



Instituto Politécnico de Santarém
Escola Superior Desporto de Rio Maior



***CICLISMO: COMPARAÇÃO DA RESPOSTA
CARDIORESPIRATÓRIA ENTRE TESTE DE
LABORATÓRIO EM ROLO ESTACIONÁRIO E TESTE DE
CAMPO EM VELÓDROMO***

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre em Desporto

Orientadores: Professor. Doutor João Paulo Moreira de Brito
Professor. Doutor Victor Manuel Machado Reis

Luís Lopes

Abril 2010

AGRADECIMENTOS

À Cíntia, minha esposa... pelo apoio e incentivo constantes, por ter compreendido os momentos de ausência, pela ajuda nos momentos difíceis e por fazer todos os meus dias melhores.

Ao meu Pai e à minha Mãe que sempre me acompanharam, apoiaram e sofreram comigo desde os seis anos nas andanças no mundo do Ciclismo.

Aos Professores Orientadores João Brito e Vítor Reis que tornaram possível a realização deste trabalho e que sempre estiveram disponíveis para o esclarecimento de dúvidas e incertezas.

Ao Prof. Hugo Louro pela sua fundamental colaboração para o desenvolvimento do trabalho, não esquecendo o seu incentivo e motivação na minha inscrição neste Mestrado.

Aos Professores Vítor Milheiro, Ana Teresa, Carlos Silva e Renato Fernandes pelo acompanhamento e interesse demonstrado no meu trabalho, ao Professor Félix Romero pelas dicas na estatística e um agradecimento especial à Nádia pela enorme colaboração durante as recolhas.

Aos atletas participantes no estudo pela dedicação e empenho na realização dos testes, em especial ao Micael Isidoro e ao André Ferreira.

Aos colegas de Mestrado pelos conhecimentos partilhados, pelas almoçaradas às sextas-feiras, fundamentais para aliviar o “stress” de um dia de aulas.

A todos os meus amigos e em especial ao Victor Rodrigues e Pedro Bento pelo incentivo e apoio durante as nossas voltinhas de bike, dando um novo alento para retomar o trabalho.

A todo o pessoal da Ribabike, em especial ao meu irmão... o primeiro da família a entrar para o mundo das bicicletas, à minha cunhada e ao Paulinho pela ajuda na mecânica durante as recolhas.

Ao Professor Algarra pela sua sabedoria, conhecimento e postura neste desporto. Foi e será sempre para mim uma referência e inspiração.

Ao Doutor Xavier Resa, pela sua disponibilidade e amabilidade durante os estágios das selecções. Também pelos ensinamentos e artigos disponibilizados.

ÍNDICE

ÍNDICE	III
Índice de Quadros.....	V
Índice de Figuras	VI
Lista de Abreviaturas.....	VII
Lista de Símbolos	IX
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
1.1. Justificação do tema	3
CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	5
2.1. Avaliação e controlo do treino	5
2.2. Variáveis fisiológicas avaliadas	6
2.2.1. Consumo de oxigénio.....	6
2.2.2. Frequência cardíaca.....	7
2.3. Testes de laboratório <i>vs</i> testes de campo	8
2.4. Especificidade dos testes	10
2.5. Controlo da intensidade de esforço através da potência.....	12
CAPÍTULO III- REVISÃO DE ESTUDOS	16
3.1. Estudos comparativos - testes de laboratório <i>versus</i> testes de campo	16
3.2. Estudos que comparam diferentes testes de laboratório.....	17
3.3. Estudos de validação Potenciómetros	19
3.4. Testes Máximos.....	20
3.4.1. Estudos com Testes Máximos para determinação do VO ₂ máx.	20
3.4.2. Estudos com Testes Máximos para análise de Frequência cardíaca.....	21

CAPITULO IV – PROBLEMA, OBJECTIVOS, HIPOTHESES, TIPO DE PESQUISA	24
4.1. Problema.....	24
4.2. Objectivos.....	24
4.3. Hipóteses	24
4.4. Tipo de Pesquisa.....	25
CAPITULO V – METODOLOGIA	26
5.1. Amostra	26
5.2. Instrumentos	26
5.3. Protocolo dos Testes e procedimentos de recolha	27
5.4. Análise Estatística	30
CAPITULO VI - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	31
6.1. Dados descritivos da amostra	31
6.2. Dados descritivos das variáveis estudadas	32
6.2.1. Consumo de oxigénio.....	32
6.2.2. Frequência Cardíaca	33
6.2.3. Cadência de Pedalada	33
6.2.4. Potência	34
6.3. Análise de medidas repetidas	35
6.4. Modelo de Associação.....	36
6.5. Comparação dos Valores Máximos dos Testes	38
CAPITULO VII – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	40
CAPITULO VIII – CONCLUSÃO	49
ANEXOS.....	62

Índice de Quadros

Quadro 1	Estatística descritiva relativa à idade, peso, massa gorda (MG) e altura.....	31
Quadro 2	Valores médios, desvios padrões, mínimos (Min) e máximos (Máx) da variável Consumo de oxigénio (VO ₂) no teste de ciclismo descontinuo em duas condições de exercício: No rolo fixo e na pista.....	32
Quadro 3	Valores médios, desvios padrões, mínimos (Min) e máximos (Máx) da variável Frequência Cardíaca (FC) no teste de ciclismo descontinuo em duas condições de exercício: No rolo fixo e na pista.....	33
Quadro 4	Valores médios, desvios padrões, mínimos (Min) e máximos (Máx) da variável Cadência de Pedalada no teste de ciclismo descontinuo em duas condições de exercício: No rolo fixo e na pista.....	34
Quadro 5	Valores médios, desvios padrões, mínimos (Min) e máximos (Máx) da variável Potência no teste de ciclismo descontinuo em duas condições de exercício: No rolo fixo e na pista.....	35
Quadro 6	Análise de medidas repetidas para comparação entre patamares e de comparação entre o teste no laboratório e no terreno, para as variáveis VO ₂ , FC e cadência de pedalada (Cad)	35
Quadro 7	Correlação entre as variáveis dependentes VO ₂ , FC e Cadência de Pedalada entre os testes de rolo e pista.....	36
Quadro 8	Regressão linear das variáveis VO ₂ e FC do teste de laboratório em função da variável dependente o teste de Pista.....	37
Quadro 9	Estatística descritiva para a média e valores máximos e mínimos dos valores máximos de cada indivíduo nas variáveis FC, VO ₂ , Cad e pot nos testes de rolo e pista.....	38
Quadro 10	Comparação de valores máximos de VO ₂ , FC, cadência e potência entre o teste de rolos e o teste de pista.....	39

Índice de Figuras

Figura 1	Teste de campo (pista).....	28
Figura 2	Evolução do VO_2 em cada patamar no teste de laboratório e no teste de campo.....	32
Figura 3	Evolução da FC em cada patamar no teste de laboratório e no teste de campo.....	33
Figura 4	Evolução da cadência de pedalada em cada patamar no teste de laboratório e no teste de campo.....	34
Figura 5	Recta de regressão linear dos valores médios dos sujeitos da variável VO_2 entre o teste de Laboratório e o teste de Pista.....	36
Figura 6	Recta de regressão linear dos valores médios dos sujeitos da variável FC entre o teste de Laboratório e o teste de Pista.....	37

Lista de Abreviaturas

cm	Centímetros
CP	Cadência de pedalada
DP	Desvio Padrão
FC	Frequência cardíaca
Kg	Quilograma
Km	Quilómetro
l	litros
LA	Limiar anaeróbio
Lab	Laboratório
LS	Lactato sanguíneo
LV	Limiar ventilatório
n	Número de sujeitos da amostra
MG	Massa gorda
min	Minuto
ml	Mililitros
P	Potência
p	Nível de significância
PSE	Percepção subjective de esforço
Pt	Pista
rpm	Rotações por minuto
r	Coeficiente de correlação de Pearson
UCI	União Ciclista Internacional
VCO ₂	Volume de Dioxido de Carbono
VO ₂	Volume de Oxigénio

VO₂max Volume máximo de Oxigénio

W Watts

Lista de Símbolos

\bar{x}	Média
%	Porcentagem
\pm	Mais ou menos
=	Igual
*	Multiplicação
/	Divisão
<	Menor
>	Maior
\leq	Menor ou igual
\geq	Maior ou igual
°	Graus

RESUMO

Objectivos - No presente estudo propôs-se comparar a resposta aguda das variáveis consumo de oxigénio (VO_2), frequência cardíaca (FC), cadência de pedalada (CP) e potência (P) com a utilização do mesmo protocolo de teste máximo aplicado em laboratório em rolo fixo e em situação de campo num velódromo descoberto de 400 metros.

Metodologia - Dez ciclistas masculinos de elite (idade, $22,3 \pm 3,9$ anos; massa corporal, $66,7 \pm 7,8$ kg; percentagem de massa gorda (MG) $6,7 \pm 1,5\%$; altura $175,1 \pm 8,2$ cm) realizaram um teste máximo descontínuo de incremento progressivo com patamares de 6 minutos, com 150 Watts (W) de carga inicial e aumentos de 50 W em cada patamar, até à exaustão. A recuperação foi passiva e o patamar seguinte era iniciado quando o sujeito apresentava um VO_2 inferior a 2 ml/kg/min acima dos valores de repouso antes do início do teste. As bicicletas apresentavam características similares e estavam ajustadas à estatura de cada atleta. A temperatura ambiente e a velocidade do vento foram controladas. O teste foi realizado primeiro no laboratório, sendo usado um rolo fixo e depois repetido num velódromo ao ar livre.

Resultados – O VO_2 , FC, CP e P, nos 4 primeiros patamares de esforço, não apresentaram diferenças significativas (VO_2 $p=0,193$; FC $p=0,973$; CP $p=0,116$) entre as duas condições de teste. Na comparação dos valores máximos encontrou-se diferenças significativas para a FC e CP. (FC $p=0,008$; CP $p=0,005$), mas não para o VO_2 e para a P. Todas as variáveis estudadas mostraram elevada correlação entre os dois testes (VO_2 $r=0,084$; FC $r=0,944$; CP $R=0,900$).

Conclusão – Concluiu-se que o teste em rolo estacionário permite avaliar a carga interna e externa máxima de ciclistas. Os resultados sugerem ainda que pela especificidade da realização do movimento e condições de realização idênticas às encontradas em treino ou competição, o teste de campo pode ser considerado um instrumento válido para a avaliação e controlo de ciclistas, desde que as variáveis externas (velocidade do vento e temperatura) sejam controladas.

Palavras Chave: Consumo de Oxigénio, Frequência Cardíaca, Potência, Cadência de Pedalada, Teste de Campo, Teste de laboratório.

ABSTRACT

Objectives - The present study aimed to compare the acute response of the oxygen consumption variables (VO_2), heart rate (HR), cadence (RPM) and power output (PO) using the same test protocol in a laboratory with a stationary ergometer and field situation in a discovered velodrome of 400 meters.

Methodology - Ten elite male cyclists (age, 22.3 ± 3.9 years; body mass, 66.7 ± 7.8 kg; fat mass percentage, % FM, $6.7 \pm 1.5\%$; height 175.1 ± 8.2 cm) performed a maximal discontinuous progressive test of 6 minutes levels, with a 150 Watts (W) of initial load and increasing 50 W at each level until exhaustion. Each level was initiated when the subject VO_2 reach a maximum of 2 ml/kg/min above the resting values. The bikes had similar characteristics and were adjusted to the height of each athlete. The temperature and wind speed were controlled. The protocol was firstly applied in an stationary treadmill and later in a outdoor velodrome.

Results - No significant differences were found on VO_2 , HR, RPM and PO in the first 4 levels of effort ($p = 0.193$ VO_2 , HR $p = 0.973$; RPM $p = 0.116$) between the two test conditions. Comparing the maximum values in both tests, significant differences were found for HR and RPM (HR $p = 0.008$; RPM $p = 0.005$) but not for VO_2 and PO. All variables have shown strong correlations between the tests (VO_2 $r = 0.084$; FC $r = 0.944$; PR $r = 0.900$).

Conclusion – The results suggest that both tests (laboratory and field) conditions are identical. The field test can be considered a valid instrument for the assessment and monitoring of cyclists, as long as external variables (velocity wind and temperature) are controlled.

Keywords: Oxygen Consumption, Heart Rate, Power Output, Cadence, Field Test, Laboratory Test.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

Foi na última década do século XIX que a bicicleta entrou plenamente no mundo moderno, quer como meio de transporte, quer como utilização recreativa ou prática desportiva (Gorrotxategui e Algarra, 1996). Dirigido pela União Ciclista Internacional (UCI) o Ciclismo existe como modalidade desportiva há mais de um século.

Dentro das suas especialidades destacam-se especialmente pela popularidade e pelo número de praticantes o Ciclismo de Estrada e o BTT (Giustina, 2008), no entanto existem outras vertentes desta modalidade, como o Ciclismo de Pista ou o BMX, sendo o primeiro modalidade Olímpica desde os primeiros jogos da era moderna e os segundos pela primeira vez nos jogos de Pequim. Para Algarra, (2006) o denominador comum de todas as vertentes do desporto Ciclista, é o binómio corredor-bicicleta, todavia dada a especificidade de todas elas, o presente estudo centrar-se-á com maior profundidade no Ciclismo de Estrada.

Lucia, Hoyos e Chicharro (2001), caracterizam o Ciclismo Profissional como um desporto resistência extrema, onde o atleta realiza aproximadamente 30.000 a 35.000 km sobre a bicicleta em treino e competição, sendo que em algumas provas, como o Tour de France percorrem durante 21 dias consecutivos (100 horas de competição) cerca de 3500 km (Padilla, Mujika, Orbananos, Angulo e Santisteban, 2001). As competições de Ciclismo de Estrada Nacionais e Internacionais podem ser divididas em provas por etapas únicas, ou competições que se estendem de quatro dias a três semanas. Em Portugal as mais importantes competições por etapas são a Volta a Portugal, a Volta ao Algarve e o Prémio Joaquim Agostinho.

Uma etapa típica de estrada poderá ter a duração de 1 a 6 horas (Faria, Parker, e Faria 2005). Podendo ser divididas em contra-relógio individual ou prova em linha, estando estas classificadas de acordo com a dificuldade do percurso, sendo predominantemente plano, semi-montanhoso e montanhoso (Padilla et *al.*, 2001).

Algarra e Gorrotxategui (1996) salientam a grande especificidade do Ciclismo, nomeadamente quando comparada com outros desportos individuais de resistência, onde diversos factores interferem no desempenho dos atletas, como por exemplo, condições climáticas (ventos, chuva, piso escorregadio), alterações de terreno e altimetria, que

limitam a possibilidade de controlar tanto o treino como a competição. A título de exemplo avaliar o tempo que um ciclista levaria a percorrer 10 km, não permite uma interpretação do esforço dispendido se não for conhecida a velocidade, a direcção do vento, a altimetria do percurso, o tipo de piso, a bicicleta, os materiais utilizados, etc (Algarra, 2006).

As exigências deste desporto obrigam um longo e intensivo treino (Gorrotxategui e Algarra 1996; Lucía, Hoyos e Chicharro 2001; Giustina 2008), verificando-se que ciclistas de alto nível podem manter uma frequência cardíaca média (FC) de 180-200 pulsações por minuto (bpm), o que significa a manutenção dos valores de intensidade próximos dos valores máximos da actividade cardíaca, durante longos períodos (Algarra, 2006). Em algumas fases mais exigentes a intensidade é surpreendentemente elevada, podendo passar períodos prolongados de esforço em percentagens acima dos 90% do volume do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), ou seja acima do limiar anaeróbio (LA), como em etapas de contrarrelógio ou de alta montanha (Lucía, Hoyos e Chicharro, 2001).

No quotidiano do treino e no acompanhamento da evolução da aptidão física, para o controlo das sessões de treino, tradicionalmente a FC apresenta-se com um importante instrumento de avaliação da intensidade, diante o baixo custo dos cardiofrequencímetros e da grande facilidade de acesso aos dados (Giustina, 2008), porém, o controlo da potência tem sido cada vez mais utilizado, quer na investigação, quer por treinadores, em vez da FC para especificar as intensidades de treino no Ciclismo (Prins, Terblanche e Myburgh, 2007).

Os mecanismos responsáveis pelo desempenho desportivo são tópicos de grande interesse aos profissionais que trabalham no treino desportivo, assim como métodos práticos e acessíveis de avaliação para maximizar o rendimento (Giustina, 2008). O desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos equipamentos de controlo do treino no desporto são uma realidade, que treinadores e atletas não poderão ignorar sob pena de comprometer a actualização dos seus modelos de treino e consequente perda de capacidade competitiva em relação aos seus adversários. Neste sentido, o aparecimento de aparelhos portáteis de medição da potência instalados nas bicicletas tem revolucionado os sistemas de controlo das intensidades de esforço (Prins, Terblanche e Myburgh, 2007), recolhendo dados precisos que são independentes de influências externas (Nye, 2006).

A medição da potência que um ciclista produz, em Watts, é a forma mais precisa de controlo do treino (Nye, 2006), Sendo considerada por Bertucci, Duc, Villerius, Pernin e Grape (2005) um aspecto determinante da performance em esforços de resistência.

Vários estudos têm sido realizados utilizando a potência como variável de controlo do esforço do ciclista, quer em situação de laboratório, quer em situação de campo (Hawley e Noakes, 1992; Lucía *et al.*, 2001; Millet, Ronche, Fuster, Bentley e Candauet, 2003; Okano, Altimari, Simões, Moraes, Nakamura, Cyrino, 2006; Duc, Villerius, Bertucci, e Grappe, 2007; Gardner, Martin, Martin, Barras, e Jenkins, 2007). Porém diversos autores mostram reservas quanto às correlações existentes nas respostas fisiológicas entre testes realizados em laboratório e testes realizados em situação de campo (Chicharro e Arce, 1991; Lucía, Hoyos, Pérez e Chicharro, 2000; Caputo, Lucas, Mancini e Denadai, 2001; Bertucci e Grappe, 2005; Gardner *et al.*, 2007; Giustina, 2008).

O presente trabalho pretende, através do controlo da potência produzida pelo ciclista, comparar um protocolo de esforço máximo progressivo em situação de rolo fixo e em situação de campo (velódromo), analisando as respostas cardiorespiratórias dos ciclistas.

1.1. Justificação do tema

No Ciclismo, muitos são os factores que interagem no desempenho dos atletas: as condições climáticas (vento, chuva, piso escorregadio), as alterações de terreno ou a altimetria, são variáveis que podem limitar a realização de testes de campo em avaliações específicas (Giustina, 2008). Esta limitação tem implicado que a avaliação, tanto de ciclistas como de triatletas, tenha sido tradicionalmente realizada em testes de laboratório (Coyle, 1988; Reiser, Meyer, Kindermann e Daus, 2000; Bertucci e Grappe, 2005; Gardner *et al.*, 2007). No entanto são diversos os estudos que reportam a validade de testes de laboratório para avaliar com precisão o potencial fisiológico dos atletas (La Voie, 1988) citado por (Padilla, Mujika, Cuesta, Polo e Chatard, 1996).

