. (1993) concluíram que os valores de lactatemia variam, para o mesmo indivíduo, durante o jogo entre os 2,55 a 10,52 mmol/l. Já a nível inter-individual, Rebelo (1999) constatou haver uma grande variabilidade relativamente aos valores de lactato durante o jogo. Estas diferenças podem dever-se à diferente capacidade que os jogadores apresentam para remover o lactato produzido (Bangsbo et al., 1991), ou à intensidade do esforço realizado imediatamente antes da recolha (Bangsbo et al., 1991; Bangsbo, 1993). Carzola e Farhi (1998) referem que as características das fibras musculares dos futebolistas, são determinantes na capacidade de remoção do lactato.

É durante as fases menos intensas da partida, que o lactato é removido e metabolizado pelo que as concentrações de lactato sanguíneo não representam as quantidades produzidas, mas sim o balanço entre a produção, libertação e remoção do lactato produzido num curto período de tempo antes da recolha (Bangsbo et al., 1991; Bangsbo, 1993). Podemos desta forma afirmar que as concentrações de lactato recolhidas durante e após a partida não nos permitem quantificar a contribuição da glicólise anaeróbia para a produção energética no jogo de futebol (Bangsbo, 1990; Bangsbo et al., 1991). Os esforços de elevada intensidade ocupam cerca de sete minutos de jogo (Bangsbo et al., 1991), mas a verdade é que são as ações realizadas nestas fases do jogo, as mais importantes para o desequilíbrio da relação defesa-ataque (Garganta, 1999) pelo que podemos concluir que produção de energia pela via glicolítica representa apenas uma pequena parte, mas que é seguramente muito importante para o desfecho final do jogo.

2.3.1.2 Metabolismo Anaeróbio Alático

As reservas de ATP nas células musculares dos jogadores de futebol são estimadas em 4 – 6 mmol/kg (quilos de músculo). Relativamente às reservas de creatina fosfato (CP), que variam entre os 15 – 17 mmol/kg, permitem um trabalho de eintensidade máxima em torno de 6 – 10s (Keull, Doll & Keppler, 1969; Mader et al., 1983). As reservas de fosfocreatina (CP) e ATP são a principal fonte de energia utilizada nos esforços realizados a uma elevada intensidade e com durações curtas (inferior a 10s).

Estas reservas, devido ao cariz intermitente da modalidade, são constantemente ressintetizadas durante os períodos de menor intensidade do jogo, mas a ressíntese de CP tem uma limitação, relacionada com a capacidade aeróbia (Stolen et al., 2005). Atletas que apresentem um valor de $\dot{V}O_2max$ mais elevado, apresentam uma resposta aeróbia mais eficaz, garantindo uma melhoria na taxa de regeneração da CP (Bangsbo, 1994). Durante um jogo de futebol, os atletas realizam, em média, um sprint de 2 a 3 segundos a cada 4 - 5 min e deslocamentos de alta intensidade em cada 70s (Reilly et al., 2000). A capacidade de antecipação, o saltar, o rematar de cabeça, o chutar, os sprints, os “tackles”, ect, são ações decisivas para o resultado, sendo bastante dependentes da capacidade de produção de energia advinda do metabolismo anaeróbio alático (Bangsbo, 1993). Este metabolismo não se apresenta determinante em termos quantitativos, porque representa uma baixa percentagem do metabolismo utilizado durante um jogo de futebol, mas torna-se fundamental em termos qualitativos, porque está associado às ações mais decisivas dos encontros.

2.3.1.3 Consumo Máximo de Oxigénio ($\dot{V}O_2max$)

O $\dot{V}O_2max$ é um parâmetro utilizado para avaliar a potência aeróbia dos futebolistas, mas é frequentemente avaliado em condições diferentes das encontradas em contexto real de competição (Ekblom, 1986) pelo que a sua interpretação deva sujeita a cautelas.

O $\dot{V}O_2max$ por si só, não é um indicador que nos permita aferir o desempenho de um atleta, uma vez que a sua capacidade de trabalho, tal como já vimos anteriormente, depende da conjugação de vários fatores.

No entanto, os elevados valores de $\dot{V}O_2max$ do jogador constituem um argumento que, hipoteticamente, favorece um desempenho positivo durante um jogo de futebol porque está associado a uma recuperação mais rápida entre esforços de alta intensidade pelo que se considera que retarde o aparecimento da fadiga (Santos, 1995).

Os valores de $\dot{V}O_2max$ em futebolistas variam entre os 46,2 e 71,0 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ com as variações entre estes valores a deverem-se ao estatuto posicional e funções específicas de cada jogador, bem como o estilo e método de jogo adotado pelas equipas (Reilly, 1996).

2.4 Modelação Matemática – Resposta Fisiológica ao exercício

No CAR Jamor, é possível utilizar dados recolhidos em laboratório e no terreno para simular o envolvimento dos sistemas energéticos e as alterações do conteúdo de oxigénio no tecido muscular durante o exercício com recurso a um modelo matemático desenvolvido por Beckert et al. (2016).

Este modelo, baseado em sistemas dinâmicos, envolve uma componente temporal que permite a simulação do comportamento o que, segundo An et al. (2008), representa uma vantagem em relação a modelos matemáticos baseados na estatística, sendo, assim, adequado para simular a resposta fisiológica ao exercício entendida como um sistema descrito por um conjunto de séries temporais. Além disso, nos modelos em sistemas dinâmicos, as relações entre as diferentes variáveis de interesse estão alicerçadas segundo os princípios da física e da química. Assim, para a realização deste estudo, recorreremos ao modelo matemático usado no CAR Jamor, que nos permite simular o comportamento de (múltiplas) variáveis fisiológicas em situações reais de competição/treino, em função dos dados medidos através de GPS e acelerometria, numa atleta de futebol feminino.

Segundo Beckert et al. (2016), “este modelo descreve o comportamento de um sistema utilizando variáveis de nível, que indicam a acumulação de uma quantidade num reservatório ao longo do tempo e as variáveis de fluxo, cuja variação ao longo do tempo representa a velocidade com que a quantidade entra (ou sai) dos reservatórios. A evolução do comportamento do sistema depende das taxas de variação (fluxos) de entrada e saída dos reservatórios.” Após a identificação dos mecanismos de controlo associados ao consumo de O₂, do ATP-PCr e do oxigénio no tecido muscular, Beckert et al. (2016) adaptaram um conjunto de relações fenomenológicas, expressas por equações, organizadas em cinco grupos:

1. Fosfatos de alta energia - Calculam a concentração dos fosfatos de energia do citosol, baseado nas equações (5 M) a (8 M) de Mader (2003) que utilizam $[PCr]$, $[ATP]$, $[ADP]$, $[AMP]$ e $[H^+]$ e as respetivas constantes de equilíbrio de reação.
2. Glicólise anaeróbia - Calculam o valor da glicólise em estado estacionário (La_{ss}), baseado nas equações (14 M) a (16 M) de Mader (2003) que utilizam $[ADP]$, $[AMP]$,

$[H^+]$, as correspondentes constantes de equilíbrio, e $La \dot{max}$, em que $La \dot{max}$ é a taxa máxima de glicólise anaeróbia, expressa como uma taxa de produção de ácido láctico ($mmol \cdot s^{-1} \cdot kg^{-1}$).

3. Fosforilação oxidativa - Calculam o valor do consumo de O_2 necessário para exercício ($\dot{V}O_{2ss}$), baseado no sistema de equações (9 M) de Mader que utilizam $\dot{V}O_{2max}$ e $[ADP]$ recorrendo à relação de Hill associada à cinética de Michaelis-Menton com valores de $k=0,035 \text{ mmo} \cdot \text{L}^{-1}$ de ADP livre e expoente 1,4.
4. Lactato - Calculam as concentrações de lactato no músculo e no sangue arterial com base na taxa de formação de lactato (corrigida para o pH), no $La \dot{ss}$ e na eliminação de lactato por oxidação e resíntese de glicogénio (Mader, 2003).

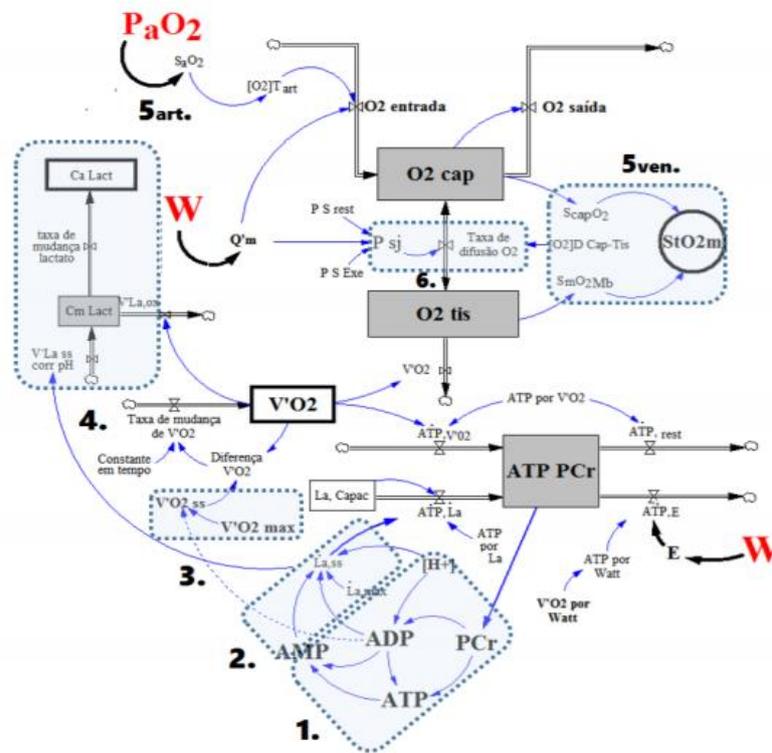
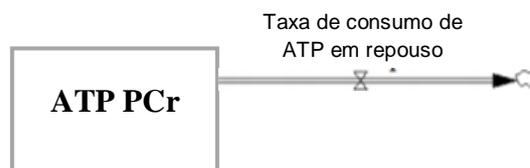
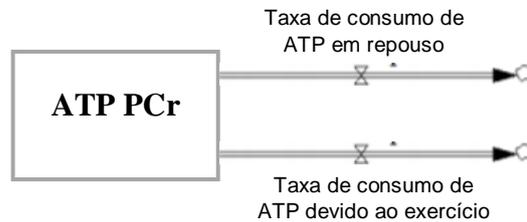


Fig. 2 - Representação simplificada do modelo usando a interface gráfica do software de Sistemas Dinâmicos, pondo em evidência as variáveis externas, as variáveis medidas em laboratório e os grupos de relações fenomenológicas.

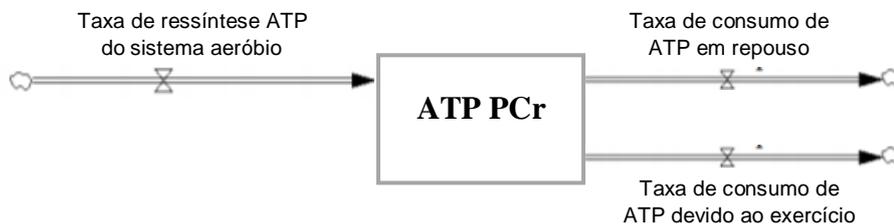
Quando estamos em repouso, os consumos de ATP-PCR necessários aos processos biológicos podem ser representados por um valor constante.



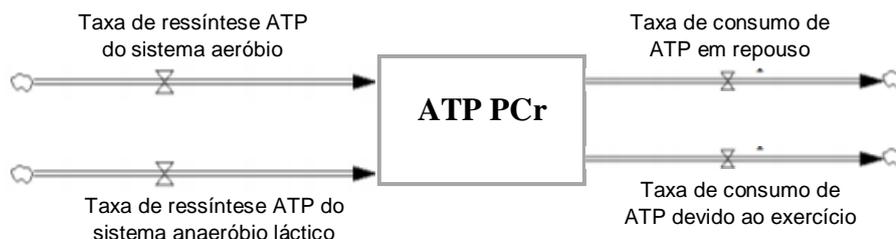
Para além desse valor constante, correspondente ao estado estacionário em repouso, quando estamos em exercício, considera-se uma taxa de variação de ATP associada ao exercício, que corresponde á perturbação do sistema de energia química do nosso modelo, que é representado pelo nível de ATP-PCr.



Sabemos que o processo homeostático de regulação do nível de ATP intracelular é vital, porque a quantidade de ATP nas células é limitada. De facto, à potência máxima, a quantidade total de ATP disponível por quilograma de músculo apenas pode assegurar a produção de trabalho mecânico durante quatro a seis segundos. Assim, a energia química que está armazenada na célula sobre a forma de ATP-PCr seria gasta em poucos segundos, não fosse a contribuição da energia proveniente da refosforilação oxidativa (assegurada pelo metabolismo oxidativo de vários percursores do ciclo de Krebs), representado assim a taxa de ATP proveniente do $\dot{V}O_2$. O sistema aeróbio tem a taxa de refosforilação de ATP mais baixa dos três sistemas, mas com uma capacidade, teoricamente, limitada apenas pela disponibilização de substrato (Heck et al., 2003).



No entanto, sabemos também que os mecanismos anaeróbios lácticos têm uma contribuição energética quer nas fases em que existe um défice, quer quando a intensidade está acima do domínio moderado, surgindo assim a taxa de ATP proveniente da via energética láctica. O sistema anaeróbio alático tem uma elevada taxa de refosforilação de ATP, mas tem uma capacidade energética muito reduzida. Já o sistema anaeróbio láctico possui uma taxa de refosforilação de ATP intermédia e uma capacidade também intermédia, permitindo prolongar uma atividade muito intensa por um período de 20 a 60 segundos (Heck et al., 2003).



A diferença entre a taxa de consumo de ATP (ATP em repouso e associado ao exercício) e a taxa de ressíntese de ATP pela via aeróbia ($ATP, \dot{V}O_2$), incorpora o déficit de oxigénio e a dívida de oxigénio. O déficit de oxigénio, é a diferença entre o oxigénio consumido durante o exercício, e o total que teria sido consumido se tivesse sido alcançado um estado estacionário do metabolismo aeróbio logo no início do exercício. Já a dívida de oxigénio, conceito originalmente elaborado por Hill em 1922, pode ser definida como a quantidade de oxigénio consumida durante a recuperação, acima daquela que teria sido consumida normalmente em repouso, no mesmo período de tempo.

No futebol, há vários períodos de deslocação passo a passo, intercalados com períodos de corrida de alta velocidade. O consumo de oxigénio ($\dot{V}O_2$) é um valor relacionado com a quantidade de ATP ressintetizada pelos processos oxidativos. Como tal, a qualquer momento, a potência associada ao sistema aeróbio ($\dot{V}O_2$) pode ser igual, maior ou menor que a potência requerida porque:

1 - Os processos oxidativos são lentos quando comparados com a taxa de variação da intensidade do trabalho. De facto, a equação que representa o comportamento do ajustamento entre a potência requerida e a potencia associado ao sistema aeróbio apresenta uma constante em tempo ao nível muscular é na ordem dos 20 s. Assim, em 20 segundos, o sistema aeróbio apenas diminui 63% da discrepância com a potência requerida.

2 - Durante os exercícios intensos de curta duração, comuns no futebol, a potência metabólica requerida pode atingir valores que superam em muito o consumo máximo de oxigénio do sujeito ($\dot{V}O_{2max}$).

Enquanto que num típico exercício aeróbio de carga constante “retangular”, no domínio de intensidade moderado, após cerca de 3 min, o $\dot{V}O_2$ e a potência metabólica coincidem, no futebol, assim como em muitos outros desportos coletivos, com esforços de alta intensidade e de curta duração, intercalados com períodos de baixa intensidade, o curso do $\dot{V}O_2$ é marcadamente diferente da potência metabólica requerida. No entanto, apesar de a qualquer momento durante uma partida, o $\dot{V}O_2$ poder ser menor, igual ou maior que a potência metabólica instantânea, é possível estimar o curso temporal correspondente ao $\dot{V}O_2$ com base no conhecimento das potências metabólicas.

A abordagem com o modelo matemático da equipa do CAR Jamor permite avaliar: (1) a área abaixo da curva de $\dot{V}O_2$ estimado, calculando assim a energia proveniente das fontes aeróbias bem como (2), a quantidade de energia derivada de fontes anaeróbias, quando a potência metabólica é maior que o $\dot{V}O_2$.

Quando, pelo contrário a potência metabólica é inferior ao $\dot{V}O_2$ estimado, a área correspondente indica a energia derivada de fontes aeróbias para “pagar a dívida de O_2 ”, ou seja, para ressintetizar a fosfocreatina (PCr) utilizada nas fases anteriores no exercício.

Estas relações permitem-nos calcular o balanço energético de um qualquer período de uma partida ou de um treino. De facto, se a curva de $\dot{V}O_2$ for igual à curva de potência metabólica, pode-se concluir que as fontes de energia utilizadas durante todo o ciclo de exercício foram completamente aeróbias. Pelo contrário, se a curva de potência metabólica for maior que a curva de $\dot{V}O_2$, pode-se concluir que uma quantidade de energia foi proveniente de uma contribuição anaeróbia (lática ou alática). Um exemplo prático da aplicação dessa abordagem aos primeiros minutos de uma partida de futebol foi relatado no estudo de di Prampero et al. (2015). Neste caso específico (figura 1.), ao longo da janela de tempo selecionada, a potência metabólica foi substancialmente maior que o $\dot{V}O_{2max}$ do jogador e, atendendo à grande duração dessas fases de alta intensidade metabólica, pode-se verificar que o $\dot{V}O_2$ calculado atingiu o $\dot{V}O_{2max}$ do jogador.

Além disso, nos períodos subsequentes caracterizados por uma potência metabólica mais moderada (isto é, abaixo do $\dot{V}O_{2max}$), o $\dot{V}O_2$ permaneceu no nível máximo durante vários segundos. Assim, a quantidade total de energia proveniente das fontes

anaeróbias, dada pela soma de todas as áreas vermelhas (acima do $\dot{V}O_2$ e abaixo da Potência Metabólica requerida), foi maior que a quantidade total de energia proveniente das fontes aeróbias. Como consequência, uma certa quantidade de lactato terá sido produzida, associada à necessidade de cobrir a diferença entre a produção total de energia (área abaixo da curva de potência metabólica) e a produção total de energia aeróbia (área abaixo da curva $\dot{V}O_2$), que será aqui denominado de Déficit de O_2 . Pode-se concluir que a abordagem descrita acima, e ilustrada graficamente na Fig.1 permite traçar um balanço energético global de qualquer intervalo de tempo definido de um período de treino ou de uma partida, assumindo que o $\dot{V}O_{2max}$ do sujeito é conhecido.

