

VITOR PEREIRA COSTA

**VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DETERMINANTES DE
PERFORMANCE EM MOUNTAIN BIKERS**

FLORIANÓPOLIS – SC

2006

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DESPORTOS

VITOR PEREIRA COSTA

VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DETERMINANTES DE
PERFORMANCE EM MOUNTAIN BIKERS

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano, no programa de Pós-Graduação do Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos, na Universidade Estadual de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Fernando Roberto de Oliveira.

FLORIANÓPOLIS – SC

2006

VITOR PEREIRA COSTA

**VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DETERMINANTES DE
PERFORMANCE EM MOUNTAIN BIKERS**

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano, no programa de Pós-Graduação do Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos, na Universidade Estadual de Santa Catarina.

Banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Fernando Roberto de Oliveira.
CEFID – UDESC

Membros:

Prof. Dra. Monique da Silva Gevaerd Loch.
CEFID – UDESC

Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima.
LAM – UFJF

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo.
LAEF – UFSC

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar com a vida.

A minha mãe Waleska e meu pai Hermínio (*in memoriam*), que anos atrás se conheceram e construíram uma bela família, capaz de me instruir, educar e estruturar, para conseguir conquistar meus objetivos.

As minhas irmãs Valéria e Luciana, bem como toda a minha família, que sempre estiveram ao meu lado, me auxiliando em cada momento da vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Roberto de Oliveira, que me transmite infinitos conhecimentos acadêmicos e de vida, sendo que ocupa lugar permanente entre as pessoas mais importantes de minha vida.

Ao meu primeiro orientador, Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima, que me direcionou para a carreira acadêmica, sendo que também ocupa grande importância na minha formação pessoal e profissional.

A Prof. Dr. Monique da Silva Gevaerd Loch, que teve papel fundamental na minha formação acadêmica, através dos ensinamentos em bioquímica do exercício.

Aos amigos Profs. Mdo. Lorival José Carminatti, Ms. Joris Pazin e Dr. Luiz Guilherme, pelo convívio diário, momentos de lazer, diversos ensinamentos e pela participação fundamental nas coletas de dados.

Ao Prof. Ms. Adriano Eduardo Lima da Silva, que pacientemente me ensinou diversas funções práticas, para o funcionamento cotidiano de pesquisas em laboratório.

Ao amigo Prof. Esp. Robson Aloísio Alfredo Silva, que foi o primeiro a me transmitir os fundamentos do treinamento esportivo direcionado ao MTB.

Ao Prof. Ms. Marcelo de Oliveira Mata, que primeiramente me encaminhou ao Laboratório de Avaliação Motora da UFJF.

Aos antigos amigos, a GCC, GRGH, MTB e FAEFID; vocês são de extrema importância e tiveram grande participação neste processo.

À amizade recente construída em Floripa: Éderson André, Tony Charles, Eduardo Barbosa, Daniel Savenhago, Leonardo Ferreira.

Aos companheiros de laboratório, especialização e do CEFID.

Ao Sr. João Carlos de Andrade, presidente da Federação Catarinense de Ciclismo, que apoiou a realização deste projeto.

Ao Instituto de Educação Luterano Bom Jesus (IELUSC - Joinville), pelo empréstimo dos monitores de frequência cardíaca.

Ao antigo diretor do CEFID, Prof. Ms. Paulo Henrique Xavier de Souza, pelo auxílio nos transportes rodoviários durante toda a pesquisa.