Para Costa, Lima e Oliveira (2007), o surgimento dos ciclo-simuladores (ou rolo fixo) foi um grande avanço para este tipo de avaliação, permitindo que testes em laboratório se aproximem mais da realidade e da especificidade do movimento ao usar a própria bicicleta do atleta a eles acoplada. No entanto existe ainda a necessidade de desenvolver uma avaliação mais próxima da realidade da modalidade (Giustina, 2008).

Os testes de laboratório apresentam a vantagem de serem realizados em condições ambientais bem controladas (Caputo *et al.*, 2001). Contudo existem condicionantes na sua utilização, como por exemplo a dificuldade em reproduzir fielmente a posição do ciclista no cicloergómetro (Fermino, Ramirez, Oliveira e Stella, 2005).

Chicharro e Arce (1991) referem que as avaliações de atletas de elite têm procurado aproximar-se o máximo possível, do gesto desportivo praticado pelo atleta no treino e competição. Fermino *et al.* (2005) acrescentam que a aplicação de novos equipamentos/protocolos para o controlo do processo de treino de desportistas de alto nível têm como princípio básico a maior aproximação possível das características materiais, fisiológicas, biomecânicas e ergonómicas do Ciclismo de competição.

Assim tem-se verificado uma cada vez maior utilização de testes de campo, sendo estes de competição ou treino (Chicharro e Arce, 1991). Para o ciclismo contudo, tais testes de campo ainda não foram suficientemente padronizados (Caputo *et al.*, 2001).

No contexto do anteriormente exposto, julga-se como pertinente e necessário, estabelecer um estudo comparativo entre testes de laboratório e testes de campo para o Ciclismo. Analisando a evolução das respostas cardiorespiratórias na aplicação do mesmo protocolo nas duas situações, visando dar uma maior fiabilidade de dados e aplicabilidade prática deste tipo de avaliações e seu uso para o controlo do treino e competição.

CAPITULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1. Avaliação e controlo do treino

Segundo Gardner *et al.* (2007) a realização de testes de controlo da performance de ciclistas é uma oportunidade para examinar parâmetros fisiológicos importantes no Ciclismo. Fermino *et al.* (2005) acrescentam que o treino desportivo para ser bem sucedido deve conter além de um bom planeamento e organização, um eficiente sistema de controlo com avaliações periódicas das diferentes capacidades condicionais e coordenativas envolvidas na modalidade. Desta forma apresenta-se relevante o desenvolvimento de métodos precisos que possibilitem quantificar a capacidade dos indivíduos em realizar trabalho físico (Oliveira, Silva e Espindola, 2001).

Para uma melhor programação de um treino, são necessários testes para determinação da real capacidade do atleta, em relação ao seu desporto, fornecendo dados para a prescrição de um treino individualizado, para maior utilização prática dos resultados (Mac Dougall, Wenger, e Green, 1982).

Uma selecção adequada de testes de controlo válidos, reproduzíveis e fidedignos normalmente é considerada suficiente para resolver essa tarefa (Borim, Prestes, e Moura, 2007). Também Lucía *et al.* (2000) sugerem que os testes em laboratório são relevantes para a prescrição adequada das cargas de treino com base nos dados relativos à FC.

Para Borim, Prestes e Moura (2007) a selecção da carga de treino tem uma importância fundamental em todo o processo: a partir do conhecimento do estado actual do atleta, das características da sua especialidade e dos objectivos individualmente estabelecidos, prescreve-se determinada carga. Após algum tempo, determina-se o efeito da carga sobre o organismo do atleta e fazem-se as alterações necessárias.

Num estudo apresentado por Costa, Nakamura e Oliveira (2007), caracterizaram os sistemas de treino de ciclistas de estrada e de todo-o-terreno Brasileiros, concluindo que são muitos os atletas que ainda treinam de forma pouco estruturada. Segundo os autores apenas 34% dos atletas já foram submetidos a avaliações em laboratório ou campo, mas somente 24% destes utilizam os resultados para o controlo do treino.

2.2. Variáveis fisiológicas avaliadas

Numerosos estudos têm sugerido que a identificação de parâmetros fisiológicos, como o LA, limiar ventilatório (LV) e variáveis associadas (Watts, FC, VO_2 , concentrações de lactato) podem ser úteis para prever a performance em exercícios de longa duração (Amann, Subudhi e Foster, 2006). A determinação destas variáveis pode também ser utilizada como índices de referência para a prescrição e controlo dos efeitos do treino (Oliveira, Silva e Santos, 2004; Balikian e Denadai, 1995).

2.2.1. Consumo de oxigénio

Por muitos anos o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ foi considerado como factor biológico discriminador da aptidão física de desportistas de modalidades predominantemente aeróbias (Fernandes, Adam, Costa, Silva, e De-Oliveira, 2005), sendo o parâmetro mais utilizado para a avaliação cardiorespiratória, predição da performance, prescrição e controlo do treino (Machado, Caputo e Denadai, 2004).

Para Vandewalle (2004) a medição do VO_2 pode ser utilizada em três situações: na determinação do custo energético de uma actividade; na determinação de substratos energéticos utilizados, em especial o uso de lípidos e hidratos de carbono através do cálculo do quociente respiratório (quociente entre a produção de dióxido de carbono e o consumo de oxigénio, VCO_2/VO_2); e na determinação do $\text{VO}_{2\text{máx}}$.

Em provas de contra-relógio, os ciclistas atingem valores de VO_2 próximos dos 90% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (Fernandez-Garcia, Terrados, Perez-Landaluce e Rodriguez-Alonso, 2000; Carpes, Nini, Nabinger, Diefenthaler, Mota e Guimarães, 2005).

Lucía *et al.* (2001) descrevem que, no ciclismo de estrada, os valores de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ são muito elevados nos atletas profissionais, variando em média entre $5,0\text{-}5,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ($70\text{-}80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Estes valores podem ser explicados em parte, dado o grande volume de treino e competições a que os atletas são submetidos.

Outros autores referem que o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ parece não explicar o desempenho no Ciclismo, tendo em vista que, em atletas de alto nível aeróbio, não sofre modificações significativas com o treino, sendo um indicador insuficiente para a estimativa da capacidade aeróbia (Faria, Parker e Faria, 2005; Barbeau, Serresse e Boulay, 1993).

No entanto Lucía *et al.* (2001) acrescentam que, embora possa não ser a melhor variável a ser utilizada para a estimativa do desempenho em modalidades de longa duração, como o ciclismo, valores elevados de $\text{VO}_2\text{máx}$ ainda representam um indicador para um bom rendimento do ciclista.

Os testes ergoespiométricos têm sido utilizados para determinação da potência aeróbia, pois permitem a determinação dos principais índices da aptidão cardiorespiratória, o $\text{VO}_2\text{máx}$ e o LV, que aumentam com o treino físico (Davis, Frank, Whipp, e Wasserman, 1979; Carvalho *et al.*, 2000).

2.2.2. Frequência cardíaca

A partir da década de 90, a monitorização da FC pela telemetria tornou-se possível, e os valores medidos no campo, tanto no treino como na competição (Padilla, Mujika, Orbananos e Angulo, 2000; Padilla *et al.*, 2001). Costa e Oliveira (2007) acrescentam que por ser de fácil acesso, a FC é um dos indicadores de intensidade de esforço mais utilizado no Ciclismo, podendo ser utilizado tanto em treino e competição, como em avaliação, seja em campo ou laboratório.

Segundo Jeukendrup e Van Diemen (1998), para se obter um efeito óptimo de treino e das sobrecargas é necessário monitorar a intensidade, não sendo, no ciclismo, a velocidade um indicador preciso da intensidade do exercício, a FC tem sido utilizada pelos ciclistas no treino e na competição, ou para determinar a intensidade do treino.

Padilla *et al.* (2001) e Lucía, Hoyos, Santalla, Earnest e Chicharro (2003) constataram que a FC é o melhor indicador para o controlo da intensidade durante eventos de resistência e competições, quando comparado com a capacidade de produção de lactato. Também Chicharro, Carvajal, Pardo, Pérez, e Lucía (1999) e Lucía *et al.* (2000) afirmam que é o mais preciso índice de intensidade de exercício no ciclismo.

A FC tem sido frequentemente utilizada para caracterizar a intensidade de um exercício, sendo denominada de FC máxima o valor obtido ao final de um teste de exercício máximo (Pinto e Araújo, 2006).

Para García-Manso, Martín-González, Sarmiento, Calderón, Medina e Benito (2007) a FC é também um bom indicador para controlo da fadiga, assimilação de cargas de treino, prognóstico de rendimentos e, mais recentemente, para o desenho de cargas de treino a partir de parâmetros determinados na avaliação dos desportistas.

Stapelfeldt, Scwartz, Shumacher e Hillebrecht (2004) descrevem o comportamento constante da FC, a qual se mantém habitualmente elevada durante as provas de ciclismo, apesar das grandes oscilações na potência produzida, especialmente em função da variabilidade do terreno, direcção e velocidade do vento e exposição no pelotão.

Fernandes *et al.*, (2005) demonstraram que a relação FC/carga externa de trabalho não é linear, o que pode representar algumas limitações na sua utilização. Já anteriormente Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti e Codeca (1982) mostraram a existência de um ponto de deflexão da curva da FC, que estaria relacionada com o LA, apresentado na parte superior da curva de FC, uma tendência de diminuição da progressão da FC.

2.3. Testes de laboratório vs testes de campo

As principais referências utilizadas na quantificação do treino aeróbio (VO_{2max} e LA) apresentam algumas dificuldades de avaliação em situação de campo (Hopkins, 1991).

Em modalidades como o Atletismo ou a Natação, a velocidade pode ser usada como indicador de intensidade de esforço, porém, talvez não o seja no Ciclismo dado os diversos factores que influenciam esta variável (Jeukendrup e Van Dieman, 1998). Existindo uma fraca relação entre a velocidade-intensidade (nas subidas a velocidade é mais baixa, enquanto a FC e a potência produzida são mais elevadas, ocorrendo o inverso nas descidas (Stapelfeldt *et al.*, 2004), o controlo destas variáveis pode limitar a realização de testes em situação de campo em avaliações específicas, justificando que a maior parte dos estudos e avaliações do treino sejam realizadas em laboratório (Giustina, 2008).

A avaliação de capacidades fisiológicas e biomecânicas de ciclistas é realizada a maioria das vezes, em laboratórios por cicloergómetros com um travão mecânico (e.g., o cicloergómetro Monark), ou com um cicloergómetro com travão electromagnético (e.g., os ergómetros Velodyne, Computrainer, Axiom), ou sobre um tapete rolante motorizado (Duc, Villerius, Bertucci e Grappe, 2007; Coast e Welch, 1985; Hagberg, Mullin, Giese e Spitznagel, 1981).

Os testes de laboratório apresentam a vantagem de serem realizados em condições ambientais bem controladas, permitindo inclusive a obtenção de variáveis, que habitualmente são de difícil mensuração em testes de campo (Caputo *et al.*, 2001). Na opinião de Balikian e Denadai (1996), esta situação deve-se provavelmente à existência de cicloergómetros que, em princípio, pode reproduzir o tipo de esforço de um ciclista durante

o treino ou competição real. E têm sido vários os estudos que referem a validade de testes de laboratório para avaliar com precisão o potencial fisiológico dos atletas (La Voie, Mercer e Ciolfi, 1988) citado por (Padilla *et al.*, 1996).

O formato da prova contra-relógio tem sido reproduzido sob condições de laboratório com o objectivo de prever o desempenho na pista (Coyle, Feltner, Kautz, Hamilton, Montain e Baylor, 1991; Laursen, Shing e Jenkins, 2003) mostrando resultados compatíveis aos encontrados em competições. No entanto Carpes *et al.* (2005) acrescentam que o comportamento da aplicação de força no pedal (técnica de pedalada), ao longo de uma prova contra-relógio simulada em laboratório carece de investigação.

A bicicleta ergométrica foi criada para identificar a capacidade de trabalho muscular dos indivíduos através de testes de laboratório (Astrand e Ryhning, 1954). Este tipo de ergómetro, assim como, a própria bicicleta individual de Ciclismo, usada em laboratórios ou em velódromo e competições, estão a ser alvo de diversos estudos que relatam as diferenças das respostas mecânicas e relativas da cadência de pedalada no Ciclismo (Bertucci, Tair e Grappe, 2005; Carvalho *et al.*, 2000; Lúcia, San Juan, Montilla, Canete, Santalla, Earnest, 2004; Padilla *et al.* 1996; Santalla, Manzano, Pérez e Lucia, 2002).

Duc *et al.* (2006) realça que existem condicionantes na sua utilização, por exemplo a dificuldade em reproduzir fielmente a posição do ciclista no cicloergómetro. Esta desvantagem poderá não existir em ciclo-simuladores (rolo fixo ou estacionário) em que o ciclista possa utilizar a sua própria bicicleta.

Os cicloergómetros geralmente são pouco confortáveis para os ciclistas, o que pode provocar a interrupção precoce do teste (Fermino *et al.*, 2005; Bertucci, Tair e Grappe, 2005), sendo relevante usar um ergómetro válido e fiável que permita identificar pequenas alterações no desempenho. A realização dos testes de laboratório em ciclistas num rolo fixo com o equipamento de competição do atleta, permite que a avaliação reproduza mais fielmente a situação do ciclismo. O aparecimento de vários modelos de simuladores que permitem o uso da própria bicicleta acoplada tem permitido que os testes de laboratório se aproximem mais da realidade e especificidade do movimento (Costa, Lima, e Oliveira, 2007).

A performance das condições fisiológicas no Ciclismo é representada pela potência relativa, que é mensurada através de variáveis fisiológicas do treino (Lúcia *et al.*, 2003). Para alcançar estas variáveis de treino é utilizado a potência mecânica oferecida pelos cicloergómetros, mensurada em Watts (W) (Padilla *et al.*, 1996; Lúcia *et al.*, 2003).

Existem também questões biomecânicas inerentes aos percursos de prova. Assim os indivíduos quando testados em laboratório pedalam sentados, o que não retrata algumas situações naturais, como a subida em montanhas na qual muitas vezes se utiliza a posição de pé (Dias *et al.*, 2006).

Para Mahiques, Sinz, Ferreira e Monzó (2004) os testes aplicados em trabalhos de investigação, no laboratório e de campo, são diferentes sendo que essas diferenças são estatisticamente significativas entre a maioria de variáveis relacionadas entre os testes.

2.4. Especificidade dos testes

A realização de testes em equipamentos nos quais os ciclistas não estão familiarizados pode interferir na avaliação dos ciclistas e triatletas, já que o princípio da especificidade pode ser posto em causa (Caputo *et al.*, 2001). Apesar de vários testes de laboratório estarem validados, a utilização do material específico e familiar de cada ciclista é um aspecto importante e a considerar na utilização de um teste (Padilla *et al.*, 1996). Para realizar testes específicos, é muito importante usar equipamentos familiares e dimensionalmente ajustados ao ciclista (Padilla *et al.*, 1996). Um dos critérios para determinação dos testes de controlo, no desporto de alto nível, destaca-se o princípio da especificidade (Fermino *et al.*, 2005). Os testes específicos têm a vantagem de reproduzirem as condições que o ciclista encontra durante as competições (Padilla *et al.*, 1996). De acordo com Magel (1975), citado por Caputo *et al.* (2001), a importância do princípio da especificidade para a prescrição e controlo dos efeitos de treino tem sido amplamente demonstrada, principalmente quando se avaliam atletas altamente treinados.

Davis *et al.* (1979) demonstraram que ocorrem diferenças nos resultados da potência aeróbia, se a avaliação foi realizada em bicicleta ergométrica, esteira ou ergómetro de braços em indivíduos não-atletas. Já Stromme, Ingjer e Meen (1977), na avaliação de 37 atletas praticantes de diferentes desportos, encontraram valores mais elevados de VO_{2max} , quando o ergómetro utilizado para avaliação era mais específico para a actividade praticada.

Fermino *et al.* (2005) referem que nada mais coerente do que avaliar o ciclista com a própria bicicleta de competição, respeitando o princípio da especificidade e, tornando a avaliação mais similar à realidade de competição do atleta. Respeitando o princípio da especificidade, e eliminando a necessidade de ergómetros específicos de laboratório, as

avaliações de atletas de elite têm procurado aproximar-se o máximo possível, do gesto desportivo praticado pelo atleta no treino e competição (Chicharro e Arce, 1991).

Ciclistas experientes têm dificuldade em adaptar-se a uma posição que não a sua normal de competição durante testes de laboratório realizados em cicloergómetros tradicionais tipo Monark (Bertucci, Taiair e Grappe, 2005).

Quando os ciclistas de estrada são testados no laboratório, os valores fisiológicos devem estar expressos por unidade de área de superfície corporal ou massa corporal, para estimar com maior precisão a sua performance em condições específicas de treino ou competição (Padilla *et al.*, 1996). As variáveis morfológicas, a massa corporal, a estatura, a superfície corporal e a área frontal podem ser determinantes para diferentes tipos de terrenos e etapas presentes nas competições de Ciclismo (Swain, 1994).

Com excepção do tapete rolante mecânico, todas as formas utilizadas para realizar testes em laboratório, inibem as oscilações naturais da bicicleta quando o ciclista pedala (Duc *et al.*, 2007). É com base nestes dados, que se tem procurado avaliar os atletas em testes que reproduzam de modo mais próximo possível, os movimentos utilizados durante o treino e a competição (Caputo *et al.*, 2001).

Duc *et al.* (2007) mostram através de electromiografia que existe uma forte possibilidade do movimento da pedalada e o custo energético serem afectados pelas alterações da técnica na utilização de cicloergómetros fixos, especialmente em exercícios de longa duração.

A associação que se faz normalmente entre a potência máxima no laboratório similar à potência obtida em campo tem recebido atenções limitadas (Gardner *et al.*, 2007). Faria, Roberts e Yoshimura (1989) referem que o pico de potência alcançado no Ciclismo é significativamente alterado pela posição do corpo, ou seja, são diferentes quando comparados aos testes de laboratórios e em condições de treino ou competição em velódromos. Para obter uma estimação válida da máxima potência, é necessário testar o ciclista em situação real de locomoção. Assim, no laboratório, é aconselhável utilizar um cicloergómetro que permite natural oscilação lateral da bicicleta (Bertucci, Taiair e Grappe, 2005).

Segundo Padilla *et al.* (1999) as próprias características morfológicas dos atletas são determinantes na produção de potência mecânica. Estes autores referem uma relação entre as características fisiológicas e de desempenho em ciclistas de estrada profissionais com a sua constituição morfológica, classificando os ciclistas em 4 tipos de especialistas: Trepadores; roladores; contra-relogistas; todo-o-terreno. Sugerindo uma relação entre

potência/massa corporal de pelo menos 5,5 W/Kg como um pré-requisito para os ciclistas de alto nível.