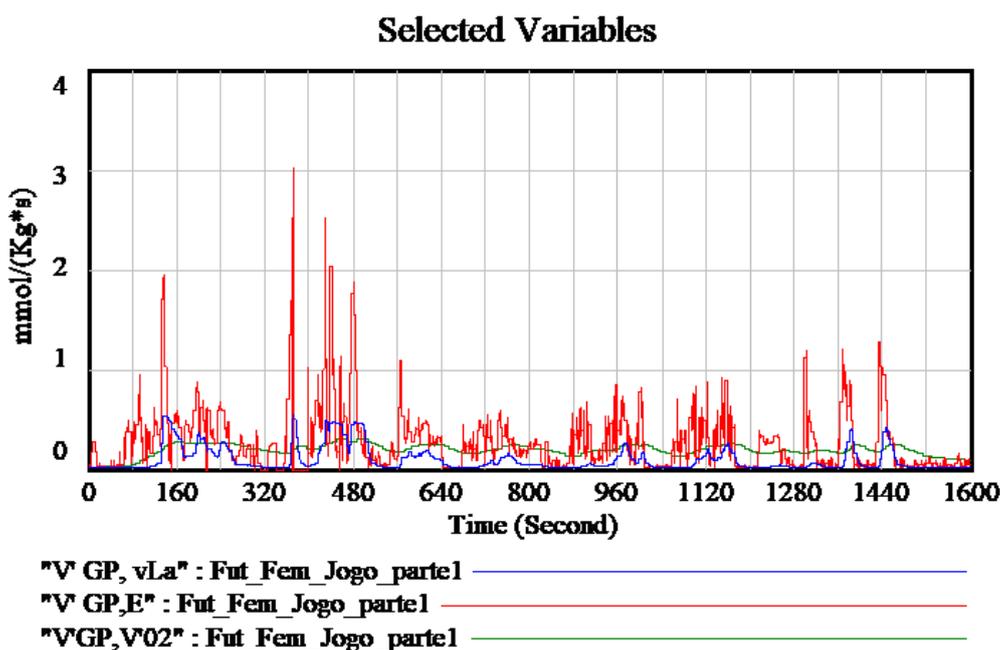


Fig. 3 – Potência Metabólica (linhas vermelhas), consumo estimado de O_2 ($\dot{V}O_2$, linhas azuis) e contribuição da via anaeróbia láctica (linhas verdes), em função do tempo (s) durante a primeira parte de um jogo de futebol da atleta avaliada.

3. Metodologia

Durante o período de estágio no Centro Desportivo, posso considerar duas componentes do meu trabalho: uma componente prática, que consistiu na participação ativa nas tarefas diárias do laboratório de fisiologia; e uma componente de investigação, onde desenvolvemos, em conjunto com a equipa do CAR, um projeto relacionado com a utilização de um dispositivo GPS na modalidade de Futebol.

3.1 Componente Prática no Laboratório de Fisiologia

O Laboratório de Fisiologia do CAR tem por finalidade a conceção, desenvolvimento e implementação de um sistema de avaliação e controlo do processo de treino que permitirá ao atleta e à respetiva equipa técnica potenciar o seu rendimento desportivo. Este serviço é assegurado por uma equipa multidisciplinar de especialistas em treino desportivo e outras áreas consideradas relevantes, sendo desenvolvido num quadro de rigor técnico-científico.

Na componente prática do estágio, foi proposto a participação nas tarefas do laboratório, nomeadamente da avaliação do desempenho aeróbio e anaeróbio (avaliação de consumo de oxigénio por gases expirados em laboratório, avaliação do consumo de oxigénio no terreno e avaliação da potência e capacidade anaeróbia) bem como da análise da *Performance*, através da utilização das células fotoelétricas MicroGate.

No início do meu estágio no CAR, o laboratório tinha iniciado há 2 meses o acompanhamento do retorno ao treino pós doença de um triatleta de elite, com a realização regular de treinos monitorizados em laboratório. O triatleta, internacional pela Seleção Nacional, teve pericardite e foi sujeito a um período de destreino de 6 meses. A equipa do laboratório, tinha como objetivo projetar um retorno ao treino de forma monitorizada, com recurso à recolha de gases e com a utilização do PhsysioFlow monitor hemodinâmicos não invasivo e com medição contínua do débito cardíaco. Esta tecnologia é baseada nos princípios da impedância cardiográfica. O objetivo, para além do controlo das variáveis fisiologias nesta fase sensível, passou também por ajudar o atleta a recuperar novamente os níveis de confiança e as boas sensações em treino. Foi utilizado um protocolo de treino contínuo-variado, com as velocidades entre os 16 km/h e os 18 km/h, com 4 minutos de aquecimento a 10 km/h, seguidos de um período de 6 minutos a 16 km/h, aumentando a velocidade posteriormente até aos 18 km/h novamente durante 6 minutos, para finalizar o último período de 6 minutos a 16 km/h, mais uma vez.

Para além deste processo, acompanhei várias provas de esforço no laboratório de atletas que contam com o apoio do CAR Jamor.

Tendo em conta a componente de investigação, foi-me proposto que iniciasse a minha prática com as células fotoelétricas MicroGate. É um equipamento com o qual nunca tinha trabalhado, pelo que realizei duas sessões de teste, no laboratório, com o propósito de aprender/aperfeiçoar o manuseamento das células, bem como familiarizar-me com o software WittyManager para posterior análise dos dados.

Por fim, utilizámos o Cortex Metamax 3B, também com o intuito de obter dados uteis ao projeto de investigação. O Cortex foi utilizado num teste no terreno, no relvado do estádio Nacional do Jamor, para monitorizar os valores de $\dot{V}O_2$ da atleta que participou na investigação, aquando da realização de um circuito específico tendo em conta a situação real de competição da atleta. Infelizmente, por falha nossa no manuseamento do equipamento, não conseguimos guardar os dados obtidos pelo que estes não foram utilizados para a investigação.

3.1.2 Recolha de Dados em Triatlo

Aquando do início do estágio, utilizámos num dos treinos de ciclismo em estrada do triatleta, uma roda de potência Power Tap, com o objetivo de recolher dados de potência em treino. O intuito inicial seria fazer correr esses dados de potência no Modelo Matemático elaborado por Beckert et al. (2016) e simular o envolvimento dos sistemas energéticos durante o treino. Os dados recolhidos pela roda foram transferidos para o software Power Agent, para posterior análise.

Nos dias de hoje, treinar e competir com um medidor de potência tornou-se muito comum, principalmente em ciclistas de elite, permitindo uma obtenção rápida acerca dos dados de Potência debitada. Isto permite aos ciclistas elaborar zonas de intensidade de treino, baseadas nos valores de potência, viabilizando assim a otimização do treino.

Estudos (Francis et al., 2010; Jones et al., 2010) mostraram que quando é utilizado o parâmetro da potência para determinar os domínios de intensidade, deve-se ter em conta que a potência debitada e a duração que ela pode ser sustida, tem uma relação direta e hiperbólica, como foi caracterizada inicialmente por Monod e Scherrer (1965).

Esta torna-se uma temática muito interessante, já que a quantidade de energia disponível para um atleta bem como a capacidade do atleta de medir com precisão o seu estado atual de fadiga, ajudarão a determinar o resultado final do desempenho e seria,

portanto, uma enorme vantagem do atleta poder avaliar quantitativamente a disponibilidade de energia, de modo a estabelecer uma estratégia ideal para a estimulação das diferentes vias energéticas.

Infelizmente, o triatleta contraiu uma lesão poucas semanas após o início das recolhidas, que o manteve afastado dos treinos durante cerca de 2 meses, pelo que optámos por focar as nossas atenções no projeto relacionado com o dispositivo de GPS, mantendo esta investigação em aberto para um projeto posterior da equipa do CAR.

Deixo, em anexo, uma figura obtida através do software PowerAgent, relativa aos dados de potência recolhidos durante um treino de ciclismo de estrada, com recurso à utilização da roda de potência.

3.2 Componente de Investigação

3.2.1 Caracterização da Amostra

Para este estudo, participaram 2 atletas voluntários (um atleta de Triatlo e uma atleta de Futebol).

O Triatleta, com 23 anos de idade, faz parte de uma equipa de triatlo que compete no Campeonato Nacional de Triatlo. O atleta treina cerca de 6 vezes por semana durante o período competitivo, e é praticante desta modalidade há 8 temporadas.

A futebolista, com 17 anos, faz parte de uma equipa de futebol Sub-19, que participa no Campeonato Nacional de Juniores Femininos. A atleta treina 3 vezes por semana, com jogo oficial ao fim de semana, sendo já praticante desta modalidade desde os escalões de formação, há 6 temporadas.

3.2.2 Instrumentos

- GPS AxSys Performance

Neste estudo, foi usado um dispositivo de GPS da AxSys Performance (Canberra, Austrália), O equipamento de GPS utilizado tem uma frequência de 18 Hz e incluiu um acelerómetro tri-axial.

Foram utilizadas, para este projeto, as categorias de velocidades propostas pela AxSys:

- "Walking" – 2 km/h – 6 km/h;
- "Jogging" – 6km/h – 12 km/h;
- "Running" – 12 km/h – 18 km/h;
- "Sprinting" – 18 km/h – 24 km/h;

- Witty MicroGate

O WITTY (Bolzano, Itália) é um sistema de cronometragem de treino. O equipamento dispõe um software Windows gratuito, Witty Manager, para importar os dados de testes realizados e visualizá-los em tabelas e gráficos numéricos, gerando uma base de dados pessoal completa do atleta.

- Analisador de gases, portátil (Cortex Metamax 3B)

O Cortex Biophysik GmbH (Leipzig, Alemanha) é utilizado para realizar testes cardio pulmonares, onde o indivíduo é sujeito a uma carga de exercício durante um período de tempo, onde há a medição dos dados de ventilação e trocas gasosas através do dispositivo Metamax 3B.

- Analisador de Gases de Bancada

O JAEGER® Vyntus CPX (Hoechberg, Germany) é um sistema preciso e confiável que permite a determinação da resposta metabólica de um indivíduo, utilizado em crianças e adultos, pacientes e atletas, com recurso a recolha de gases e recolhendo dados, respiração a respiração. Os principais parâmetros medidos / calculados são: $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, RER, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}E$, EqO_2 , $EqCO_2$, $PETO_2$, $PETCO_2$, etc.

- Cardio FC

A Frequência Cardíaca da atleta foi medida com recurso a um relógio Polar M400 (Kempele, Finlândia). Posteriormente, os dados foram transferidos para o computador através do software Polar Flow (Flow Sync).

3.2.3 Desenho do estudo

Para as recolhas dos dados, foram realizados 3 testes, na ordem t1-t2-t3 onde o tempo decorrido entre cada sessão de teste variou de acordo com a disponibilidade temporal da atleta, bem como da disponibilidade dos recursos materiais necessários.

A primeira sessão de teste ("t1"), realizada no terreno em condições semelhantes às encontradas em situação real de competição e treino e teve como objetivo aferir a consistência dos dados recolhidos pelo GPS, pelo que utilizámos as células fotoelétricas (MicroGate) e o dispositivo de GPS (AxSys) pertencentes ao Laboratório de Fisiologia do Exercício do CAR Jamor.

Na segunda sessão de teste ("t2"), em laboratório, a atleta efetuou uma prova progressiva máxima de corrida em passadeira, com recolha de gases.

Por fim, a última sessão de teste realizada ("t3"), novamente no terreno, consistiu na realização de um circuito de treino, onde estavam representadas várias situações/ações reais de competição, com recolha de dados de GPS e recolha de gases, com recurso ao Cortex Metamax 3B.

Os testes foram realizados em Janeiro (t1), em Abril (t2) e em Junho (t3), de 2018

Para além destas sessões de testes, foram recolhidos dados de GPS relativos à atleta durante os treinos e partidas oficiais/treino realizadas, assinaladas(os) no calendário em baixo. O dispositivo foi sempre iniciado cerca de 5/10 min antes começo do treino, e, nos dias de jogo oficial, foi iniciado antes do aquecimento, para permitir uma aquisição de satélites atempada.

JANEIRO 2018						
SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA	SÁBADO	DOMINGO
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

FEVEREIRO 2018						
DOMINGO	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA	SÁBADO
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			

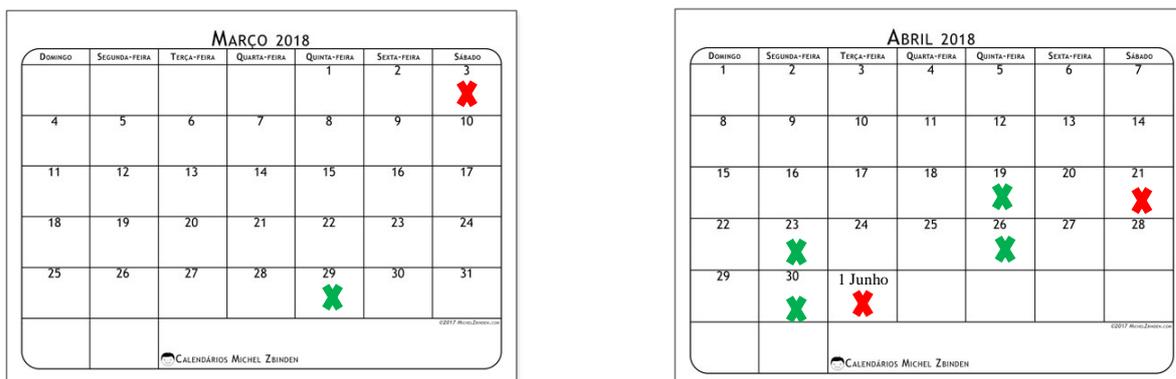


Fig. 4 – Calendário com as sessões de treinos (cruz verde) e os jogos oficiais (cruz vermelha), onde foram realizadas recolhas de dados de GPS.

3.2.4 Protocolos de Recolha de Dados

Teste 1. Aferição da consistência dos dados recolhidos pelo GPS

Numa fase inicial, realizou-se uma sessão de teste para recolha de dados com o GPS com o objetivo de aferir os parâmetros medidos pelo GPS AxSys Performance.

Elaborou-se um protocolo com várias tarefas que pressupõem, a nível fisiológico, uma grande componente da via anaeróbia, com a realização de 4 exercícios diferentes, com 3 a 4 tentativas em cada exercício entre uma vez que, segundo Spencer et al. (2005), este é o valor limite de vezes, considerado realista, em que cada uma destas situações poderá ocorrer numa situação real de competição em Jogos Desportivos Coletivos.

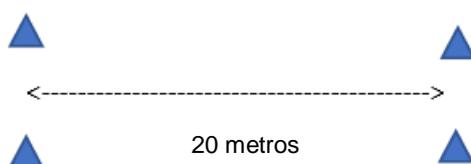
O dispositivo foi colocado na região posterior do tronco da atleta, junto às escápulas. Para esta sessão de teste no terreno, utilizaram-se as células fotoelétricas MicroGate (Bolzano, Itália) e os dados das células foram analisados através do software Witty Manager e posteriormente comparados aos dados de Velocidade e Distância obtidos pelo GSP AxSys.

A atleta realizou as seguintes tarefas:

- **1º Exercício:** Distância Total (m) c/ mudança de direção de 180º

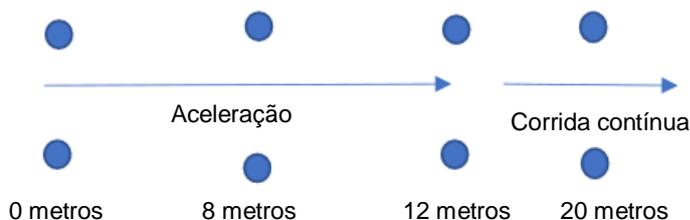
O protocolo para determinar a distância total percorrida, consistiu na realização de 4 repetições de 5x20metros, em esforço máximo, com uma mudança de direção de 180º.

A atleta realizou as 4 séries de 5x20metros (perfazendo um total de 600 metros) com uma recuperação de 3 minutos entre cada set. Nota: foi garantido que o GPS colocado no tronco do sujeito estivesse em linha com a marca dos 20m no momento da mudança de direção.



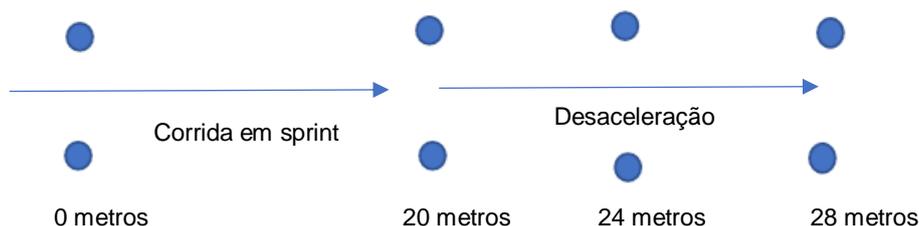
- 2º Exercício: Medição das acelerações

A atleta realizou uma aceleração de 12 metros, partindo de uma posição estacionária (0m) com as células fotoelétricas colocadas aos 0m, 5m, 8m e 12m, perfazendo o restante percurso a uma velocidade contínua (aquela com que terá alcançado os 12 metros). A atleta realizou 4 sprints, com descansos de 3min30s entre sprints.



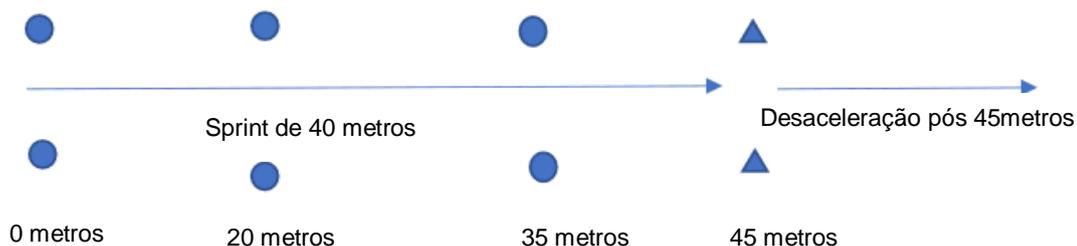
- 3º Exercício: Medição das desacelerações

A atleta realizou um sprint de 20m em linha reta para, a partir deste ponto, iniciar uma desaceleração até perfazer 28m de percurso (ponto de paragem completa $v = 0$ m/s). As células foram colocadas aos 0m, 20m, 22m, 24, e 28m. A atleta realizou 4 tentativas, com um tempo de descanso de 3min entre cada.



- 4º Exercício: Medição da Distância a Altas Velocidades (>6.7 m/s), Velocidades Médias e Máximas

As células foram colocadas ao longo de 40m, em linha reta, aos 0m, 10m, 20m, 35m e 40m. A atleta realizou um sprint ao longo deste trajeto e iniciava a sua desaceleração apenas quando ultrapassava a marcação dos 45m, para garantir que era atingida a sua velocidade máxima nos últimos metros do percurso. A atleta realizou 4 tentativas, com um descanso de 3 minutos entre cada série.