A todos os atletas de MTB que se prontificaram a participar desta pesquisa.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi identificar as características morfofisiológicas dos atletas brasileiros de *mountain bike* (MTB), com determinação da demanda fisiológica imposta ao organismo durante as competições de *cross-country* (XC) e variáveis associadas à *performance*. Foram selecionados 14 *mountain bikers* que disputam campeonatos estaduais e nacionais ($26,1 \pm 6,5$ anos; $68,4 \pm 5,7$ kg; $175,3 \pm 4,3$ cm; $5,8 \pm 1,7$ %G; $8,6 \pm 4,6$ anos de treinamento), que competem em diferentes categorias: elite (n=6), júnior (n=1), sub 23 (n=3), sub 30 (n=1) e máster (n=3). Primeiramente, os participantes foram submetidos ao teste de *Wingate* (TW), com carga fixa correspondente a 10% da massa corporal (CEFISE[®], 1800). Após intervalo mínimo de 30 min., foi realizado o protocolo de cargas progressivas (PCP) no ciclo-simulador (CompuTrainer[™] RacerMate[®] 8000, Seattle WA), com carga inicial de 100 W e incremento de 30 W a cada 3 min. até a exaustão. Durante o PCP, foram identificadas a FC (Polar[®] *Vantage NV* e *S610i*), o VO_2 (*Aerosport KB1-C*), [La] (*Yellow Springs*[®] 1500) e PSE – 10 pontos (Borg et al, 1982). LL_1 foi identificado a partir da relação entre o menor valor equivalente [La]/W e para LL_2 , acrescenta-se o valor fixo de $1,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ (Berg et al., 1990). Os domínios fisiológicos foram identificados a partir do modelo teórico de Gaesser e Poole, (1996): abaixo de LL_1 (moderado), entre LL_1 e LL_2 (intenso), acima de LL_2 (severo). Após intervalo mínimo de quatro dias, os atletas da categoria elite, foram monitorados através do registro da FC, durante a etapa brasileira da Copa do Mundo de XC. Após duas semanas, todos os participantes foram avaliados no Campeonato Brasileiro de XC. Os resultados indicam que os atletas apresentam características morfológicas semelhantes aos atletas internacionais, sendo que as variáveis fisiológicas são menores, exceto o $VO_{2\text{máx}}$ e $VO_{2\text{máx.kg}}^{-1}$. O comportamento da FC durante as competições de XC, indica que os valores médios da FC estão entre 91 e 92 % de $FC_{\text{máx}}$, sendo que grande parte das provas é predominantemente disputada no domínio fisiológico severo (~ 90% do tempo total). A $W_{\text{máx.kg}}^{-1}$ e $W_{\text{máx.kg}}^{-0,79}$ foram associadas significativamente com a *performance* nas duas competições e apenas a $WLL_{2.\text{kg}}^{-0,79}$ na Copa do Mundo de XC. Assim, percebe-se que as competições de XC exigem demanda fisiológica elevada, sendo disputadas predominantemente no domínio fisiológico severo, próximo à potência aeróbia máxima. Em adição, as variáveis fisiológicas associadas com a *performance* destacam-se quando normalizadas por alometria. Desta forma, para que os atletas tenham um bom desempenho durante as competições de XC, sugere-se o treinamento da potência e capacidade, aeróbia e anaeróbia.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to identify morphophysiological characteristics of Brazilian mountain bike (MTB) athletes, and determine the physiologic demand imposed on organism during cross-country competitions (XC) and variables associated to performance. Fourteen mountain bikers that dispute local and national championships were selected (26,1 6,5 years; 68,4 5,7kg; 175,3 4,3cm; 5,8 1,7 %F; 8,6 4,6 years of training), in different categories: elite (n=6), junior (n=1), sub 23 (n=3), sub 30 (n=1) and master (n=3). Firstly, the participants were submitted to Wingate test (WT), with fixed load corresponding to 10% of body mass (CEFISE[®], 1800). After a minimum interval of 30 min., the incremental progressive exercise (IPE) was accomplished in the cycle-simulator (CompuTrainer TM RacerMate[®] 8000, Seattle WA), with initial load of 100 W and additional load of 30 W every 3 min. until exhaustion. During IPE, HR (Polar[®] Vantage NV and S610i), VO₂ (Aerosport[®] KB1-C), [La] (Yellow Springs 1500) and EPE - 10 points (Borg et al, 1982). LL₁ were identified starting from the relation between the smallest equivalent value [La].W⁻¹ and for LL₂, the fixed value of 1,5 mmol.l⁻¹ is included (Berg et al., 1990). The physiologic domains were identified from the theoretical model of Gaesser and Poole, (1996): below LL₁ (moderate), between LL₁ and LL₂ (intense), above LL₂ (severe). After a minimum interval of four days, the athletes of the category elite were monitored through the HR registration, during the Brazilian stage of the World Cup of XC. After two weeks, all participants were evaluated in the Brazilian Championship of XC. The results indicate that the athletes present morphologic characteristics similar to those of international athletes, although physiologic variables are smaller, except for VO_{2max} and VO_{2max.kg⁻¹}. The behavior of HR during XC competitions indicates that the average HR ranges from 91 to 92% of HR_{max}, provided that great part of the tests is predominantly disputed in the severe physiologic domain (~ 90% of the total time). W_{max.kg⁻¹} and W_{max.kg^{-0,79}} were significantly associated with the performance in both competitions and only WLL_{2.kg^{-0,79}} in the World Cup of XC. Therefore, it is noted that XC competitions require high physiologic demand, and are disputed predominantly in physiologic severe domain, close to the maximum aerobic power. In addition, the physiologic variables associated with performance stand out when normalized by allometric scale. In this regard, in order to have good performance during XC competitions, athletes should emphasize of power and capacity, aerobic and anaerobic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Resposta da FC vs duração a prova de contra-relógio no ciclismo.....	35
Figura 2 – Resposta da FC vs duração da prova de XC.....	36
Figura 3 – Percentuais nas diferentes zonas de intensidade de esforço durante as competições de XC.	38
Figura 4 – Resposta da FC e da W produzida durante a competição de XC..	39
Figura 5 – Exemplo individual do método de identificação dos limiares de lactato.....	47
Figura 6 – Exemplo do modelo de transições metabólicas em exercício progressivo.....	49
Figura 7 – Distribuição percentual dos profissionais habilitados que auxiliam na preparação física dos atletas.....	51
Figura 8 – Distribuição percentual de suplementos alimentares consumidos pelos atletas	52
Figura 9 – Associação entre variáveis aeróbias e anaeróbias	55
Figura 10 – Altimetria e distância do circuito de XC no Campeonato Brasileiro de MTB.....	56
Figura 11 – Altimetria e distância do circuito de XC na Copa do Mundo de MTB .	57
Figura 12 – Resposta individual da FC durante o Campeonato Brasileiro de XC da categoria elite	59
Figura 13 – Resposta individual da FC durante a Copa do Mundo de XC, da categoria elite.....	60
Figura 14 – Porcentagens do tempo total durante competições de XC, nos diferentes domínios fisiológicos.....	61

