



ANTÓNIO MANUEL DA SILVA SILVEIRA

A INFLUÊNCIA CIRCADIANA, TIPO DE BICICLETA E PISO — ESTUDO COMPARATIVO DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E BIOMECÂNICOS EM CICLISTAS DE BTT

Tese de doutoramento em Ciências do Desporto, ramo de Treino Desportivo, orientada pelo professor Doutor Luis Manuel Pinto Lopes Rama e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FACULDADE DE CIÊNCIAS
DO DESPORTO
E EDUCAÇÃO FÍSICA

ANTÓNIO MANUEL DA SILVA SILVEIRA

**A INFLUÊNCIA CIRCADIANA, TIPO DE BICICLETA E PISO – ESTUDO
COMPARATIVO DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E BIOMECÂNICOS EM
CICLISTAS DE BTT**

COIMBRA

2017

ANTÓNIO MANUEL DA SILVA SILVEIRA

**A INFLUÊNCIA CIRCADIANA, TIPO DE BICICLETA E PISO – ESTUDO
COMPARATIVO DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E BIOMECÂNICOS EM
CICLISTAS DE BTT**

Tese de doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra com vista à obtenção do grau de doutor em Ciências do Desporto no ramo de Treino Desportivo

Orientador: Prof. Doutor Luís Manuel Pinto Lopes Rama

COIMBRA

2017

Silveira, A. (2017). *A influência circadiana, tipo de bicicleta e piso – estudo comparativo de parâmetros fisiológicos e biomecânicos em ciclistas de BTT*. Tese de doutoramento, Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

**Ao professor Moniz Pereira,
pelo muito que me ensinou**

**Ao professor José Luís Algarra,
o meu primeiro grande mestre
de ciclismo**

AGRADECIMENTOS

A redação da página de agradecimentos carece sempre de algum cuidado, não vá a memória atraiçoar-nos obrigando-nos à injustiça de esquecermos alguém que não o merece. A possibilidade do facto ocorrer multiplica-se em trabalhos desta envergadura, realizados ao longo de quatro penosos anos, com alguns interregnos e bastantes sobressaltos à mistura. No entanto, creio ter em mente todos aqueles a quem devo prestar o meu agradecimento; se alguém foi injustamente esquecido peço-lhe as mais sinceras desculpas, esperando que de uma ou outra forma possa futuramente redimir-me do lapso:

- . ao professor doutor Luís Rama, um homem de profundo conhecimento e enorme capacidade de trabalho, que me aceitou como doutorando e me orientou de forma exemplar – obrigado, grande mestre;
- . aos 16 atletas que constituíram a amostra desta tese, 16 guerreiros do BTT aos quais estou imensamente grato – obrigado a todos pela disponibilidade, esta tese também é vossa;
- . ao Paulo Ramos, Pedro Pereira, Tiago Anselmo e à *Feelsbike*, na pessoa de David Vila Boa, pela simpatia e colaboração prestadas;
- . ao meu amigo Humberto Cadete, amante acérrimo do fenómeno desportivo, que entusiasticamente colaborou na realização dos protocolos;
- . à dr. Fátima Rosado, sempre disponível para colaborar quando solicitada;
- . à Associação de Ciclismo da Beira Interior, por ter disponibilizado as instalações para a realização dos protocolos de laboratório

“Já vi todos os que estão nesta sala a ganharem e a perderem. Mas hoje quero dedicar este prémio a todos os derrotados, pois na minha vida aprendi e cresci muito mais com as minhas derrotas que com as minhas vitórias.”

Niki Lauda

RESUMO

Objetivo: o objetivo desta tese é contribuir para um aprofundamento do conhecimento na área do ciclismo, visando a rentabilização do treino das capacidades físicas em BTT e estrada.

Metodologia: participaram no estudo 16 ciclistas do sexo masculino ($34,81 \pm 5,76$ anos; $52,3 \pm 3,9$ mL/kg/min de VO_{2max} relativo, $4,65 \pm 0,36$ W/kg de potência relativa) que realizaram quatro protocolos em situação real de campo variando o tipo de bicicleta e o piso, um protocolo realizado em rolos e um protocolo incremental para determinação dos parâmetros ventilatórios (consumo máximo de oxigênio e limiares ventilatórios). A tese é composta por cinco estudos: no primeiro, realizamos a caracterização da amostra através da avaliação cineantropométrica e de um protocolo incremental contínuo com monitorização do consumo máximo de oxigênio e da lactatemia visando a caracterização bioenergética. O estudo dois avalia o efeito cronobiológico na realização de tarefas típicas, comparando o impacto do mesmo protocolo em BTT realizado de manhã e de tarde, através da análise das variáveis potência, frequência cardíaca, lactatemia e frequência (cadência) de pedalada. Os estudos três e quatro compararam o impacto induzido pelo tipo de bicicleta (estrada e BTT) e do piso (terra e asfalto) na variáveis referidas em protocolos de idêntico desenho. O estudo 5 visa comparar os resultados das referidas variáveis num protocolo de campo e num protocolo em rolos.

Principais resultados: a amostra situa-se num nível competitivo intermédio. Quando comparado o comportamento das diferentes variáveis do desempenho no protocolo realizado de manhã com o da tarde, excetuando a cadência da pedalada, não foram encontradas diferenças nas restantes variáveis controladas. Ao compararmos diferentes tipos de piso foram registadas diferenças nas potências média e máxima. A comparação dos resultados obtidos com diferentes bicicletas unicamente evidenciou diferença na variável potência média. Finalmente, quando se comparou um protocolo de campo com um protocolo em rolos, verificaram-se diferenças nas variáveis frequência cardíaca máxima, potência máxima, cadência e lactato final.

Conclusões: o confronto dos resultados obtidos nos diferentes estudos por nós realizados revelam a existência de alterações no impacto fisiológico e mecânico para

uma estimulação aparentemente semelhante, em terreno e laboratório. Foi possível verificar uma maior produção de potência com a bicicleta de BTT, em estrada. Através da análise da resposta da frequência cardíaca e da potência, verificaram-se diferenças nos resultados obtidos nos protocolos de campo realizados: as diferentes bicicletas e os diferentes pisos não produzem alterações significativas na frequência cardíaca mas, pelo contrário, produzem alterações na potência mecânica externa, condicionando o impacto das adaptações induzidas pelo treino.

Palavras-chave: Ciclismo. BTT. Potência. Frequência cardíaca. Ritmo circadiano. Testes de campo

ABSTRACT

Objective: the objective of this thesis is to contribute to deepen the knowledge of cycling area broadening, aiming improvements in the physical skills in mountain bike (MTB) and road cycling training.

Methodology: sixteen male cyclists have participated in the study ($34,81 \pm 5,76$ years; $52,3 \pm 3,9$ mL/kg/min of VO_{2max} relative, $4,65 \pm 0,36$ W/kg of relative power), who have followed four protocols in situation of field experience varying the type of bicycle and ground. A protocol was made in indoor roller training and another incremental protocol to define ventilator parameters (maximum oxygen consumption and ventilator thresholds). The thesis is composed by five studies: in the first study, we did a sample characterization through the cineanthropometric evaluation and through the incremental and continuous protocol monitoring the maximum oxygen and lactatemia consumption, aiming the bioenergetic characterization. The second study evaluates the chronobiological effect in typical tasks realization, comparing the impact of the same record on MTB made in the morning or the afternoon, through the analysis of power, heart rate, blood lactate concentration and pedaling frequency (cadence). Studies three and four compare the induced impact by the type of bicycle (road and MTB) and the type of ground (tarmac and soil) in the referred variables using protocols with similar design. Study five aims to compare the findings of the referred variables in a field protocol and in an indoor roller protocol.

Main findings: the sample is in a medium competitive level. When comparing the behavior of the different variables in the performance of morning and afternoon protocol, excepting the pedal cadence, there weren't found differences in the rest of the controlled variables. When we compare different types of ground there were registered differences in average and maximum power. The comparison of the obtained results with different bicycles only demonstrated differences in the average power variable. Finally, when the field protocol was compared with the one in indoor roller, differences were verifiable in the variables of maximum heart rate, maximum power, cadence and final lactate.

Conclusions: the comparison of obtained results in our different studies indicates the existence of different physiological and mechanical variations to a seemingly similar stimulation in field and laboratory tests. It was possible to verify a major power

output with the MTB bicycle on the tarmac surface. Through the analysis of the heart rate and power outputs, they were found differences in the results of field protocols: the different bicycles and different grounds don't produce significantly variations in heart rate but, on the contrary, they produce power output variations making a different impact in the induced training adaptations.

Keywords: Cycling. Mountain bike. Power. Heart rate. Circadian rhythm. Field tests.

SUMÁRIO

Introdução.....	20
Capítulo I.....	22
Revisão da Literatura.....	22
1. Nota introdutória sobre a história da bicicleta e do ciclismo desportivo.....	22
2- Caracterização do BTT.....	25
2.1- Enquadramento.....	25
2.2- Fatores condicionantes e caracterização fisiológica.....	25
2.3- BTT vs estrada – semelhanças e diferenças entre as duas vertentes do ciclismo.....	28
3- Parâmetros fisiológicos com relevância para a caracterização do desempenho em ciclismo.....	29
3.1- A monitorização da frequência cardíaca.....	29
3.2- Frequência cardíaca, potência mecânica externa, VO_{2max} e lactatemia – relações e dinâmicas em ciclismo.....	30
3.3- Fatores condicionantes da variação da frequência cardíaca.....	35
3.4- A utilidade da monitorização da potência mecânica externa como ferramenta na prescrição e avaliação do treino.....	36
3.4.1- Conceitos biomecânicos e fisiológicos relevantes.....	38
3.4.2- Valores de referência de potência mecânica externa em ciclismo.....	41
3.4.3- Factores condicionantes da variação da potência mecânica externa.....	45
3.4.4- Fatores determinantes da variação do desempenho: tipo de pneu, cadência de pedalada, tipo de terreno, posição na bicicleta.....	48
3.5- Avaliação protocolar em estrada vs laboratório/rolos vs terra/BTT – estudos comparativos.....	51
4- Cronobiologia.....	53
4.1- Conceito.....	53
4.2- Cronobiologia e desempenho desportivo.....	55
4.2.1- Desempenhos de curta duração (anaeróbios).....	56
4.2.2- Desempenhos de longa duração (aeróbios).....	58
4.2.3- Força, velocidade e flexibilidade.....	59
4.2.4- Cronotipo e horário de treino.....	60

4.2.5- Jet lag.....	61
4.3- Cronobiologia – estudos em ciclismo.....	62
5- Cronobiologia em modalidades individuais (2000-2015): revisão sistemática.....	66
5.1-Introdução.....	66
5.2- Métodos.....	67
5.2.1- Pesquisa bibliográfica.....	67
5.2.2- Critérios de elegibilidade.....	68
5.2.3- Critérios de exclusão.....	68
5.3- Resultados.....	69
5.3.1- Força e outras variáveis físicas.....	70
5.3.2- Exercícios de curta duração (0 a 60 segundos).....	71
5.3.3- Exercícios de média duração (1 a 5 minutos).....	72
5.3.4- Exercícios de longa duração (superiores a 5 minutos).....	73
5.4- Discussão.....	75
5.5- Conclusão.....	75
Capítulo II.....	77
1- Pertinência do estudo.....	77
2- Objetivos do estudo.....	78
3- Pressupostos da investigação.....	79
Capítulo III.. ..	80
1 - Metodologia, instrumentação e procedimentos.....	80
1.1. Introdução.....	80
1.2.Principais variáveis, material, instrumentos e equipamentos utilizados.....	80
1.2.1.Avaliação cineantropométrica e composição corporal.....	80
1.2.1.1. Massa corporal.....	80
1.2.1.2.Composição corporal.....	81
1.2.1.3.Estatura.....	83
1.2.2. Protocolos – variáveis, instrumentos e equipamentos.....	83
1.2.2.1. Rolos.	83
1.2.2.2. Monitorização da frequência cardíaca.....	84
1.2.2.3. Monitorização da lactatemia.....	85
1.2.2.4. Avaliação cardiorrespiratória.....	87
1.2.2.5. Monitorização da potência mecânica externa através dos equipamentos PowerTap® G3 e PowerTap® G3 BTT.....	87

1.2.2.6. Monitorização das variáveis cinemáticas em situação real.....	90
1.3. Desenho dos protocolos de avaliação utilizados no estudo.....	90
1.3.1. Local de realização dos protocolos.....	92
1.4. Enquadramento temporal.....	92
1.4.1. Monitorização da equidade autonómica prévia à realização das sessões de avaliação através da análise da variabilidade da frequência cardíaca.....	92
1.5. Análise estatística.....	93
Capítulo IV..	94
Estudo 1- Caracterização bioenergética e cineantropométrica dos atletas.....	94
1.1. Introdução.	94
1.2. Metodologia.	94
1.3. Amostra.	96
1.4. Apresentação dos resultados.....	97
1.5. Discussão..	101
1.6. Conclusões..	103
Estudo 2- Efeito cronobiológico no rendimento em ciclismo (BTT) – estudo comparativo de protocolos de terreno realizados no período da manhã e da tarde..	104
2.1. Introdução.....	104
2.2. Metodologia.....	105
2.3. Apresentação dos resultados.....	107
2.4. Discussão.....	112
2.5. Conclusões.....	114
2.6. Recomendações.....	114
Estudo 3- Influência de diferentes tipos de piso nas variáveis potência mecânica externa, frequência cardíaca, cadência de pedalada e lactatemia, em BTT.....	115
3.1. Introdução..	115
3.2. Metodologia.....	116
3.3. Apresentação dos resultados.....	118
3.4. Discussão.	123
3.5. Conclusões.	124
3.6. Recomendações..	125

Estudo 4- Influência de diferentes tipos de bicicletas nas variáveis potência mecânica externa, frequência cardíaca, cadência de pedalada e lactatemia, em ciclismo.....	126
4.1. Introdução.....	126
4.2. Metodologia.....	127
4.3. Apresentação dos resultados.....	129
4.4. Discussão.....	133
4.5. Conclusões.....	135
Estudo 5- Protocolos de terreno vs protocolos de laboratório – estudo comparativo das variáveis potência mecânica externa, frequência cardíaca, cadência de pedalada e lactatemia, entre um protocolo em estrada e um protocolo em rolos.....	137
5.1. Introdução.....	137
5.2. Metodologia.....	138
5.3. Apresentação dos resultados.....	140
5.4. Discussão.....	146
5.5. Conclusões.....	149
5.6. Recomendações.....	149
Capítulo V.....	151
1- Discussão geral.....	151
2- Conclusões finais.....	155
3- Limitações.....	157
Capítulo VI.....	158
Bibliografia.....	158
1- Bibliografia referente ao estudo 2 - Cronobiologia e ciclismo (BTT) – estudo comparativo de protocolos realizados de manhã e de tarde.....	158
2- Bibliografia referente aos estudos 1, 3 4 e 5.....	164
Anexos.....	179

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de pesquisa e seleção de artigos.....	70
Figura 2 - Balança digital Seca®, modelo 770.....	81
Figura 3 - Balança digital Tanita® BC-601.....	82
Figura 4 - Rolos da marca Tacx®, modelo Flow.....	84
Figura 5 - Dispositivo de controlo dos patamares de intensidade dos rolos (à esquerda).....	84
Figura 6 - Monitor de frequência cardíaca Polar® S810.....	85
Figura 7 - Analisador de lactato Lactate Pro®.....	86
Figura 8 - Analisador de gases portátil K4b2 da Cosmed®.....	87
Figura 9 - Cubo medidor de potência mecânica externa PowerTap® G3, para BTT.....	89
Figura 10 - Cubo medidor de potência mecânica externa PowerTap® G3, para estrada.....	89
Figura 11 - Ciclocomputador Garmin® Edge 500.....	90
Figura 12 - Perfil do percurso do protocolo realizado em terra (extraído do software Garmin Connect®).....	91
Figura 13 - Perfil do percurso do protocolo realizado em asfalto (extraído do software Garmin Connect®).....	91
Figura 14 – Resultados da análise da variabilidade global através da variável inRMSSD.....	93
Figura 15 - Roda traseira utilizada nos testes com bicicleta de BTT.....	106
Figura 16 - Valores médios de cadência (frequência de pedalada) nos protocolos realizados de manhã (Cadmed_am) e de tarde (Cadmed_pm).....	109
Figura 17 - Valores médios de potência média e máxima nos protocolos realizados em terra (Pmed_ter; Pmax_ter) e em estrada (Pmed_est; Pmax_est).....	120
Figura 18 - Valores médios de potência mecânica externa média e máxima nos protocolos realizados com bicicletas de BTT (Pmed_btt; Pmax_btt) e de estrada (Pmed_est; Pmax_est).....	131
Figura 19 - Valores médios de lactato inicial e final nos protocolos realizados em rolos (Lai_rol; Laf_rol) e em estrada (Lai_est; Laf_est).....	142
Figura 20 - Valores médios de frequência cardíaca média e máxima nos protocolos realizados em rolos (FCmed_rol; FCmax_rol) e em estrada (FCmed_est; FCmax_est).....	142

Figura 21 - Valores médios de potência média e máxima nos protocolos realizados em rolos (Pmed_rol; Pmax_rol) e em estrada (Pmed_est; Pmax_est).....	143
Figura 22 - Valores médios de cadência (frequência de pedalada) nos protocolos realizados em rolos (Cadmed_rol) e em estrada (Cadmed_est).....	143

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados finais da pesquisa.....	69
Tabela 2 – Concordância da balança Tanita ® BC-601 vs InBody® 750.....	82
Tabela 3 - Estatística descritiva da amostra do estudo. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp) e horário de treino (%).....	97
Tabela 4 - Estatística descritiva da caracterização cineantropométrica e composição corporal da amostra. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp).....	98
Tabela 5 - Estatística descritiva da lactatemia inicial e final observada no protocolo contínuo incremental de consumo máximo de oxigênio. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp).....	98
Tabela 6 - Estatística descritiva do protocolo contínuo incremental. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp).....	100
Tabela 7 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no protocolo de 20 minutos máximos em bicicleta de BTT. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp).....	108
Tabela 8 – Correlações significativas (Pearson) das variáveis fisiológicas, mecânicas e cinemáticas nos protocolos realizados de manhã e de tarde.....	109
tabela 9 - Comparação dos valores médios dos protocolos de campo com o protocolo de consumo máximo de oxigênio.....	110
Tabela 10 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no protocolo de 20 minutos máximos em bicicleta de BTT (terra e asfalto). Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp).....	119
Tabela 11 – Correlações significativas (Pearson) das variáveis fisiológicas, mecânicas e cinemáticas nos protocolos realizados em terra e em estrada.....	121
tabela 12 - Comparação dos valores médios dos protocolos de campo com o protocolo de consumo máximo de oxigênio.....	122
Tabela 13 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no protocolo de 20 minutos máximos, com bicicletas de BTT e estrada. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp).....	130
Tabela 14 – Correlações significativas (Pearson) das variáveis fisiológicas, mecânicas e cinemáticas nos protocolos realizados com bicicleta de BTT e com bicicleta de estrada.....	131

Tabela 15 - Comparação dos valores médios dos protocolos de campo com o protocolo de consumo máximo de oxigênio.....	132
Tabela 16 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no protocolo de 20 minutos máximos (campo e laboratório). Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp).....	141
Tabela 17 – Correlações (Pearson) das variáveis fisiológicas, mecânicas e cinemáticas nos protocolos realizados em estrada e em rolos.....	144
Tabela 18 - Comparação dos valores médios dos protocolos com o protocolo de consumo máximo de oxigênio.....	145
Tabela 19 – Valores médios de frequência cardíaca, potência mecânica externa relativa, cadência de pedalada, lactatemia pós esforço e temperatura obtidos nos protocolos.....	151

LISTA DE ABREVIATURAS

BTT – bicicleta todo o terreno

BTT-XC - bicicleta todo o terreno – cross-country

BTT-XCO - bicicleta todo o terreno – cross-country olímpico

BTT-XCM - bicicleta todo o terreno – cross-country maratonas

FC – frequência cardíaca

IMC – Índice de massa corporal

PMA – Potência máxima aeróbia

vs – versus

bar - bar

bpm – batimentos por minuto

cm – centímetro

Dp – desvio-padrão

g – grama

L – litro

mmol – milimole

OBLA – ponto de acumulação de lactato

QR – quociente respiratório

rpm – rotações por minuto

W – watt

kg – quilograma

km – quilómetro

h – hora

max – máximo

mL - mililitro

min – minuto

% - percentagem

V_E – ventilação

VO_2 – volume de oxigénio

VCO_2 – volume de dióxido de carbono

VFC – variabilidade da frequência cardíaca

VO_{2max} – volume máximo de oxigénio

Introdução

A modalidade de bicicleta todo o terreno (BTT) do ciclismo divide-se em inúmeras vertentes, das quais destacamos as seguintes: Cross-country Olímpico (BTT-XCO), Cross-country Maratonas (BTT-XCM) e Downhill. O estudo que realizamos enquadra-se no âmbito das vertentes do Cross-country referidas.

O surgimento no mercado de aparelhos capazes de medir a potência mecânica externa no ciclismo em protocolos de campo trouxeram um contributo importante para a qualidade do treino desta modalidade. A recolha dos valores da potência mecânica externa desenvolvida pelos atletas são um auxiliar precioso na caracterização da exigência da competição e no apoio à planificação e controlo do treino. O planeamento do treino, até essa data, sustentava-se essencialmente na utilização da frequência cardíaca (FC) e medição de lactatemia para definição da intensidade das tarefas de treino e em protocolos de avaliação, sobretudo de terreno. Atualmente passou a contar com um novo aliado: a possibilidade de medir a potência mecânica externa aplicada pelos atletas nessas tarefas.

No entanto, sobretudo na variante ciclismo BTT, a utilização exclusiva ou indiferenciada destes dois indicadores da carga, não tem sido suficientemente estudada. Subsistem dúvidas quanto ao mérito de cada um na monitorização do treino. Qual dos marcadores referidos demonstra uma maior fiabilidade e consistência para a prescrição de intensidade nas tarefas de treino e nas situações de controlo e avaliação?

Estas questões têm suscitado acesa discussão entre os treinadores, havendo uns que abandonaram a frequência cardíaca e confiam cegamente nos medidores de potência mecânica externa, enquanto outros continuam fiéis à frequência cardíaca enquanto indicador preferencial para o controlo da intensidade das tarefas de treino. Existe ainda um terceiro grupo, intermédio, que defende que ambas levantam problemas de fiabilidade pelo que utilizam uma mescla das duas no planeamento do treino.

A literatura científica que se debruça sobre estas questões é escassa (Coggan, 2004; Leplat, 2012; Liedl et al., 1999; Nimmerichter et al., 2011; Stapelfeldt et al., 2008; Vogt et al., 2007). A maior parte dos estudos que analisam e/ou comparam valores de potência mecânica externa e frequência cardíaca foram realizados por treinadores em ambiente de treino sem controlo rigoroso da aplicação

de protocolos de avaliação e que os publicaram em sites e revistas da especialidade (revistas de ciclismo). A larga maioria destas publicações não apresenta sustentabilidade científica. No entanto, desta literatura técnica emergem questões pertinentes e ainda inexploradas no âmbito científico; questões fundamentais na utilização dos indicadores externos (potência mecânica externa) e internos (fisiológicos - frequência cardíaca, lactatemia) das tarefas de treino e que continuam a oferecer um campo de pesquisa importante. Do nosso ponto de vista justifica-se comparar os resultados obtidos em protocolos realizados utilizando bicicletas de estrada com bicicletas de BTT, uma vez que esta é uma prática comum na preparação dos atletas desta modalidade. Outro aspecto de relevância pelo campo de aplicação prática é o de comparar o efeito do tipo de piso, terra ou asfalto, sobre estes marcadores da intensidade. No nosso entender faz igualmente sentido comparar os resultados obtidos em protocolos realizados a diferentes horas do dia, visto ser reportada a existência da variação circadiana na prontidão biomotora (resistência e produção de força).

O presente trabalho pretende analisar e relacionar os valores de frequência cardíaca e potência mecânica externa em diferentes condições, tendo como referência os equivalentes fisiológicos dos parâmetros ventilatórios avaliados em laboratório. Por outro lado, sabendo-se da importância que o BTT tem nos nossos dias, tendo atingido o grupo de desportos olímpicos, não se entende com facilidade que praticamente todos os trabalhos onde se estuda a potência mecânica externa estejam realizados em estrada e com bicicleta de estrada. Assim, pretendemos explorar novos caminhos nesta vertente do ciclismo analisando, junto com outros parâmetros, as diferenças entre os valores de potência mecânica externa, frequência cardíaca e lactatemia obtidos com bicicleta de estrada e com bicicleta de BTT em diferentes pisos e a diferentes horas do dia.

Capítulo I

Revisão da Literatura

1. Nota introdutória sobre a história da bicicleta e do ciclismo desportivo

O primeiro antepassado da bicicleta foi um veículo constituído por um barrote de madeira, com duas rodas de carroça montadas longitudinalmente, sem direção, utilizado pelo conde de Civrac nos finais do século XVIII (Barbosa, 2007).

Segue-se em 1816/18 um veículo da autoria do barão Drais, batizado de «draisiana» em sua honra e que já possuía um sistema de direção (Konopka, 1992; Barbosa, 2007).

A evolução da bicicleta continua com o veículo apresentado por Michaux em 1817 na exposição Universal de Paris, que dado adotar o sistema de colocação dos pedais na roda dianteira originou o posterior desenvolvimento da bicicleta de roda alta. Dois anos depois, em 1819, Michaux abre em Paris a primeira grande fábrica de bicicletas. Segue-se o surgimento, em 1818, da primeira bicicleta de rodas baixas e tração traseira, da autoria de André Guilmet. Em 1820, Lawson inventa a transmissão por corrente à roda traseira (Konopka, 1992).

Em 1858, o veterinário Dunlop cria os pneumáticos (Konopka, 1992; Barbosa, 2007). Em 1886 adopta-se definitivamente a utilização das mudanças de velocidade, sendo a partir de 1890 que se verificam grandes progressos na área da aerodinâmica e aparecimento de novas ligas (titânio, fibra de carbono, kevlar, rodas lenticulares, etc.) (Barbosa, 2007).

Segundo Konopka (1992) as primeiras corridas de bicicletas celebraram-se em Paris no ano de 1819. A primeira prova internacional em estrada disputou-se em 1869, entre as cidades de Paris e Rouen. A prova por etapas mais famosa do mundo, a Volta à França, disputou-se pela primeira vez em 1903.

Muito mais tarde, na década de 50, nasce na Califórnia, Estados Unidos da América, a bicicleta de todo o terreno (BTT). Esta criação deve-se a James Scott, Tom Ritchey e, sobretudo, a Gary Fisher. Com efeito, este último é considerado o pai do BTT, sendo o primeiro a comercializar este tipo de bicicletas. Decorria o ano de 1979 quando ele produz, juntamente com o seu sócio Charlie Kelly, uma BTT da qual venderam 160 unidades. O BTT competitivo nasce também na Califórnia na década de 70, através do Downhill (provas de descida). No final da década de 70 é

criado o Cross-Country, vertente que passou a ser modalidade Olímpica em 1996. Em Portugal o BTT surge em 1987, como meio de preparação física dos ciclistas de estrada no início da época. Em 1988 e 1989 realizam-se as primeiras provas de Cross-Country, sendo uma delas organizada pela Federação Portuguesa de Ciclismo no parque florestal de Monsanto, em Lisboa. Presentemente existem inúmeras vertentes no BTT, das quais destacamos as seguintes: Cross-Country Olímpico, Cross-Country Maratonas e Downhill. As provas de Cross-Country dividem-se ainda em provas de um dia ou por etapas.

Atualmente, o ciclismo divide-se em cinco grandes grupos, que por sua vez se subdividem nas mais variadas vertentes: estrada, BTT, pista, BMX e ciclismo de sala.

Finalizamos este breve apontamento sobre a história da bicicleta abordando uma perspetiva muito interessante, pese o facto de ser esquecida sistematicamente pelos historiadores destas matérias: a sua vertente social. Na verdade, a bicicleta “oscila” socialmente de acordo com as modas, necessidades materiais e evolução social. A nobreza era a classe social que, ao ter garantidas as exigências básicas de sobrevivência graças aos seus rendimentos, dispunha de tempo e dinheiro para a sua ociosidade. Foi neste contexto que foi inventada e desenvolvida a primeira bicicleta. Os velocípedes eram exclusivos das classes sociais elevadas e instrumento de diversão e passatempo; é ainda neste contexto que são realizadas as primeiras corridas de bicicleta, iniciando-se assim a vertente competitiva deste desporto. O século XIX não revela grandes mudanças na história da bicicleta, mesmo situando-nos no período das duas revoluções industriais. No entanto, nesta época, a utilização recreativa da bicicleta e a sua vertente competitiva ultrapassam seguramente a nobreza e entram na ociosidade da burguesia, o que origina a expansão do número de pequenos construtores de bicicletas. A classe trabalhadora, vivendo miseravelmente nos subúrbios das cidades ou trabalhando incansavelmente no campo, está longe de possuir capacidade económica e tempo livre para poder usufruir deste veículo. No entanto, a segunda revolução industrial acaba por produzir importantes alterações na história dos velocípedes. O início do século vinte dispara o número de utilizadores da bicicleta, começando a ser produzida em série por várias fábricas.

Em 1913 a Ford Motor Company cria a primeira linha de montagem automóvel o que origina a produção em série destes veículos. As classes sociais

abastadas deslocam o seu centro de interesse da bicicleta para o automóvel e esta última, já bastante desenvolvida mecanicamente, passa a ser utilizada como meio de transporte das classes trabalhadoras. É neste período que a bicicleta entra nas classe operária, facto ao qual não será alheio o início da sua produção em série, com a consequente baixa de preço, o que possibilita a sua aquisição pelas classes sociais mais baixas. Mas acontece simultaneamente uma outra alteração importante: a bicicleta deixa a sua função recreativa para ser usada, essencialmente, como meio de transporte para o trabalho, desempenhando um importante papel como garante da subsistência familiar. Dizemos essencialmente porque apesar desta nova função da bicicleta, não desaparece a vertente competitiva da mesma (que no fundo é uma vertente de lazer). Bem antes pelo contrário, é graças a esta massificação da bicicleta nas classes sociais trabalhadoras que as corridas se vão multiplicar, disparando o número de praticantes e de provas realizadas. Desta forma, a primeira metade do século XX inverte a função e localização social da bicicleta: deixa de ser um “brinquedo” que preenche a ociosidade dos ricos e passa a ser um meio de transporte fundamental para os trabalhadores. As classes sociais elevadas têm automóvel, o povo tem a bicicleta. Como já salientámos, estas mudanças foram cruciais para a divulgação e popularização do ciclismo na sua vertente competitiva, enquadrado na organização dos clubes e federações de “*sport*” que se iniciaram em finais do século XIX por toda a europa.

Na segunda metade do século XX surgem novas alterações na história social da bicicleta, que poderemos considerar como um ajuste aos factos antecedentes. Este é o período da massificação da bicicleta, alargando-se a toda a população, indiferente ao estrato social ou à sua utilidade. Temos a bicicleta a ser utilizada por todos, como meio de transporte, de lazer, com fins terapêuticos ou como bandeira de um estilo de vida saudável. A invenção e produção em série das bicicletas de BMX e BTT deram um contributo considerável a este fenómeno, junto com as políticas governamentais de saúde pública, construção de ciclovias, políticas de consciência ambiental, mudança de mentalidades, etc.

2- Caracterização do BTT

2.1- Enquadramento

O ciclismo de estrada e o BTT são modalidades cíclicas, de ar livre, que utilizam um meio de locomoção (bicicleta) e onde o atleta suporta o peso do próprio corpo o que implica uma exigência física, nomeadamente ao nível da força e capacidade aeróbia, que devem ser consideradas de um ponto de vista relativo. A força é a capacidade física que mais condiciona o rendimento no ciclismo. Estas duas vertentes (estrada e BTT) possuem ainda a característica de em competição o atleta poder estar dependente de si próprio (sozinho) ou poder beneficiar de ajuda (em grupo ou em pelotão). A competição pode ainda ser de um só dia ou de vários dias (por etapas).

No BTT, em cross-country (XC), os atletas dividem-se pelas provas de distância olímpica (de menor duração e maior exigência técnica - XCO) e maratonas (provas longas de baixa/média dificuldade técnica - XCM). Nas competições do campeonato do mundo de XCO as provas disputam-se por voltas num circuito de 4 a 6 km, variando a sua duração entre 1 hora a 1 hora e 40 minutos, conforme a categoria do atleta. Nas competições de XCM a distância dos percursos oscila entre 60 e 160 km, o que dá um tempo de duração que oscilará entre as 2 horas e 30 minutos e as 7 horas¹.

2.2- Fatores condicionantes e caracterização fisiológica

A constante solicitação das musculaturas de braços e pernas para absorção dos impactos e vibrações do terreno, a pouca influência da resistência ao ar devido às baixas velocidades de competição, a massa corporal e a grande amplitude dos valores de potência mecânica externa devido a constantes variações do tipo de terreno são fatores que condicionam o desempenho em BTT-XC (Lucas, 2010). Smekal e colaboradores (2015) consideram o VO_{2max} e a potência mecânica externa como fatores determinantes do desempenho em BTT. Consideram ainda que uma elevada capacidade aeróbia é um pré-requisito determinante do sucesso nesta vertente do ciclismo.

¹ Regulamento geral e técnico de corridas, título 4 – provas de BTT; pfciclismo.pt/ficheirossite/16012017094849.pdf

Estudos realizados traçam o perfil fisiológico de atletas de BTT-XC. Gordillo (2012) salienta a elevada capacidade de tolerância ao lactato em atletas de BTT, em resposta à enorme e constante variação do esforço realizado em competição. Num estudo de um contrarrelógio de 1 hora de duração, realizado por Gregory et al. (2007), os atletas atingiram os seguintes valores médios: 315,4 W de potência mecânica externa, 174 bpm, 8,2 mmol/L de lactato, 62,3 rpm de cadência. Lee, citado por Lucas et al. (2010) refere que num teste de 30 minutos contrarrelógio, os atletas obtiveram valores médios relativos de VO_{2max} de 78,3 mL/kg/min, 5,2 mmol/L de lactato no OBLA e uma potência mecânica externa de 5,5 W/kg. Carpes e colaboradores (2007) estudaram a resposta da frequência cardíaca numa competição de BTT-XC com 3 horas e meia de duração. Neste estudo de caso concluíram que o seu atleta trabalhou a uma intensidade média de 86% da frequência cardíaca máxima. Verificaram ainda que em 32% da competição o atleta evidenciou encontrar-se a mais de 90% da sua frequência cardíaca máxima, o que corresponde a uma intensidade superior à do seu limiar anaeróbio individual. Em 58% da competição o atleta manteve a intensidade de trabalho num intervalo de 80-90% da frequência cardíaca máxima. Concluíram que em competição existe uma grande oscilação da frequência cardíaca. Stapelfeldt e colaboradores (2004) compararam as exigências das cargas de trabalho em competições de BTT com as de laboratório. Observaram que, em competição, embora exista uma grande oscilação dos valores da potência mecânica externa, a frequência cardíaca revela-se mais constante, mantendo-se sempre elevada.

Impellizzeri e colaboradores (2002, 2007) fazem uma caracterização das competições de BTT-XCO: consideram que se realizam a alta intensidade, essencialmente numa primeira fase da prova, logo após a partida. Os atletas trabalham a 90% da frequência cardíaca máxima e a 84% do VO_{2max} . Mais de 80% da competição realiza-se acima do limiar de lactato. O principal dispêndio energético relaciona-se com o esforço realizado para vencer a gravidade, resistência de deslocamento e as contrações isométricas das musculaturas de braços e pernas. Os autores defendem que após a partida os atletas obtêm valores máximos de potência mecânica externa superiores a 500 W. Os atletas de topo possuem valores de VO_{2max} relativo superiores a 70 mL/kg/min e revelam grande capacidade para trabalharem a altas intensidades durante largos períodos de tempo. Para os autores as características antropométricas dos atletas de BTT-XCO assemelham-se às dos

trepadores em ciclismo de estrada. Costa & Oliveira (2010) chegaram a conclusões semelhantes: para estes autores, em competições de BTT–XCO, os atletas trabalham, em média, a 91-92% da frequência cardíaca máxima. Concluem ainda que estas competições são realizadas a alta intensidade, sobretudo na fase inicial da prova.

Impellizzeri e colaboradores (2005) realizaram um estudo onde compararam diversos parâmetros fisiológicos em laboratório e provas de BTT. Concluíram que os índices submáximos da capacidade aeróbia (potência, oxigênio consumido e 2º limiar ventilatório) são mais relevantes que os índices máximos para determinar a performance em BTT. Salientam a importância da relação da massa corporal com o desempenho em BTT.

Smekal e colaboradores (2015), numa competição de XCO simulada, obtiveram valores de VO_{2max} de $57 \pm 6,8$ mL/kg/min, e uma potência mecânica externa relativa média de $2,66 \pm 0,43$ W/kg.

Faria e colaboradores (2005) publicam os valores médios de VO_{2max} , lactato, frequência cardíaca e potência mecânica externa de atletas de BTT masculinos e femininos em competições de BTT dos principais campeonatos dos Estados Unidos da América. Em homens, o VO_{2max} ronda entre os 54 e os 56,5 mL/kg/min; o lactato varia entre 2,5 e 3,0 mmol/L, a frequência cardíaca ronda entre os 165 e os 170 bpm e a potência mecânica externa varia entre 271 e 321 W. Sublinhe-se que todos estes valores têm um desvio-padrão que, por vezes, é muito elevado. Concluem os autores que as características fisiológicas destes atletas são muito semelhantes às dos seus congéneres de estrada, embora nos atletas masculinos de BTT se observem valores de potência mecânica externa média superiores. Salientam a importância da relação peso-potência como um dos principais fatores preditivos do desempenho em ciclismo. O valor de 5,5 W/kg é considerado o mínimo como pré-requisito para atletas de topo, enquanto uma relação igual ou superior a 6,34 W/kg identifica a presença de ciclistas profissionais. Na mesma linha de pensamento, também Santalla et al. (2012) defendem que é necessário uma relação igual ou superior a 6,0 W/kg para se obter sucesso na Volta à França.

Inoue e colaboradores (2012) analisaram a relação entre os dados obtidos em testes de potência anaeróbia e o desempenho de atletas de BTT, na variante de XCO. Para o efeito, submeteram os atletas a um teste de Wingate (30 segundos a intensidade máxima em cicloergómetro) e a um outro teste intermitente de 5 vezes o

teste de Wingate intervalado com 30 segundos de recuperação. No final compararam os resultados obtidos com os valores recolhidos em competição. Concluíram que os resultados obtidos no teste intermitente de potência anaeróbia pode servir para prever o desempenho em competições de BTT-XCO. Este resultado sugere que, neste tipo de competições, a potência anaeróbia é um fator determinante do desempenho dos ciclistas. Também Ahrend e colaboradores (2016) realizaram um estudo onde compararam vários parâmetros fisiológicos em laboratório e em competição. Concluíram que a potência no limiar de lactato e o pico de VO_2 são fatores condicionantes do desempenho em competições de BTT.

2.3- BTT vs estrada – semelhanças e diferenças entre as duas vertentes do ciclismo

Leplat (2015) salienta que os atletas de BTT revelam uma maior capacidade e potência anaeróbias que os ciclistas de estrada. Justifica o facto pela necessidade que têm de mudar constantemente de velocidade para superarem os vários desníveis do terreno característico destas provas.

Ahrend e colaboradores (2015) defendem que os atletas de BTT, em competição, desenvolvem elevados valores de potência mecânica externa em intervalos de grande intensidade, acompanhados de elevadas concentrações de lactato sanguíneo, indiciando uma grande capacidade de tolerância ao lactato.

Outros estudos apontam para conclusões diferentes: Novak & Dascombe (2014) compararam as características fisiológicas de ciclistas de estrada e BTT, no que concerne às variáveis capacidade e potência máxima aeróbias. Observaram que nas duas vertentes do ciclismo os atletas possuem elevados valores de VO_{2max} e de potência máxima aeróbia. Concluem que estes ciclistas têm características muito semelhantes, revelando elevadas capacidades aeróbia e anaeróbia e semelhantes valores de potência em esforços máximos com duração entre 15 e 600 segundos. Na mesma linha de ideias Wilber et al. (1997) realizaram um estudo comparativo dos perfis fisiológicos de ciclistas de elite de estrada e de BTT, concluindo não existirem diferenças significativas entre os praticantes destas duas vertentes do ciclismo.

Uma diferença incontornável entre o BTT e a estrada reporta-se às vibrações suportadas pelo atleta. Embora atenuadas pela suspensão utilizada na roda dianteira, os estudos demonstram que os atletas de BTT estão sujeitos a uma elevada quantidade de vibrações enquanto que, em estrada, elas são quase

inexistentes. O facto obriga os atletas de BTT a um maior dispêndio energético, originando uma menor economia em competição comparativamente com a estrada. No que concerne às vibrações suportadas pelo atleta de BTT, verificou-se que as costas e a cabeça são as partes do corpo menos sujeitas aos seus efeitos (Titlestad et al., 2006; Macdermid et al., 2014, Miller et al., 2016).

3- Parâmetros fisiológicos com relevância para a caracterização do desempenho em ciclismo

3.1- A monitorização da frequência cardíaca

Com o surgimento e vulgarização dos cardiofrequencímetros portáteis, em 1982, quando a marca finlandesa *Polar*[®] lança o seu modelo *Tester PE2000*, o ciclista tem pela primeira vez à sua mercê uma ferramenta que lhe permite o controlo do esforço através de um marcador fisiológico concreto. No início dos anos 90 assiste-se à vulgarização destes equipamentos. O treino baseado exclusivamente nas sensações, tempo, desmultiplicações, velocidade e/ou cadência é ultrapassado pelo treino com base na frequência cardíaca (embora com inerentes limitações). Estas limitações acentuam-se na realização de exercícios de treino de curta duração a intensidade máxima, os quais não podem ser monitorizados pela frequência cardíaca devido à demora temporal na resposta do sistema cardiocirculatório. Sabe-se que exercícios realizados a intensidade máxima e com uma duração de 10/12 segundos não permitem o seu controlo através de cardiofrequencímetro pelo motivo atrás referido.

A frequência cardíaca é um marcador que permite a rentabilização do treino e a prevenção do sobre-treino. Quando usada devidamente, serve para determinar as intensidades da carga de treino e avaliar o ciclista após treino e competição (Achten & Jeukendrup, 2003). Combinada com a acumulação de lactato é um marcador fisiológico importante na deteção da fase inicial de eventual sobressolicitação não funcional e mesmo sobre-treino verificando-se valores superiores da frequência cardíaca máxima, possibilidade de diminuição da frequência cardíaca submáxima e subida significativa da frequência cardíaca em repouso (Jeukendrup & Diemen, 1998; Lamberts et al., 2009, 2010). Na mesma linha de pensamento, McLean et al., 2010 e Buchheit et al., 2013, citados por Buchheit, 2014 defendem que a frequência cardíaca combinada com outros marcadores do desempenho fornece soluções para

o conhecimento da resposta adaptativa ao treino. No entanto, Daanen e colaboradores (2012), alertam-nos para o facto de no que se refere à monitorização do treino através dos dados da frequência cardíaca de recuperação ser importante realizarem-se mais estudos sobre este tema pois os existentes são inconclusivos.

Lucia e colaboradores (1999), num interessante estudo com oito ciclistas profissionais, caracterizaram a intensidade do esforço nas três semanas de duração da Volta à França. Verificaram que os ciclistas trabalharam 70% do tempo abaixo do primeiro limiar ventilatório, 23% entre o primeiro e o segundo limiar ventilatório e apenas 7% acima do segundo limiar ventilatório. Concluíram que, mesmo em eventos como a Volta à França, os ciclistas trabalham maioritariamente em regime aeróbio moderado.

Finalmente, referir que os atletas de desportos de longa duração, bem treinados, tendem a apresentar uma bradicardia expressiva (Achten & Jeukendrup, 2003).

3.2- Frequência cardíaca, potência mecânica externa, VO_{2max} e lactatemia – relações e dinâmicas em ciclismo

Os cardiófrequencímetros facultaram aos atletas a utilização de um aparelho de fácil manuseamento que possibilitou um controlo mais rigoroso e preciso do treino desportivo. A frequência cardíaca passa a ser o marcador de referência para a avaliação, prescrição e controlo do treino em desportos individuais cíclicos. Posteriormente são introduzidos os aparelhos portáteis para determinação de lactato, o que possibilita a realização de testes de campo para deteção da resposta da lactatemia equivalente a zonas de treino correspondentes a determinados valores de frequência cardíaca. No final dos anos oitenta, do século XX, surgiram no mercado aparelhos para a medição da potência mecânica externa em protocolos de campo, em ciclismo, o que veio introduzir uma nova ferramenta para a prescrição e controlo do treino desta modalidade. Considerando o carácter recente da descoberta vivemos uma época de pesquisa no que concerne às relações frequência cardíaca-potência mecânica externa e um aceso debate sobre a prevalência de uma sobre a outra como marcador preferencial na monitorização e avaliação do treino em ciclismo. O desenvolvimento tecnológico permitiu ainda o fabrico de analisadores de gases portáteis que possibilitaram a medição dos parâmetros ventilatórios fora dos laboratórios, ou seja, com possibilidade de serem utilizados nos espaços de treino e

competição. Assim, nos dias de hoje, uma equipa de trabalho em treino de alto rendimento dispõe de um conjunto de equipamentos que possibilitam a recolha de vasta informação das respostas fisiológica e mecânica. As eventuais relações entre estas fontes de informação constitui um aspeto central desta tese.

Carpes e colaboradores (2007), realizaram um estudo de caso com um atleta de alta competição de BTT, onde recolheram a frequência cardíaca em competição. Posteriormente, avaliaram o atleta em laboratório. Verificaram que o atleta em competição trabalhou, em média, a 86% da sua frequência cardíaca máxima e que 32% do tempo total da competição trabalhou acima de 90% da sua frequência cardíaca máxima. Consideram que a frequência cardíaca é um bom indicador do rendimento em treino e competição. Defendem ainda que as informações da frequência cardíaca colhidas durante a competição e os dados da potência mecânica externa recolhidos durante os treinos são uma boa mescla de ferramentas a explorar durante a preparação dos atletas para a competição.

Lucia e colaboradores (2000a) realizaram um estudo longitudinal com ciclistas profissionais. Analisaram a variação da frequência cardíaca em relação a vários indicadores do desempenho como o limiar láctico e os primeiro e segundo limiares ventilatórios. Concluíram que ao longo da época se verificou um aumento da potência mecânica externa relacionada com os indicadores do desempenho, ao mesmo tempo que se verificou uma estabilização da frequência cardíaca em relação aos mesmos.

Bodner e colaboradores (2002) estudaram a relação entre o ponto de deflexão da frequência cardíaca e o segundo limiar ventilatório (ponto de compensação respiratória) em ciclistas. Concluíram que não existem diferenças significativas entre os dois, em ciclistas treinados. Na mesma linha de ideias, Achten & Jeukendrup (2003) afirmam que a relação FC-VO₂ pode ser utilizada para estimar a energia despendida em protocolos de campo.

Garcia e colaboradores (2000), num estudo realizado com ciclistas profissionais nas Voltas a Espanha e à França, onde recolheram dados em competição e os compararam com protocolos realizados em laboratório aos mesmos atletas, observaram que o limiar láctico destes ciclistas se situava a 90% do seu VO_{2max}, verificando ainda que trabalham em média 20 minutos por etapa dentro do seu limiar anaeróbio individual. Grappe (2012) refere que vários estudos apontam

para que a potência máxima aeróbia de um ciclista corresponda ao valor da potência mecânica externa média obtido num teste máximo de 5 minutos.

Liedl e colaboradores (1999), não encontraram diferenças significativas nos valores médios do VO_2 , frequência cardíaca e lactato num estudo onde compararam um exercício realizado a uma potência mecânica externa constante com um outro de potência mecânica externa variável. Esta investigação pretendeu determinar se um exercício realizado com variações de potência mecânica externa provoca um maior gasto energético quando comparado com um outro exercício realizado com potência mecânica externa constante. Nove atletas realizaram três protocolos em laboratório com a duração de uma hora. O primeiro consistiu num teste para determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$ e potência no OBLA. O segundo teste foi realizado a uma potência mecânica externa média constante, correspondente à potência no OBLA $\pm 5\text{W}$. A potência mecânica externa média obtida neste teste serviu de referência para o teste realizado com potência variável. Neste teste a potência mecânica externa variou de 5 em 5 minutos, oscilando entre 95 e 105% da média de referência. Os resultados alcançados mostraram que o exercício com variações de potência mecânica externa não acarreta um maior custo fisiológico quando comparado com o exercício realizado com carga constante.