Relativamente às opções feitas para a realização deste protocolo, o tempo de descanso entre sets foi estabelecido em cerca de 3min porque, segundo Selmi, R Haj and M Haj (2016), recuperações de 2 a 4 minutos, parecem ser suficientes para uma restituição intracelular que permita a manutenção de uma intensidade elevada durante as séries seguintes (estudo realizados em jovens: idade 17.4 +/- 0.32 anos), para séries de sprints repetidos. Foi utilizado também um cardio-frequencímetro (Polar M400) para percebermos o carácter ondulatório da FC ao longo da sessão.

Teste 2. Recolha de Gases em Laboratório

Os atletas deste estudo realizaram uma prova progressiva em passadeira rolante para determinar os domínios de intensidade do exercício e o valor do VO_{2max} . O teste consistia num aquecimento de corrida a 6 km/h durante 3 min, seguidos de patamares com duração de 1 min, com sucessivos aumentos de 1Km/h a começar aos 8 km/h no caso da atleta e 10 km/h no atleta. O tapete manteve-se com uma inclinação constante de 1°. A resposta fisiológica foi monitorizada com análise de gases ventilatórios, frequência cardíaca, ventilação e saturação arterial de O_2 (SpO_2).

Na tabela 3 estão representados os equipamentos usados no laboratório de fisiologia do exercício para a avaliação ergométrica em tapete rolante.

EQUIPAMENTO	PARÂMETROS			MODELO, FABRICANTE
	Primários		Secundários	
ANALISADOR DE GASES ("BREATH-BY-BREATH") ↓ FLUXÓMETRO ANALISADOR CO_2 ANALISADOR O_2	Freq. Respiratória Volume Corrente	$\dot{V}E$		Metamax 3B, Cortex Biophysik, Leipzig, Alemanha Quark B2, Cosmed, Italia
	$PetCO_2$	$\dot{V}CO_2$	$\dot{V}E/\dot{V}CO_2$	
	$PetO_2$	$\dot{V}O_2$	$\dot{V}E/\dot{V}O_2$	
			$\dot{V}O_{2max}$	
CARDIO FREQUENCÍMETRO	Freq. Cardíaca (FC)			rs800CX, Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia
OXÍMETRO DE ONDA DE PULSO		SpO_2	(aprox. SaO_2)	WristOx2, modelo 3150, Nonin medical Inc., Plymouth, USA

Tabela 3. Lista dos equipamentos usados com a indicação dos principais parâmetros fisiológicos associados a esses equipamentos, modelo e fabricante.

Teste 3. Circuito com recolha de dados no terreno

Este circuito, realizado no terreno, teve como objetivo representar as ações executadas pela atleta durante uma situação real de competição. As suas movimentações típicas em jogo estão representadas na seguinte figura:

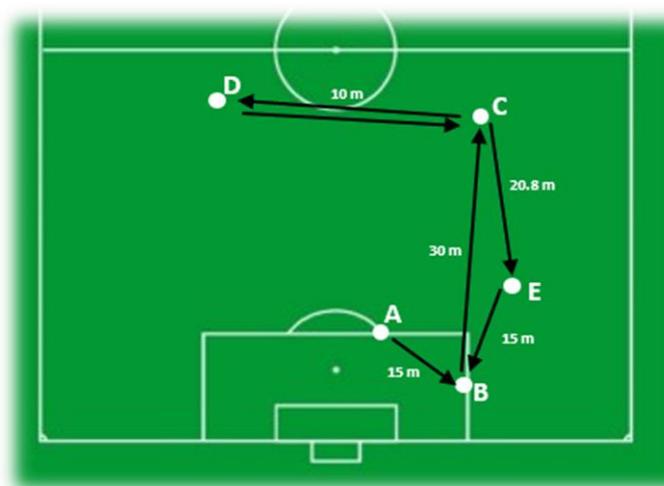


Fig. 5 – Percurso realizado pela atleta para recolha de dados no terreno. Os pontos A, B, C, E, e D correspondem às marcas colocadas no terreno.

A atleta iniciava o percurso em A, deslocando-se em corrida até B para receber a bola (simular a saída de jogo na guarda redes), progredindo até C onde solta a bola para um companheiro. De seguida, realiza 3 vezes o percurso C-D, espelhando uma situação de ataque da sua equipa, sendo este um período de relativa baixa intensidade para esta atleta (tendo em conta o seu papel), mantendo a sua posição na zona central do campo, esperando que a sua equipa iniciasse a transição ataque-defesa. Posteriormente, simulou-se uma perda da posse de bola por parte da equipa da atleta, pelo que esta deslocou-se de C até E, simulando um posicionamento da atleta para uma situação de oposição ao adversário, finalizando o circuito com um sprint de E até B.

A atleta realizou este circuito após um aquecimento de cerca de 5 minutos de corrida lenta à volta do meio campo e após este aquecimento, foi ligado o dispositivo portátil de recolha de gases (Metamax 3 B) para recolha durante 2 minutos em repouso. Posteriormente, foram realizadas 5 voltas a uma intensidade baixa (foi dado o feedback à atleta que espelhasse uma situação de jogo contra uma equipa de sub-15, com a intensidade correspondente), 5 voltas a uma intensidade moderada (situação de jogo contra uma equipa de sub-19) e 2 voltas a uma intensidade elevada (situação de jogo contra uma equipa sénior). Não houve descansos entre voltas. Foi monitorizada também a Frequência Cardíaca da atleta e recolhidos dados com o GPS.

3.3 Análise Estatística

Neste estudo foram utilizadas as medidas de estatística descritiva de tendência central, como a média, e de dispersão, como o desvio padrão, tendo sido para isso utilizado o Microsoft Excel. Para proceder à análise das séries temporais, e com recurso ao mesmo software, utilizámos o teste de Mann-Kendall para analisar a homogeneidade das séries temporais. Os testes estatísticos paramétricos referentes a diferença de médias de

intensidade encontradas em jogo e em treino não são aplicáveis pelo reduzido número de casos em cada situação a comparar.

4. Resultados

4.1 Velocidades Médias e Distâncias Percorridas

Numa primeira análise aos dados obtidos diretamente do dispositivo GPS, a Distância Percorrida (DPer) e as Velocidades (Vel), podemos verificar que, a atleta percorreu em média maior distância nos jogos de “11”, com cerca de 5983 ± 460 metros, comparativamente aos jogos de “9” onde forma percorridos em média 4635 ± 105 metros. Na comparação entre partes do jogo, verificamos que os valores nos jogos de “11” e nos de “9” estão próximos na I parte (com 3374 ± 647 metros e 3382 ± 324 metros percorridos, respetivamente), mas denotando-se maiores diferenças na II parte (com 2610 ± 139 metros para os jogos de “11” e 1817 ± 973 metros para os de “9”).

Relativamente aos treinos, verificamos que a média das distâncias percorridas foram superiores nos treinos de 4f, comparativamente aos treinos de 5f e 2f ($4705,8 \pm 619$ metros, $4209,2 \pm 532$ metros e $3598,5 \pm 798$ metros percorridos, respetivamente).

Quanto aos blocos de treino, que correspondem aos momentos do treino que mais se aproximam com as situações reais de competição, não só ao nível do desenvolvimento fisiológico do futebol, bem como das capacidades específicas de cada posição, a distância média é de $2039,56 \pm 663$ metros, sendo que os blocos apresentam diferentes distâncias percorridas consoante o dia da semana em que foram realizados. Os blocos das 2f apresentam Dper médias de $2111,33 \pm 668$ metros, das 4f um valor de $2269,50 \pm 580$ metros (4f que é o dia com maior distância percorrida total) e os blocos das 5f uma Dper média de $1870,75 \pm 827$ metros.

Atendendo às categorias de velocidade e às distâncias percorridas em cada uma delas e, tendo em conta as diferentes distâncias percorridas nos diferentes jogos/treinos (também devido à diferença no tempo total de atividade), a análise das distâncias percorridas em cada categoria de velocidade, foi feita em relação às percentagens da distância total percorrida em cada momento (jogo/treino). Posto isto, verificámos que a percentagem da distância média total percorrida na categoria entre os 18 km/h e os 24 km/h, nos jogos de “11” é superior comparativamente aos jogos de “9”, com um valor de 6,1% (o que corresponde a 364 metros) e 5,8% (correspondente a 270 metros) respetivamente.

Podemos também verificar que as diferenças maiores ocorrem na 2ª categoria de velocidade, com a atleta a percorrer 46,2% da distância total média numa velocidade compreendida entre os 6 km/h e os 12 km/h para os jogos de “11” e 38,4% da distância total média, para a mesma velocidade, nos jogos de “9”. A maior percentagem de distância total média percorrida a baixas velocidades (entre os 2 km/h e 6 km/h), ocorreu nos jogos de “11”, com cerca de 25,5%.

Quando olhamos para os valores encontrados em treino, verificamos que há uma maior percentagem de distância percorrida em baixas velocidades, com 36,4% na categoria de 2km/h a 6 km/h, e uma menor percentagem de distância média total percorrida nas categorias de altas velocidades, com 16,3% nas velocidades compreendidas entre 12 km/h e 18 km/h e apenas 2,9% nas velocidades entre 18 km/h e 24 km/h.

Relativamente às velocidades médias, verificamos que são superiores nos jogos de “11”, com um valor de 5,35 km/h, quando comparadas aos jogos de “9”, apresentando um valor de 4,78 km/h. Nos treinos, as velocidades médias apresentam um valor de 3,75 km/h, com os blocos de treino a apresentarem uma velocidade média superior à velocidade média total dos treinos e inferior comparativamente aos jogos, com um valor de 3,93 km/h. Quando olhamos aos dias da semana, verificamos que, tal como aconteceu com a distância percorrida, os treinos de 4f apresentaram valores superiores de velocidades

médias (4.38 km/h), com os treinos de 5f e 2f a apresentarem valores inferiores (3.87 km/h e 3.23 km/h, respetivamente).

Categorias	2km/h – 6km/h	6km/h – 12km/h	12km/h – 18km/h	18km/h – 24km/h	Total
Treinos	36,4% (1540 metros)	44,4% (1876 metros)	16,3% (691 metros)	2,9% (121 metros)	100% (4228 metros)

Tabela 4. Tabela de Percentagens das Distâncias Totais Médias percorridas, nos Treinos, em cada categoria de velocidades: 2 km/h – 6 km/h; 6 km/h – 12 km/h; 12 km/h – 18 km/h; 18 km/h. – 24 km/h.

Categorias Jogos	2km/h – 6km/h	6km/h – 12km/h	12km/h – 18km/h	18km/h – 24km/h	Total
J “11”	25,5% (1526 metros)	46,2% (2765 metros)	22,2% (1327 metros)	6,1% (364 metros)	100% (5982 metros)
J “9”	28,5% (1320 metros)	38,4% (1781 metros)	27,3% (1264 metros)	5,8% (270 metros)	100% (4635 metros)

Tabela 5. Tabela de Percentagens das Distâncias Totais Médias percorridas, nos Treinos, em cada categoria de velocidades: 2 km/h – 6 km/h; 6 km/h – 12 km/h; 12 km/h – 18 km/h; 18 km/h. – 24 km/h.

4.2 Custo Energético e Potência Metabólica

Os valores calculados de Potência Metabólica Corrigida são superiores nos jogos de “11”, comparativamente aos jogos de “9” com valores de $29,43 \pm 0,12$ W e $25,74 \pm 2,70$ W, respetivamente. Os valores de potência Metabólica são superiores durante a I parte tanto nos jogos de “11” como nos jogos de “9”, com os valores a fixarem-se nos $29,73 \pm 1,06$ W e $26,24 \pm 3,47$ W, respetivamente, quando comparados aos valores encontrados na II parte, com $20,85 \pm 0,35$ W para os jogos de “11” e $22,24 \pm 1,73$ W para os jogos de “9”.

Verificando as tabelas em anexo, concluímos que os valores de Potência Metabólica Corri. média são bastante inferiores nos treinos, com valores de $15,16 \pm 2,34$ W para os treinos de 2f, $18,62 \pm 1,77$ W para os treinos de 4f (que mais uma vez se torna o dia da semana com os valores mais elevados) e $14,41 \pm 1,99$ W para os treinos de 5f.

Nos blocos de treino, encontramos valores de Potência Metabólica Corri. média mais aproximados com os valores encontrados nas II partes dos jogos, com os blocos realizados nos treinos de 2f a apresentarem um valor de $19,78 \pm 6,10$ W, os treinos de 5f um valor de $20,02 \pm 3,22$ W e, mais uma vez, os blocos de treino realizados nos treinos de 4f revelaram o valor mais elevado, fixando-se nos $27,24 \pm 1,91$ W, tornando a 4f o dia de treino mais intenso, a nível de carga de treino, da semana.

O valor médio de Potência Metabólica Corri, da I parte dos jogos de “11” e “9” é de $27,23 \pm 3,34$ W e da II parte de $21,89 \pm 1,60$ W. Verifica-se assim que, como o valor médio para o mesmo parâmetro nos blocos de treino se fixa nos $21,54 \pm 4,91$ W, as intensidades encontradas nos blocos de treino são bastante semelhantes às encontradas nas II partes dos jogos.

4.3 Frequência de Ocorrências

Os gráficos de Frequência de Ocorrência, são um importante indicador da distribuição dos dados. Como tal, elaborámos gráficos dos valores médios dos jogos e treinos das % de Frequência de Ocorrências das Potências Metabólicas, com o intuito de identificar um perfil em treino e em jogo, identificar quais os valores mais frequentes e, se possível, perceber a nível fisiológico, que eventos são desencadeados com base nos valores de Potência Metabólica que ocorrem com maior frequência.

Relativamente aos valores médios de % de Frequência de Ocorrências observa-se que, no caso dos jogos, houve um aumento dos valores de Potência Metabólica compreendidos entre os 9 W e os 13 W, com a % média de ocorrências deste intervalo a fixar-se nos 4,07%. Quando verificamos o gráfico da % média de frequência de ocorrências das velocidades, em jogo, verifica-se também um aumento entre os 3 km/h e os 5 km/h, o que poderá ter alguma relação com o aumento dos valores de potência. No caso dos treinos, não se observa um claro aumento em nenhum intervalo de valores de Potência Metabólica, com a % média de ocorrências do intervalo de 9 W a 13 W, no caso dos treinos, a fixar-se nos 2,43%.

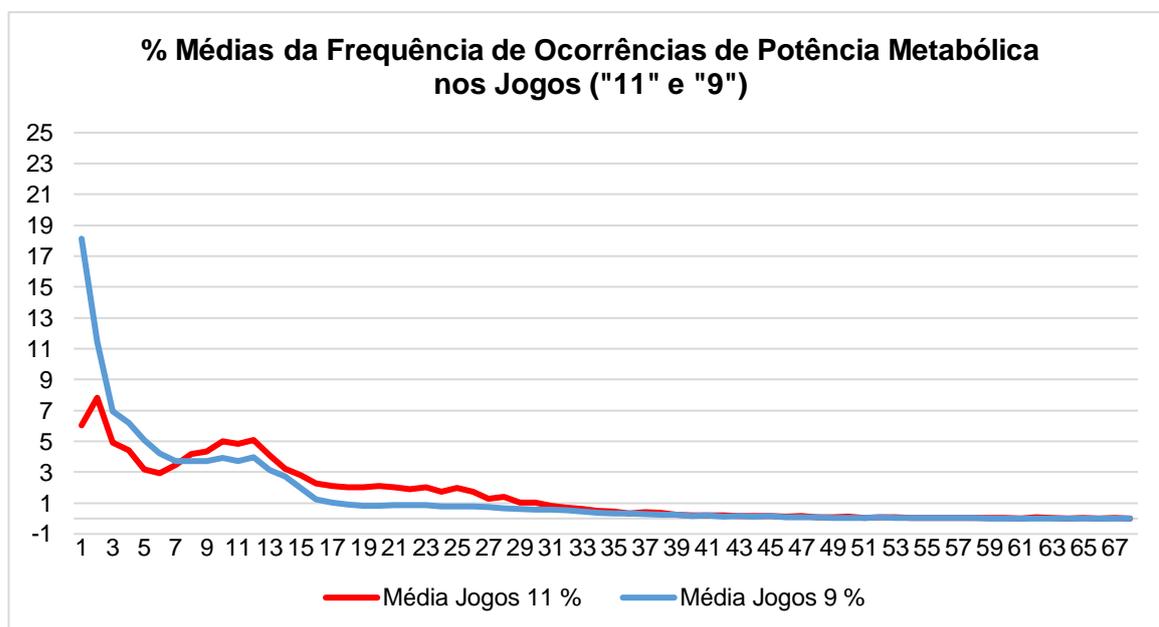


Fig. 6 - Gráfico das % Médias da Frequência de Ocorrências de Potência Metabólica nos jogos (“11” e “9”).

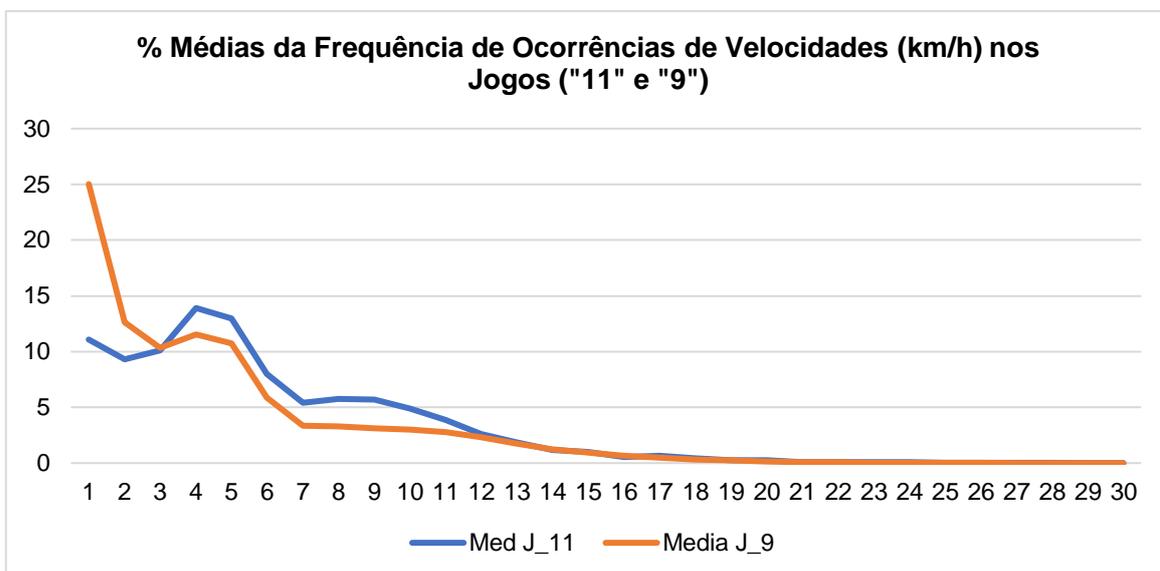


Fig. 7 - Gráfico das % Médias da Frequência de Ocorrências de Velocidade (km/h) nos jogos ("11" e "9")

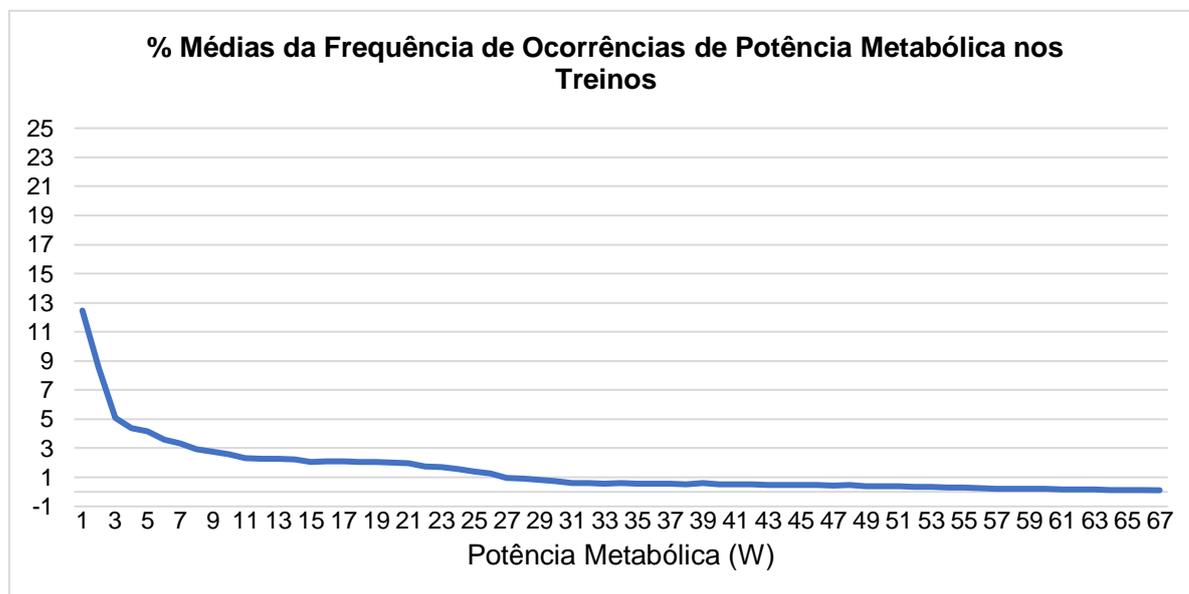


Fig. 8 - Gráfico das % Médias da Frequência de Ocorrências de Potência Metabólica nos jogos treinos.