2.5. Controlo da intensidade de esforço através da potência

Recentemente, foi reportado que a velocidade da bicicleta pode ser precisamente calculada através dos dados tempo-potência conhecidos, em condições de potência máxima, em bicicleta de estrada, usando um equipamento portátil de controlo da potência (Gardner, Stephens, Martin, Lawton, Lee e Jenkins, 2004; Martin, Gardner, Barras e Martin, 2006). A aplicação desta descoberta põe em causa os tradicionais modelos de identificação da performance do ciclista, baseada em testes de laboratório. Assim, antes de aplicar este modelo, primeiro é necessário estabelecer um acordo, entre a produção de potência num laboratório e os dados recolhidos com uma bicicleta em movimento (Gardner *et al.*, 2007). É plausível inferir que o movimento da pedalada possa ser afectado pelo tipo de ergómetro utilizado uma vez que os ciclistas habitualmente não estão familiarizados com efeito condicionante na técnica de pedalada sobre um cicloergómetro (Duc *et al.*, 2007).

Os atletas para produzirem a potência máxima têm que oscilar lateralmente de forma controlada a bicicleta, assumindo na fase de aceleração uma posição levantada, que é conhecida por produzir maior produção de energia mecânica (Reiser, Maines, Eisenmann e Wilkinson, 2002), mas tal situação apresenta-se de difícil execução em laboratório.

Lucía *et al.* (2001) descrevem que a determinação da potência máxima pode variar de acordo com o protocolo de teste escolhido: Com patamares de duração curta, os valores ficam próximos de 500-550 W (6,5-7,5 W.Kg⁻¹) e em patamares mais longos 400-450 W (6,0-6,5 W.Kg⁻¹). Noutro estudo de avaliação da potência em laboratório, Lucía *et al.* (2004) sugerem a utilização de protocolos com incrementos de carga e patamares reduzidos, pelo facto de permitir que os ciclistas profissionais atinjam uma potência máxima mais elevada.

Impellizzeri, Sassi, Rodriguez-Alonso, Mognoni e Marcora (2002) mostraram que, de uma forma geral, os ciclistas de estrada especialistas em contra-relógio, atingem valores de potência no LA (entre 357 a 409 W) mais elevados que em atletas de Cross Country (entre 276 a 318 W). Consequentemente, a relação de força e potência de pedalada obtida em testes de laboratório podem ser caracterizadas com precisão, mas as capacidades máximas em condições reais de sprint permanecem desconhecidas (Gardner *et al.*, 2007).

Prins, Terblanche e Myburgh (2007) sugerem que a forma ideal de desenhar um protocolo variável com intensidades fixas num teste de laboratório deve ter como base as variações de potência medidas em situação de campo (e na duração dessas potências). Balikian e Denadai (1996) demonstraram que os testes de campo no ciclismo podem apresentar maior validade do que os de laboratório para a predição de performance na prova de 40 km contra-relógio. Também Prins, Terblanche e Myburgh (2007) concluíram que as performances obtidas em testes de campo, relatam melhor a potência em relação à massa corporal que a potência absoluta ou outra variável fisiológica, ou performance obtida em testes de laboratório. Este comportamento parece ocorrer porque no ciclismo o gasto energético é muito dependente da área de superfície corporal, do equipamento e da capacidade do ciclista diminuir a resistência imposta pelo ar (Padilla *et al.*, 1996; Daniel, Anthony e Chris, 1995).

Di Prampero, Cortilh, Mognoni e Saibene (1979) referiram que a performance dos ciclistas é, na maioria das vezes, representada pela velocidade. Nestas condições, a potência mecânica produzida apresenta relação com a dimensão corporal. Mas actualmente a potência pode ser estimada directamente usando um potenciómetro instalado na bicicleta (Martin, Millikin, Cobb, McFaden e Coggan, 1998; Olds, 2001). Estes aparelhos são capazes de medir a potencia instantânea, a cadencia de pedalada e a velocidade durante situações de terreno, quer em treino ou competição e condições de laboratório (Gardner *et al.*, 2004). Paton e Hopkins (2001) referem que é necessário a utilização na bicicleta de um potenciómetro móvel para medir de uma forma válida a potência desenvolvida pelo ciclista.

Stapelheldt *et al.* (2004) verificaram que a potência medida em competições de *Cross Country*, pode ser um bom indicador para o controlo da intensidade de esforço, uma vez que pode discriminar a exigência fisiológica do treino ou da prova, o que poderia ser extrapolado para o Ciclismo de Estrada com os mesmos objectivos.

Schabort, Killian, Gibson, Hawley e Noakes (2000) reconheceram uma elevada correlação entre a potência máxima durante um teste progressivo até à exaustão e a performance obtida em 40 Km de ciclismo durante uma prova de Triatlo. O pico de potência, também mostrou ter correlação com a performance em contra-relógio (Hawley e Noakes, 1992).

Foi relatado que o pico de potência absoluto obtido durante um teste progressivo máximo pode ser um bom indicador da performance de resistência em ciclistas de estrada (Coyle *et*

al., 1991; Hawley e Noakes, 1992), sendo mesmo considerado melhor indicador que $\text{VO}_2\text{máx}$ (Hawley e Noakes, 1992).

Paton e Hopkins (2001) referem que o sistema SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha) é aparentemente o melhor aparelho de medida da potência tanto em laboratório como em situação de campo. Este sistema tem sido utilizado como instrumento de referência e validação para outros potenciômetros e ergómetros (Gardner *et al.*, 2004).

Em treinos e competições, ciclistas profissionais são submetidos a altas intensidades de esforço, que são caracterizadas principalmente pela manutenção de uma grande produção de potência ao longo da prova (Chavarren e Calbet, 1999). Medindo a potência produzida pelo ciclista, obtemos a forma mais precisa e efectiva de controlar o treino e o esforço (Nye, 2006).

Os valores mais elevados de potência produzidos no Ciclismo, verificam-se em competições de sprint de 500 e 1000 metros (Dorel, Hautier, Rambaud, Rouffet, Van Praagh e Lacour, 2005). Simultaneamente, a média de potência durante uma simulação de prova indoor mostrou ter correlação com a performance obtida numa prova outdoor (Coyle *et al.*, 1991). As características destas provas diferem bastante dos tradicionais testes de potência em laboratório, uma vez que, durante estas competições, os ciclistas de elite utilizam desmultiplicações muito altas, que requerem muito mais tempo e trabalho para acelerar a bicicleta a altas frequências de pedalada (Martin, Wagner e Cyle, 1997).

Ebert, Martin, McDonald, Plummer e Withers (2005) num estudo realizado com ciclistas femininas em competições da taça do mundo de pista e de estrada, refere que em pista as atletas passam significativamente mais tempo acima dos 500 W, contudo, em provas de estrada, passam a maior parte do tempo entre 100 e 300 Watts, com picos de potência máxima entre 180-300 segundos.

Também a especialização do ciclista condiciona a sua produção de potência. Padilla *et al.* (1996) referem que especialistas em subida no ciclismo de estrada, em competição no Tour de França tiveram maior potência em relação à massa corporal (testados durante um teste progressivo), quando comparados com ciclistas que são especialistas noutras áreas como em terreno plano ou contra-relógio. Se um ciclista tem a particularidade de ter uma boa relação potência/peso, a vantagem será mais visível em provas de BTT (Prins, Terblanche e Myburgh, 2007). Craig e Norton (2001) constataram que o aumento do desempenho no Ciclismo pode ser alcançado diminuindo as diferentes resistências a vencer, e/ou aumentando a potência do ciclista.

Martin *et al.* (1998) descrevem através de um modelo matemático, que a produção de potência pelo ciclista tem de superar cinco pontos de resistência que estão implícitos no cálculo da potência final. Estas são a resistência aerodinâmica, resistência mecânica, o atrito da roda, alterações do potencial energético e alterações na energia cinética.

Para Di Prampero *et al.* (1979) os ciclistas têm que vencer dois tipos de resistência para gerar movimento: a resistência mecânica e a resistência do ar. A resistência mecânica mostra-se dependente da massa corporal dos sujeitos, da pressão dos pneus e das características da superfície da estrada e dos pneus. A resistência ao ar depende da área frontal do ciclista e da bicicleta, da densidade do ar e da velocidade de deslocamento.

CAPITULO III- REVISÃO DE ESTUDOS

3.1. Estudos comparativos - testes de laboratório *versus* testes de campo

A maioria dos estudos que compara testes de laboratório com testes de terreno, utilizam ergómetros fixos, pouco adaptáveis ao tipo de movimento e à estatura dos ciclistas.

Padilla *et al.* (1996) estudaram um grupo de doze ciclistas de estrada, analisando testes máximos num velódromo e em condição de laboratório (cicloergómetro Monark), com o objectivo de avaliar a validade do teste campo no velódromo, consistindo em repetidas voltas de 2,280 metros, com uma velocidade inicial de 28 km/h e incrementos de 1.5 km/h, intercalando com períodos de repouso de um minuto, até alcançar a exaustão. Foram comparadas as variáveis fisiológicas nos dois testes (FC, LS, VO_2 máx), mostrando como resultados que a FC e o VO_2 foram similares nos dois testes, mas a concentração máxima lactato sanguíneo foi mais alta no teste no velódromo que no laboratório. Como conclusão, os autores indicaram a validade do teste realizado no velódromo para ser usado na estimativa da performance aeróbia máxima em ciclistas de competição.

No estudo de Mahiques *et al.* (2004) compararam os resultados de um teste de laboratório com intensidades crescentes contínuas, patamares de 1 minuto, iniciando a 50 W e aumentos de 20 W até ao esgotamento, com um teste de campo de intensidades crescentes descontínuas, com 6 patamares de 4 minutos de 100/150/200/250/300/350 W. O objectivo deste estudo foi validar o teste de campo contrastando com os resultados obtidos no laboratório, para que sirva de controlo da avaliação condicional de ciclistas. Participaram no estudo 25 atletas (ciclistas e triatletas), utilizando os mesmos materiais nos dois testes. O teste de campo foi realizado numa pista de Atletismo e o teste de laboratório num cicloergómetro Monark. Os resultados mostraram que existem diferenças significativas entre os dois testes, como tal um teste não pode substituir o outro, no entanto a maioria das variáveis fisiológicas no teste de campo mostram correlação com o teste de laboratório.

Balikian e Denadai (1996) efectuaram um estudo com os seguintes objectivos: 1) Verificar a validade e fiabilidade de um protocolo elaborado para determinar a frequência cardíaca e a velocidade correspondentes ao LA (4mm/l de LS), em teste de campo para ciclismo; 2) verificar a correlação entre o LA, determinado a partir de um teste contínuo progressivo de

laboratório, com a performance numa prova de ciclismo de 40 km em contra-relógio; 3) verificar a sensibilidade e a correlação do teste de laboratório e do teste de campo em avaliar os efeitos do treino aeróbio, realizado durante 12 semanas. A amostra foi composta por 12 ciclistas do sexo masculino, que realizaram um primeiro protocolo com sete ciclistas para obtenção do LA em situação de campo e de laboratório. O teste de campo seguiu o seguinte protocolo: 3x 2.400 m a 85, 90 e 95% da velocidade máxima, no final de cada distância foi retirado o LS. O teste em situação de laboratório foi realizado num cicloergómetro Monark, iniciando a 80 W com incrementos de 40 W de 3 em 3 minutos. Numa segunda fase foi analisada a predição de performance de seis ciclistas, durante uma prova de 40 km em contra-relógio, correlacionando os valores do LA, obtidos nos testes de laboratório e de campo, com a velocidade média da prova. Para a concretização do 3º objectivo do estudo, participaram 6 atletas, que foram submetidos aos testes de campo e de laboratório para obtenção do LA, antes e depois de 12 semanas de treino. Estes resultados sugerem que o LA determinado em teste de campo, é um índice de referência que pode ser utilizado para: 1) prever a performance em provas de contra-relógio no ciclismo; 2) determinar os efeitos do treino aeróbio em ciclistas.

Gardner *et al.* (2007) estudaram sete ciclistas de elite, com o objectivo de comparar a potência, a frequência de pedalada e a força da pedalada, durante sprints realizados no cicloergómetro e numa bicicleta em situação de terreno. Foram realizados dois testes máximos, o primeiro em cicloergómetro (SRM cycle Ergometer), num sprint máximo de 6 segundos, e o segundo numa bicicleta em situação de terreno, equipada com um potenciómetro SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha), em sprint máximo de 65 metros. Os resultados mostraram não existir diferenças significativas para todas as variáveis, entre o teste de laboratório e o teste de campo. Como conclusão os autores sugerem que os dados máximos obtidos em laboratório, podem indicar medidas precisas da performance no Ciclismo.

3.2. Estudos que comparam diferentes testes de laboratório

Fermino *et al.*, (2005) realizaram um estudo com o objectivo de relacionar diferentes respostas fisiológicas consequentes de dois diferentes protocolos, um validado (cicloergómetro) e outro não validado (rolo estacionário). Foram avaliados 7 atletas

treinados, que realizaram dois testes, o primeiro num rolo estacionário na própria bicicleta de competição de cada ciclista, em que o atleta iniciava o teste numa cadência fixa, adicionando carga no rolo até que a FC estabilizasse próximo de 120 bpm por três minutos; a cada minuto subsequente o incremento utilizado passou a ser a própria transmissão da bicicleta, até a exaustão voluntária. A segunda avaliação foi realizada no cicloergómetro, o protocolo iniciava-se com a primeira carga de 30 watts e adição a cada minuto de 30 watts até a exaustão voluntária. Os dados encontrados foram os seguintes: FC no LV $169,71 \pm 8,99$ bpm vs $167,29 \pm 10,9$ bpm para um $r = 0,79$; FC max $185,29 \pm 7,32$ bpm vs $184,43 \pm 10,21$ bpm, para $r = 0,89$; LV $84,14 \pm 18,45$ mmol/l vs $78,57 \pm 18,96$ mmol/l, para $r = 0,79$; ventilação minuto máxima (VEmax) $120,00 \pm 21,09$ l/min vs $112,57 \pm 19,34$ l/min, para $r = 0,85$; e percepção subjectiva de esforço ao limiar anaeróbio ventilatório (PSE LV) $5,57 \pm 2,15$ vs $5,86 \pm 1,35$, com um $r = 0,78$. Após análise dos dados, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as variáveis mensuradas (FCmáx, VEmáx, LV, FC no LV, PSE no LV), obtidas através dos dois protocolos. Os autores concluíram, pela semelhança das respostas fisiológicas, similaridade da geometria do equipamento, pega no guiador, conforto do selim, postura mais confortável, plena fixação dos pés nos pedais, cadência próxima à de competição, afirmando que o teste de rolo estacionário pode ser indicado para avaliação de ciclistas de alto nível.

Duc *et al.* (2006) realizaram um trabalho com o objectivo de estudar o efeito de um ergómetro utilizado no ciclismo através da actividade electromiográfica (EMG) dos músculos envolvidos na pedalada. Sete ciclistas treinados participaram no estudo, onde realizaram quatro exercícios de pedalada de três minutos a 70% da potência máxima aeróbia num tapete rolante e num rolo estacionário. O aumento da actividade muscular durante o teste em rolo estacionário pode não ser devido à ausência de oscilações laterais, mas sim da força de frenagem constante, que obriga os ciclistas a manter uma tensão muscular permanente em cada ciclo de pedalada.

Bertucci *et al.* (2005) testaram a validade do rolo estacionário Axiom Powertrain comparando com um potenciómetro SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha). Participaram no estudo nove ciclistas de competição, que completaram quatro testes nas suas próprias bicicletas, equipadas com um potenciómetro SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha). O primeiro foi um teste aeróbio máximo, com início a 30W e aumentos de 30 W a cada 2 minutos até à exaustão, seguindo-se três testes de contra-relógio de 10 minutos, com diferentes inclinações (0%, 3% e 6%). Os resultados

mostraram que o rolo estacionário sobrestimou os valores de potência obtida, quando comparado com os valores do potenciômetro SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha), em 5% no último patamar do teste aeróbio máximo e 12% nos testes de contra-relógio. Estas descobertas indicam que o rolo estacionário Axiom Powertrain não é uma medida válida de potência quando comparado com potenciômetro SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha).

3.3. Estudos de validação Potenciômetros

Millet *et al.* (2003) propuseram-se a estudar a validade do potenciômetro Polar S710 (Polar electro, Kempele, Finlândia), em laboratório e situação de campo, em comparação com o potenciômetro SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha). Oito ciclistas treinados realizaram seis subidas de seis minutos a três diferentes intensidades (60%, 75% e 90% da potência máxima). Em situação de laboratório outros 44 ciclistas realizaram três séries de cinco minutos em três diferentes frequências de pedalada (60, 90 e 110 rpm), mantendo a mesma potência a 150 Watts. Os resultados no teste de campo mostraram que à medida que a intensidade aumenta, as diferenças de potência registadas entre os dois potenciômetros aumentam também. Em situação de laboratório 95 % das diferenças de potências medidas com S710 variaram entre 21.4 W até 8.3 W, verificando que este sistema sofre influência das desmultiplicações utilizadas na bicicleta. Como conclusão, os autores referem que o potenciômetro Polar S710 (Polar electro, Kempele, Finlândia), pode ser útil para ciclistas de recreação, mas não é válido para estudos científicos ou ciclistas de elite.

Duc *et al.* (2007) comparam a validade do potenciômetro Ergomo Power Meter (SG Sensortechnik, GMBH, Morfeldn-walldorf, Germany) com o sistema SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha) e PowerTap Power Meters (Cycleops, Madison, USA). Os autores programaram quatro protocolos que foram repetidos em oito dias. Os testes foram os seguintes: em situação de laboratório, um teste submáximo e incremental, um constante submáximo e um teste em sprint, o quarto foi um teste de campo, em condições reais de treino em várias condições de terreno. Os ciclistas realizaram todos os testes nas suas próprias bicicletas, equipadas com os potenciômetros Ergomo (SG Sensortechnik, GMBH, Morfeldn-walldorf, Germany) e SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha) e na roda

traseira foi utilizado o cubo Power Tap (Cycleops, Madison, USA). Os resultados encontrados, mostraram que o Ergomo (SG Sensortechnik, GMBH, Morfeldn-walldorf, Germany) mostra valores significativamente mais altos de potência (6% para o SRM e 2,5% para o Power Tap) que o SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha) e Power Tap (Cycleops, Madison, USA) durante o teste incremental submáximo. As diferenças foram ainda maiores no teste de campo (12 a 16%), mas menores no teste de sprint (1,6 a 3,2%). A conclusão deste estudo mostra que o Ergomo Power Meter (SG Sensortechnik, GMBH, Morfeldn-walldorf, Germany) é menos válido e fiável que os sistemas SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha) e Power Tap (Cycleops, Madison, USA).