Muitos dos estudos que se centraram sobre a relação frequência cardíaca-potência mecânica externa em diversas intensidades de esforço são unânimes relativamente a duas evidências: observaram que existe uma relação entre as duas variáveis em exercícios de baixa intensidade (até ao limiar anaeróbio ou próximo deste), desaparecendo essa relação em exercícios de elevada intensidade (Jeukendrup, 1998; Ericsson, 2006; Moen, 2009; Nimmerichter et al., 2011; Grappe, 2012; Santalla et al., 2012). Pelo facto, muitos autores aceitam a utilização do marcador frequência cardíaca na prescrição de exercícios de treino realizados a intensidades que não superem o limiar anaeróbio (Padilla et al., 2000; Mujika & Padilla, 2001; Ericsson, 2006; Carpes et al., 2007; Nimmerichter et al., 2011; Robinson et al., 2011; Grappe, 2012). Devido à resposta tardia da frequência cardíaca em exercícios curtos de alta intensidade, considera-se que a potência mecânica externa é o marcador de eleição com fiabilidade para este tipo de monitorização (Nimmerichter et al., 2011; Moen, 2009; Grappe, 2012).

Visando contribuir para um melhor conhecimento desta temática, Moen (2009) analisou, comparativamente, a utilização de cardiofrequencímetros e potenciômetros

em treino e competição. Refere que ambos apresentam vantagens e desvantagens e salienta que são raros os estudos científicos conclusivos sobre as vantagens de uns em relação aos outros. Conclui que o ideal é utilizar os dois, pois fornecem informações complementares que vêm enriquecer o treino. Na mesma linha de pensamento surgem-nos Gordillo (2011, 2015) e Sánchez (2008) defendendo que, após muito tempo de discussão sobre se seria melhor treinar sustentado no comportamento da frequência cardíaca ou na potência mecânica externa, atualmente é praticamente unânime ao considerar que a utilização das duas ferramentas em simultâneo constitui a melhor solução para a prescrição, controlo e avaliação do treino. Leplat (2014e) não é contrário à utilização de ambas como ferramentas do treino desportivo. No entanto, revela uma nítida tendência para sobrevalorizar a utilização dos potenciômetros. Defende que em exercícios de elevada intensidade com duração inferior a dois minutos deve ser utilizado o potenciómetro dada a reduzida utilidade do cardiofrequencímetro.

Jeukendrup (1998) defende que a potência mecânica externa é o melhor indicador do estado de forma do atleta, sendo a frequência cardíaca útil para avaliar o ciclista após o treino e competições, determinar a intensidade do treino ou ainda para identificar um possível risco de inadaptação ao treino (sobretreino, por exemplo).

Ericsson (2006) realizou um estudo com 9 ciclistas coletando os valores de potência mecânica externa, frequência cardíaca e cadência em 48 competições. Encontrou uma forte relação entre os valores da potência mecânica externa e da frequência cardíaca em competições de ciclismo com duração inferior a 120 minutos. A partir dos 120 minutos verificou um aumento da frequência cardíaca e um decréscimo da potência mecânica externa produzida em competições até 240 minutos de duração. Concluiu que em provas de duração inferior a 120 minutos a frequência cardíaca é um bom indicador da intensidade da carga e da energia despendida. Em competições superiores a 120 minutos a frequência cardíaca sobrestima a intensidade da carga.

Mujika & Padilla (2001) verificaram que ciclistas profissionais realizam um contrarrelógio curto a uma intensidade média próxima do OBLA, o que correspondeu a uma potência mecânica externa de 400/420 W, enquanto em contrarrelógios longos trabalham a uma intensidade média próxima do limiar láctico, que correspondeu a 370/390 W. Padilla et al. (2000) tinham chegado a conclusões

semelhantes, concluindo que a frequência cardíaca no OBLA e a frequência cardíaca no limiar láctico são marcadores fiáveis para a determinação das intensidades de treino em contrarrelógios de curtas (até 30 minutos) e de longas distâncias, respetivamente. Nesta linha de ideias situam-se Faude et al. (2009), que concluíram que os valores dos limiares de lactato são bons indicadores para o diagnóstico e predição da resistência aeróbia dos atletas. Concluíram ainda que os limiares de lactato podem ser usados na prescrição das intensidades de treino para exercícios de resistência aeróbia.

Zarzeczny e colaboradores (2013) realizaram um estudo com oito atletas de BTT. Os ciclistas foram sujeitos a um teste incremental e a um teste de Wingate no início e a meio da época competitiva. Recolheram-se os valores de VO_{2max} , potência mecânica externa e lactato (medido quatro minutos após o final do teste). Os resultados comparativos dos dois períodos temporais revelam uma manutenção dos valores de potência mecânica externa, um aumento do VO_{2max} (60 para 65,2 mL/kg/min) e um decréscimo do lactato sanguíneo (11 para 8,6 mmol/L). Por outro lado, Ahrend e colaboradores (2015) realizaram um estudo com 10 ciclistas de BTT, com o objetivo de analisarem as dinâmicas dos valores de lactato em diferentes intervalos de trabalho e de recuperação. Utilizaram um teste onde sequenciaram exercícios máximos de 10 segundos, 1 minuto e 5 minutos, intervalados com tempos de recuperação de 1, 5 e 7 minutos. Como complemento aos testes de laboratório os ciclistas realizaram um teste de campo, que consistiu num contrarrelógio de 26,8 Km. Os autores obtiveram valores médios de lactato que oscilaram entre 8,1 e 14,5 mmol/L. O valor mais elevado foi obtido após a realização do segundo teste de um minuto a intensidade máxima. Verificaram correlações moderadas/significativas entre os valores de lactato e de potência mecânica externa nos testes de laboratório. O estudo indicia que existe uma forte relação entre o desempenho destes atletas em competição e a sua capacidade de eliminação de lactato durante os períodos de recuperação.

Numa outra perspetiva, Schuylenbergh (2005) estudou os efeitos da desidratação nos valores de lactato, durante um exercício por patamares. Foram comparados os valores da frequência cardíaca, potência mecânica externa e lactato com e sem hidratação. Concluiu-se que a hidratação é fundamental para a manutenção de uma eficiência mecânica ótima. Ideia semelhante defende Coyle

(1999), alertando para o facto da desidratação e da hipertermia terem um efeito negativo no desempenho atlético.

Espaço para uma breve referência ao estudo de Achten & Jeukendrup (2003), pelas conclusões divergentes da maioria das apresentadas. Os autores defendem que apesar de existirem inúmeros estudos sobre as relações da frequência cardíaca com outros parâmetros, como o VO_2 , altitude, temperatura, etc., a verdade é que os resultados obtidos são bastante inconclusivos.

3.3- Fatores condicionantes da variação da frequência cardíaca

Os diversos estudos realizados neste âmbito identificaram diversos fatores passíveis de influenciar a variação da frequência cardíaca em ciclistas: temperatura, altitude, posição na bicicleta, tipo de atividade (grupos musculares implicados, experiência e técnica), calor, frio, humidade, hidratação, tipo de via energética solicitada, carga de treino realizada nos dias anteriores, fadiga, horário de treino, motivação (grau de excitação do atleta), saúde, stress, alimentação, qualidade do sono, tipo de terreno, condições de treino (sozinho, em grupo) e tipo de contração muscular (Leplat, 2012; Jeukendrup, 1998; Golich & Lehman, 2004; Grappe, 2012).

Leplat (2012), em testes a intensidade correspondente ao limiar anaeróbio, para manutenção de uma potência mecânica externa de 275 W durante 20 minutos, verificou um aumento da frequência cardíaca de 150 para 178 bpm.

Golich & Lehman (2004) defendem que, embora em laboratório as alterações da frequência cardíaca se relacionem linearmente com as variações da potência mecânica externa, a verdade é que em situação real (campo) essa relação é mais complexa. Outro fator fortemente condicionante da utilização da frequência cardíaca é o elevado tempo de resposta do sistema cardiovascular a exercícios de curta duração e alta intensidade, o que subestima a intensidade média de esforço realizada nos mesmos. Também Leplat (2014e) defende que a resposta tardia adaptativa da frequência cardíaca a esforços de alta intensidade inferiores a 2 minutos é a principal condicionante da sua utilização no treino, preferindo utilizar a potência mecânica externa como referencial da intensidade do esforço para este tipo de exercícios.

Lamberts e colaboradores (2004) realizaram um estudo com 44 sujeitos que, durante cinco dias consecutivos, realizaram um teste progressivo de corrida. O objetivo da investigação foi avaliar o impacto do erro de medida na variação da

frequência cardíaca do exercício e a frequência cardíaca de recuperação, nos diferentes dias, em exercícios submáximos. Os resultados revelaram a existência de um erro de medida da frequência cardíaca que oscila entre 1,1 e 1,4%. Os autores concluem que os estudos devem considerar este erro de medida quando utilizam a frequência cardíaca como marcador da intensidade do esforço. Em complemento a este estudo foi realizado um outro, em ciclismo. Assim, Lamberts e colaboradores (2009) realizaram um trabalho com 14 ciclistas treinados. Os atletas concretizaram um plano de treino de quatro semanas, que constou de duas sessões diárias de treino intervalado de alta intensidade, seguidas cada uma de 90 minutos de recuperação abaixo do limiar de lactato. Foram dados três dias de descanso semanais. Recolheram-se os dados referentes à velocidade, potência mecânica externa, cadência e frequência cardíaca. Todo o trabalho foi realizado em rolos (condição estacionária). Antes de iniciarem e após terminarem o plano de treino os ciclistas realizaram um teste de potência máxima aeróbia com medição do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e um contrarrelógio de 40 km. Os resultados obtidos revelaram uma melhoria de todos os parâmetros do rendimento analisados após as quatro semanas de treino intervalado de alta intensidade. A exceção são os valores referentes ao VO_{2max} , que se mantiveram estáveis. Por outro lado, no contrarrelógio de 40 km, verifica-se uma relação entre as variações da frequência cardíaca de recuperação, tempo realizado e pico de potência mecânica externa relativa. Os autores defendem que a frequência cardíaca de recuperação de um contrarrelógio de 40 km e, possivelmente, a frequência cardíaca de recuperação medida após um aquecimento padronizado pode ser uma ferramenta de monitorização indicadora de alterações dos parâmetros do rendimento em ciclistas altamente treinados.

3.4- A utilidade da monitorização da potência mecânica externa como ferramenta na prescrição e avaliação do treino

Nos anos 80, o fisiólogo do exercício Andrew Coggan foi o primeiro estudioso a utilizar sistematicamente um medidor de potência mecânica externa em laboratório. Só mais tarde, já na década de 90, surgiram os primeiros potenciômetros colocados na bicicleta e que permitiram a medição desta variável no terreno (Sánchez, 2008).

Em 1986 o engenheiro alemão Ulrich Schoberer desenvolveu o primeiro sistema de medição da potência mecânica externa adaptável a uma bicicleta: o

sistema *SRM*[®] (Schoberer Rad Messtechnik). Os estudos científicos que validaram este aparelho são unânimes em considerá-lo de qualidade superior pelo que passou a usar-se como o aparelho de referência de medição da potência mecânica externa em ciclismo. Pelo facto, todos os estudos científicos de validação de medidores de potência mecânica externa usam o *SRM*[®] como referência (Paton & Hopkins, 2001; Grappe, 2012; Allen & Coggan, 2014). Os anos 90 assistiram à divulgação do *SRM*[®] e ao nascimento de outras marcas rivais, como é o caso da *PowerTap*[®]. Mais tarde, no início do século XXI, inicia-se a popularização dos potenciómetros para bicicletas de estrada. Só muito recentemente, numa iniciativa pioneira, a *PowerTap*[®] lançou um cubo medidor de potência mecânica externa específico para BTT.

A tecnologia dos potenciómetros baseia-se em princípios distintos, conforme o fabricante dos mesmos. A maioria são sistemas de medição direta. Existe ainda um sistema de medição indireta que utiliza o método de forças opostas e um outro aplicado nos encaixes do sapato.

Grappe (2012) nomeia as qualidades e propriedades de um medidor de potência mecânica externa. Em primeiro lugar considera fundamental a validade do aparelho, estando esta dependente da amplitude da medida, sensibilidade, precisão e exatidão do mesmo. A amplitude é definida pelos valores mínimo e máximo que o aparelho tem capacidade para medir. A sensibilidade refere-se à menor variação de sinal que o aparelho consegue captar. A precisão (ou fiabilidade) é a propriedade que avalia a dispersão dos valores obtidos no que concerne à sua repetibilidade (repetição do teste nas mesmas condições e com os mesmos aparelhos, num curto intervalo de tempo), reprodutibilidade (repetição de um teste com diferentes condições e aparelhagem diferente) e robustez dos resultados obtidos. A exatidão refere-se ao erro de medida, que está associado a fatores aleatórios e/ou a fatores sistemáticos.

Salientar que há medidores de potência mecânica externa (*SRM*[®], *PowerTap*[®]) e estimadores de potência mecânica externa. Estes últimos calculam a potência mecânica externa indiretamente (*PowerPod*[®], *LEO*[®], *Ibike*[®]).

Um artigo descritivo dos medidores de potência mecânica externa à venda no mercado em meados de 2015 enumera 19 aparelhos para medição direta da potência e três para medição indireta. Os aparelhos descritos colocam-se em cinco locais diferentes da bicicleta (pedais, cranques, corrente/roda pedaleira, eixo

pedaleiro e eixo da roda traseira), situando-se um outro nos encaixes de pedal dos sapatos, pelo que terá que ser considerado em espaço exterior à bicicleta. Todos os aparelhos têm tecnologia *Ant+*[®] ou *Bluetooth Smart*[®] para transmissão de dados. O artigo analisa a qualidade de todos os potenciômetros, incluindo a validade dos valores de potência mecânica externa debitados pelos mesmos. Confirma o *SRM*[®] como o aparelho de referência neste mercado mas confirma também o *PowerTap*[®] como o medidor mais preciso na medição de potência mecânica externa em ciclismo. O facto deve-se ao local onde os equipamentos são colocados na bicicleta. Enquanto o *SRM*[®] está colocado no cranque da roda pedaleira o *PowerTap*[®] situa-se no eixo da roda traseira. A diferente colocação dos potenciômetros na bicicleta aporta duas vantagens evidentes para o *PowerTap*[®]. Por um lado, o *SRM*[®] apresenta valores de potência mecânica externa mais elevados pois mede a potência exercida no cranque e não desconta a potência que se perde pela corrente de transmissão. Por outro lado, o *SRM*[®] não considera a diferença na capacidade de aplicação de força entre a perna direita e esquerda. Na verdade, como o aparelho está situado num só cranque, ele mede a potência mecânica externa aplicada apenas por essa perna. Assim, é muito mais precisa a potência medida pelo *PowerTap*[®], que corresponde ao valor real de potência mecânica externa aplicada no solo pelo conjunto atleta/bicicleta (<http://www.dcrainmaker.com/2015/10/buyers-guide2015-edition.html>).

Muitas destas marcas têm programas informáticos para análise dos registos obtidos. São o caso do *SRMWin*[®], da *SRM*[®], do *PowerAgent*[®] da *PowerTap*[®] e *Polar Precision Performance*[®] da *Polar*[®]. Existem ainda programas independentes das marcas, como é o caso do *TrainingPeaks WKO+*[®] ou do *Golden Cheetah*[®] (especialmente desenvolvido para *Machintosh*[®]) (Allen & Coggan, 2014).

A maioria dos potenciômetros devem ser calibrados no início dos exercícios (especialmente quando há grandes diferenças de temperatura). Neste momento já existem alguns modelos que se calibram automaticamente, citando-se como exemplo o *Stages Cycling*[®]. (Allen & Coggan, 2014; Grappe, 2012).

A vulgarização da utilização de medidores de potência mecânica externa leva a que muitos atletas os utilizem incorretamente. Gordillo (2015) enumera os principais erros cometidos: não calibrar o medidor de potência com regularidade, não realizar testes de controlo, deixar de utilizar a frequência cardíaca como

marcador da intensidade de treino, não efetuar uma correta e completa análise dos dados recolhidos, não usar o potenciômetro em competição, não utilizar a potência como marcador da intensidade de treino mas apenas como informação acessória, não realizar treinos de repetições e de séries, não realizar treinos em grupo, não utilizar a potência normalizada, não registar tempos parciais, não procurarem um treinador com experiência em treino com potência mecânica externa.

3.4.1- Conceitos biomecânicos e fisiológicos relevantes

Segundo Billat (2002) potência define-se como a quantidade de trabalho produzido por unidade de tempo. Para o mesmo autor, a potência aeróbia máxima corresponde à intensidade de um exercício no consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}).

Neste domínio existem inúmeros conceitos relacionados com potência mecânica externa (Gordillo, 2011; Allen & Coggan, 2014):

- *potência absoluta e relativa*. Absoluta significa o valor desenvolvido pelo atleta por unidade de tempo. Potência relativa reporta-se à potência absoluta dividida pela massa corporal do atleta. Normalmente escaladores desenvolvem potência relativas superiores aos roladores e sprinters;
- *potência normalizada*: fórmula criada por Andrew Coggan que considera as variações de intensidade. É calculada considerando a potência bruta e as variações de intensidade da pedalada. A potência normalizada corresponde ao valor da potência mecânica externa média caso o exercício se realizasse a uma intensidade constante. Obtém-se através de um algoritmo onde se calculam os diversos valores de potência de 30 segundos, elevam-se à quarta potência, calcula-se a média destes resultados e, por fim, calcula-se a raiz quarta da média obtida;
- *TSS* (Training Stress Score ou carga total de treino): também criado por Andrew Coggan, mede a carga de treino realizada considerando as variáveis tempo total realizado e potência normalizada relacionada com o limiar funcional do ciclista.

$$TSS = [(s \times W \times FI) \div (LFP \times 3600)] \times 100.$$

Nesta equação “s” reporta-se à duração em segundos, “W” é o valor da potência normalizada, “FI” é o fator de intensidade, “LFP” o limiar funcional de potência e 3600 refere-se ao número de segundos numa hora.

O cálculo da carga total de treino é fundamental para o planeamento rigoroso do treino e prevenção da carga excessiva (exemplo – sobretreino). É proposta uma valorização do impacto da carga treino sobre a fadiga:

- a) TSS inferior a 150 indica uma carga de treino de intensidade baixa, com uma fadiga recuperável em 24 horas;
- b) TSS que oscila entre 150 e 300 indica uma carga moderada, recuperável totalmente em 48 horas;
- c) TSS entre 300 e 450 indica uma carga de alta intensidade, com uma fadiga que se prolonga por mais de 2 dias.
- d) TSS acima de 450 indicia uma carga de treino muito elevada, prolongando-se a fadiga residual durante vários dias;

- *fator de intensidade* (FI): relação da potência normalizada (PN) com o limiar funcional de potência (LFP): $(FI=PN/LFP)$. É útil para comparar ao longo da época a intensidade relativa de treinos e competições tendo em consideração as alterações no limiar funcional de potência. Valores do FI inferiores a 0,75 indicam a realização de um treino de recuperação ativa. Quando o FI varia entre 0,75 e 0,95 indicia a realização de um trabalho abaixo do limiar anaeróbio. Quando se trabalha dentro do limiar anaeróbio (limiar de lactato) o FI situa-se entre 0,95 e 1,05. Acima de 1,05 o atleta está a trabalhar acima do seu limiar anaeróbio;

- *índice de variabilidade*: razão entre a potência normalizada e a potência média. Indica o grau de variação dos valores de potência ao longo do treino ou competição e está essencialmente dependente do tipo de terreno;

- *limiar funcional de potência*: potência mecânica externa média obtida num teste de uma hora a intensidade máxima (define-se fisiologicamente como a intensidade máxima de esforço onde não se produz acumulação de lactato).

Aos conceitos referidos interessa acrescentar outros complementares (Grappe, 2012; Pinot & Grappe, 2010):

- *potência crítica*: valor de potência mecânica externa obtida à intensidade de trabalho que corresponde a um estado máximo de estabilização do lactato e do VO_{2max} ;

- *perfil de potência*: o perfil de potência permite avaliar o potencial físico do ciclista em função da duração do esforço. Para a sua elaboração recolhem-se os valores médios de potência mecânica externa em 1, 5 e 30 segundos, 5, 20, 30 e 45 minutos e em 1, 2, 3, 4, e 5 horas;

- *valores do perfil de potência* (Record Power Profile): conjunto dos melhores valores de potência mecânica externa relacionados com os respetivos tempos de duração (entre 1 segundo e 4 horas), obtidos em treino e competição. Semelhante ao perfil de potência, os autores defendem a sua utilização para definir a área que possibilitará um melhor desempenho atlético (sprinter, rolador, trepador).

3.4.2- Valores de referência de potência mecânica externa em ciclismo

Grappe (2012) observou que a potência mecânica externa produzida não se manifesta de forma linear mas sim por patamares. Significa que existem intervalos de tempo dentro dos quais os valores de potência mecânica externa média obtidos não sofrem diferenças significativas. Segundo o autor o patamar onde se verificam diferenças mais significativas condicionadas pelo tempo de duração do esforço situa-se entre 1 segundo e os 5 minutos, estando muito dependente das qualidades explosivas e tolerância láctica dos atletas. Um patamar intermédio situa-se entre os 5 e os 60 minutos. Aqui, os valores da potência mecânica externa média sofrem uma relativa estabilização, independentemente do trabalho ter a duração de 5 ou de 60 minutos. A partir de uma hora os valores obtidos mostram um decréscimo de potência ainda menos acentuado, justificada pela entrada numa zona de trabalho predominantemente aeróbia. Ou seja, entre um trabalho de uma ou de três horas não se verificam diferenças significativas nos valores médios de potência mecânica externa.

Leplat (2012a) realizou um estudo onde através do valor médio da potência mecânica externa num teste máximo de 5 minutos calcula indiretamente o VO_{2max} do ciclista. Assim, conclui que um ciclista de 70 kg de massa corporal (para um rendimento de 22 %), obterá 400 W de potência mecânica externa para um VO_{2max} de 74 ml/kg/min. Caso o rendimento passar de 22 para 24 %, com o mesmo VO_{2max} ele obterá 435 W de potência mecânica externa. Considerando que os valores máximos de VO_2 medidos em ciclistas são de 90/92 ml/kg/min, o autor considera que, no teste referido, dificilmente um ciclista de 70 kg poderá atingir os 500 W de potência mecânica externa.

Leplat (2010) elaborou um artigo com valores de potência mecânica externa referentes a vários ciclistas profissionais de topo mundial, em exercícios de duração variada e sempre a intensidade máxima para a distância. Assim, Dan Freeman, num teste de 20 minutos em subida, obteve uma potência mecânica externa média de

395 W (6,17 W/kg). Montford obteve 391 W numa subida com a duração de 33 minutos e 21 segundos (5,83 W/kg). Floy Landis obteve 359 W de potência mecânica externa média em 1 hora. Valor semelhante obteve Vincenzo Nibali num esforço máximo de 55 minutos (349 W, o que dá um valor de 5,5 W/kg). Chris Horner, numa subida de quase 17 minutos, obteve 434 W de potência mecânica externa média (6,67 W/kg). Interessa salientar que todos estes valores foram obtidos em finais de etapa, após um desgaste de muitos quilómetros que incluem, inúmeras vezes, várias subidas de primeira categoria. Damien Monier obtém 449 W num teste de 20 minutos ao máximo em subida. O mesmo autor calculou para o ciclista profissional oriundo do BTT, Alexis Vuillermoz uma potência mecânica externa média em subida que oscila entre os 496 e os 520 W, para um esforço com uma duração aproximada de quatro minutos (Leplat, 2015e).

Os valores da potência mecânica externa máxima aeróbia podem variar entre os 250 W em sedentários jovens (180/200 W em sedentários adultos) e os 450/500 W em atletas de nível mundial. Considera-se que valores que ultrapassem os 500 W (salvo algum caso absolutamente excepcional) só são possíveis com recurso a produtos dopantes (Leplat, 2012a). Para este autor, interessa elaborar o perfil energético de um atleta conhecendo a sua potência mecânica externa média em exercícios de diferente duração. Dá-nos um exemplo – potência 7 segundos: 1050 W; potência 30 segundos: 647 W; potência 5 minutos: 414 W (100% da potência máxima aeróbia); potência 10 minutos: 384 W; potência 30 minutos: 340 W; potência 120 minutos: 295 W.

Glaskin (2015) publicou o perfil fisiológico de Thibaut Pinot, ciclista profissional francês. Os valores de potência mecânica externa relativa obtidos no ano de 2013 foram os seguintes: 1 segundo – 19,3 W/kg; 5 segundos – 18,1 W/kg; 30 segundos – 13 W/kg; 60 segundos – 10,5 W/kg; 5 minutos – 7,2 W/kg; 10 minutos – 6,9 W/kg; 20 minutos – 6,4 W/kg; 30 minutos – 6,1 W/kg; 45 minutos – 5,9 W/kg; 60 minutos – 5,7 W/kg; 2 horas – 5 W/kg; 3 horas – 4,9 W/kg; 4 horas – 4,9 W/kg.

Johnson (2014) publicou as potências mecânicas externas médias do ciclista profissional Michal Kwiatkowski obtidas durante o campeonato do mundo de estrada. Nesta competição, com mais de 250 km de extensão, obteve uma potência normalizada de 306 W (3,54 W/kg de potência média relativa) e uma média de 148 bpm de frequência cardíaca. A potência média em 34 segundos foi de 436 W (6,43

W/kg). No final da prova lançou um ataque com cerca de três minutos de duração. Neste intervalo de tempo obteve um valor máximo de 706 W, uma potência normalizada de 501 W, uma potência mecânica externa média relativa de 7,02 W/kg e uma média de frequência cardíaca de 179 bpm.

A equipa de ciclismo profissional *Cofidis*[®] publicou os valores de potência mecânica externa do ciclista Daniel Navarro na etapa que venceu da Volta à Espanha de 2014. O atleta obteve uma potência mecânica externa média de 292 W nos últimos 20 minutos de prova. No final lançou um ataque de cerca de um minuto onde se registaram 577 W de potência mecânica externa média e um máximo de 873 W.

Leplat (2014) publicou as potências mecânicas externas de dois ciclistas colombianos de nomeada numa competição de início de época. Os atletas obtiveram uma potência mecânica externa média de 322 W em 30 minutos e de 367 W nos últimos 5 minutos de prova. Saliente-se que falamos de ciclistas com 58 kg, o que significa que estes valores adquirem outra dimensão quando calculada a potência mecânica externa relativa. Estimou ainda que a potência mecânica externa máxima aeróbia destes atletas rondará os $487 \text{ W} \pm 5 \text{ W}$. Também Leplat (2017) publicou as potências mecânicas externas do ciclista Warren Barguil no final de algumas etapas de montanha da Volta à França (calculadas para 70 kg de massa corporal e 8 kg de equipamento). Barguil atingiu potências médias de 371 W em 36 minutos, 364 W em 32 minutos e 380 W, também em 32 minutos, numa outra montanha. Na Volta à Espanha de 2015 o valor de potência mecânica externa relativa mais elevado foi observado durante 20 minutos de subida em montanha, com 5,7 W/kg (correspondente a 6,1 W/kg de potência normalizada) (Gordillo, 2017).

A potência mecânica externa média do ciclista profissional Joaquim Rodriguez, numa subida muito acentuada, foi de quase 400 W em 45 minutos e, em condições similares, de 414 W em 40 minutos para Froome, outro ciclista de topo mundial. Também numa subida de grande inclinação (Halpe d'Huez), a potência média de Quintana foi de 415/420 W em 20 minutos. No entanto, o autor defende que estes valores de potência mecânica externa roçam o limite humano, pelo que são questionáveis (Leplat, 2015; 2015c; 2015d). A mesma ideia é defendida por Antoine Vayer e Frédéric Grappe (Leplat, 2012a): defendem que em esforços máximos de 20 minutos de duração, em subida, o limite de potência mecânica externa média debitada dificilmente ultrapassa os 400 W (o que dá um valor inferior

a 6 W/kg). Leplat defende que para os esforços com a duração descrita, os valores máximos rondarão os 380 W (5,4 W/kg para um ciclista de 70 kg).

A potência mecânica externa média de um ciclista amador de grande nível, com 72 kg de massa, ronda os 390 W em 20 minutos de contrarrelógio. Para estes valores estima-se um valor de potência mecânica externa máxima aeróbia de 480 W (6,66 W/kg) e uma potência crítica de 390 W em 20 minutos (Leplat, 2013). Por sua vez, a mesma categoria de ciclistas em provas em linha obtém (para um peso de 69 kg) e em quase 3 horas de competição, uma potência normalizada de 315 W, com valores máximos de potência mecânica externa em 30 segundos de 720 W, em 5 minutos de 370 W e em 20 minutos de 317 W (Leplat, 2014c).

No BTT feminino, o site da SRM® publicou os resultados da campeã dos Estados Unidos, Pua Mata. A atleta realizou quase 3 horas e 25 minutos de prova obtendo uma potência mecânica externa média de 188 W, para uma frequência cardíaca média de 144 bpm. Na mesma competição, numa subida inclinada de 50 minutos de duração fez 237,5 W de potência mecânica externa média, para uma frequência cardíaca de 163 bpm. A segunda vez que passou pela mesma subida demorou 51 minutos e meio, com uma potência e frequência cardíaca médias de, respetivamente, 215,4 W e 166 bpm. (<http://www.srm.de/news/mountain-bike/pua-mata-wins-us-marathon-national-championships-on-srm/>).

Por outro lado, o site da equipa profissional Sky® publicou os dados do seu ciclista Chris Froome no final de uma etapa de alta montanha da Volta à França de 2015. Num esforço de 41 minutos e meio de duração, o ciclista referido debitou 414 W de potência mecânica externa média (o atleta pesa 67,5 kg, o que dá uma potência média relativa de 6,13 W/kg) e uma frequência cardíaca média de 158 bpm; o valor máximo atingido foi de 174 bpm. No final da etapa Froome desferiu um ataque com a duração de 24 segundos, atingindo uma potência mecânica externa média de 556 W (8,24 W/kg de potência média relativa), um valor máximo de potência de 929 W, com um valor máximo de potência em 10 segundos de 652 W. O mesmo artigo apresenta valores do historial do atleta. Os cálculos informam-nos que Froome debita uma potência mecânica externa média de 419 W em 30 minutos e 366 W em 60 minutos (<http://www.teamsky.com/teamsky/home/article/59618.#cR3sgCX6JsxzDrmB.97>).

Vogt e colaboradores (2007), num estudo realizado com ciclistas na Volta à Itália de 2005, compararam valores médios de potência mecânica externa em etapas

planas e de montanha. Obtiveram sempre valores mais elevados nas etapas de montanha. Num estudo semelhante realizado com 15 ciclistas profissionais durante a Volta à França, onde compararam etapas planas com etapas de média e de alta montanha, concluíram que a potência mecânica externa média sobe gradualmente, das etapas planas (218 W) para as de média montanha (228 W), obtendo-se os valores mais elevados nas etapas de alta montanha (234 W). No que respeita à frequência cardíaca verificaram que quase não existem diferenças entre as médias obtidas em etapas planas (133 bpm) e de média montanha (134 bpm), subindo para valores superiores em etapas de alta montanha (140 bpm) (Vogt et al., 2007a). Santalla et al. (2012), num artigo de revisão sobre as características fisiológicas dos ciclistas participantes na Volta à França, dizem-nos que estes atletas atingem valores de 400-450 W no limiar de lactato de 4,0 mmol/L, o que corresponde a aproximadamente 90% da potência mecânica externa máxima e do VO_{2max} .

Santalla e colaboradores (2012) apontam os 200-250 W como valores médios de referência para etapas planas na Volta à França, para uma cadência de pedalada média de aproximadamente 90 rpm. Nas etapas de montanha os valores médios de potência mecânica externa sobem para 322, 345 e 385 W conforme a dificuldade (inclinação) das montanhas. Os autores consideram como pré-requisito para o sucesso nestas etapas o ciclista desenvolver uma potência mecânica externa relativa maior ou igual a 6 W/kg no VO_{2max} . Em contrarrelógios estes valores sobem para os 400 W (aproximadamente), com cadências de pedalada de 90-100 rpm.

Mujika & Padilla (2001), em ciclistas profissionais de estrada, de alto nível, observaram valores máximos de potência mecânica externa que oscilam entre 370 e 570 W, 4,4 a 6,4 L/min de volume máximo de oxigénio e valores de 300 a 500 W de potência mecânica externa no OBLA. Comparando as intensidades médias obtidas em diferentes contrarrelógios verificaram que nos de curta duração a intensidade situa-se próximo do OBLA e oscila entre 400 e 420 W. Em contrarrelógios longos essa intensidade média desce para próximo do limiar individual de lactato, obtendo-se valores que oscilam entre os 370 e 390 W. A média de potência mecânica externa nas etapas oscila entre os 210 e os 270 W, de acordo com a dificuldade do percurso. Estas etapas, realizadas maioritariamente em pelotão, caracterizam-se ainda pela realização de um esforço de natureza intermitente, trabalhando os ciclistas uma média de 30 a 100 minutos no ou acima do limiar anaeróbio e 5 a 20 minutos no ou acima do OBLA.

Pinot & Grappe (2014) analisaram a evolução da carga de treino e dos valores do perfil de potência mecânica externa de um ciclista ao longo de seis anos consecutivos: dos 18 aos 23 anos. Verificaram uma evolução em todos os parâmetros analisados. A carga de treino anual evoluiu de 14733 km para quase 30000 km. Simultaneamente, evoluíram todos os valores do perfil de potência do atleta, aos 1, 5 e 30 segundos, 1, 5, 10, 20, 30 e 45 minutos e 1, 2, 3 e 4 horas. Como exemplo, a potência mecânica externa em 10 minutos evoluiu de 6,0 para 6,9 W/kg, enquanto a potência mecânica externa em 1 hora evoluiu de 5,0 para 5,7 W/kg.

Finalmente, como muitos dos valores de potência mecânica externa referidos são estimados e não obtidos por medição direta, por falta de informação disponibilizada pelos atletas e suas equipas, questiona-se a validade dos mesmos. Pelo facto, Millet et al. (2014) realizaram um estudo onde compararam valores estimados com valores reais, obtidos em etapas de montanha. Partiram do pressuposto que a influência do vento (velocidade e direção), fatores aerodinâmicos e perfil da subida podem influenciar significativamente os resultados estimados. Neste estudo, realizado com 16 ciclistas de alto nível, concluíram que a média dos valores de potência mecânica externa estimados são próximos dos valores médios diretamente medidos. No entanto, existe uma possibilidade de erro de ± 6 a 10%, o que pode influenciar significativamente alguns valores obtidos. Alertam ainda para o facto de, em valores médios de potência mecânica externa de ciclistas profissionais acima dos 400 W, este erro ser provavelmente mais elevado.

3.4.3- Factores condicionantes da variação da potência mecânica externa

Abel & Grappe (2014) realizaram um estudo com 8 ciclistas amadores, que foram testados em 5 contrarrelógios de 20 minutos, variando as condições envolventes (vento de frente, de costas, sem vento). Concluem que num contrarrelógio a variação da potência mecânica externa produzida está relacionada com a variação das condições envolventes (vento) e com aspetos psicoemocionais (motivação, experiência, etc.).

Para Grappe (2012), o tempo de duração do esforço é um dos condicionantes da variação da potência mecânica externa. Os seus estudos revelam que se perde, em média, 1 W por cada minuto entre os 20 e os 60 minutos, num trabalho à intensidade de limiar anaeróbio. A intensidades elevadas, o autor verificou que se

perde de 4 a 6 W por minuto num trabalho entre os 5 e os 20 minutos. São também fatores condicionantes da variação da potência mecânica externa o nível de treino, a fadiga e ainda outros fatores menos explorados como a saúde, hereditariedade e a termorregulação.

Leplat (2009) verificou que os valores médios de potência mecânica externa variam conforme os aparelhos e locais de realização dos testes. Assim, afirma que geralmente os testes de laboratório têm tendência a sobrevalorizar o limiar de potência, atribuindo-lhe um valor mais próximo do VO_{2max} do que o obtido em testes de campo. Por outro lado, verificou que a potência mecânica externa média obtida em rolos é inferior à obtida em estrada em percurso plano. Verificou ainda que a potência obtida em estrada em subida é superior à obtida em percurso plano. Num teste de 20 minutos ao máximo com o mesmo atleta obteve valores médios de potência mecânica externa de 330 W em rolos, 360 W em estrada com percurso plano e 370 W em estrada em subida. Conclui ainda que um dos fatores que condicionam esta diferença de valores é a frequência de pedalada.

Grappe (2012) defende que não existe um limiar de potência mecânica externa (no sentido de se considerar um intervalo de trabalho a determinada intensidade que se possa manter no tempo). Existe sim um tempo máximo de trabalho para cada valor de potência mecânica externa.

Atkinson e colaboradores (2003) defendem que o aporte nutricional antes e durante os treinos e competição (condicionada pela temperatura envolvente) é um fator condicionante da produção de potência mecânica externa.

Reiser e colaboradores (2003) realizaram um estudo onde compararam a pressão, medida da secção do pneu e o tipo de pneu em exercícios a velocidade constante. Verificaram que para a manutenção da mesma velocidade necessitaram de valores de potência mecânica externa superiores quando diminuíram a pressão dos pneus. Por outro lado, verificaram diferenças significativas nos valores de potência quando compararam pneus de várias marcas e secções. Os autores concluíram que a pressão, medida da secção e tipo de pneu podem influenciar os valores de potência mecânica externa produzida.

Vogt e colaboradores (2008) realizaram uma análise da relação cadência de pedalada – potência mecânica externa nas etapas de montanha da Volta a França de primeira e de categoria extra. Concluíram que a potência média observada nas etapas está dependente da cadência da pedalada e da desmultiplicação utilizada.

Neste campo de estudo, Reed et al. (2016) realizaram um trabalho para determinar a cadência ideal com vista à maximização da potência mecânica externa debitada. Os autores verificaram que existe um valor ideal de cadência para cada atleta que permite maximizar a potência produzida. Observaram ainda que quando os valores da cadência se distanciam 20 rpm acima ou abaixo do valor ótimo, a potência mecânica externa sofre um decréscimo aproximado de 6%.

Para Leplat (2012b) existem vários fatores que condicionam a produção de potência mecânica externa: fadiga acumulada, altitude e condições climáticas (com especial relevância para a temperatura ambiente).

3.4.4- Fatores determinantes da variação do desempenho: tipo de pneu, cadência de pedalada, tipo de terreno, posição na bicicleta

Bertucci & Rogier (2012) realizaram um estudo onde compararam diferentes tipos de pneu e avaliaram a sua influência no desempenho de atletas de BTT. Para esta análise dispuseram de dois modelos de pneus, de marcas diferentes, com diferentes tipos de piso, secção e pressão. Analisaram a resistência de deslocamento de cada um em testes de campo de BTT. Concluíram que o tipo de piso, a secção e a pressão dos pneus origina diferentes resistências de deslocamento, o que pode influenciar os resultados competitivos.

Grappe e colaboradores (1999) partiram do pressuposto que o coeficiente da resistência de deslocamento dos pneus da bicicleta depende, geralmente, da deformação do pneu provocada pelas forças verticais que lhe são aplicadas e da pressão do mesmo. No estudo que realizaram concluíram que a relação entre a deformação provocada no pneu pelas forças verticais aplicadas e a pressão dos pneus não é linear.

Um outro estudo comparou os resultados de cinco pneus de BTT diferentes, no que se refere ao peso, volume, área de contacto com o solo e profundidade do rasto, em protocolos de campo. Verificaram-se diferenças significativas entre os vários tipos de pneus em descida e em subida. Concluiu-se que as características do pneu podem predizer o seu desempenho em competição e que em plano e subida os pneus poderão ter uma menor superfície aderente, volume e peso (Macdermid et al., 2015b). Ainda Macdermid e colaboradores (2015a) realizaram um trabalho onde analisaram a influência da superfície e pressão dos pneus nos impactos sofridos por

atletas de BTT. Concluíram que pneus de maior superfície e pressão moderada reduzem os impactos nos atletas e aumenta o desempenho destes.

Fintelman e colaboradores (2015) realizaram um estudo com 19 ciclistas em diferentes posições de contrarrelógio. Concluíram que a posição do corpo em cima da bicicleta influencia os valores de diferentes parâmetros fisiológicos. Na mesma linha de ideias Grappe et al. (1998) realizaram um estudo com 9 ciclistas de competição. Os atletas submeteram-se a 3 testes de 10 minutos de duração em 3 posições diferentes na bicicleta. Observaram diferenças significativas em algumas das variáveis metabólicas e respiratórias nas diferentes posições, ao mesmo tempo que outras das variáveis estudadas, como a frequência cardíaca, não sofreram alterações significativas com a variação da posição na bicicleta.

Leplat (2014d) realizou um estudo sobre a frequência de pedalada para tentar descortinar a ideal em competição. A frequência de pedalada tem como fatores condicionantes o tipo de fibras musculares, níveis de força e capacidade de coordenação. O tipo de fibras musculares de um ciclista é essencialmente genético e, como tal, pouco treinável. Esta realidade evidencia que a frequência de pedalada está dependente da genética do ciclista, o que limita fortemente a sua treinabilidade. Após a análise da frequência de pedalada de vários ciclistas de renome mundial encontrou valores muito diferentes de uns para outros, embora todos altamente eficazes. Assim, conclui não existir uma referência ideal de frequência de pedalada, devendo esta ser adaptada às características do ciclista com vista à otimização dos resultados obtidos. Ideia contrária encontramos no artigo de Santalla et al. (2012). Após a análise das performances dos melhores ciclistas presentes na Volta à França, concluem que a eficiência mecânica obtida por estes se situa nos 24% (medida em testes com carga constante de aproximadamente 385 W, correspondente a 80% do VO_{2max}). Em competição, esta eficiência pode chegar aos 25%, relacionando-se este valor com a capacidade de manutenção de potências mecânicas externas elevadas a cadências de pedalada superiores a 90 rpm. Na mesma linha de ideias, Lucia et al. (2004) realizaram um estudo com oito ciclistas profissionais. Os atletas realizaram três testes de seis minutos cada, com uma carga constante de aproximadamente 370 W. Verificaram que estes atletas obtêm maiores percentagens de eficiência mecânica a cadências de pedalada mais elevadas: obtêm valores de eficiência mecânica de 22,4%, 23,6% e 24,2% a frequências de pedalada de, respetivamente, 60, 80 e 100 rpm. Lucia e colaboradores (2001)

também realizaram um estudo com o objetivo de determinar as cadências de pedalada preferidas pelos ciclistas profissionais, em competição. Contaram com uma amostra de sete atletas e analisaram a frequência de pedalada em três grandes voltas, considerando vários tipos de terreno. Concluíram que os ciclistas profissionais optam por cadências médias elevadas (aproximadamente 90 rpm) em etapas planas e em contrarrelógios, verificando-se em etapas de alta montanha a opção por cadências médias significativamente mais baixas (aproximadamente 70 rpm). Na mesma linha de ideias, Gordillo (2017) observou que a cadência de pedalada mais utilizada na Volta à Espanha de 2015 situou-se no intervalo 90-100 rpm.

Outro fator que influencia o desempenho é a acumulação de fadiga. Santalla e colaboradores (2012) alertam para o stress provocado no organismo pelas grandes voltas velocipédicas. Na última semana da Volta à Espanha observou-se um decréscimo nos níveis de cortisol, testosterona, hormona luteínica e melatonina nos ciclistas participantes. Uma das variáveis que tende a diminuir nas grandes voltas, essencialmente na última semana, é a frequência cardíaca máxima.

Bouillod e colaboradores (2014) realizaram um estudo com o objetivo de analisarem a influência do terreno em esforços de potência máxima aeróbia. Para o efeito realizaram um teste incremental em cicloergómetro e testes contínuos de quatro minutos ao máximo em cicloergómetro, terreno plano e subida. Recolheram valores de potência, frequência cardíaca e cadência. Os resultados obtidos demonstraram diferenças de potência máxima aeróbia e potência mecânica externa nos diferentes testes realizados. O valor mais elevado de potência mecânica externa foi obtido no teste contínuo realizado em subida, seguido do teste realizado em plano e, por fim, do teste em cicloergómetro. O teste em subida apresentou valores de cadência de pedalada bastante inferiores ao teste realizado em plano. O valor mais elevado deste parâmetro foi obtido no teste de cicloergómetro. No que concerne à frequência cardíaca, verificou-se que a média mais baixa foi obtida no teste em plano, seguido do teste em subida e do teste em cicloergómetro. Consideram que o tipo de teste e o tipo de terreno onde se realiza influenciam o desempenho dos atletas ao nível da potência mecânica externa produzida e da cadência de pedalada.

3.5- Avaliação protocolar em estrada vs laboratório/rolos vs terra/BTT – estudos comparativos

Leplat (2009) afirma que, em testes realizados em rolos, o ciclista produz uma média de potência mecânica externa inferior à produzida em testes de campo.

Bertucci e colaboradores (2012) realizaram testes de campo e em rolos a 9 ciclistas. Verificaram que os resultados obtidos eram distintos. Assim, os atletas optavam nos rolos por uma frequência de pedalada mais elevada e obtinham uma eficiência e economia menor nos rolos comparativamente aos testes de campo. Concluíram que existem diferenças de resultados entre os dois tipos de testes. Assim, de futuro, estudos sobre o desempenho em ciclismo devem comparar testes realizados em campo e laboratório, com recurso a diversos ergómetros.

O treinador de uma equipa de ciclismo profissional, após um ano de recolha de dados com potenciómetro em diferentes condições, verificou que os ciclistas, em testes de potência máxima aeróbia e de limiar anaeróbio, obtêm valores médios em estrada 5 a 10% superiores aos obtidos em rolos. Por outro lado, verificou que em testes de estrada os ciclistas desenvolvem potências mecânicas externas médias superiores em subida comparativamente com percursos planos. O treinador deu o exemplo de um ciclista, que num teste de 20 minutos ao máximo em rolos obteve uma potência mecânica externa média de 330 W, enquanto em estrada, com percurso plano, obteve 360 W e em estrada, a subir, obteve 370 W. Por outro lado verifica-se que as cadências médias obtidas nestas três condições também são diferentes. Assim, em rolos, a cadência varia entre 95 e 110 rpm, enquanto em estrada, em plano, varia entre 90 e 105 rpm e em subida varia entre 75 a 85 rpm. Uma outra diferença entre os testes em rolos e em estrada reporta-se ao facto de normalmente, em rolos, se sobrevalorizarem os resultados dos testes de cálculo do limiar anaeróbio. O autor dá o exemplo de um atleta testado em rolos, com uma potência máxima aeróbia de 400 W ao qual é atribuída uma potência mecânica externa de 370 W no limiar anaeróbio ($\pm 92\%$ da PMA) mas que, na verdade, andarรก próximo dos 350 W (Leplat, 2010a).

Mieras e colaboradores (2014) levaram a efeito um estudo com 12 ciclistas onde compararam diversos parâmetros num teste realizado em laboratório com um outro realizado em estrada. Verificaram que as condições envolventes dos dois testes eram similares, com a exceção do vento que era significativo no teste de campo e inexistente no de laboratório. No entanto, verificaram diferenças

significativas na potência mecânica externa média produzida (208,1 vs 163,4 W) e frequência cardíaca média (152 vs 143 bpm), com os testes de estrada a terem os valores mais elevados.

Um outro estudo interessante compara três medidores de potência mecânica externa em simultâneo, recolhendo-se a percentagem de erro emanada de cada um. Observaram que a percentagem de erro difere de ergómetro para ergómetro e concluem que é importante utilizar em testes os melhores cicloergómetros do mercado com o objetivo de diminuir a margem de erro dos resultados obtidos (Paton et al., 2006). Na mesma linha de ideias, um estudo comparativo de cicloergómetros estacionários conclui que todos eles têm erros de calibração que interessa corrigir o melhor possível. O mesmo estudo conclui que o ideal é os testes a ciclistas serem realizados no terreno, propondo-se a utilização de um velódromo indoor para a realização de testes com carga constante até à exaustão. Conclui ainda que o *SRM*[®] é o melhor ergómetro, sobrepondo-se aos cicloergómetros estacionários (Paton & Hopkins, 2001).

Siedlik e colaboradores (2015) compararam um cicloergómetro estacionário (*Load Excalibur*[®]) com um móvel (*PowerTap*[®]), para aferirem se diferentes valores pré-estabelecidos de potência mecânica externa se relacionavam com diversos parâmetros fisiológicos. Obtiveram relações para a frequência cardíaca e VO_2 , não se verificando a mesma evidência no que respeita à ventilação pulmonar, lactato sanguíneo e percepção do esforço. Realizaram os testes 10 ciclistas. Concluíram que o potenciómetro *PowerTap*[®] utilizado é uma ferramenta válida para estimar a potência mecânica externa associada à frequência cardíaca e VO_2 .