5. Discussão

No futebol, a distância total percorrida e a distância percorrida a alta velocidade (HSR), surgem de frequentemente como uma medida de carga ou desempenho externo. A distância percorrida em altas velocidades ganhou aceitação enquanto medida de desempenho para comparar jogadores de nível médio com jogadores de elite (Mohr, et al., 2003). Assim, a utilização da Distância Percorrida a Altas Velocidades torna-se um parâmetro importante a avaliar, uma vez que segundo alguns estudos, parece ser uma medida válida para avaliar a performance no futebol (Bangsbo et al. 1991; Bangsbo, 1994).

Quando se pensa em velocidades obtidas através de dispositivos GPS, é prática comum dividir os esforços em várias zonas de velocidade (ou bandas) para análise. Cada desporto coletivo requer um conjunto único de características e exigências fisiológicas havendo por isso, um conjunto de zonas de velocidade que foram padronizadas para os vários desportos coletivos, o que permite uma comparação de dados fácil e consistente para treinadores e atletas. No caso do futebol, são observadas um conjunto de propostas de vários autores para esta divisão das zonas de velocidade (Castagna et al, 2009; Barbero Alvarez et al., 2008; Bucheit et al., 2010; Casamichana & Castellano, 2010; Hill-Haas et al., 2008; Hill-Haas et al., 2009).

Para a realização deste projeto e para a análise das distâncias percorridas nas várias categorias de velocidade, decidimos utilizar a divisão arbitrária proposta pela AxSys, com 4 zonas de velocidade: Caminhada: 3-6km / h, Jogging: 6-12km / h, Corrida: 12-18 km / h, *Sprinting*: > 18 km / h.

A análise inicial aos dados obtidos do GPS, foi realizada com os valores médios ao segundo dos vários parâmetros analisados. Tendo em conta esta situação, devemos ter cautelas na conclusão destes resultados, uma vez que os dados se condensam num valor que pode interferir na descrição detalhada do que realmente sucedeu durante todas as atividades da atleta.

Assim sendo, e olhando aos resultados acima, verificamos que a percentagem média da Distância Total percorridas nas categorias de Altas Velocidades foi superior nos jogos de “11”, comparativamente aos valores dos jogos de “9”. A diferença foi bastante baixa (6,1% e 5,8%, respetivamente), no entanto, não podemos afirmar estatisticamente que não houve diferenças uma vez que não foi possível aplicar os testes estatísticos dado o nosso número de casos ser baixo (n=8 para jogos e n=15 para os treinos). A literatura é escassa relativamente às cargas fisiológicas impostas aos atletas para o futebol de “9”, no entanto, esta diferença poderá ser explicada pelo facto de a equipa onde joga a atleta, nos dois jogos de “11” analisados, defrontou duas equipas fisicamente e, possivelmente, tecnicamente superiores, o que terá levado a um aumento da dificuldade e intensidade dos jogos. Esse facto releva o carácter iminentemente variável das exigências físicas de cada jogo em resposta às características específicas das equipas em confronto.

Quando comparamos os valores das percentagens médias da Distância Total percorridas nas categorias de Altas Velocidades dos jogos aos dos treinos, verificamos que existem diferenças mais acentuadas. Nos treinos este valor fixa-se nos 2,9% para a categoria mais elevada de velocidade e 16,3% na categoria de velocidade entre os 12 km/h – 18 km/h (contra os 22,2% e 27,3% nos jogos de “11” e “9”, respetivamente).

Estes dados poderiam concluir que as intensidades encontradas em treino, são inferiores às encontradas em jogo, levando-nos a pensar que a equipa treina com uma carga de treino abaixo daquela que deveria.

Analisando os valores de velocidades médias, verificamos que são superiores nos jogos de “11” comparativamente aos jogos de “9”, o que vai de encontro também ao que

foi atrás referido, com os valores de velocidades médias dos treinos a serem inferiores comparativamente às velocidades em jogo. No entanto, os valores de velocidades médias dos treinos não será o melhor parâmetro para comparar cargas de treino/jogo. Muitos treinos têm uma estrutura analítica, onde se repetem movimentos de forma descontextualizada do jogo, onde se treina a reprodução de movimentos fechados o que leva a que os padrões gestuais sejam preestabelecidos, diminuindo também a intensidade do treino. Esta estrutura do treino (com pausas, recuperações, palestras, etc...) irá enviesar os valores da velocidade média.

O treino desportivo é pautado sob alguns princípios, os quais se destacam a especificidade, a individualidade biológica e a sobrecarga. A verdade é que não é possível definirmos qual princípio de treino mais importante, todos têm sua importância igualitária, e se completam de forma interdependente. Contudo, antes de individualizarmos o treino e definirmos uma carga de treino ideal, existe um fator essencial que permite ao treinador a aplicação correta dos métodos de treino.

O princípio da especificidade vem ao encontro dessa necessidade de simular os exercícios de acordo com a realidade e os gastos energéticos de cada modalidade. Há muitas décadas atrás Verkhoshanski afirmava “deve-se treinar como se joga e se compete...” (Verkhoshanski, 1996).

Enquanto que na abordagem da Teoria Geral do Exercício as características da identidade e da especificidade se referem ao padrão delimitado pela estrutura da competição e pelas exigências nelas contidas, na periodização tática adotada como metodologia de treino de José Mourinho (Oliveira et. al, 2006), existe um *supraprincípio* da especificidade que em nada tem a ver com o anterior.

Entre a especificidade e o *supraprincípio da especificidade* existem vários pontos que lhes confere um antagonismo profundo. Segundo Carvalhal (2001) a especificidade é entendida por muitos como resultante de uma análise às exigências que o jogo acarreta nos jogadores e treinar esses aspetos de uma forma específica, mas isolada. A especificidade é também entendida por muitos como descendente da especificidade situacional, originária das características da modalidade, neste caso do Futebol (Rocha, 2003).

Ao invés, o *supraprincípio da especificidade* assenta noutras bases. Para Mourinho (2001) só existe especificidade quando existir uma constante relação entre as componentes tático-técnicas individuais e coletivas, psicocognitivas, físicas e coordenativas, em correlação permanente com o Modelo de Jogo Adotado pelo treinador e respetivos princípios que lhe dão corpo. Isto vem de encontro com o que refere Oliveira (1991), ao afirmar que a especificidade é quando prevalecem os exercícios específicos do Modelo de Jogo adotado e dispensem os exercícios situacionais, que apenas visam responder às ditas necessidades da modalidade coletiva.

A verdadeira especificidade resulta do ajustamento das situações de treino ao Modelo de Jogo, devendo-se fazer no treino o que se conjectura como competição (Frade, 2003).

Através dos exercícios específicos procuramos então uma aprendizagem, ou seja, a assimilação e apropriação de determinados princípios de um Modelo de Jogo (Resende, 2002), através da experiência, nas habilidades/*skills* que esses exercícios pretendem densificar. Neste seguimento, Faria (2004) refere que, para se conseguir instalar uma linguagem comum com regras, princípios, com cultura de jogo, um modelo de jogo é fundamental para que isso seja feito através do jogo, pois não há nada melhor que a repetição sistemática das situações para poder haver um entendimento coletivo. O mesmo autor afirma que isso não se consegue de uma forma analítica, mas sim, através do contexto de jogo ao exacerbar as regras (princípios de jogo), para que estes surjam naturalmente.

De particular interesse no desenvolvimento de um método global de treino é a utilização de jogos reduzidos (SSG) como forma de treinar parâmetros físicos e técnicos.

Ao utilizar os SSG, os treinadores têm a oportunidade de maximizar o tempo de contato com os jogadores, aumentar a eficiência do treino e, posteriormente, reduzir o tempo total de treino devido à sua natureza multifuncional (Dellal et al., 2008). Acredita-se que esse tipo de treino seja particularmente benéfico para os jogadores que têm tempo de treino limitado, como resultado de cronogramas intensos. Além de ser um uso extremamente eficaz do tempo de treino e da carga física específica da modalidade, o uso de exercícios de futebol para o desenvolvimento fisiológico pode ter várias vantagens sobre o treino físico tradicional sem a bola (protocolos de corrida). Uma das principais diferenças entre os métodos de treino tradicionais e os mais específicos do futebol contemporâneo é que a presença da bola durante, por exemplo, os jogos reduzidos, permite a melhoria simultânea das habilidades técnicas e táticas. Também proporciona maior motivação para os jogadores em qualquer atividade (S.V. Hill-Haas et al., 2009). No entanto, os jogadores estão relativamente livres durante o SSG (a nível posicional) e a sua performance é altamente dependente do seu nível de motivação individual. Durante os jogos reduzidos, os treinadores não podem controlar o nível de atividade dos seus jogadores e, portanto, não está muito claro até que ponto esse método de treino tem o potencial de produzir as mesmas respostas fisiológicas que a corrida intermitente de curta duração produz em jogo. Essa é uma das principais limitações do uso destas formas específicas de treino.

Parece que, em geral, jogos reduzidos, como 2 vs 2 até 4 vs 4 (mais guarda-redes (GKs)) e jogos de média dimensão (MSG), como o 5 vs 5 até 8 vs 8 (mais GKs), produzem intensidades que são considerados ótimos para melhorar os parâmetros de resistência (Aroso et al., 2004; Rampini et al., 2003; D. M. Kelly, 2005). Já as práticas envolvendo jogos de maior dimensão (LSG), como o 9 vs 9 e 10 vs 10 (mais GKs), podem também resultar em padrões específicos de movimento que incorporam atividades do ciclo de alongamento-encurtamento (SSC), bem como os sistemas energéticos que são importantes para o desenvolvimento fisiológico do futebol, bem como das capacidades específicas de cada posição, baseadas aqui na estratégia tática da equipa.

Por estas razões, consideramos importante analisar os blocos de treino que se aproximassem a uma situação de jogo. Com recurso aos planos de treinos cedidos pelos treinadores, identificámos os treinos/ momentos em que a equipa realizou formas jogadas (GR+10x7; GR+8x7; GR+8x8+GR; Jogo GR+8x5; 7x6+GR), para posterior análise e comparação dos dados destes blocos com as situações reais de competição.

Assim, e olhando ainda aos valores de velocidades médias, verificamos que o valor encontrado nos blocos de treino fixa-se nos 3,93 km/h, valor ainda assim mais baixo do que os encontrados em jogo. Os treinos de 4f apresentaram um valor de velocidade média superior (4,38 km/h) comparativamente aos treinos das 2f e 5f, o que vai de encontro ao objetivo da treinadora. Uma vez que a equipa treinava 3 vezes por semana, com jogo ao fim de semana, o treino de 2f era aproveitado para realizar algum trabalho de recuperação pós jogo com algum trabalho técnico, com o treino a meio da semana (4f) a tornar-se o mais intenso, onde a treinadora aumentava o trabalho físico e onde a própria intensidade dos blocos foi superior (velocidades médias de 4,9 km/h, comparativamente a 3,5 km/h e 3,8 km/h nos treinos de 2f e 5f, respetivamente).

Estes resultados poderão ir de encontro ao que é encontrado na literatura: um estudo recente de Sannincandro & Cofano (2018) teve como objetivo descrever a carga externa em situações de jogos reduzidos de 6vs6 e 7vs7. Os autores verificaram que as deslocções a baixa e média intensidade foram superiores na situação de 6vs6, enquanto que na 2ª situação são mais elevados os valores relativos às deslocções a alta intensidade, bem como o nº de sprints. Estes dados sugerem que o formato de 6vs6 impõe, maioritariamente, velocidades médias correspondentes às categorias de velocidades de média intensidade, não exigindo corridas em altas velocidades, o que vai de encontro ao encontrado noutros estudos que compararam estes formatos de jogo (Garrosa & Arrones, 2015). Já o formato de 7vs7, permite a obtenção de picos máximos de velocidade, o que vai igualmente de encontro ao encontrado em outros estudos (Garrosa & Arrones, 2015;

Castellano et al., 2015). A presença de um maior nº de jogadores neste formato, tendo em conta as mesmas dimensões do terreno de jogo, parece tornar o jogo mais complexo e parece requerer um maior nº de corridas de alta intensidade e sprints para que os jogadores possam ocupar os espaços vazios de forma mais rápida e efetiva.

Esta tendência, foi igualmente observada quando comparado o formato de 3vs3 ao formato de 5vs5 (Joo, Hwang, & Jee, 2016).

Posto isto, e olhando para os nossos resultados obtidos (verificar tabela 7, em anexo), verificamos que os valores das deslocações correspondentes às categorias de altas velocidades são superiores nos jogos, e portanto no formato de 9vs9, quando comparados aos blocos de treino (semelhantes aos jogos), que correspondem sempre a formatos mais reduzidos (GR+10x7; GR+8x7; GR+8x8+GR; Jogo GR+8x5; 7x6+GR), o que nos poderá levar a crer que, se no futuro, estudos fossem realizados comparando o formato de 9vs9 com os restantes, a tendência já verificada pela literatura continuasse marcada.

No entanto, parece haver uma crescente preocupação com esta abordagem, já que vários cientistas desportivos questionam quem criou essas zonas arbitrárias de velocidades e o porquê destas divisões específicas, o que é um ponto muito interessante e válido.

Relativamente às zonas de velocidade, Abt & Lovell (2009) sugeriram que, como os jogadores diferem na velocidade na qual começam a correr a alta intensidade, há uma necessidade de estabelecer limiares de velocidade de alta intensidade individualizados. Waldron et al. (2011) destacam que os jogadores são influenciados não apenas pela posição que possuem em campo, mas também pela possibilidade os grupos posicionais (por exemplo avançados e defesas) exibirem diferentes características de velocidade.

Assim, torna-se difícil o desenvolvimento de uma classificação de zonas de velocidades arbitrária, enquanto que as sugestões de zonas de velocidade individualizadas representam uma lógica e um problema logístico na determinação das zonas de velocidade (Waldron et al, 2011).

A variação das idades dos atletas juniores / pré-púberes para os pós-púberes / adultos, pode exigir zonas de velocidade apropriadas para cada grupo de idade, com o objetivo de refletir de forma mais precisa os padrões de taxa de trabalho de atletas pré e pós-púberes.

As classificações de zonas de velocidade definidas e projetadas em torno dos atletas adultos pós-púberes podem não ser adequadas para demonstrar adequadamente as exigências da competição / treino em atletas pré-púberes devido às diferenças fisiológicas inerentes, as diferenças biomecânicas e metabólicas durante o exercício.

Comparando com adultos, as crianças e jovens adolescentes exibem uma menor reserva de energia para exercícios aeróbicos submaximais e maximais, isto é, apresentam um aumento do custo energético de locomoção - para uma determinada velocidade de corrida, assim os jovens vão trabalhar a uma percentagem mais elevada da sua capacidade aeróbica máxima (Ebbeling et al, 1992).

As diferenças metabólicas entre crianças / adolescentes pré-púberes e adultos durante o exercício devem-se, principalmente, a três fatores fisiológicos: as crianças / adolescentes pré-púberes têm economia de marcha / corrida inferior devido a pernas mais curtas, exigindo desta forma uma maior frequência de passada e passada mais curta (Rowland et al. 1987). Exibem também uma corrida menos eficiente em termos mecânicos e uma contração menos eficiente dos músculos antagonistas, onde é revelado um menor controlo neuromuscular para sincronizar ação entre grupos musculares (Frost et al., 1997).

Os poucos estudos que incorporaram características de aptidão para a individualização dos dados de análise de tempo-movimento, têm usado principalmente apenas um único atributo para definir as categorias de velocidade.

Várias abordagens têm surgido, como a utilização das velocidades máximas em sprint, as velocidades aeróbicas máximas, o recurso à determinação dos limiares

ventilatórios e embora estas abordagens melhorem a caracterização individual das altas velocidades, estes atributos utilizados isoladamente não demarcam outras categorias locomoção, como as corridas a muito alta velocidade e o sprint, que são comumente utilizadas em pesquisas e aplicadas para examinar padrões de carga externa em jogadores.

Mendez-Villanueva et al. (2013) introduziram um método que lhes permitia a divisão das zonas de velocidade, método denominado de “LOCO”, no qual foram os primeiros autores a utilizar uma combinação de atributos, entre a velocidade aeróbia máxima (VAM) e a Velocidade Máxima em Sprint. Esta técnica permite estimar a reserva de velocidade anaeróbia (ASR) dos jogadores (que representa a diferença entre a Velocidade Máxima em Sprint e a VAM (Bundle et al., 2003). Foram então estabelecidas cinco zonas de velocidade de corrida para descrever a carga externa individual de cada jogador:

- zona de velocidade 1 (S1): abaixo de 60% de VAM;
- zona de velocidade 2 (S2): de 61% a 80% da VAM;
- zona de velocidade 3 (S3): de 81% para 100% da VAM;
- zona de velocidade 4 (S4): de 101% da VAM a 30% da ASR;
- zona de velocidade 5 (S5): acima de 31% da ASR.