3.4. Testes Máximos

3.4.1. Estudos com Testes Máximos para determinação do VO_2 máx.

Num estudo realizado por Hawley e Noakes (1992) foram definidos dois objectivos: determinar a relação entre o pico de potência máxima e o VO_2 máx. durante um teste de laboratório máximo, em simultâneo perceber a relação entre a potência máxima e a performance num contra-relógio de 20 km. Ciclistas treinados (54 homens e 46 mulheres) participaram na primeira parte da investigação realizando um teste máximo para identificar a potência máxima e o VO_2 máx. O teste foi realizado em cicloergómetro, seguindo um protocolo iniciado a 3.33 Watts. Kg^{-1} para homens e de 2 Watts. Kg^{-1} para mulheres, de 150 segundos aumentando 50 W no primeiro patamar e 25 W nos restantes até à exaustão, identificando o VO_2 máx e o pico máximo de potência. Na segunda parte do estudo, participaram 19 ciclistas realizando o mesmo protocolo progressivo e um contra-relógio de 20 km. Os resultados mostraram elevada relação entre o pico de potência e o VO_2 máx e entre o pico de potência e a performance do contra-relógio de 20 km. Os autores com esta investigação concluíram que o pico de potência máximo pode ser uma alternativa válida, tal como o VO_2 máx para avaliar ciclistas treinados. Simultaneamente o pico de potência máximo pode ser um instrumento válido para prever a performance em contra-relógio.

Yoon, Kravitz e Robergs (2007) estudaram 8 ciclistas masculinos e 8 ciclistas femininas bem treinados, com o objectivo de comparar os últimos 30 segundos de 4 testes progressivos máximos com durações de 5, 8, 12 e 16 minutos. Os resultados indicaram que

para as ciclistas o $\text{VO}_2\text{máx}$ não sofre alterações nas diferentes durações dos protocolos, excepto, para os homens em que, os valores encontrados no protocolo de 8 minutos foi significativamente maior que nos outros protocolos. Como conclusão deste estudo os autores propõem, que os testes para determinação do $\text{VO}_2\text{máx}$ devem ter uma duração entre 8 a 10 minutos para atletas altamente treinados.

Vella e Robergs (2005) examinaram a relação entre variáveis cardiovasculares (FC e Pressão arterial) e o VO_2 durante um teste progressivo contínuo máximo ($\text{VO}_2\text{ máx.}$). Participaram no estudo 21 Ciclistas treinados realizando um teste máximo inicial para medição do $\text{VO}_2\text{ máx.}$ Depois do teste inicial foram realizados mais 4 testes para medir as variáveis cardiovasculares, dois testes submáximos a 90% do $\text{VO}_2\text{máx}$ e dois testes máximos. Os dados encontrados sugerem que existe uma significativa relação não-linear entre as variáveis cardiovasculares e o VO_2 durante um teste progressivo de $\text{VO}_2\text{máx.}$ Confirmando que o $\text{VO}_2\text{máx}$ pode estar limitado pelas variáveis cardiovasculares.

3.4.2. Estudos com Testes Máximos para análise de Frequência cardíaca

Costa *et al.* (2007) estudaram dezoito ciclistas da modalidade de todo-o-terreno num teste em cicloergómetro com início de 100 Watt e incrementos de 30 Watt de três em três minutos até à exaustão. O objectivo deste estudo foi identificar o ponto de deflexão da FC através de um método indirecto. Através deste valor, e por se acreditar que corresponde ao momento do LA, calcular através de um método indirecto a capacidade aeróbia. O ponto de deflexão da FC foi identificado pelo método matemático Dmax, utilizando o primeiro valor superior ou igual a 140 bpm e a frequência cardíaca máxima. O ponto de deflexão cardíaca foi considerado o ponto mais distante entre a recta e a curva ajustada. Os resultados mostraram não haver diferenças significativas entre as variáveis estudadas nos grupos: ponto de deflexão da FC convencional e ponto de deflexão da FC invertida. Em 78% dos casos foi possível achar o ponto de deflexão da FC, sendo 45% com ponto de deflexão da FC convencional e 33% com ponto de deflexão da FC invertida. Em 22% dos casos foi encontrado um comportamento da FC linear. Como conclusões, os autores propõem que o ponto de deflexão da FC foi identificado em 78% da amostra, podendo ser considerado os aspectos práticos para a prescrição do treino aeróbio. No entanto a

utilização do ponto de deflexão da FC, para a prescrição do treino é questionável e precisa de mais investigação.

Dumke *et al.* (2006) levaram a cabo uma investigação com o objectivo de relacionar a FC e a resposta de lactato, durante um teste de contra-relógio simulado em laboratório. Dez atletas foram testados inicialmente num teste progressivo máximo, para determinar o VO_2 máx e o LA. A potência e a FC no LA foram determinadas por três métodos: o 1º pelo ponto de deflexão da curva de lactato, início do acumulo de ácido láctico e pelo modelo matemático Dmax. Em dias separados os ciclistas realizaram dois esforços máximos em situação de contra-relógio de 30' e 60' sendo medido durante o exercício o lactato, FC, percepção de esforço e as variáveis metabólicas. No contra-relógio de trinta minutos os participantes apresentaram valores significativamente maiores de lactato, a percentagem da FC máxima situou-se numa percentagem superior que para o teste de sessenta minutos. Para o VO_2 não foram encontradas diferenças significativas entre os dois testes, contudo a ventilação foi significativamente mais elevada durante o teste de trinta minutos. Foi encontrada correlação entre a FC no LA, a máxima fase estável de lactato, e o modelo Dmáx, para o contra-relógio de sessenta minutos, mas não para o de trinta minutos. Estes dados sugerem que existe uma grande variabilidade no LS durante um esforço de contra-relógio de trinta e sessenta minutos. A FC foi consistente a 90% do máximo para o contra-relógio de trinta minutos e 85% para o de sessenta minutos. A FC durante o contra-relógio de trinta minutos correspondeu aproximadamente à FC da máxima fase estável de lactato e para o modelo Dmáx, todavia a FC durante os sessenta foi aproximada ao LA.

Num estudo de Caputo *et al.* (2005) o objectivo foi determinar os efeitos do estado e especificidade do treino aeróbio na relação entre a percentagem de VO_2 máx e a percentagem da FC máxima durante o exercício incremental realizado no cicloergómetro. Sete corredores, nove ciclistas, onze triatletas e doze sedentários, todos do sexo masculino e aparentemente saudáveis, foram submetidos a um teste incremental até a exaustão no cicloergómetro. Regressões lineares entre a percentagem de VO_2 máx e a percentagem de FC máxima foram determinadas para cada indivíduo. Com base nessas regressões, foram calculados a percentagem da FC máxima correspondentes a determinadas percentagens de VO_2 máx (50, 60, 70, 80 e 90%) de cada participante. Não foram encontradas diferenças significativas entre todos os grupos nas percentagens de FC máxima para cada uma das percentagens de VO_2 máx avaliadas. Analisando-se os voluntários como um único grupo, as médias das percentagens da FC máxima correspondentes a 50, 60, 70, 80 e 90% do

%VO₂máx foram 67, 73, 80, 87, e 93%, respectivamente. Conclusão, nos grupos analisados, a relação entre a percentagem de VO₂máx e a percentagem de FC máxima durante o exercício incremental no ciclismo não é dependente do estado e especificidade do treino aeróbio.

Da revisão da literatura, conhecida até ao presente, não existe ainda consenso, quanto à obtenção da mesma resposta cardiorespiratória, na utilização de testes máximos progressivos, realizado em situação de laboratório num rolo estacionário e à utilização de testes com o mesmo desenho experimental mas realizados em situação de campo (velódromo).

CAPITULO IV – PROBLEMA, OBJECTIVOS, HIPOTHESES, TIPO DE PESQUISA

4.1. Problema

No presente estudo o problema que se coloca inicialmente é: ” será que se obtêm a mesma resposta cardiorespiratória, de cadências e de potência, aplicando o mesmo protocolo de teste máximo, realizado em situação de laboratório num rolo estacionário ou em situação de campo num velódromo?”

4.2. Objectivos

1. Comparar as respostas cardiorespiratórias (FC e VO_2), a potência máxima produzida e a cadência de pedalada, na realização de um teste progressivo em situação de laboratório num rolo estacionário e em situação de campo num Velódromo de 400 metros.
2. Quantificar as associações entre as variáveis cardiorespiratórias, a potência e a cadência.

4.3. Hipóteses

H0: Não existe correlação entre as respostas cardiorespiratórias, na cadência e na potência máxima, na realização de um teste progressivo em situação de laboratório num rolo estacionário e em situação de campo num Velódromo de 400 metros.

H2: Existe correlação entre a potência máxima, na realização dos dois testes.

H3: Existem diferenças significativas nas variáveis cardiorespiratórias, na realização dos dois testes.

4.4. Tipo de Pesquisa

Com o objectivo de comparar as respostas cardiorespiratórias nos dois testes, é um estudo de nível 3 método hipotético-dedutivo, do tipo experimental e descritivo. Os elementos que compõem a amostra realizaram dois testes progressivos, mantendo o mesmo protocolo em situações diferentes, em rolo estacionário e em velódromo.

As variáveis dependentes do estudo são a cadência de pedalada e as respostas cardiorespiratórias (FC e VO_2 máx.), a variável independente será o protocolo do teste progressivo.

CAPITULO V – METODOLOGIA

5.1. Amostra

A amostra do presente estudo é constituída por 10 Ciclistas do sexo masculino dos escalões Sub-23 e Elites, que participam regularmente em competições de Ciclismo de Estrada de nível Nacional. Todos os indivíduos foram informados dos riscos e benefícios dos testes, tendo assinado um termo de responsabilidade.

5.2. Instrumentos

Tendo em vista os objectivos deste estudo foram realizados dois testes, seguindo o mesmo protocolo mas em condições diferentes, ou seja, um primeiro teste realizado em situação de campo num velódromo (pista) de 400 metros, e o segundo teste realizado em ambiente de laboratório num rolo fixo (Tacx Flow, Wassenaar, Holanda).

A realização dos dois testes foi realizada individualmente por cada ciclista, utilizando a mesma bicicleta (Specialized, USA), equipada com um potenciómetro SRM Training System (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha).

Para a recolha de dados nos dois testes utilizou-se para a recolha da medição das variáveis ventilatórias e FC pelo analisador de gases portátil Cosmed K4b² (Cosmed srl, Roma, Itália).

A velocidade do vento foi medida através do instrumento anemómetro portátil da marca Xplorer, modelo SkywatchXplorer 3 (JDC Electronic, Yverddon-les-Bains, Switzerland).

Os dados antropométricos (massa corporal e altura) foram recolhidos através da balança e estadiómetro SECA (SECA, Hamburg, Germany).

Para avaliação da massa gorda corporal foi utilizado o aparelho de bio-impedância Omron HBF 303 (Omron Healthcare Europe B.V., Matsusaka, Japan).

5.3. Protocolo dos Testes e procedimentos de recolha

Os ciclistas tiveram um período de adaptação de 10 minutos (Prins, Terblanche e Myburgh, 2007) a cadência de pedalada foi livre (a preferida pelo ciclista de acordo com Lucía *et al.*, 2003) e a posição sobre a bicicleta com as mãos na secção mais baixa do guiador (Padilla *et al.*, 1996).

O protocolo adaptado de Padilla *et al.* (1996) inicia-se após o período de adaptação, consistindo na realização de um teste progressivo de 6 minutos com 150 W de carga inicial, e aumentos de 50 W em cada patamar (Amann, Subudhi e Foster, 2006), sendo o último realizado à máxima intensidade. O teste foi descontínuo e os intervalos de recuperação definidos individualmente, de acordo com os valores de VO_2 medidos em repouso antes do início do teste (Reis, Silva, Ascensão e Duarte, 2005).

Os valores de consumo de oxigénio (VO_2) dos sujeitos foram medidos na situação de repouso, sendo utilizado o Teste da Taxa de Metabolismo de Repouso, do software do analisador de gases Cosmed K4b² (Cosmed, Rome, Italy). Foram cumpridos os seguintes procedimentos: restrição de ingestão de medicamentos, bebidas alcoólicas e alimentos nas 12 horas anteriores ao teste; foram mantidas as condições de temperatura (temperaturas e percentagens de humidade médias de, respectivamente, 20 a 22°C e 50 a 60%); os sujeitos mantiveram-se imobilizados na posição deitada mais confortável; foram expurgados os dados dos primeiros 5 minutos de recolha. A estabilização foi identificada cumprindo os seguintes critérios: valores da média minuto do VO_2 e do VCO_2 com variações inferiores a 10% e de razão de troca respiratória inferiores a 5%, durante 5 minutos (Haugen *et al.*, 2003; Reeves *et al.*, 2004). Após se encontrarem devidamente monitorizados para iniciarem o teste nas diferentes condições de exercício, os sujeitos aguardavam sentados até que os valores de consumo sejam similares aos de repouso. Os sujeitos não realizaram exercício nas 12 horas anteriores às sessões de testes e não ingeriram alimentos e cafeína nas 3 horas antes do exercício. Os sujeitos realizaram um ligeiro alongamento dos músculos da coxa e perna antes do início dos testes.

Antes e durante a realização das sessões no velódromo, a velocidade do vento foi medida através de um instrumento anemómetro portátil da marca Xplorer, modelo SkywatchXplorer 3 (JDC Electronic, Yverdon-les-Bains, Switzerland). Os testes realizaram-se sempre que a velocidade do vento for inferior a 15 km.h⁻¹, velocidade até à

qual a resistência aerodinâmica é considerada negligenciável, de acordo com Pugh (1971) e Di Prampero (1986).

A desmultiplicação de carretos e pratos de pedaleira utilizada nos diferentes patamares foi seleccionada por cada um dos indivíduos, de acordo com a sua preferência. As indicações a fornecer aos sujeitos no início da realização dos testes foi a de que devem manter a sua cadência preferida em cada patamar de esforço, mantendo no entanto a potência definida para o patamar. De acordo com Lucia *et al.* (2003) a cadência de pedalada não tem interferência na manutenção da potência. A potência foi controlada pelos sujeitos em cada patamar, através do monitor do equipamento SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha) acoplado no guiador da bicicleta, dando informação actualizada da potência instantânea e média produzida pelo ciclista.

As variáveis cardiorespiratórias foram medidas, durante os patamares dos dois testes através de oximetria directa com um analisador de gases Cosmed K4b² (Cosmed, Rome, Italy). A Frequência Cardíaca (FC) foi medida pelo sensor acoplado ao K4b².



Figura 1. Teste de campo (pista).

Para o tratamento dos dados recolhidos pelo analisador de gases portátil foi utilizado o *software* do Cosmed K4b² versão 7.4b (Cosmed, Rome, Italy). Durante cada um dos testes, os valores da FC e VO₂ dos sujeitos, foram continuamente monitorizados por telemetria. O arnês do aparelho foi ajustado ao tronco dos sujeitos, transportando estes a unidade portátil na zona do peito e a bateria ao nível das omoplatas. São vários os trabalhos realizados para validação do aparelho Cosmed K4b² (Cosmed, Rome, Italy) nomeadamente de McLaughi, King, Howley, Basset e Ainsworth (2001), Doyon, Perrey, e Hugson (2001), Pinnington,

Wong, Tay, Green e Dawson (2001), e mais recentemente Duffield, Dawson, Pinnington e Wong (2004), têm demonstrado uma garantia satisfatória (em particular para intensidades de exercício que permitem a estabilização do VO_2) e uma boa reprodutibilidade de medição.

Foram realizados testes de calibração do analisador antes de cada utilização. Os procedimentos de calibração do analisador de gases Cosmed K4b² (Cosmed, Rome, Italy), antes do início de cada teste foram os seguintes: período de aquecimento do aparelho de 45 min; calibração com ar ambiente; calibração com gás de referência (16% O_2 e 5% CO_2); calibração do tempo de transição do gás; calibração da turbina (com seringa de 3000ml).

Segundo alguns autores (Arena, Humphrey, Peberdy e Madigan, 2003; Aisbett e Rossignol, 2003; Blondel, Berthoin, Billat e Lensel, 2001; Dupont, Blondel e Berthoin, 2003; Medbø, Mohn, Tabata, Bahr, Vaage e Sejersted, 1988; Robergs e Burnett, 2003; Vuorimaa, Vasankari e Rusko, 2000) existe a necessidade de expurgar alguns valores do VO_2 e filtrar os restantes através de médias. As flutuações no VO_2 medido através do método de “respiração-a-respiração” em conjunto com as flutuações do volume tidal e as consequentes alterações no fluxo sanguíneo pulmonar resultante de alterações na pressão pleural, são fortemente influenciadas por respirações mais ou menos esforçadas tais como “tosses” ou “expirações forçadas” (Lamarra, Whipp, Ward e Wasserman, 1987; Rossiter, Howe, Ward, Kowalchuk, Doyle, Griffiths e Whipp, 2000).

Os valores de VO_2 foram registados em intervalos de 15 segundos (Aisbett e Rossignol, 2003) e depois calculados os valores médios minutos de todos os valores registados (McCann e Adams, 2002). A diferença permitida entre os 4 valores consecutivos de 15 segundos para se constatar estabilização no VO_2 , foi inferior a $2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Whipp e Rossiter, 2005).

Os valores de FC e DE foram medidos nos momentos correspondentes aos da medição do VO_2 e calculada a sua média. O DE foi calculado pelo software do K4b² com base nas quantidades expiradas de VCO_2 e VO_2 (Elia e Livesey, 1992).

5.4. Análise Estatística

Todos os dados foram analisados pelo software de tratamento e análise estatística “Statistical Package for the Social Sciences” (SPSS Science, Chicago, EUA) versão 18,0. Foram utilizados procedimentos estatísticos para caracterizar os valores das diferentes variáveis em termos de tendência central e dispersão. Na análise inferencial dos dados dos dois estudos foi utilizada a técnica de comparação de médias ANOVA para medidas repetidas para comparar os valores das médias de cada variável, nas diferentes condições de prática. A exigência para que as diferentes medições sejam independentes intra-sujeitos é conhecida por pressuposto de “esfericidade”. Este pressuposto traduz-se, em termos práticos, numa matriz de covariância cuja diagonal principal é preenchida por variâncias iguais, e zeros fora da diagonal principal. A validação da “esfericidade” é uma condição suficiente e necessária para a utilização da estatística F na ANOVA de medidas repetidas. O teste estatístico para verificação da “esfericidade” utilizado no presente estudo foi o “teste de esfericidade de Mauchly”. Sempre que o pressuposto de “esfericidade” não se verificou, utilizou-se o factor de correcção Epsilon de Greenhouse-Geisser, por ser o mais conservador e adequado para amostras de pequena dimensão. Este factor é utilizado como factor de correcção da probabilidade de significância associada à estatística F calculada. Para estudar a relação entre as variáveis fisiológicas nos dois testes, determinou-se uma regressão linear, sendo a robustez do modelo medida pelo erro padrão de regressão. Para verificar a associação entre variáveis utilizou-se o teste de correlação paramétrico Coeficiente de *Pearson*, uma vez que se verificou normalidade na distribuição amostral das variáveis. Para comparação dos valores máximos obtidos pelos sujeitos no patamar em atingiram o VO_2 máx, utilizou-se o teste paramétrico t de medidas emparelhadas. O grau de significância para todos os testes estatísticos é de $p < 0,05$.