Ahrend e colaboradores (2016) realizaram um estudo com 10 atletas de BTT onde compararam os resultados de testes de laboratório (limiar anaeróbio individual, VO_{2max} , força isométrica e intensidade máxima de 10 segundos, 1 e 5 minutos) com os resultados de um teste de campo (competição simulada). Verificaram que, em testes por patamares, a potência no limiar láctico e o VO_{2max} são duas variáveis muito importantes para prever o desempenho de um atleta em competição. Observaram uma forte correlação entre os valores de potência de 1 e 5 minutos e os obtidos no teste de campo. Concluem que a medição dos parâmetros aeróbios tradicionais em testes por patamares e da potência em testes curtos de alta intensidade com duração entre 1 a 5 minutos, servem como análise preditiva do desempenho em competições de BTT.

4- Cronobiologia

4.1- Conceito

Atkinson & Reilly (1996) definem cronobiologia como a ciência que se dedica à investigação das alterações dependentes do tempo com impacto nas variáveis fisiológicas do organismo. Os mesmos autores entendem por ritmo biológico as alterações fisiológicas que se repetem regularmente em um mesmo tempo e em uma mesma ordem e intervalo.

Os ritmos biológicos dividem-se em circadianos, ultradianos e infradianos. Os ritmos biológicos mais importantes são os relacionados com o ciclo sono/vigília e com a temperatura corporal interna.

Os ritmos biológicos são controlados pelo núcleo supra-quiasmático, que é constituído por um grupo de células localizadas no hipotálamo e é altamente influenciado pelo ciclo claro-escuro. O núcleo supra-quiasmático recebe através da retina informações relacionadas com o ciclo do sol. Após processadas e associadas a outros componentes exógenos (consumo alimentar, ciclo sono/vigília e ingestão de água) o núcleo supra-quiasmático coordena os ritmos do relógio biológico através da secreção de hormonas (insulina, melatonina, adrenalina e hormona antidiurética), alteração da frequência cardíaca, da temperatura corporal e ativação neural (Waterhouse et al., 2005; Minati et al., 2006; Pedroso & Silva, 2010; Teo et al., 2011; Buijs et al., 2003 citado por Teo et al., 2011).

Minati e colaboradores (2006), pp. 82 referem que o relógio biológico “é ajustado dia a dia pela regularidade do nosso estilo de vida e pelas formas a que este vai nos expor aos ritmos ambientais”.

Estas alterações adaptativas do corpo humano não têm a duração de, exatamente, 24 horas. Por uma questão de facilitar e delimitar esta temática, adotou-se a designação de ritmo circadiano, que delimita nas 24 horas de um dia os mecanismos adaptativos do corpo humano às condições envolventes (Reilly & Bambaiechi, 2003). Assim, o conceito de ritmo circadiano refere-se às alterações das variáveis fisiológicas que ocorrem durante as 24 horas do dia (Atkinson & Reilly, 1996; Pedroso et al., 2013).

A predisposição do organismo para a rentabilização das capacidades físicas varia ao longo do dia e é fruto da interação entre diversos fatores homeostáticos e as oscilações do ritmo circadiano. Estudos que relacionam os ritmos circadianos

com o desempenho indiciam que os ritmos referidos são controlados pelo cortisol e melatonina (Carrier & Monk, 2000). Estudos realizados comprovam o efeito da melatonina no controlo dos ritmos circadianos relacionados com o efeito de jet lag (Atkinson et al., 2003 citado por Drust et al., 2005).

Embora certas características fisiológicas estejam padronizadas para a população desportiva, subsistem sempre diferenças individuais a salientar. Os ritmos circadianos variam de indivíduo para indivíduo, de acordo com o cronotipo de cada um: matutinos, vespertinos e indiferentes. Complementarmente, estes ritmos também se alteram com a idade (Carrier & Monk, 2000; Pedroso & Silva, 2010; Teo et al., 2011).

Como atrás foi referido, os ritmos circadianos estão diretamente relacionados com os ritmos biológicos do organismo e suas flutuações ao longo do dia. As condições envolventes, a idade e os hábitos de treino e de vida são fatores que influenciam os ritmos circadianos dos atletas. O seu conhecimento é fundamental para a maximização do rendimento desportivo (Atkinson & Reilly, 1996; Carandente et al., 2006; Minati et al., 2006; Okamoto et al., 2013). Minati e colaboradores (2006), pp.65, defendem que “conhecimentos na área da cronobiologia podem ser importantes para que um planeamento meticuloso possa ser feito no sentido de otimizar os resultados do desempenho físico e desportivo. Algumas informações como o melhor horário para transmitir instruções complexas, o melhor horário para um desempenho físico árduo, o aproveitamento das variações circadianas para as programações das refeições, o conhecimento da percepção individual do esforço e das noções sobre os efeitos deletérios da perda de sono podem auxiliar técnicos e atletas a otimizarem o desempenho de treino”.

A literatura científica que se debruça sobre o tema socorre-se de diversos marcadores para o estudo dos ritmos circadianos. De todos, o ritmo da melatonina é um dos mais importantes (Waterhouse, 2005). No entanto, a recolha deste marcador é difícil e (nalguns casos) invasiva. A frequência cardíaca poderia ser um marcador de eleição e só não o é por ser facilmente influenciável por fatores externos e pelo ciclo sono/vigília. Assim, considerando a sua fiabilidade e facilidade de recolha, a temperatura corporal interna é considerado o melhor marcador circadiano para a maioria dos investigadores (Reilly & Bambaiechi, 2003; Waterhouse, 2005). Em situações específicas, ao marcador temperatura corporal Reilly (1990) acrescenta o ciclo sono-vigília como importante marcador circadiano. O autor defende a junção

destes dois marcadores em estudos relacionados com exercícios predominantemente neuromotores e cognitivos, onde o pico de desempenho ronda o final da manhã e não coincide com o pico de temperatura corporal. Também Minati e colaboradores (2006) defendem que tarefas relacionadas com a memória e a motricidade fina não devem ser treinadas no final da tarde, pois o período onde se obtêm os melhores resultados não coincide com o pico de temperatura corporal.

No entanto, a utilização dos diversos marcadores referidos não invalida que persistam alguns problemas nos estudos realizados. Drust e colaboradores (2005), alertam para a falta de capacidade de controlo das condições envolventes em desportos de exterior, o que origina muitas dúvidas nos resultados obtidos em diversos estudos sobre esta temática. Também Minati e colaboradores (2006) alertam para a dificuldade experimental em quantificar a influência dos ritmos circadianos no desempenho físico, dando o exemplo da influência que eventuais distúrbios no sono podem provocar na análise de resultados. Salientam também as dificuldades no controlo das condições ambientais e dos procedimentos anteriores à realização dos testes, como o aquecimento realizado pelos atletas.

Sublinhe-se que as horas ideais para a rentabilização do desempenho desportivo não estão exclusivamente dependentes dos ritmos endógenos mas também de fatores exógenos, tais como as características do desporto (natureza e intensidade do exercício) e condições envolventes (luz, calor, ionização do ar, padrões alimentares e atividades sociais). Desportos muito dependentes da técnica e fatores cognitivos obtêm melhores resultados de manhã, enquanto os que dependem essencialmente das capacidades físicas obtêm melhores resultados a horas mais tardias. Quanto a desportos onde exista uma mescla dos fatores referidos ainda se desconhecem as melhores horas do dia para a rentabilização do desempenho (Reilly, 1990; Drust et al., 2005).

4.2- Cronobiologia e desempenho desportivo

De uma forma muito sucinta, pode-se afirmar que a capacidade de rentabilização das capacidades físicas varia ao longo do dia e está dependente de fatores endógenos e exógenos, mais ou menos passíveis de serem controlados. São vários os fatores capazes de influenciar a variação circadiana do desempenho atlético, destacando-se a motivação, stress psicológico, luminosidade, temperatura,

nível de treino, sono, altitude, hora das refeições, tipo de alimentação, idade, sexo e viagens transmeridionais (Winget et al., 1985; Minati et al., 2006).

É consensual entre os pesquisadores que os melhores resultados dos desempenhos motores em diversos desportos coincidem com o pico de temperatura corporal (Minati et al., 2006).

Vários autores consideram que o pico de força muscular está diretamente relacionada com o valor máximo de temperatura corporal interna (Atkinson & Reilly, 1996; Reilly & Garret, 1998; Drust et al., 2005; Waterhouse et al., 2005; Teo et al., 2011; Pedroso et al. 2013). No entanto, Carrier & Monk (2000) alertam que esta relação direta pode deixar de se verificar quando uma determinada tarefa motora é memorizada, passando a obter os melhores resultados quando a capacidade de memória está mais ativa e não a capacidade motora correspondente.

Mahaboobjan (2010) estudou a variação de diversos parâmetros fisiológicos ao longo do dia, com 20 jovens atletas. Concluiu que certos parâmetros têm melhores resultados no início da manhã (6 horas), tais como a frequência cardíaca em repouso, enquanto outros revelam melhores resultados ao final da tarde (18 horas), tais como a velocidade e a força explosiva.

Outros autores, como Minati et al. (2006) alertam para a necessidade de novos estudos que venham ampliar os conhecimentos já adquiridos sobre as relações entre o relógio biológico e o desempenho desportivo, considerando sempre as características individuais dos atletas. Com efeito, o aprofundamento do tema revela-nos um panorama muito mais complexo e vasto. No que concerne à rentabilização das capacidades físicas não existe ainda um conhecimento concreto da influência dos ritmos circadianos no treino desportivo, visto os estudos existentes não mostrarem unanimidade em relação a vários temas estudados (Drust et al., 2005). Um bom exemplo das inúmeras variáveis a considerar e respetiva complexidade destes estudos são as alterações provocadas ao longo da idade. Atkinson & Reilly (1996) alertam para o facto de atletas com mais de 50 anos obterem melhores resultados durante a manhã que atletas mais jovens.

4.2.1- Desempenhos de curta duração (anaeróbios)

A maioria dos estudos sobre a influência dos ritmos circadianos em esforços de curta duração são unânimes em considerar que os melhores resultados são obtidos no período da tarde, coincidindo os melhores desempenhos com o pico de

temperatura corporal. No entanto, os autores consideram que o fator temperatura corporal não é o único responsável pela obtenção dos melhores resultados, devendo associar-se a outros fatores. No entanto, os estudos neste campo são ainda inconclusivos, pois outros existem com conclusões divergentes e que deixam muitas dúvidas a esclarecer em futuras investigações (Chtourou & Souissi, 2012).

Chtourou e colaboradores (2012) estudaram a influência do treino e da hora do dia em exercícios de curta duração (teste de Wingate, salto vertical com contra movimento e contração voluntária máxima). Os testes foram realizados por 31 homens ativos às 7/8 e 17/18 horas. Inicialmente, sem treino, os valores de todas as variáveis estudadas foram superiores nos testes realizados durante a tarde. Ao fim de 12 semanas de treino, estes resultados atenuam-se no grupo que treina de manhã e mantêm-se no grupo que treina de tarde e no que não treina. De qualquer forma, as diferenças obtidas entre os dois grupos ao fim das 12 semanas de treino não são estatisticamente significativas.

Hammouda e colaboradores (2012) investigaram o efeito da hora do dia nos antioxidantes e marcadores de fadiga muscular num teste Wingate realizado por 15 jogadores de futebol. Os testes realizaram-se às 7 e 17 horas. Observaram que os valores do pico de potência, índice de fadiga e temperatura corporal interna são superiores no teste realizado à tarde. Também os marcadores de fadiga muscular são superiores no teste realizado de tarde, quer antes quer no final do exercício. Concluem que os resultados indiciam a influência do ciclo circadiano nas variáveis estudadas.

Souissi e colaboradores (2004) realizaram um estudo onde pretenderam analisar o efeito do ritmo circadiano em exercícios anaeróbios de força-velocidade realizados em cicloergómetro e aplicando um teste de Wingate. Por outro lado, pretenderam relatar as alterações ocorridas ao nível da temperatura oral durante os exercícios anaeróbios realizados a diferentes horas do dia. Participaram 19 voluntários. Os testes Wingate foram realizados a seis diferentes horas do dia. Analisaram a potência máxima, pico de potência e potência média. Mediu-se ainda, antes dos testes, a temperatura oral e a massa corporal. Verificaram alterações nos resultados obtidos a diferentes horas do dia ao nível da temperatura oral, potência máxima, pico de potência e potência média, todos com os maiores valores obtidos no período da tarde. Concluem que o ciclo circadiano influencia as variáveis estudadas (com exceção da massa corporal, onde não se verificaram alterações

significativas) e propõem que o pico de temperatura oral seja utilizado para prever a hora de ocorrência dos desempenhos máximo e mínimo em exercícios anaeróbios.

Faull e colaboradores (2015) realizaram um estudo com remadores que realizaram um exercício em ergómetro às 7 e às 16 horas. Concluíram que no exercício realizado às 16 horas os atletas obtinham valores superiores ao nível da potência mecânica externa média e velocidade.

4.2.2- Desempenhos de longa duração (aeróbios)

Contrariamente ao que sucede com os desempenhos de curta duração, pensa-se que à medida que o tempo de exercício aumenta vão-se dissipando as diferenças de resultados em exercícios realizados a diferentes horas do dia. Com efeito, a larga maioria dos estudos realizados não encontrou diferenças estatisticamente significativas em exercícios realizados de manhã e de tarde em várias variáveis fisiológicas e de desempenho, tais como carga de trabalho, potência mecânica externa, ventilação, VO_{2max} , frequência cardíaca, frequência de pedalada, velocidade, distância percorrida, entre outros. Contrariamente, uma das variáveis que mais discussão levanta é a referente aos valores de lactato sanguíneo, pois vários estudos observaram uma maior concentração de tarde, coincidindo o pico desta curva com o pico da curva de variação da temperatura corporal. (Forsyth & Reilly, 2004; Dalton et al. 1997; Deschenes et al, 1998; citados por Chtourou & Souissi, 2012).

Num conjunto de 10 estudos que analisaram a influência da hora do dia no desempenho em exercícios de longa duração, 7 deles não encontraram diferenças estatisticamente significativas nas variáveis estudadas. Por outro lado, em 11 estudos que analisaram a influência da hora do dia nas respostas fisiológicas em exercícios de longa duração, 8 não encontraram diferenças estatisticamente significativas na grande maioria das variáveis estudadas. No entanto, neste campo, pese embora de forma diminuta, as conclusões não são consensuais havendo ainda várias questões a aclarar em estudos futuros (Chtourou & Souissi, 2012).

Reilly & Garrett (1995) também não encontraram diferenças estatisticamente significativas nos resultados obtidos de manhã e de tarde num teste de 60 minutos em cicloergómetro.

Cruz & Silva (2011) realizaram um estudo para verificar possíveis influências do ciclo circadiano em diversos parâmetros de treino. Contaram com 8 atletas, que realizaram corridas de 1500, 3000 e 5000 metros, em pista, de manhã, à tarde e à noite. Os autores não observaram diferenças estatisticamente significativas nas variáveis velocidade crítica, VO_{2max} e frequência cardíaca máxima, relacionadas com o ciclo circadiano.

Carandente e colaboradores (2006) estudaram a variação do ritmo circadiano da frequência cardíaca durante 4 semanas de treino de 2 horas de resistência realizado a diferentes horas do dia. Observaram diferenças entre as médias da frequência cardíaca nos diferentes treinos diários, assim como ao longo das 4 semanas de trabalho.

4.2.3- Força, velocidade e flexibilidade

Os estudos realizados nestes campos também não são conclusivos.

Reilly e colaboradores (2000) citados por Drust e colaboradores (2005), defendem que o período ideal para o treino da força é o final da tarde, independentemente dos grupos musculares solicitados ou da velocidade de contração. Também Souissi e colaboradores (2002), concluíram que o período da tarde é mais propício para a rentabilização do treino da força, existindo horas específicas para a sua consecução. No entanto, as conclusões não são pacíficas, embora se assemelhem. Reilly e colaboradores (1990) citado por Pedroso & Silva (2010), defendem que há dois picos de força durante o dia, um no final da manhã e outro ao final da tarde e início da noite.

Pedroso e colaboradores (2013), realizaram um estudo que pretendeu verificar os efeitos da variação dos ritmos circadianos na capacidade de produção de força máxima. A amostra do estudo constou de 10 jovens do sexo masculino. Os autores não verificaram diferenças significativas da temperatura corporal ao longo do dia. Pelo contrário, encontraram diferenças significativas ao longo das 24 horas ao nível da frequência cardíaca e na capacidade de produção de força máxima (maior no período da tarde, diminuindo no período da noite). Observaram que esta oscilação acompanha as verificadas nos valores da frequência cardíaca e temperatura corporal, pois estas também são mais elevadas de tarde e diminuem no período da noite.

Reilly & Marshall (1991) estudaram as relações entre a variação da potência, ritmo circadiano e temperatura corporal em nadadores. Participaram no estudo 14 nadadores que realizaram testes a diferentes horas do dia num tanque de natação. Concluíram que os ritmos circadianos influenciam a frequência cardíaca, temperatura corporal e vigília. Influenciam ainda os picos de potência média e máxima, com os valores mais elevados a serem atingidos no período da tarde.

Reilly & Bambaiechi (2003) e Reilly & Waterhouse (2009) alertam para os problemas levantados na execução dos protocolos dos estudos da força (relacionados com a acumulação de fadiga muscular) e sublinham que os diversos trabalhos realizados finalizam quase invariavelmente com reservas sobre os resultados obtidos e sugestões para investigações futuras. Na mesma linha de ideias, Seo et al. (2013), num artigo de revisão da literatura, encontraram estudos muito divergentes nos resultados e conclusões obtidas. Propõem que, com o objetivo de se conhecer melhor os efeitos das horas do dia ao nível da força muscular, os estudos futuros devam analisar variáveis fisiológicas relacionadas com as adaptações aos exercícios de resistência.

Unver e colaboradores (2015) investigaram o efeito dos ritmos circadianos nos tempos de reação, flexibilidade, salto vertical e equilíbrio estático e dinâmico. Participaram no estudo 25 estudantes universitários, que realizaram os testes a diferentes horas do dia: 9, 14 e 19 horas. Na globalidade, os melhores resultados observaram-se às 9 horas. Relativamente aos saltos e à flexibilidade verificou-se um incremento dos resultados da manhã para a tarde, acompanhando um incremento paralelo da temperatura corporal.

4.2.4- Cronotipo e horário de treino

Alguns estudos debruçam-se sobre a influência do cronotipo e horário de treino no desempenho competitivo. Existem três cronotipos diferentes, de acordo com as características individuais de cada organismo: matutinos, vespertinos e indiferentes.

Rae e colaboradores (2015) realizaram um estudo onde 26 nadadores executaram um teste de 200 metros às 6,30 e às 18,30 horas. O objetivo da investigação foi analisar a influência do cronotipo e da hora de treino no desempenho dos atletas. Os resultados obtidos demonstraram que atletas matutinos que treinam de manhã ou atletas que treinam de manhã obtêm melhores tempos às

6,30 horas, acompanhados de baixos índices na escala de percepção de esforço, elevada sensação de vigor e baixos níveis de fadiga. Por outro lado, obtiveram resultados paralelos para atletas vespertinos, verificando que estes obtêm melhores resultados no teste realizado às 18,30 horas. Concluem que o cronotipo e a hora de treino afeta a variação diurna do desempenho e defendem que treinadores e atletas devem planificar os treinos de forma a potenciar esta evidência. Em sentido contrário aponta o estudo realizado por Hatkinson et al. (2015), referenciado noutra capítulo (ver 4.3- Cronobiologia – estudos em ciclismo), onde se conclui que mesmo ciclistas madrugadores (matutinos) obtêm melhores resultados em testes realizados no período da tarde.

Trabalhos que investigaram as adaptações do organismo a treinos de longa duração realizados a horas específicas do dia, apontam para a coincidência dos melhores desempenhos serem obtidos à mesma hora da realização dos treinos. Ou seja, atletas que treinam de manhã obtêm melhores resultados de manhã enquanto atletas que treinam à tarde, obtêm os seus melhores resultados nesse período do dia. Por outro lado, verifica-se que os atletas que treinam de manhã são mais consistentes nos resultados obtidos a diferentes horas do dia. Estas informações são importantes para o planeamento do treino do atleta, aconselhando-se que os treinos coincidam com as horas das futuras competições ou, caso se desconheça a hora da competição, deve-se treinar de manhã para minimizar potenciais perdas de rendimento (Chtourou & Souissi, 2012; Chtourou et al.; 2012; Mizuno, 2014).

4.2.5- Jet lag

Um dos problemas relacionados com o desempenho em desportos de alta competição, reporta-se às alterações provocadas no ritmo circadiano dos atletas devido às longas e/ou constantes viagens de avião. Com efeito, o jet-lag é um fenómeno estudado neste campo, muito controlado pela produção de melatonina e que está dependente de vários fatores, dos quais se destacam a direção da viagem (relativamente aos meridianos terrestres), os momentos de partida e desembarque, hora da chegada, exposição ou ausência da luz do dia, atividade nos dias anteriores à competição no novo local, hora da competição e as características do desporto praticado (Santana, s/d; Atkinson & Reilly, 1996; Reilly & Bambaiechi (2003); Drust et al., 2005; Reilly, 2009). Os sintomas do jet lag são desidratação, fadiga, dores de cabeça, irritabilidade, perda de concentração e motivação, desordens

gastrointestinais e perda de apetite (Waterhouse et al., 2004; Drust et al., 2005). A alteração dos padrões do sono provocados pelo jet lag relaciona-se negativamente com o desempenho atlético (Thun et al., 2015). O ajuste do organismo às novas exigências do local conquista-se gradualmente, numa interação do relógio biológico com as adaptações homeostáticas. O exercício físico desempenha um papel essencial na ressincronização do organismo, quando administrado no momento correto do dia. O recurso a fármacos é outra alternativa utilizada na redução dos efeitos do *jet-lag* (Reilly, 2009).

Um estudo onde se privou um atleta da luz do dia durante um largo período de tempo revelou uma diminuição do seu estado de atividade e um aumento da sonolência. Os autores concluem que é importante a existência de uma boa sincronização entre os ritmos biológicos e as condições envolventes com vista à maximização dos resultados (Calogiuri et al., 2009).

4.3- Cronobiologia – estudos em ciclismo

Os diversos estudos que analisam a dinâmica dos ritmos circadianos em ciclismo apresentam resultados divergentes. Alguns estudos concluem que as diferentes horas do dia não afetam o rendimento em ciclismo. Pelo contrário, vários outros observaram diferenças estatisticamente significativas em diversas variáveis testadas a diferentes horas do dia.

Um estudo com sete ciclistas e triatletas tentou determinar os efeitos dos ritmos circadianos num contra-relógio de 15 minutos a intensidade máxima realizado em três períodos diferentes: 8-10 horas, 14-16 horas e 20-22 horas. Os autores concluíram que os ritmos circadianos não afetam o desempenho neste tipo de trabalho em ciclismo, pois não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os dados recolhidos nas diferentes horas do dia (Dalton et al., 1997). Resultados semelhantes revelou um estudo realizado por Reilly & Down (1992), onde não verificaram diferenças significativas nos valores da potência mecânica externa média e máxima num teste de Wingate realizado a diferentes horas do dia. Bardis & Atkinson (2008) realizaram um estudo com oito atletas, onde simularam um contra-relógio, realizado num simulador de treino e a uma temperatura de 35°, às 8 e 17 horas. Não encontraram diferenças estatisticamente significativas nos valores médios da temperatura corporal, potência mecânica externa e tempo realizado. Concluem que a hora do dia não tem influência nas variáveis observadas. Também

Reilly & Garrett (1995) realizaram um estudo para comparar as respostas a exercícios prolongados realizados de manhã e de tarde. Para tal, contaram com a colaboração de sete atletas que realizaram um exercício contínuo de 60 minutos em cicloergómetro, às 8,30 e 17,30 horas, com um intervalo de recuperação de 72 horas. Não encontraram diferenças estatisticamente significativas ao nível dos valores de potência mecânica externa média debitada. Cruz e colaboradores (2014) realizaram um estudo com 8 ciclistas de BTT. Os atletas foram sujeitos a testes realizados até à exaustão, em cicloergómetro, às 7 e 10 horas no período da manhã e 19 e 22 horas no período da tarde. Não foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros analisados às diferentes horas do dia (glucose sanguínea, frequência cardíaca e potência mecânica externa média). Os autores concluem que o ciclo circadiano não tem interferência nas variáveis estudadas. Um estudo realizado por Cruz e colaboradores (2014a) investigou a influência da hora do dia nas frequências cardíaca máxima e de recuperação, em ciclismo. Participaram no estudo 8 ciclistas, que realizaram testes em cicloergómetro de manhã e à tarde. Os autores não encontraram diferenças significativas comparando os resultados obtidos nos dois períodos do dia. Com base nos dados da frequência cardíaca, concluem que o ciclo circadiano não interfere na carga máxima obtida nos testes realizados. Também Reilly & Garrett (1998), num estudo realizado em cicloergómetro com sete atletas, concluíram que não é garantido que exercícios contínuos realizados a intensidade sub-máxima obtenham piores resultados quando realizados de manhã.

Ideia contrária é defendida por Atkinson et al. (2005) que concluíram que, após um teste de laboratório em cicloergómetro de 16,1 kms de contra-relógio, os valores de lactato e temperatura corporal obtidos às 17,30 horas são superiores aos obtidos às 7,30 horas. O tempo realizado nos testes é inferior às 17,30 horas. Não encontraram diferenças relativamente à frequência cardíaca e percepção do esforço. Concluem que existe uma tendência para a obtenção de melhores resultados de tarde que de manhã, exceto em atletas com predisposição a serem madrugadores e que tenham realizado antes do teste um aquecimento vigoroso de 25 minutos. Na mesma linha de ideias, Hill & Smith (1991) encontraram diferenças nos valores máximos e médios de potência mecânica externa medidos a diferentes horas do dia. O estudo foi realizado com nove estudantes masculinos que realizaram um teste de Wingate modificado. Igualmente em um estudo com 13 estudantes masculinos, onde

se realizaram testes de Wingate a diferentes horas do dia, se pretendeu estabelecer as diferenças nos ritmos circadianos relativamente às variáveis potências mecânicas externas máxima e média. Os autores verificaram diferenças nestes parâmetros nas diferentes horas do dia, verificando-se os valores mais elevados às 15 e 21 horas, e os mais baixos às 3 horas (Melhim, 1993). Também Lericollais et al. (2009) encontraram resultados semelhantes num estudo com 16 ciclistas, que realizaram um teste de Wingate de 60 segundos às 6 e 18 horas. Os autores observaram que, no teste realizado de tarde, os atletas obtiveram melhores resultados ao nível do pico de potência mecânica externa, potência mecânica externa média nos primeiros 30 segundos de teste e na potência mecânica externa média total. Petit et al. (2013) realizaram uma investigação onde pretenderam saber quais os efeitos da hora do dia nos desempenhos físicos e psicomotores de jovens ciclistas. Compuseram a amostra 14 ciclistas que realizaram vários testes a diferentes horas do dia, compreendida entre as 8,30 e as 18,30 horas. Os autores concluíram que a hora do dia influencia o desempenho dos ciclistas a nível psicomotor.

Santana e colaboradores (2008) realizaram um estudo com nove ciclistas com o objetivo de avaliar a influência da hora do dia nos parâmetros da cinética do consumo de oxigénio em exercícios de grande intensidade. Realizaram testes às 8, 13 e 18 horas e concluíram que a hora do dia não influencia os resultados da cinética do VO_2 em exercícios muito intensos. Na mesma linha de ideias, Sekir et al. (2002) realizaram um trabalho em cicloergómetro com o objetivo de analisarem os efeitos da hora do dia nos limiares de lactato e ventilatórios, assim como na cinética do VO_2 . Os testes realizaram-se às 9, 14 e 19 horas. Concluíram que a hora do dia não influencia os valores dos limiares láctico e ventilatório. Um outro estudo pretendeu avaliar a influência do ciclo circadiano na cinética do VO_2 em ciclistas, durante exercício de elevada intensidade. A amostra é composta de nove ciclistas. Realizaram testes a 75% da diferença entre o VO_2 no limiar de lactato e o VO_{2max} , às 8, 13 e 18 horas. Os autores não encontraram diferenças estatisticamente significativas nos resultados obtidas nas diferentes horas do dia, nos parâmetros amplitude do componente primário do VO_2 , constante de tempo do componente primário do VO_2 , componente lento do VO_2 e tempo de resposta média. Afirmam que os resultados obtidos sugerem que a resposta da cinética do VO_2 , em exercícios de grande intensidade, não é influenciada pelo ciclo circadiano (Denadai et al., 2008).

Moussay e colaboradores (2003) realizaram um estudo para analisar os efeitos dos ritmos circadianos na frequência de pedalada. Participaram no estudo doze ciclistas, que realizaram um exercício em cicloergómetro às 6 e 18 horas, com livre frequência de pedalada. Concluíram que no exercício realizado ao final da tarde a frequência de pedalada é significativamente superior comparativamente com a média obtida de manhã. Num outro estudo, Bessot e colaboradores (2006) trabalharam com 11 ciclistas para avaliarem a influência da frequência de pedalada e da hora do dia no tempo de exaustão em exercícios de alta intensidade. Para o efeito os atletas realizaram três testes às 6 horas e três testes às 18 horas. Os dois primeiros testes foram efetuados com cadência de pedalada livre e os restantes a 80 e a 120% da cadência livre obtida. Concluíram que o tempo médio de exaustão é superior no período da tarde e quando a cadência de pedalada é de 80% (comparativamente com a cadência de 120%). Também a temperatura corporal absoluta e a concentração de lactato no ponto de exaustão são superiores no exercício realizado às 18 horas.

Hatkinson e colaboradores (2015) realizaram uma investigação com 8 ciclistas, tendencialmente madrugadores, com o objetivo de examinarem os efeitos da hora do dia num contra-relógio de 16,1 kms, com e sem aquecimento prévio. Os contra-relógios realizaram-se às 7,30 e às 17,30 horas. Verificaram que o aquecimento melhora os resultados dos testes. Por outro lado, os ciclistas obtiveram melhores resultados nos testes realizados à tarde ao nível da média do tempo realizado. Ainda nos testes da tarde obtiveram maiores valores da temperatura corporal, assim como do lactato sanguíneo. Não encontraram diferenças ao nível da escala da perceção de esforço nem da frequência cardíaca. Concluíram que, mesmo ciclistas madrugadores, obtém melhores resultados de tarde.

Otani e colaboradores (2015) realizaram um estudo com 8 atletas para avaliar o efeito das temperaturas elevadas nos ritmos circadianos em exercícios aeróbios e anaeróbios e nas funções cognitivas. Para o efeito os atletas realizaram vários testes em cicloergómetro dentro de uma câmara climática, às 8 e 17 horas. Concluíram que a hipertermia antes do exercício afeta negativamente os resultados obtidos em exercícios aeróbios realizados de manhã, embora não tenha influência nos realizados de tarde. Por outro lado, a hipertermia não tem influência nos resultados obtidos em exercícios anaeróbios. Finalmente, concluíram que a hipertermia afeta negativamente as funções cognitivas a qualquer hora do dia. Na

mesma linha de ideias, Hobson et al. (2009) investigaram o efeito da hora do dia em exercícios de resistência realizados a 35° C e 60% de humidade relativa. Contaram com uma amostra de 9 atletas, que realizaram testes em cicloergómetro até à exaustão a 65% do VO_{2max} , às 6,45 e 18,45 horas. Os resultados obtidos indicaram um tempo para a exaustão superior no teste realizado de manhã comparado com o da tarde. Concluíram que, em ambientes com elevada temperatura, a capacidade de resistência é superior de manhã.

5- Cronobiologia em modalidades individuais (2000-2015): revisão sistemática

5.1-Introdução

Atkinson & Reilly (1996) definem cronobiologia como a ciência que se dedica à investigação das alterações dependentes do tempo com impacto nas variáveis fisiológicas do organismo. Os mesmos autores entendem por ritmo biológico as variações fisiológicas que se repetem regularmente num mesmo tempo, ordem e intervalo.

Os ritmos biológicos dividem-se em circadianos, ultradianos e infradianos. Os ritmos biológicos mais importantes são os relacionados com o ciclo sono/vigília e com a temperatura corporal interna.

Os ritmos biológicos são controlados pelo núcleo supra-quiasmático, que é constituído por um grupo de células localizadas no hipotálamo e é altamente influenciado pelo ciclo claro-escuro. O núcleo supra-quiasmático recebe através da retina informações relacionadas com o ciclo do sol. Após processadas e associadas a outros componentes exógenos (consumo alimentar, ciclo sono/vigília e ingestão de água) o núcleo supra-quiasmático coordena os ritmos do relógio biológico através da secreção de hormonas (insulina, melatonina, adrenalina e hormona antidiurética), alteração da frequência cardíaca, da temperatura corporal e ativação neural (Waterhouse et al., 2005; Minati et al., 2006; Pedroso & Silva, 2010; Teo et al., 2011; Buijs et al., 2003 citado por Teo et al., 2011).

Estas alterações adaptativas do corpo humano não têm a duração de, exactamente, 24 horas. Por uma questão de facilitar e delimitar esta temática, adotou-se a designação de ritmo circadiano, que delimita nas 24 horas de um dia os mecanismos adaptativos do corpo humano às condições envolventes.

Os ritmos circadianos estão diretamente relacionados com os ritmos biológicos do organismo e suas flutuações ao longo do dia. As condições envolventes, a idade e os hábitos de treino e de vida são fatores que influenciam os ritmos circadianos dos atletas. O seu conhecimento é fundamental para a otimização do desempenho desportivo (Atkinson & Reilly, 1996; Carandente et al., 2006; Minati et al., 2006; Okamoto et al., 2013).

De uma forma muito sucinta, pode-se afirmar que a capacidade de rentabilização das capacidades físicas varia ao longo do dia e está dependente de fatores endógenos e exógenos, mais ou menos passíveis de serem controlados.

A maioria dos estudos sobre a influência dos ritmos circadianos em esforços de curta duração são unânimes em considerar que os melhores resultados são obtidos no período da tarde, coincidindo as melhores performances com o pico de temperatura corporal (Atkinson & Reilly, 1996; Reilly & Garret, 1998; Drust et al., 2005; Waterhouse et al., 2005; Minati et al., 2006; Teo et al., 2011; Pedroso et al. 2013). Contrariamente ao que sucede com as performances de curta duração, pensa-se que à medida que o tempo de exercício aumenta vão-se dissipando as diferenças de resultados em exercícios realizados a diferentes horas do dia.

Autores como Minati et al. (2006) alertam para a necessidade de realizar estudos que venham ampliar os conhecimentos já adquiridos sobre as relações entre o relógio biológico e o desempenho desportivo, considerando sempre as características individuais dos atletas. Com efeito, o aprofundamento do tema revela-nos um panorama muito mais complexo e vasto. No que concerne à rentabilização das capacidades físicas não existe ainda um conhecimento concreto da influência dos ritmos circadianos no treino desportivo, visto os estudos existentes não mostrarem unanimidade em relação a vários temas estudados (Drust et al., 2005).

Este trabalho visa lançar mais alguma luz sobre este campo do conhecimento, especificamente no que concerne a modalidades individuais cíclicas.

5.2- Métodos

Os ritmos circadianos influenciam as capacidades físicas e o conseqüente desempenho competitivo dos atletas de modalidades individuais? Para responder à questão utilizámos os seguintes métodos de trabalho:

5.2.1- Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada até 29 de Maio de 2016. As bases de dados utilizadas foram a Web of Science, PubMed e Sportdiscus. O período de tempo pesquisado enquadrou-se entre 1 de Janeiro de 2000 e 31 de Dezembro de 2015.

Na Web of Science utilizaram-se as palavras Circadian Rhythms and Sports. Seguiu-se o refinamento da pesquisa por: domínios de pesquisa (Science technology) e áreas de pesquisa (Physiology or sport science) e tipos de documento (artigo ou review). O resultado final constou de 154 artigos.

Na PubMed utilizaram-se as palavras Circadian Rhythms and Sports. O refinamento da pesquisa realizou-se no domínio Species (Humans). Foram encontrados 364 resultados.

Na base de dados Sportdiscus utilizaram-se as palavras Circadian Rhythms and Training. Como resultado encontraram-se 165 artigos.

A pesquisa efetuada nas bases de dados referidas foi completada com alguns artigos relevantes encontrados em outras fontes bibliográficas. Para a seleção dos artigos reunidos utilizámos os critérios de elegibilidade e de exclusão descritos, pela sua precisão na identificação e seleção dos trabalhos que se enquadravam nesta temática. Também se ponderou a utilização da escala de PEDro. No entanto, deparámo-nos com dificuldades na aplicação da mesma aos trabalhos reunidos, por estes se encontrarem num domínio de estudo diferente daquele para o qual a escala foi criada, pelo que desistimos da sua aplicação.

5.2.2- Critérios de elegibilidade

Os artigos obtidos foram sujeitos a uma análise pormenorizada, utilizando-se os seguintes critérios de elegibilidade: estudos no campo desportivo, com sujeitos saudáveis ou atletas; estudos com realização de testes físicos; estudos em modalidades individuais; artigos publicados em revistas científicas e páginas on-line de referência internacional; artigos com data de publicação entre 1 de Janeiro de 2000 e 31 de Dezembro de 2015.

5.2.3- Critérios de exclusão

Como critérios de exclusão utilizaram-se os seguintes: estudos de revisão sistemática, artigos sobre alterações do sono e Jet Lag, estudos com doentes e pessoas sedentárias, estudos em psicologia do desporto, estudos com menores de

18 anos de idade, estudos em desportos coletivos ou cuja amostra são atletas praticantes de modalidades coletivas, estudos com atletas com deficiência motora, artigos com data de publicação anterior a 1 de Janeiro de 2000 ou posterior a 31 de Dezembro de 2015.

5.3- Resultados

Com base nos métodos utilizados obtivemos um total de 34 artigos sobre cronobiologia em modalidades individuais.

Tabela 1 - Resultados finais da pesquisa

Artigos	Número
força e outras variáveis físicas	6
exercícios de curta duração (0 a 60 segundos)	9
exercícios de média duração (1 a 5 minutos)	3
exercícios de longa duração (superiores a 5 minutos)	16

Para uma melhor organização e análise, dividimos os artigos em quatro grupos: força e outras variáveis físicas; exercícios de curta duração (0 a 60 segundos); exercícios de média duração (1 a 5 minutos) e exercícios de longa duração (superiores a 5 minutos).

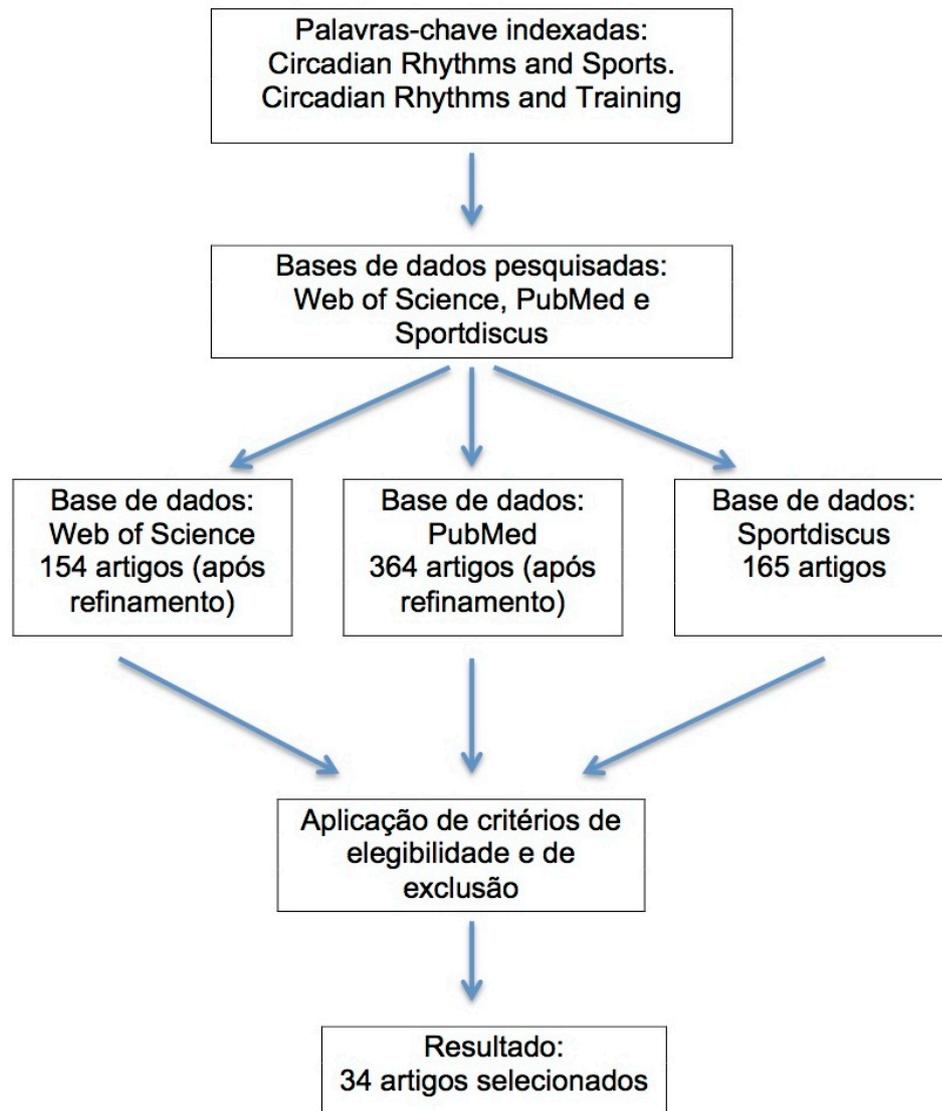


Figura 1 – Etapas de pesquisa e seleção de artigos

5.3.1- Força e outras variáveis físicas

Nesta temática obtivemos seis estudos que abordam a influência da hora do dia na produção de força/potência (4), flexibilidade, salto, equilíbrio e tempo de reação (1). Um outro estudo debruça-se sobre a influência do exercício intenso no ritmo circadiano.

A amostra total destes estudos é constituída por 96 indivíduos, sendo 92 homens e 4 mulheres. Foram aplicados testes variados: Wingate, saltos, contrações isométricas, sprints, entre outros. Dos parâmetros analisados destacamos os seguintes: potência, altura de

salto, torque, temperatura, frequência cardíaca e análise eletromiográfica.

No que respeita à influência da hora do dia na produção de força e potência os resultados divergem: dois estudos observaram valores superiores de tarde (Souissi et al., 2002; Pedroso et al., 2013), um estudo conclui que os valores mais elevados se obtêm à noite (Pereira et al., 2011) e um outro não encontrou diferenças significativas ao longo do dia (Blonc et al., 2010). Por outro lado, um estudo defende que a coincidência entre as horas de treino e dos testes/competições melhora os resultados obtidos; no entanto, um dos trabalhos conclui que estes resultados não estão dependentes dos ritmos circadianos (Souissi et al., 2002; Blonc et al., 2010). Saliente-se que dois estudos verificaram uma associação entre o aumento dos valores da força/potência e o aumento da temperatura corporal (Pereira et al., 2011; Pedroso et al., 2013).

O estudo de Unver et al. (2015) defende que nos saltos e exercícios de flexibilidade os valores mais elevados são obtidos de tarde. Pelo contrário, no que concerne ao tempo de reação obtiveram-se melhores resultados de manhã. Finalmente, não se observaram diferenças significativas ao longo do dia na realização de tarefas que solicitavam equilíbrios estático e dinâmico.

Finalmente, referir que Okamoto (2013) concluiu no seu trabalho de estudo de caso, realizado com um atleta de luta, que o exercício físico intenso (treino) influencia o relógio biológico.

5.3.2- Exercícios de curta duração (0 a 60 segundos)

Foram selecionados 9 estudos que se debruçam sobre a influência dos ritmos circadianos nos exercícios de curta duração. A amostra total é de 164 indivíduos, sendo 158 homens e 6 mulheres. A maioria dos estudos (7) utiliza o teste de Wingate ou Wingate adaptado (30/60 segundos em cicloergómetro a intensidade máxima). Três estudos completam o teste de Wingate com outros testes (vários tipos de saltos, contração voluntária máxima, agachamentos, contração e extensão de pernas). Um estudo realizou testes em cicloergómetro e piscina (50 metros livres a velocidade máxima) e um outro utilizou um teste em cicloergómetro, que constou de 10 sprints de 6 segundos, com 30 segundos de recuperação, seguido de um teste de força. Essencialmente, os parâmetros analisados foram a capacidade e potência anaeróbias, força, peso, VO_2 , temperatura e lactatemia.

Os resultados dos testes apontam, na generalidade, para a obtenção de valores superiores de força e potência no período da tarde. Com efeito, oito dos nove estudos obtiveram valores mais elevados de potência no período da tarde (Deschodt & Arsac, 2004; Souissi et al., 2004; Kin-Isler, A., 2006; Souissi et al., 2007; Lericollais et al., 2009; Lericollais et al., 2011; Chtourou et al., 2012; Chtourou et al., 2012a). No entanto, quando se comparam testes realizados antes e após um período de treino realizado a horas específicas, verifica-se uma adaptação dos atletas à hora de treino, o que origina que o grupo que treina de manhã esbata as diferenças de resultados manhã/tarde nos testes realizados. De um ponto de vista prático, estes resultados aconselham atletas e treinadores a coincidirem as horas de treino com as horas das competições mais importantes (Chtourou et al., 2012; Chtourou et al., 2012 a).

O único estudo que não obteve diferenças significativas ao longo do dia ao nível da força e potência coincide com o trabalho que optou por um teste mais curto: sprints de 6 segundos (Giacomoni et al., 2006). O resultado deste estudo indicia que a influência da hora do dia no desempenho atlético diminui proporcionalmente à duração dos testes.

No que concerne à relação entre a variação diurna da temperatura corporal e o desempenho os resultados divergem. Três estudos relacionam os dois (Souissi et al., 2004; Souissi et al., 2007; Chtourou et al., 2012), enquanto que dois outros (Giacomoni et al., 2006; Kin-Isler, A., 2006) defendem o contrário. No entanto, ressalve-se que o estudo de Giacomoni et al. (2006), como foi referido, é o que realizou o teste mais curto, enquanto que o trabalho de Kin-Isler (2006) merece uma observação mais atenta. Com efeito, neste estudo verifica-se uma relação entre o desempenho (potência) e a variação diurna da temperatura entre os testes realizados às 9 e 13 horas. A quebra existe quando se comparam os resultados das 13 com os das 17 horas. Com efeito, neste intervalo de tempo, verifica-se um aumento da temperatura e uma diminuição dos valores médios e máximos de potência debitada, quebrando-se assim a relação entre as duas variáveis.

5.3.3- Exercícios de média duração (1 a 5 minutos)

Dispomos de 3 estudos que se debruçam sobre a influência circadiana na realização de exercícios de média duração. A amostra total é de 48 indivíduos,

sendo 40 homens e 8 mulheres. Um estudo realiza testes em cicloergómetro, um outro em ergómetro (remo) e o terceiro estudo utiliza um teste de natação, em piscina (200 metros a intensidade máxima). Basicamente os parâmetros analisados foram a frequência cardíaca, percepção do esforço, cadência de pedalada, torque e tempo.

Os resultados dos testes divergem. Dois estudos concluem que a hora do dia tem efeito nos resultados obtidos (Bessot et al., 2007, Faull et al., 2015), mas num outro estudo não se verificaram alterações ao longo do dia nas variáveis analisadas (Rae et al., 2015). Este trabalho observou ainda que existe uma relação positiva entre a hora de treino e a hora dos testes, concluindo que o cronotipo e a hora de treino afetam a variação diurna do desempenho.

5.3.4- Exercícios de longa duração (superiores a 5 minutos)

Encontrámos 16 estudos que se debruçam sobre a influência dos ritmos circadianos nos exercícios de longa duração. O estudo de Cruz & Silva (2011) abarca um teste de média e dois testes de longa duração. Pelo facto, optámos pela sua inclusão neste capítulo. Um outro estudo (Otani et al., 2015) inclui um teste de curta duração e um outro de longa duração. Embora pudesse ter sido inserido no ponto deste nosso trabalho referente a estudos de curta duração, optámos por o inserir neste capítulo.

A amostra total é de 167 indivíduos, todos do sexo masculino. Três estudos realizam testes de corrida e treze em cicloergómetro. Na generalidade, analisaram-se os seguintes parâmetros: temperatura corporal, frequência cardíaca, lactatemia, VO_{2max} , quociente respiratório, tempo, percepção do esforço, frequência de pedalada e potência.

Na análise global aos trabalhos apresentados verificamos que em cinco deles não se verificou a influência dos ritmos circadianos nas variáveis analisadas (Bardis & Atkinson, 2008; Santana et al., 2008; Cruz & Silva, 2011; Cruz et al., 2014; Cruz et al., 2014 a). Noutros cinco estudos verifica-se a interferência dos ritmos circadianos em algumas das variáveis estudadas, mas não em todas elas (Martin et al., 2001; Atkinson et al., 2005; Bessot et al., 2006; Hobson et al., 2009, Kunorozva et al., 2014).