Enquanto que a VAM se correlaciona fortemente ($r=0.9$) (Leger et al., 1980) com a vVO_2Max e pode ser facilmente determinada em testes no terreno, esta normalmente sobrestima a vVO_2Max em 5-10% e é influenciada pela velocidade anaeróbia de reserva (Buchheit et al., 2013). Assim, para verificar o efeito deste potencial problema na distribuição das diferentes zonas de velocidade, foi determinada a velocidade anaeróbia de reserva utilizando a vVO_2Max verificada em laboratório, em conjunto com a velocidade máxima em sprint criando aqui um novo método utilizado por Hunter F. et al (2015).

Neste novo método, também foi utilizada a velocidade correspondente ao limiar de compensação respiratória (2º limiar), para determinar a transição para os exercícios no domínio severo. Relativamente a esta questão, o primeiro método (LOCO) assume que este ponto de transição corresponde a uma fração fixa da VAM, o que pode resultar numa interpretação errónea.

O estudo de Hunter et al. (2015), comparou a distribuição das zonas de velocidades em futebol, nas camadas de formação, utilizando diferentes técnicas. As principais observações foram as seguintes: 1) o uso da velocidade máxima do sprint por si só para individualizar as zonas de velocidade resultou numa interpretação errónea de dados relativos às corridas de alta e muito alta velocidade em 61% e 39% dos jogos analisados respetivamente; 2) os valores fracionários da VAM não caracterizam a natureza individualizada da transição das velocidades para o domínio de exercício de alta intensidade; 3) as diferenças das velocidades de $\dot{V}O_2max$ e VAM não foram sistemáticas, resultando numa má interpretação da corrida total a alta velocidade em 28% dos jogos analisados.

Os poucos estudos que utilizaram características de aptidão para caracterizar as diferentes zonas de intensidade, fizeram-no apenas com recurso a um único atributo. A velocidade máxima em sprint é um atributo facilmente medido em testes de terreno, pelo que será uma técnica fácil de utilizar. Uma vez que os atletas atingem durante os jogos uma elevada percentagem do seu máximo de velocidade em sprint, normalizando as zonas de velocidade tendo em conta a capacidade de sprint de cada atleta poderá refletir uma aproximação válida e ecológica para esta divisão de zonas. No entanto, o uso desta velocidade máxima em sprint assume, erradamente, que os jogadores atingem o seu pico de velocidade em todos os jogos, independentemente da sua posição no campo (Mendez-

Villanueva et al., 2011). Conclui-se também que os atletas que apresentam uma menor velocidade máxima em sprint, para a mesma carga externa, irão despende mais tempo em zonas de velocidade altas, pelo que esta abordagem não será a mais correta.

Já a VAM está associada à performance em sprints repetidos e a melhoria deste atributo está relacionado com o aumento de sprints a altas velocidades nos jogos das camadas jovens e elites. Uma vez que os fatores de locomoção (capacidade aeróbia em combinação com a economia de corrida) são importantes para determinar a capacidade de realização de sprints repetidos a altas velocidades durante os períodos mais intensos dos jogos, o uso da VAM para individualizar as zonas de velocidade poderá apresentar uma maior validade ecológica comparativamente à utilização da vVO_{2Max} . Dado também as exigências laboratoriais para determinar a velocidade correspondente ao $\dot{V}O_{2max}$, o método de Mendez-Villanueva et al. (2011), o LOCO, uma vez que permite a determinação da VAM através de testes no terreno, torna-se uma alternativa bastante mais económica, prática e acessível sendo que, Hunter F. et al. (2015), sugerem que este método poderá ser melhorado com a introdução dos limiares (transições) para os domínios de intensidade severa.

Esta representação da carga externa, no entanto, não tem em consideração as distâncias percorridas/gastos energéticos associados a acelerações e desacelerações, parâmetros que podem também ser derivados através do GPS. Como consequência, e uma vez que as acelerações e desacelerações aumentam ainda mais os gastos energéticos impostos aos atletas, mesmo quando são executadas em categorias de velocidades baixas, esta abordagem tradicional subestima o custo total de energia associado à atividade relacionada ao futebol (di Prampero et al., 2005). Até ao momento, existem poucos estudos na literatura que se têm concentrado na atividade de aceleração e desaceleração em jogadores de elite de futebol (Di Salvo et al., 2009) e, portanto, na contribuição dessas atividades para as estimativas da carga externa em jogadores de futebol.

Em consonância com essas observações, di Prampero et al. (2005) introduziu recentemente uma nova abordagem para estimar o custo energético da corrida acelerada e desacelerada. Esta nova abordagem, combinada com as estimativas tradicionais das velocidades de corrida, permite uma avaliação mais abrangente do custo total de energia da atividade em qualquer momento, com base nos valores de potência metabólica.

Utilizando esta metodologia, Osgnach et al. (2010) concluíram no seu estudo, que o custo energético associado à atividade de alta intensidade durante um jogo de futebol, foi 2-3 vezes três vezes maior que as estimativas baseadas unicamente nas velocidades de corrida. De facto, a potência metabólica em velocidades que são geralmente classificadas como de alta intensidade é bastante elevada (por exemplo, a uma velocidade constante de aproximadamente 14 km/h, a potência metabólica associada é de aproximadamente 20 W/kg). No entanto, uma potência similar pode também ser alcançada a baixas velocidades de corrida, sempre que a aceleração for elevada. Por exemplo, uma velocidade de corrida de 9 km/h seria classificada como uma atividade de "baixa intensidade", tendo em conta as propostas de categorias de velocidades tradicionais. Olhando para esta nova abordagem, concluímos que esta velocidade de corrida pode gerar diferentes gastos metabólicos dependendo da aceleração da corrida (exemplificado na Fig. 9).

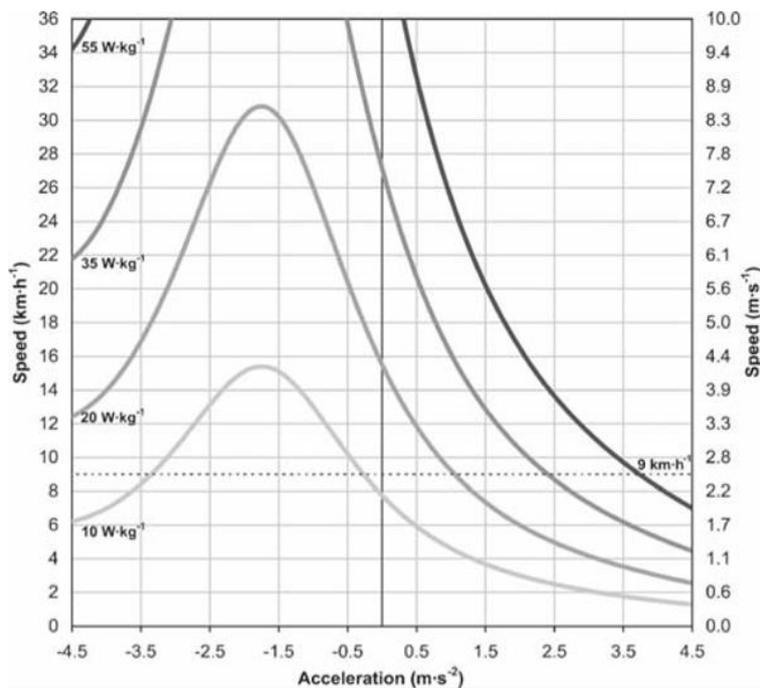


Fig. 9 - Relações de isototências calculadas em função da velocidade (eixo y) e da aceleração (eixo x). Uma velocidade de 9 km/h (linha tracejada horizontal) produz diferentes potências dependendo da aceleração. Por exemplo, a uma velocidade constante (9 km/h), a potência metabólica seria de aproximadamente 13 W/kg, enquanto que à mesma velocidade, mas com uma aceleração de 1 ou 2,4 m/s^2 , a potência metabólica aumentaria para 20 ou para 35 W/kg.

Mais uma vez como foi já referido em cima, a análise dos dados de Potência Metabólica nesta fase foi realizada tendo como base os valores médios dos vários parâmetros analisados, pelo que as conclusões deverão ser tiradas tendo em conta esta situação.

Uma vez que o número de jogos/treinos analisados foi relativamente baixo, tal como já mencionado em cima, não nos foi possível realizar os testes estatísticos pelo que não podemos afirmar haver diferenças estatisticamente significativas relativamente aos valores de Potência Metabólica entre os jogos e treinos. Com os nossos dados verificamos que os valores de P_{met} em jogo são superiores aos valores encontrados em treino, no entanto, tal como para os dados de velocidade, os valores de P_{met} em treino são influenciados pela estrutura do treino e dos exercícios. Assim sendo, olhando para os valores do mesmo parâmetro nos blocos de treino e comparando ao jogo, verificamos que já se aproximam, o que pode ser explicado pela especificidade do exercício, com os valores nos blocos de treino a serem ainda assim inferiores (que poderá ser explicado por hipotéticas condicionantes colocadas pelo treinador no exercício, bem como pela própria motivação das atletas em treino, pausas para feedbacks, etc).

Assim, e pelo facto também de os treinos terem diferentes durações, podemos olhar para o parâmetro da Potência Metabólica assumindo uma característica mais extensiva, que nos permite aferir o gasto energético total da atleta em cada situação (jogo/treino). Enquanto que os valores de Potência Metabólica nos informam acerca do gasto energético

por unidade de tempo (característica intensiva), com o tempo total de cada sessão de treino/jogo, conseguimos calcular o gasto energético total (J), onde multiplicámos o valor médio de Potência Metabólica de cada sessão pelo tempo total (em segundos). Os valores de gasto energético total médios foram superiores em jogo, com o valor a fixar-se nos 96949,9 J, comparativamente aos valores de treino que se fixou nos 87499,9 J, apesar da sua duração ser inferior, o que nos permite aferir acerca da intensidade superior encontrada nos jogos.

Apesar de não termos utilizado esta abordagem, o gasto energético total pode também ser expresso sob a forma de “Distância Equivalente” (ED) (Osgnach et al., 2009), que depende não só da distância total percorrida como também da “forma” como essa distância foi percorrida. Embora diferentes jogadores tenham percorrido a mesma distância, a utilização da “ED” permite a identificação dos diferentes gastos energéticos e avaliar o “real” gasto energético tendo em conta a distância percorrida. A definição deste parâmetro pode ser dada como a distância que um determinado jogador teria percorrido, dado o gasto energético total realmente calculado, se ele corresse a uma velocidade constante durante todo o jogo.

5.1 Frequência de Ocorrências

Relativamente à Frequência de Ocorrências dos valores de Potência Metabólica Corrigida, optámos por analisar as percentagens médias desse mesmo parâmetro, comparando os valores dos jogos de “11” com os jogos de “9”.

Atendendo ao gráfico, podemos verificar que é comum em ambas as categorias (“11” e “9”) haver um aumento na frequência de ocorrências nos valores de Pmet compreendidos entre os 9 W e os 13 W. Quando olhamos para o gráfico das isotências, verificamos que estes valores de potência, obviamente dependendo da aceleração/desaceleração associada ao deslocamento, correspondem sempre a velocidades compreendidas, aproximadamente, entre os 2 km/h e os 16 km/h.

Por isso, decidimos verificar os valores médios das percentagens da Frequência de Ocorrência das Velocidades e verificamos que há, tal como na frequência de ocorrência dos valores de Pmet, um aumento nos valores de velocidades compreendidos entre os 3 km/h e os 5 km/h. Esta análise permite-nos perceber que, as potências metabólicas compreendidas entre os 9 W e os 13 W (onde se verificou o aumento) poderão advir de velocidades compreendidas entre os 3 km/h e os 5 km/h (onde se verificou igualmente o aumento), ou seja, estes valores de Pmet foram gerados a baixas velocidades mas com grandes valores de aceleração/desaceleração, o que poderá ir de encontro ao que está presente na literatura, com o futebol a ser descrito como uma modalidade de esforços curtos e intensos, com rápidas mudanças de velocidades e ações/movimentos explosivos e pode ser também explicado pelo facto de que, em jogo, os atletas de futebol realizam sprints maioritariamente curtos (0-10m) do que sprints longos (>10m) (Di Salvo et al., 2010), o que não permite aos atletas atingirem velocidades elevadas.

Quando olhamos para o gráfico das % médias das Frequências de Ocorrências das Potências Metabólicas, desta vez em treino, verificamos que a % de ocorrência dos valores compreendidos entre os 9 W e os 13 W é inferior comparativamente ao que é encontrado em jogo. Apenas olhando para o gráfico é perceptível a ausência de um claro aumento da frequência de ocorrência de determinado valor ou intervalo de valores de Potência Metabólica e, analisando os valores da tabela que deram origem aos gráficos, verificamos que a % média de ocorrência de valores compreendidos entre os 9 W e os 13 W está em 2.43% para os treinos e 4.07% para os jogos, o que nos permite perceber que, em treino, a atleta não treina ao nível das intensidades que encontra em jogo. Esta análise é feita de igual forma para valores superiores aos 13 W, já que as percentagens de frequência de ocorrência são inferiores ao longo de todo o eixo dos “xx” (Potência Metabólica), ou seja, a atleta treina abaixo das intensidades que encontra em situação de competição.

5.2 Séries Temporais

Uma série temporal é um conjunto de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo e, Segundo Granger (1977), o propósito inicial da análise de séries temporais é tirar inferências sobre as propriedades ou características básicas do mecanismo gerador do processo estocástico das observações da série.

Assim sendo, este foi um dos passos seguintes que demos para a análise dos dados, neste caso, análise das séries temporais de Potências Metabólicas e Velocidades.

Ao analisar uma série temporal, espera-se que nesta exista uma causa relacionada com o tempo, que influenciou os dados e que possam continuar a influenciá-los futuramente.

Há dois objetivos principais na análise de séries temporais: (a) identificar a natureza do fenômeno representado pela sequência de observações e (b) a previsão (prever valores futuros da variável de série temporal). Ambas as metas requerem que o padrão de dados de séries temporais observadas seja identificado e mais ou menos formalmente descrito. Uma vez estabelecido o padrão, podemos interpretá-lo e integrá-lo a outros dados. Independentemente da profundidade de nossa compreensão e da validade de nossa interpretação (teoria) do fenômeno, podemos extrapolar o padrão identificado para prever eventos futuros.

As duas principais fontes de variação na maioria das séries temporais são a tendência e a variação sazonal, existindo, contudo, algumas variações cíclicas e flutuações irregulares que não se devem desprezar, de acordo com os especialistas desta área. Um comportamento muito importante é a tendência, que neste estudo foi determinada com o teste de Mann-Kendall, que poderá ser definida como um comportamento de longo prazo da série temporal. Este tipo de variação está presente quando uma série exibe constantes crescimentos ou declínios, em sucessivos períodos de tempo.

Assim, verificando os resultados do teste de tendência utilizado tanto no parâmetro da Potência Metabólica como na Velocidade, é perceptível que na maioria dos jogos (apenas não se verificou na 1ª parte do jogo da Semana 4) a tendência é negativa ao longo dos jogos tanto para a velocidade como para a PMet, o que nos permite concluir que a intensidade da carga vai diminuindo com o aproximar do final do jogo.

A manifestação de fadiga na parte final do jogo tem vindo a ser estudada em diferentes trabalhos. Foi observada uma diminuição da performance física na segunda parte de jogos da Premier League, afetando especialmente os deslocamentos de intensidade intermédia (Di Salvo et al., 2007). Num outro estudo realizado na mesma liga profissional (Bradley et al., 2009), em que se analisaram as necessidades de recuperação dos esforços de alta intensidade, verificou-se um aumento progressivo do tempo médio de recuperação, o que parece ser um forte indicador de que à medida que o jogo se desenrola a dificuldade em manter o trabalho de alta intensidade vai aumentando. A fadiga manifesta-se fundamentalmente após as fases mais intensas do jogo e na fase terminal do mesmo pelo que, desse modo, cabe aos treinadores desenvolver estratégias de treino que promovam a capacidade de recuperação após o exercício de alta intensidade e a resistência em exercício intermitente de longa duração, enquadradas evidentemente nas características específicas da modalidade.

Uma série temporal contínua ou discreta pode ser analisada no domínio do tempo e no domínio da frequência. Este último, também chamado de Análise Espectral, consiste na decomposição de uma série temporal em funções subjacentes de seno e cosseno, o que nos permite determinar as frequências que parecem particularmente fortes ou importantes. Esta revela algumas características de uma série temporal, que não pode ser facilmente visualizada a partir de uma análise no domínio do tempo. A análise espectral é

usada para resolver uma ampla variedade de problemas práticos, por exemplo, na engenharia. Por ser uma área que nem eu, nem a equipa de trabalho do CAR domina, optámos apenas por deixar uma nota da possibilidade de uma abordagem neste sentido, que poderá ser realizada num futuro próximo como possível continuação deste projeto de investigação.

5.3 Modelo Matemático

O estudo de variáveis metabólicas em jogo torna-se difícil de concretizar por questões técnicas. A colheita de sangue para posterior análise tem de ser feita em intervalos, mais ou menos regulares, o que implica que o atleta tenha de interromper o jogo para a colheita. Alguns estudos (citados na tabela 2, no capítulo da “Revisão de Literatura”) têm sido publicados utilizando recolhas de sangue no início e no final dos jogos. Esses resultados têm validade reduzida porque espelham apenas o que os atletas realizaram nos momentos imediatamente anteriores às colheitas e não o que se terá passado durante os 90 minutos. Alguns autores, utilizando jogos não oficiais, colhem sangue e realizam biopsias em jogadores diferentes, com intervalos regulares de tempo para encontrarem um perfil mais real das variáveis metabólicas em estudo (Krustrup et al., 2006). Esta é uma forma muito mais aproximada e a única possível de conhecermos as repercussões fisiológicas de um jogo.

No nosso estudo, utilizámos o modelo matemático elaborado por Beckert et al. (2016), que faz a simulação do envolvimento dos sistemas energéticos, em função dos dados medidos pelo GPS, com o objetivo de analisar as variáveis metabólicas em jogo/treino.

Em laboratório, determinámos o $\dot{V}O_2max$ e os limiares da atleta e estes dados, em conjunto com os valores de P_{met} que surgem aqui como a “perturbação” ao sistema de energia química, simulámos o comportamento das variáveis metabólicas em dois casos: caso 1 – simulação realizada com base no $\dot{V}O_2max$ da atleta; caso 2 – simulação realizada com base num valor de menos 30% do $\dot{V}O_2max$ real da atleta.

Do ponto de vista energético, a contribuição das diferentes fontes energéticas pode ser entendida numa perspetiva de capacidade e potência. A capacidade aeróbia refere-se à aptidão de manter uma elevada produção de energia durante um tempo prolongado, utilizando como via preferencial a via oxidativa. A capacidade aeróbia, não pode ser medida isoladamente, mas é habitualmente avaliada através de testes até à exaustão (efetuados diferentes potências).