Figura 15 – FC média em cada volta, durante o Campeonato Brasileiro e na
Copa do Mundo de XC..... 62

Figura 16 – Tempo de cada volta durante o Campeonato Brasileiro e na Copa
do Mundo de XC. 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das variáveis identificadas nos principais estudos de MTB...	26
Tabela 2 – Variáveis anaeróbias identificadas no TW.....	53
Tabela 3 – Variáveis aeróbias máximas identificadas no PCP.....	53
Tabela 4 – Variáveis aeróbias sub-máximas provenientes do PCP.....	54
Tabela 5 – Características das competições de XC e das variáveis aeróbias para todos os atletas.....	57
Tabela 6 – Associação entre as variáveis aeróbias e anaeróbias com a <i>performance</i> no Campeonato Brasileiro de XC.....	64
Tabela 7 – Associação entre as variáveis aeróbias e anaeróbias com a <i>performance</i> na Copa do Mundo de XC.....	65

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Parecer do comitê de ética e pesquisa	92
Anexo 2 – Termo de consentimento informado.....	94
Anexo 3 – Questionário.....	99
Anexo 4 – Ficha de avaliações.....	103
Anexo 5 – Resultados individuais durante as competições de XC.....	106

LISTA DE ABREVIATURAS

$D_{\text{máx}}$: método matemático utilizado para identificação de limiares de lactato.

IAT: limiar anaeróbio individual.

IF: índice de fadiga.

LA: limiar de lactato identificado pelo aumento de 1 mmol.l^{-1} , acima da linha de base.

LL_{LOG} : limiar de lactato identificado a partir de função logarítmica.

LL_1 : primeiro limiar de lactato.

LL_2 : segundo limiar de lactato.

[La]: concentração sanguínea de lactato.

[La] LL_1 : concentração sanguínea de lactato no primeiro limiar de lactato.

[La] LL_2 : concentração sanguínea de lactato no segundo limiar de lactato.