No que concerne à influência dos ritmos circadianos na variável temperatura corporal os estudos divergem. Três estudos observaram diferenças significativas na temperatura corporal ao longo do dia, sempre com valores superiores no período da tarde (Martin et al., 2001; Atkinson et al., 2005; Hobson et al., 2009). No entanto, outros três trabalhos verificaram o contrário (Bessot et al., 2006; Bardis & Atkinson, 2008; Cruz et al., 2014a). Interessa salientar que alguns trabalhos recolheram a temperatura corporal interna, enquanto outros recolheram a externa. Alertamos para o facto destas diferenças no que respeita ao local de recolha da temperatura corporal poderem influenciar os resultados obtidos.

Em quatro artigos não se verificaram alterações significativas na frequência cardíaca ao longo do dia (Atkinson et al., 2005; Cruz & Silva, 2011; Cruz et al., 2014; Cruz et al., 2014a). Pelo contrário, dois estudos concluíram que os ritmos circadianos afetam esta variável (Carandente et al., 2006; Hobson et al., 2009).

No que respeita à percepção do esforço os resultados também são divergentes. Um estudo não verificou alterações ao longo do dia (Atkinson et al., 2005), um trabalho encontrou valores superiores de manhã (Martin et al., 2001) e um outro observou valores superiores de tarde, mas em atletas de cronotipo matutino (Kunorozva et al., 2014), o que poderá justificar este resultado.

Dois estudos debruçaram-se sobre a frequência de pedalada, com resultados divergentes: um não verificou alterações ao longo do dia (Kunorozva et al., 2014) mas um outro registou valores superiores de tarde (Moussay et al., 2003).

Quatro estudos não verificaram influências dos ritmos circadianos nos valores de potência (Bardis & Atkinson, 2008; Cruz et al., 2014; Kunorozva et al., 2014; Cruz et al., 2014a).

Relativamente à cinética do VO_2 , um trabalho obteve valores superiores no período da manhã (Brisswalter et al., 2007), enquanto que Santana et al. (2008) não observaram diferenças ao longo do dia.

Saliente-se ainda o facto de vários estudos concluírem que o aquecimento afeta positivamente os resultados dos testes, mesmo quando realizado de véspera. Por outro lado, os estudos apontam para uma adaptação do organismo à hora habitual de treino, conseguindo-se melhores prestações quando as horas de treino e de competição são coincidentes (Martin et al., 2001; Atkinson et al., 2005; Edwards et al., 2005; Carandente et al., 2006).

5.4- Discussão

A quase totalidade dos estudos que realizaram testes de duração inferior a 5 minutos obtiveram valores de potência superiores no período da tarde (Souissi et al., 2002; Deschodt & Arsac, 2004; Souissi et al., 2004; Kin-Isler, A., 2006; Souissi et al., 2007; Lericollais et al., 2009; Lericollais et al., 2011; Chtourou et al., 2012; Chtourou et al., 2012 a; Pedroso et al., 2013). Apenas um estudo não encontrou diferenças significativas ao longo do dia (Blonc et al., 2010). No entanto, em testes superiores a 5 minutos essas diferenças não se verificaram para a maioria dos autores (Bardis & Atkinson, 2008; Cruz et al., 2014; Kunorozva et al., 2014; Cruz et al., 2014a).

A relação entre o aumento da temperatura corporal e o desempenho não é consensual. No entanto, verifica-se uma maior relação entre ambos em testes de força e de curta duração (Souissi et al., 2004; Souissi et al., 2007; Pereira et al., 2011; Chtourou et al., 2012; Pedroso et al., 2013). À medida que a duração dos protocolos aumenta a relação entre estas variáveis vai-se esbatendo (Giacomoni et al., 2006; Kin-Isler, A., 2006; Bardis & Atkinson (2008; Cruz et al., 2014a).

Os resultados dos estudos concluem quase unanimemente que um aquecimento prévio afeta positivamente os valores dos testes (Martin et al., 2001; Atkinson et al., 2005; Edwards et al., 2005). Por outro lado, verificaram uma adaptação do organismo à hora de treino, o que originou uma melhoria dos resultados quando as horas dos testes e as horas dos treinos são coincidentes (Souissi et al., 2002; Chtourou et al., 2012; Chtourou et al., 2012 a; Rae et al., 2015; Carandente et al., 2006).

5.5- Conclusão

Em primeiro lugar importa salientar a diversidade dos resultados obtidos na investigação disponível e utilizada neste estudo. Suficientemente diversos para, pelo menos aparentemente, muitos apresentarem resultados contraditórios. No entanto, importa referir os aspetos que reúnem alguma consensualidade:

. existe uma grande tendência para os valores mais elevados de força, em exercícios de curta duração, serem obtidos de tarde. Julgamos que esta evidência se relaciona com o facto de os valores de força reportados se encontrarem muito

próximos da força máxima, o que exige condições ideais para a produção de força associadas ao pico de temperatura corporal;

. o cronotipo do atleta e a hora de treinos prévios ao exercício pode alterar os valores da força ao longo do dia: atletas de cronotipo matutino que treinem de manhã podem obter valores máximos e médios de força no período da manhã;

. quanto maior for o tempo de duração do exercício, menor a influência dos ritmos circadianos nos valores de potência. Por outras palavras, quanto mais baixo o valor de potência média produzida, menos sofre a influência dos ritmos circadianos;

. é muito importante a realização de um aquecimento antes das competições;

. por último vale a pena referenciar que dada a adaptação do organismo aos horários de treino, importa que estes e as competições coincidam, com vista a uma otimização dos resultados.

Finalizada a revisão da literatura interessa sublinhar algumas relações que se tornam evidentes:

. é escassa, para não dizer quase inexistente, a investigação científica que recorre à realização de testes de campo;

. são raros os estudos em ciclismo que relacionam e comparam as vertentes de BTT e estrada. Assim, estudos covariando diferentes tipos de bicicleta e de pisos são praticamente inexistentes;

. também escasseiam os estudos que avaliem o desempenho em rolos, principalmente os que comparam protocolos em rolos com os realizados em situação real.

Pelo referido torna-se evidente a escassez de literatura científica na qual possamos sustentar e comparar os resultados dos nossos estudos onde, maioritariamente, existem protocolos de campo, justificando-se o desenvolvimento de pesquisa neste âmbito.

Capítulo II

1- Pertinência do estudo

A pertinência deste trabalho sustenta-se no contributo que pretendemos acrescentar para o desenvolvimento de estratégias de treino eficazes em BTT.

A análise dos trabalhos realizados nos últimos 15 anos em ciclismo evidenciam duas lacunas: a inexistência de estudos realizados em condições reais de treino e competição (terreno) que correspondam a uma visão ecológica do controlo e avaliação do desempenho em BTT e o facto de quase todos os estudos utilizarem amostras constituídas por ciclistas de estrada ou voluntários praticantes de outro tipo de desportos. Perante esta realidade, consideramos ser importante a realização de um estudo cuja amostra seja constituída por atletas de BTT, realizando maioritariamente as condições de controlo e avaliação recorrendo a protocolos de campo. O ciclismo de estrada e o BTT são modalidades de ar livre, onde os atletas competem ao ar livre, em estrada e terra, sujeitos a todas as variáveis ambientais que em maior ou menor grau influenciam o rendimento. Os protocolos em laboratório dificilmente refletem a realidade do treino e da competição, pelo que os dados deles extraídos podem não espelhar a prestação em cenário real. Interessa pois, testar os ciclistas no mesmo palco onde treinam e competem, mesmo reconhecendo a impossibilidade de controlo total de diversas variáveis ambientais (vento, humidade, pressão atmosférica, etc.) e as limitações inerentes ao controlo de variáveis fisiológicas e metabólicas.

Por outro lado, interessa comparar o desempenho no campo com o realizado no laboratório em rolos, para aferir das semelhanças e diferenças entre eles. Neste domínio, Bertucci et al. (2012) concluíram que os resultados são distintos quando se compara um protocolo em rolos com protocolos de campo sendo que os atletas nos rolos optavam por uma frequência de pedalada mais elevada. Também Mieras et al. (2014) compararam resultados de um teste de laboratório com um em estrada. Encontraram diferenças significativas na potência mecânica externa média e frequência cardíaca média. No entanto são escassos os estudos nesta área pelo que se justifica em nosso entender aprofundar o conhecimento neste domínio, comparando diferentes tipos de protocolos.

O mesmo podemos afirmar no que concerne a estudos que relacionem diferentes tipos de piso e de bicicletas. A sua quase inexistência justifica a realização da nossa investigação, crendo-se um contributo no aporte de informação aos poucos dados existentes neste âmbito. Por outro lado, na investigação centrada no ciclismo, é notoriamente reduzida a que se foca no BTT, o que reforça a pertinência da investigação por nós traçada.

Os valores de frequência cardíaca média e máxima, potências mecânica externa média, relativa e máxima, frequência de pedalada e lactatemia recolhidos (alicerçados nos valores ventilatórios registados), colocam-nos em mãos um leque de informações importantes, contribuindo para a seleção de estratégias de preparação dos atletas adequadas, com consequências para a eficácia do planeamento e controlo do treino em BTT e, em última análise, em ciclismo.

2- Objetivos do estudo

A realização deste trabalho persegue o seguinte objetivo geral:

. contribuir para um maior conhecimento dos efeitos do treino diferenciado em função do período horário em que é realizado, do tipo de pisos e diferentes tipos de bicicletas considerando a solicitação fisiológica e neuromotora.

Como objetivos específicos destacamos os seguintes:

. contribuir para um maior conhecimento da influência da cronobiologia no ciclismo, avaliando-se o efeito circadiano nos valores de potência mecânica externa, frequência cardíaca, frequência de pedalada e lactatemia em protocolo realizado em bicicleta de BTT;

. contribuir para um maior conhecimento da influência de diferentes tipos de piso e de diferentes bicicletas, comparando-se valores de potência mecânica externa, frequência cardíaca, frequência de pedalada e lactatemia em protocolos realizados com bicicletas de estrada e de BTT em pisos de terra e asfalto;

. contribuir para um maior conhecimento das semelhanças e diferenças entre diferentes tipos de protocolos, comparando um protocolo de campo com um de laboratório, realizado em rolos, através da análise das variáveis potência mecânica externa, frequência cardíaca, frequência de pedalada e lactatemia;

. adquirir nova informação que contribua para a maior eficácia das estratégias em treino, com eventuais repercussões no rendimento em BTT.

3- Pressupostos da investigação

Considerando que o estudo é constituído por três protocolos de avaliação, um de campo e dois de laboratório, interessa assumir um conjunto de pressupostos que fundamentem os resultados obtidos:

- . as 36 horas que antecedem a realização de qualquer um dos protocolos foram de recuperação, não tendo os atletas efetuado qualquer sessão de treino ou quaisquer outra atividade física relevante;
- . os atletas cumpriram um padrão de vida idêntico nos dias que antecederam os testes, no que respeita à alimentação e sono;
- . os atletas abstiveram-se de consumir álcool nas 36 horas anteriores e café no dia da realização do protocolo.

Capítulo III

1 - Metodologia, instrumentação e procedimentos

1.1. Introdução

Neste capítulo pretende-se descrever de forma clara e precisa os procedimentos metodológicos empregues no estudo realizado. Assim, iremos abordar com rigor os seguintes assuntos: amostra, protocolos realizados, cronograma geral, material utilizado, infraestruturas, meios humanos e análise estatística.

1.2. Principais variáveis, material, instrumentos e equipamentos utilizados

1.2.1. Avaliação cineantropométrica e composição corporal

1.2.1.1. Massa corporal

A determinação da massa corporal dos atletas realizou-se numa balança digital Seca®, modelo 770. Esta balança possui as seguintes características: peso - 6,6 kgs, visor LCD de grandes dimensões, plataforma antideslizante, capacidade máxima – 200 kg, graduação – 100 gramas².

Foi utilizado o seguinte procedimento: a balança foi colocada numa superfície nivelada e rígida, com o mostrador a zero. Os atletas foram avaliados descalços e envergando calção de ciclismo. O atleta sobe para a balança ficando na posição vertical, braços estendidos ao longo do corpo, com as palmas das mãos voltadas para dentro. Mantém-se imóvel, com a cabeça ereta e olhar em frente. Em seguida realizou-se a leitura do resultado. Procedeu-se a uma pesagem por atleta.

² <http://www.quickmedical.com/downloads/seca-manuals-770.pdf>



Figura 2 - Balança digital Seca®, modelo 770

1.2.1.2. Composição corporal

Para determinação da composição corporal utilizou-se a balança digital Tanita® BC-601. A Tanita® BC-601 utiliza o método de BIA (bioimpedância) e tem as seguintes características: 5 zonas de leitura: permite o cálculo da percentagem (%) de massa gorda e o valor de massa muscular (kg) de 5 áreas corporais; braço direito e esquerdo, perna direita e esquerda e tronco; peso: 2,5Kg; dimensões 40 x 32 x 5cm; precisão: 100gr; peso máximo do utilizador: 150Kg.³

Procedimento de avaliação

Procedeu-se à validação da composição corporal determinada através do equipamento Tanita® BC-601, por não encontrarmos literatura que validasse este aparelho.

O procedimento estatístico utilizado foi feito através da folha de cálculo disponibilizada por Hopkins, G. (acedido em abril 10, 2017, em *www.sportsci.org*).

Numa amostra de 10 sujeitos avaliados consecutivamente no equipamento InBody® 750 como critério e a balança com bioimpedância Tanita® BC-601, foram encontrados os seguintes valores de validade:

³ [www http://www.tanita.com/en/bc601f/](http://www.tanita.com/en/bc601f/)

tabela 2 – Concordância da balança Tanita® BC-601 vs InBody® 750

Variável	TanitaB C-601 média ± (dp)	Inbody	Erro típico (95%IC)	Bland Altman 95%	Equação de regressão	Pearson n(r)
Massa corporal (Kg)	73,7 (11,7)	73,5 (11,7)	0,38 (0,26 - 0,73)	- 0,16 - 0,5 - 0,8	Y=- 0,368+1,003x	1,0
FAT (%)	10,4 (0,3)	10,9 (4,0)	2,94 (1,98 - 5,63)	- 0,51 - 5,95 - 4,93	Y=1,100+0,94 3x	0,72
FFM (Kg)	62,5 (8,2)	62,6 (8,6)	1,62 (1,10 - 3,11)	0,07 - 3,1 - 2,96	Y=1,672+1,02 8x	0,98

FAT(%) percentagem de massa gorda; FFM (Kg) massa isenta de gordura

Os valores encontrados permitem utilizar para a massa corporal e para a massa isenta de gordura (FFM) a determinação realizada com o equipamento Tanita® BC-601. Embora com algum viés a FAT (%) encontra-se igualmente dentro dos limites de aceitabilidade.

**Figura 3 - Balança digital Tanita® BC-601**

1.2.1.3. Estatura

A estatura foi medida através de estadiómetro portátil Seca®, com grau de precisão de 0,1 cm.

O procedimento utilizado foi o seguinte: o estadiómetro foi colocado numa superfície vertical lisa, com o solo nivelado e rígido. Procedeu-se à medição dos atletas descalços, em calção de ciclismo. Cada atleta colocou-se de pé, imóvel, com os braços estendidos ao longo do corpo e palmas das mãos voltadas para dentro. Cabeça no plano horizontal de Frankfort (linha imaginária que passa pelo bordo inferior da órbita e bordo superior do meato auditivo externo), olhar fixo em frente. Calcânhares juntos com as pontas dos pés afastadas 60°. Calcânhares, cinturas pélvica e escapular e cabeça em contacto com a parede. Pediu-se ao atleta para se manter imóvel. Procedeu-se à medição deslocando-se o estadiómetro até tocar o vértex. O observador procedeu à leitura da medição numa posição perpendicular à mesma. Procedeu-se a uma medição por atleta.

1.2.2. Protocolos – variáveis, instrumentos e equipamentos

1.2.2.1. Rolos

Foi utilizado o sistema de rolos da marca Tacx®, modelo Flow com 9 patamares de intensidade. Estes patamares de intensidade são controlados pelo atleta e relacionam-se com o atrito produzido pelo rolo no pneu da bicicleta. O patamar 1 corresponde ao menor atrito e o patamar 9 ao maior. As variáveis observadas são o tempo e o patamar de intensidade em que se está a trabalhar. A bicicleta é colocada no rolo estando selecionado o patamar 1. Coloca-se ainda uma peça específica por baixo da roda da frente, para que a bicicleta fique com as duas rodas num plano paralelo ao solo.



Figura 4 - Rolos da marca Tacx®, modelo Flow



Figura 5 - Dispositivo de controlo dos patamares de intensidade dos rolos (à esquerda)

1.2.2.2. Monitorização da frequência cardíaca

Os monitores de frequência cardíaca utilizados nos diferentes protocolos foram da marca Polar® Electro Oy, Finland, série S, modelo 810. Conjuntamente utilizámos as bandas peitorais da marca. A passagem de dados para o computador realiza-se por infravermelhos, através do software da marca. A utilização deste equipamento foi anteriormente validado por Gamelin et al. (2006).

O monitor Polar® S810 possui como principal característica a capacidade de

gravação da frequência cardíaca batimento a batimento, o que possibilita a análise da variabilidade da frequência cardíaca⁴.



Figura 6 - Monitor de frequência cardíaca Polar® S810

1.2.2.3. Monitorização da lactatemia

Um trabalho científico onde se proceda à análise de lactatos deve cumprir duas regras básicas: utilizar sempre o mesmo aparelho e escolher um aparelho fiável. Os estudos científicos que comparam a fiabilidade dos analisadores de lactato existentes no mercado apontam para algumas diferenças entre eles. Num estudo referente a esta temática, onde compararam os medidores Lactate Pro® e Analox® GM7, Someren et al. (2005) encontraram diferenças significativas nos resultados obtidos em vários parâmetros tendo o estudo concluído pela não adequação do último aparelho. À mesma conclusão chegaram Mc Naughton et al. (2002), que após um trabalho sobre o mesmo tema concluíram não ser aconselhável comparar resultados obtidos com aparelhos diferentes. Este autor salienta ainda a fiabilidade

⁴http://www.polar.com/support_files/en/C225742500419A8A42256A6700323625/179291%20Manual%20S810%20GBR%20A.pdf

do equipamento Lactate Pro® na determinação da lactatemia em testes de campo e de laboratório.

No nosso estudo foi utilizado o analisador Lactate Pro®, Arkray KDK Corporation, Japan. Este analisador possui as seguintes características⁵:

Dimensões: tamanho de um cartão de crédito (7x5 cm); tempo de análise: 60 segundos; quantidade de sangue necessário: 5 µl (aproximadamente uma gota de 2 mm); precisão: erro máximo de 3%; memória: até 20 medições; aspiração automática pela tira; alimentação: pilhas.



Figura 7 - Analisador de lactato Lactate Pro®

Procedimentos: para as recolhas de sangue capilar seleccionamos a extremidade do dedo como local de recolha da amostra.

Com o objetivo de reduzirmos ao mínimo os riscos inerentes a este tipo de testes foram tomadas as seguintes precauções:

- . utilização de luvas de látex esterilizado por cada ciclista;
- . uma lanceta esterilizada por cada picada (recolha de sangue);

Antes e depois de cada recolha o local da picada era limpo com algodão embebido em álcool a 90°.

Durante o processo todo o material inutilizado (algodão, tiras de teste, luvas e

⁵ Informação recolhida de www.lactatepro.com.au

lancetas) era colocado de imediato no recipiente para recolha de lixo hospitalar.

1.2.2.4. Avaliação cardiorespiratória

A análise cardiorespiratória foi realizada recorrendo ao analisador portátil K4b2 da Cosmed®. Para a calibração do aparelho utilizámos a seringa de 3 litros e a garrafa de gás fornecidos pela Cosmed®. Utilizámos ainda 3 máscaras, 3 turbinas e 3 baterias. A recolha de dados foi realizada diretamente, sem recurso a telemetria. Este aparelho encontra-se validado por McLaughlin et al. (2001), Pinnington et al. (2001) e Schrack et al. (2010). Todos os estudos consideram o aparelho aceitável para a medição de valores de VO_2 e VCO_2 , pois não encontraram diferenças estatisticamente significativas quando comparado com aparelhos estacionários. Para a montagem dos diferentes elementos, calibração e sua utilização foram seguidas as orientações do fabricante, bem como o constante no guia de utilização online⁶.

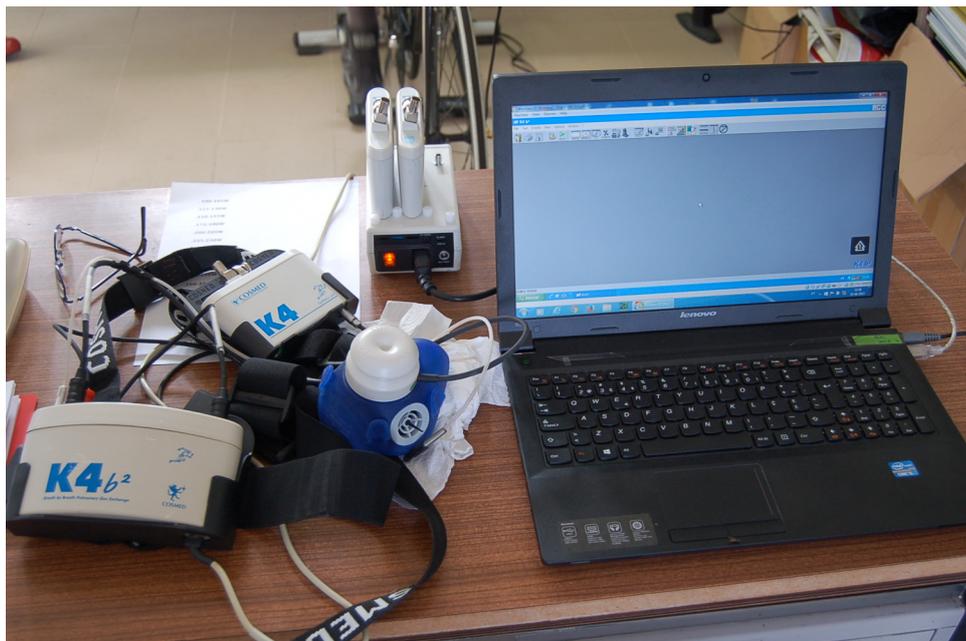


Figura 8 - Analisador de gases portátil K4b2 da Cosmed®

1.2.2.5. Monitorização da potência mecânica externa através dos equipamentos PowerTap® G3 e PowerTap® G3 BTT

⁶https://sshs.exeter.ac.uk/media/universityofexeter/schoolofsportandhealthsciences/documents/equipment/Cosmed_K4b2_User_Guide.pdf

Os valores de potência mecânica externa do estudo foram recolhidos por medidores de potência PowerTap® G3 e PowerTap® G3 BTT. Estes aparelhos consistem em cubos montados nas rodas traseiras das bicicletas de estrada e de BTT, que incluem no seu interior os sistemas de medição. Funcionam por pilhas. O medidor de BTT distingue-se do de estrada por incluir o disco de travão. Além da potência mecânica externa, este aparelho regista ainda a temperatura e a cadência de pedalada usada pelo atleta.

O medidor de potência mecânica externa PowerTap® foi validado por Bertucci et al. (2004) e Bertucci (2005). Ambos os estudos comparam este medidor de potência mecânica externa com um potenciómetro de referência, marca SRM. No primeiro estudo o autor valida o PowerTap® para intensidades máximas, não encontrando diferenças estatisticamente significativas entre os dois potenciómetros. No entanto, no segundo estudo referido, considera o PowerTap® um aparelho fiável para medição de potências mecânicas externas submáximas, situadas entre os 100 e os 450 W, quer em testes de terreno quer em laboratório.

O sistema PowerTap® tem essencialmente duas vantagens que o distinguem do SRM: a primeira reporta-se ao facto do SRM medir a potência mecânica externa unilateralmente dado o aparelho estar montado na biela da roda pedaleira, ou seja, mede diretamente a potência produzida pela perna direita. Outra das vantagens do sistema PowerTap® é que este mede efetivamente a potência mecânica externa que é aplicada no solo, o que faz com que a potência medida seja entre 5 a 10 W menor que a medida por um SRM (que devido a situar-se na biela não desconta a potência mecânica externa perdida ao longo da corrente de transmissão, sobrevalorizando os valores transmitidos).

O PowerTap® G3 de estrada tem as seguintes características: peso – 325 gramas; eixo de alumínio de 15 milímetros; é compatível com o sistema ANT+; disponível em 20, 24, 28 e 32 raios e para os sistemas Shimano/SRAM e Campagnolo.

Por sua vez, o PowerTap® G3 de BTT distingue-se do anterior por ser mais pesado (680 gramas com o disco incluído), disco de travão de 160 milímetros, tem

32 raios, núcleo Shimano/SRAM, compatível com sistema de fecho rápido de 135 milímetros ou eixo passante 142x12 milímetros⁷.



Figura 9 - Cubo medidor de potência mecânica externa PowerTap® G3, para BTT



Figura 10 - Cubo medidor de potência mecânica externa PowerTap® G3, para estrada

⁷ <http://www.tamalpais.es/tienda/bujes-carretera/powertap-g3>

1.2.2.6. Monitorização das variáveis cinemáticas em situação real

Para a recepção e leitura dos dados da cadência, temperatura, tempo realizado e potência mecânica externa produzida optámos pela utilização dos ciclocomputadores Garmin® Edge 500. Estes aparelhos, com sistema ANT+ de transmissão de dados, são dentro da gama da Garmin® os mais fáceis de utilizar e os mais eficazes quando se trabalha com o potenciómetro PowerTap®. Estes aparelhos têm as seguintes características: peso – 56,7 gramas, bateria de iões de lítio recarregável com uma duração aproximada de 18 horas, GPS, altímetro, sensor de temperatura, cronómetro, sensor de frequência cardíaca, sensor de cadência e potência mecânica externa (quando relacionado com medidor de potência mecânica externa PowerTap®), auto pausa, auto lap, auto scroll, permite a criação de exercícios avançados, alerta de tempo/distância, permite a criação de intervalos de treino, cálculo de calorias, écran personalizável. O aparelho é ainda compatível com Garmin® Connect™ (comunidade on-line onde pode analisar, categorizar e partilhar os dados)⁸.



Figura 11 - Ciclocomputador Garmin® Edge 500

1.3. Desenho dos protocolos de avaliação utilizados no estudo

Todos os elementos da amostra, os atletas, foram informados oralmente e por escrito dos objetivos dos protocolos e dos riscos inerentes à realização dos mesmos, tendo aceite a sua participação e assinado o respetivo documento de compromisso.

⁸ <https://buy.garmin.com/pt-PT/ES/desporto-e-recreativo/descontinuados/edge-500/prod36728.html>

O estudo foi previamente aprovado pelo Conselho Científico da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, e seguiu todas as recomendações do acordo de Helsínquia sobre experimentos com humanos.

Foram realizados protocolos de terreno de 20 minutos de duração à máxima intensidade, variando o tipo de bicicleta e de piso e ainda em laboratório, com a mesma duração, em rolos. Foi ainda realizado em laboratório um protocolo incremental contínuo por patamares, para determinação do consumo máximo de O₂ e demais parâmetros ventilatórios.

Os protocolos de campo, em terra e em asfalto, realizaram-se em dois percursos praticamente planos, de ida e volta, registando-se uma diferença residual entre ganhos e perdas de elevação (entre 3 e 9 metros). Considerando a existência de pequenas diferenças nas distâncias percorridas em 20 minutos pelos atletas, fica assegurado que o percurso não interfere nos resultados obtidos.

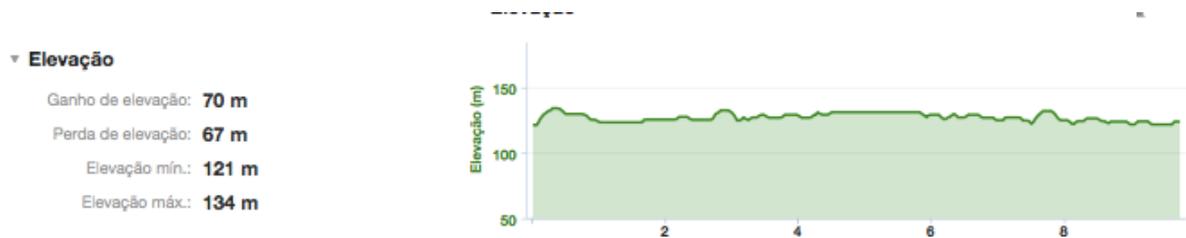


Figura 12 - Perfil do percurso do protocolo realizado em terra (extraído do software Garmin Connect®)



Figura 13 - Perfil do percurso do protocolo realizado em asfalto (extraído do software Garmin Connect®)

1.3.1. Local de realização dos protocolos

A realização dos estudos obrigou à existência das seguintes infraestruturas:

- . espaço coberto, amplo e bem arejado, com eletricidade e água potável;
- . percursos em terra e em asfalto, onde circule o mínimo trânsito possível e sem cruzamentos ou entroncamentos perigosos, com uma distância mínima de 7 Km.

1.4. Enquadramento temporal

A realização dos protocolos teve a duração aproximada de 30 dias e foi concretizada em junho e julho de 2015. Entre cada protocolo houve o cuidado de garantir um período mínimo de 36 horas de abstenção de treino de carga elevada e/ou competição.

1.4.1. Monitorização da equidade autonómica prévia à realização das sessões de avaliação através da análise da variabilidade da frequência cardíaca

Antes de todos os protocolos realizados, e com o objetivo de garantir uma normalização das condições de testagem foi feito o controlo da resposta autonómica através da monitorização da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Na posição supina com respiração não controlada e com os olhos fechados, foi registado a frequência cardíaca batimento a batimento, através de um cardiofrequencímetro Polar® S810 (Nunan et al., 2009) durante o período de 10 minutos. Foram eliminados os 5 minutos iniciais e retidos os restantes para análise. (TFESC & NAPE, 1996). Posteriormente os registos de frequência cardíaca foram transferidos para o software Kubios 2.0.

Para análise da variabilidade global no domínio tempo, foi selecionada a variável InRMSSD. Dada a dimensão da amostra foi aplicado o teste não paramétrico para medidas repetidas Friedman e a múltipla comparação de Dunns ($F= 0,0857$; $Df_{4, 14}$, $p=0,9935$). Os resultados revelam um equilíbrio autonómico prévio à aplicação de todos os protocolos, garantindo desse modo equidade na disponibilidade para o cumprimento das tarefas de controlo e avaliação.

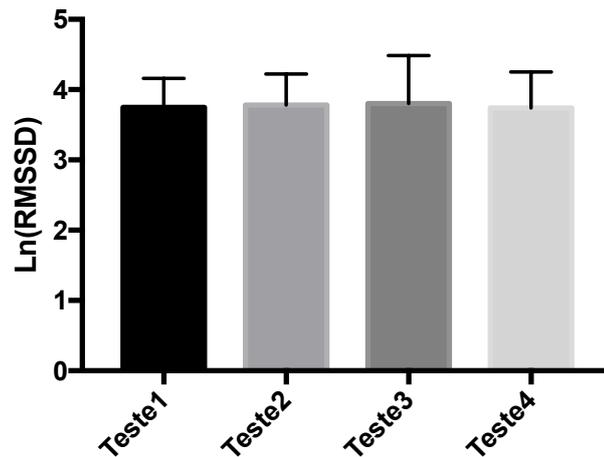


Figura 14 – Resultados da análise da variabilidade global através da variável inRMSSD

1.5. Análise estatística

A análise estatística realizou-se com recurso ao software Microsoft® Excel e ao SPSS versão 21. Foi feita a análise estatística descritiva sendo os resultados expressos através dos valores média, mínimo, máximo e desvio-padrão. A normalidade da distribuição foi confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk, tendo sido confirmada na generalidade das variáveis. Depois de identificados foram subtraídos os casos outlier. A análise comparativa foi feita através do Teste T para amostras emparelhadas ou o equivalente não paramétrico Wilcoxon sempre que a normalidade não foi confirmada. A magnitude da diferença de médias foi analisada através do cálculo do effect size conforme proposto por Cohen (1992) sendo considerada trivial: $< 0,2$; pequena: $0,2 - 0,5$; média: $>0,5 - 0,8$; elevada $>0,8 - 1,3$; e muito elevada: $>1,3$ (Rosenthal, 1996). Em todas as análises estatísticas realizadas foi exigido um grau de significância de $p \leq 0,05$ em todos os testes estatísticos.

Capítulo IV

Estudo 1- Caracterização bioenergética e cineantropométrica dos atletas

1.1. Introdução

Este estudo tem por finalidade realizar uma descrição da amostra e respetivas caracterizações biográfica, cineantropométrica e bioenergética da mesma. Para este propósito os atletas responderam a um questionário (anexo 1). Para a caracterização cineantropométrica procedeu-se à medição da estatura, massa corporal e recorreu-se à bioimpedância para a avaliação da composição corporal.

A caracterização bioenergética foi realizada através de um protocolo incremental contínuo com monitorização da resposta ventilatória, para determinação do VO_{2max} e dos limiares ventilatórios submáximos. A resposta da lactatemia foi efetuada através de recolha de microamostras de sangue capilar.

1.2. Metodologia

A recolha de dados para a caracterização bioenergética e cineantropométrica realizou-se em junho e julho de 2015.

Na primeira sessão de avaliação os atletas realizaram a avaliação cineantropométrica em calção de ciclismo e descalços. Utilizaram-se para a recolha da massa uma balança digital portátil Seca®, modelo 770, para o registo da estatura um estadiómetro portátil Seca® e para a recolha dos restantes dados (massa muscular, massa óssea, IMC, água corporal total e índice de gordura visceral) uma balança digital portátil Tanita® BC-601. As medições nesta balança realizaram-se no modo Homem-Atleta, seguindo-se as orientações do manual para o seu manuseamento⁹.

A caracterização bioenergética dos atletas foi realizada através de um protocolo contínuo, incremental, com recolha de gases respiração a respiração, para

⁹ <http://tanita.eu/media/wysiwyg/manuals/home-use-body-composition-monitors/bc-601-instruction-manual-activity-level.pdf>

determinação dos consumo máximo de oxigénio e limiares ventilatórios. Este protocolo realizou-se em rolos, com bicicleta de estrada.

. Protocolo contínuo, incremental, por patamares

A seleção do protocolo para determinação do consumo máximo de oxigénio teve por base os vários protocolos existentes e foi adaptado para se enquadrar e cumprir os objetivos do estudo. Diversos autores defendem a determinação do VO_{2max} através de testes contínuos mais curtos que os tradicionais, recorrendo-se a patamares de duração que oscilam entre 1 e 3 minutos e um tempo total para testes em cicloergómetro que oscilam entre 7 e 26 minutos. Com base na literatura disponível, optámos por patamares de 2 minutos, num total de duração do teste que oscila entre 12 a 20 minutos, por estes dados se enquadrarem no proposto para testes desta natureza (Midgley et al., 2008). Este protocolo teve por objetivo principal determinar os valores de VO_2 e limiares ventilatórios e seus equivalentes de frequência cardíaca, potência mecânica externa e lactatemia.

Foi solicitado aos atletas ausência de realização de sessões de treino ou competição no dia anterior e que se abstivessem de consumir álcool nas 36 horas anteriores e café no dia da realização do protocolo.

Procedimentos e equipamento:

O protocolo foi realizado em laboratório, com bicicleta de estrada e em rolos (Tacx® Flow com 9 patamares de intensidade), controlando os valores de potência mecânica externa, cadência, frequência cardíaca, ventilação e lactatemia inicial e final. A frequência cardíaca foi registada através de um cardiófrequencímetro (Polar® S 810), com a respetiva banda peitoral. A potência mecânica externa e cadência de pedalada recolheram-se através de um potenciómetro (PowerTap®), inserido na roda traseira da bicicleta. A roda está equipada com um pneu de estrada marca Massi® Volcano (pressão de 7 bars). Para a recolha da lactatemia utilizou-se um aparelho de medição de lactato (LactatePro®). Procedeu-se à leitura e gravação dos dados através de um ciclocomputador (Garmin Edge® 500). Utilizou-se ainda o analisador de gases K4b2 da Cosmed® e respetivo material acessório (máscaras, turbina e bateria, seringa de calibração de 3 litros, garrafa de gás). Iniciou-se o processo com a calibração do analisador de gases, calibração essa que se repetiu sempre entre testes.

Antes do aquecimento houve um breve diálogo com os atletas, sendo informados da finalidade e principais objectivos do protocolo, segurança, funcionamento e manuseamento do ciclocomputador e rolos e recolha de lactatemia. Seguiu-se um período de aquecimento de 15 minutos com carga inferior a 100 W e frequência cardíaca inferior a 120 bpm, durante o qual se procedeu à calibração do medidor de potência mecânica externa. Seguiu-se a recolha do lactato inicial. Em seguida colocou-se a mochila e máscara, procedendo-se à confirmação dos ajustes e funcionamento de toda a aparelhagem. Seguiu-se a realização do protocolo, com uma carga inicial de 125-130W. Procedeu-se a um incremento da carga de 25W por patamar. Os atletas tiveram liberdade de escolha de desmultiplicações da bicicleta, cadência e patamares de intensidade do rolo. Após o término da prova o atleta realizou um período de recuperação de 5 minutos a intensidade inferior a 80 W. Procedeu-se à recolha de lactatemia no início, de 4 em 4 minutos (durante o protocolo) e 1 minuto após o seu término.

O protocolo foi aceite como bem sucedido verificando-se o cumprimento de dois dos quatro critérios: lactato maior ou igual a 8 mmol/L; QR maior ou igual a 1,1; aumento do VO_2 num patamar menor ou igual a 1,5 mL/kg/min; frequência cardíaca maior ou igual a 95% da frequência cardíaca máxima (Howley, Basset Jr, & Welch, 1995; Dekerle et al., 2003; Midgley et al., 2007).

Os limiares ventilatórios sub-máximos foram determinados a partir dos equivalentes respiratórios de absorção de oxigénio (V_E/VO_2) e libertação de dióxido de carbono (V_E/VCO_2). O primeiro limiar ventilatório foi assumido como a menor carga de trabalho coincidente com o aumento sistemático do V_E/VO_2 sem se verificar um aumento concomitante no V_E/VCO_2 . O segundo limiar ventilatório foi considerado na menor carga de trabalho com aumentos concomitantes, em simultâneo, do V_E/VO_2 e V_E/VCO_2 (Dekerle et al., 2003).

1.3. Amostra

A amostra do estudo foi constituída por 16 atletas masculinos adultos, praticantes de ciclismo essencialmente na vertente de BTT. A idade decimal dos atletas (a 14 de junho de 2015) oscila entre os 22,02 e os 44,62 anos, com uma média de $34,81 \pm 5,76$ anos. A maioria são praticantes federados, com vários anos

de experiência na modalidade. Os restantes, embora não federados, são praticantes assíduos desta vertente do ciclismo possuindo, à semelhança dos restantes atletas, vários anos de experiência neste domínio.

Os anos de treino da amostra oscilam entre 4 e 16 anos, apresentando uma média de $8,8 \pm 4,1$ anos. No que respeita às horas de treino semanal, estas apresentam uma média de $12,1 \pm 2,7$ horas. Quanto ao horário de treino, temos 3 atletas que treinam habitualmente de manhã e 8 que treinam habitualmente de tarde. Os restantes 5 alternam os treinos entre a manhã e a tarde, conforme a disponibilidade.

Tabela 3 - Estatística descritiva da amostra do estudo. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp) e horário de treino (%)

	Média \pm Dp	Máximo	Mínimo
Idade decimal (anos)	34,81 \pm 5,76	44,62	22,02
Anos de treino	8,8 \pm 4,1	16	4
Média treino semanal (horas)	12,1 \pm 2,7	17	8
Treina de manhã (%)	18,7		
Treina de tarde (%)	50,0		
Treina de manhã/tarde (%)	31,3		

1.4. Apresentação dos resultados

Caraterização cineantropométrica

Foram recolhidos dados referentes às variáveis antropométricas estatura, massa, massa gorda, massa muscular, massa óssea, IMC, água corporal e índice de gordura visceral.

Os resultados obtidos pela amostra encontram-se na tabela 4. Ao compararmos estes valores com os apresentados na literatura referentes a atletas de BTT verificamos que os nossos valores médios de estatura, massa e massa gorda se enquadram dentro dos intervalos apresentados nos diversos estudos publicados. A estatura média dos nossos atletas é de 172,7 cm, enquadrando-se no intervalo de 170 a 180 cm apresentado na literatura. O mesmo sucede em relação à

massa corporal e massa gorda, cujos valores médios do nosso estudo são de 70,2 kg e 9,8%, respectivamente, inserindo-se dentro do intervalo apresentado na literatura que reporta valores médios entre 64 a 71,5 kg para a massa e de 8,5 a 20,3% para a massa gorda, em atletas de BTT (Impellizzeri & Marcora, 2007; Cruz et al., 2014).

Tabela 4 - Estatística descritiva da caracterização cineantropométrica e composição corporal da amostra. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp)

	Média ± Dp	Máximo	Mínimo
Estatura (cm)	172,7 ± 4,0	180	166,5
Massa (kg)	70,2 ± 5,4	79,9	62,8
Massa gorda (%)	9,8 ± 3,5	15,6	5
Massa muscular (kg)	59,5 ± 4,4	66,1	52,4
Massa óssea (kg)	3,1 ± 0,2	3,4	2,8
IMC	23,7 ± 1,4	27,2	21,3
Água corporal (%)	65,6 ± 4,0	75,9	60,3
Índice gordura visceral (1 a 5)	2,9 ± 1,1	5	1

Caraterização bioenergética

O protocolo incremental máximo permite-nos a caraterização bioenergética da amostra. Foram recolhidos dados relativos ao VO_2 nos 1º e 2º limiares ventilatórios e no patamar máximo (VO_{2max}) e equivalentes de frequência cardíaca, potência mecânica externa absoluta e relativa e lactatemia inicial e final. Os valores observados no protocolo contínuo incremental estão reportados nas tabelas 5 e 6.

tabela 5 - Estatística descritiva da lactatemia inicial e final observada no protocolo contínuo incremental de consumo máximo de oxigénio. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp)

	Média ± Dp	Máximo	Mínimo
Lactato inicial (mmol/L)	3,17 ± 1,64	5,9	0,7
Lactato final (mmol/L)	12,34 ± 5,85	22,8	5,3

Durante o teste obtiveram-se os seguintes valores médios no 1º limiar ventilatório: 178 ± 20,41 W de potência mecânica externa média, 2,55 ± 0,37 W/kg

de potência mecânica externa relativa, 133 ± 12 bpm de frequência cardíaca média, $0,94 \pm 0,03$ de quociente respiratório. No 2º limiar ventilatório estes valores evoluíram para $259,3 \pm 25$ W de potência mecânica externa média, $3,72 \pm 0,46$ W/kg de potência mecânica externa relativa, 156 ± 12 bpm de frequência cardíaca média e $1,03 \pm 0,05$ de quociente respiratório. A amostra apresenta uma potência mecânica externa média na intensidade de VO_{2max} de $324,9 \pm 20,16$ W (correspondente a um potência mecânica externa relativa de $4,65 \pm 0,36$ W/kg) e uma média de frequência cardíaca média de 172 ± 9 bpm. Também neste patamar de intensidade, obtivemos um consumo de oxigênio de $3658,6 \pm 213,3$ mL/min, o qual corresponde a um VO_2 relativo de $52,3 \pm 3,9$ mL/kg/min, assim como um quociente respiratório de $1,16 \pm 0,07$. Durante o teste, a lactatemia oscilou entre um valor médio inicial de $3,17 \pm 1,64$ mmol/L e um valor médio final de $12,34 \pm 5,85$ mmol/L.

Tabela 6 - Estatística descritiva do protocolo contínuo incremental. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp)

	VO_{2max}			1º limiar ventilatório			2º limiar ventilatório		
	Média ± Dp	máximo	mínimo	Média ± Dp	máximo	mínimo	Média ± Dp	máximo	mínimo
Potência mecânica externa média (W)	324,9 ± 20,16	353	303	178 ± 20,41	203	153	259,3 ± 25	303	203
Potência mecânica externa média relativa (W/kg)	4,65 ± 0,36	5,37	3,79	2,55 ± 0,37	3,17	1,91	3,72 ± 0,46	4,43	2,81
Frequência cardíaca média (bpm)	172 ± 9	188	159	133 ± 12	154	119	156 ± 12	175	137
VO _{2max} (mL/min)	3658,6 ± 213,3	4108	3331	2345,9 ± 193,6	2693	1999	3119,6 ± 172,4	3383	2687
VO _{2max} relativo (mL/kg/min)	52,3 ± 3,9	59,3	43,2	33,6 ± 3,9	40,6	27,3	44,7 ± 4,2	51,3	38,1
QR	1,16 ± 0,07	1,3	1,08	0,94 ± 0,03	1,06	0,9	1,03 ± 0,05	1,12	0,94

1.5. Discussão

Comparando os nossos valores com os apresentados na literatura verificamos que estes se mostram ligeiramente abaixo dos valores médios reportados. A nossa amostra apresenta um valor médio de VO_{2max} relativo de 52,3 mL/kg/min enquanto a literatura revela valores para atletas amadores e élités de BTT que oscilam entre os 56,6 e os 75,9 mL/kg/min (Impellizzeri & Marcora, 2007, pp. 63; Nimmerichter et al., 2011). Na mesma linha de ideias, Faria e colaboradores (2005) defendem que para se conseguir obter sucesso no ciclismo o VO_{2max} relativo deve rondar os 74 mL/kg/min. Lee e colaboradores (2002) observaram valores ainda mais elevados para atletas de BTT de alto nível: $78,3 \pm 4,4$ mL/kg/min.

Por outro lado, a nossa amostra apresenta um valor médio da frequência cardíaca no VO_{2max} de 172 ± 9 bpm, enquanto que a literatura nos apresenta valores médios bastante superiores, que oscilam entre os 187 e os 193 bpm (Nimmerichter et al., 2011). Cremos que o facto da média de idades da nossa amostra ser elevada ($34,81 \pm 5,76$ anos), inserindo os nossos atletas já na categoria de masters 35¹⁰, influencia significativamente os resultados. Curiosamente, o valor médio da nossa amostra assemelha-se aos valores médios encontrados por Impellizzeri et al. (2002) em competições de BTT-XC: 171 ± 6 bpm.

No que respeita à potência mecânica externa máxima aeróbia a nossa amostra obteve um valor médio de $324,9 \pm 20,16$ W, que se enquadra dentro dos valores referidos por Leplat (2012a) para ciclistas de nível médio. Para esta variável alguns autores apresentam valores que oscilam entre 346,8 e 374 W (Impellizzeri & Marcora, 2007; pp. 69), enquanto outros consideram que os valores para atletas de nível médio/elevado oscila entre 250 e 450 W (Leplat, 2012) e entre os 370 e 570 W para ciclistas profissionais (Mujika & Padilla, 2001; Nimmerichter et al., 2011). Complementarmente, Lee e colaboradores (2002) apresentam valores para atletas de topo de BTT bastante superiores aos da nossa amostra ($6,3 \pm 0,5$ W/kg vs $4,65 \pm 0,36$ W/kg da nossa amostra). Santalla e colaboradores (2012) apresentam valores

¹⁰ Referimo-nos às categorias vigentes na Federação Portuguesa de Ciclismo para as competições de BTT-XCM, onde a categoria de masters 35 inclui todos os atletas que tenham entre 35 e 39 anos, feitos no ano em que se filiam.

para ciclistas profissionais da Volta à França que oscilam entre os 6 e os 7,5 W/kg, variando os valores consoante os protocolos de teste utilizados.

Os nossos atletas atingiram o 1º limiar ventilatório a 64% da frequência cardíaca no VO_{2max} , enquanto o 2º limiar ventilatório se situa a 85% do VO_{2max} . Para atletas de alto nível o 2º limiar ventilatório deve situar-se aproximadamente a 90% do VO_{2max} (Faria et al., 2005).

No que respeita aos valores de potência mecânica externa, o 1º limiar foi atingido a 178 W, a 54,8% da potência máxima aeróbia (PMA), enquanto o 2º limiar atingiu-se a 79,8% do VO_{2max} (259,3 W). Dekerle e colaboradores (2003) realizaram um estudo com atletas muito bem treinados, tendo observado que o 1º limiar ventilatório foi atingido aos 159 W (52,9% do VO_{2max}) e o 2º limiar aos 286 W de potência mecânica externa, o que correspondeu a 85,3% do VO_{2max} . Comparando este resultado com o do nosso trabalho, verificamos que os nossos atletas obtiveram uma potência mecânica externa média inferior no 2º limiar ventilatório ($259,3 \pm 25$ W). Este resultado pode indiciar recursos inferiores para desempenhos em longas distâncias. Por outro lado, tendo como referência a potência mecânica externa relativa, Faria e colaboradores (2005) defendem um mínimo de 5,5 W/kg como pré-requisito para se aspirar a atleta de topo, enquanto no nosso estudo obtivemos um valor médio de 4,65 W/kg.