Quanto à potência aeróbia é habitualmente avaliada através de testes de esforço máximo com uma duração relativamente curta de 12 a 15 min para evitar uma excessiva participação das outras fontes de energia. A determinação do consumo máximo de oxigénio ($\dot{V}O_2max$) é a forma mais tradicional de avaliar a potência aeróbia.

A figura em baixo, representa a simulação do comportamento do consumo de O_2 ao longo de uma primeira parte de um jogo. De salientar aqui a importância de perceber que, as categorias de velocidades não podem ser diretamente ligadas ao VT1 e VT2, uma vez que as velocidades correspondentes aos limiares, foram obtidas num exercício protocolado, laboratório com corrida em patamares progressivos.

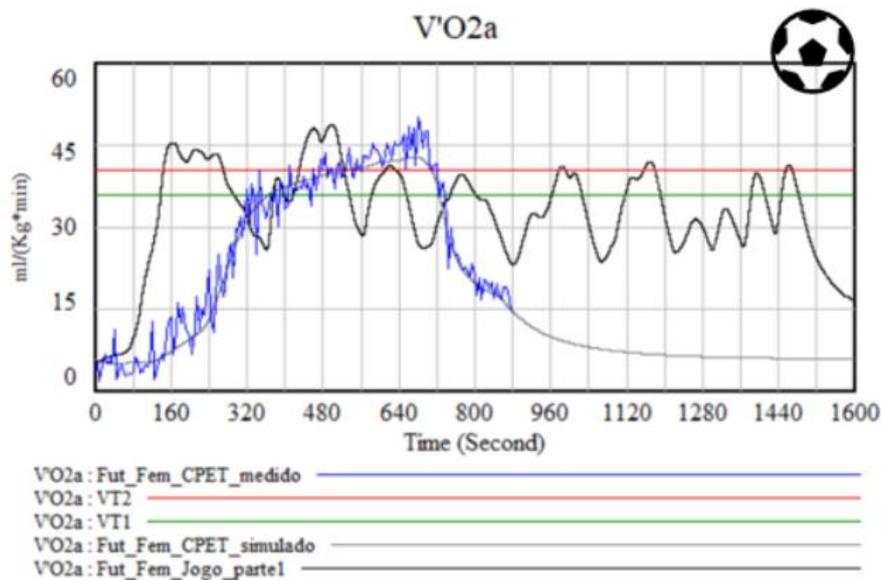


Figura 10 - Consumo de O_2 (ml/Kg/min) ao longo de uma primeira parte de um jogo de futebol (a preto). A linha verde VT1 corresponde ao 1º limiar ventilatório e a linha vermelha VT2 corresponde ao 2º limiar ventilatório. A azul estão representados os valores de $\dot{V}O_2$ medidos durante a prova laboratorial em tapete rolante. A cinza, estão representados os valores de $\dot{V}O_2$ simulados pelo modelo matemático.

De uma forma simplista, num exercício máximo e de curta duração, a energia é conseguida de forma imediata através do ATP (trifosfato de adenosina) acumulado na célula muscular. No entanto, as quantidades de energia armazenadas dessa forma asseguram apenas os primeiros segundos de exercício, sendo necessário recorrer a outros mecanismos celulares. Após estes primeiros momentos do exercício é necessário recorrer à fosfocreatina (CP) para assegurar a continuidade do trabalho físico. Este composto contribui para a regeneração do ATP utilizado nas fases iniciais e intensas do esforço.

Esse sistema, vulgarmente designado por ATP-CP ou anaeróbio alático (não produz acumulações significativas de lactato), embora de curta duração, é o que apresenta uma potência mais elevada permitindo debitar enormes quantidades de energia por unidade de tempo. É o sistema de energia primordial em corridas de 100 m, lançamentos e saltos. Todavia, no futebol as ações de máxima intensidade não ocorrem isoladamente. Para além de serem intercaladas por fases menos intensas, repetem-se ao longo de 90 minutos. Como forma de garantir que todas essas ações se mantenham ao longo do jogo, é necessário repor, da forma mais rápida e eficiente possível, as reservas de fosfagénios que vão sendo utilizadas ao longo do jogo pelo que, na prática, a capacidade de realizar esforços repetidos de alta intensidade, como os específicos do futebol, requer uma ressíntese rápida do ATP e da CP.

Harris et al. (1976) sugerem que o mecanismo de ressíntese da PCr é rápido e mostra comportamento bifásico: fase rápida (21-22 segundos) e fase lenta (~170-180 segundos), pelo que será por volta dos 3 minutos que se terá atingido a recuperação quase completa da CP muscular.

Na prática, isto permite-nos concluir da extrema importância do treino intermitente de máxima intensidade no futebol como forma de estimularmos a produção anaeróbia de energia e, assim, a realização de movimentos rápidos, intensos e repetidos no tempo. É muito habitual, por exemplo, os atletas serem submetidos a treinos que são idealizados

como sendo adaptados à melhoria da potência dos jogadores e, pelo facto de não respeitarem os tempos de regeneração das reservas dos fosfagénios, transformam-se, não em treinos de potência, mas em treinos de resistência. É este o erro mais comum que está na origem da incapacidade dos atletas em se tornarem mais rápidos e mais potentes ao longo da época desportiva.

A resistência no futebolista tem como objetivo não só prolongar o esforço a alta intensidade, mas, acima de tudo permitir adaptações que aumentem a capacidade de recuperar entre esforços de forma rápida e eficaz. De facto, alguns trabalhos têm demonstrado uma forte relação entre a aptidão aeróbia e a recuperação entre exercícios repetidos realizados a alta intensidade. Ou seja, quanto melhor a capacidade aeróbia, mais eficaz será a recuperação entre esforços intensos.

A refosforilização do ATP-PCr, pode ser realizada através da via aeróbia ou anaeróbia.

Edwards et al. (2003) referem que o facto de uma parte significativa do jogo de futebol ser realizada frequentemente acima de 80 e 90% da FC_{max} é um forte indicador de que a glicólise anaeróbia desempenha, em determinados momentos do jogo, um importante papel na disponibilização total da energia necessária ao futebolista.

A concentração de La sanguíneo é usualmente utilizada como um indicador da energia produzida através do sistema anaeróbio láctico (Bangsbo, 1993; Bangsbo et al., 1991; Edwards et al., 2003), no entanto, as concentrações de La durante e após o jogo não podem ser consideradas representativas da contribuição da glicólise anaeróbia durante a total duração do jogo, uma vez que subestimam a produção de lactato, já que representam o balanço entre a produção e a remoção.

Já segundo Bishop et al. (2005) e Glaister (2005), a capacidade de restaurar os depósitos de CP e o equilíbrio ácido-base é fundamental, a fim de maximizar a capacidade de um futebolista conseguir realizar atividades de elevada intensidade, que são intercaladas com curtos períodos de recuperação. Além disso, o facto da restauração do CP e do equilíbrio ácido-base serem processos dependentes de O_2 sugere que um elevado fitness aeróbio pode originar um aumento da habilidade de resistir à fadiga durante este tipo de trabalho (Glaister, 2005). Segundo Tomlin & Wenger (2001) existe uma elevada correlação entre a performance aeróbia e a velocidade de remoção do La sanguíneo e taxa de regeneração do CP, fatores que permitem uma melhor recuperação do exercício intermitente de elevada intensidade.

Estas situações podem ser verificadas nas figuras 11 (que representa a taxa de refosforilização de ATP através da via oxidativa) e 12 (que representa a taxa de refosforilização de ATP através da via anaeróbia láctica).

Quando a simulação é feita com um $\dot{V}O_{2max}$ inferior em cerca de 30%, verificamos uma diminuição na taxa de refosforilização de ATP através da via oxidativa e um aumento da mesma taxa através da via anaeróbia láctica, contribuindo para uma recuperação mais lenta do exercício intermitente de alta intensidade, levando à diminuição da *performance* do atleta.

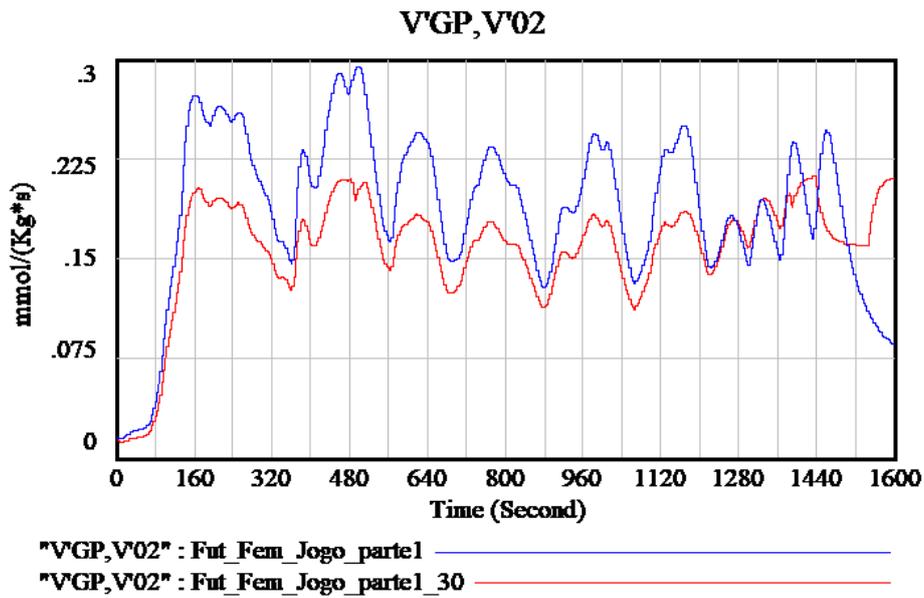


Figura 11 - Taxa de refosforilação de ATP-PCr (mmol/Kg/s) através da via oxidativa, durante a primeira parte de um jogo de futebol. Linha azul referente à simulação realizada com o $\dot{V}O_2max$ real da atleta e a linha vermelha, referente à simulação realizada com menos 30% do valor de $\dot{V}O_2max$ real.

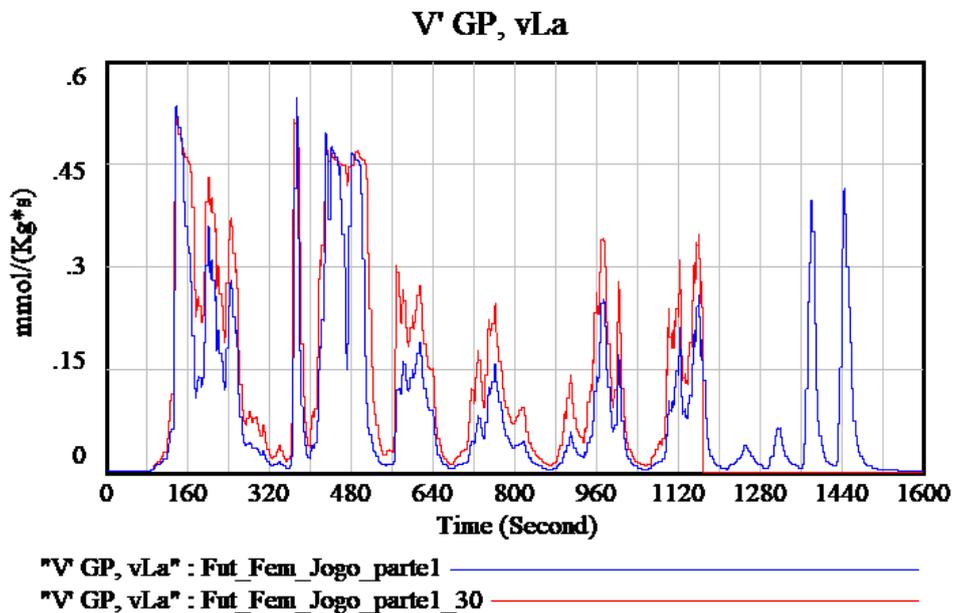


Figura 12 - Taxa de refosforilação de ATP-PCr (mmol/Kg/s) através da via anaeróbia láctica, durante a primeira parte de um jogo de futebol. Linha azul referente à simulação realizada com o $\dot{V}O_2max$ real da atleta e a linha vermelha, referente à simulação realizada com menos 30% do valor de $\dot{V}O_2max$ real.

Como tal, o treino aeróbio pode aumentar a habilidade do músculo recuperar após a realização de exercício anaeróbio, pelo que, deste ponto de vista a aptidão aeróbia assume um papel de elevado relevo. Como exemplo disso, o treino da resistência aeróbia leva ao aumento das concentrações intracelulares de ATP e CP, em que o aumento dos fosfagénios associado ao incremento da atividade de enzimas (mioquinase e creatina quinase) leva ao aumento da capacidade do músculo treinado em utilizar energia pela via anaeróbia alática (ATP e CP) e pela via oxidativa, com consequente menor produção de lactato e menor acidose metabólica.

A figura 13 demonstra a concentração de ATP-PCr ao longo de uma primeira parte de um jogo, e verificamos que as concentrações, para o caso 2 (menos 30% $\dot{V}O_2max$) são claramente inferiores.

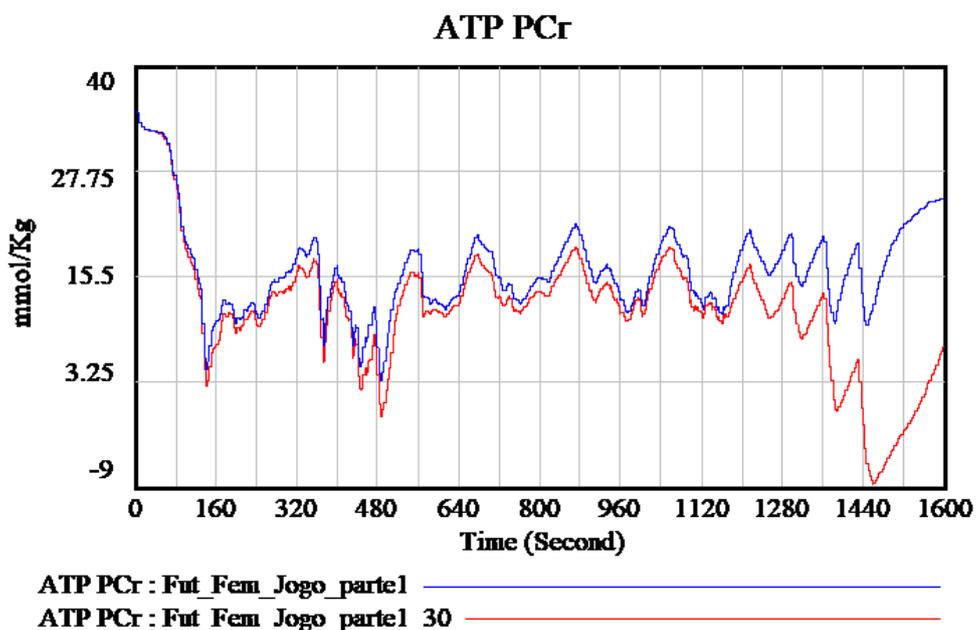


Figura 13 - Comportamento da concentração de ATP-PCr (mmol/Kg) durante a primeira parte de um jogo de futebol. Linha azul referente à simulação realizada com o $\dot{V}O_2max$ real da atleta e, a linha vermelha, referente à simulação realizada com menos 30% do valor de $\dot{V}O_2max$ real.

Assim, os futebolistas, ao treinarem a sua resistência aeróbia, têm duas vantagens evidentes: por um lado, nas fases menos intensas, poupam glicogénio pela maior utilização de lípidos e, por outro lado, ficam fisiologicamente mais aptos para se recuperarem mais rapidamente entre as fases mais intensas do jogo.

Helgerud et al. (2001) conduziram um estudo onde são testados experimentalmente os efeitos de um trabalho de resistência de alta intensidade na *performance* física, não só em testes específicos de futebol como também durante o próprio jogos. Os autores estudaram uma equipa que foi dividida em dois grupos: um controlo, que realizava o seu treino normal, e um grupo experimental (treinado), que foi submetido a um treino suplementar de resistência que consistia em quatro séries de 4 minutos a 90-95% da FC máxima, com intervalos de corrida lenta de 3 minutos, duas vezes por semana durante oito semanas. Os jogadores foram posteriormente analisados, por vídeo (*time-motion analysis*), e analisada a sua *performance* física no jogo. Os resultados obtidos em provas realizadas no laboratório evidenciam uma melhoria significativa da aptidão aeróbia dos atletas

submetidos a um treino suplementar, no entanto, terão essas melhorias repercussões na condição física específica dos atletas em jogo? Para responder a esta questão, os autores analisaram os resultados obtidos com o estudo de *time-motion*. Os resultados demonstram claramente que o grupo treinado melhorou a sua participação no jogo, neste caso expressa, não só pela componente física, como também pelas variáveis táticas e técnicas, como a realização de passes, com e sem sucesso.

Em resumo, o treino aeróbio induz aumentos importantes na *performance* global do futebolista através também do aumento da distância total percorrida, da intensidade do trabalho, do número de sprints e das fases de envolvimento com a bola.

5.4 Direções futuras

A introdução e as melhorias na tecnologia GPS, providenciaram um “salto” dos estudos descritivos dos padrões de movimento para os estudos de comparações entre os padrões de taxa de trabalho em competição e treino, das distâncias percorridas e medidas de velocidade.

As exigências fisiológicas e as características dos atletas juniores (pré-elites), devem ser investigadas, com o intuito de definir categorias de velocidade que reflitam com maior precisão a idade e nível de habilidade desses atletas, facilitando assim o desenvolvimento de jogadores mais jovens.

Os parâmetros obtidos através de GPS podem também facilitar aos treinadores a identificação de métodos, que permitam a introdução e preparação de jovens jogadores para a intensidade e cargas de treino experienciados ao nível dos elites.

Monitorizando a carga fisiológica em cada atleta, as tecnologias de GPS permitem a cientistas e treinadores e otimizar e individualizar o treino e, potencialmente, diminuir a incidência de lesão.

Finalmente, o uso da análise ao vivo fornecerá dados instantâneos de padrões de taxas de trabalho, que permitirão ao treinador realizar ajustes para potenciar desempenho do jogador. Ao monitorizar, em conjunto e ao longo do tempo, a evolução da potência metabólica e do VO₂, pode ser possível estimar a taxa com que as reservas de ATP-CP são gastas, bem como a taxa de ressíntese destas mesmas reservas. Isto poderia dar-nos informações preciosas acerca: 1 – do envolvimento anaeróbio láctico, que compromete a capacidade de manter o exercício a alta intensidade durante longos períodos; 2 – da depleção de glicogénio, pode levar também a uma redução da intensidade do exercício; 3 – da capacidade que o atleta tem de trabalhar o mais próximo possível da sua “potência crítica”. Relativamente a esta temática, de salientar também que apenas dois estudos investigaram a confiabilidade da análise de dados obtidos através do GPS em tempo real (Aughey & Falloon, 2010; Dallaway, 2013) sendo que apenas um foi publicado (Aughey & Falloon, 2010). Ambos os estudos relataram que a análise em tempo real é relativamente imprecisa e subestima a carga de trabalho.