CAPITULO VI - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1. Dados descritivos da amostra

A amostra é constituída por 10 sujeitos do género masculino (características descritas no quadro1) tendo realizado ambos os testes na mesma bicicleta, Specialized (Specialized Morgan Hill USA) medida e modificada de acordo com as medidas das suas próprias bicicletas de competição. A única excepção foi de um atleta que pela sua elevada estatura não foi possível a realização na mesma bicicleta, utilizando-se uma Moser (Mosercycle Lancaster USA) instalando o mesmo potenciómetro SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha). O atleta em questão, mesmo destacando-se dos restantes sujeitos, foi decidido manter nesta amostra uma vez que o objectivo do estudo é a comparação entre os dois testes e não a análise de rendimento entre atletas. A distribuição dos dados foi normal para todas as variáveis estudadas, conforme o teste Shapiro Wilk para um grau de significância superior a $P \geq 0,05$.

Quadro 1. Características da amostra

	$\bar{x} \pm DP$	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	22,3 \pm 3,9	17	30
Peso (kg)	66,7 \pm 7,8	55	78
%MG	6,7 \pm 1,5	5	9
Altura (cm)	175,1 \pm 8,2	165	193

$\bar{x} \pm DP$, media e desvio padrão

% MG, percentagem de massa gorda

6.2. Dados descritivos das variáveis estudadas

6.2.1. Consumo de oxigénio

Pela análise da estatística descritiva pode-se observar uma tendência dos valores médios do VO_2 no teste de laboratório em rolo fixo sejam: superiores para os patamares 1, 2 e 3 muito semelhantes para o patamar 4 e inferiores para os patamares 5 e 6 em comparação com os valores de VO_2 verificados no teste realizado na pista.

Quadro 2. Valores médios, desvios padrões, mínimos (Min) e máximos (Máx) da variável Consumo de oxigénio (VO_2) no teste de ciclismo descontínuo em duas condições de exercício: rolo fixo (Lab) e pista (Pt).

Condição de teste	VO_2 (ml/kg/min)	Pat1 (n=10)	Pat2 (n=10)	Pat3 (n=10)	Pat4 (n=10)	Pat 5 (n=6)	Pat 6 (n=2)
Lab	$\bar{x} \pm \text{DP}$	45,94 \pm 7,38	56,30 \pm 9,84	65,80 \pm 9,04	71,98 \pm 7,11	72,64 \pm 8,53	72,50 \pm 12,74
	Min-Máx	35,37-60,09	43,48-73,16	53,03-76,85	63,26-83,20	57,88-78,70	63,54-81,58
Pt	$\bar{x} \pm \text{DP}$	41,47 \pm 3,20	53,64 \pm 5,26	63,31 \pm 5,44	72,27 \pm 6,15	74,67 \pm 3,52	79,36 \pm 0,50
	Min-Máx	37,15-48,56	45,85-62,23	55,52-73,85	63,13-80,78	69,53-80,23	79,01-79,07

$\bar{x} \pm \text{DP}$, média e desvio padrão

A figura 2 expressa a evolução dos valores médios de VO_2 nos dois testes, para cada patamar.

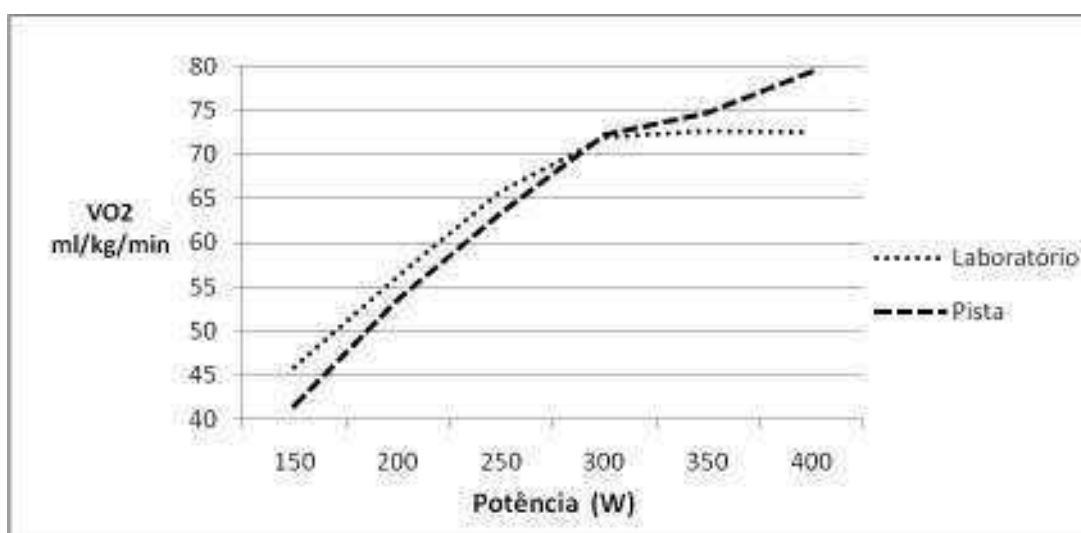


Figura 2. Valores médios do consumo de oxigénio (VO_2) em cada patamar no teste em rolo fixo (laboratório) e no teste de campo (pista).

6.2.2. Frequência Cardíaca

Pelo quadro 3 podemos verificar que a FC, com exceção do primeiro e último patamar, foi sempre superior no teste de laboratório.

Quadro 3. Valores médios, desvios padrões, mínimos (Min) e máximos (Máx) da variável Frequência Cardíaca (FC) no teste de ciclismo descontínuo em duas condições de exercício: rolo fixo (Lab) e pista (Pt).

Condição de Teste	FC (bpm)	Pat1 (n=10)	Pat2 (n=10)	Pat3 (n=10)	Pat4 (n=10)	Pat 5 (n=6)	Pat 6 (n=2)
Lab	$\bar{x} \pm DP$	136,20 \pm 11,30	155,93 \pm 16,23	171,50 \pm 12,74	180,53 \pm 12,10	184,80 \pm 4,69	190,83 \pm 3,35
	Min-Máx	118,45-151,85	123,25-182,77	146,52-191,06	161,27-196,90	179,08-190,55	188,56-199,23
Pt	$\bar{x} \pm DP$	146,80 \pm 9,21	153,85 \pm 9,56	166,96 \pm 11,85	178,08 \pm 9,05	180,64 \pm 8,78	191,67 \pm 16,08
	Min-Máx	129,65-161,24	153,85-168	146,12-182,09	158,50-188,76	192,58-169,05	180,22-203,02

$\bar{x} \pm DP$, média e desvio padrão

A figura 3 mostra a evolução dos valores médios de FC nos dois testes.

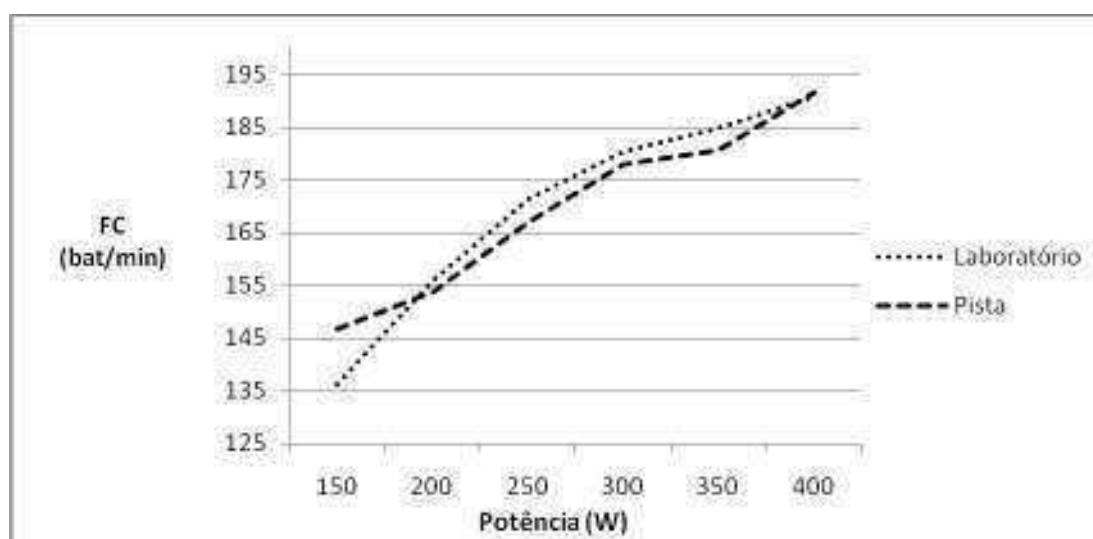


Figura 3. Valores médios da frequência cardíaca (FC) em cada patamar no teste em rolo fixo (laboratório) e no teste de campo (pista).

6.2.3. Cadência de Pedalada

Respeitando o princípio da especificidade, foi permitido aos ciclistas que alterassem as desmultiplicações conforme a sua preferência. A cadência de pedalada mantida foi a habitualmente utilizada em treinos ou competições (entre as 90 e 120 rpm).

Quadro 4. Valores médios, desvios padrões, mínimos (Min) e máximos (Máx) da variável Cadência de Pedalada (Cad) no teste de ciclismo descontínuo em duas condições de exercício rolo fixo (Lab) e pista (Pt) em cada patamar (Pat).

Condição de Teste	Cad (rpm)	Pat1 (n=10)	Pat2 (n=10)	Pat3 (n=10)	Pat4 (n=10)	Pat 5 (n=6)	Pat 6 (n=2)
Lab	$\bar{x} \pm DP$	96,26 \pm 6,79	101,23 \pm 7,02	103,99 \pm 5,22	105,05 \pm 4,36	105,12 \pm 7,02	112,98 \pm 10,87
	Min-Máx	84,23-104,76	89,15-110,11	93,34-110,05	97,63-113,90	99,04-116,37	105,30-120,68
Pt	$\bar{x} \pm DP$	96,67 \pm 6,17	98,03 \pm 8,36	100,74 \pm 5,88	98,90 \pm 5,33	98,20 \pm 8,03	104,80 \pm 3,22
	Min-Máx	88,11-104,78	85,23-110,72	110,30-89,02	89,04-107,12	87,46-107,91	102,47-107,40

$\bar{x} \pm DP$, média e desvio padrão

A cadência de pedalada média dos sujeitos com exceção do primeiro patamar foi sempre menor no teste de campo como se pode verificar pelo quadro 4. Pela análise do figura 4 verifica-se que no teste de laboratório ao aumento da intensidade corresponde um aumento da cadência de pedalada, para o teste de pista parece não existir essa relação.

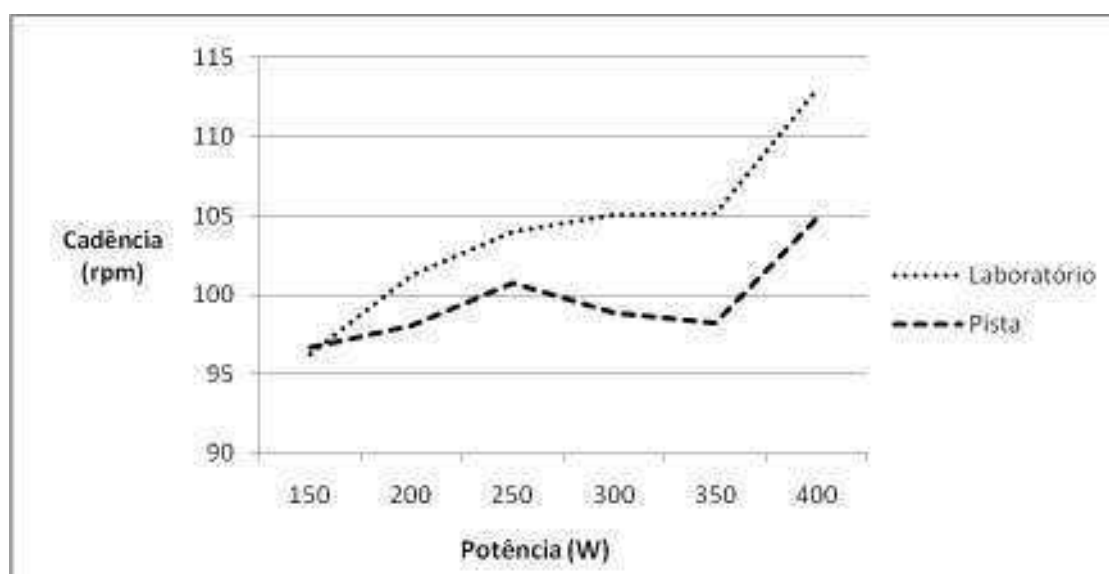


Figura 4. Valores médios de cadência de pedalada em cada patamar no teste em rolo fixo (laboratório) e no teste de campo (pista).

6.2.4. Potência

A potência foi usada como variável independente, como se pode observar pelos valores médios apresentados no quadro 5, não existiram diferenças nos dois testes. Pode-se considerar que a potência controlada pelo potenciômetro SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemanha) foi uma medida fidedigna para controlar a intensidade nos dois testes.

Quadro 5. Valores médios, desvios padrões, mínimos (Min) e máximos (Máx) da variável Potência (Pot) no teste de ciclismo descontínuo em duas condições de exercício: rolo fixo (Lab) e pista (Pt).

Condição de Teste	Pot (W)	Pat1 (n=10)	Pat2 (n=10)	Pat3 (n=10)	Pat4 (n=10)	Pat 5 (n=6)	Pat 6 (n=2)
Lab	$\bar{x} \pm DP$	149,60±9,20	201±1,59	249,90±1,07	299,14±2,97	348,34±1,96	396,45±3,37
	Min-Máx	147,84-161,74	197,56-203,14	248,06-252,21	293,40-303,47	346,53-351,10	394,06-398,84
Pt	$\bar{x} \pm DP$	151,05±1,95	201,08±2,19	251,83±2,13	302,79±2,13	350,02±1,06	393,90±4,60
	Min-Máx	148,50-153,11	198,33-204,28	254,22-248,28	299,23-306,01	353,13-345,73	389,94-396,51

 $\bar{x} \pm DP$, média e desvio padrão

6.3. Análise de medidas repetidas

A análise de comparações múltiplas foi efectuada apenas nos patamares em que todos os sujeitos da amostra completaram. Esta situação verificou-se nos quatro primeiros patamares e utilizou-se a técnica estatística ANOVA para Medidas Repetidas (4X2) comparando os valores médios dos quatro patamares nas duas situações de exercício, rolo fixo e pista.

Quadro 6. Análise de medidas repetidas para comparação entre patamares e de comparação entre o teste no rolo fixo (Lab) e no terreno (Pt), para as variáveis consumo de oxigénio (VO_2), frequência cardíaca (FC) e cadência de pedalada (Cad).

Condição de Teste		VO_2 (ml/kg/min)	FC (bat/min)	Cad (rpm)
Lab vs Pt	Diferença de médias	-2,349	-0,125	-3,166
	Sig. ^a	0,193	0,973	0,116
	IC 95%	L inf	-6,125	-8,147
		L sup	-1,429	-7,282
			-8,147	0,950

^a - Ajustamentos para comparações múltiplas Teste LSD

IC 95%, L inf, L sup – intervalo de confiança, limite inferior, limite superior

O quadro 6 mostra que não existem diferenças significativas nos quatro patamares de esforço entre o teste de rolo e o teste de pista, para as diferentes variáveis em estudo.

6.4. Modelo de Associação

Para verificar a associação entre as variáveis dependentes utilizou-se o teste de correlação paramétrico Coeficiente de *Pearson*, uma vez que se verificou normalidade na distribuição amostral das variáveis.

Quadro 7. Correlação entre as variáveis dependentes consumo de oxigénio (VO_2), frequência cardíaca (FC) e cadência de pedalada (Cad) entre os testes de rolo e pista (n=10).

Variáveis	Pearson	Sig
VO_2 (ml/kg/min)	0,984	0,000*
FC (bpm)	0,944	0,005*
Cad (rpm)	0,900	0,014*

* estatisticamente significativo para $p \leq 0,05$

O Coeficiente de *Pearson* mostra que existe associação estatisticamente significativa nas três variáveis para um valor de significância de $p < 0,05$, com o VO_2 ($r = 0,984$), para a FC ($r = 0,944$) e cadência ($r = 0,900$). Como se pode constatar que existe uma relação linear entre as variáveis podemos usar um modelo de regressão linear para ajustar estes dados. Para tal determinou-se as equações das rectas do teste de laboratório para predizer o resultado do teste de pista nas variáveis cardiorespiratórias VO_2 e FC (figuras 4 e 5).

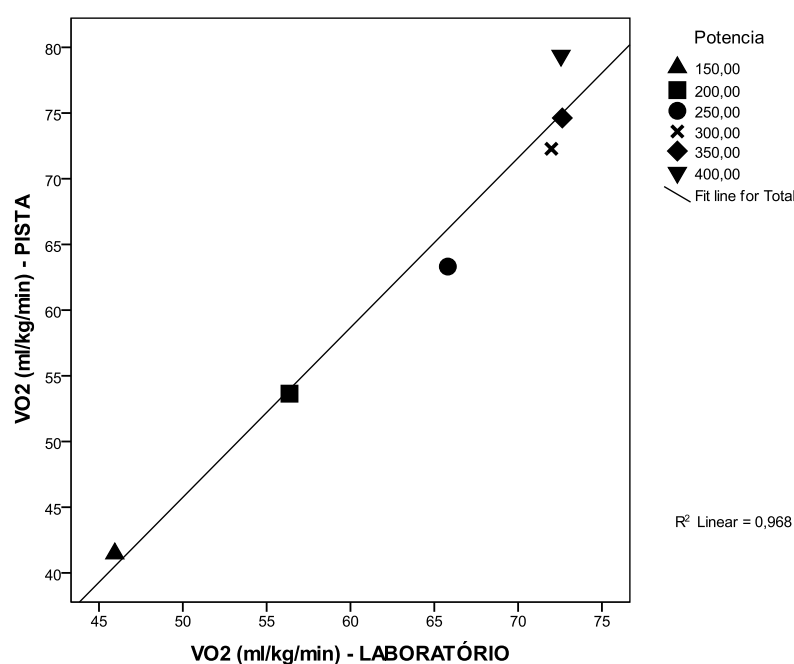


Figura 5. Recta de regressão linear entre os valores médios dos sujeitos da variável consumo de oxigénio (VO_2) entre o teste de Laboratório e o teste de Pista.

O método do mínimo dos quadrados foi o método utilizado para estimar os coeficientes de regressão.

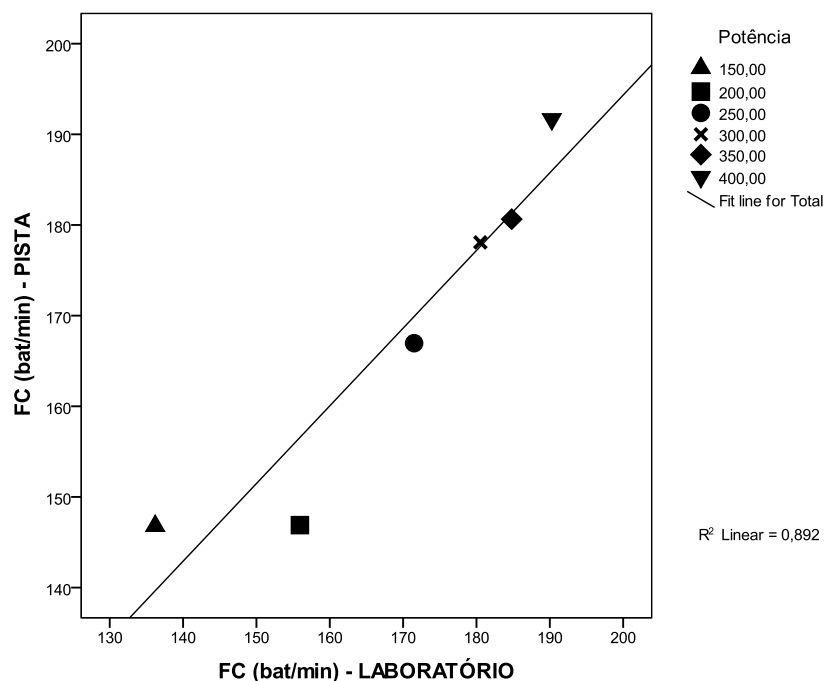


Figura 6. Recta de regressão linear entre os valores médios dos sujeitos da variável frequência cardíaca (FC) entre o teste de Laboratório e o teste de Pista.