A análise comparativa da nossa amostra com os diferentes dados publicados entronca no estudo apresentado por Decroix et al. (2016), que coloca os atletas da nossa amostra próximo do nível intermédio (nível 3), designado por atletas treinados. O autor referencia para este nível valores de VO_{2max} ligeiramente acima dos 60 mL/kg/min e valores de potência mecânica externa relativa que se aproximam dos 5 W/kg.

Diferentes autores defendem que ciclistas de alto nível devem atingir o 2º limiar ventilatório a aproximadamente 90% do VO_{2max} (Fernandéz-García et al., 2000; Faria et al., 2005). Os atletas da nossa amostra atingiram o 2º limiar ventilatório a 85% do VO_{2max} , com uma potência mecânica externa média de $259,3 \pm 25$ W, um valor mais baixo que o referido por Dekerle et al. (2003) para atletas muito bem treinados (286 W). Os resultados obtidos pela nossa amostra podem ser utilizados na prescrição de treino. A título de exemplo, nesta amostra, poderia ser ponderada a seguinte estratégia de orientação do processo de treino: a longo prazo, o treino poderia ser

direcionado para a melhoria do VO_{2max} , embora seja conhecida a limitação de alteração deste parâmetro. A curto e médio prazo, consideramos que estes atletas deveriam realizar treino específico de força com o objetivo de elevar ganhos de potência mecânica externa. A curto prazo deveriam realizar treino com vista à melhoria da capacidade aeróbia, aproximando o 2º limiar ventilatório do VO_{2max} . Ainda a curto prazo seria importante realizarem um trabalho aeróbio de longa duração com recurso à via energética lipídica, acompanhado por uma dieta adequada, com vista à diminuição da percentagem de massa gorda.

1.6. Conclusões

O desempenho aeróbio permite classificar a amostra num nível como intermédio (Decroix et al., 2016). Os atletas deste estudo são sujeitos treinados, de nível competitivo regional, embora alguns elementos tenham obtido resultados que os colocam num nível superior.

Acreditamos que quando confrontamos estes resultados com os currículos desportivos dos atletas, os dados do estudo realizado com esta amostra podem aplicar-se ao universo de atletas portugueses de BTT-XCM, situados num nível regional superior (nível que permite disputar os primeiros lugares de competições de nível regional). No entanto, interessa consolidar estes resultados com uma amostra alargada e que seja representativa de todo o país.

Estudo 2- Efeito cronobiológico no rendimento em ciclismo (BTT) – estudo comparativo de protocolo de terreno realizado no período da manhã e da tarde

2.1. Introdução

O presente estudo insere-se nos efeitos cronobiológicos sobre a capacidade de rendimento de atletas de BTT. Visa analisar a influência do efeito circadiano sobre os valores de potência mecânica externa, cinemático/frequência (cadência) de pedalada e fisiológicos - frequência cardíaca e lactatemia, na realização de dois protocolos contínuos de terreno com a duração de 20 minutos a intensidade máxima, realizados a diferentes horas do dia.

Atkinson & Reilly (1996) definem cronobiologia como a ciência que se dedica à investigação das alterações dependentes do tempo com impacto nas variáveis fisiológicas do organismo. Os mesmos autores entendem por ritmo biológico as variações fisiológicas que se repetem regularmente num mesmo tempo, ordem e intervalo.

A maioria da literatura científica que se debruça sobre este tema defende que em protocolos superiores a 5 minutos, realizados a diferentes horas do dia, não se verificam diferenças entre várias variáveis observadas (Bardis & Atkinson, 2008; Cruz et al., 2014; Kunorozva et al., 2014; Cruz et al., 2014a).

No que respeita à frequência de pedalada os resultados divergem. Um estudo não verificou alterações ao longo do dia (Kunorozva et al., 2014) mas um outro registou valores superiores de tarde (Moussay et al., 2003).

Alguns estudos (a maioria) não verificaram alterações significativas na frequência cardíaca ao longo do dia (Atkinson et al., 2005; Cruz & Silva, 2011; Cruz et al., 2014; Cruz et al., 2014a). Pelo contrário, dois estudos concluíram que os ritmos circadianos afetam esta variável (Carandente et al., 2006; Hobson et al., 2009).

Na análise global aos trabalhos publicados verificamos que em cerca de metade não se verificou a influência dos ritmos circadianos nas variáveis analisadas (Bardis & Atkinson, 2008; Santana et al., 2008; Cruz & Silva, 2011; Cruz et al., 2014; Cruz et al., 2014a). Na outra metade verifica-se a interferência dos ritmos circadianos em algumas das variáveis estudadas, mas não em todas elas (Martin et

al., 2001; Atkinson et al., 2005; Bessot et al., 2006; Hobson et al., 2009, Kunorozva et al., 2014).

2.2. Metodologia

Amostra

A amostra do nosso estudo é constituída por 16 atletas masculinos adultos, praticantes de ciclismo nas vertentes de estrada e, essencialmente, BTT. A sua caracterização está apresentada no estudo 1 ($70,2 \pm 5,4$ kg de massa corporal, $172,7 \pm 4,0$ cm de estatura, $9,8 \pm 3,5$ % de massa gorda). A descrição de outros atributos da amostra estão apresentados no estudo 1.

Desenho do estudo

O protocolo realizou-se no mesmo percurso de terra batida, tendo um sido realizado de manhã e o outro de tarde, por ordem aleatória e com distribuição equilibrada da amostra. O protocolo contínuo e retangular, teve a duração de 20 minutos e foi cumprido à intensidade máxima. A cadência de pedalada foi livre. Para a realização dos testes os atletas utilizaram as suas próprias bicicletas de BTT, onde foi inserida uma roda traseira com medidor de potência mecânica externa. Os testes foram realizados com pelo menos 36 horas de intervalo. Foi assegurado que os atletas repousassem no dia anterior ao primeiro protocolo.

Durante a realização do protocolo foram controladas as variáveis frequência cardíaca, potência mecânica externa, cadência (frequência de pedalada) e lactatemia (início e final).

Durante a realização do protocolo foi permitido unicamente a ingestão de água, em quantidades definidas pelos atletas de acordo com os hábitos de hidratação habituais.

Procedimentos e equipamento

Para a realização dos protocolos de campo recorreu-se a bicicletas de BTT com rodas de 29 polegadas. A potência mecânica externa e cadência de pedalada recolheram-se através de um potenciómetro (PowerTap®), inserido na roda traseira das bicicletas. A roda está equipada com um pneu marca Continental RaceKing 2.2

(pressão de terra 2,4 bars). A frequência cardíaca foi registada através de um cardiofrequencímetro (Polar® S 810), com a respetiva banda peitoral. Para a recolha da lactatemia utilizou-se um aparelho de medição de lactato (LactatePro®). Procedeu-se à leitura e gravação dos dados através de um ciclocomputador (Garmin Edge® 500). Considerou-se obrigatório o uso de capacete.



Figura 15 - Roda traseira utilizada nos testes com bicicleta de BTT

Escolheu-se um percurso situado nos arredores de Castelo Branco, por ser o local de residência da maioria dos atletas do estudo. Houve também a preocupação de escolher um percurso relativamente plano, de bom piso e que oferecesse condições de segurança aos atletas. Escolheu-se um percurso de ida e volta, com partida e chegada praticamente no mesmo local, para facilitar a recolha dos dados pretendidos. Pediu-se aos atletas que retornassem aos 10 minutos de teste, finalizando este aos 20 minutos. Os protocolos, em terra, foram realizados num caminho rural com início num troço da antiga estrada nacional Castelo Branco-Malpica do Tejo, junto à antiga ponte do rio Ponsul, com uma extensão total de cerca de 18 km. Este percurso caracteriza-se por ser pouco técnico, de terra compacta e pouca pedra solta.

Antes do aquecimento houve um breve diálogo com os atletas, sendo informados da finalidade e principais objectivos do protocolo, segurança,

funcionamento e manuseamento do ciclocomputador, momento de retorno e recolha de lactatemia. Seguiu-se um período de aquecimento de 15 minutos com carga inferior a 100 W e frequência cardíaca inferior a 120 bpm, durante o qual se procedeu à calibração do medidor de potência mecânica externa. Após o aquecimento decorreu um período de recuperação de 10 minutos. Seguiu-se a recolha do lactato inicial. Em seguida realizou-se o protocolo, com duração de 20 minutos a intensidade máxima e liberdade de escolha de desmultiplicações da bicicleta e cadência de pedalada. Um minuto após o término procedeu-se à recolha da lactatemia final.

2.3. Apresentação dos resultados

O teste da manhã foi realizado, em média, às 08:35:03 horas, enquanto o da tarde realizou-se pelas 16:54:21 horas. Entre a média dos dois testes distam cerca de 8:20 horas. A temperatura média ambiente foi de $26,67 \pm 2,02^{\circ}\text{C}$ no teste da manhã e de $33,33 \pm 3,75^{\circ}\text{C}$ no da tarde. Os resultados dos dois protocolos encontram-se na tabela 7.

Tabela 7 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no protocolo de 20 minutos máximos em bicicleta de BTT. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp)

Variáveis	Manhã			Tarde			
	Média ± Dp	mínimo	máximo	Média ± Dp	mínimo	máximo	p
Hora início	08:35:03 ± 00:29:52	07:20:43	09:39:55	16:54:21 ± 00:50:27	14:38:57	18:10:29	---
Temperatura (°C)	26,67 ± 2,02	22	30	33,33 ± 3,75	23	38	0,001**
Lactato inicial (mmol/L)	3,51 ± 1,51	1,7	7	3,47 ± 1,78	1,6	8,4	0,921
Frequência cardíaca média (bpm)	170 ± 9	160	188	171 ± 9	155	187	0,510
Frequência cardíaca max (bpm)	179 ± 9	168	195	179 ± 9	164	194	0,921
Potência mecânica externa média (W)	278,56 ± 35,61	231	356	275,25 ± 31,94	239	359	0,303
Potência mecânica externa média relativa (W/kg)	3,98 ± 0,46	3,30	4,67	3,93 ± 0,42	3,19	4,71	0,625
Potência mecânica externa máxima (W)	767,19 ± 134,59	593	1024	736,00 ± 101,63	578	911	0,761
Cadência (rpm)	85,06 ± 7,58	70	95	82,63 ± 7,41	66	94	0,044*
Lactato final (mmol/L)	12,82 ± 4,46	5,8	21,2	12,90 ± 6,11	3,6	23	0,718

*p< 0,05; ** p<0,001

Na frequência de pedalada (cadência) obteve-se um valor médio de $85,06 \pm 7,58$ rpm no teste da manhã e de $82,63 \pm 7,41$ rpm no da tarde.

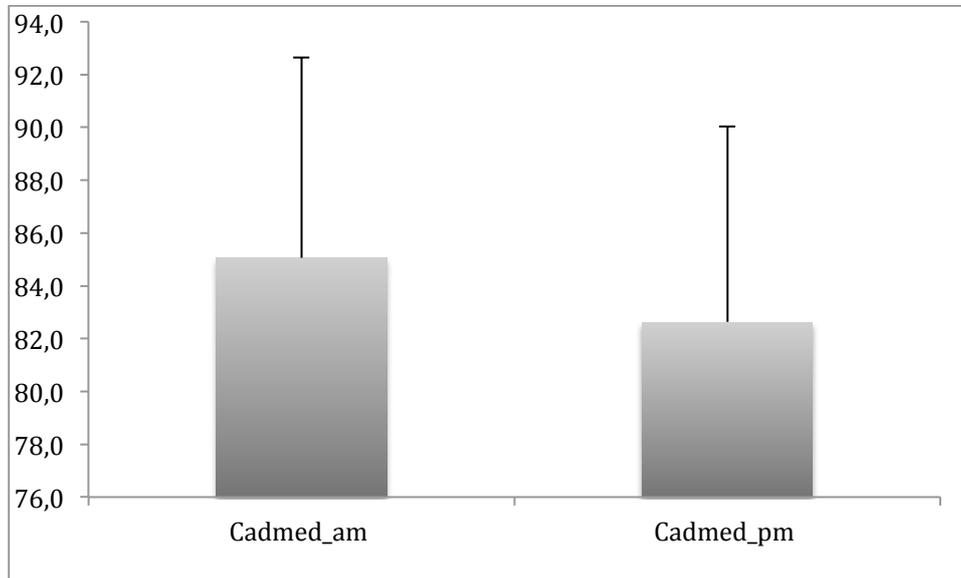


Figura 16 - Valores médios de cadência (frequência de pedalada) nos protocolos realizados de manhã (Cadmed_am) e de tarde (Cadmed_pm)

A análise comparativa entre protocolos revela a não existência de diferenças na generalidade das variáveis exceptuando na cadência média empregue com valores superiores no protocolo realizado de manhã ($t=2,2$; $p=0,044$). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios de cadência mostra-se média ($ES= 0,55$) (Tabela 7, Figura 16).

Tabela 8 – Correlações significativas (Pearson) das variáveis fisiológicas, mecânicas e cinemáticas nos protocolos realizados de manhã e de tarde

Variáveis	Correlação (Pearson)
Frequência cardíaca média	0,871**
Frequência cardíaca max	0,845**
Potência mecânica externa média	0,938**
Potência mecânica externa média relativa	0,933**
Cadência	0,825**

** $p < 0,001$

Nos dois protocolos estão associadas as variáveis frequência cardíaca média e máxima, potência mecânica externa média e relativa e cadência de pedalada. Não se correlacionam as variáveis potência mecânica externa máxima e lactatemia inicial e final. Os resultados obtidos sustentam uma forte relação entre os valores obtidos de manhã e de tarde para quase todas as variáveis o que, juntamente com a inexistência de diferenças significativas para quase todas as variáveis, indicia quase não haver influência da hora do dia nos protocolos realizados.

Noutra perspetiva, pretendemos explorar a comparação da intensidade empregue nos protocolos de campo com os resultados dos valores médios das variáveis potência mecânica externa e frequência cardíaca com os observados no protocolo incremental contínuo (estudo1). O objetivo é o de identificar o nível de intensidade relativa em que os atletas realizam os protocolos de campo, tendo como referência os valores observados no protocolo incremental máximo realizado em laboratório.

tabela 9 - Comparação dos valores médios dos protocolos de campo com o protocolo de consumo máximo de oxigénio

protocolos		Frequência cardíaca (bpm)	Potência mecânica externa média (W)	Potência mecânica externa média relativa (W/kg)
Protocolo incremental máximo	2º limiar ventilatório	156 ± 12	259,3 ± 25	3,72 ± 0,46
	VO _{2max}	172 ± 9	324,9 ± 20,16	4,65 ± 0,36
Campo (20 minutos ao máximo - manhã)		170 ± 9	278,56 ± 35,61	3,98 ± 0,46
Campo (20 minutos ao máximo - tarde)		171 ± 9	275,25 ± 31,94	3,93 ± 0,42

A análise da tabela 9 mostra-nos que os atletas, nos dois protocolos de campo, realizaram esforços com uma frequência cardíaca média que oscilou entre 170 e 171 bpm. Este valor indica que terão realizado o protocolo de 20 minutos em BTT a uma intensidade semelhante à evidenciada na intensidade equivalente à potência máxima aeróbia determinada no protocolo incremental máximo (FC VO_{2max} -172 ± 9 bpm). No entanto, no que concerne à potência mecânica externa média

observada nos dois protocolos de campo, esta oscilou entre os 275,25 e 278,56 W. Verificamos valores acima dos observados no 2º limiar ventilatório ($259,3 \pm 25$ W) no protocolo incremental mas aquém do registado como potência mecânica externa máxima aeróbia ($324,9 \pm 20,16$ W) no mesmo protocolo. No protocolo realizado de manhã os atletas trabalharam a 85,7% da potência máxima aeróbia (PMA), enquanto no protocolo realizado de tarde este valor desceu para 84,7%. Em termos de potência mecânica externa relativa, os atletas revelaram valores que oscilaram entre 3,93 e 3,98 W/kg, o que os coloca igualmente num valor acima do observado na intensidade do 2º limiar ventilatório (3,72 W/kg).

Os resultados mostram-nos que, embora nos 20 minutos dos testes de campo os atletas consigam manter a sua frequência cardíaca elevada (semelhante à observada na intensidade de VO_{2max}), o mesmo não sucede com a potência mecânica externa (que baixa para intensidades próximas do 2º limiar ventilatório). Este resultado corrobora os estudos realizados por Grappe (2012). O autor defende que não existe um limiar de potência mecânica externa (no sentido de se considerar um intervalo de trabalho a determinada intensidade que se possa manter no tempo). Existe sim um tempo máximo de trabalho para cada valor de potência mecânica externa. Para este autor, a potência produzida não se manifesta de forma linear mas sim por patamares: o primeiro patamar onde se verifica uma grande diferença de valores situa-se entre 1 segundo e 5 minutos, situando-se o segundo patamar entre os 5 e 60 minutos. Recordamos que os patamares do nosso teste de consumo máximo de oxigénio eram de 2 minutos, enquanto os testes de campo tiveram uma duração de 20 minutos. Aceita-se assim o trabalho num patamar de potência mecânica externa mais baixo nos testes de campo, justificado pela sua maior duração. A intensidades elevadas, o mesmo autor verificou que se perde de 4 a 6W por minuto num trabalho entre os 5 e os 20 minutos. Aplicando esta informação ao nosso estudo, obtemos uma perda teórica de 60 a 90 W nos últimos 15 minutos de teste. No entanto, comparativamente com o valor de potência mecânica externa obtido no VO_{2max} , os nossos atletas perderam 46,4 W de potência, um valor inferior ao calculado por Grappe (2012), dando-nos uma perda de 3,09 W por minuto.

2.4. Discussão

Os resultados obtidos evidenciam poucas diferenças entre o protocolo realizado de manhã e o realizado de tarde. Reportamo-nos à variável cadência, que nos apresenta diferenças significativas entre os dois protocolos, com valores superiores obtidos no período da manhã.

O nosso estudo corrobora as conclusões de inúmera literatura científica nesta área, onde não foi encontrada a influência circadiana nas variáveis frequência cardíaca e potência mecânica externa. Relativamente, à frequência cardíaca, vários autores não encontraram alterações significativas nesta variável ao longo do dia (Atkinson et al., 2005; Santana et al. 2008; Cruz & Silva, 2011; Cruz et al., 2014; Cruz et al., 2014a). O mesmo sucedeu em relação à variação dos valores de potência mecânica externa média onde, tal como no nosso estudo, não encontraram diferenças nos testes realizados de manhã e de tarde (Reilly & Down, 1992; Reilly & Garrett, 1995; Dalton et al., 1997; Bardis & Atkinson, 2008; Cruz et al., 2014; Kunorozva et al., 2014; Cruz et al., 2014a). Ao contrário da nossa investigação, o trabalho de Kunorozva et al. (2014) apresenta diferenças para a variável potência mecânica externa relativa em situações específicas.

No estudo não se observaram diferenças nos valores de lactato sanguíneo inicial e final nos dois testes. Neste domínio a literatura científica não é unânime: enquanto alguns trabalhos não apresentam diferenças ao longo do dia (Martin et al., 2001; Santana et al., 2008), outros observaram uma maior concentração no período da tarde (Dalton et al. 1997; Forsyth & Reilly, 2004; Atkinson et al., 2005; Bessot et al., 2006; Deschenes et al, 1998; citados por Chtourou & Souissi, 2012).

Também no que se refere à cadência de pedalada os estudos científicos divergem: Kunorozva et al. (2014) não verificaram alterações ao longo do dia, Moussay et al. (2003) registaram valores superiores de tarde, enquanto que Brisswalter et al. (2007) obtiveram valores superiores de manhã para intensidades elevadas. À semelhança deste último, também no nosso estudo observaram-se diferenças entre os dois períodos, com um valor médio superior no protocolo matinal.

Vogt e colaboradores (2008) publicaram um estudo onde concluíram que os maiores valores de potência mecânica externa coincidem com os maiores valores de cadência de pedalada. Lucia et al. (2004) chegaram a conclusão semelhante,

afirmando que as cadências baixas são menos eficientes. O nosso estudo situa-se na mesma linha de resultados, observando-se que a maiores valores de potência mecânica externa média correspondem maiores valores de cadência de pedalada.

Nos resultados alcançados não se observou, no desempenho dos atletas, efeito circadiano significativo. Pelo facto, cremos não se justificar a preocupação com o período do dia em que se realizam os treinos. No entanto, estamos cientes que vamos chocar com as ideias defendidas por Martin et al., 2001; Atkinson et al., 2005; Edwards et al., 2005; Carandente et al., 2006; cujos estudos apontam para uma adaptação do organismo à hora habitual de treino, conseguindo-se melhores prestações quando as horas de treino e de competição são coincidentes. Considerando que 18,7% dos nossos atletas treina habitualmente de manhã e 50% treina habitualmente de tarde (com os restantes 31,3% a treinar de forma indiferenciada), caso existisse uma adaptação do organismo à hora habitual de treino muito provavelmente o nosso estudo apresentaria mais diferenças significativas. No entanto, esta é matéria que ficou fora do âmbito deste estudo.

Sabe-se que há um intervalo ideal de cadência para se produzir um valor máximo de potência mecânica externa, de acordo com vários fatores. A variação das desmultiplicações da bicicleta está essencialmente relacionada com a necessidade do atleta se manter dentro do intervalo de cadência que considera mais confortável. Interessa questionarmos o porquê da alteração dos valores da cadência da manhã para a tarde. O facto pode dever-se a diversos fatores, tais como o aumento da temperatura corporal, fatores de origem músculo-esquelética, melhoria da eficiência neuromuscular, entre outros. O aumento da temperatura corporal, por exemplo, pode originar uma diminuição da viscosidade do músculo e uma melhoria da velocidade de condução dos estímulos nervosos, assim como melhorias na amplitude dos movimentos e na coordenação muscular (Brisswalter et al., 2007). Se assim aconteceu com os nossos atletas, poderá ter ocorrido uma adaptação dos padrões motores que originou um ajuste da cadência necessária para a força produzida naquele intervalo de tempo. No entanto, levanta-se ainda uma segunda questão alternativa: qual a razão que levou os nossos atletas a não manterem, de tarde, a cadência média registada no período da manhã e, logicamente, aumentarem os valores de potência mecânica externa no período da tarde? Não é fácil encontrar justificações para esta questão mas cremos que o facto se deve ao

limite de potência mecânica externa que cada um consegue produzir num teste de 20 minutos a intensidade máxima. Como este limite foi atingido no período da manhã (assim o cremos pela análise do patamar de frequência cardíaca, em que em ambos os testes se trabalhou no VO_{2max}), limitaram-se, no período da tarde, a ajustar os padrões motores que lhes permitissem trabalhar à cadência adequada para essa intensidade-limite de produção de força. Grappe (2012) defende que não existe um limiar de potência mecânica externa mas sim um tempo máximo de trabalho para cada valor de potência mecânica externa. O autor refere um patamar entre os 5 e os 60 minutos, intervalo dentro do qual os valores produzidos são semelhantes. Os protocolos da manhã e tarde são semelhantes e acreditamos que de manhã os atletas obtiveram um valor médio de potência mecânica externa que corresponde ao seu limite da capacidade de produção de força para 20 minutos de trabalho. De tarde, impossibilitados de aumentar o valor médio de potência mecânica externa, limitaram-se a adaptar a cadência de pedalada a esse valor de potência considerando a sua capacidade de trabalho nesse período do dia.

2.5. Conclusões

Em conclusão, embora com algumas reservas, podemos afirmar que os resultados obtidos nos dois testes são bastante semelhantes, não se verificando grande influência da hora do dia. A exceção vai para a variável cadência.

A implicação prática deste resultado aponta no sentido de que, em treinos e competições de BTT de longa duração não é de todo justificável o cuidado de planificar treinos especificamente para a manhã ou para a tarde, dado não se terem observado efeitos circadianos significativos no desempenho dos atletas. Ficam no entanto ressalvadas, por se encontrarem fora do âmbito deste estudo, as eventuais adaptações do organismo quando coincidem as horas de treino e competição.

2.6. Recomendações

Em trabalhos futuros seria interessante confrontar a hora habitual de treino de cada atleta com os respetivos resultados obtidos de manhã e de tarde, com o objetivo de analisar possíveis adaptações do organismo aos horários a que é hábito treinar.

Estudo 3- Influência de diferentes tipos de piso nas variáveis potência mecânica externa, frequência cardíaca, cadência de pedalada e lactatemia, em BTT

3.1. Introdução

O presente estudo visa comparar os valores de potência mecânica externa, cinemático/frequência (cadência) de pedalada e fisiológicos - frequência cardíaca e lactatemia, na realização de dois protocolos contínuos de terreno com a duração de 20 minutos a intensidade máxima, realizados em pisos diferentes (terra e asfalto) com a mesma bicicleta.

O tipo de piso terá influência nas variáveis analisadas? Qual a importância da escolha do tipo de piso na prescrição de exercícios específicos de treino para atletas de BTT? Este estudo pretende investigar estas relações e influências em protocolos realizados em terra e em asfalto.

Lucas (2010) defende que a constante solicitação das musculaturas de braços e pernas para absorção dos impactos e vibrações do terreno, a pouca influência da resistência ao ar devido às baixas velocidades de competição, a massa corporal e a grande amplitude dos valores de potência mecânica externa devido a constantes variações do tipo de terreno são fatores que condicionam o desempenho em BTT – XC.

Um estudo realizado por Santalla e colaboradores (2012) para análise do desempenho dos melhores ciclistas presentes na Volta à França, concluíram que, em competição, a eficiência mecânica pode chegar aos 25%, relacionando-se este valor com a capacidade de manutenção de potências mecânicas externas elevadas a cadências de pedalada superiores a 90 rpm. Na mesma linha de ideias, Lucia et al. (2004) verificaram que estes atletas obtêm maiores percentagens de eficiência mecânica a cadências de pedalada mais elevadas: verificando-se valores de eficiência mecânica de 22,4%, 23,6% e 24,2% com frequências de pedalada de, respetivamente, 60, 80 e 100 rpm.

Noutra perspetiva, Bouillod e colaboradores (2014) realizaram um estudo com o objetivo de analisarem a influência do terreno em esforços de potência máxima aeróbia. Concluíram que o tipo de teste e o tipo de terreno onde se realiza

influenciam o desempenho dos atletas ao nível da potência mecânica externa produzida e da cadência de pedalada.

Por outro lado, sabe-se que uma das diferenças incontornáveis entre o BTT e a estrada reporta-se às vibrações suportadas pelo atleta. Os estudos demonstram que os atletas de BTT estão sujeitos a uma elevada quantidade de vibrações enquanto que, em estrada, elas são quase inexistentes. O facto obriga os atletas de BTT a um maior dispêndio energético, originando uma menor economia em competição comparativamente com a estrada (Titlestad et al., 2006; Macdermid et al., 2014, Miller et al., 2016).

A literatura que apresenta investigações onde se comparam resultados em diferentes tipos de piso com a mesma bicicleta é escassa ou mesmo inexistente. O nosso trabalho visa acrescentar algum conhecimento a esta área temática tão pouco explorada.

3.2. Metodologia

Amostra

A amostra do nosso estudo é constituída por 16 atletas masculinos adultos, praticantes de ciclismo nas vertentes de estrada e, essencialmente, BTT. A sua caracterização está apresentada no estudo 1 ($70,2 \pm 5,4$ kg de massa corporal, $172,7 \pm 4,0$ cm de estatura, $9,8 \pm 3,5$ % de massa gorda). A descrição de outros atributos da amostra estão apresentados no estudo 1.

Desenho do estudo

O desenho do estudo consistiu em dois protocolos contínuos usando dois percursos, um em terra e o outro em asfalto, realizados aleatoriamente, com distribuição equilibrada da amostra. O protocolo, contínuo e retangular, teve a duração de 20 minutos e foi cumprido à intensidade máxima. A cadência de pedalada foi livre. Para a realização do protocolo os atletas utilizaram as suas próprias bicicletas de BTT, onde foi inserida uma roda traseira com medidor de potência mecânica externa. Os protocolos foram realizados com pelo menos 36 horas de intervalo. Foi assegurado que os atletas repousassem no dia anterior ao primeiro protocolo não realizando qualquer sessão de treino ou competição.

Durante a execução do protocolo foram controlados os valores de frequência cardíaca, potência mecânica externa, cadência (frequência de pedalada) e lactatemia (início e final).

Durante a realização do protocolo foi permitido unicamente a ingestão de água, em quantidades definidas pelos atletas de acordo com os hábitos de hidratação habituais.

Procedimentos e equipamento

Para a realização dos protocolos de campo recorreu-se a bicicletas de BTT com rodas de 29 polegadas. A potência mecânica externa e cadência de pedalada recolheram-se através de um potenciómetro (PowerTap®), inserido na roda traseira das bicicletas. A roda estava equipada com um pneu marca Continental RaceKing 2.2 (pressão de terra 2,4 bars e pressão de asfalto 3,4 bars). A frequência cardíaca foi registada através de um cardiofrequencímetro (Polar® S 810), com a respetiva banda peitoral. Para a recolha da lactatemia utilizou-se um medidor de lactato portátil (LactatePro®). Procedeu-se à leitura e gravação dos dados através de um ciclocomputador (Garmin Edge® 500). Considerou-se obrigatório o uso de capacete.

Para o protocolo de campo em asfalto escolheu-se um percurso situado nos arredores de Castelo Branco, por ser o local de residência da maioria dos atletas do estudo. Houve também a preocupação de escolher um percurso relativamente plano (com uma diferença média de elevação de 5 metros, entre os dois protocolos), de bom piso e que oferecesse condições de segurança aos atletas. Escolheu-se um percurso de ida e volta, com partida e chegada praticamente no mesmo local, para facilitar a recolha dos dados pretendidos. Pediu-se aos atletas que retornassem aos 10 minutos de teste, finalizando este aos 20 minutos. Os protocolos, em estrada, foram realizados na estrada nacional nº 18 (direção Castelo Branco – Escalos de Cima) e numa estrada regional anexa.

Antes do aquecimento houve um breve diálogo com os atletas, sendo informados da finalidade e principais objectivos do trabalho, segurança, funcionamento e manuseamento do ciclocomputador, momento de retorno e recolha de lactatemia. Seguiu-se um período de aquecimento de 15 minutos com carga inferior a 100 W e frequência cardíaca inferior a 120 bpm, durante o qual se procedeu à calibração do medidor de potência mecânica externa. Após o

aquecimento decorreu um período de recuperação de 10 minutos. Antes de iniciar o protocolo fez-se a recolha do lactato inicial. Em seguida realizou-se o protocolo, com duração de 20 minutos a intensidade máxima e liberdade de escolha de desmultiplicações da bicicleta e cadência de pedalada. Um minuto após o término procedeu-se à recolha da lactatemia final.

O protocolo de 20 minutos ao máximo, em terra, está descrito no estudo 2, verificando-se similitude no perfil de terreno em ambos os protocolos. Resumidamente adotou-se o seguinte procedimento: breve diálogo com os atletas antes do aquecimento sobre vários assuntos referentes ao protocolo. Realização de um período de aquecimento de 15 minutos. Seguiu-se um período de recuperação de 10 minutos. Recolha do lactato inicial seguido da realização do protocolo de 20 minutos a intensidade máxima. Recolha da lactatemia final 1 minuto após o término.

Em todos os protocolos foi utilizado sempre o mesmo pneu e pressões adaptadas ao piso, com vista a minimizarmos as interferências destes fatores nos resultados obtidos, como o comprovam os estudos de Reiser et al., 2003; Bertucci & Rogier, 2012 e Macdermid et al., 2015b.

3.3. Apresentação dos resultados

O protocolo em percurso de terra realizou-se, em média, às 16:54:21 horas. O protocolo em asfalto realizou-se, em média, às 17:09:03 horas. A diferença na média no início dos dois protocolos - 15 minutos, não se mostra diferente. A temperatura média ambiente foi de $30,93 \pm 2,76^{\circ}\text{C}$ no protocolo em estrada e de $33,33 \pm 3,75^{\circ}\text{C}$ no de terra. Verifica-se uma diferença de temperaturas médias de, aproximadamente, $2,5^{\circ}\text{C}$, a qual não atinge significado estatístico.

Tabela 10 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no protocolo de 20 minutos máximos em bicicleta de BTT (terra e asfalto). Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp)

Variáveis	Asfalto			Terra			p
	Média ± Dp	mínimo	máximo	Média ± Dp	mínimo	máximo	
Hora início	17:09:03 ± 00:57:31	14:33:02	18:16:43	16:54:21 ± 00:50:27	14:38:57	18:10:29	---
Temperatura (°C)	30,93 ± 2,76	28	36	33,33 ± 3,75	23	38	0,101
Lactato inicial (mmol/L)	3,44 ± 2,03	1,1	9,4	3,47 ± 1,78	1,6	8,4	0,942
Frequência cardíaca média (bpm)	170 ± 10	157	187	171 ± 9	155	187	0,273
Frequência cardíaca max (bpm)	178 ± 10	163	195	179 ± 9	164	194	0,531
Potência mecânica externa média (W)	292,94 ± 36,18	243	398	275,25 ± 31,94	239	359	0,000*
Potência mecânica externa média relativa (W/kg)	4,18 ± 0,46	3,46	5,22	3,93 ± 0,42	3,19	4,71	0,001*
Potência mecânica externa máxima (W)	830,63 ± 152,88	568	1099	736,00 ± 101,63	578	911	0,028*
Cadência (freq. de pedalada) (rpm)	84,31 ± 5,52	71	93	82,63 ± 7,41	66	94	0,198
Lactato final (mmol/L)	14,40 ± 4,10	7,1	23	12,90 ± 6,11	3,6	23	0,476

*p< 0,05

No protocolo de estrada observou-se uma potência mecânica externa média de $292,94 \pm 36,18$ W, enquanto que o valor médio obtido em terra foi de $275,25 \pm 31,94$ W. As potências mecânicas externas máximas obtidas nos dois protocolos foram, respetivamente, de $830,63 \pm 152,88$ e $736,00 \pm 101,63$ W para os testes de estrada e de terra.

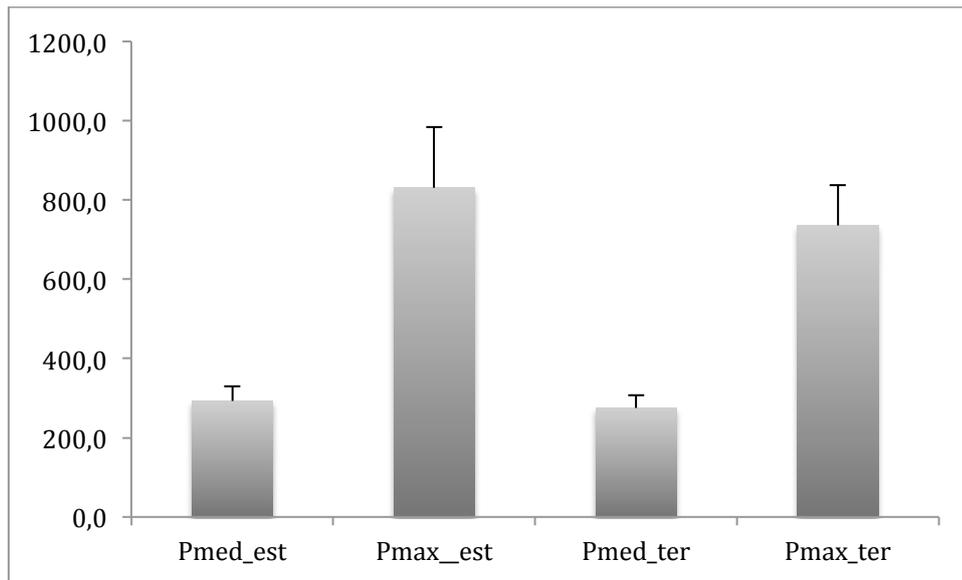


Figura 17 - Valores médios de potência mecânica externa média e máxima nos protocolos realizados em terra (Pmed_ter; Pmax_ter) e em estrada (Pmed_est; Pmax_est)

A análise comparativa entre protocolos não revela diferenças na generalidade das variáveis exceptuando nos valores de potência mecânica externa média e máxima produzidas. Na potência mecânica externa média obtiveram-se valores superiores no protocolo realizado em asfalto ($t=-5,06$; $p=0,000$). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios de potência mecânica externa é pequena ($ES=0,37$). Também na potência mecânica externa máxima se obtiveram valores superiores no protocolo realizado em asfalto ($t=-2,44$; $p=0,028$). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios de potência mecânica externa máxima mostra-se média ($ES= 0,53$). (Tabela 10, figura 17).

Tabela 11 – Correlações significativas (Pearson) das variáveis fisiológicas, mecânicas e cinemáticas nos protocolos realizados em terra e em estrada

Variáveis	Correlação (Pearson)
Frequência cardíaca média	0,877 **
Frequência cardíaca max	0,879 **
Potência mecânica externa média	0,923 **
Potência mecânica externa média relativa	0,913 **

** p<0,001

Referir que a correlação entre as frequências cardíacas média e máxima e potências mecânica externa média e relativa revela que os valores destas variáveis mostram forte associação nos dois protocolos (tabela 11). O mesmo não se pode referir relativamente à cadência, potência mecânica externa máxima e lactatemia inicial e final.

A elevada correlação entre a frequência cardíaca média e a potência mecânica externa (média e relativa) evidencia uma forte associação entre os impactos provocados pela carga a nível fisiológico central (que se revela através da frequência cardíaca) e a nível muscular (revelando-se através da potência mecânica externa).

Estes resultados revelam uma relação mediana entre os dois protocolos, verificando-se que metade das variáveis observadas evoluem de forma diferente.

Com a intenção de avaliar o valor da intensidade empregue nos protocolos de campo confrontamos os resultados dos valores médios das variáveis potência mecânica externa e frequência cardíaca com os observados no protocolo incremental contínuo (estudo1). O objetivo é identificar o nível de intensidade em que os atletas trabalharam nos protocolos de campo, tendo como referência os valores observados no protocolo contínuo incremental realizado em laboratório.

tabela 12 - Comparação dos valores médios dos protocolos de campo com o protocolo de consumo máximo de oxigénio

Protocolos		Frequência	Potência	Potência
		cardíaca (bpm)	mecânica externa média (W)	mecânica externa média relativa (W/kg)
Protocolo incremental máximo	2º limiar ventilatório	156 ± 12	259,3 ± 25	3,72 ± 0,46
	VO _{2max}	172 ± 9	324,9 ± 20,16	4,65 ± 0,36
Campo (20 minutos ao máximo em estrada)		170 ± 10	292,94 ± 36,19	4,18 ± 0,46
Campo (20 minutos ao máximo em terra)		171 ± 9	275,25 ± 31,94	3,93 ± 0,42

A análise da tabela 12 mostra-nos que os atletas nos dois protocolos de campo trabalharam a uma frequência cardíaca média de 170 ± 10 bpm (estrada) e de 171 ± 9 bpm (terra), o que nos indica que realizaram o teste a uma intensidade semelhante à do seu VO_{2max} (172 ± 9 bpm). No entanto, no que concerne à potência mecânica externa média obtida nestes protocolos de campo, observam-se algumas diferenças. Com efeito, através dos valores médios do protocolo de estrada ($292,94 \pm 36,19$ W), verificamos que eles alcançaram valores substancialmente acima dos do 2º limiar ventilatório ($259,3 \pm 25$ W), embora longe dos valores na sua potência mecânica externa no VO_{2max} ($324,9 \pm 20,16$ W), trabalhando a 90,2% da sua potência no VO_{2max}. Pelo contrário, no protocolo em terra, os atletas registaram uma potência mecânica externa média de $275,25 \pm 31,94$ W, pelo que atingiram resultados acima do 2º limiar ventilatório, trabalhando a 84,7% da sua potência no VO_{2max}. Analisando os dados da potência mecânica externa relativa obtiveram-se $4,18 \pm 0,46$ W/kg no protocolo em estrada e $3,93 \pm 0,42$ W/kg no protocolo em terra.

Os resultados mostram-nos que, embora nos 20 minutos dos protocolos de campo os atletas consigam manter a sua frequência cardíaca elevada (próxima do seu VO_{2max}), o mesmo não sucede com a potência mecânica externa produzida, que baixa para níveis inferiores (89,9% para o teste em estrada e 84,5% para o teste em terra, para a potência mecânica externa relativa).

À semelhança do já referido relativamente ao estudo 2, voltamos a salientar que este facto corrobora os estudos realizados por Grappe (2012), quando defende

que não existe um limiar de potência mecânica externa mas sim um tempo máximo de trabalho para cada valor de potência mecânica externa, que não se manifesta de forma linear mas sim por patamares. O autor verificou que existem intervalos de tempo dentro dos quais os valores de potência mecânica externa média obtidos não sofrem diferenças significativas. O patamar onde se verificam diferenças mais significativas condicionadas pelo tempo de duração do esforço situa-se entre 1 segundo e os 5 minutos. Um segundo patamar situa-se entre os 5 e os 60 minutos. O nosso protocolo de consumo máximo de oxigénio, que teve a duração de 2 minutos por patamar, situa-se dentro deste espaço referido pelo autor que vai até aos 5 minutos de duração. Por outro lado, os protocolos de campo de 20 minutos já se situam no 2º patamar referido pelo autor e onde, segundo o próprio, os valores de potência mecânica externa diminuem.

3.4. Discussão

Os resultados obtidos evidenciam diferenças significativas ao nível dos valores de potência mecânica externa (média e máxima) entre os protocolos realizados. Pelo contrário, não se verificam diferenças entre os dois protocolos no que respeita às restantes variáveis: cadência, frequência cardíaca média e máxima, lactato inicial e final.

Este estudo revela-nos que em asfalto e com bicicleta de BTT se produzem potências mecânicas externas significativamente superiores às obtidas com a mesma bicicleta em terra. Torna-se evidente que o tipo de piso influencia a potência mecânica externa produzida pelos atletas, o que corrobora (somente em relação à potência) o estudo de Bouillod et al. (2014). Pelo contrário, verifica-se que o tipo de piso não tem influência nas variáveis frequência cardíaca e cadência (contrariamente ao estudo de Bouillod et al., 2014, que observou diferenças relativamente a estas variáveis). O mesmo sucede em relação aos valores de lactato inicial e final. Acreditamos que a maior aderência dos pneus em piso de asfalto justifica os resultados obtidos.

O facto da cadência, potência mecânica externa máxima e lactatemia não se mostrarem significativamente associadas pode ter várias explicações. No que concerne à potência mecânica externa máxima e cadência de pedalada, cremos que

a diferença no tipo de piso obrigou os atletas a uma adaptação individual às diferenças de atrito provocado pelos pneus, recorrendo à utilização de diferentes desmultiplicações em terra e em asfalto. A potência mecânica externa máxima é produzida, normalmente, no momentos iniciais do protocolo. Eventualmente, dado não ser comum para estes atletas a utilização da bicicleta de BTT em estrada, confrontados com uma maior resistência do asfalto para lançarem a bicicleta a alta velocidade, podem ter produzido valores máximos de potência desajustados às exigências do momento.

No entanto, torna-se curioso verificar que no protocolo em piso de terra, apesar do atrito ser menor o que levará a uma menor produção de potência mecânica externa, não se verifique uma correspondente diminuição da frequência cardíaca, que poderia traduzir um menor custo energético. Provavelmente tal não é possível devido à permanente necessidade de manter ativa a massa muscular relacionada com o amortecimento e recepção das constantes vibrações e choques provocados pela irregularidade dos pisos de terra. O mesmo é defendido por Titlestad et al., 2006; Lucas, 2010; Macdermid et al., 2014 e Miller et al., 2016. Todos os autores defendem que as vibrações obrigam os atletas de BTT a um maior dispêndio energético, originando uma menor economia comparativamente com a estrada.

Verifica-se também que os valores de potência mecânica externa relativa atingem patamares notoriamente acima do 2º limiar ventilatório em ambos os testes de campo, embora longe do VO_{2max} . No protocolo em asfalto obtiveram-se valores de potência mecânica externa relativa que correspondem a 89,9% do VO_{2max} , enquanto no protocolo em terra se trabalhou a 84,5% da potência mecânica externa relativa obtida neste patamar de consumo máximo de oxigénio.

3.5. Conclusões

Em conclusão, podemos afirmar que o tipo de piso influencia os valores de produção de potência mecânica externa embora não tenha qualquer influência nos parâmetros frequência cardíaca, cadência e lactatemia.

Recorrendo-se à utilização de uma bicicleta de BTT a produção de força é maximizada em piso de asfalto comparativamente a pisos de terra, sem prejuízo do

metabolismo energético utilizado (reportamo-nos à intensidade do esforço mensurado pela frequência cardíaca) e metabólica (lactato).

Os resultados observados conduzem-nos à consideração de que em treinos específicos de força poderá ocorrer otimização se o atleta recorrer à bicicleta de BTT e a utilize em asfalto. Em situações de treino com recurso à frequência cardíaca para otimização do sistema cardiorrespiratório é indiferente o tipo de piso utilizado.

3.6. Recomendações

Em estudos complementares interessa realizar o mesmo protocolo em rolos, com a mesma bicicleta de BTT e comparar este protocolo com os protocolos em terra e em asfalto. Por outro lado, cremos que também seria interessante inserir no estudo um outro tipo de piso e percurso, com terra macia e bastante mais técnico, aumentando-se assim o leque de informação recolhida.

Estudo 4- Influência de diferentes tipos de bicicletas nas variáveis potência mecânica externa, frequência cardíaca, cadência de pedalada e lactatemia, em ciclismo

4.1. Introdução

O presente estudo visa comparar os valores de potência mecânica externa, variável cinemática/frequência (cadência) de pedalada e fisiológicos - frequência cardíaca e lactatemia, na realização de dois protocolos contínuos de terreno com a duração de 20 minutos a intensidade máxima, realizados com bicicletas diferentes (estrada e BTT). Pretende-se saber se a utilização de diferentes bicicletas pode condicionar o comportamento das variáveis referidas, podendo condicionar a seleção do tipo de bicicleta na prescrição de exercícios específicos de treino para atletas de BTT.

A utilização de bicicletas de estrada e de BTT obriga à utilização de, pelo menos, dois tipos de pneu. Este facto poderá constituir um factor influente nos resultados obtidos? Para responder ao problema Bertucci & Rogier (2012) realizaram um estudo onde compararam diferentes tipos de pneu e avaliaram a sua influência no desempenho de atletas de BTT. Concluíram que o tipo de piso, a secção e a pressão dos pneus origina diferentes resistências de deslocamento, o que pode influenciar os resultados competitivos. Também Reiser et al. (2003) realizaram um estudo onde compararam a pressão, medida da secção e tipo de pneu em exercícios a velocidade constante. Verificaram que para a manutenção da mesma velocidade necessitaram de valores de potência mecânica externa superiores quando diminuíram a pressão dos pneus. Por outro lado, verificaram diferenças significativas nos valores de potência mecânica externa quando compararam pneus de várias marcas e secções. Os autores concluíram que a pressão, medida da secção e tipo de pneu podem influenciar os valores de potência mecânica externa produzida.

Por outro lado, a utilização de diferentes bicicletas obriga à mudança de posição do ciclista, alteração dos valores da resistência ao ar e a novas e diferentes solicitações metabólicas e musculares (Grappe et al., 1998). Será que estas evidências também afetam os valores das variáveis estudadas, nomeadamente ao

nível da cadência de pedalada? Serão as cadências com bicicleta de estrada significativamente diferentes das obtidas com bicicleta de BTT? Lucia et al. (2001) realizaram um estudo com o objetivo de determinar as cadências preferidas pelos ciclistas profissionais de estrada, em competição. Contaram com uma amostra de sete atletas e analisaram a frequência de pedalada em três grandes voltas, considerando vários tipos de terreno. Concluíram que os ciclistas profissionais optam por cadências médias elevadas (aproximadamente 90 rpm) em etapas planas e em contrarrelógios. Por outro lado, Gregory et al. (2007) observaram uma média de 79 rpm para atletas de BTT de nível nacional, após a realização de um teste progressivo em laboratório.

A investigação científica publicada que compara diferentes bicicletas no mesmo tipo de piso é praticamente inexistente. O nosso trabalho visa acrescentar algum conhecimento a esta área temática quase inexplorada.

4.2. Metodologia

Amostra

A amostra do nosso estudo é constituída por 16 atletas masculinos adultos, praticantes de ciclismo nas vertentes de estrada e, essencialmente, BTT. A sua caracterização está apresentada no estudo 1 ($70,2 \pm 5,4$ kg de massa corporal, $172,7 \pm 4,0$ cm de estatura, $9,8 \pm 3,5$ % de massa gorda). A descrição de outros atributos da amostra estão apresentados no estudo 1.