São necessárias, no futuro, pesquisas também sobre a classificação das categorias de impacto, uma vez que a quantificação destes parâmetros para os treinadores, em tempo real, poderia fornecer dados para que haja lugar, por exemplo, a substituições táticas baseadas nos impactos e nos limites fisiológicos dos jogadores.

5.5 Limitações

Esta nova abordagem, em cima supracitada, apresenta algumas limitações que poderão tornar-se alvo de novos estudos futuros:

1. A massa total do atleta é condensada no seu centro de massa. Isto implica necessariamente que o gasto de energia devido ao trabalho interno (como o necessário

para mover os membros superiores e inferiores em relação ao centro de massa) é o mesmo durante a corrida acelerada e durante a subida em velocidade constante;

2. A suposição (i) implica também que a frequência da passada acelerada, para qualquer valor de ES^* , é igual à da velocidade constante (subida / descida).

Para além das limitações acima citadas, existem variáveis negligenciadas pelos autores desta abordagem. Conforme descrito na parte inicial do relatório, esta abordagem considera apenas o desempenho da corrida. Portanto, muitas outras atividades típicas, como saltar, chutar a bola, atacar, conduzir a bola e assim por diante, foram negligenciadas, bem como a resistência do ar. Também é difícil avaliar as variáveis climáticas e ambientais: o clima e as condições do campo podem influenciar a taxa de trabalho dos jogadores. Um valor de KT maior que 1,29 (como o utilizado na abordagem deste estudo e que corresponde a corrida em relvado) pode ser usado para calcular o custo energético em partidas disputadas em campos com más condições (lama, neve, entre outros).

6. Conclusão

A quantidade de dados recolhidos com sistemas de GPS é enorme e o desafio, é termos a capacidade de nos concentrarmos nas variáveis que são realmente úteis para monitorizar a carga de treino. A análise destas variáveis deve ser um acréscimo importante para a gestão do planeamento das cargas, sendo que todos procuram as variáveis que melhor representam a carga de treino e, a verdade, é que todos têm boas razões para justificar as suas próprias opções.

Este estudo, permitiu-nos concluir, com algumas reservas (tendo em conta o tamanho da nossa amostra), que as intensidades encontradas em treino, poderão ser inferiores comparativamente às intensidades encontradas na competição, com os valores médios de Potência Metabólica em treino a serem inferiores aos encontrados em jogo.

Concluimos também que se torna fundamental haver uma individualização das categorias de velocidade, devido às diferenças metabólicas e até biomecânicas entre atletas e que, no entanto, esta abordagem tradicional subestima os reais gastos energéticos do atleta, uma vez que não considera as situações de aceleração/desaceleração.

Os nossos dados, mostram também a importância do princípio da especificidade, uma vez que, no treino, o momento em que as intensidades mais se aproximaram aos valores encontrados em jogo, foi nas situações de formas jogadas (que mais se assemelham a uma situação real de competição).

Na minha opinião, optaria pelo foco na questão da qualidade da recuperação (através de questionários, por exemplo), bem como na potência metabólica, como forma de caracterizar os volumes de treino (através do gasto energético) e as intensidades (valores de Potência Metabólica).

Hoje em dia, devemos estar abertos a novas abordagens e perspectivas, procurar conhecer os limites de cada abordagem e procurar beneficiar o máximo das vantagens de cada uma.

Embora muitas vezes não relacionadas com a qualidade dos dispositivos, as questões práticas sobre a utilização destas tecnologias desempenham um papel muito importante, e podem ser bastante frustrantes na altura da recolha dos dados: falhas na colocação das informações relativas ao atleta nos sistemas de computador, falhas relativamente à colocação dos dispositivos à carga antes da sua utilização, procurar ter as unidades prontas a recolher dados e informar os atletas para não mexerem nos dispositivos para evitar falhas na recolha e procurar descarregar os dados imediatamente após os treinos/jogos para o software, de modo a evitar perdas.

Ainda que pareça algo trivial, estes problemas geralmente desempenham um papel importante na recolha diária de dados, pelo que é altamente recomendável que o profissional estabeleça um plano de uso geral para a tecnologia, a fim de garantir a consistência das recolhas.

7. Reflexão Final

Se há lição que retiro após a conclusão do estágio é que há sempre lugar ao conhecimento e que há sempre espaço para aprender e para melhorar. O conhecimento não é algo estanque e, tal como o jogo, apresenta sempre imprevisibilidade. O que hoje pode ser verdade, amanhã poderá já não o ser. Refletir, pensar, aceitar perspetivas ou rejeitar pontos de vista, são atitudes que todo e qualquer treinador deve ter. O sucesso não se mede apenas pelos resultados. Temos de procurar estar na linha na frente, com novas metodologias, novos processos, novas visões sobre o jogo.

Foi acima de tudo um ano de muito trabalho e que não pode terminar aqui. Um ano com uma equipa de trabalho de excelência, que tudo fizeram para que me pudesse sentir acompanhado e presente.

Relativamente à componente prática nas tarefas de laboratório, sinto ainda alguma insegurança em realizar algumas das avaliações, de forma completamente autónoma. A verdade é que a componente prática estava algo sujeito à calendarização de avaliações, que nem sempre ocorriam com frequência ao longo do mês, salientando também o facto de que surgiram alguns imprevistos ao nível de alguns dos equipamentos de avaliações, que se encontraram inoperacionais durante parte do semestre, o que inviabilizou parte da componente prática.

Relativamente à componente de investigação, sinto que foram cumpridos os objetivos. Adquirir, melhorar e desenvolver competências no planeamento e avaliação do treino em atletas de Alto Rendimento era primordial após este ano de estágio e sinto que, a abordagem que estive no centro da investigação, me deu uma nova perspetiva na forma de olhar o treino, permitindo não só consolidar os meus conhecimentos ao nível da fisiologia do exercício, bem como a consolidação de técnicas de avaliação e controlo do treino.

Todas as atividades realizadas quer nos laboratórios do CAR, quer no terreno no âmbito do projeto de investigação, permitiram perceber que há uma imensidão de situações que não estão escritas e que só a experiência nos ensina. Vivenciar todos esses processos foi algo muito positivo para mim. Perceber que o mundo do treino e do planeamento está muito além daquilo que aprendemos ao longo de todos os anos de estudo e que é importante passar à prática para nos depararmos com todas estas situações.

Um enorme obrigado a todos os que fizeram parte do meu percurso académico até ao dia de hoje.

Bibliografia

- Abt G, Lovell R. (2009). The use of individualized speed and intensity thresholds for determining the distance run at high-intensity in professional soccer. *J Sports Sci*, 27(9):893–8;
- Akenhead R, French D, Thompson KG, Hayes PR (2014). The acceleration dependent validity and reliability of 10 Hz GPS. *J Sci Med Sport*,17(5):562–566;
- Aroso J., Rebelo A.N., Gomes-Pereira J. (2004). Physiological impact of selected game-related exercises. *J Sports Sci*, 22: 522;
- Aughey RJ (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform*. 6: 295 – 310;
- Aughey RJ, Falloon C. (2010). Real-time versus post game GPS data in team sports. *J Sci Med Sport*;13(3): 348–9;
- Bangsbo, J. (1993). The physiology of soccer - with Special Reference to Intense Intermittent Exercise: HO+Storm, Bagsvaerd;
- Bangsbo, J. (1994b). The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 619: 1–155;
- Bangsbo, J., Gollnick, P. D., Graham, T. E., & Saltin, B. (1991). Substrates for muscle glycogen synthesis in recovery from intense exercise in man. *J Physiol*, 434, 423-440;
- Barbero Alvarez J, Lopez M, Barbero Alvarez V, et al. (2008). Heart rate and activity profile for young female soccer players. *J Hum Sport Exerc.*; 3(2):1–11;
- Beckert J. (2016). Identificação da relação dinâmica entre a resposta fisiológica à hipoxia e o desempenho desportivo de atletas de alto rendimento. Tese de Doutoramento em Medicina na Especialidade em Biomedicina;
- Bishop, D., Edge, J., Davids, C., Dawson, B., & Goldman, C. (2005). The Importance of Buffer Capacity for Team-sport Participants. In T. Reilly, D. Araújo & J. Cabri (Eds.), In: *Soccer and Football V* (pp. 508-514): E&F. N. Spon, London/New York;
- Blanch P, Gabbett TJ. (2015). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Br J Sports Med* Published Online First: 23 Dec 2015.
- BRADLEY, P.; SHELDON, W.; WOOSTER, B.; BOANAS, P.; KRUSTRUP, P. (2009). "High-intensity Running in English FA Premier League Soccer", in *Journal of Sports Sciences* 27(2): 159-68;

- Brink MS, Nederhof E, Visscher C, Schmikli SL, Lemmink KA (2010). Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24: 597 – 603;
- Bucheit M, Mendez-Villanueva A, Simpson BM, et al. (2010). Match running performance and fitness in youth soccer. *Int J Sports Med.*; 31(11):818–25;
- Buchheit M, Laursen PB (2013). High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. Part 1: Cardiopulmonary Emphasis. *Sports Med*; 43: 313-338;
- Bundle MW, Hoyt RW, Weyand PG (2003). High-speed running performance: a new approach to assessment prediction. *J Appl Physiol*, 95: 1955 – 1962;
- Carvalhal, C. (2001). *No treino de futebol de rendimento superior. A recuperação é ... muitíssimo mais que recuperar.* Liminho, Indústrias Gráficas, Lda.;
- Casamichana D, Castellano J. (2010). Heart rate and motion analysis by GPS in beach soccer. *J Sports Sci Med.*; 9:98–103;
- Castagna C, Impellizzeri F, Cecchini E, et al. (2009). Effects of intermittent-endurance fitness on match performance in young male soccer players. *J Strength Cond Res.*; 23(7):1954–9;
- Castellano J, Casamichana D, Calleja-González J, San Román J, Ostojic SM (2011). Reliability and accuracy of 10 Hz GPS devices for short-distance exercise. *J Sports Sci Med.*; 10:233–234;
- Castellano J, Puente A, Echeazarra I, et al. Influence of the number of players and the relative pitch area per player on heart rate and physical demands in youth soccer. *J Strength Cond Res*. 2015;29(6):1683–1691;
- Coutts AJ, Dufield R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport.*; 13(1):133–135;
- Cummins C, Orr R, O'Connor H, et al. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Med.*; 43(10): 1025–42;
- D.M. Kelly (2005). Physiological and technical responses during 4 v 4 soccer drills on different sized pitches. Liverpool John Moores University, Liverpool;
- Dallaway, N. (unpublished) (2013). Movement profile monitoring in professional football. University of Birmingham Research Archive;
- Dellal K., Chamari A., Pintus O., Girard T., Cotte, D. (2008). KellerHeart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *J Strength Cond Res*, 22: 1449-1457;
- di Prampero PE, Fusi S, Sepulcri L, Morin JB, Belli A, Antonutto G (2005). Sprint running: a new energetic approach. *J Exp Biol*, 208: 2809 – 2816;

- di Prampero PE, Botter A, Osgnach C. (2015). The energy cost of sprint running and the role of metabolic power in setting top performances. *Eur J Appl Physiol*, 115:451–469;
- Di Salvo V, Gregson W, Atkinson G, Tordoff P, Drust B (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med*; 30: 205 – 212;
- Di Salvo V, Baron R, González-Haro C, Gormasz C, Pigozzi F, Bachl N. (2010). Sprinting Analysis of Elite Soccer Players during European Champions League and UEFA Cup Matches. *J Sport Sci.*; 28:1489–1494;
- Di Salvo V., Baron R.; Tschan H., Montero M., Bachl N., Pigozzi F. (2007). “Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer”, in *International Journal of Sports Medicine* 28(3): 222-7;
- Ebbeling C, Hamill J, Freedson P, et al. (1992). An examination of efficiency during walking in children and adults. *Pediatr Exerc Sci.*; 4(1):36–49;
- Edwards RHT. (1983). *Biochemical basis of fatigue in exercise performance*. Champaign: Human Kinetics;
- Edwards, A. M., Macfadyen, A. M., & Clark, N. (2003). Test performance indicators from a single soccer specific fitness test differentiate between highly trained and recreationally active soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 43(1):14-20;
- Faria, R. (2004), In Freitas, S. (2004). A especificidade que está na “concentração tática” uqe na especificidade...no que deve ser uma operacionalização na “periodização tática”. Monografia FCDEF-UP;
- Frade, V. (2003). In Martins, F. (2003). A “Periodização Tática” segundo Vitor Frade: mais do que um conceito, uma forma de estar e de refletir o Futebol. Monografia FCDEF-UP;
- Francis JT, Quinn TJ, Amann M, Laroche DP (2010). Defining intensity domains from the end power of a 3-min all-out cycling test. *Med Sci Sports Exerc*; 42: 1769 – 1775;
- Frost G, Dowling J, Dyson K, et al. (1997). Cocontraction in three age groups of children during treadmill locomotion. *J Electromyogr Kinesiol.*;7(3):179–86;
- Garrosa NF, Arrones SL (2015). Comparación de las demandas físicas de tareas de fútbol reducido y la competición en jugadoras de fútbol sub 13. *Deporte CCD*; 10: 235–243;
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*, 35(9): 757- 777;
- GPSports Systems (2006). *GPSports team analysis user manual*. Version 1.5;
- Gray AJ, Jenkins D, Andrews MH, et al. (2010). Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports. *J Sports Sci.*;28(12):1319–25;

- Harris RC, Edwards R, Hultman E, Nordesjö L, Nylind B, Sahlin K. (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflügers Archiv*; 367: 137-42;
- Helgerud, J., Kemi O. J., Hoff J. (2002). "Pre-season Concurrent Strength and Endurance Development in Elite Soccer Players", in J. Hoff; J. Helgerud (eds.). *Football (Soccer): New Developments in Physical Training Research*. Trondheim, NTNU; pp. 55-66;
- Hewitt J, Cronin J, Button C, Hume P. (2011). Understanding deceleration in sport. *Strength and conditioning journal.*; 33(1):47-52;
- Hill-Haas SV, Coutts AJ, Rowsell GJ, et al. (2008). Variability of acute physiological responses and performance profiles of youth soccer players in small-sided games. *J Sci Med Sport.*;11(5):487–90;
- Hill-Haas SV, Dawson BT, Coutts AJ, et al. (2009). Physiological responses and time-motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. *J Sports Sci.*;27(1):1–8;
- Hunter F, Bray J, Towlson C, Smith M, Barrett S, Madden J, Abt C, Lovell R. (2015). Individualisation Methods in Time-Motion Analysis: A Method Comparison and Case Report Series. *Int J Sports Med*; 36:41-48;
- Impellizzeri F. M. et al. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Sciences, London*, 23(6): 583-592;
- Jennings D, Cormack S, Coutts AJ, Boyd L, Aughey RJ (2010). The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *Int J Sports Physiol Perform.*;5(3):328–341;
- Johnston R, Watsford M, Pine M, et al. (2012). The validity and reliability of 5-Hz global positioning system units to measure team sport movement demands. *J Strength Cond Res*;26(3): 758–65;
- Jones AM, Vanhatalo A, Burnley M, Morton RH, Poole DC (2010). Critical Power: Implications for determination of VO₂ max and exercise tolerance. *Med Sci Sports Exerc*; 42: 1876 – 1890;
- Joo CH, Hwang Bo K, Jee H (2016). Technical and Physical Activities of Small-Sided Games in Young Korean Soccer Players. *J Strength Cond Res*;30(8): 2164–73;
- Kelly D, Coughlan FG, Green SB, et al. (2012). Automatic detection of collisions in elite level Rugby Union using a wearable sensing device. *Sports Eng*; 15:81–92;
- Krstrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 38(6): 1165-1174;
- Larsson P. (2003). Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Med.*;33(15):1093–101;

- Leger LA, Boucher R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: the Universite de Montreal track test. *Can J Appl Sport Sci*; 5: 77-84;
- McLellan CP, Lovell DI, Cass GC. (2011). Performance analysis of elite Rugby League match play using global positioning systems. *J Strength Cond Res.*;25(6):1703–10;
- McLellan, CP, Lovell, DI, and Gass, GC (2011). Biochemical and endocrine responses to impact and collision during elite rugby league match play. *J Strength Cond Res* 25(6): 1553–1562;
- Mendez-Villanueva A, Buchheit M, Simpson B, Bourdon PC (2013). Match play intensity distribution in youth soccer. *Int J Sports Med*; 34: 101-110;
- Mendez-Villanueva A, Buchheit M, Simpson B, Peltola E, Bourdon P (2011). Does on-field sprinting performance in young soccer players depend on how fast they can run or how fast they do run? *J Strength Cond Res*; 25:2634-2638;
- Midgley, AW, McNaughton, LR, and Jones, AM (2007). Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: Can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Med* 37: 857– 880;
- Minetti AE, Moia C, Roi GS, Susta D, Ferretti G (2002). Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *J Appl Physiol*; 93: 1039 – 1046;
- Monod H, Scherrer J (1965). The work capacity of synergy muscular groups. *Ergonomics* 1965; 8: 329 – 338;
- Mourinho J. (2001). 5 perguntas a... José Mourinho. In *Revista Training* (3). Pp.:4-5;
- Oliveira B. et al. (2006). *Mourinho. Porquê tantas vitórias?* Gravidia – Publicações, Lda.;
- Oliveira, J. (1991). Especificidade, o pós-futebol do pré-futebol – um fator condicionante do alto rendimento desportivo. Monografia FCDEF-UP;
- Osgnach C, Poser S, Bernardini R, Rinaldo R, di Prampero PE (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*; 42: 170 – 178];
- Pinnington HC, Dawson B. (2001). The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *J Sci Med Sport.*;4(4): 416–30;
- Portas M, Rush C, Barnes C, et al. (2009). Method comparison of linear distance and velocity measurements with global positioning satellite (GPS) and the timing gates techniques. *J Sci Med Sport.*;4:381–93;

- Portas M, Rush C, Barnes C, et al. (2010). The validity and reliability of 1-Hz and 5-Hz global positioning systems for linear, multidirectional, and soccer-specific activities. *Int J Sports Physiol Perform.*;5:448–58;
- Rampinini A., Sassi, F.M. Impellizzeri. Reliability of heart rate recorded during soccer training. *Fifth World Congress of Science and Football*, Routledge, Abingdon (2003);
- Resende N. (2002). *Periodização Tática. Uma conceção metodológica que é uma consequência trivial do jogo de futebol. Um estudo de caso ao microciclo padrão do escalão sénior do Futebol Clube do Porto.* Monografia FCDEF-UP;
- Rocha A. (2003). A especificidade, “um itinerário”! A Génese e o Desenvolvimento de “um facto Científico”. Monografia FCDEF-UP;
- Rowland TW, Auchinachie JA, Keenan TJ, et al. (1987). Physiologic responses to treadmill running in adult and prepubertal males. *Int J Sports Med.*;8(4):292–7;
- Sahlin K. (1992). Metabolic factors in fatigue. *Sports Med.*; 13:99–107;
- Sannicandro I., Cofano G. (2018). Small-sided games activities with external wild-card soccer players. *MOJ Sports Medicine*, 2(4);
- Santos J.A. *Estudo comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre futebolistas de diferente nível competitivo e velocistas, meiofundistas e fundistas do atletismo.* Porto, 1995. Dissertação (Doutorado) – FCDEF da Universidade do Porto.
- Schutz Y, Chambaz A. (1997). Could a satellite-based navigation system (GPS) be used to assess the physical activity of individuals on earth? *Eur J Clin Nutr.*;51(5):338–9;
- Scott MT, Scott TJ, Kelly VG. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *J Strength Cond Res.*;30(5):1470–1490;
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C. & Wisloff U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35, 501–536;
- Tomlin D. L. & Wenger H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31(1): 1-11;
- Varley M, Aughey R. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *J Sports Sci.*;30(2):121–7;
- Waldron MT, Highton C, Worsoff J, et al. (2011). Movement and physiological match demands of elite Rugby League using portable global positioning systems. *J Sports Sci.*;29(11): 1223–30;

- Wallace LK, Slattery KM, Coutts AJ. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. *Eur J Appl Physiol*;114(1):11–20;

ANEXOS

Anexo 1 – Tabela 6: Valores Médios de Potência Metabólica, valores totais de Tempo e Distância percorrida, nos treinos e nos jogos.