O coeficiente de determinação (R^2), que mede a quantidade de variabilidade explicada pelo modelo, apresenta um bom ajuste com valores próximos de 1, permitindo concluir que a relação linear entre as duas condições de exercício é forte, em particular para a variável VO_2 .

Quadro 8. Modelo de regressão linear das variáveis consumo de oxigénio (VO_2) e frequência cardíaca (FC) do teste de rolo fixo (Lab) em função da variável dependente o teste de Pista.

	Constante	Declive	T	P
VO_2 Lab (ml/kg/min)	-18,857	1,292	11,031	0,000*
FC Lab (bpm)	22,928	,857	5,734	0,005*

* estatisticamente significativo para $p < 0,05$

Os resultados obtidos mostram que as variáveis cardiorespiratórias medidas no teste em rolo fixo, VO_2 ($B=0,984$; $P=0,000$) e FC ($B=0,944$; $P=0,005$), podem prever os resultados do teste de pista através das equações:

$$\text{VO}_{2\text{pista}} = -18,857 + (1,292 * \text{VO}_{2\text{rolo}})$$

$$\text{FC}_{\text{pista}} = 22,928 + (0,857 * \text{FC}_{\text{rolo}})$$

6.5. Comparação dos Valores Máximos dos Testes

Para comparar os valores máximos alcançados em cada teste para as variáveis VO_2 , FC , Cadência e Potência, analisa-se os valores máximos obtidos no patamar em que o atleta atingiu o seu VO_2 máximo. No quadro 9 apresenta-se a análise descritiva dos valores encontrados.

Quadro 9. Valores médios, máximos e mínimos dos valores máximos dos sujeitos nas variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigénio (VO_2), cadência (Cad) e potência (Pot) nos testes de rolo (Lab) e pista (Pis).

Condição de Teste		VO_2 (ml/kg/min)	FC (bat/min)	Cadência (rpm)	Potência (W)
Lab (n=10)	$\bar{x} \pm \text{DP}$	74,63 \pm 7,27	186,55 \pm 8,55	105,92 \pm 6,67	337,27 \pm 39,53
	Min-Máx	63,54-83,20	169,25-196,50	97,61-120,69	293,49-398,84
Pista (n=10)	$\bar{x} \pm \text{DP}$	75,82 \pm 5,15	179,84 \pm 6,90	98,15 \pm 6,69	344,77 \pm 33,03
	Min-Máx	66,37-80,65	169-188	84,51-107,14	302,3-396,5

$\bar{x} \pm \text{DP}$, média \pm desvio padrão
Min-Máx, mínimo e máximo

A FC e a cadência apresenta valores médios inferiores na situação de teste em pista. No entanto os valores de VO_2 são similares em ambas as condições de teste. A dispersão expressa pelo desvio padrão é similar em ambas as condições de teste. O valor médio da potência apresenta maior dispersão uma vez que representa a média de 3 patamares de diferentes intensidades, uma vez que 4 ciclistas alcançaram a exaustão aos 300W, 4 aos 350W e 2 aos 400W.

Quadro 10. Comparação de valores máximos de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigénio (VO₂), cadência (Cad) e potência (Pot) entre o teste de rolo e o teste de pista (n=10).

Variáveis	T	Sig
VO ₂ (ml/kg/min)	- 0,650	0,532
FC (bat/min)	3,650	0,008*
Cadência (rpm)	3,689	0,005*
Potência (W)	-1,514	0,164

* estatisticamente significativo para $P \leq 0,05$

Para comparar as variáveis utilizou-se o teste *t* de medidas emparelhadas (quadro 10) não se verificando diferenças significativas para a variável VO₂ máx ($T = - 0,650$; $P = 0,532$) e potência ($T = - 1,514$; $P = 0,164$). Para as variáveis FCmáx ($T = 3,650$; $P = 0,008$) e cadência de pedalada ($T = 3,689$; $P = 0,005$) existem diferenças significativas nos valores máximos encontrados nos dois testes.

CAPITULO VII – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A avaliação de ciclistas, tem sido tradicionalmente realizada em testes de laboratório (Coyle, 1988). No entanto tem procurado aproximar-se o máximo possível, do contexto de prática desportiva do atleta em treino e competição (Caputo e Denadai, 1996). A importância do princípio da especificidade para a prescrição e controle dos efeitos do treino, tem sido amplamente demonstrada, principalmente quando se avaliam atletas altamente treinados (Magel *et al.*, 1975). As avaliações e prescrições, principalmente do treino aeróbio para ciclistas, têm se baseado em testes que utilizam o cicloergómetro (Caputo e Denadai, 1996). É com base nestes dados, que se têm procurado avaliar atletas em testes que reproduzam do modo mais próximo possível, o esforço realizado durante o treino e a competição (Caputo e Denadai, 1996).

Alguns estudos têm mostrado diferenças significativas em algumas variáveis entre testes realizados em laboratório e teste de campo (Padilla *et al.*, 1996; Mahiques *et al.*, 2004; Caputo *et al.*, 2001; Prins *et al.*, 2007; Gardner *et al.*, 2007), o ponto comum de todos estes estudos foi a utilização de protocolos diferentes na situação de laboratório e na situação de campo, atribuindo as diferenças encontradas entre os testes não às condições de realização mas ao protocolo utilizado nos dois testes (Padilla *et al.*, 1996; Mahiques *et al.*, 2004). O presente estudo propôs-se comparar a resposta aguda das variáveis cardiovasculares, com a utilização do mesmo protocolo aplicado em situações e ambientes diferentes, no laboratório em rolo fixo e em situação de campo num velódromo descoberto de 400 metros.

Padilla *et al.* (1996) encontrou valores de potência máxima, FC_{máx} e VO₂_{máx} similares no velódromo e no laboratório, porém a concentração de lactato foi mais alta no velódromo. Também Gardner *et al.* (2007) não encontraram diferenças significativas entre a potência máxima obtida em situação de campo num velódromo e no laboratório com um cicloergómetro.

No presente estudo pela análise de comparações múltiplas de valores médios para os quatro primeiros patamares, não se verificaram diferenças significativas nas variáveis estudadas nas duas situações de teste.

Vários estudos mostram que a resposta metabólica não depende unicamente do tipo de resistência imposta. Quando se compara o VO_2 em cicloergómetros com sistema de resistência por fricção e situações específicas de ciclismo, não se observam diferenças significativas (La Voie *et al.*, 1988; Seifert e Langenfeld, 1988; Padilla *et al.*, 1996). Também Fermino *et al.* (2005) não encontraram diferenças significativas entre um teste de rolo fixo e um teste realizado com um cicloergómetro, para a FC e VO_2 . Embora estatisticamente não existam diferenças significativas entre os valores médios dos quatro primeiros patamares, as diferenças encontradas numa análise descritiva e os resultados da comparação de valores máximos, permitem assumir que os dois testes não tiveram respostas idênticas, quer para as variáveis cardiorespiratórias, quer para a variável mecânica cadência de pedalada. Como se verificar pela análise da figura 2 o VO_2 é sobrestimado nos patamares 1,2 e 3 no teste de laboratório em relação ao teste de pista, no patamar 4 o valor médio da nossa amostra é muito semelhante, mas nos patamares 5 e 6 o VO_2 é subestimado no teste de laboratório em comparação com o teste de pista.

Pela análise de regressão linear pode-se identificar o valor de potência em que o VO_2 é igual para os dois testes situando-se entre os 72 e 74 ml/min/kg \pm entre os 275 a 280 W de potência. A partir deste valor o VO_2 no teste de laboratório praticamente não sofre alterações. No entanto para o teste de pista verifica-se que os valores de VO_2 continuam a aumentar nos patamares seguintes.

Se analisarmos os valores de cadência de pedalada expostos na figura 4, poderemos encontrar uma justificação para esta ocorrência, a cadência de pedalada no teste de rolo situa-se entre as 105 rpm e com o aumento da potência acima dos 300 W sobe para valores acima das 110/115 rpm, enquanto no teste de pista também se verifica um aumento da cadência em função da potência, mas estes valores não ultrapassam as 105 rpm. Esta ocorrência poderá ser explicada, pelo VO_2 no teste de rolo praticamente não aumentar a partir dos 300 W, já que o aumento da potência se deve ao aumento da velocidade gestual (cadência de pedalada) e não a um aumento da força exercida pelo ciclista. Vários autores referem que as cadências preferidas pelos ciclistas em treino ou competição se situam perto das 90 -100 rpm, consideradas teoricamente menos económicas e com um consumo energético maior que a faixa económica de cadência de pedalada definida entre as 60 e 70

rpm (Vercruyssen, Suriano, Boshop e Hausswirth, 2005; Marsh e Martin, 1997; Millet *et al.*, 2003; Coast e Welch, 1985). Os dados obtidos do teste de rolo estão acima desta faixa de cadência de pedalada. Takaishi *et al.* (1996) sugeriram que a razão para a preferência dos ciclistas por cadências mais elevadas está relacionada com o desenvolvimento da fadiga neuromuscular e não cardiorespiratória. Esta poderá ser uma das razões pelo qual o aumento do VO_2 ser menos expressivo a partir dos 300 W no teste de rolo. A capacidade para manter o esforço durante o incremento da potência deve-se ao aumento da actividade neuromuscular e não ao aumento da actividade cardiorespiratória.

A cadência de pedalada poderá ter afectado o VO_2 principalmente nas intensidades máximas, se atendermos que o teste *t* de medidas emparelhadas encontrou diferenças significativas entre as cadências utilizadas pelos ciclistas nos patamares onde atingiram o seu $\text{VO}_{2\text{máx}}$ nos dois testes. No entanto a cadência não teve influência na performance dos atletas, já que a potência máxima obtida nos dois testes quando comparada não foi estatisticamente significativa. Alguns estudos afirmam que o aumento da cadência de pedalada não altera a eficiência mecânica (Marsh e Martin, 1998). Também Lucía *et al.* (2001) referem não existir alterações na eficiência de pedalada com o aumento da cadência, em ciclistas altamente treinados que realizam testes de potência acima de 300 – 350 watts.

Outros autores Belli e Hintzy (2002) não suportam esta teoria e analisando VO_2 e a energia gasta reportam que o VO_2 foi menor a baixas cadências, com um maior gasto energético em cadências mais elevadas. Já Sidossis, Horowitz e Coyle (1992) afirmam que a eficiência a uma intensidade de 80-90% do VO_2 em ciclistas treinados foi similar a 60,80 e 100 rpm, no entanto o consumo de O_2 aumenta com o acréscimo de cadência. O presente estudo não corrobora com estes dados, verificando-se que o VO_2 não aumentou linearmente em situações de cadências e potências mais elevadas.

Outra justificação poderá ser encontrada na análise da técnica do ciclista. Duc *et al.* (2006) referem que é legítimo supor que o movimento de pedalada possa ser afectado pelo tipo de ergómetro utilizado. Os mesmos autores salientam a vantagem de pedalar num rolo fixo em que o ciclista pode utilizar a sua própria bicicleta quando comparado com um cicloergómetro do tipo Monark, no entanto o rolo fixo também condiciona as oscilações laterais da bicicleta.

Ainda outra condicionante mencionada por Dias *et al.* (2006) refere-se ao facto de os indivíduos quando testados em laboratórios terem que pedalar sentados. O que não retrata

algumas situações naturais, como a subida em terreno acidentado ou situações de arranque ou sprint na qual se utiliza a posição de pé. Segundo Duc *et al.* (2006) a fadiga muscular durante o exercício intenso prolongado, pode ocorrer mais rapidamente entre os ciclistas que pedalam num ergómetro estacionário em comparação com uma passadeira motorizada ou em situação de campo. Essas diferenças podem ser explicadas pela ausência de oscilações laterais, em que a orientação da força aplicada sobre o pedal é exercida de forma mais eficiente quando o ciclista consegue oscilar lateralmente a bicicleta.

Um factor que pode explicar as diferenças nos testes, é a resistência de travão constante do ergómetro, que exige aos ciclistas a manutenção de uma tensão muscular permanente durante cada ciclo do pedalada (Fermino *et al.*, 2005). Com efeito, Duc *et al.* (2007) também mostraram que a actividade neuromuscular global é maior quando os ciclistas pedalam num rolo fixo, quando comparado com a situação real de pedalada. Estes dados sugerem que a estabilização ocorrida no 4º patamar no VO_2 do teste de rolo no presente estudo, poderão ser explicados pelo aumento da cadência de pedalada para valores acima da zona considerada económica e preferida pela maioria dos ciclistas, em situação de treino ou de competição. Este aumento na cadência de pedalada poderá ser explicado, em primeiro lugar pela técnica dos ciclistas, uma vez que a bicicleta está fixa no rolo, não permitindo desta forma, as oscilações laterais. Outro factor poderá estar relacionado com o atrito da roda ao rolar na superfície do ergómetro, que teoricamente será menor que a superfície da pista. Embora não tenhamos valores concretos sobre esta força de atrito, por observação e registo directo da realização dos testes, verificou-se que todos os ciclistas utilizaram desmultiplicações superiores no teste de rolo em comparação com o teste de pista, mantendo mesmo assim uma cadência superior. A título de exemplo, a relação velocidades, cadências de pedalada e desmultiplicações utilizadas, segundo Algarra (2006), para um ciclista no rolo a 300 W com uma desmultiplicação de 52/12 (sendo 52 o número de “dentes” da roda pedaleira e 12 o número de “dentes” do carreto) a 118 rpm atingiria uma velocidade (em situação de estrada) de 65 km/h, enquanto na pista para os mesmos 300 W com a mesma desmultiplicação, atinge uma velocidade de 40 km/h com uma cadência de pedalada de 72 rpm. No presente estudo, o ciclista para se deslocar na mesma velocidade (40 km/h) na cadência média verificada neste patamar, entre 95 e 100 rpm, a desmultiplicação será de 52/17, comprovando que para a mesma potência os ciclistas não utilizaram desmultiplicações iguais.

Na análise da FC através da ANOVA de medidas repetidas também não se encontraram diferenças significativas. Com excepção do 1º patamar, a FC foi sempre superior no teste de rolo para a mesma potência no teste de pista. Também Mahiques *et al.* (2004) encontrou valores de FC mais elevados em todos os patamares no teste de rolo. Contudo estes testes têm a particularidade de não submeterem a amostra ao mesmo protocolo quando comparados os dois testes. Já Padilla *et al.* (1996) identificou diferenças significativas para FC, sendo mais alta em intensidades submáximas no velódromo a 40%, 50%, e 60% em comparação com valores obtidos em laboratório. Dias *et al.* (2007) concluíram que quanto maior a potência absoluta realizada na bicicleta, menor os efeitos da cadência de pedalada sobre a potência mecânica e a influência da cadência sobre a FC. No mesmo estudo a FC_{máx} foi igual utilizando o mesmo protocolo mas com cadências diferentes. No presente estudo, para a FC encontrada no patamar em que estabilizou o VO₂_{máx} em cada atleta, encontramos diferenças significativas entre os dois testes. Os resultados deste estudo corroboram com os achados por Rowell e O'Leary (1990) os quais mostram que a FC acompanha o aumento da cadência de pedalada.

Segundo Dias *et al.* (2007) testes submáximos com indivíduos fisicamente activos, mostram que pedalar numa mesma potência mecânica, obtida com combinações de cadência e carga resistiva diferentes, resulta em respostas da Frequência Cardíaca, Pressão Arterial, Duplo Produto e Percepção de Esforço diferente, principalmente se a cadência escolhida se encontrar acima da faixa económica (50 a 60 rpm). As diferenças da evolução da FC entre os dois testes, identificadas pela figura 3, poderiam ser também justificadas pelas alterações na cadência de pedalada, mas não parece ser a análise correcta, uma vez que analisando as figuras 3 e 4, verificamos que a FC tem uma evolução linear com o aumento da potência, enquanto a curva correspondente à cadência não apresenta estas características, ou seja, o aumento da potência não significou um aumento na cadência, depreendendo que a cadência pode não ser o único factor determinante para um aumento da FC no teste de rolo.

A justificação para um aumento da FC entre as duas situações de teste poderá estar relacionada com a termoregulação. Rubin (1987) refere que o aumento da FC está fortemente correlacionado com o aumento da temperatura. Aumentos da FC de 130 bpm até níveis máximos (196-198 bat/min) estão fortemente correlacionados com aumentos da temperatura interna. Coyle e Gonzalez-Alonso (2001) destacam que a hipertermia reduz o volume sistólico aumentando a FC. Os efeitos negativos na performance em ambientes

quentes resultando em hipertermia em exercício têm sido bem documentados (Abbiss e Laursen, 2005). Com um aumento na temperatura ambiente em relação a uma ambiente neutro (de 21°C para 26°C), ocorrem diversas transformações fisiológicas durante o exercício. (Hunter, Gibson e Mbambo, 2002). Também Cheuvront, Carter e Sawka (2003) mencionam que alterações na temperatura interna afectam a taxa de produção de calor (metabolismo muscular) e a remoção/dissipação de calor sem uma adequada remoção/dissipação, o músculo em exercício produz calor resultando num progressivo aumento na temperatura interna (Febraio, 2000; Gray e Nimmo, 2001). Para González-Alonso, Teller, Andersen, Jensen, Hyldig, e Nielsen (1999) alterações de 2 a 3°C resultam em significativas reduções da resposta cardíaca, com o declínio do volume sistólico e consequente aumento da FC, no entanto o VO_2 não regista alterações.

Relativamente a este aspecto deve-se considerar que a relação $\%\text{VO}_{2\text{máx}}$ e $\%\text{FCmáx}$ obtida durante o exercício progressivo podem modificar-se durante o exercício de carga constante (Galloway e Maughan, 1997). Cheuvront, Carter e Sawka (2003) descrevem que a temperaturas elevadas, um aumento da temperatura interna conduz a um aumento da FC e da percepção subjectiva de esforço.

Num estudo clássico, Rowell, Murray, Brengelmann e Kraning, (1969) reportam um menor débito cardíaco, volémia e volume sistólico num exercício a 43°C comparativamente ao realizado num ambiente de 26°C a 63-73% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Esta redução do débito cardíaco deve-se a reduções maiores em comparação com o volume sistólico com aumento paralelo da FC.