Desenho do estudo

O protocolo foi cumprido no mesmo percurso, em piso de asfalto, com os atletas alocados equilibrada e aleatoriamente. O protocolo, contínuo e retangular, teve a duração de 20 minutos e foi cumprido à intensidade máxima. A cadência de pedalada foi livre. Para a realização dos protocolos os atletas utilizaram as suas próprias bicicletas de BTT e estrada, onde foram inseridas rodas traseiras com medidor de potência mecânica externa. Os protocolos foram realizados com pelo menos 36 horas de intervalo. Foi assegurado que os atletas repousassem no dia anterior ao primeiro protocolo.

Durante a realização dos protocolos foram controlados os valores de frequência cardíaca, potência mecânica externa, cadência (frequência de pedalada) e lactatemia (início e final).

Durante a realização do protocolo foi permitido unicamente a ingestão de água, em quantidades definidas pelos atletas de acordo com os hábitos de hidratação habituais.

Procedimentos e equipamento

Para a realização dos protocolos de campo recorreu-se a bicicletas de BTT com rodas de 29 polegadas e a bicicletas de estrada. A potência mecânica externa e cadência de pedalada recolheram-se através de um potenciómetro (PowerTap®), inserido na roda traseira das bicicletas. A roda da bicicleta de BTT estava equipada com um pneu marca Continental RaceKing 2.2 (pressão de asfalto 3,4 bars). A roda de estrada equipou-se com um pneu marca Massi®, modelo Volcano, com uma pressão de 7 bars. A frequência cardíaca foi registada através de um cardiófrequencímetro (Polar® S 810), com a respetiva banda emissora peitoral. Para a recolha da lactatemia utilizou-se o medidor portátil de lactato (LactatePro®). Procedeu-se à leitura e gravação dos dados através de um ciclocomputador (Garmin Edge® 500). Foi considerado obrigatório o uso de capacete.

No protocolo com bicicleta de estrada, antes do aquecimento, houve um breve diálogo com os atletas, sendo informados da finalidade e principais objectivos do trabalho, segurança, funcionamento e manuseamento do ciclocomputador, momento de retorno e recolha de lactatemia. Seguiu-se um período de aquecimento de 15 minutos com carga inferior a 100 W e frequência cardíaca inferior a 120 bpm, durante o qual se procedeu à calibração do medidor de potência mecânica externa. Após o aquecimento decorreu um período de recuperação de 10 minutos. Seguiu-se a recolha do lactato inicial. Em seguida realizou-se o protocolo, com duração de 20 minutos a intensidade máxima e liberdade de escolha de desmultiplicações da bicicleta e cadência de pedalada. Um minuto após o término procedeu-se à recolha da lactatemia final.

O protocolo de campo de 20 minutos a intensidade máxima com bicicleta de BTT, realizado em asfalto, está descrito no estudo 3. Resumidamente adotou-se o seguinte procedimento: breve diálogo com os atletas antes do aquecimento sobre

vários assuntos referentes ao protocolo. Realização de um período de aquecimento de 15 minutos. Seguiu-se um período de recuperação de 10 minutos. Recolha do lactato inicial seguido da realização do protocolo de 20 minutos a intensidade máxima. Recolha da lactatemia final 1 minuto após o término.

4.3. Apresentação dos resultados

O protocolo com bicicleta de estrada realizou-se, em média, às 16:46:41 horas. O protocolo com bicicleta de BTT realizou-se, em média, às 17:09:03 horas. A diferença na média dos dois protocolos é de aproximadamente 23 minutos. A temperatura ambiente média foi, respetivamente, $30,93 \pm 2,76^{\circ}\text{C}$ no protocolo com bicicleta de BTT e de $31,19 \pm 2,61^{\circ}\text{C}$ no realizado com bicicleta de estrada, não se verificando diferença na realização dos dois protocolos.

Tabela 13 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no protocolo de 20 minutos máximos, com bicicletas de BTT e estrada. Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp)

Variáveis	BTT			Estrada			
	Média ± Dp	mínimo	máximo	Média ± Dp	mínimo	máximo	p
Hora início	17:09:03 ± 00:57:31	14:33:02	18:16:43	16:46:41 ± 01:08:17	14:36:36	18:11:27	---
Temperatura (°C)	30,93 ± 2,76	28	36	31,19 ± 2,61	27	35	0,538
Lactato inicial (mmol/L)	3,44 ± 2,03	1,1	9,4	3,63 ± 1,43	2,1	6,8	0,897
Frequência cardíaca média (bpm)	170 ± 10	157	187	170 ± 8	155	187	0,907
Frequência cardíaca max (bpm)	178 ± 10	163	195	178 ± 8	165	192	0,681
Potência mecânica externa média (W)	292,94 ± 36,18	243	398	279,88 ± 36,25	238	359	0,007*
Potência mecânica externa média relativa (W/kg)	4,18 ± 0,46	3,46	5,22	3,99 ± 0,42	3,43	4,71	0,006*
Potência mecânica externa máxima (W)	830,63 ± 152,88	568	1099	794,38 ± 145,99	580	1085	0,179
Cadência (frequência de pedalada) (rpm)	84,31 ± 5,52	71	93	86,00 ± 7,51	74	101	0,128
Lactato final (mmol/L)	14,40 ± 4,10	7,1	23	16,09 ± 5,57	4,2	23	0,447

*p< 0,05

No teste realizado com bicicleta de BTT obteve-se uma potência mecânica externa média de $292,94 \pm 36,18$ W, face ao valor médio obtido com bicicleta de estrada que foi de $279,88 \pm 36,25$ W.

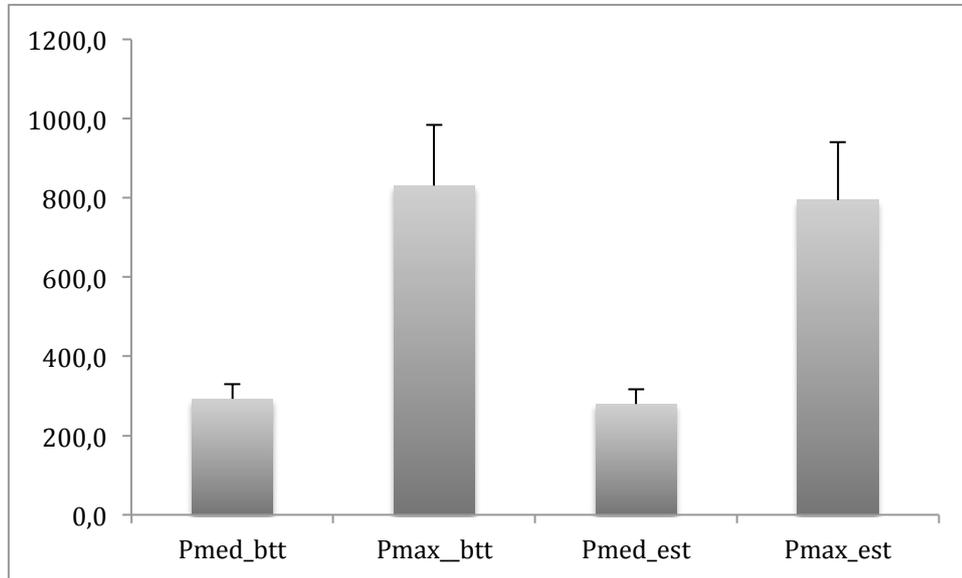


Figura 18 - Valores médios de potência mecânica externa média e máxima nos protocolos realizados com bicicletas de BTT (Pmed_btt; Pmax_btt) e de estrada (Pmed_est; Pmax_est)

A análise comparativa entre protocolos revela a não existência de diferenças na generalidade das variáveis exceptuando no valor da potência mecânica externa média produzida. Nesta variável obtiveram-se valores superiores no protocolo realizado com bicicleta de BTT ($t=3,09$; $p=0,007$). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios da potência mecânica externa mostra-se pequena ($ES= 0,26$) (Tabela 13, Figura 18).

Tabela 14 – Correlações significativas (Pearson) das variáveis fisiológicas, mecânicas e cinemáticas nos protocolos realizados com bicicleta de BTT e com bicicleta de estrada

Variáveis	Correlação (Pearson)
Frequência cardíaca média	0,899**
Frequência cardíaca max	0,916**
Potência mecânica externa média	0,891**
Potência mecânica externa média relativa	0,854**
Cadência	0,836**

** $p < 0,001$

Neste estudo as variáveis frequência cardíaca média e máxima, potência mecânica externa média e relativa e cadência de pedalada mostram-se fortemente associadas. O mesmo não se pode referir relativamente à potência mecânica externa máxima e lactatemia inicial e final. Na generalidade, à semelhança do estudo 2, os resultados alcançados sustentam uma forte relação entre os valores obtidos com diferentes bicicletas para quase todas as variáveis o que indicia quase não existir influência do tipo de bicicleta nos protocolos realizados, com a exceção dos valores obtidos para a variável potência mecânica externa média.

Em seguida, pretendemos explorar a comparação da intensidade empregue nos protocolos de campo com os resultados dos valores médios das variáveis potência mecânica externa e frequência cardíaca com os observados no protocolo incremental contínuo (estudo1). O objetivo é o de identificar o nível de intensidade relativa em que os atletas realizam os protocolos de campo, tendo como referência os valores observados no protocolo incremental máximo realizado em laboratório.

tabela 15 - Comparação dos valores médios dos protocolos de campo com o protocolo de consumo máximo de oxigénio

Protocolos		Frequência	Potência	Potência
		cardíaca (bpm)	mecânica externa média (W)	mecânica externa média relativa (W/kg)
Protocolo	2º limiar ventilatório	156 ± 12	259,3 ± 25	3,72 ± 0,46
incremental máximo	VO _{2max}	172 ± 9	324,9 ± 20,16	4,65 ± 0,36
Campo (20 minutos ao máximo com bicicleta de BTT)		170 ± 10	292,94 ± 36,19	4,18 ± 0,46
Campo (20 minutos ao máximo com bicicleta de estrada)		170 ± 8	279,88 ± 36,25	3,99 ± 0,42

A análise da tabela 15 mostra-nos que os atletas nos dois protocolos de campo trabalharam a uma frequência cardíaca média de 170 ± 10 bpm (bicicleta de BTT) e de 170 ± 8 bpm (bicicleta de estrada), o que nos indica que realizaram o protocolo a uma intensidade muito próxima da observada na intensidade de VO_{2max}

(172 ± 9 bpm). No entanto, no que concerne à potência mecânica externa média obtida, registam-se diferenças evidentes. Através dos valores médios do protocolo com bicicleta de BTT ($292,94 \pm 36,19$ W), verificamos que eles atingiram valores substancialmente acima dos atingidos no 2º limiar ventilatório ($259,3 \pm 25$ W), situando-se a meio deste limiar e da potência mecânica externa no VO_{2max} ($324,9 \pm 20,16$ W). Os atletas, com bicicleta de BTT, trabalharam a 90% da potência mecânica externa no VO_{2max} . No entanto, no protocolo realizado com bicicleta de estrada, os atletas registaram uma potência mecânica externa média de $279,88 \pm 36,25$ W, o que os situa acima do 2º limiar ventilatório, a 86% da potência mecânica externa no VO_{2max} . Relativamente à potência mecânica externa relativa, verifica-se que no protocolo realizado com bicicleta de estrada os valores se situam substancialmente acima do 2º limiar ventilatório, enquanto que os resultados obtidos com a bicicleta de BTT, superiores aos anteriores, situam-se num patamar intermédio entre o 2º limiar ventilatório e o VO_{2max} .

À semelhança dos estudos anteriores, os resultados mostram-nos que, embora nos 20 minutos dos protocolos de campo os atletas consigam manter a sua frequência cardíaca próxima da observada na intensidade do seu VO_{2max} , o mesmo não sucede com a potência mecânica externa média obtida, que é inferior. Com efeito, no protocolo com bicicleta de estrada mostra uma intensidade acima do 2º limiar ventilatório, situando-se entre este limiar e o VO_{2max} no protocolo realizado com bicicleta de BTT.

4.4. Discussão

Os resultados obtidos evidenciam diferenças significativas ao nível dos valores de potência mecânica externa média entre os protocolos realizados. Pelo contrário, não se verificam diferenças entre os dois protocolos no que respeita às restantes variáveis: cadência, frequência cardíaca média e máxima, potência mecânica externa máxima e lactatemia inicial e final.

Este estudo revela-nos que a utilização de bicicletas diferentes em percursos de asfalto corresponde a diferentes registos de potência mecânica externa média. Torna-se evidente que o tipo de bicicleta utilizada influencia a potência mecânica externa produzida pelos atletas. Pelo contrário, verifica-se que o tipo de bicicleta

utilizada não tem influência nas variáveis lactatemia, frequência cardíaca, potência mecânica externa máxima e cadência. O estudo de Grappe e colaboradores (1998), que conclui que a frequência cardíaca mantém-se estável em três posições diferentes do ciclista na bicicleta, pode justificar (em parte) o facto do tipo de bicicleta não influenciar a variável frequência cardíaca.

Noutra perspetiva, cremos que esta diferença nos valores da potência mecânica externa média, superiores com bicicleta de BTT, se devem ao maior atrito dos pneus da bicicleta com o solo, fruto do tipo de textura e secção dos mesmos. Esta ideia é sustentada pelos estudos de Bertucci & Rogier (2012) e Reiser et al. (2003). Os primeiros concluíram que o tipo de piso, secção e pressão dos pneus pode influenciar os resultados competitivos. Os segundos verificaram que a pressão, secção e tipo de pneu podem influenciar os valores de potência mecânica externa produzida.

À semelhança do estudo anterior, também esta investigação corrobora os trabalhos realizados por Grappe (2012), quando defende que não existe um limiar de potência mecânica externa mas sim um tempo máximo de trabalho para cada valor de potência mecânica externa, que não se manifesta de forma linear mas sim por patamares. Recordamos que o autor defende a existência de um primeiro patamar, entre 1 segundo e 5 minutos, onde se verificam diferenças mais significativas condicionadas pelo tempo de duração do esforço, patamar esse onde se situa o nosso teste de consumo máximo de oxigénio. Um segundo patamar situa-se entre os 5 e os 60 minutos, onde se incluem os testes de campo realizados.

As cadências de pedalada obtidas com as diferentes bicicletas foram de $84,31 \pm 5,52$ rpm com bicicleta de BTT e de $86,00 \pm 7,51$ rpm com bicicleta de estrada. Estes resultados diferem das conclusões de Lucia et al. (2001) que observaram, para ciclistas profissionais de estrada em competição, cadências médias de aproximadamente 90 rpm em etapas planas. Diferem ainda do estudo de Gregory et al. (2007), que observaram uma média de cadência de 79 rpm para atletas de BTT de nível nacional, na realização de um teste progressivo em laboratório. No entanto, estas comparações devem ser realizadas com algumas reservas, na medida em que os nossos resultados foram obtidos em protocolos de campo, fora da competição e do laboratório, ao contrário dos resultados apresentados pelos autores referidos.

À semelhança do estudo 3, torna-se curioso verificar que no protocolo com bicicleta de estrada, apesar do atrito ser menor o que, provavelmente, levou a uma menor produção de potência mecânica externa, não se verificou uma correspondente diminuição da frequência cardíaca que, a ser possível, levaria a uma poupança energética considerável. Aqui cai por terra a justificação que colocámos no estudo 3, onde defendemos que a frequência cardíaca não diminuía devido à permanente necessidade de manter ativa a massa muscular relacionada com o amortecimento e recepção das constantes vibrações e choques provocados pela irregularidade dos pisos de terra. Neste caso, como estes choques e vibrações são quase inexistentes, deixamos em aberto esta questão.

Por outro lado, e ainda à semelhança do estudo 3, este estudo não revelou associação entre a lactatemia final. Uma explicação possível para este comportamento poderá residir na individualização das desmultiplicações utilizadas pelos atletas.

Os resultados parecem mostrar que, fisiologicamente, a uma intensidade de frequência cardíaca próxima do VO_{2max} , existe um intervalo de potência mecânica externa produzida cuja oscilação e rentabilização depende das ferramentas disponibilizadas para o treino (neste caso, bicicletas diferentes). Estes dados parecem deixar transparecer a importância do treino complementar de força através de tarefas (exercícios) específicas que exijam e induzam a utilização submáxima e máxima das capacidades do atleta neste domínio.

4.5. Conclusões

Em conclusão, podemos afirmar que o tipo de bicicleta utilizada influencia os valores de produção de potência mecânica externa, embora não evidencie influenciar os parâmetros fisiológicos - lactatemia e frequência cardíaca e cinemáticos - cadência. Com efeito, a bicicleta de BTT, quando comparada com a bicicleta de estrada, maximiza a produção de força em piso de asfalto.

De acordo com a conclusão observada consideramos que, em treinos específicos de força, deve-se treinar em asfalto recorrendo-se à bicicleta de BTT com a finalidade de se otimizar os objetivos pretendidos. Em situações de treino

com recurso à frequência cardíaca para otimização do sistema cardiorrespiratório é indiferente o tipo de bicicleta a utilizar.

Estudo 5- Protocolos de terreno vs protocolos de laboratório – estudo comparativo das variáveis potência mecânica externa, frequência cardíaca, cadência de pedalada e lactatemia, entre um protocolo em estrada e um protocolo em rolos

5.1. Introdução

As vertentes do ciclismo, estrada e BTT, são modalidades praticadas em espaços exteriores. No entanto, sobretudo com situações climatéricas adversas, é comum os ciclistas recorrerem a tarefas de controlo e avaliação e de treino em rolos em espaços interiores. Um elevado número de treinadores de ciclismo realizam a avaliação, prescrição e controlo do treino ao longo da época recorrendo à realização de protocolos em rolos em espaços e condições envolventes muito semelhantes às que foram por nós utilizadas (espaço coberto ventilado para o exterior). No entanto algumas questões merecem aprofundamento: será que a informação recolhida em rolos reflete o desempenho em situação real? Poderá ser utilizada pelos treinadores para avaliação, prescrição e controlo do treino em ciclismo? Será que um protocolo em rolos espelha os resultados do mesmo protocolo realizado no campo?

Estudos realizados que compararam protocolos de campo com outros de laboratório encontraram diferenças nas variáveis potência mecânica externa, cadência de pedalada e frequência cardíaca (Bouillod et al., 2014; Mieras et al., 2014). Abel & Grappe (2014) realizaram um estudo com ciclistas amadores, em protocolos de 20 minutos, variando as condições envolventes (vento de frente, de costas, sem vento). Concluíram que a variação da potência mecânica externa está relacionada com a variação das condições envolventes (vento) e com aspetos psicoemocionais (motivação, experiência, etc.).

Esta realidade, junto com o facto da literatura científica ser diminuta em investigações desta índole, fundamenta a realização deste estudo, na medida em que permite comparar diversas variáveis em situação real de campo e numa situação comumente usada por treinadores para avaliação, prescrição e controlo do treino em ciclismo.

5.2. Metodologia

Nota introdutória

O protocolo de 20 minutos a intensidade máxima em estrada é indubitavelmente um protocolo de campo. Quanto ao protocolo em rolos, a questão poderá levantar algumas dúvidas: trata-se de um protocolo misto ou de laboratório? Este protocolo foi realizado numa sala, coberta, ventilada para o exterior. Pretendeu-se garantir o controlo das condições ambientais (temperatura e humidade), embora não totalmente, devido à ventilação e abertura para a rua. No entanto, cremos que este protocolo se situa indubitavelmente mais próximo de um protocolo de laboratório que de um protocolo de campo.

Amostra

A amostra do nosso estudo é constituída por 16 atletas masculinos adultos, praticantes de ciclismo nas vertentes de estrada e, essencialmente, BTT. A sua caracterização está apresentada no estudo 1 ($70,2 \pm 5,4$ kg de massa corporal, $172,7 \pm 4,0$ cm de estatura, $9,8 \pm 3,5$ % de massa gorda). A descrição de outros atributos da amostra estão apresentados no estudo 1.

Desenho do estudo

O protocolo realizou-se em dois espaços diferentes, campo e laboratório, por ordem aleatória, com distribuição equilibrada da amostra. O protocolo, contínuo e retangular, teve a duração de 20 minutos e foi cumprido à intensidade máxima. A cadência de pedalada foi livre. Para a realização dos protocolos os atletas utilizaram as suas próprias bicicletas de estrada, onde foi inserida uma roda traseira com medidor de potência mecânica externa. Os protocolos foram realizados com pelo menos 36 horas de intervalo. Foi assegurado que os atletas repousassem no dia anterior ao primeiro protocolo.

Durante a realização dos protocolos foram controlados os valores de frequência cardíaca, potência mecânica externa, cadência (frequência de pedalada) e lactatemia (início e final).

Durante a realização do protocolo foi permitido unicamente a ingestão de água, em quantidades definidas pelos atletas de acordo com os hábitos de hidratação habituais.

Procedimentos e equipamento

Para a realização dos protocolos recorreu-se a bicicletas de estrada. Em laboratório realizou-se um protocolo em rolos (Tacx®, modelo Flow com 9 patamares de intensidade). A potência mecânica externa e cadência de pedalada recolheram-se através de um potenciómetro (PowerTap®), inserido na roda traseira das bicicletas. A roda equipou-se com um pneu marca Massi®, modelo Volcano, com uma pressão de 7 bars. A frequência cardíaca foi registada através de um cardiofrequencímetro (Polar® S 810), com a respetiva banda peitoral. Para a recolha da lactatemia utilizou-se um aparelho de medição de lactato (LactatePro®). Procedeu-se à leitura e gravação dos dados através de um ciclocomputador (Garmin Edge® 500). Considerou-se obrigatório o uso de capacete apenas no protocolo de campo.

No protocolo em rolos, antes do aquecimento, houve um breve diálogo com os atletas, sendo informados da finalidade e principais objectivos do trabalho, segurança, funcionamento e manuseamento dos rolos, ciclocomputador e recolha de lactatemia. Seguiu-se um período de aquecimento de 15 minutos com carga inferior a 100 W e frequência cardíaca inferior a 120 bpm, que serviu de adaptação aos rolos e durante o qual se procedeu à calibração do medidor de potência mecânica externa. Após o aquecimento decorreu um período de recuperação de 10 minutos. Seguiu-se a recolha do lactato inicial. Em seguida realizou-se o protocolo, com duração de 20 minutos a intensidade máxima e liberdade de escolha de desmultiplicações da bicicleta, cadência de pedalada e intensidades do rolo. Um minuto após o término procedeu-se à recolha da lactatemia final.

O protocolo de campo de 20 minutos a intensidade máxima, com bicicleta de estrada e realizado em asfalto, está descrito no estudo 4. Resumidamente adotou-se o seguinte procedimento: breve diálogo com os atletas antes do aquecimento sobre vários assuntos referentes ao protocolo. Realização de um período de aquecimento de 15 minutos. Seguiu-se um período de recuperação de 10 minutos. Recolha do

lactato inicial seguido da realização do protocolo de 20 minutos a intensidade máxima. Recolha da lactatemia final 1 minuto após o término.

Utilizou-se nos testes o mesmo pneu e pressão (marca Massi®, modelo Volcano, com uma pressão de 7 bars), para não existir qualquer interferência destes fatores nos resultados obtidos, como o comprovaram Reiser et al. (2003), Bertucci & Rogier (2012) e Macdermid et al., 2015b.

5.3. Apresentação dos resultados

O protocolo de campo realizou-se, em média, às 16:46:41 horas. O protocolo de laboratório, em rolos, realizou-se em média às 16:00:00 horas. A diferença na média dos dois protocolos é de 46 minutos e 41 segundos. As temperaturas médias foram de $24,25 \pm 1,48^{\circ}\text{C}$ no protocolo em rolos e de $31,19 \pm 2,61^{\circ}\text{C}$ no realizado em estrada. A diferença entre as temperaturas médias nos dois protocolos aproxima-se dos 7°C.

Tabela 16 - Estatística descritiva das variáveis analisadas no protocolo de 20 minutos máximos (campo e laboratório). Valores mínimo, máximo, média e desvio-padrão (Dp)

Variáveis	Laboratório (rolos)			Campo (estrada)			p
	Média ± Dp	mínimo	máximo	Média ± Dp	mínimo	máximo	
Hora início	16:00:56 ± 03:39:51	09:30:00	20:00:00	16:46:41 ± 01:08:17	14:36:36	18:11:27	---
Temperatura (°C)	24,25 ± 1,48	22	26	31,19 ± 2,61	27	35	0,000*
Lactato inicial (mmol/L)	3,28 ± 1,88	1,2	6,8	3,63 ± 1,43	2,1	6,8	0,742
Frequência cardíaca média (bpm)	171 ± 8	161	185	170 ± 8	155	187	0,461
Frequência cardíaca max (bpm)	183 ± 8	171	197	178 ± 8	165	192	0,019*
Potência mecânica externa média (W)	269,38 ± 33,05	218	338	279,88 ± 36,25	238	359	0,339
Potência mecânica externa média relativa (W/kg)	3,85 ± 0,49	2,95	4,60	3,99 ± 0,42	3,43	4,71	0,386
Potência mecânica externa máxima (W)	497,75 ± 143,06	353	865	794,38 ± 145,99	580	1085	0,000*
Cadência (freq. de pedalada) (rpm)	97,13 ± 9,16	78	112	86,00 ± 7,51	74	101	0,003*
Lactato final (mmol/L)	10,88 ± 3,70	5,3	17,9	16,09 ± 5,57	4,2	23	0,010*

*p < 0,05

O valor médio do lactato recolhido no final dos protocolos apresentou valores de $10,88 \pm 3,70$ e $16,09 \pm 5,57$ mmol/L para, respetivamente, o protocolo em rolos e o protocolo em estrada.

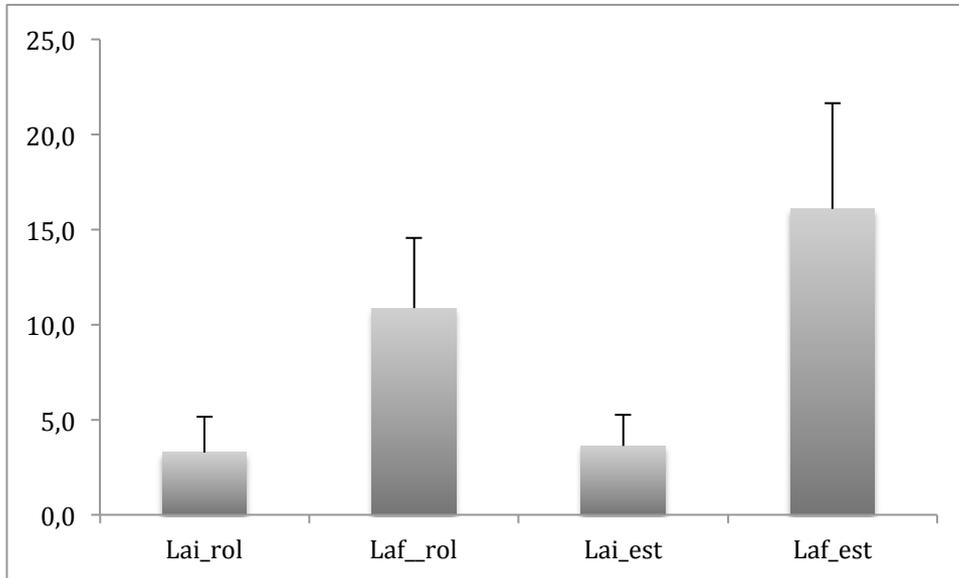


Figura 19 - Valores médios de lactato inicial e final nos protocolos realizados em rolos (Lai_rol; Laf_rol) e em estrada (Lai_est; Laf_est)

O valor médio da frequência cardíaca máxima foi de 183 ± 8 e 178 ± 8 bpm, respetivamente, para os protocolos em rolos e em estrada.

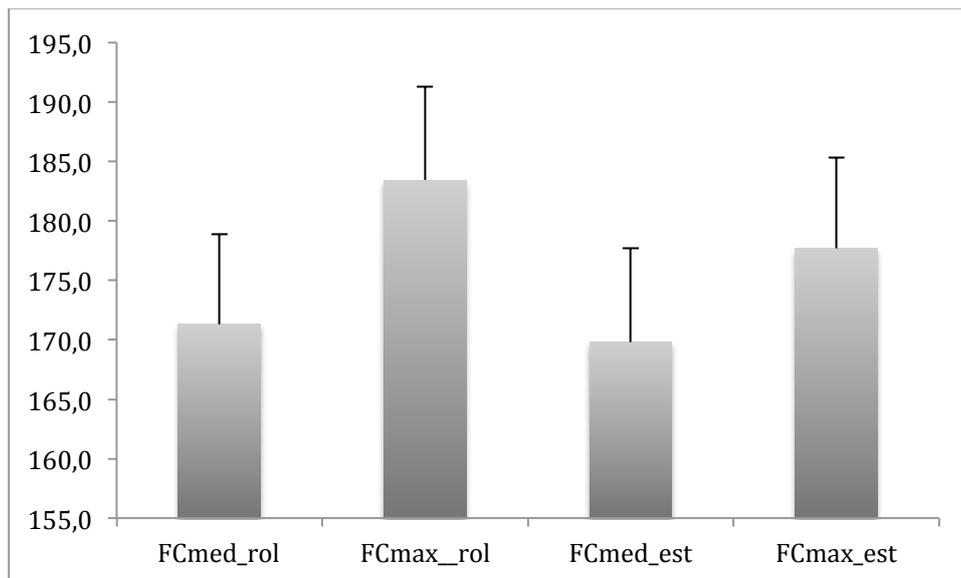


Figura 20 - Valores médios de frequência cardíaca média e máxima nos protocolos realizados em rolos (FCmed_rol; FCmax_rol) e em estrada (FCmed_est; FCmax_est)

As potências mecânicas externas máximas obtidas nos dois testes foram, respectivamente, de $497,75 \pm 143,06$ e $794,38 \pm 145,99$ W para os protocolos em rolos e em estrada.

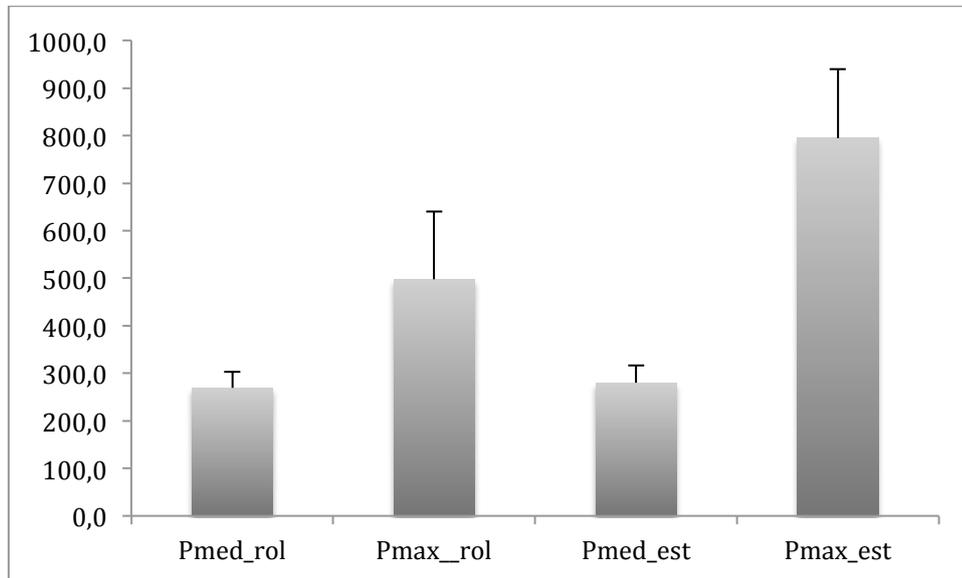


Figura 21 - Valores médios de potência mecânica externa média e máxima nos protocolos realizados em rolos (Pmed_rol; Pmax_rol) e em estrada (Pmed_est; Pmax_est)

Na frequência de pedalada (cadência) obteve-se um valor médio de $97,13 \pm 9,16$ rpm no protocolo realizado em rolos e de $86,00 \pm 7,51$ rpm no realizado em estrada.

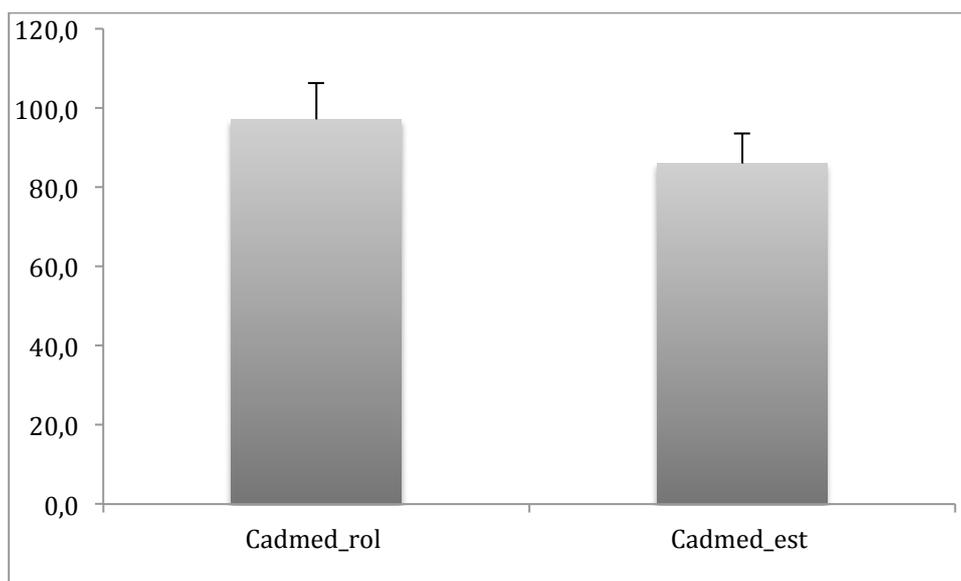


Figura 22 - Valores médios de cadência (frequência de pedalada) nos protocolos realizados em rolos (Cadmed_rol) e em estrada (Cadmed_est)

A análise comparativa entre protocolos revela a existência de diferenças nas variáveis frequência cardíaca máxima, potência mecânica externa máxima, cadência e lactatemia final. Na frequência cardíaca máxima obtiveram-se valores superiores no protocolo realizado em rolos ($t=-2,62$; $p=0,019$). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios da frequência cardíaca máxima mostra-se média ($ES=0,53$). Na potência mecânica externa máxima obtiveram-se valores superiores no protocolo de campo, em estrada ($t=5,90$; $p=0,000$). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios da potência mecânica externa máxima mostra-se muito elevada ($ES=-1,45$). Na cadência obtiveram-se valores superiores no protocolo de laboratório, em rolos ($t=-3,61$; $p=0,003$). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios da cadência mostra-se elevada ($ES=0,95$). Na lactatemia final obtiveram-se valores superiores no protocolo de campo, em estrada ($t=2,93$; $p=0,010$). A magnitude do efeito da diferença nos valores médios da lactatemia mostra-se média/elevada ($ES=-0,80$) (Tabela 16, figuras 19, 20, 21 e 22).

Tabela 17 – Correlações (Pearson) das variáveis fisiológicas, mecânicas e cinemáticas nos protocolos realizados em estrada e em rolos

Variáveis	Correlação	p
Temperatura	0,451	ns
Lactato inicial	-0,106	ns
Frequência cardíaca média	0,475	ns
Frequência cardíaca max	0,361	ns
Potência mecânica externa média	0,250	ns
Potência mecânica externa média relativa	0,101	ns
Potência mecânica externa máxima	0,030	ns
Cadência	-0,081	ns
Lactato final	-0,140	ns

ns – não significativa; ** $p<0,001$

Neste estudo as variáveis não se associam, mostrando que os valores destas variáveis não variam de modo semelhante nos dois protocolos e que os resultados do protocolo em rolos não se refletem nos observados no protocolo em estrada.

Seguidamente pretendemos explorar a comparação da intensidade empregue nos protocolos de campo com os resultados dos valores médios das variáveis potência mecânica externa e frequência cardíaca com os observados no protocolo incremental contínuo (estudo1). O objetivo é o de identificar o nível de intensidade relativa em que os atletas realizam os protocolos de campo, tendo como referência os valores observados no protocolo incremental máximo realizado em laboratório.

Tabela 18 - Comparação dos valores médios dos protocolos com o protocolo de consumo máximo de oxigénio

Protocolos		Frequência	Potência	Potência
		cardíaca (bpm)	mecânica externa média (W)	mecânica externa média relativa (W/kg)
Protocolo incremental máximo	2º limiar ventilatório	156 ± 12	259,3 ± 25	3,72 ± 0,46
	VO _{2max}	172 ± 9	324,9 ± 20,16	4,65 ± 0,36
Campo (20 minutos ao máximo com bicicleta de estrada)		170 ± 8	279,88 ± 36,25	3,99 ± 0,42
Rolos (20 minutos ao máximo com bicicleta de estrada)		171 ± 8	269,38 ± 33,05	3,85 ± 0,49

A análise da tabela 18 mostra-nos que os atletas nos dois protocolos trabalharam a uma frequência cardíaca média de 171 ± 8 bpm no protocolo em rolos e de 170 ± 8 bpm no protocolo em estrada, o que nos indica que realizaram o protocolo a uma intensidade (componente central do esforço) semelhante à do seu VO_{2max} (172 ± 9 bpm). À semelhança dos estudos anteriores, no que concerne à potência mecânica externa média obtida, registam-se diferenças evidentes. Com efeito, através dos valores médios do protocolo em rolos (269,38 ± 33,05 W), verificamos que eles obtiveram valores acima dos atingidos no 2º limiar ventilatório (259,3 ± 25 W), trabalhando a 83% da potência mecânica externa no VO_{2max}. No

protocolo realizado em estrada, os atletas registaram uma potência mecânica externa média de $279,88 \pm 36,25$ W, o que os situa nitidamente acima do 2º limiar ventilatório, trabalhando a 86% da potência mecânica externa no VO_{2max} . Relativamente à potência mecânica externa relativa, verifica-se que em ambos os protocolos os valores se situam substancialmente acima do 2º limiar ventilatório ($3,85 \pm 0,49$ e $3,99 \pm 0,42$ W/kg para um 2º limiar ventilatório de $3,72 \pm 0,46$ W/kg), embora ainda longe dos obtidos no VO_{2max} .

Os resultados mostram-nos que, embora em ambos os protocolos os atletas consigam manter a sua frequência cardíaca elevada (semelhante à do seu VO_{2max}), o mesmo não sucede com a potência mecânica externa produzida, que baixa para níveis inferiores.

Também este estudo corrobora os trabalhos realizados por Grappe (2012), pelos motivos e justificações já apresentados nos estudos anteriores.

5.4. Discussão

Os resultados obtidos revelam diferenças significativas nas variáveis frequência cardíaca máxima, potência mecânica externa máxima, cadência e lactatemia pós esforço entre os testes realizados. Pelo contrário, não se verificam diferenças entre os dois testes no que respeita às restantes variáveis: frequência cardíaca média, potência mecânica externa média, potência mecânica externa relativa e lactatemia inicial.

Considerando que os protocolos são idênticos e foram realizados com a mesma bicicleta, os resultados obtidos indiciam a existência de várias diferenças de índole fisiológica e motora entre protocolos de campo e protocolos de laboratório, em ciclismo. Com efeito, verificaram-se diferenças significativas em metade das variáveis analisadas, o que deixa evidente que o protocolo em rolos não reproduz o mesmo protocolo realizado em estrada. Por outro lado, em termo de valores absolutos, as diferenças são ainda mais evidentes (183 ± 8 vs 178 ± 8 bpm de frequência cardíaca máxima; $497,75 \pm 143,06$ vs $794,38 \pm 145,99$ W de potência mecânica externa máxima; $97,13 \pm 9,16$ vs $86,00 \pm 7,51$ rpm de cadência média; $10,88 \pm 3,70$ vs $16,09 \pm 5,57$ mmol/L de lactato pós esforço; em rolos e em estrada, respetivamente).

No entanto, sublinhe-se que não se verificam diferenças entre os dois protocolos nas variáveis mais importantes a referenciar na avaliação, prescrição e controlo do treino: frequência cardíaca média e potência mecânica externa média. Analisando os valores absolutos observados verificamos que obtivemos, respetivamente, para o protocolo de rolos e de campo, 171 ± 8 vs 170 ± 8 bpm de frequência cardíaca média e $269,38 \pm 33,05$ vs $279,88 \pm 36,25$ W de potência mecânica externa média. Considerando que o treino de alto rendimento desportivo obriga a elevadas exigências de pormenor a todos os níveis de trabalho somos de opinião que, relativamente à potência mecânica externa média obtida, esta diferença de cerca de 10 W pode levantar reservas relativamente à sua utilização em avaliações, prescrição e controlo de treino em trabalho realizado com atletas de alto nível.

Este trabalho corrobora o estudo apresentado por Bouillod et al. (2014), onde obtiveram valores mais elevados de potência mecânica externa num protocolo contínuo realizado em plano quando comparado com um protocolo realizado em cicloergómetro. Quanto à cadência e frequência cardíaca obtiveram valores superiores no protocolo em cicloergómetro, tal como o observado no nosso estudo. O mesmo sucedeu a Bertucci et al. (2012), que observaram valores de frequência de pedalada mais elevados em protocolos em rolos quando comparados com protocolos de campo. Também o nosso estudo apresenta valores que se enquadram nos resultados apresentados por Leplat (2010a), retirados de um estudo realizado por um treinador de uma equipa de ciclismo profissional, verificando que, em protocolos realizados em rolos, o ciclista produz uma média de potência mecânica externa inferior à produzida em protocolos de campo. O mesmo autor refere que sucede o contrário no que respeita à cadência: os valores mais elevados reportam-se ao protocolo em rolos.

Mieras et al. (2014) apresentam um estudo onde compararam diversos parâmetros num protocolo realizado em laboratório com um outro realizado em estrada. Verificaram diferenças significativas na potência mecânica externa média produzida e frequência cardíaca média, com os protocolos de estrada a terem os valores mais elevados. Neste caso, embora os resultados de potência mecânica externa coincidam com os nossos, sucede o contrário em relação à frequência

cardíaca, onde o nosso estudo apresenta valores superiores no protocolo realizado em rolos.

É interessante verificarmos que embora não existam diferenças significativas em relação às variáveis frequências cardíaca e potência mecânica externa médias, o mesmo não se verifica relativamente aos valores máximos das mesmas variáveis. Por outro lado, interessa ainda sublinhar a inversão dos valores médios destas duas variáveis, ou seja, a frequência cardíaca é superior no protocolo em rolos enquanto que a potência mecânica externa é superior no protocolo em estrada. Verificamos que no protocolo em estrada os atletas produzem maior potência mecânica externa a frequências cardíacas mais baixas, o que sugere uma maior rentabilização do esforço.

O valor superior da frequência cardíaca no protocolo em rolos acreditamos que se deva essencialmente à menor capacidade de arrefecimento corporal devido à inexistência de deslocação do ar. Ou seja, embora a temperatura ambiente fosse menor no protocolo de rolos, provavelmente a temperatura corporal interna seria maior neste mesmo protocolo, originando o aumento da frequência cardíaca (Arngrímsson et al., 2003). No entanto, levantamos a hipótese da cadência de pedalada também ter nesta situação uma influência a considerar. Na verdade, a existência de diferenças significativas na variável cadência é outro facto a registar. No protocolo em rolos, as cadências utilizadas pelos atletas são significativamente superiores às utilizadas no protocolo em estrada. O facto deve-se ao menor atrito da roda no rolo, comparativamente com o atrito provocado pelo asfalto. Acrescente-se ainda a resistência ao ar, que obriga à realização de uma força extra que origina obrigatoriamente um decréscimo na cadência de pedalada e que os atletas, pelo observado, não compensam com alterações ao nível das desmultiplicações utilizadas e/ou, neste caso, com as diferentes trações permitidas pelo rolo. Estes resultados indiciam que os ciclistas se sentem mais confortáveis trabalhando em rolos com cadências superiores às utilizadas em campo.

Outra diferença a sublinhar reporta-se aos valores de lactato recolhido no final nos protocolos. Verifica-se uma diferença significativa entre eles, com um valor superior recolhido no teste em estrada. Este facto relaciona diretamente o lactato produzido com a potência mecânica externa (maiores valores de lactato final e de potências mecânicas externas médias e máximas produzidos no protocolo em

estrada) e indiretamente com a frequência cardíaca (maior valor de lactato produzido no protocolo de estrada e maior valor de frequência cardíaca produzido no protocolo em rolos). O facto indicia que a produção de lactato está relacionado essencialmente com a potência mecânica externa produzida e não com a intensidade de trabalho na frequência cardíaca.

5.5. Conclusões

Como primeira conclusão estes resultados indiciam a existência de diferentes cargas de trabalho fisiológicas e motoras entre protocolos de campo e de laboratório, em ciclismo, o que corrobora as ideias defendidas por Bertucci (2012) e Bouillod et al. (2014).

Quando comparado com o protocolo em rolos, o protocolo de campo realizado em estrada não só maximiza a produção de potência mecânica externa, com ainda consegue um menor dispêndio energético relativamente às variáveis frequência cardíaca e cadência de pedalada.

A análise dos resultados obtidos permite-nos a recolha de algumas considerações a utilizar no planeamento do treino:

- . em treinos cujo objetivo se centra no trabalho psicomotor que vise a adaptação a frequências de pedalada elevadas consideramos que o treino de rolos responde melhor a essa exigência;

- . no que concerne à adaptação do organismo à tolerância de elevadas concentrações de lactato o treino em estrada adapta-se mais a esse objetivo que o trabalho realizado em rolos;

- . em situações de treino com recurso à frequência cardíaca para otimização do sistema cardiorrespiratório é quase indiferente trabalhar em rolos ou em estrada.

5.6. Recomendações

Este estudo comparativo obriga a várias recomendações para o futuro, com vista à obtenção de um maior leque de informação:

- . deve ser realizado o mesmo protocolo em rolos, com a bicicleta de BTT utilizada nos outros protocolos de campo. O facto permitirá comparar resultados obtidos com

diferentes bicicletas, em rolos e com bicicletas de BTT em protocolos de campo e protocolos de laboratório;

- . interessa realizar o mesmo protocolo com outros tipos de rolos, para comparar a influência que o tipo de rolos utilizado poderá ter nos resultados obtidos;

- . o protocolo realizado em rolos deveria ser repetido ao ar livre, em espaço aberto, à semelhança do que hoje acontece com todas as equipas de ciclismo cujos atletas aquecem e retornam à calma trabalhando em rolos, na rua, ao lado dos camiões das equipas. Seria interessante comparar os resultados obtidos neste protocolo com os que já possuímos do nosso estudo realizado em espaço coberto;

- . importa recolher dados da temperatura corporal interna nos dois protocolos, como mais valia para a interpretação dos resultados obtidos.

Capítulo V

1. Discussão geral

A análise global de todos os estudos realizados no âmbito desta tese permite-nos sublinhar os seguintes resultados:

. os valores da frequência cardíaca média são semelhantes em todos os protocolos (variam entre 170 ± 10 e 171 ± 9 bpm), o que correspondeu a 95% da média da frequência cardíaca máxima atingida nos testes e a 99% da frequência cardíaca no VO_{2max} . A frequência cardíaca máxima, nos protocolos de campo, é muito semelhante, oscilando entre as 178 ± 8 e 179 ± 9 bpm. No entanto, no protocolo em rolos, a média da frequência cardíaca máxima dispara para 183 ± 8 bpm. O estudo de Grappe e colaboradores (1998), que conclui que a frequência cardíaca mantém-se estável em três posições diferentes do ciclista em cima da bicicleta, contribui minimamente para a justificação da semelhança dos valores obtidos nos testes de campo.