[La] $_{\text{final}}$: concentração sanguínea de lactato ao final do PCP.

MTB: *mountain bike*.

OBLA: concentração fixa de lactato em 4 mmol.l^{-1} .

PCP: protocolo de cargas progressivas.

PCR: ponto de compensação respiratória.

PP: pico de potência.

PM: potência média.

PSE: percepção subjetiva de esforço.

TW: teste de Wingate.

VO_2 : consumo de oxigênio.

$VO_{2\text{máx}}$: consumo máximo de oxigênio.

VO_{2LL_1} : consumo de oxigênio no primeiro limiar de lactato.

VO_{2LL2} : consumo de oxigênio no segundo limiar de lactato.

VT: limiar ventilatório.

W: potência.

$W_{máx}$: potência aeróbia máxima.

WLL_1 : potência no primeiro limiar de lactato.

WLL_2 : potência no segundo limiar de lactato.

XC: *cross-country*.

FC: frequência cardíaca.

$FC_{máx}$: frequência cardíaca máxima.

$FC_{média}$: frequência cardíaca média durante as competições de XC.

FC_{pico} : maior valor de frequência cardíaca durante as competições de XC.

$FCLL_1$: frequência cardíaca no primeiro limiar de lactato.

$FCLL_2$: frequência cardíaca no segundo limiar de lactato.

UCI: união ciclística internacional.

$.kg^{-1}$: relativo ao expoente de massa corporal igual a 1, referente a variável.

$.kg^{-0,79}$: relativo ao expoente de massa corporal igual a 0,79, referente a variável.

%: valor percentual da variável.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 O PROBLEMA.....	16
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 OBJETIVO GERAL	19
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.3 JUSTIFICATIVA	20
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS	21
2.2 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS	24
2.2.1 VARIÁVEIS AERÓBIAS	24
2.2.2 VARIÁVEIS ANAERÓBIAS	29
2.3 AVALIAÇÃO DA INTENSIDADE DE ESFORÇO: MONITORES DE FREQÜÊNCIA CARDÍACA E DINAMÔMETROS PORTÁTEIS	32
3. METODOLOGIA	41
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	41
3.2 AMOSTRA.....	41
3.3 PROCEDIMENTOS E PROTOCOLOS	42
3.3.1 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	43
3.3.2 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA	43
3.3.3 AVALIAÇÃO ANAERÓBIA	44
3.3.4 AVALIAÇÃO AERÓBIA	45
3.3.5 AVALIAÇÃO DURANTE AS COMPETIÇÕES DE XC.....	48
3.5 TRATAMENTO DOS DADOS	50
3.5.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA	50
4. RESULTADOS DO ESTUDO	51
4.1 QUESTIONÁRIO.....	51
4.2 AVALIAÇÃO ANAERÓBIA E AERÓBIA.....	53
4.3 AVALIAÇÃO DAS COMPETIÇÕES DE XC	56

5. DISCUSSÃO	66
6. CONCLUSÕES	81
7. REFERÊNCIAS.....	83
8. ANEXOS	92

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - O PROBLEMA

O *Mountain Bike* (MTB) é uma expansão das modalidades do ciclismo, sendo que as principais competições mundiais são organizadas pela União Ciclística Internacional (UCI). O MTB pode ser classificado por diferentes tipos de provas: 1) *Downhill* - realizadas em descidas; 2) *Uphill* - em subidas; 3) *Dual slalon* - dois atletas competem entre si em descidas bastante técnicas; 4) *Four X* - quatro atletas competem entre si em descidas semelhantes as provas de *dual slalon*; 5) *Cross-country* - os atletas competem juntos em circuitos fechados; 6) *Maratona* - os atletas competem juntos em distâncias mais longas. Estes eventos apresentam características comuns sendo realizados em trechos estreitos e sinuosos denominados *single tracks* ou em estradas abertas, geralmente com a presença de erosões, pedras, cascalhos, troncos, árvores e travessia em riachos e trechos com lama (PFEIFFER; KRONISH, 1995).