Situação	Nome	WTotal Média	W_I_Parte Média	W_II_Parte Média	W_Bloco Média	D_Total	D_I_Parte	D_II_Parte	D_Total_ Bloco	T_Total	T_Total_ I_Parte	T_Total_ II_Parte	T_Total_ Bloco
Jogo 11	Rapazes	29,52	30,48	21,10		6342	3831	2511		4177	2437	1740	
	Séniore	29,34	28,98	20,60		5624	2916	2708		3869	1976	1893	
Jogo 9	Sub-19	28,08	31,21	22,88		4974	3804	1170		3360	2400	960	
	Torreense	25,16	26,19	21,09		5188	3514	1674		4071	2657	1414	
	Alcobaça	25,41		25,41		3391		3391		2657		2657	
	Amora	25,38	23,39	21,46		4063	3150	913		3129	2476	653	
	Cadima	21,33	22,61	20,66		4146	2977	1169		3516	2322	1194	
	Ouriense	29,05	27,78	21,92		6049	3467	2582		4132	2453	1679	
Treino 2f	22/01	18,14			21,49	4470			2732	5299			2427
	15/01	13,81			13,00	4547			1403	4532			2412
	26/02	15,91				3200				4532			
	23/04	15,68			24,84	3916			2199	5634			1821
	30/04	11,28				2731				6214			
	24/01	16,10				4137				5747			
Treino 4f	07/02	20,13			28,59	5390			2680	5478			1839
	21/02	16,20			25,89	4484			1859	6285			1485
	14/02	18,43				5346				6276			
	03/03	19,71				4172				4392			
Treino 5f	02/02	15,20				4582				5814			
	15/02	14,21			23,11	3423			997	5079			861
	30/03	14,61			20,80	3891			1611	5918			1649
	19/04	16,75			20,67	4643			2976	5929			2940
	26/04	11,30			15,49	4507			18994177	6198			1809

Legenda: W – Potência Metabólica (Watts); D – Distância (metros); T – Tempo (segundos); B – Bloco de Treino (corresponde a forma jogada); I – Primeira Parte; II – Segunda Parte

Anexo 2 – Tabela 7 - Valores de Distância percorrida, nas diferentes categorias de velocidade, nos treinos e nos jogos.

Situação	Nome	D Total _2_6	D Total Média _2_6	D I_Parte _2_6	D II_Parte _2_6	D Bloco _2_6	D Total _6_12	D Total Média _6_12	D I_Parte _6_12	D II_Parte _6_12	D Bloco 6_12	D Total _12_18	D Total Média _12_18	D I_Parte _12_18	D II_Parte _12_18	D Bloco 12_18	D Total _18_24	D Total Média _18_24	D I_Parte _18_24	D II_Parte _18_24	D Bloco _18_24
Jogo 11	Rapazes	1601	1526,5	984	617		2933	2765,5	1721	1212		1321	1327	847	474		488	364	280	208	
	Séniore	1452		700	752		2598		1396	1202		1333		636	697		240		183	57	
Jogo 9	Sub-19	1045	1320	776	269		2067	1781,67	1609	458		1581	1264	12111	370		281	269,333	208	73	
	Torreense	1560		962	598		2106		1501	605		1243		872	371		279		180	99	
	Alcobaça	927			927		1375			1375		921			921		168			168	
	Amora	1207		969	238		1422		1106	316		1093		840	253		342		235	107	
	Cadima	1559		1029	530		1357		972	385		1030		863	167		200		113	87	
	Ouriense	1622		962	660		2363		1347	1016		1716		992	724		346		165	181	
Treino 2f	22/01	1500	1539,93			835	2174	1876,33			1270	716	691,333			591	80	121,8			37
	15/01	1912				591	1987				578	555			214	93				20	
	26/01	1308					1232					462				198					
	23/04	1496				639	1508				902	806				587	105			71	
	30/04	1452					931					281					67				
	24/01	1265					1705					969					199				
Treino 4f	07/02	1721	1539,93			622	2750	1876,33			1413	788	691,333			523	131	121,8			121
	21/02	1607				526	2168				884	646				404	63			45	
	14/02	1811					2477				882					177					
	03/03	1293					2069				709					101					
Treino 5f	02/02	1818	1539,93				1830	1876,33				754	691,333				180	121,8			
	15/02	1217			23,11	302	1347				459	734				227	126			9	
	30/03	1311				20,80	552		1784			770		752			289		44		0
	19/04	1825				20,67	1148		2055			1222		604			483		159		123
	26/04	1563				15,49	531		2128			854		712			448		104		66

Legenda: D – Distância (metros); B – Bloco de Treino (corresponde a forma jogada); I – Primeira Parte; II – Segunda Parte; 2-6 km/h; 6-12 km/h; 12-18 km/h; 18-24 km/h – Categorias de Velocidade (GPS AxSys)

Anexo 3 – Tabela 8: Valores de Tempo despendido nas diferentes categorias de velocidade, nos treinos e nos jogos.

Situação	Nome	T Total _0 (s)	T Total _0 (%)	T I_Part e_0 (%)	T II_Part e_0 (%)	T Bloco 0 (%)	T Total _2_6 (s)	T Total _2_6 (%)	T I_Part e_2_6 (%)	T II_Part e_2_6 (%)	T Bloco 2_6 (%)	T Total _6_12 (s)	T Total _6_12 (%)	T I_Part e_6_12 (%)	T II_Part e_6_12 (%)	T Bloco 6_12 (%)	T Total _12_18 (s)	T Total _12_18 (%)	T I_Part e_12_18 (%)	T II_Part e_12_18 (%)	T Bloco 12_18 (%)	T Total _18_24 (s)	T Total _18_24 (%)	T I_Part e_18_24 (%)	T II_Part e_18_24 (%)	T Bloco 18_24 (%)
Jogo 11	Rapazes	696,486	16,67431	13,80	20,70		1566,04	37,49	39,20	35,10		1437,24	34,4084	34,70	34		386,034	9,2419	10,20	7,90		91,197	2,18331	2,10	2,30	
	Séniore	750,835	19,40644	19,70	19,10		1422,05	36,75	34,70	38,90		1257,03	32,4897	34,30	30,60		394,14	10,1871	9,60	10,80		46,926	1,21287	1,80	0,60	
Jogo 9	Sub-19	874,08	26,01429	21,30	37,80		1001,28		31	26,80		974,4	29	31,60	22,50		456	13,5714	14,40	11,50		55,2	1,64286	1,70	1,50	
	Torreense	1129,982	27,75687	28	27,30		1498,50	36,81	34,10	41,90		1028,13	25,2549	27,20	21,60		360,05	8,84426	9,40	7,80		54,337	1,33473	1,30	1,40	
	Alcobaça	765,216	28,8		28,80		921,98	34,70		34,70		677,535	25,5		25,50		263,043	9,9		9,90		31,884	1,2		1,20	
	Amora	954,753	30,51304	30,20	31,70		1139,26	36,41	38,10	30		667,157	21,3217	20,80	23,30		299,894	9,58434	9	11,80		67,94	2,1713	1,90	3,20	
	Cadima	1042,59	29,65273	28,60	31,70		1467,56	41,74	39,60	45,90		673,152	19,1454	20,30	16,90		292,764	8,32662	10,50	4,10		39,936	1,13584	1	1,40	
	Ouriense	906,956	21,94956	23,90	19,10		1523,93	36,88	36,80	37		1143,67	27,6784	26,50	29,40		490,291	11,8657	11,50	12,40		69,601	1,68444	1,40	2,10	
Treino 2f	22/01		45,80			33,80		28,90			32,60		20,90			26,10		4			7,20		0,30			0,30
	15/01		57,40			58,20		26			26,40		14,20			12,60		2,20			2,70		0,20			0,20
	26/02		50,90					31					14,30					3,10					0,80			
	23/04		53,50			33,70		28,40			32,60		13,50			23,70		4,20			9,30		0,40			0,80
	30/04		64,50					25,80					8,10					1,30					0,20			
	24/01		56,30					22,90					15					5					0,70			
Treino 4f	07/02		38,70			19,60		31,10			33,10		25,40			37,50		4,30			8,50		0,50			1,30
	21/02		54,30			30,10		25,40			32,30		17,10			29		3			7,90		0,20			0,60
	14/02		48					28,60					18,70					4,10					0,60			
	03/03		39,10					31					24,50					4,90					0,50			
Treino 5f	02/02		55,30					25,80					15					3,60					0,20			
	15/02		59,20			30,80		22,90			34,70		13,20			26,60		4,20			7,70		0,50			0,20
	30/03		58,70			38,10		22,20			33,50		15,10			23		3,80			5,40		0,20			0
	19/04		47			34,50		31,70			39,10		17,80			20,90		3			4,80		0,50			0,80
	26/04		53,40			39		25,30			29,50		17,60			23,70		3,30			7,20		0,30			0,70

Legenda: T – Tempo (segundos); B – Bloco de Treino (corresponde a forma jogada); I – Primeira Parte; II – Segunda Parte; 0 km/h; 2-6 km/h; 6-12 km/h; 12-18 km/h; 18-24 km/h – Categorias de Velocidade (GPS AxSys)

Anexo 4 – Tabela 9: Valores de Gasto Energético (J), nos treinos e nos jogos.

Situação	Nome	Energia (média W x Duração)	Energia Média Total	Energia I_Parte	Energia II_Parte	Energia Bloco	
Jogo 11	Rapazes	123300,24	96949.90	74272,45	36707,04		
	Séniore	113526,91		57258,75	38998,45		
Jogo 9	Sub-19	94364,09		74893,20	21961,82		
	Torreense	102434,50		69587,10	29822,39		
	Alcobaça	67522,50			67552,50		
	Amora	79422,47		57917,35	14010,38		
	Cadima	74996,14		52509,29	24665,53		
	Ouriense	120032,33		68146,43	36802,84		
Treino 2f	22/01	96144,26		87499.89			52161,33
	15/01	62595,08					31363,24
	26/02	72123,15					
	23/04	88330,19				45237,86	
	30/04	70122,26					
	24/01	92551,76					
Treino 4f	07/02	110290,22				52574,80	
	21/02	101847,36				38445,91	
	14/02	115637,18					
	03/03	86560,61					
Treino 5f	02/02	88345,36					
	15/02	72150,04				19899,43	
	30/03	86453,10				34296,89	
	19/04	99308,56				60771,86	
	26/04	70039,26				28018,88	

Legenda: E – Energia (gasto energético J); B – Bloco de Treino (corresponde a forma jogada); I – Primeira Parte; II – Segunda Parte

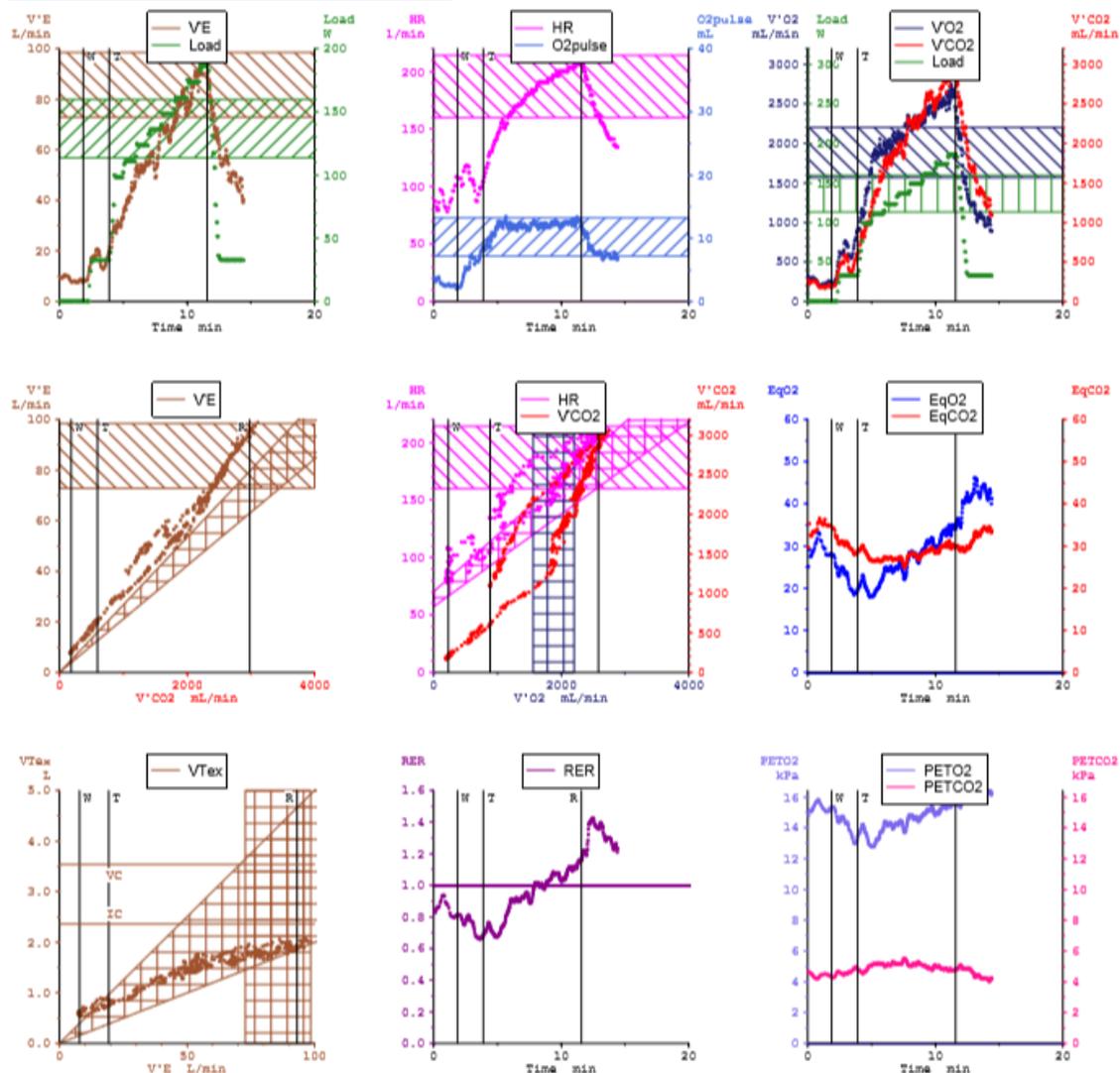
Anexo 5 – Relatório da Prova de Esforço – Atleta de Futebol

Instituto Português do Desporto e Juventude
CAR Jamor



Last Name:	B	Identification:	---
First Name:	C	Age:	17 Years
Date of Birth:	01-07-2000	Height:	165 cm
Gender:	female	Weight:	56.0 kg
		BMI:	21

Cardio-Pulmonary Exercise Testing



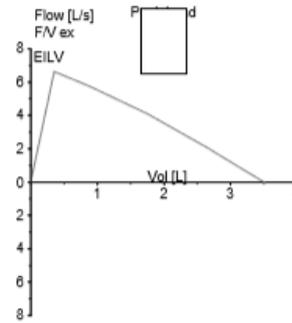
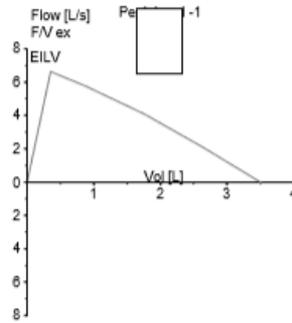
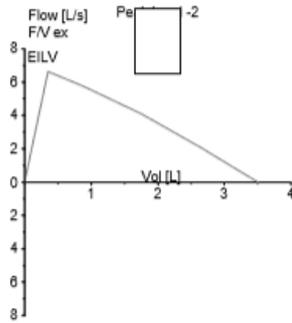
Anexo 5 – Relatório da Prova de Esforço – Atleta de Futebol (continuação)

Last Name: B

First Name: C

Identification: ---

Exercise Flow Volume (EFVL)



Exercise Results

Summary (30 sec)

		Rest (R)	Peak (R)	VT1	VT2	PeakVO2	Max speed	VT1 %PeakVO2	VT2 %PeakVO2
				Manual	Manual				
Time	min	01:48	11:33	07:00	09:00	11:33	11:33	61	78
Load	W	0	186	132	148	186	186	71	80
Speed	km/h	0.0	15.0	10.7	12.0	15.0	15.0	71	80
HR	1/min	88	206	173	190	206	206	84	92
V'O2	mL/min	244	2635	2003	2264	2687	2687	75	84
V'O2/kg	(mL/min)/kg	4.4	47.1	35.8	40.4	48.0	48.0	75	84
RER		0.87	1.14	0.91	1.00	1.16	1.16	78	86

Cardiac Parameters

Summary (30 sec)

		Rest (R)	Warm (R)	VT2 Manual	PeakLoad Watt	Pred	Max 1 %pred	Recov 30 sec
HR	1/min	88	94	190	206	187	110	196
HRR (B)	1/min	99	93	-3	-19	-	-	-9
O2pulse	mL	2.8	8.2	11.9	13.0	10.2	128	11.2
Psys	mmHg	0	0	0	0	-	-	0
Pdia	mmHg	0	0	0	0	-	-	0

Ventilation / Breathing Reserve

Summary (30 sec)

		PeakLoad Watt
BR FEV%	%	0

Aerob / anaerobic Transition

Summary (30 sec)

		VT2 Manual
-	%	0
V'O2%max	%	84

Cooperation: good () moderate () bad ()

Anexo 6 – Dados de Roda de Potência (Software PowerAgent) – Atleta de Triatlo