Tabela 19 – Valores médios de frequência cardíaca, potência mecânica externa relativa, cadência de pedalada, lactatemia pós esforço e temperatura obtidos nos protocolos

Variável	BTT terra am	BTT terra pm	BTT estrada	Bicicleta estrada	Rolos	VO_{2max}
FC média (bpm)	170 ± 9	171 ± 9	170 ± 10	170 ± 8	171 ± 8	172 ± 9
Potência mecânica externa média relativa (W/kg)	$3,98 \pm 0,46$	$3,93 \pm 0,42$	$4,18 \pm 0,46$	$3,99 \pm 0,42$	$3,85 \pm 0,49$	$4,65 \pm 0,36$
Cadência de pedalada (rpm)	$85,06 \pm 7,58$	$82,63 \pm 7,41$	$84,31 \pm 5,52$	$86,00 \pm 7,51$	$97,13 \pm 9,16$	
Lactato final (mmol/L)	$12,82 \pm 4,46$	$12,90 \pm 6,11$	$14,40 \pm 4,10$	$16,09 \pm 5,57$	$10,88 \pm 3,70$	
Temperatura (°C)	$26,67 \pm$ $2,02$	$33,33 \pm$ $3,75$	$30,93 \pm$ $2,76$	$31,19 \pm$ $2,61$	$24,25 \pm$ $1,48$	

. nas variáveis potência mecânica externa média, relativa e máxima verificam-se maiores oscilações entre protocolos. O menor valor da média foi observado no protocolo de rolos ($269,38 \pm 33,05$ W, a que correspondeu uma potência mecânica externa relativa de $3,85 \pm 0,49$ W/kg e máxima de $497,75 \pm 143,06$ W) sendo o valor médio superior atingido no protocolo de campo realizado em estrada, com bicicleta de BTT ($292,94 \pm 36,18$ W, a que correspondeu uma potência mecânica externa relativa de $4,18 \pm 0,46$ W/kg e máxima de $830,63 \pm 152,88$ W);

. a cadência de pedalada registou médias mais baixas nos protocolos de campo: o valor mais baixo observou-se no protocolo realizado no período da tarde com bicicleta de BTT ($82,63 \pm 7,41$ rpm), enquanto o mais elevado foi observado no protocolo em estrada, com bicicleta de estrada ($86,00 \pm 7,51$ rpm). O valor mais elevado de cadência foi conseguido no protocolo em rolos ($97,13 \pm 9,16$ rpm);

. relativamente à lactatemia pós esforço, as concentrações mais baixas registaram-se no protocolo realizado em rolos ($10,88 \pm 3,70$ mmol/L), enquanto o valor mais elevado foi produzido no protocolo em estrada, com bicicleta de estrada ($16,09 \pm 5,57$ mmol/L). Verifica-se ainda que o protocolo realizado com bicicleta de estrada obteve um valor médio de lactato pós esforço superior aos obtidos em todos os protocolos realizados com bicicletas de BTT. Dentro dos protocolos realizados com bicicletas de BTT, os dois realizados em terra produziram menores concentrações de lactato pós esforço que o protocolo realizado em asfalto. Verificamos ainda que a oscilação dos valores de lactatemia pós esforço coincide a oscilação da potência mecânica externa média obtida nos diversos protocolos.

A comparação dos protocolos de campo e rolos com o protocolo de consumo máximo de oxigénio permite-nos a seguinte leitura: no que respeita à variável frequência cardíaca os atletas, em todos os protocolos (campo e rolos) trabalharam a uma intensidade próxima à do seu VO_{2max} (172 ± 9 bpm) pelo que o impacto central do esforço parece semelhante. No que concerne à potência mecânica externa média os atletas registaram valores situados entre a verificada no 2º limiar ventilatório e no patamar equivalente ao VO_{2max} . Estes resultados situam-se acima dos apresentados por Impellizzeri et al. (2005), onde defendem que a potência mecânica externa e o VO_2 no 2º limiar ventilatório são os valores de referência mais importantes para avaliar os índices de desempenho em atletas de BTT. No entanto, interessa sublinhar que os nossos valores são obtidos em protocolos com uma

duração inferior (20 minutos de duração para os nossos protocolos e cerca de 80/90 minutos para os do autor referido).

Os estudos 3 e 4 proporcionam-nos comparar diferentes pisos e bicicletas, verificando-se resultados semelhantes em ambos. Com efeito, ambos obtiveram diferenças significativas na potência mecânica externa média. Pelo contrário, não se observaram diferenças nas variáveis lactatemia, frequência cardíaca e cadência. Encontraram-se resultados diferentes no estudo 2, referente à cronobiologia, que evidenciou poucas diferenças entre o protocolo realizado de manhã e o realizado de tarde, existindo diferenças significativas somente na variável cadência.

O estudo que comparou o mesmo protocolo realizado em campo e em laboratório foi o que mais diferenças obteve entre as variáveis analisadas. Encontrou diferenças nas variáveis frequência cardíaca máxima, potência mecânica externa máxima, cadência e lactatemia pós esforço, não registando diferenças nos valores da frequência cardíaca média, potência mecânica externa média, potência mecânica externa relativa e lactatemia inicial. Os resultados obtidos indicam a existência de várias diferenças de índole fisiológica e mecânica entre protocolos de campo e de laboratório, em ciclismo (verificaram-se diferenças significativas em metade das variáveis analisadas). Parece-nos evidente que o protocolo em rolos não reproduz com eficácia o mesmo protocolo realizado em estrada. No entanto, sublinhe-se que não se verificam diferenças entre os dois protocolos nas variáveis mais importantes a referenciar na avaliação, prescrição e controlo do treino: frequência cardíaca média e potência mecânica externa média.

Uma das informações mais importantes do cruzamento dos dados recolhidos dos estudos que comparam diferentes pisos e tipos de bicicleta é a de que o valor mais elevado de potência mecânica externa média é obtido pela bicicleta de BTT, em estrada. Na outra extremidade encontra-se o protocolo em rolos, com o valor mais baixo de potência mecânica externa média produzida. Torna-se evidente que o tipo de piso e bicicleta utilizada influenciam a potência mecânica externa produzida pelos atletas. Pelo contrário, verifica-se que o tipo de piso e bicicleta utilizada não têm influência nas variáveis lactatemia, frequência cardíaca e cadência. Uma das fundamentações para a diferença nos valores da potência mecânica externa média produzida, superior com bicicleta de BTT em asfalto, defende que se deve ao maior atrito dos pneus da bicicleta com o solo, fruto do tipo de textura e secção dos

mesmos (Bertucci & Rogier, 2012; Reiser et al., 2003). Também o estudo de Grappe et al. (1998), já referido acima, nos ajuda a justificar a manutenção das médias de frequência cardíaca com bicicletas diferentes, que obrigam a diferentes posições do corpo durante a realização dos protocolos.

Cruzando os valores da cadência dos vários protocolos verifica-se que os valores mais baixos foram registados com bicicleta de BTT, sendo os dois mais elevados os registados nos protocolos onde se utilizou a bicicleta de estrada. Estes resultados são corroborados por diversos estudos que revelam dados de cadência de pedalada inferiores com bicicleta de BTT (Lucia et al., 2001; Gregory et al., 2007; Leplat, 2010a).

Por outro lado, a comparação dos valores de frequência cardíaca e potência mecânica externa revelam uma estabilidade da frequência cardíaca nos diversos estudos e uma variação significativa da potência mecânica externa. Esta evidência corrobora as ideias defendidas por Lucas et al. (2010).

Finalmente, após a análise de todos os dados obtidos, consideramos pertinente efetuarmos uma reflexão sobre um conceito considerado indiscutível que vulgarmente caracteriza o ciclismo nestas vertentes de BTT e estrada. Com efeito, é comum caracterizar-se o ciclismo como uma modalidade cíclica. A análise dos dados recolhidos evidencia que esta caracterização carece de especificidade. Na verdade, se nos referirmos à frequência cardíaca, poderemos considerar a modalidade como cíclica, visto o atleta registar permanentemente (pese embora com muitas oscilações) valores acima da sua frequência cardíaca de repouso. Ou seja, em ciclismo existe uma permanente solicitação do atleta de carácter fisiológico que se manifesta através de valores de frequência cardíaca e ventilação acima dos valores basais. No entanto, a análise dos gráficos referentes à cadência e potência mecânica externa produzidas mostram-nos o contrário. Na verdade, estas variáveis caracterizam-se em treino e competição pela permanente alternância, de carácter aleatório, entre períodos de produção de potência mecânica externa a determinada cadência com outros em que a potência mecânica externa e cadência atingem valores de zero. Ou seja, em treinos e competição, o ciclista alterna aleatoriamente momentos em que pedala com outros em que não pedala (está parado ao nível do trem inferior). Assim, deixamos em aberto esta reflexão, ficando em discussão o carácter cíclico (ou não) do ciclismo.

2. Conclusões finais

Na globalidade, consideramos merecedoras de atenção as seguintes conclusões:

- . consideramos que, em treinos e competições de BTT de longa duração não é de todo justificável o cuidado de planificar treinos especificamente para a manhã ou para a tarde, dado não se ter observado efeito significativo dos ritmos circadianos no desempenho dos atletas;
- . a variável fisiológica frequência cardíaca e a potência mecânica externa são variáveis que, perante os mesmos protocolos, comportam-se de forma diferente. A frequência cardíaca é mais estável do que a potência mecânica externa em situações de variação de pisos e bicicletas, ou ainda quando se passa do campo para o laboratório. A cadência situa-se num ponto intermédio às duas;
- . à mesma intensidade de esforço medida pela variável fisiológica frequência cardíaca, podem corresponder diferentes valores de intensidade, quando considerada a potência mecânica externa. Essas diferenças estão dependentes das condições de treino/competição proporcionadas e que se relacionam com o tipo de piso e/ou de bicicleta. Nos nossos estudos, os valores mais elevados de potência mecânica externa média obtêm-se com recurso à bicicleta de BTT em protocolos realizados em estrada, mantendo-se a exigência nos mecanismos centrais do esforço (no que respeita à intensidade do esforço mensurado pela frequência cardíaca);
- . em situações de treino com recurso à frequência cardíaca para otimização do sistema cardiorrespiratório é indiferente treinar em rolos ou em campo, independentemente do tipo de piso e de bicicleta utilizados;
- . em situações de treino que visem a maximização da potência mecânica externa é aconselhável o treino com bicicleta de BTT, em estrada (com recurso aos pneus de BTT para terra). Sabendo-se que a força é a capacidade física que mais condiciona o rendimento em ciclismo, esta conclusão ganha uma relevância considerável;
- . em treinos cujo objetivo se centra na exigência biomotora que vise a adaptação a frequências de pedalada elevada (adaptações neuromusculares) consideramos que o treino de rolos responde melhor a essa exigência;

. no que concerne à adaptação do organismo à tolerância de elevadas concentrações de lactato o treino com bicicleta de estrada parece adequar-se bem a esse objetivo quando comparado com o trabalho realizado em rolos ou com o recurso à bicicleta de BTT. Na situação de treino com bicicleta de BTT é preferível a realização de exercícios em estrada;

. os resultados dos protocolos de campo são muito semelhantes, o que indicia que as variáveis externas não controladas (vento, humidade, etc.) podem não ter tanta influência nos resultados obtidos como o fazem crer os defensores acérrimos dos protocolos de laboratório. Esta ideia vem ao encontro do defendido por Klika e colaboradores (2007), que concluíram que um teste de campo de 8 minutos é válido para medir o desempenho, podendo ainda ser usado como referência na prescrição do treino de atletas;

. existem diferenças em diversas variáveis entre o protocolo de campo e o realizado em rolos, embora não se verifiquem diferenças nas variáveis frequência cardíaca e potência mecânica externa médias. Considerando que o ciclismo (estrada e BTT) é uma modalidade de ar livre e que o alto rendimento desportivo obriga a elevadas exigências de pormenor a todos os níveis de trabalho, este estudo aponta para a falta de exatidão dos resultados provenientes de testes de laboratório em ciclismo. Aponta ainda para a necessidade da realização de protocolos de campo como validade ecológica na realização de estudos em ciclismo;

. sobre a discussão referente à preferência da utilização da frequência cardíaca ou da potência mecânica externa como marcador preferencial das tarefas de treino predominantemente aeróbio, situamo-nos na mesma linha de ideias de vários investigadores, concluindo que o ideal é utilizar os dois complementarmente, atribuindo preferência a um ou ao outro de acordo com os objetivos prescritos para a sessão de treino (Jeukendrup, 1998; Carpes et al., 2007; Moen, 2009; Gordillo, 2011, 2015; Sánchez, 2008).

Finalizando, cremos que esta tese aporta nova informação aos estudos científicos realizados em ciclismo nas vertentes de BTT e estrada. Por um lado, permitiu explorar caminhos ainda indefinidos, comparando e cruzando diferentes bicicletas em pisos distintos. Por outro lado, abre uma pequena brecha – que urge continuar a explorar – onde se “empurra” o laboratório para o campo - provavelmente o ambiente mais apropriado para obter resultados com elevada

fiabilidade. Acreditamos, pelo que fazemos questão em o sublinhar, que este será um passo importante para unir a comunidade científica com os “homens do terreno” no mundo do ciclismo.

3. Limitações

A realização de protocolos de campo implica a exposição dos atletas a variáveis de ordem climatérica que poderão influenciar em maior ou menor grau os resultados obtidos. No nosso estudo tentámos controlar as variáveis climatéricas temperatura e vento. Cremos que não seja relevante considerar a pressão atmosférica e a humidade, dado os protocolos terem sido realizados à mesma altitude, local e época do ano.

A variável temperatura foi controlada no nosso estudo, pelo que nos resta o vento como variável não mensurada e passível de influenciar os resultados obtidos. No entanto, salientamos o nosso cuidado em realizar os protocolos unicamente com vento fraco. Por outro lado, o facto dos protocolos serem realizados em percursos de ida e volta origina que o efeito do vento seja minimizado, embora não seja anulado.

Capítulo VI

Bibliografia

1- Bibliografia referente ao estudo 2 - Cronobiologia e ciclismo (BTT) – estudo comparativo de protocolos realizados de manhã e de tarde

- Arnett, M. (2001). The effect of a morning and afternoon practice schedule on morning and afternoon swim performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 127 - 131
- Arnett, M. (2002). Effects of prolonged and reduced warm-ups on diurnal variation in body temperature and swim performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(2), 256 - 261
- Atkinson, G. & Reilly, T. (1996). Circadian variation in sports performance. *Sports Medicine*, 21(4), 292 – 312
- Atkinson, G.; Drust, B.; Reilly, T. & Waterhouse, J. (2003). The relevance of melatonin to sports medicine and science. *Sports Medicine*, 33(11), 809 – 831
- Atkinson, G.; Todd, C., Reilly, T. & Waterhouse, J. (2005). Diurnal variation in cycling performance: influence of warm-up. *Journal Sports Science*, 23(3), 321-329
- Bardis, K. & Atkinson, G. (2008). Effects of time of day on power output and thermoregulation responses during cycling. *Biology of Exercise*, 4, 17-27
- Bessot, N., Nicolas, A., Moussay, S., Gauthier, A., Sesboué, B. & Davenne, D. (2006). The effect of pedal rate and time of day on the time to exhaustion from high-intensity exercise. *Chronobiology International*, 23(5), 1009 – 1024
- Bessot, N., Moussay, S., Clarys, J., Gauthier, A., Sesboué, B. & Davenne, D. (2007). The influence of circadian rhythm on muscle activity and efficient force production during cycling at different pedal rates. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(2), 176-183
- Blonc, S., Perrot, S., Racinais, S., Aussepe, S. & Hue, O. (2010). Effects of 5 weeks of training at the same time of day on the diurnal variations of maximal

- muscle power performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 23 – 29
- Brisswalter, J., Bieuzen, F., Giacomoni, M., Tricot, V. & Falgairette, G. (2007). Morning-to-evening differences in oxygen uptake kinetics in short-duration cycling exercise. *Chronobiology International*, 24(3), 495 – 506
- Calogiuri, G.; Beldo, S.; Roveda, E.; Montaruli, A.; Carandente, F. & Weydahl, A. (2009). Training time and adaptation to lack of daylight: a case report. *Sport Science Health*, 5, 37 - 41
- Carandente, F., Montaruli, A., Roveda, E., Calogiuri, G., Michielon, G. & La Torre, A. (2006). Morning or evening training: effect on heart rate circadian rhythm. *Sports Science Health*, 1, 113 – 117
- Carrier, J. & Monk, T. (2000). Circadian rhythms of performance: new trends. *Chronobiology International*, 17(6), 719 - 732
- Chtourou, H. & Souissi, N. (2012). The effect of training at a specific time of day: a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1984 - 2005
- Chtourou, H., Driss, T., Souissi, S., Gam, A., Chaouachi, A. & Souissi, N. (2012a). The effect of strength training at the same time of the day on diurnal fluctuations of muscular anaerobic performances. *Journal Strength and Conditioning Research*, 26(1), 217 – 225
- Chtourou, H.; Chaouachi, A.; Driss, T.; Dogui, M.; Behm, D.; Chamari, K. & Souissi, N. (2012b). The effect of training at the same time of day and tapering period on the diurnal variation of short exercise performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 697-708
- Cohen, J. (1992). Statistical Power Analysis. *Current Directions in Psychological Science (Wiley-Blackwell)*, 1(3), 98-101
- Cruz, R. & Silva, S. (2011). Indicadores de parâmetros de controle de treinamento e ciclo circadiano. *Revista Acta Brasileira do Movimento Humano*, 1(1), 33-41
- Cruz, R., Manoel, F., Melo, B. & Silva, S. (2014). Circadian cycle and its influence on parameters of aerobic training. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(2), 65-69

- Cruz, R. et al. (2014a). Are maximum heart rate and recovery heart rate of cyclists influenced by the time of the day?. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 17(2), 19-26
- Dalton, B.; McNaughton, L. & Davoren, B. (1997). Circadian rhythms have no effect on cycling performance. *International Journal Sports Medicine*, 18 (7), 538 - 542
- Deschodt, V. & Arsac, L. (2004). Morning vs. evening maximal cycle power and technical swimming ability. *Journal Strenght Condition Research*, 18 (1), 149-154
- Drust, B., Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B. & Reilly, T. (2005). Circadian rhythms in sports performance - an update. *Chronobiology International*, 22(1), 21 – 44
- Edwards, B., Edwards, W., Waterhouse, J., Atkinson, G. & Reilly, T. (2005). Can cycling performance in an early morning, laboratory-based cycle time-trial be improved by morning exercise the day before?. *International Journal Sports Medicine*, 26(8), 651 - 656
- Faull, O., Cotter, J. & Lucas, S. (2015). Cerebrovascular responses during rowing: do circadian rhythms explain morning and afternoon performance differences?. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(4), 467 - 475
- Giacomoni, M., Billaut, F. & Falgairette, G. (2006). Effects of the time of day. on repeated all-out cycle performance and short-term recovery patterns. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 468 – 474
- Hammouda, O.; Chtourou, H.; Chahed, H.; Ferchichi, S.; Chaouachi, A.; Kallel, C.; Miled, A.; Chamari, K. & Souissi, N. (2012). High intensity exercise affects diurnal variation of some biological markers in trained subjects. *International Journal Sports and Medicine*, 33, 1-6
- Hill, D. & Smith, J. (1991). Circadian rhythm in anaerobic power and capacity. *Canadian Journal of Sports Sciences*, 16(1), 30 - 32
- Hobson, R., Clapp, E., Watson, P. & Maughan, R. (2009). Exercise capacity in the heat is greater in the morning than in the evening in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 174-180

- Kin-Isler, A. (2006). Time-of-day effects in maximal anaerobic performance and blood lactate concentration during and after a supramaximal exercise. *Isokinetics and Exercise Science*, 14, 1 – 6
- Kunorozva, L., Roden, L. & Rae, D. (2014). Perception of effort in morning-type cyclists is lower when exercising in the morning. *Journal Sports Science*, 32(10), 917-925
- Lericollais, R., Gauthier, A., Bessot, N., Sesboué, B. & Davenne, D. (2009). Time-of-day effects on fatigue during a sustained anaerobic test in well-trained cyclists. *Chronobiology International*, 26(8), 1622-1635
- Lericollais, R., Gauthier, A., Bessot, N. & Davenne, D. (2011). Diurnal evolution of cycling biomechanical parameters during a 60-s Wingate test. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), e106-114
- Mahaboobjan, A. (2010). Analysis the diurnal variations on selected physical and physiological parameters. *Journal of Physical Education and Sport*, 29(4), 37 - 40
- Martin, L., Doggart, A. & Whyte, G. (2001). Comparison of physiological responses to morning and evening submaximal running. *Journal Sports Science*, 19(12), 969-976
- Melhim, A. F. (1993). Investigation of circadian rhythms in peak power and mean power of female physical education students. *International Journal of Sports Medicine*, 14(6), 303 - 306
- Minati, A., Santana, M. & Mello, M. (2006). A influência dos ritmos circadianos no desempenho físico. *Revista Brasileira Ciência e Movimento*, 14(1), 75-86
- Mizuno, K. (2014). Human circadian rhythms and exercise: significance and application in real-life situations. *Journal Physiology Fitness Sports Medicine*, 3(3), 307-315
- Moussay, S., Bessot, N., Gauthier, A., Larue, J., Sesboue, B. & Davenne, D. (2003). Diurnal variations in cycling kinematics. *Chronobiology International*, 20(5), 879-892
- Okamoto, A., Yamamoto, T., Matsumura, R., Node, K. & Akashi, M. (2013). An out-of-lab trial: a case example for the effect of intensive exercise on rhythms of human clock gene expression. *Journal of Circadian Rhythms*, 11, 10

- Otani, H., Kaya, M., Tamaki, A., Goto, H. & Tsujita, J. (2015). Influence of passive hyperthermia and diurnal variation on exercise performance and cognitive function in the heat. *Extreme Physiology & Medicine*, 4 (suppl.1), A155
- Pedroso, C. & Silva, E. (2010). Possíveis efeitos do ritmo circadiano sobre o desempenho da força muscular. *Http://www.efdeportes.com*, revista digital (146). Acedido em Junho 23, 2016, em <http://www.efdeportes.com/efd146/efeitos-do-ritmo-circadiano-sobre-o-desempenho-da-forca.html>
- Pedroso C., Tairova O., Gobetti T., Saldanha R. & Silva E. (2013). Análise da produção máxima de força muscular em 24 horas: efeitos circadianos. *Revista Saúde e Desenvolvimento Humano*, 1(1), 39 – 48
- Pereira, R., Machado, M., Ribeiro, W., Russo, A., de Paula, A. & Lazo-Osório, R. (2011). Variation of explosive force at different times of day. *Biology of Sport*, 28(1), 3 – 9
- Petit, E.; Bourdin, H.; Mougín, F.; Tio, G. & Haffen, E. (2013). Time-of-day effects on psychomotor and physical performances in highly trained cyclists. *Perceptual and Motor Skills*, 117(2), 376-388
- Petit, E.; Mougín, F.; Bourdin, H.; Tio, G. & Haffen, E. (2014). Impact of 5-h phase advance on sleep architecture and physical performance in athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11), 1230-1236
- Rae, D., Stephenson, J. & Roden, L. (2015). Factors to consider when and assessing diurnal variation in sports performance: the influence of chronotype habitual training time-of-day. *European Journal of Applied Physiology*, 115(6), 1339-1349
- Reilly, T. (1990). Human circadian rhythms and exercise. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 18(3), 165 – 180
- Reilly, T. & Marshall, S. (1991). Circadian rhythms in power output on a swim bench. *Journal of swimming Research*, 7(2), 11 – 13
- Reilly, T. & Down, A. (1992). Investigation of circadian rhythms in anaerobic power and capacity of the legs. *Journal of Sports Medicine & Fitness*, 32(4), 343 – 347

- Reilly, T. & Garrett, R. (1995). Effects of time of day on self-paced Performances of prolonged exercise. *Journal Sports Medicine Physiology Fitness*, 35(2), 99-102
- Reilly, T. & Garrett, R. (1998). Investigation of diurnal variation in sustained exercise performance. *Ergonomics*, 41(8), 1085-1094
- Reilly, T. & Bambaiechi, E. (2003). Methodological issues in studies of rhythms in human performance. *Biological Rhythm Research*, 34(4), 321 – 337
- Reilly, T.; Atkinson, G.; Edwards, B.; Waterhouse, J.; Akerstedt, T.; Davenne, D.; Lemmer, B. & Wirz-Justice, A. (2007). Coping with jet-jag: A position Statement for the European College of Sport Science. *European Journal of Sport Science*, 7(1), 1-7
- Reilly, T. & Waterhouse, J. (2009). Sports performance: is there evidence that the body clock plays a role? *European Journal Physiology*, 106(3), 321 - 332
- Reilly, T. (2009). The body clock and athletic performance. *Biological Rhythm Research*, 40(1), 37 – 44
- Ribeiro, E.; Ribeiro, C. & Tavares, P. (2016). Heart Rate Profile and Variability in Cross Country Cycling Athletes. *International Journal of Sports Science*, 6(1A), 12 - 18
- Santana, M., Tufik, S., Passos, G., Santee, D., Denadai, B. & Mello, M. (2008). Variação diurna e resposta da cinética do VO₂ de ciclistas durante exercício muito intenso. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 14(3), 227 – 230
- Sekir, U., Ozyener, F. & Gur, H. (2002). Effect of time of day on the relationship between lactate and ventilatory thresholds: a brief report. *Journal of Sports Science & Medicine*, 1, 136 – 140
- Seo, D.; Lee, S.; Kim, N.; Ko, K.; Rhee, B.; Park, B. & Han, J. (2013). Morning and evening exercise. *Integrative Medicine Research*, 2(4), 139-144
- Souissi, N., Gauthier, A., Sesboüé, B., Larue, J. & Davenne, D. (2002). Effects of regular training at the same time of day on diurnal fluctuations in muscular performance. *Journal of Sports Sciences*, 20, 929 – 937
- Souissi, N., Gauthier, A., Sesboüé, B., Larue, J. & Davenne, D. (2004). Circadian rhythms in two types of anaerobic cycle leg exercise: force-

- velocity and 30-s Wingate tests. *International Journal Sports and Medicine*, 25, 14-19
- Souissi, N., Bessot, N., Chamari, K., Gauthier, A., Sesboüé, B. & Davenne, D. (2007). Effect of time of day on aerobic contribution to the 30-s Wingate test performance. *Chronobiology International*, 24(4), 739 - 748
- Teo, W., Newton, M. & McGuigan, M. (2011). Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10, 600 – 606
- Thun, E.; Bjorvatn, B.; Flo, E.; Harris, A. & Pallesen, S. (2015). Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Medicine Reviews*, 23, 1 - 9
- Unver, S. & Atan, T. (2015). Investigation of the changes in performance measurements based on circadian rhythm. *Anthropologist*, 19(2), 423 – 430
- Waterhouse, J.; Reilly, T. & Edwards, B. (2004). The stress of travel. *Journal Sports Science*, 22(10), 965-966
- Waterhouse, J. et al. (2005). The circadian rhythm of core temperature: origin and some implications for exercise performance. *Chronobiology International*, 22(2), 207 – 225
- Winget, C.; DeRoshia, C. & Holley, D. (1985). Circadian rhythms and athletic performance. *Medicine Sports Exercise*, 17(5), 498 - 516

2- Bibliografia referente aos estudos 1, 3, 4 e 5

- Abbiss, C. & Laursen, P. (2005). Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Medicine*, 35 (10), 865 - 898
- Abel, A. & Grappe, F. (2014). Power output and affective load change during time trial according to environmental conditions. *World Congress of Cycling Science. University of Kent*
- Achten, J. & Jeukendrup, A. (2003). Heart rate monitoring – applications and limitations. *Sports Medicine*, 33 (7), 517 – 538
- Ahrend, M.; Schneeweiss, P.; Theobald, U.; Niess, A. & Krauss, I. (2015). Lactate dynamics of mountain bikers in a laboratory performance

- diagnostic. *Journal of Science and Cycling. Special number: World Congress of Cycling Science 2015*, 1/2 July 2015, Utrecht
- Ahrend, M.; Schneeweiss, P.; Theobald, U.; Niess, A. & Krauss, I. (2016). Comparison of laboratory parameters of a mountain bike specific performance test and a simulated race performance in the field. *Journal of Science and Cycling*, 5 (1), 3 - 9
- Algarra, J. (2006). *Ciclismo e rendimento*. Lisboa: *União Velocipédica Portuguesa/Federação Portuguesa de Ciclismo*
- Allen, H. & Coggan, A. (2014). *Entrenar y correr con potenciómetro*. Badalona: *Editorial Paidotribo*
- Arngrímsson, S.; Stewart, D.; Borrani, F.; Skinner, K. & Cureton, K. (2003). Relation of heart rate to percent VO_2 peak during submaximal exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 94: 1162 - 1168
- Atkinson, G.; Davison, R.; Jeukendrup, A. & Passfield, L. (2003). Science and cycling: current knowledge and future directions for research. *Journal Sports Science*, 21 (9), 767 - 787
- Barbosa, A. (2007). *A bicicleta, e a sua história*. Lisboa: *Padrões Culturais Editora*. 1ª edição
- Bentley, D.; McNaughton, L. & Batterham, A. (2001). Prolonged stage duration during incremental cycle exercise: effects on the lactate threshold and onset of blood lactate accumulation. *European Journal of Applied Physiology*, 85 (3/4)
- Bentley, D.; Newell, J. & Bishop, D. (2007). Incremental exercise test design and analysis - implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Medicine*, 37 (7), 575 - 586
- Bertucci, W. & Rogier, S. (2012). Effects of different types of tyres and surfaces on the power output in the mountain bike field conditions: a preliminary study. *Computer Methods in Biomechanics & Biomedical Engineering*, 15, 234 - 236
- Bertucci, W. (2005). Validity and Reliability of the PowerTap Mobile Cycling Powermeter when Compared with the SRM Device. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (10), 868-873
- Bertucci, W.; Betik, A.; Duc, S. & Grappe, F. (2012). Gross efficiency and cycling economy are higher in the field as compared with on an axiom stationary ergometer. *Journal of Applied Biomechanics*, 28 (6), 636 - 644

- Bertucci, W.; Duc, S. & Grappe, F. (2004). Validity and reliability of the new Axiom and PowerTap cycle ergometer when compared with an SRM powermeter during maximal intensity exercise. *Archives of Physiology & Biochemistry*, Supplement: 41
- Billat, V. (2002). Fisiología y Metodología del Entrenamiento. 1ª edición. Barcelona: *Editorial Paidotribo*
- Bodner, M.; Rhodes, E.; Martin, A. & Coutts, K. (2002). The relationship of the heart rate deflection point to the ventilatory threshold in trained cyclists. *Journal of Strength & Conditioning Research (Allen Press Publishing Services Inc.)*, 16 (4), 573-580
- Bouillod, A.; Soenen, F. & Ouvrard, T. (2014). Influence du terrain lors d'un effort réalisé à puissance maximale aérobie en cyclisme. *Diplôme de Master Spécialité: EMIS, U.P.F.R. Sports Besançon - Université de Franche-Comté, France*
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers Physiology*, 5, 73
- Bunioto, S. (2005). Potência Crítica – A revisão de um conceito. *Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício*
- Cagno, A.; Battaglia, C.; Giombini, A.; Piazza, M.; Fiorilli, G.; Calcagno, G.; Pigozzi, F. & Borrione, P. (2013). Time of day - Effects on motor coordination and reactive strength in elite athletes and untrained adolescents. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 182 - 189
- Carmichael, C. & Rutberg, J. (2005). Guía Maestra del Entrenamiento del Ciclista. Madrid: *Ediciones Tutor*
- Carpes, F.; Mota, C. & Faria, I. (2007). Heart rate response during a mountain-bike event: a case report. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 10 (1), 12-21
- Casajús, J; Piedrafita, E. & Aragonés, M. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de medicina y ciencias de la actividad física e el deporte*, 9 (35), 217 - 231
- Coggan, A. (2004). Power-based vs HR-based training: advantages and disadvantages. *Performance Conditioning Cycling*, 10 (5), 1-2
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112 (1), 155.

- Costa, V. & Oliveira, F. (2010). A resposta da frequência cardíaca durante as competições de "mountain bike cross-country". *Centro de Educação Superior da Região Sul, Universidade do Estado de Santa Catarina – Laguna, Universidade Federal de Lavras*
- Coyle, E. (1999). Physiological determinants of endurance exercise performance. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 2 (3), 181-189
- Decroix, L.; Pauw, K.; Foster, C. & Meeusen, R. (2016). Guidelines to classify female subject groups in sport-science research. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11, 204-213
- Dekerle, J.; Baron, B.; Dupont, L.; Vanvelcenaher, J. & Pelayo, P. (2003). Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 281-288
- Duc, S.; Villerius, V.; Bertucci, W. & Grappe, F. (2007). Validity and reproducibility of the ergomopro power meter compared with the SRM and Powertap power meters. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2, 270 - 281
- Earnest, C.; Foster, C.; Hoyos, J.; Muniesa, C.; Santalla, A. & Lucia, A. (2009). Time trial exertion traits of cycling's grand tours. *International Journal Sports Medicine*, 30 (4), 240 - 244
- Ebert, T.; Martin, D.; Stephens, B. & Withers, R. (2006). Power output during a professional men's road-cycling tour. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 324 - 335
- Ericsson, F. (2006). The relationship between heart rate and power output during cycling competitions. Acedido em junho 23, 2016, em <http://www.toppfysik.nu/wp-content/uploads/2012/01/The-relationship-between-heart-rate-and-power-output-during-road-cycling-competitions.pdf>
- Faria, E.; Parker, D. & Faria, I. (2005). The science of cycling. *Sports Medicine*, 35 (4), 285 - 312
- Faude, O.; Kindermann, W. & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts-how valid are they?. *Sports Medicine*, 39 (6), 469 - 490
- Fernandez-García, B.; Perez-Landaluce, J.; Rodriguez-Alonso, M. & Terrados, N. (2000). Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Medicine Science Sports Exercise*, 32 (5), 1002 - 1006

- Friebe, D. (2014). Trial by television. *Procyling*, August: 94 - 100
- Gamelin, F.; Berthoin, S. & Bosquet, L. (2006). Validity of the Polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Medicine Science Sports Exercise*, 38 (5), 887 - 893
- Gardner, A.; Stephen, S.; Martin, D.; Lawton, E.; Lee, H. & Jenkins, D. (2004). Accuracy of SRM and Power Tap Power. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (7), 1252 - 1258
- Glaskin, M. (2015). Pinot's power profile. *Cycle Sport*
- Golich, D. & Lehman, J.; (2004). Carmichael Training Systems, Inc. Training with CycleOps PowerTap. *Carmichael Training Systems*
- Gordillo, Y. (2011). Entrenar por vatios. Acedido em julho 29, 2017, em <http://www.ciclismoyrendimiento.com/wp-content/uploads/2011/08/2011-entrenar-vatios.pdf>
- Gordillo, Y. (2012). Entrenamiento de fuerza en ciclismo. Acedido em julho 29, 2017, em <http://www.ciclismoyrendimiento.com/wp-content/uploads/2012/02/2012-02-Entrenamiento-de-fuerza-en-ciclismo.pdf>
- Gordillo, Y. (2012a). Entrenamiento para mountain bike. Acedido em julho 29, 2017, em <http://www.ciclismoyrendimiento.com/wp-content/uploads/2012/02/02-2012-entrenamiento-mountain-bike.pdf>
- Gordillo, Y. (2015). Los errores más frecuentes entrenando por vatios. Acedido em julho 29, 2017, em <http://www.ciclismoyrendimiento.com/la-optimizacion-del-uso-del-medidor-de-potencia-y-los-errores-mas-frecuentes/>
- Gordillo, Y. (2017). Análisis de datos de potencia durante la Vuelta a España. Acedido em julho 29, 2017, em <http://www.ciclismoyrendimiento.com/analisis-de-datos-durante-la-vuelta-a-espana/>
- Grappe, F. (2009). Cyclisme et optimisation de la performance. Bruxelles: *Éditions De Boeck Université*. 2ª edição
- Grappe, F. (2012). Puissance et performance en cyclisme. Bruxelles: *Éditions De Boeck Université*
- Grappe, F.; Candau, R.; Busso, T. & Rouillon, J. (1998). Effect of cycling position on ventilatory and metabolic variables. *International Journal of Sports Medicine*, 19 (5), 336 - 341

- Grappe, F.; Candau, R.; Barbier, B.; Hoffman, M.; Belli, A. & Rouillon, J. (1999). Influence of tyre pressure and vertical load on coefficient of rolling resistance and simulated cycling performance. *Ergonomics*, 42 (10), 1361 - 1371
- Gregory, J.; Johns, D. & Walls, J. (2007). Relative vs. absolute physiological measures as predictors of mountain bike cross-country race performance. *Journal of Strength and Conditioning Association*, 21 (1), 17-22
- Hannah. (2009). The numbers game. *Cycling Weekly*, 25
- Howley, E., & Bassett Jr, D. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine Science Sports Exercise*, 27 (9), 1992-1301
- Impellizzeri, F. & Marcora, S. (2007). The physiology of mountain biking. *Sports Medicine*, 37 (1), 59 - 71
- Impellizzeri, F.; Marcora, S.; Rampinini, E.; Mognoni, P. & Sassi, A. (2005). Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 39 (10), 747 - 751
- Impellizzeri, F.; Rampinini, E.; Sassi, A.; Mognoni, P. & Marcora, S. (2005a). Physiological correlates to off-road cycling performance. *Journal Sports Science*, 23 (1), 41 - 47
- Impellizzeri, F.; Sassi, A.; Rodriguez-Alonso, M.; Mognoni, P. & Marcora, S. (2002). Exercise Intensity During Off-Road Cycling Competitions. *Medicine Science Sports Exercise*, 34 (11), 1808-1813
- Inoue, A.; Filho, A.; Mello, F. & Santos, T. (2012). Relationship between anaerobic cycling tests and mountain bike cross-country performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (6), 1589 - 1593
- Jeukendrup, A. & Van Diemen, A. (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 16 (Special Issue), 91-99
- Jeukendrup, A. (2002). High-performance cycling. *Champaign, Ill. : Human Kinetics*
- Jobson, S.; Passfield, L.; Atkinson, G.; Barton, G. & Scarf, P. (2009). The analysis and utilization of cycling training data. *Sports Medicine*, 39 (10), 833 - 844
- Johnson, A. (2014). Michal Kwiatkowski's World Champion Power File From Quarq.
- Acedido em julho 29, 2017, em

<http://home.trainingpeaks.com/blog/article/michal-kwiatkowski-s-world-champion-power-file-from-quarq>

- Karsten, B.; Jobson, S.; Hopker, J.; Jimenez, A. & Beedie, C. (2014). High agreement between laboratory and field estimates of critical power in cycling. *International Journal Sports Medicine*, 35 (4), 298 - 303
- Klika, R.; Alderdice, M.; Kvale, J. & Kearney, J. (2007). Efficacy of cycling training based on a power field test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (1), 265 - 269
- Konopka, P. (1992). Ciclismo deportivo. Barcelona: *Editorial Juventud*. 1ª edição
- Kronisch, Robert L. & Pfeiffer, Ronald P. (2002). Mountain bike injuries. *Sports Medicine*, 32 (8), 523 - 537
- La vuelta a España stage 13 - Cofidis captures win with Navarro's climbing power. (2014). Acedido em julho 29, 2017, em <http://www.srm.de/news/road-cycling/la-vuelta-a-espana-stage-13/>
- Lamberts, R.; Lemmink, K.; Durandt, J. & Lambert, M. (2004). Variation in heart rate during submaximal exercise: implications for monitoring training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (3), 641-645
- Lamberts, R.; Swart, J.; Noakes, T. & Lambert, M. (2009). Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *European Journal Applied Physiology*, 105, 705-713
- Lamberts, R.; Swart, J.; Capostagno, B.; Noakes, T. & Lambert, M. (2010). Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (3), 449–457
- Lee, H.; Martin, D.; Arson, J.; Grundy, D. & Hahn, A. (2002). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal Sports Science*, 20 (12), 1001 - 1008
- Lemos, T.; Nogueira, F. & Pompeu, A. (2011). Influência do protocolo ergométrico na ocorrência de diferentes critérios de esforço máximo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 17 (1)
- Leplat, Q. (2009). Dossier VTT, entrainement different. Acedido em março 17, 2015, em <http://www.velo2max.com/lire/magazine-entrainement-3/dossier-vtt-entrainement-different-28.html>

- Leplat, Q. (2010). Comment détecter une puissance extra physiologique? Acedido em março 17, 2015, em <http://quentin-leplat.org/2010/07/31/commentdetecterunepuissanceextraphysiologie/>
- Leplat, Q. (2010a). Étude à la loupe: la puissance sur route vs la puissance sur home traîner. Acedido em março 17, 2015, em <http://www.velo2max.com/lire/mini-mag-performance-6/news-letter-n-7-39.html>
- Leplat, Q. (2012). Cyclisme. Entraînement et Réflexions 2001 à 2012. Mérignac: édition Velo2max, n° 1
- Leplat, Q. (2012a). Les limites de la performance vue par Antoine Vayer et Frédéric Grappe. Acedido em março 17, 2015, em <http://www.velo2max.com/les-limites-de-la-performance-vue-par-antoine-vayer-et-frederic-grappe/>
- Leplat, Q. (2013). Puissance clm elite amateur. Acedido em março 17, 2015, em <http://www.velo2max.com/lire/mini-mag-performance-6/puissance-clm-elite-amateur-81.html>
- Leplat, Q. (2013a). Froome dans le Ventoux, plus haut c'est le soleil. Acedido em março 17, 2017, em <http://www.velo2max.com/blog/froome-dans-le-ventoux-plus-haut-cest-le-soleil/>
- Leplat, Q. (2013b). La puissance de Valverde - Tour de France. Acedido em março 17, 2017, em <http://www.velo2max.com/blog/tour-de-france-2013-puissance-de-valverde-publie/>
- Leplat, Q. (2014). Julian Arrendondo vs Quintana. Acedido em março 17, 2015, em <Http://www.velo2max.com>
- Leplat, Q. (2014a). La bonne frequence de pedalage?. Acedido em março 17, 2015, em <http://www.velo2max.com/la-bonne-frequence-de-pedalage/>
- Leplat, Q. (2014b). Capteur de puissance vs cardio-frequecemetre. Acedido em março 17, 2015, em <http://www.velo2max.com/capteur-de-puissance-vs-cardio-frequecemetre/>
- Leplat, Q. (2015). L'alpes-dhuez: Quintana pousse près de 420 watts en 39'18". Acedido em fevereiro 21, 2016, em <http://www.velo2max.com/lalpes-dhuez-quintana-pousse-pres-de-420-watts-en-3918/>
- Leplat, Q. (2015a). Montée de Mende. Acedido em fevereiro 21, 2016, em <http://www.velo2max.com/montee-de-mende-les-temps-et-les-watts/>

- Leplat, Q. (2015b). Nibali, Quintana, Froome: la valse des watts dans la toussiure. Acedido em fevereiro 21, 2016, em <http://www.velo2max.com/nibali-quintana-froome-la-valse-des-watts-dans-la-toussiure/>
- Leplat, Q. (2015c). Plateau de Beille. Acedido em fevereiro 21, 2016, em <http://www.velo2max.com/plateau-de-beille-combien-de-watts-pour-froome/>
- Leplat, Q. (2015d). Sky publie des donnees puissance de Chris Froome: va s'y que je t embrouille. Acedido em fevereiro 21, 2016, em <http://www.velo2max.com/sky-publie-des-donnees-puissance-de-chris-froome-va-sy-que-je-tembrouille/>
- Leplat, Q. (2015e). Ancien vttiste: Vuillerloz pousse 490 à 520 watts (7 à 7.4 w/kg) dans mur de bretagne. Acedido em fevereiro 21, 2016, em <http://www.velo2max.com/ancien-vttiste-vuillerloz-pousse-490-a-520-watts-7-a-7-4-wkg-dans-mur-de-bretagne/>
- Leplat, Q. (2015f). Puissance courses elite amateur. Acedido em março 17, 2017, em <http://www.velo2max.com/blog/puissance-courses-elite-amateur/>
- Leplat, Q. (2017). Étape #9 Tour de France en watts. Acedido em julho 29, 2017, em <http://www.velo2max.com/produit/etape-9-tour-de-france-en-watts-w-barguil-fait-une-grosse-etape/>
- Liedl, M.; Swain, D. & Branch, J. (1999). Physiological effects of constant versus variable power during endurance cycling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (10), 1472-1477
- Lucas, R.; Machado, C.; Souza, K.; Oliveira, M.; Guglielmo, L.; Vleck, V. & Denadai, B. (2010). Aspectos fisiológicos do mountain bike competitivo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 16 (6)
- Lucia, A.; Hoyos, J.; Carvajal, A. & Chicharro, J. (1999). Heart rate response to professional road cycling: the tour de France. *International Journal Sports Medicine*, 20 (3), 167 - 172
- Lucia, A.; Hoyos, H. & Chicharro, J. (2000). Physiological response to professional road cycling: climbers vs. Time trialists. *International Journal Sports Medicine*, 21 (7), 505 - 512
- Lucia, A.; Hoyos, J.; Perez, M. & Chicharro, M. (2000a). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (10), 1777-1782

- Lucia, A.; Hoyos, J. & Chicharro, J. (2001). Preferred pedalling cadence in professional cycling. *Medicine & Science Sports & Exercise*, 33 (8), 1361-1366
- Lucia, A.; San Juan, A.; Montilla, M.; Canete, S.; Santalla, A. & Earnest, C. (2004). In professional road cyclists, low pedaling cadences are less efficient. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (6), 1048-1054
- Lugo, H.; Grieve, C.; Chakravorti, N.; Conway, P. & West, A. (2015). The effects of varied terrain and bicycle fitting on aerobic power production: test methodology. *Journal of Science and Cycling. Special number: World Congress of Cycling Science 2015*, 1/2 July
- Macdermid, P.; Fink, P. & Stannard, S. (2014). Quantification of vibrations during mountain biking. *Journal of Science and Cycling*, 3 (2)
- Macdermid, P.; Fink, P. & Stannard, S. (2015). The effects of vibrations experienced during road vs off-road cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 36 (10), 783 - 788
- Macdermid, P.; Miller, M.; Macdermid, F. & Fink, P. (2015a). Tyre volume and pressure effects on impact attenuation during mountain bike riding. Acedido a 3 dezembro 2016, em <Http://dx.doi.org/10.1155/2015/191075>
- Macdermid, P.; Fink, P. & Stannard, S. (2015b). The influence of tyre characteristics on measures of rolling performance during cross-country mountain biking. *Journal of Sports Science*, 33 (3), 277 - 285
- McLaughlin, J.; King, G.; Howley, E.; Bassett, D. & Ainsworth, B. (2001). Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *International Journal Sports Medicine*, 22 (4), 280 - 284
- Melvin, I. (2006). Riding on 'feel' : training without technology. *Bicycling Australia*, (137), 70-71
- Meyer, T.;Holger, H.; Gabriel, H. & Kindermann, W. (1999). Is determination of exercise intensities as percentages of VO₂max or HRmax adequate?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (9), 1342-1345
- Midgley, A., McNaughton, L., & Carroll, S. (2007). Physiological determinants of time to exhaustion during intermittent treadmill running at vVO₂max. *International Journal of Sports Medicine*, 28 (04), 273-280

- Midgley, A. Bentley, D.; Luttikholt, H.; McNaughton, L. & Millet, G. (2008). Challenging a dogma of exercise physiology: does an incremental exercise test for valid VO_{2max} determination really need to last between 8 and 12 minutes? *Sports Medicine*, 38 (6), 441 - 447
- Mieras, M.; Hesch, M. & Slivka, D. (2014). Physiological and psychological responses to outdoor vs laboratory cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (8), 2324 - 2329
- Milasius, K.; Dadeliene, R.; Tubelis, L. & Skerevicius, J.; (2012). Alternation of physical and functional powers of high performance female BMX cyclist during yearly training cycle. *Ugdymas.Kuno Kultura. Sportas, Biomedicinos Mokslai*, 1 (84), 36 - 41
- Miller, M.; Macdermid, P.; Fink, P. & Stannard, S. (2016). Performance and physiological effects of different descending strategies for cross-country mountain biking. *European Journal of Sport Science*. Acedido em Julho 29, 2017, em https://www.researchgate.net/publication/305653967_PERFORMANCE_AND_PHYSIOLOGICAL_EFFECTS_OF_DIFFERENT_DESCENDING_STRATEGIES_FOR_CROSS-COUNTRY_MOUNTAIN_BIKE_RACING
- Millet, G.; Tronche, C. & Grappe, F. (2014). Accuracy of indirect estimation of power output from uphill performance in cycling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9 (5), 777-782
- Mujika, I. & Padilla, S. (2001). Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Medicine*, 31 (7), 479 - 487
- Naughton, L.; Thompson, D.; Philips, G.; Backx, K. & Crickmore, L. (2002). A Comparison of the Lactate Pro, Accusport, Analox GM7 and Kodak Ektachem Lactate Analysers in Normal, Hot and Humid Conditions. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 130-135
- Nimmerichter, A.; Eston, R.; Bachl, N. & Williams, C. (2011). Longitudinal monitoring of power output and heart rate profiles in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 831–839
- Norris, S. & Petersen, S. (1998). Effects of endurance training on transient oxygen uptake responses in cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 16, 733-738

- Novak, A. & Dascombe, B. (2014). Physiological and performance characteristics of road, mountain bike and BMX cyclists. *Journal of Science and Cycling*, 3 (3), 9-16
- Nunan, D., Donovan, G., Jakovljevic, D., Hodges, L., Sandercock, G., & Brodie, D. (2009). Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 243-250
- Ouvrard, T. (2015). Paramètres psycho-physiologiques et performance en cyclisme sur route. Acedido em Julho 29, 2017, em <http://www.fredericgrappe.com/wp-content/uploads/2015/06/ouvrard.pdf>, Université de Franche-Comté UPFR Sports besançon; tese para obtenção do diploma de master spécialité
- Ozan, S.; Karamizrak, S. & Turgay, F. (2000). Comparing 4.0 mmol/l lactate threshold levels in laboratory and field conditions in junior cyclists. *Spor Hekimligi Dergisi/Turkish Journal of Sports Medicine*, 35 (3), 83-90
- Padilla, S.; Mujika, I.; Orbananos, J. & Angulo, F. (2000). Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (4), 850-856
- Padilla, S.; Mujika, I.; Orbananos, J.; Santisteban, J. Angulo, F. & Goiriena, J. (2001). Exercise Intensity and Load During Mass-Start Stage Races in Professional Road Cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 (5), 796-802
- Palmer, G.; Noakes, T. & Hawley, J. (1997). Effects of steady-state versus stochastic exercise on subsequent cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29 (5), 684-687
- Passfield, L.; Hopker, J.; Jobson, S.; Friel, D. & Zabala, M. (2016). Knowledge is power: Issues of measuring training and performance in cycling. *Journal of Sports Sciences*. Acedido em setembro 28, 2016, em <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2016.1215504>
- Paton, C. & Hopkins, W. (2001). Tests of cycling performance. *Sports Medicine*, 31 (7), 489-496
- Paton, C. & Hopkins, W. (2006). Ergometer error and biological variation in power output in a performance test with three cycle ergometers. *International Journal of Sports Medicine*, 27 (6), 444 - 447
- Pinnington, H. Wong, P.; Tay, J.; Green, D. & Dawson, B. (2001). The level of accuracy and agreement in measures of $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ and \dot{V}_E between the

- Cosmed K4b2 portable, respiratory gas analysis system and a metabolic cart. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4 (3), 324 - 335
- Pinot, J. & Grappe, F. (2010). The "power profile" for determining the physical capacities of a cyclist. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 13 (1), 103 - 104
- Pinot, J. & Grappe, F. (2011). The record power profile to assess performance in elite cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 32 (11), 839 - 844
- Pinot, J. & Grappe, F. (2014). A six-year monitoring case study of a top-10 cycling grand tour finisher. *Journal of Sports Sciences*, 33 (9), 907 - 914
- Pua Mata wins US marathon national championships on SRM. (2013). Acedido em Julho 29, 2017, em <http://www.srm.de/news/mountain-bike/pua-mata-wins-us-marathon-national-championships-on-srm/>
- Reed, R.; Scarf, P.; Jobson, S. & Passfield, L. (2016). Determining optimal cadence for an individual road cyclist from field data. *European Journal of Sport Science*, 16 (8), 903 - 911
- Regulamento geral e técnico de corridas, título 4 – provas de BTT. Acedido Julho 10, 2017, em www.pfciclismo.pt/ficheirossite/16012017094849.pdf
- Reiser II, R.; Watt, J. & Peterson, M. (2003). Cycling on rollers: influence of tyre pressure and cross section on power requirements. *Sports Biomechanics*, 2 (2), 237 - 249
- Robinson, M.; Plasschaert, J. & Kisaalita, N. (2011). Effects of high intensity training by heart rate or power in recreational cyclists. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10 (3), 498 – 501
- Rosenthal, J.A. (1996). Qualitative descriptors of strength of association and effect size. *Journal of Social Service Research*, 21(4): 37-59
- Sánchez, P. (2008). Entrenar por potência. *Sporttraining Magazine*, Novembro/Dezembro
- Santalla, A.; Earnest, C.; Marroyo, J. & Lucia, A. (2012). The tour de France: an updated physiological review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7, 200-209
- Schrack, J.; Simonsick, E. & Ferrucci, L. (2010). Comparison of the Cosmed K4b2 portable metabolic system in measuring steady-state walking energy

- expenditure. Acedido em Junho 18, 2017, em <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0009292>
- Schuylenbergh, R. (2005). Effect of Exercise-Induced Dehydration on Lactate Parameters During Incremental Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (10), 854-858
- Siedlik, J.; Harrison, G.; Brigman, R.; Graham, Z.; Weir, J.; Gallagher, P. & Vardiman, J. (2015). Methods comparison: assessing agreement of physiological parameters obtained from exercise on two different cycle ergometers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29 (4), 1139 – 1145
- Smekal, G.; Duvillard, S.; Hormandinger, M.; Moll, R.; Heller, M.; Pokan, R.; Bacharach, D.; LeMura, L. & Arciero, P. (2015). Physiological demands of simulated of-road cycling competition. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14, 799 - 810
- Someren, K., Howatson, G., Nunan, D., Thatcher, R., Shave, R. (2005). Comparison of the Lactate Pro and Analox GM7 Blood Lactate Analysers. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 657-661
- Stapelfeldt, B.; Schwirtz, A.; Schumacher, Y. & Hillebrecht, M. (2004). Workload Demands in Mountain Bike Racing. *International Journal of Sports Medicine*, 25 (4), 294-300
- Stephen R. Norris & Stewart R. Petersen. (1998). Effects of endurance training on transient oxygen uptake responses in cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 16 (8), 733 - 738
- Swart, Jeroen; Lambert, S.; Robert, P.; Derman, Wayne & Lambert, Michael I. (2009). Effects of high-intensity training by heart rate or power in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (2), 619 - 626
- Tfesc & Nape (1996). Task Force of the European Society of Cardiology and the North America Society of Pacing and Electrophysiology Heart Rate Variability - standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354-381
- The power meters buyer's guide - 2015 edition. Acedido em Março 4, 2016, em <http://www.dcrainmaker.com/2015/10/buyers-guide2015-edition.html>. 2015

- Titlestad, J.; Fairlie-Clarke, T.; Whittaker, A.; Davie, M; Watt, I. & Grant, S. (2006). Effect of suspension systems on the physiological and psychological responses to sub-maximal biking on simulated smooth and bumpy tracks. *Journal of Sports Science*, 24 (2), 125 - 135
- Tour de France 2015 - Chris Froome power data. (2015). Acedido em Março 4, 2016, em <http://www.teamsky.com/teamsky/home/article/59618#ZKk0I4D330v6atOK.99>
- Vogt, S.; Roecker, K.; Schumacher, V.; Pottgiesser, T.; Dickhuth, H.; Schmid, A. & Heinrich, L. (2008). Cadence-power-relationship during decisive mountain ascents at the tour de France. *International Journal of Sports Medicine*, 29 (3), 244 - 251
- Vogt, S.; Schumacher, Y.; Blum, A.; Roecker, K.; Dickhuth, H.; Schmid, A. & Heinrich, L. (2007). Cycling power output produced during flat and mountain stages in the Giro d'Italia: a case study. *Journal of Sports Sciences*, 25 (12), 1299 - 1305
- Vogt, S.; Schumacher, Y.; Roecker, K.; Dickhuth, H.-H.; Schoberer, U.; Schmid, A. & Heinrich, L. (2007a). Power Output during the Tour de France. *International Journal of Sports Medicine*, 28 (9), 756-761
- Wilber, R.; Zawadzki, K.; Kearney, J.; Shannon, M. & Disalvo, D. (1997). Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (8), 1090-1094
- Zarieczny, R.; Podlesny, M. & Polak, A. (2013). Anaerobic capacity of amateur mountain bikers during the first half of the competition season. *Biology of Sport*, 30 (3), 189 - 194

ANEXOS

Anexos estudo 1

Questionário

1-InformaçõesPessoais

Nome:

Morada:

CPostal – Localidade:

Telefone: casa –

telemóvel -

E-mail:

Data de nascimento:

2-Informações desportivas

Modalidades praticadas:

Há quantos anos pratica cada uma das modalidades?