Vários estudos têm demonstrado que a termorregulação é significativamente melhorada através do fluxo de ar de uma ventoinha na direcção do corpo do ciclista, durante um exercício em rolo fixo, conseguindo dissuadir potenciais desgastes provocadas pelo aumento de temperatura (Adams, Mack, Langhans e Nadel, 1992; Graetzer Johnson, Shultz, Leutkemeier e Chen, 1992), reduzindo os efeitos do aquecimento em situação de exercício em cicloergómetro ou rolo estacionário (Buono e Wilson, 2000; Rowell, Bruce, Conn e Kusumi, 1966; Nybo, Jensen e Nielsen, 2001; Rubin, 1987; Adams *et al.*, 1992). Adams *et al.* (1992) constataram 18 bpm de diferença entre testes com e sem ventoinha para uma temperatura ambiente superior a 35°C. Na nossa investigação a temperatura ambiente média no teste de rolo foi de 25°C e na pista foi de 29°C. Buono e Wilson (2000) referem que a velocidade do ar usada com uma ventoinha variou entre 1–18 km/h, no entanto alguns ciclista mesmo de lazer conseguem manter velocidades acima dos 32 km/h.

Os resultados deste estudo mostram que o fluxo de ar 32km/h pode afectar profundamente muitas variáveis de termorregulação.

Embora não tenhamos dados de velocidade, mas estabelecendo uma relação com as referências de Mahiques *et al.* (2004) um ciclista com 65Kg a 150W segue a uma velocidade de 29km/h, a 200W a 32,5km/h a 250W 35,5km/h 300W a 38km/h e 350W 40,5km/h podendo existir alguma variação nestes valores dependendo da superfície corporal do ciclista e da intensidade do vento. O que significa que apesar da temperatura em situação de pista ser superior ao ambiente de laboratório, a deslocação do ar com o aumento da velocidade pode ter contribuído para melhorar o efeito da termorregulação. As velocidades mais elevadas de deslocação podem influenciar a FC em condições temperadas. A FC diminui com o aumento da velocidade, provavelmente este fenómeno é resultado de uma diminuição do fluxo sanguíneo da pele, reduzindo assim o "drift" cardiovascular (Buono e Wilson, s.d.).

Embora o aumento da temperatura possa afectar a produção de potência, este parece não ser único factor limitativo (Abbiss e Laursen, 2005). Parece não existir uma temperatura crítica que limite a performance de ciclistas treinados, ou seja, a produção de potência não é significativamente diferente com a elevação da temperatura. Tatterson, Hahn e Martin (2000) mostraram que durante 30 minutos de contra-relógio com ciclistas treinados a potência externa reduziu 6,5% em condições de hipertermia (32°C) comparando com um ambiente neutro de 23°C. No entanto Abbiss e Laursen (2005) contrapõe esta teoria uma vez que referem que é nos últimos kms de um contra-relógio em situação de competição, que os ciclistas atingem maiores temperaturas corporais e aumentam consideravelmente a produção de potência.

O estudo actual suporta a hipótese da FC ser superior no teste realizado no rolo fixo devido aos efeitos adversos na termoregulação em comparação com o teste de rolo. Os dados recolhidos parecem evidenciar, que as diferenças na termoregulação não influenciaram a potência externa produzida, uma vez que não encontramos diferenças significativas na potência máxima entre os dois testes. Apesar do presente estudo não ter encontrado diferenças significativas devemos ter em consideração o número de sujeitos da amostra e o facto apenas os 4 primeiros patamares terem sido completados por todos os sujeitos (6 dos sujeitos completaram o 5º patamar e apenas 2 completaram o último patamar). Esta situação leva-nos a considerar a interpretação descritiva e a análise dos valores máximos, como referências importantes para se definir conclusões sobre o estudo.

À semelhança das conclusões encontradas por Mahique *et al.* (2004) considera-se que os testes não se replicam, no entanto, quando os ciclistas são testados em situações de laboratório, os valores fisiológicos devem ser expressos em relação à superfície corporal ou massa corporal, para melhor prever a real performance do ciclista em situações específicas de campo (Padilla *et al.*, 1996). A velocidade para a mesma potência pode variar segundo a resistência aerodinâmica, o atrito da roda, a força da gravidade (em situação de subida) e a resistência oferecida pelo material (carretos, corrente, eixos etc) (Algarra, 2006). Segundo Gorrotxategi e Algarra (1996) esta resistência depende da superfície frontal do objecto em movimento (o ciclista e a sua bicicleta). Para a mesma potência, a velocidade pode ser diferente, dependendo da superfície frontal variando com a posição do ciclista, sendo crítica a técnica individual na diminuição desta resistência. Para Adrian e Cooper (1989) citados por Balikian e Denadai (1996), a técnica do ciclista para diminuir a resistência do ar, pode ser um factor que influencia a performance no ciclismo. A ausência desta interferência na avaliação realizada em laboratório, pode ser responsável pela maior capacidade do teste de campo em discriminar a performance da prova de ciclismo (Balikian e Denadai, 1996).

A performance do ciclista é medida pela velocidade e nestas condições, a potência mecânica depende do tamanho corporal, da resistência da roda e pressão dos pneus das características do terreno, da velocidade do vento (Di Prampero *et al.*, 1979). No presente estudo a pressão usada nos pneus foi controlada, mas o atrito dos pneus sobre a superfície onde rola poderá ser um dos aspectos a considerar em futuros tipos de análise entre testes efectuados em rolo fixo e em situação de campo.

Outra situação que ocorre embora não identificada pelo estudo, está relacionada com o pico de potência alcançado no ciclismo que pode ser significativamente afectado pela posição do corpo, ou seja, existirem diferenças quando se compara testes de laboratório e em condições de pista em velódromos (Faria, Dix e Frazer, 1978). Para Padilla *et al.* (1996) os ciclistas preferem testes mais específicos em equipamentos que lhe são familiares.

Balikian e Danadai (1996) constataram que o limiar anaeróbio determinado em teste de campo, justificou 92% da variação da performance durante a prova, enquanto o limiar anaeróbico determinado em laboratório, justificou apenas 67%. Este comportamento sugere que o teste de campo foi capaz de discriminar de modo mais específico, a capacidade de trabalho dos ciclistas. Padilla *et al.* (1996) também indicaram a validade do

teste de campo para ser usado com estimacão de parâmetros aeróbios máximos em ciclistas de competição.

Apesar do teste de campo não ser realizado em condições ambientais controladas, pode apresentar boa fiabilidade (Balikian e Denadai, 1996). Na comparação de um teste de campo com um teste de laboratório Mahiques *et al.* (2004) encontrou correlacão entre as diversas variáveis nos testes de campo e laboratório, sendo o teste de campo considerado válido para avaliar a condicão física dos ciclistas. No presente estudo também foi verificada uma forte correlacão entre os dois testes em todas as variáveis. Com esta relacão podemos extrapolar os valores obtidos no teste de rolo, onde é mais fácil controlar variáveis externas e predizer os resultados para o teste realizado na pista contudo salientamos que estes resultados podem ser válidos para esta amostra, mas para a utilizacão em testes de outros ciclistas merece algumas reservas, uma vez que o número da amostra é considerado reduzido para retirar tais conclusões.

A maior especificidade do movimento realizado na avaliacaão de campo, quando o atleta se encontra sobre a própria bicicleta utilizada para treino e competicão (Daniel *et al.*, 1995; Fermino *et al.*, 2005; Caputo *et al.*, 2001), utilizando livremente a sua técnica de pedalada (Duc *et al.*, 2006; Gardner *et al.*, 2007), parece constituir a opçao a privilegiar, (Balikian e Denadai, 1996; Padilla *et al.*, 1996; Mahiques, *et al.*, 2004). O teste de campo, desde que as variáveis externas sejam devidamente controladas, pode ser considerado um instrumento válido para utilizar na avaliacaão e controlo do treino de ciclistas.

CAPITULO VIII – CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no estudo confirmam a hipótese anteriormente enunciada, quanto à existência de correlação das variáveis cardiorespiratórias e a potência máxima produzida pelos ciclistas entre o teste de rolo e o teste de pista. Apesar de, refutar a hipótese de existência de diferenças significativas nos valores médios das variáveis cardiorespiratórias entre os dois testes, a comparação dos valores máximos obtidos pelos sujeitos, indicou diferenças significativas para as variáveis FC e cadência de pedalada, já para o $\text{VO}_2\text{máx}$ e potência máxima não foram encontradas diferenças significativas.

De acordo com a associação encontrada, para a amostra em estudo, entre o teste de rolo fixo e o teste de pista, podemos extrapolar os valores obtidos no teste de rolo, no qual existe maior facilidade de controlo das variáveis externas e internas, e prever os resultados para o teste realizado na pista.

As duas situações de teste são válidas e revelam dados importantes para os treinadores no controlo e avaliação do treino. No teste de laboratório é mais fácil controlar as variáveis externas, que possam interferir nos resultados do teste, o que poderá permitir uma comparação mais exacta e precisa entre testes realizados em momentos diferentes da época. O teste de campo permite uma avaliação mais próxima da realidade em situação de treino ou competição, possibilitando uma maior quantificação de variáveis relativas à performance dos ciclistas.

A nossa sugestão vai no sentido dos treinadores planearem para os seus atletas um conjunto de avaliações, que permitam por uma lado, quantificar as evoluções fisiológicas sem interferências de factores externos, através de testes de laboratório e por outro, a realização de testes que permitam avaliar índices de performance, incluindo indicadores sobre técnica de pedalada, técnica aerodinâmica, e aperfeiçoamento mecânico, só possíveis com a realização de testes específicos mais próximos da realidade de treino ou competição.

BIBLIOGRAFIA

- Abbiss, C. R. e Laursen, P. B. (2005). Models to explain fatigue during prolonged endurance Cycling. *Sports Medicine*, 35 (10), 865-898.
- Adams, W. C., Mack, G. W., Langhans, G. W. e Nadel, E. R. (1992). Effects of varied air velocity on sweating and evaporative rates during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 73, 2668-2674.
- Aisbett, B. e Le Rossignol, P. (2003). Estimating the total energy demand for supra-maximal exercise using the VO_2 -power regression from an incremental test. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(3), 343-347.
- Algarra, J. (2006). *Ciclismo e Rendimento: Aprender a treinar as capacidades físicas*. Lisboa: Federação Portuguesa de Ciclismo.
- Algarra, J. (2006). *Ciclismo e Rendimento: O treino da técnica e tática*. Lisboa: Federação Portuguesa de Ciclismo.
- Algarra, J. e Gorrotxategui, A. (1996). *Fundamentos del Ciclismo: Desde la iniciación hasta la élite*. Madrid: Editorial Gymnos.
- Algarra, J. L. e Gorrotxategui, A. (1996). *Fundamentos del Ciclismo: El ciclista y su mundo* (, SL ed.). Madrid: Editorial Gymnos.
- Amann, M., Subudhi, A. e Foster, C. (2006). Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for Cycling time trial performance. *Scandinavian Journal of Medicine e Science in Sports* 16, 27-34.
- Arena, R., Humphrey, R., Peberdy, M. e Madigan, M. (2003). Comparison of oxygen uptake on-kinetic calculations during sub-maximal exercise. *Journal of Exercise Physiology-online*, 6(2), 1-7.
- Astrand, P. O. e Ryhning, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *Journal Applied Physiology*, 7(2), 218-221.
- Balikian, P. e Denadai, B. (1995.). Resposta metabólica e cardiovascular durante o triatlo de meio ironman. Relação com a performance. *Motriz*, 1.

- Balikian, P. e Denadai, B. (1996). Aplicações do Limiar Anaeróbio determinado em teste de campo para o Ciclismo: Comparação com valores obtidos em laboratório. *Motriz* 2(1), 26-32.
- Barbeau, P., Serresse, O. e Boulay, M. R. (1993). Using maximal and submaximal aerobic variables to monitor elite cyclists during a season. *Medicine Science In Sports e Exercice*, 25(9), 162-169.
- Belli, A. e Hintzy, F. (2002). Influence of pedalling rate on the energy cost of Cycling in Humans. *European Journal Applied Physiology*, 88(2), 158-162.
- Bertucci, W., Duc, S., Villerius, V., Pernin, J. e Grappe, F. (2005). Validity and reliability of the PowerTap Mobile Cycling Powermeter when compared with the SRM Device. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 868-873.
- Bertucci, W., Taïar, R. e Grappe, F. (2005). Differences between sprint tests under laboratory and actual cycling conditions. *Journal of Sports Medicine Physiology and Fitness*, 45(3), 277-283.
- Blondel, N., Berthoin, S., Billat, V. e Lensel, G. (2001). Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of VO_{2max} and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 1, 27-33.
- Borim, J. P., Prestes, J. e Moura, N. (2007). Caracterização, controle e avaliação: Limitações e possibilidades no âmbito do treinamento desportivo. *Revista Treinamento Desportivo*, 8(1), 06-11.
- Buono, M. J. e Wilson, J. G. (2000). Thermoregulatory effects of exercise in a hyperconvective environment. *San Diego, CA, USA: San Diego State University*.
- Caputo, F., Greco, C. C. e Denadai, B. S. (2005). Efeitos do estado e especificidade do treinamento aeróbio na relação % VO_{2max} versus % FC_{max} durante o Ciclismo. *SPArquivos Brasileiros de Cardiologia* 84(1).
- Caputo, F., Greco, C. C., Denadai, B. S. e Claro, S. P. (2005). Efeitos do estado e especificidade do treinamento aeróbio na relação % VO_{2max} versus % FC_{max} durante o Ciclismo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 84(1), 20-23.
- Caputo, F., Lucas, R., Mancini, E. e Denadai, B. (2001). Comparação de diferentes índices obtidos em testes de campo para predição da performance aeróbia de curta duração no ciclismo. *Revista Brasileira de Ciências e Movimento* 9(4), 13-17.

- Carpes, F., Dagnese, F., Rossato, M., Niederauer, V., Cruz, L. e Mota, C. (2005). Análise da simetria na produção de torque em 40 km de Ciclismo simulado: *XI Congresso Brasileiro de Biomecânica*
- Carpes, F. P., Nini, R. R., Nabinger, E., Diefenthaler, F., Mota, C. e Guimarães, A. (2005). Aplicação de força no pedal em prova de ciclismo 40 km contra-relógio simulada: estudo preliminar. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 19(2), 105-113.
- Carvalho, J., Santos, A. L., Schneider, A. P., Beretta, L., Tebexreni, A. S. e Cesar, M. C. (2000). Análise comparativa da aptidão cardiorrespiratória de triatletas, avaliados em ciclossimulador e bicicleta ergométrica. *Revista Brasileira Ciência e Movimento*, 8(3), 21-24.
- Chavarren, J. e Calbet, J. L. (1999). Cycling efficiency and pedaling frequency in road cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 80, 555-563.
- Cheuvront, S. Carter, R. e Sawka, M. N. (2003). Fluid balance and endurance exercise performance. *Current Sports Medicine Reports*, 2(4), 220-208.
- Chicharro, J. L. e Arce, J. L. (1991). Umbral anaeróbio : bases fisiológicas y aplicacion. *Madrid, McGraw-Hill, Interamericana*.
- Chicharro, J. L., Carvajal, A., Pardo, J., Pérez, M. e Lucía, A. (1999). Physiological parameters determined at OBLA vs. a fixed heart rate of 175 beats.min⁻¹ a incremental test performed by amateur and professional cyclists. *Japanese Journal of Physiology*, 49, 63-69.
- Coast, J. R. e Welch, H. G. (1985). Linear increases in optimal pedal rate with increased power output An cycle ergometry. *European Journal Applied Physiology* 53., 339-342.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G., Droghetti, P. e Codeca, L. (1982). Determination of anerobic threshold by non invasive field test in runners. *Journal Appl Physiology and Respiratory Environmental and exercice Pysiology*, 52(4), 869-873.
- Costa, V. P., Lima, J. R. e Oliveira, F. (2007). Identificação de limiares metabólicos em curvas de frequência cardíaca ajustadas. *Revista brasileira Educação Física e Esporte*, 21(3), 219-227.
- Costa, V. P., Nakamura, F. Y. e Oliveira, F. (2007). Aspectos fisiológicos e de treinamento em Mountain Bikers Brasileiros. *Revista de Educação Física*, 136, 5-11.

- Coyle, E. F. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal Applied Physiology*, 64, 2622-2630.
- Coyle, E. F., Feltner, M. E., Kautz, S. A., Hamilton, M. T., Montain, S. J. e Baylor, A. M. (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 93 - 107.
- Coyle, E. F. e González-Alonso, J. (2001). Cardiovascular drift during prolonged exercise: New perspectives. *Exercise Sports Science*, 29(2), 88-92.
- Craig, N. e Norton, K. (2001). Characteristics of Track Cycling. *Sports Medicine*, 31(7), 457-468.
- Daniel, P. H., Anthony, R. W. e Chris, M. Q. (1995). Cardiorespiratory responses to seat-tube angle variation during steady-state cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 730-735.
- Davis, J. A., Frank, H. M., Whipp, B. J. e Wasserman, K. (1979). Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-age men. *Journal Applied Physiology*, 46(6), 1039-1046.
- Di Prampero, P., Cortilh, G., Mognoni, P. e Saibene, F. (1979). Equation of motion of a cyclists. *Journal Applied Physiology*, 47, 201-206.
- Dias, M., Lima, J. e Novaes, J. (2006). Cadência de pedalada no Ciclismo: uma revisão de literatura. *Motricidade*, 3(1), 270-278.
- Dias, M. C., Silva, A. C., Júnior, J. M., L., B., Lima, J. R. e Novaes, J. S. (2007). Efeitos da Cadência de Pedalada Sobre a Potência e Variáveis Fisiológicas. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 9(3), 271-276.
- Doyon, K. H., Perrey, S., Abe, D. e Hugson, R. L. (2001). Field testing of VO₂ peak in cross-country skiers with portable breath-by-breath system. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(1), 1-11.
- Dorel, S., Hautier, C. A., Rambaud, O., Rouffet, D., Van Praagh, E. e Lacour, J. (2005). Torque and power-velocity relationships in cycling: relevance to track sprint performance in world-class cyclists 26:1-8. *International Journal Sports Medicine*, 24, 138-143.
- Duc, S., Bouteille, T., Bertucci, W., Pernin, J. e Grappe, F. (2006). Comparaison de l'activité EMG du pédalage entre un exercice réalisé sur ergmètre statonnaire et sur tapis roulant motorisé. *Science e Sports*, 21, 309-312.