Foi ou é atleta federado?

Participou ou participa em competições?

Se sim, quais e refira os melhores resultados conseguidos?

Representou ou representa algumas equipas?

A que horas do dia costuma treinar?

3-Outras informações

Alguma vez fez testes de laboratório?

Treina com regularidade (sem interrupções significativas) há quantos anos?

Na época passada (aproximadamente) realizou:

. número de meses que treinou:

. número de dias por semana de treino:

. horas de treino (total anual):

. costuma treinar sozinho ou acompanhado?

Data:

Obrigado

2- Registos cineantropométricos dos atletas

Atleta	Estatura (cm)	Massa (kg)	Massa gorda (%)	Massa muscular (kg)	Massa óssea (kg)	I M C	Água corporal (%)	Gordura visceral
1	176,8	72,3	10,8	61,2	3,2	23,3	65	3
2	166,5	68,9	14,4	56,2	3	25,1	62,3	2
3	177,6	77,2	10,6	65,8	3,4	24,7	65,8	3
4	169,6	65,2	15,6	52,4	2,8	22,9	60,3	3
5	170,1	78,5	15,4	63,1	3,3	27,2	62,9	5
6	174,8	67,2	8,4	58,4	3,1	22,2	66,7	2
7	173,5	70,9	6,3	63,2	3,3	23,7	69,9	2
8	180	79,9	13,2	66,1	3,4	24,7	63,6	5
9	168,6	65,4	5	59,2	3,1	23,2	75,9	1
10	168,5	65,7	13,1	54,4	2,9	23,3	62,9	2
11	176,2	76,2	14,1	62,4	3,3	24,7	62,4	4
12	169,1	66,3	7,3	58,4	3,1	23,2	68,7	3
13	170,3	69,9	6,4	62,3	3,3	24,2	70,4	3
14	172,3	62,8	8,6	54,8	2,9	21,3	66,1	2
15	177,4	72,2	10,7	61,7	3,2	23,1	65,3	3
16	172,1	64	13,3	52,9	2,8	21,7	62,1	3

3- Valores de lactatemia do protocolo de consumo máximo de oxigênio

ID	lact.inicial	lact.4mn	lact.8mn	lact.12mn	lact.16mn	lact.20mn
1	5,9	7.4	11.4	8.0	8,3	
2	1,7	8.1	3.7	11.1	22	
3	2,1	2.4	3.4	10.8	14,3	
4	4,4	4.3	5.3	9.3		
5	1,8	8.2	2.4	4.0	22,8	
6	3,8	1.7	3.7	9.6	11,3	
7	1,3	4.9	3.1	4.3	5,3	4,9
8	3,6	8.3	3.7	7.4	9,2	
9	1,7	2.3	3.1	4.0	20,7	
10	4,2	3.6	5.6	8.7	7,6	
11	2,2	5.2	2.7	2.0	18,3	
12	5,8	3.6	2,6	7.9	8,3	
13	2,8	2.6	6.0	11.3	7	
14	3,4	2.2	1.6	5.7	8,4	
15	5,3	4.7	7.3	7.3	11,9	
16	0,7	0.9	3.6	6.7	9,7	

4- Caracterização da amostra

ID	data nascimento	data testes	id. decimal (dias)	Id. decimal (anos)	massa	altura	Anos de treino	Média treino semanal (horas)	Treino manhã/tarde
1	06-07-1979	14/06/15	13127	35,93	72,3	176,8	8	14	Manhã/Tarde
2	05-06-1993	14/06/15	8044	22,02	68,9	166,5	7	8	Manhã/Tarde
3	14-04-1982	14/06/15	12114	33,16	77,2	177,6	4	10	Manhã/Tarde
4	27-05-1987	14/06/15	10245	28,04	65,2	169,6	11	10	Tarde
5	23-12-1978	14/06/15	13322	36,47	78,5	170,1	4	9	Manhã/Tarde
6	14-04-1981	14/06/15	12479	34,16	67,2	174,8	5	11	Tarde
7	09-03-1980	14/06/15	12880	35,26	70,9	173,5	16	17	Manhã
8	28-10-1970	14/06/15	16300	44,62	79,9	180	16	14	Manhã
9	11-03-1978	14/06/15	13609	37,25	65,4	168,6	5	12	Tarde
10	26-04-1987	14/06/15	10276	28,13	65,7	168,5	7	13	Tarde
11	22-07-1981	14/06/15	12380	33,89	76,2	176,2	13	16	Tarde
12	28-06-1972	14/06/15	15691	42,95	66,3	169,1	14	14	Tarde
13	14-10-1974	14/06/15	14853	40,66	69,9	170,3	7	14	Manhã
14	01-01-1985	14/06/15	11121	30,44	62,8	172,3	6	13	Manhã/Tarde
15	25-02-1977	14/06/15	13988	38,29	72,2	177,4	8	9	Tarde
16	15-09-1979	14/06/15	13056	35,74	64	172,1	9	10	Tarde

5- Resultados do protocolo incremental de consumo máximo de oxigênio

ID	potência	pot. Relat	FC	(1º limiar ventilatório)				potência	pot.relat	FC	(2º limiar ventilatório)				potência	pot.relat	FC	VO2max			
				VO2	VO2/Kg	QR	VO2				VO2/Kg	QR	VO2	VO2/Kg				QR			
1	178	72,3	2,46	130	2495	34,5	0,99	203	72,3	2,81	138	2817	39	1,04	353	72,3	4,88	173	3956	54,7	1,19
2	153	68,9	2,22		2295	33,3	0,98	228	68,9	3,31		2687	39	1,09	303	68,9	4,40		3331	48,3	1,24
3	203	77,2	2,63	148	2180	28,2	0,95	303	77,2	3,92	170	3383	43,8	1,03	353	77,2	4,57	178	4108	53,2	1,11
4	178	65,2	2,73	154	2254	34,6	0,9	253	65,2	3,88	175	3235	49,6	1,01	303	65,2	4,65	186	3646	55,9	1,08
5	153	78,5	1,95	120	2147	27,3	0,95	253	78,5	3,22	152	2993	38,1	1,02	328	78,5	4,18	169	3387	43,2	1,15
6	178	67,2	2,65	136	2195	32,7	0,95	253	67,2	3,76	157	3128	46,6	1,02	303	67,2	4,51	172	3609	53,7	1,15
7	203	70,9	2,86	126	2660	37,5	0,9	253	70,9	3,57	137	3209	45,3	0,94	328	70,9	4,63	163	3675	51,8	1,11
8	153	79,9	1,91	133	2318	29	0,93	228	79,9	2,85	154	3248	40,6	0,98	303	79,9	3,79	172	3923	49,1	1,09
9	153	65,4	2,34	125	2149	32,9	0,93	253	65,4	3,87	159	3108	47,5	1,07	303	65,4	4,63	159	3540	54,1	1,3
10	178	65,7	2,71	127	2206	33,6	1,06	278	65,7	4,23	162	3188	48,5	1,11	353	65,7	5,37	183	3559	54,2	1,28
11	178	76,2	2,34	125	2328	30,6	0,97	278	76,2	3,65	147	3131	41,1	1,07	353	76,2	4,63	164	3810	50	1,12
12	203	66,3	3,06	148	2693	40,6	0,9	278	66,3	4,19	173	3224	48,63	1,01	328	66,3	4,95	188	3492	52,7	1,14
13	203	69,9	2,90	120	2422	34,2	0,91	278	69,9	3,98	140	3215	45,3	0,97	328	69,9	4,69	163	3675	51,8	1,11
14	178	62,8	2,83	144	2386	38	0,9	278	62,8	4,43	170	3222	51,3	1	303	62,8	4,82	171	3557	56,6	1,14
15	178	72,2	2,47	119	2487	34,4	1	278	72,2	3,85	152	3093	42,8	1,12	328	72,2	4,54	163	3474	48,1	1,18
16	203	64	3,17	144	2526	39,5	0,95	253	64	3,95	157	3032	47,4	1,03	328	64	5,13	172	3795	59,3	1,21

Anexos estudo 2

6- Resultados obtidos no protocolo de campo realizado de manhã (bicicleta BTT)

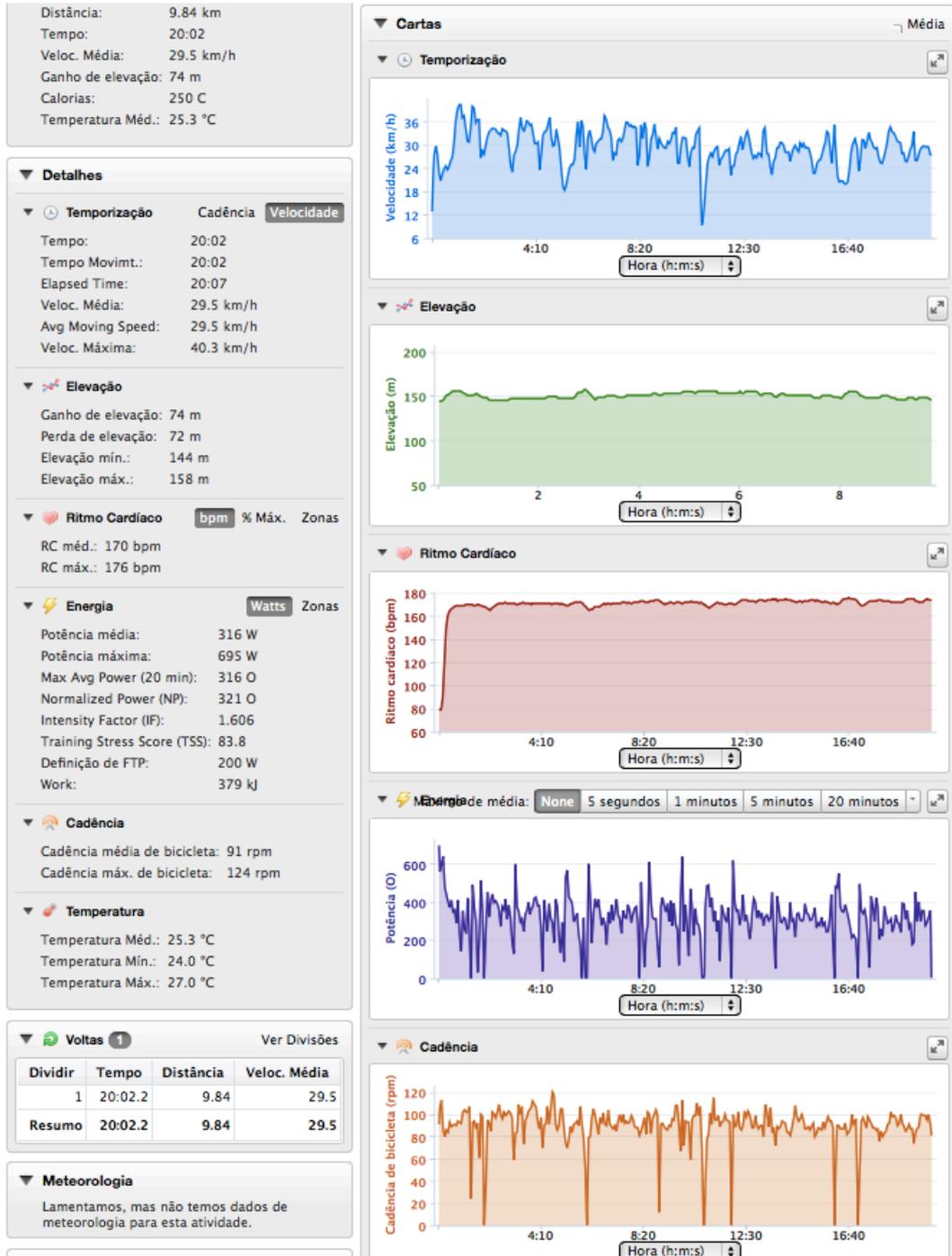
ID	hora início 1	Temperatura1	lactato inicial1	FCmédia1	FCmáx1	Pot.média1	massa	Pot. Relativa1	Pot.máx1	Cadência1	Lactato final1
1	08:00:32	27	7	170	176	316	72,3	4,37	695	91	15,3
2	08:57:07	28	4,3	161	168	231	68,9	3,35	767	84	12
3	08:10:20	25	2,7	175	183	324	77,2	4,20	992	93	16,3
4	08:43:11	27	2,9	175	183	263	65,2	4,03	1042	74	13,6
5	08:32:52	28	5,1	167	174	249	78,5	3,17	858	95	10,8
6	09:39:55	30	5,4	174	185	249	67,2	3,71	679	92	13
7	09:25:14	28	2,2	160	168	315	70,9	4,44	757	89	21,2
8	08:20:52	22	3,9	161	174	285	79,9	3,57	667	81	10,9
9	08:02:44			169	180	267	65,4	4,08	593	81	
10	08:41:35	28	3,2	184	192	295	65,7	4,49	944	92	8
11	07:20:43	26	4,6	165	173	356	76,2	4,67	814	79	14,8
12	07:59:31	24	2,9	188	195	264	66,3	3,98	671	70	5,9
13	09:32:44	28	2,4	168	177	289	69,9	4,13	828	90	11,3
14	08:22:31	25	1,7	181	195	277	62,8	4,41	663	76	13,2
15	08:48:18	26	2,6	164	172	238	72,2	3,30	666	84	20,2
16	08:42:46	28	1,7	162	169	239	64	3,73	639	90	5,8

Legenda: T (temperatura), Lai (lactato inicial), FCm (frequência cardíaca média), FCmax (frequência cardíaca máxima), Pm (potência média), Pmax (potência máxima), C (cadência – frequência de pedalada), Laf (lactato final)

7- Resultados obtidos no protocolo de campo realizado de tarde (bicicleta BTT)

ID	hora início 2	temperatura2	lactato inicial2	FCmédia2	FCmáx2	Pot.média2	massa	Pot.relativa2	Pot.máx2	Cadência2	Lactato final2
1			4,2	174	181	305	72,3	4,22	700	89	21,2
2	16:26:13	36	5,9	160	168	239	68,9	3,47	757	84	8,7
3	16:41:34	33	2,2	180	186	301	77,2	3,90	877	90	11,3
4	18:10:29	23	2,9	174	182	261	65,2	4,00	908	66	23
5	14:38:57	32	4	170	175	266	78,5	3,39		80	16,6
6	16:41:36	36	3,3	168	179	247	67,2	3,68	690	88	11,7
7	16:29:29	32	3,1	163	171	312	70,9	4,40	637	89	7,4
8	17:10:33	29	1,7	155	164	255	79,9	3,19	765	78	5,1
9	17:18:03	36	2	170	181	263	65,4	4,02	636	79	14,7
10	17:47:31	36	3,4	182	189	289	65,7	4,40	911	94	21,4
11	16:24:35	33	1,6	177	185	359	76,2	4,71	785	80	10,8
12	16:58:04	36	4	187	194	256	66,3	3,86	578	75	6,1
13	16:22:14	32	1,8	170	178	291	69,9	4,16	755	86	19,4
14	17:25:31	38	2,4	180	190	263	62,8	4,19	707	73	14,6
15	17:48:20	36	8,4	161	169	253	72,2	3,50	698	82	10,8
16	17:12:13	32	4,6	165	170	244	64	3,81	636	89	3,6

Legenda: T (temperatura), Lai (lactato inicial), FCm (frequência cardíaca média), FCmax (frequência cardíaca máxima), Pm (potência média), Pmax (potência máxima), C (cadência – frequência de pedalada), Laf (lactato final)



8- Resultados do protocolo realizado de manhã, por um atleta, após inserção dos dados no Garmin® Connect™

▼ Detalhes

▼ Temporização

Cadência Velocidade

Tempo: **20:02**
 Tempo Movimt.: **20:02**
 Elapsed Time: **20:07**
 Veloc. Média: **29.2 km/h**
 Avg Moving Speed: **29.2 km/h**
 Veloc. Máxima: **41.0 km/h**

▼ Elevação

Ganho de elevação: **70 m**
 Perda de elevação: **67 m**
 Elevação mín.: **121 m**
 Elevação máx.: **134 m**

▼ Ritmo Cardíaco

bpm % Máx. Zonas

RC méd.: **174 bpm**
 RC máx.: **181 bpm**

▼ Energia

Watts Zonas

Potência média: **305 W**
 Potência máxima: **700 W**
 Max Avg Power (20 min): **305 O**
 Normalized Power (NP): **313 O**
 Intensity Factor (IF): **1.566**
 Training Stress Score (TSS): **79.7**
 Definição de FTP: **200 W**
 Work: **366 kJ**

▼ Cadência

Cadência média de bicicleta: **89 rpm**
 Cadência máx. de bicicleta: **119 rpm**

▼ Temperatura

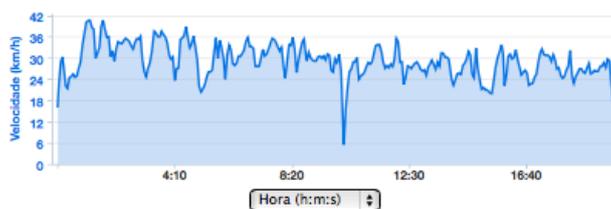
Temperatura Méd.: **34.3 °C**
 Temperatura Mín.: **34.0 °C**
 Temperatura Máx.: **35.0 °C**

▼ Voltas

Ver Divisões

Dividir	Tempo	Distância	Veloc. Média
1	20:00.5	9.74	29.2
2	01:5	0.03	33.3

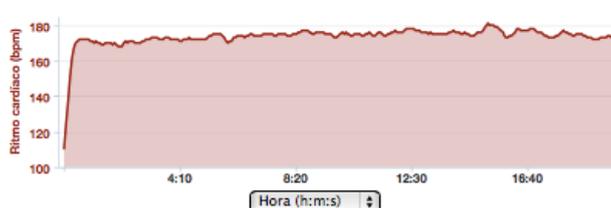
▼ Temporização



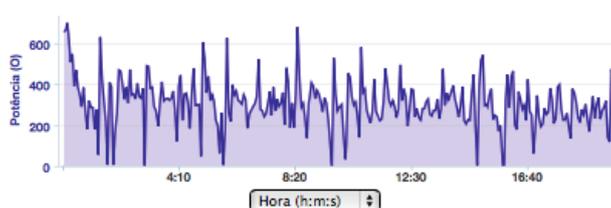
▼ Elevação



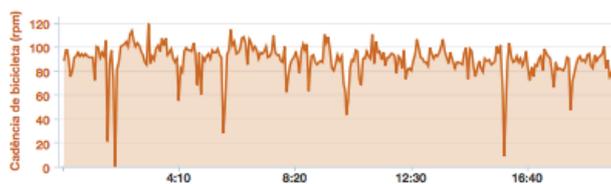
▼ Ritmo Cardíaco



Máximo de média: **None** 5 segundos 1 minutos 5 minutos 20 minutos



▼ Cadência



9- Resultados de um protocolo realizado de tarde, pelo mesmo atleta, após inserção dos dados no Garmin® Connect™

10- Informação estatística referente ao estudo 2

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Temperatura1	15	22	30	26,67	2,024
Lact1	15	1,7	7,0	3,507	1,5135
FCVmed1	16	160	188	170,25	8,591
FCmax1	16	168	195	179,00	9,092
Potmed	16	231	356	278,56	35,611
Potmax	16	593	1042	767,19	134,588
Cadencia	16	70	95	85,06	7,576
Lact2	15	5,8	21,2	12,820	4,4626
Temperatura2	15	23	38	33,33	3,754
Lact3	16	1,6	8,4	3,469	1,7779
FCVmed2	16	155	187	171,00	8,877
FCmax2	16	164	194	178,88	8,778
Potmed2	16	239	359	275,25	31,941
Potmax2	16	578	1441	780,06	201,752
Cadencia2	16	66	94	82,63	7,411
Lact4	15	3,6	21,4	12,227	5,6738
Valid N (listwise)	13				

Paired Samples Correlations

Pair 1	Lact1 & Lact3	15	,028	,920
Pair 2	FCVmed1 & FCVmed2	16	,871	,000
Pair 3	FCmax1 & FCmax2	16	,845	,000
Pair 4	Potmed & Potmed2	16	,938	,000
Pair 5	Potmax & Potmax2	16	,576	,020
Pair 6	Cadencia & Cadencia2	16	,825	,000
Pair 7	Lact2 & Lact4	14	,061	,836

Paired Samples Test

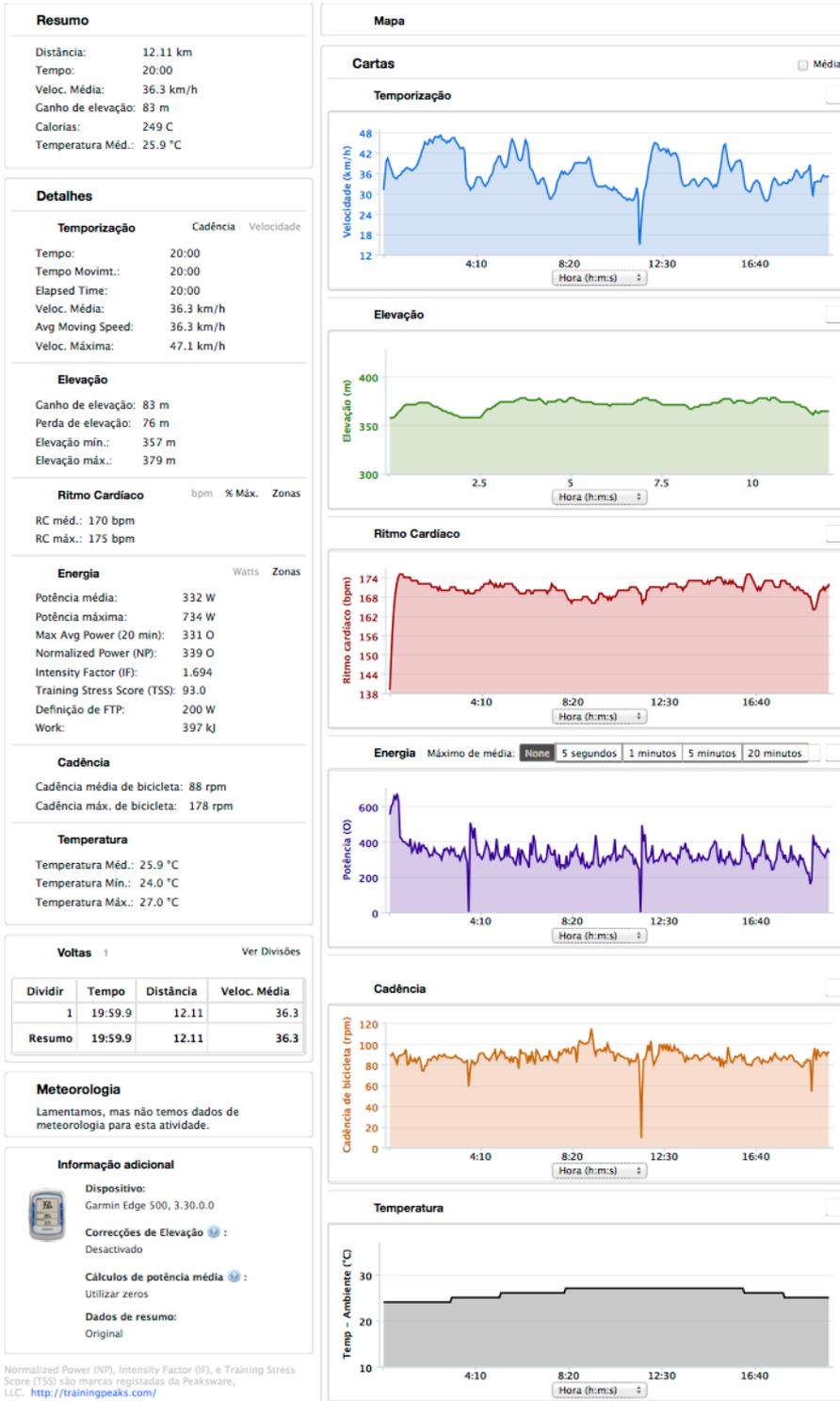
		df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Lact1 - Lact3	14	,921
Pair 2	FCVmed1 - FCVmed2	15	,510
Pair 3	FCmax1 - FCmax2	15	,921
Pair 4	Potmed - Potmed2	15	,303
Pair 5	Potmax - Potmax2	15	,761
Pair 6	Cadencia - Cadencia2	15	,044
Pair 7	Lact2 - Lact4	13	,718

Anexos estudo 3

11- Resultados obtidos no protocolo de campo realizado em estrada (bicicleta BTT)

ID	hora início 3	temperatura3	lactato inicial3	FCmédia3	FCmáx3	Pot.média3	massa	Pot.relativa3	Pot.máx3	Cadência3	Lactato final3
1			4,2	170	175	332	72,3	4,59	734	88	7,1
2	17:00:19	29	5,6	158	169	243	68,9	3,53	976	88	16
3	16:52:12	31	2,6	174	180	292	77,2	3,78	1044	93	18,2
4	18:16:43	36	4,9	172	183	285	65,2	4,37	920	71	10,8
5	14:33:02	28	1,1	158	163	296	78,5	3,77	1099	84	17,3
6	18:14:04	29	4,1	166	181	278	67,2	4,14	961	81	12,6
7	16:18:03	29	3,9	164	174	318	70,9	4,49	772	91	14,8
8	17:23:22	29	2,7	158	166	291	79,9	3,64	600	82	9,8
9	18:06:53	30	2,1	171	181	277	65,4	4,24	699	87	16,2
10	17:38:29	32	3,4	179	188	300	65,7	4,57	914	91	17,1
11	16:53:44	36	1,7	179	185	398	76,2	5,22	888	84	11,8
12	17:03:10	28	2,6	187	195	275	66,3	4,15	734	78	10,1
13	16:11:03	29	1,7	171	178	309	69,9	4,42	747	82	11,3
14	17:24:34	31	3,4	185	194	272	62,8	4,33	879	85	18,1
15	17:40:32	35	9,4	166	175	250	72,2	3,46	568	80	16,2
16	17:39:41	32	1,7	157	163	271	64	4,23	755	84	23

Legenda: T (temperatura), Lai (lactato inicial), FCm (frequência cardíaca média), FCmax (frequência cardíaca máxima), Pm (potência média), Pmax (potência máxima), C (cadência – frequência de pedalada), Laf (lactato final)



12- Resultados do protocolo realizado em estrada com bicicleta de BTT, pelo mesmo atleta, após inserção dos dados no Garmin® Connect™

13- Informação estatística referente ao estudo 3

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
TesteBTT terra tarde	15	14:38:57	18:10:29	16:54:21	0:50:27
temperatura2	15	23	38	33,33	3,754
lactatoinicial2	16	1,60	8,40	3,4688	1,77791
FCmédia2	16	155,00	187,00	171,0000	8,87694
FCmáx2	16	164,00	194,00	178,8750	8,77781
Potmédia2	16	239,00	359,00	275,2500	31,94057
Potmáx2	15	578,00	911,00	736,0000	101,62817
Cadência2	16	66,00	94,00	82,6250	7,41058
Lactatofinal2	16	3,60	23,00	12,9000	6,10737
Teste BTT estrada tarde	15	14:33:02	18:16:43	17:09:03	0:57:31
temperatura3	15	28	36	30,93	2,764
lactatoinicial3	16	1,10	9,40	3,4438	2,03075
FCmédia3	16	157,00	187,00	169,6875	9,54092
FCmáx3	16	163,00	195,00	178,1250	9,83107
Potmédia3	16	243,00	398,00	292,9375	36,17820
Potmáx3	16	568,00	1099,00	830,6250	152,87549
Cadência3	16	71,00	93,00	84,3125	5,52230
Lactatofinal3	16	7,10	23,00	14,4000	4,10284
Valid N (listwise)	14				

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 temperatura2 & temperatura3	15	-,307	,265
Pair 2 Potmédia2 & Potmédia3	16	,923	,000
Pair 3 Potmáx2 & Potmáx3	15	,530	,042
Pair 4 Cadência2 & Cadência3	16	,736	,001
Pair 5 FCMédia2 & FCMédia3	16	,877	,000
Pair 6 FCMáx2 & FCMáx3	16	,879	,000
Pair 7 lactatoinicial2 & lactatoinicial3	16	,757	,001
Pair 8 Lactatofinal2 & Lactatofinal3	16	-,266	,320

Paired Samples Test

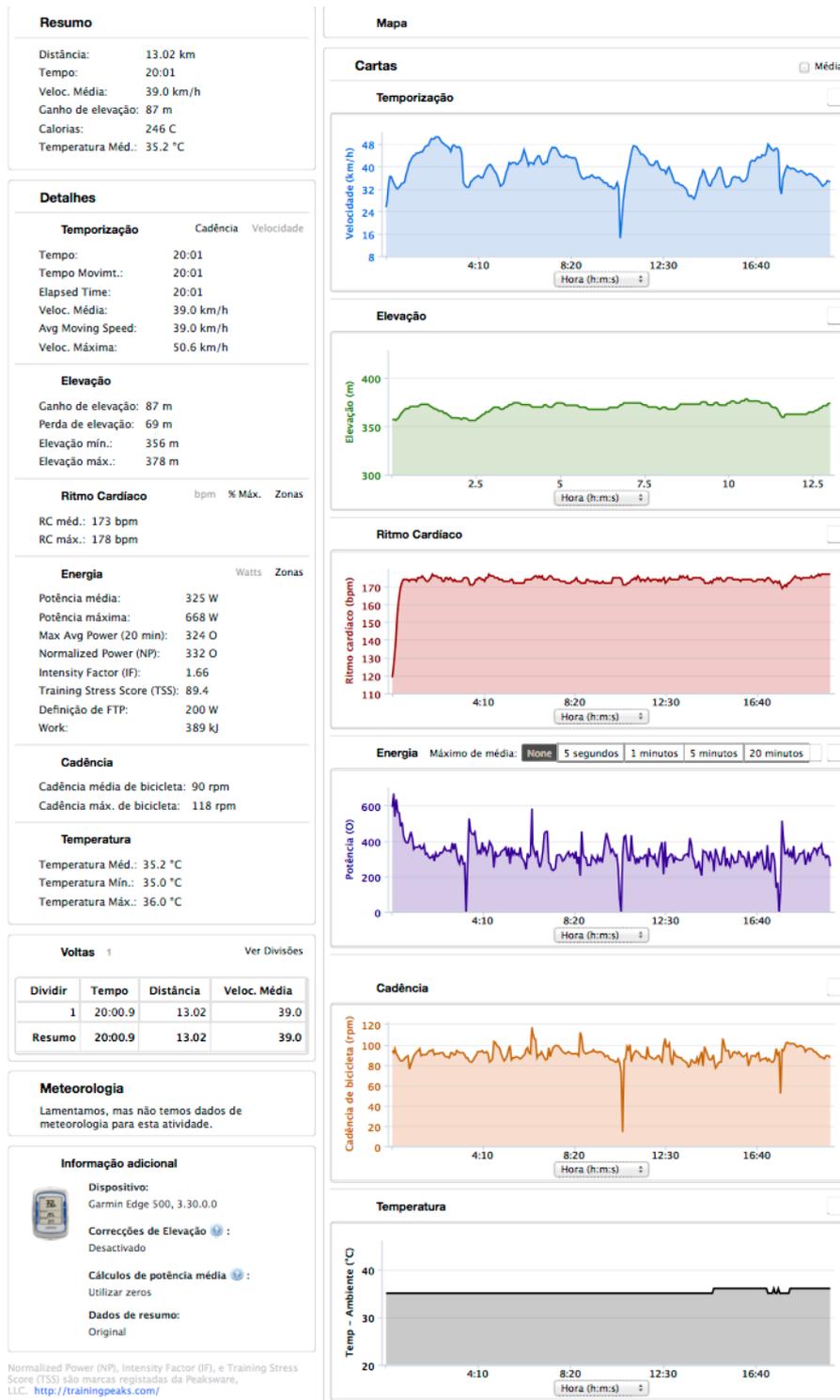
		t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	temperatura2 - temperatura3	1,753	14	,101
Pair 2	Potmédia2 - Potmédia3	-5,061	15	,000
Pair 3	Potmáx2 - Potmáx3	-2,442	14	,028
Pair 4	Cadência2 - Cadência3	-1,346	15	,198
Pair 5	FCmédia2 - FCMédia3	1,138	15	,273
Pair 6	FCmáx2 - FCmáx3	,641	15	,531
Pair 7	lactatoinicial2 - lactatoinicial3	,074	15	,942
Pair 8	Lactatofinal2 - Lactatofinal3	-,731	15	,476

Anexos estudo 4

14- Resultados obtidos no protocolo de campo realizado em estrada, com bicicleta de estrada

ID	hora início 4	temperatura4	lactato inicial4	FCmédia4	FCmáx4	Pot.média4	massa	Pot.relativa4	Pot.máx4	Cadência4	Lactato final4
1	16:24:55	27	3,1	173	178	325	72,3	4,50	668	90	23,7
2	16:39:58	32	6,8	159	168	242	68,9	3,51	880	89	14,1
3	17:42:15	29	2,9	175	182	303	77,2	3,92	1085	98	20
4	18:11:27	34	3	174	183	249	65,2	3,82	899	74	22,3
5	14:36:36	31	4,1	155	165	269	78,5	3,43	1038	75	9,8
6	16:10:59	32	6,8	170	181	259	67,2	3,85	820	77	21,4
7	14:45:36	32	3	167	177	334	70,9	4,71	683	90	23
8	17:20:17	32	3,9	166	175	298	79,9	3,73	644	84	18
9	17:08:48	35	3,4	169	178	238	65,4	3,64	646	91	9,9
10	17:48:52	30	3	174	183	286	65,7	4,35	840	101	14,6
11	16:56:56	35	2,1	175	179	359	76,2	4,71	784	84	16,1
12	17:00:12	28	2,4	187	192	265	66,3	4,00	580	82	12,4
13	14:52:54	32	2,7	168	177	296	69,9	4,23	757	86	14,6
14	17:34:22	28	2,8	179	189	255	62,8	4,06	896	87	12,6
15	17:50:02	28	4,4	162	169	248	72,2	3,43	843	80	20,7
16	17:22:51	34		164	167	252	64	3,94	647	88	4,2

Legenda: T (temperatura), Lai (lactato inicial), FCm (frequência cardíaca média), FCmax (frequência cardíaca máxima), Pm (potência média), Pmax (potência máxima), C (cadência – frequência de pedalada), Laf (lactato final)



15- Resultados do protocolo realizado em estrada com bicicleta de estrada, pelo mesmo atleta, após inserção dos dados no Garmin® Connect™

16- Informação estatística referente ao estudo 4

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
horainício3	15	14:33:02	18:16:43	17:09:03	0:57:31
temperatura3	15	28	36	30,93	2,764
lactatoinicial3	16	1,10	9,40	3,4438	2,03075
FCmédia3	16	157,00	187,00	169,6875	9,54092
FCmáx3	16	163,00	195,00	178,1250	9,83107
Potmédia3	16	243,00	398,00	292,9375	36,17820
Potmáx3	16	568,00	1099,00	830,6250	152,87549
Cadência3	16	71,00	93,00	84,3125	5,52230
Lactatofinal3	16	7,10	23,00	14,4000	4,10284
horainício4	16	14:36:36	18:11:27	16:46:41	1:08:17
temperatura4	16	27,00	35,00	31,1875	2,61327
lactatoinicial4	15	2,10	6,80	3,6267	1,42552
FCmédia4	16	155,00	187,00	169,8125	7,90121
FCmáx4	16	165,00	192,00	177,6875	7,63080
Potmédia4	16	238,00	359,00	279,8750	36,25443
Potmáx4	16	580,00	1085,00	794,3750	145,99264
Cadência4	16	74,00	101,00	86,0000	7,50999
Lactatofinal4	16	4,20	23,70	16,0875	5,57409
Valid N (listwise)	14				

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Potmédia3 & Potmédia4	16	,891	,000
Pair 2 Potmáx3 & Potmáx4	16	,764	,001
Pair 3 Cadência3 & Cadência4	16	,836	,000
Pair 4 FCmédia3 & FCmédia4	16	,899	,000
Pair 5 FCmáx3 & FCmáx4	16	,916	,000
Pair 6 lactatoinicial3 & lactatoinicial4	15	,414	,125
Pair 7 Lactatofinal3 & Lactatofinal4	16	-,588	,017

Paired Samples Test

		t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Potmédia3 - Potmédia4	3,089	15	,007
Pair 2	Potmáx3 - Potmáx4	1,410	15	,179
Pair 3	Cadência3 - Cadência4	-1,611	15	,128
Pair 4	FCmédia3 - FCMédia4	-,118	15	,907
Pair 5	FCmáx3 - FCmáx4	,419	15	,681
Pair 6	lactatoinicial3 - lactatoinicial4	-,132	14	,897
Pair 7	Lactatofinal3 - Lactatofinal4	-,781	15	,447

Anexos estudo 5

17- Resultados obtidos no protocolo realizado em rolos, com bicicleta de estrada

ID	hora início 5	temperatura5	lactato inicial5	FCmédia5	FCmáx5	Pot.média5	massa	Pot.relativa5	Pot.máx5	Cadência5	Lactato final5
1	10:20	22	1,8	182	193	239	72,3	3,31	353	104	6,7
2	09:30	23	1,7	161	178	252	68,9	3,66	630	89	9,7
3	15:45	26	6,7	175	187	228	77,2	2,95	417	78	10,7
4	17:30	24	1,3	180	190	300	65,2	4,60	865	99	6,6
5	19:30	25	5,6	169	183	265	78,5	3,38	478	108	13,3
6	16:25	24	3,3	163	177	274	67,2	4,08	443	92	8,6
7	20:00	26	4,8	185	197	269	70,9	3,79	424	88	13,9
8	16:45	26	6,8	161	177	304	79,9	3,80	765	92	9,2
9	19:00	26	3	168	179	294	65,4	4,50	440	105	17,9
10	20:00	25	1,6	173	193	231	65,7	3,52	410	112	11,1
11	18:15	26	3,4	177	187	338	76,2	4,44	532	99	15,9
12	18:15	23	3,6	178	190	290	66,3	4,37	416	87	14,8
13	10:30	23	1,6	171	184	300	69,9	4,29	529	99	11,1
14	14:45	24	4,1	167	173	218	62,8	3,47	385	106	5,3
15	11:15	22	1,9	167	176	252	72,2	3,49	378	103	12,8
16	18:30	23	1,2	164	171	256	64	4,00	499	93	6,4

18- Informação estatística referente ao estudo 5

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
horainício4	16	14:36:36	18:11:27	16:46:41	1:08:17
temperatura4	16	27,00	35,00	31,1875	2,61327
lactatoinicial4	15	2,10	6,80	3,6267	1,42552
FCmédia4	16	155,00	187,00	169,8125	7,90121
FCmáx4	16	165,00	192,00	177,6875	7,63080
Potmédia4	16	238,00	359,00	279,8750	36,25443
Potmáx4	16	580,00	1085,00	794,3750	145,99264
Cadência4	16	74,00	101,00	86,0000	7,50999
Lactatofinal4	16	4,20	23,70	16,0875	5,57409
horainício5	16	9:30:00	20:00:00	16:00:56	3:39:51
temperatura5	16	22,00	26,00	24,2500	1,48324
lactatoinicial5	16	1,20	6,80	3,2750	1,88202
FCmédia5	16	161,00	185,00	171,3125	7,56940
FCmáx5	16	171,00	197,00	183,4375	7,87374
Potmédia5	16	218,00	338,00	269,3750	33,05122
Potmáx5	16	353,00	865,00	497,7500	143,06339
Cadência5	16	78,00	112,00	97,1250	9,16424
Lactatofinal5	16	5,30	17,90	10,8750	3,69730
Valid N (listwise)	15				

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 temperatura4 & temperatura5	16	,451	,079
Pair 2 Potmédia4 & Potmédia5	16	,250	,350
Pair 3 Potmáx4 & Potmáx5	16	,030	,911
Pair 4 Cadência4 & Cadência5	16	-,081	,765
Pair 5 FCmédia4 & FCmédia5	16	,475	,063
Pair 6 FCmáx4 & FCmáx5	16	,361	,170
Pair 7 lactatoinicial4 & lactatoinicial5	15	-,106	,706
Pair 8 Lactatofinal4 & Lactatofinal5	16	-,140	,605

Paired Samples Test

		t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	temperatura4 - temperatura5	11,801	15	,000
Pair 2	Potmédia4 - Potmédia5	,988	15	,339
Pair 3	Potmáx4 - Potmáx5	5,895	15	,000
Pair 4	Cadência4 - Cadência5	-3,614	15	,003
Pair 5	FCmédia4 - FCMédia5	-,756	15	,461
Pair 6	FCmáx4 - FCmáx5	-2,623	15	,019
Pair 7	lactatoinicial4 - lactatoinicial5	,336	14	,742
Pair 8	Lactatofinal4 - Lactatofinal5	2,933	15	,010

19- Informação estatística referente às correlações da variável potência relativa nos vários estudos

Correlations

		Pot. Relativa 1	Pot.rela tiva2	Pot.rela tiva3	Pot.rela tiva4	Pot.relativa5
Pot. Relativa1	Pearson Correlation	1	,933**	,847**	,874**	,140
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,606
	N	16	16	16	16	16
Pot.relativa2	Pearson Correlation	,933**	1	,913**	,867**	,223
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,407
	N	16	16	16	16	16
Pot.relativa3	Pearson Correlation	,847**	,913**	1	,854**	,418
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,107
	N	16	16	16	16	16
Pot.relativa4	Pearson Correlation	,874**	,867**	,854**	1	,101
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,710
	N	16	16	16	16	16
Pot.relativa5	Pearson Correlation	,140	,223	,418	,101	1
	Sig. (2-tailed)	,606	,407	,107	,710	
	N	16	16	16	16	16