- Duc, S., Villerius, V., Bertucci, W. e Grappe, F. (2007). Validity and reproducibility of the Ergomo®Pro Power Meter compared with the SRM and Powertap Power Meters. *International Journal of Sports Physiology and Performance*(2), 270-281.
- Duffield, R., Dawson, B., Pinnington, H. C. e Wong, P. (2004). Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. *Journal of Science Medicine and Sport*, 7(1), 11-22.
- Dumke, C. L., Brock, W., Helms, B. e Haff, G. G. (2006). Heart rate at lactate threshold and cycling time trials. *Journal of Strength and Condition Research*, 20(3), 601-607.
- Dupont, G., Blondel, N. e Berthoin, S. (2003). Times spent at VO_{2max} : a methodological issue. *Sports Medicine*, 24, 291-297.
- Ebert, T., Martin, D., McDonald, W., Plummer, J. e Withers, R. (2005). Power output during women's World Cup road cycle racing. *European Journal Applied Physiology* 95, 529-536.
- Elia, M. e Livesey, G. (1992). Energy expenditure and fuel selection in biological systems: the theory and practice of calculations based on indirect calorimetry and tracer methods. *World Reveue of Nutrition Dietary*. Basel, Karger. 70, 68-131.
- Faria, E. W., Parker, A. L. e Faria, I. E. (2005). The Science of Cycling: Factors affecting performance: Part 2. *Sports Medicine*, 35(4), 313-337.
- Faria, E. W., Parker, A. L. e Faria, I. E. (2005). The Science of Cycling: Physiology and training- Part1. *Sports Medicine*, 35(4), 285-312.
- Faria, I. E., Dix, C. e Frazer, C. (1978). Effect of body position during cycling on heart rate, pulmonary ventilation, oxygen uptake and work output. *Jounal Sports Medicine Physiology and Fitness*, 18(1).
- Faria, I. E., Roberts, S. e Yoshimura, D. (1989). Comparision of physical and physiological characteristics in elite yonhg and mature cyclists. *Research Quarterly for Exercice e Sports*, 60(4), 388-395.
- Febbraio, M. A. (2000). Does muscle function and metabolism affect exercise performance in the heat? *Exercise Sports Sciense*, 28 (4), 171-176.
- Fermino, F., Ramirez, F., Oliveira, P., e Stella, S. (2005). Estudo comparativo entre dois diferentes protocolos de avaliação para ciclistas *EF Deportes Revista Digital - Buenos Aires*, 84 (10).

- Fernandes, T. C., Adam, F., Costa, V., Silva, A. e De-Oliveira, F. (2005). Frequência Cardíaca de Recuperação como Índice de aptidão aeróbia. *Revista da Educação Física/UEM*, 16(2), 129-137.
- Fernandez-Garcia, B., Terrados, N., Perez-Landaluce, J. e Rodriguez-Alonso, M. (2000). Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Medicine e Science In Sports Exercice*, 32(5), 1002-1006.
- Galloway, S. D. R. e Maughan, R. J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medicine e Science in Sports e Exercice*: , 29(9), 1240-1249.
- García-Manso, J. M., Martín-González, J. M., Sarmiento, S., Calderón, J., Medina, G. e Benito, P. (2007). Análise da resposta HRV em uma prova de esforço incremental: análise tempo-frequência. *Journal Fitness e Performance*, 6(3), 181-187.
- Gardner, A., Martin, J., Martin, D., Barras, B. e Jenkins, D. (2007). Maximal torque- and power-pedaling rate relationships for elite sprint cyclists in laboratory and field tests. *European Journal Applied Physiology* 101, 287–292.
- Gardner, A. S., Stephens, S., Martin, D., Lawton, E., Lee, H. e Jenkins, D. (2004). Accuracy of SRM and Power Tap power monitoring systems for bicycling. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(7), 1252-1258.
- Giustina, R. D. (2008). Identificação de limiares metabólicos de Ciclismo de Estrada a partir de teste de campo. Unpublished Dissertação. Universidade de São Paulo.
- González-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S. L., Jensen, F. B., Hyldig, T. e Nielsen, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal Applied Physiology*, 86, 1032-1039.
- Gorrotategui, A. e Algarra, J. (1996). Entrenar com pulsómetro - Preparación personalizada para el ciclista. *Madrid: Dorleta, SA*.
- Graetzer, D. G., Johnson, S. C., Shultz, B. B., Leutkemeier, e Chen, C. (1992). Thermoregulatory dynamics during prolonged cycling in normoconvective and hyperconvective environments. *Medicine and Science in Sports and Exercise Sports Science*, 24(156-161).
- Gray, S. e Nimmo, M. (2001). Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. *Sports Science*, 19 (9), 693-700.

- Hagberg, J. M., Mullin, J. P., Giese, M. D. e Spitznagel, E. (1981). Effect of pedalling rate on submaximal exercise responses of competitive cyclists. *Journal Appl Physiology*, 51, 447-451.
- Hawley, J. e Noakes, T. (1992). Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *European Journal Applied Physiology*, 65, 79-83.
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of training in competitive sports. *Sport Medicine*, 12(3), 161-183.
- Hunter, A. M., Gibson, A. e Mbambo, Z. (2002). The effects of Response-unique adapta- heat stress on neuromuscular activity during endurance exercise. *European Journal of Physiology*, 444(6), 738-743.
- Impellizzeri, F., Sassi, A., Rodriguez-Alonso, M., Mognoni, P. e Marcora, S. (2002). Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(11), 1808-1813.
- Jeukendrup, A. e Van Dieman, A. (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 16(91-99).
- La Voie, M. F., Mercer, T. H. e Ciolfi, M. A. (1988). VO₂max of competitive cyclists using a conventional cycle ergometer test versus a sport-specific bicycle test. . In: Burke ER. Newsom MM (eds) *Medical and scientific aspects of cycling*. Human Kinetics, Champaign, 141-145.
- Lamarra, N., Whipp, B. J., Ward, S. A. e Wasserman, K. (1987). Effect of interbreath fluctuations on characterising exercise gas exchange kinetics. *Journal of Applied Physiology*, 62, 2003-2012.
- Laursen, P. B., Shing, C. M. e Jenkins, D. G. (2003). Reproducibility of the cycling time to exhaustion at VO₂peak in highly trained cyclists. *Canadian Journal of Applied Physiology-Revue* 28 (4), 605-615.
- Lucía, A., Hoyos, J., Pérez, M. e Chicharro, J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1777-1782.
- Lucia, A., Hoyos, J. e Chicharro, J. L. (2001). Preferred pedalling cadence in professional Cycling. *Medicine Science Sports Exercice*, 33(8), 1361-1366.

- Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C. e Chicharro, J. L. (2003). Tour de France versus Vuelta a España: which is harder? . *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(5), 872-878.
- Lucia, A., San Juan, J. A., Montilla, M. V., Canete, S., Santalla, A. e Earnest, C. (2004). In professional Road Cyclists, low pedaling cadences are less efficient. *Medicine Science In Sports e Exercice*, 36(6), 1048-1054.
- Mac Dougall, D., Wenger, A. e Green, J. (1982). Physiological testing of the high performance athlete. *Published for the Canadian Association of Sport Science*.
- Machado, C., Caputo, F. e Denadai, B. (2004). Intensidade de exercício correspondente ao VO₂max durante o ciclismo: análise de diferentes critérios em indivíduos treinados. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 18(4,), 333-341.
- Magel, J. R. (1975.). Specificity of swim training on maximal oxygen uptake. *Journal Applied Physiology*, 38, 151-155.
- Mahiques, B., J, Sinz, S., Ferreira, L. e Monzó, A. (2004). Test de campo válido para la estimación del umbral anaeróbico en ciclistas, baseado en incrementos de intensidades discontinuas. (UV) *Universitat de València*.
- Marsh, A. P. e Martin, P. E. (1998). Perceived exertion and the preferred Cycling cadence. *International Journal of Sports Medicine*, 30(6), 942-948.
- Martin, J. C., Gardner, A. S., Barras, M. e Martin, D. T. (2006). Modeling sprint cycling using field-derived parameters and forward integration. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 38, 592-597.
- Martin, J. C., Millikin, D. L., Cobb, J. E., McFaden, K. L. e Coggan, A. R. (1998). Validation of a mathematical model for road cycling power *Journal Applied Biomechanics*, 32, 1276-1280
- Martin, J. C., Wagner, B. M. e Cyle, E. F. (1997). Inertial load method determines maximal cycling power in a single exercise bout. *Medicine and Sciense in Sports Exercice*, 29, 1505-1512.
- McCann, D. J. e Adams, W. C. (2002). A dimensional paradigm for identifying the size-independent cost of walking. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 1009-1017.

- McLaughlin, J. E., King, G. A., Howley, E. T., Basset, D. R. e Ainsworth, B. E. (2001). Validation of the Cosmed K4b2 portable metabolic system. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 280-284
- Medbø, J. I., Mohn, A. C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O. e Sejersted, O. M. (1998). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of Applied Physiology*, 64(1), 50-60.
- Millet, C., Tronche, N., Fuster, D. J., Bentley, R. e Candau, A. (2003). Validity and reliability of the Polar® S710 Mobile Cycling Powermeter. *International Journal of Sports Medicine*, 24, 156-161.
- Nybo, L., Jensen, T. e Nielsen, B. (2001). Effects of marked hyperthermia with and without dehydration on VO₂ kinetics during intense exercise. *Journal Applied Physiology*, 90(3), 1057-1064.
- Nye, J. (2006). Time series predictions and forecasting of Cycling data: *COM3500 Dissertation*.
- Okano, A. H., Altimari, L., Simões, H., Moraes, A. C., Nakamura, F. e Cyrino, E. (2006). Comparação entre limiar anaeróbio determinado por variáveis ventilatórias e pela resposta do lactato sanguíneo em ciclistas. *Revista Brasileira de Medicina e Esporte*, 12(1), 39-44.
- Olds, T. (2001). Modelling human locomotion: applications to cycling. *Sports Medicine*, 31:, 497-509.
- Oliveira, V., Silva, H. e Espindola, F. (2001). Estimação do limiar anaeróbico por meio de regressão linear bissegmentada. *Revista Brasileira de Medicina e Esporte*, 2(5), 45-49.
- Padilla, S., Mujika, I., Cuesta, G. e Goiriena, J. J. (1999). Level ground and uphill cycling ability in professional road Cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 878 - 885.
- Padilla, S., Mujika, I., Cuesta, G., Polo, J. e Chatard, J. (1996). Validity of a velodrome test for competitive road cyclists. *European Journal Applied Physiology*, 73, 446-451.
- Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J. e Angulo, F. (2000). Exercise intensity during competition time trials in professional road Cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32, 850-856.
- Padilla, S., Mujika, I., Orbananos, J., Angulo, F. e Santisteban, 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.

- Paton, C. D. e Hopkins, W. G. (2001). Tests of Cycling performance. . *Sport Med*, 31, 489-496
- Pinnington, H. C., Wong, P., Tay, J., Green, D. e Dawson, B. (2001). The level of accuracy and agreement in measures of FEO₂, FECO₂ and VE between the Cosmed K4b2 portable, respiratory gas analysis system and a metabolic cart. *Journal of Science Medicine in Sport*, 4(3), 324-335.
- Pinto, V. L. e Araújo, C. S. (2006). Medida da Frequência Cardíaca Máxima por Diferentes Intervalos de Amostragem. *Revista Treinamento Desportivo* 7(1), 15-20.
- Prins, L., Terblanche, E. e Myburgh, K. (2007). Field and laboratory correlates of performance in competitive cross-country mountain bikers. *Journal of Sports Sciences*, 25(8), 927-935.
- Pugh, L. G. (1971). The influence of wind resistance in running and walking and the mechanical efficiency of work against horizontal or vertical forces. *Journal of Physiology*, 213, 255-276.
- Reis, V., Silva, A. J., Ascensão, A. e Duarte, J. A. (2005). Inclusion of exercise intensities above the lactate threshold in vo₂/running speed regression does not improve the precision of accumulated oxygen deficit estimation in endurance-trained runners. *Journal of Sports Science and Medicine* 4, 455-462.
- Reiser, R. F., Maines, J. M., Eisenmann, J. C. e Wilkinson, J. G. (2002). Standing and seated wingate protocols in human cycling; a comparison of standard parameters. . *European Journal Applied Physiology*, 88, 152-157.
- Reiser, R. F., Meyer, T., Kindermann, W. e Dausgs, R. (2000). Transferability of workload measurements between three different types of ergometer. *European Journal Applied Physiology*, 82, 245-249.
- Robergs, R. e Burnett, A. (2003). Methods used to process data from indirect calorimetry and their application to VO₂max. *Journal of Exercise Physiology-online*, 6(2), 44-57.
- Rossiter, H. B., Howe, F. A., Ward, S. A., Kowalchuk, J. M., Doyle, V. L., Griffiths, J. R. e Whipp, B. J. (2000). Inter-sample fluctuations of intramuscular [phosphocreatine] determination by 31P-MRS on parameter estimation of metabolic responses to exercise in humans. *Journal of Physiology*, 528, 359-369.
- Rowell, L. B., Bruce, H. J., Conn, R. D. e Kusumi, F. (1966). Reductions in cardiac output, central blood volume, and stroke volume with thermal stress in normal men during exercise. . *Journal of Clinical Investigation*, 45, 1801-1816.

- Rowell, L. B., Murray, J. A., Brengelmann, G. L. e Kraning, K. K. (1969). Human cardiovascular adjustments to rapid changes in skin temperature during exercise. . *Circulation Research*, 24, 711-724.
- Rowell, L. B. e O'leary, D. S. (1990). Reflex control of the circulation during exercise: Chemoreflexes and mechanoreflexes. *Journal Applied Physiology*, 69(2), 401-418.
- Rubin, S. A. (1987). Core temperature regulation on heart rate during exercise in humans. . *Journal Applied Physiology*, 62, 1997-2002.
- Santalla, A., Manzano, J., Pérez, M. e Lucia, A. (2002). A new pedaling design: the Rotor-effects on cycling performance. . *Med Sci Sports Exerc*, 34(11), 1854-1858. *Medicine Science In Sports e Exercice*, 34(11), 1854-1858.
- Schabert, E. J., Killian, S. C., St. Clair Gibson, A., Hawley, J. A. e Noakes, T. D. (2000). Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 844 - 849.
- Seafert, J. G. e Langenfeld, M. E. (1988). The use of windload simulators for VO₂max determination and bicycling research In: Burke ER, Newsom MM (eds) Medical and scientific aspects of cycling. *Human Kinetics Champaign*, 3, 117-120.
- Sidossis, L. S., Horowitz, J. F. e Coyle, E. F. (1992). Load and Velocity of Contraction Influence Gross and Mechanical Efficiency. *International Journal of Sports Medicine*, 13(5), 407-411.
- Silva, P. e Santos, P. (2004). Uma revisão sobre alguns parâmetros de avaliação metabólica - ergometria, VO₂max, limiar anaeróbio e lactato *EF Deportes Revista Digital - Buenos Aires* 10(78).
- Stapelfeldt, B., Scwartz, A., Shumacher, Y. e Hillebreckt, M. (2004). Workload demands in Mountain Bike Racing. *International Journal of Sports Medicine*, 18(33), 294-300.
- Stromme, S. B., Ingjer, F. e Meen, H. D. (1977). Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *Journal Applied Physiology*, 42(6), 833-837.
- Swain, D. P. (1994). The influence of body mass in endurance bicycling. *Medicine Science In Sports e Exercice*, 26(1), 58-63.

- Takaishi, T., Yasadua, Y., Ono, T. e Moritani, T. (1996). Optimal pedalling rate estimated from neuromuscular fatigue for cyclists. *Medicine Science In Sports e Exercice*, 28(12), 1492-1497.
- Tatterson, A. J., Hahn, A. G. e Martin, D. T. (2000). Effects of heat stress and exercise performance in elite cyclists. *Canadian Journal Applied Physiology*, 3(2), 186-193.
- Vandewalle, H. (2004). Oxygen uptake and maximal oxygen uptake: interests and limits of their measurements. *Annales de réadaptation et de médecine physique* 47, 243-257.
- Vella, C. A. e Robergs, R. A. (2005). Non-linear relationships between central cardiovascular variables and VO_2 during incremental cycling exercise in endurance-trained individuals. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(4), 452-459.
- Vercruyssen, F., Suriano, R., Bishop, D. e Hausswirth, C. (2005). Cadence Selection Affects Metabolic Responses during cycling and subsequent running time to fatigue. . *Brazilian Journal of Sports Medicine*, 39(5), 267-272.
- Vuorimaa, T., Vasankari, T. e Rusko, H. (2000). Comparison of physiological strain and muscular performance of athletes during two intermittent running exercises at the velocity associated with $\text{VO}_{2\text{máx}}$. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 96-101.
- Yoon, B. K., Kravitz, L. e Robergs, R. (2007). $\text{VO}_{2\text{max}}$, protocol duration, and the VO_2 plateau. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39(7), 1186-1192.
- Whipp, B. J. e Rossiter, H. B. (2005). The kinetics of oxygen uptake. In: Jones, A., Poole, D. (Eds.), *Oxygen Uptake Kinetics*. Routledge. Oxon.

ANEXOS

Dados descritivos do consumo de oxigênio

Lab_Pista	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Vo2.pat_2 1	10	56,3630	9,84220	3,11238
2	10	53,6420	5,26521	1,66500
Vo2.pat_3 1	10	65,8080	9,04550	2,86044
2	10	63,3140	5,44475	1,72178
Vo2.pat_4 1	10	71,9840	7,11084	2,24864
2	10	72,2780	6,15435	1,94618
Vo2.pat_5 1	5	72,6360	8,53735	3,81802
2	8	74,6238	3,13649	1,10892
Vo2.pat_6 1	2	72,5600	12,75621	9,02000
2	2	79,3700	,50912	,36000
Vo2.pat_1 1	10	45,9430	7,38483	2,33529
2	10	41,4710	3,28001	1,03723

Dados descritivos da frequência cardíaca

Lab_Pista	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
FC.pat_1 1	10	136,2080	11,30810	3,57594
2	10	146,8580	9,28011	2,93463
Fc.pat_2 1	10	155,9000	16,23277	5,13325
2	10	153,8500	9,56070	3,02336
Fc.pat_3 1	10	171,5250	12,74344	4,02983
2	10	166,9090	11,86445	3,75187
Fc.pat_4 1	10	180,5000	12,10487	3,82789
2	10	178,0660	9,05351	2,86297
Fc.pat_5 1	5	184,8500	4,69907	2,10149
2	8	180,5512	7,72957	2,73282
Fc.pat_6 1	2	190,8750	3,35876	2,37500
2	2	191,6250	16,08668	11,37500

Dados descritivos da cadência

Lab_Pista	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Cad.pat_1 1	10	96,2634	6,79486	2,14872
2	10	96,6739	6,17451	1,95255
Cad.pat_2 1	10	101,2315	7,02637	2,22193
2	10	98,0336	8,36210	2,64433
Cad.pat_3 1	10	103,9368	5,22960	1,65374
2	10	100,7594	5,86031	1,85319
Cad.pat_4 1	10	105,6716	4,36903	1,38161
2	10	98,9721	5,30395	1,67726
Cad.pat_5 1	6	104,3557	6,58169	2,68696
2	8	97,3034	7,20382	2,54694
Cad.pat_6 1	3	109,2348	10,07900	5,81911
2	3	98,0451	11,94645	6,89729

Regressão Linear

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-18,857	7,612		-2,477	,068
VO2_lab	1,292	,117	,984	11,031	,000

a. Dependent Variable: VO2_pis

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	22,928	25,543		,898	,420
FC_lab	,857	,149	,944	5,734	,005

a. Dependent Variable: FC_pis