Dentre as modalidades disputadas, o *cross-country* (XC) é um dos eventos mais populares. As competições de XC são realizadas em circuito fechado e consistem em um número definido de voltas, onde todos os participantes largam juntos em um único pelotão no início da prova, sendo declarado o vencedor o atleta que completar o percurso em menor tempo. A duração do evento pode ser aproximadamente de 2 a 3hs. para homens e 1h. e 45min. a 2hs. e 25min. para as mulheres (BARON, 2001).

O MTB apesar de ser um esporte disputado em outros tipos de condições, apresenta semelhanças com o ciclismo tradicional. Devido a duração dos eventos e as próprias sessões de treinamento, ambos esportes envolvem grande participação da potência e capacidade aeróbia dos atletas (IMPELLIZZERI et al., 2005a). Em um dos poucos estudos, Wilber et al. (1997) identificaram as características fisiológicas de *mountain bikers* e ciclistas profissionais norte-americanos, sendo que os ciclistas atingiram valores de carga máxima ($W_{máx}$) mais elevados que os *mountain bikers*. Em adição, apresentaram a potência (absoluta e relativa) no limiar de lactato (LL), mais elevada que os *mountain bikers*. Apesar de algumas diferenças, de forma geral, os autores acreditam que as características dos atletas profissionais são similares.

Outros importantes componentes no MTB são a potência e a capacidade anaeróbia (KUAN, 1996; BARON, 2001). A habilidade em gerar picos de potência durante parte do evento (curta duração), tem um papel importante no desempenho do atleta, como por exemplo, nas largadas, subidas, fugas, *sprints* e principalmente na chegada de uma competição (BARON, 2001). Nestas condições específicas do esporte, acaba sendo necessária a participação de esforços anaeróbios (BARON, 2001). Em recente estudo, Stapelfeldt et al. (2004) utilizaram dinamômetros portáteis no pedivela da bicicleta e verificaram que os atletas atingem valores elevados de potência na largada e em subidas durante as competições de XC.

Na tentativa de apresentar uma caracterização fisiológica das provas de MTB, Impellizzeri et al. (2002) descreveram a resposta da frequência cardíaca (FC) durante as competições de XC. Os resultados apresentaram que a

intensidade corresponde à, aproximadamente, 90% da frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$), sugerindo que o XC é um evento de alta intensidade, em que o atleta deve suportar cargas internas no domínio severo, onde as exigências, freqüentemente, estão próximas à potência aeróbia máxima. A determinação das características das provas de XC se torna uma referência importante para técnicos e treinadores, principalmente, na tentativa de quantificar o esforço (carga e volume) nos programas de treinamento de acordo com a realidade esportiva.

Neste contexto, os profissionais envolvidos na preparação física de *mountain bikers* têm dificuldades em encontrar referências de treinamento específicas para a modalidade. Neste ponto, em geral, são seguidos modelos de periodização de diferentes modalidades cíclicas. Ao contrário do ciclismo, onde muitos autores investigaram as características fisiológicas, metabólicas e neuromusculares, além dos diferentes tipos de competições e metodologias de treinamento (TANAKA et al., 1993; STEPTO et al., 1999; LUCIA et al., 2000; LAURSEN et al., 2002), existe uma deficiência de dados específicos para o MTB. Atualmente, apesar do crescimento verificado no número de praticantes e nível competitivo do MTB, a literatura apresenta poucas informações consistentes que associam variáveis fisiológicas com o desempenho dos atletas durante as competições de XC.

Recentemente, Impellizzeri et al. (2005b) verificaram as associações entre variáveis fisiológicas e a *performance* no XC em atletas de alto nível. Os resultados demonstram que os indicadores de intensidade sub-máxima como o consumo oxigênio (VO_2) e a carga, no ponto de compensação respiratória (PCR), são mais importantes que os valores absolutos do consumo máximo de

oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) e $W_{m\acute{a}x}$ na determinação do desempenho durante as competições de XC. Neste estudo, percebe-se o reduzido poder discriminat3rio das variáveis fisiológicas, devido, em parte, à homogeneidade do grupo de atletas investigado, com associações que variam entre $r = - 0,66$ ($VO_{2m\acute{a}x}$) a $r = - 0,63$ ($W_{m\acute{a}x}$), respectivamente. No entanto, Impellizzeri et al. (2005a) também avaliaram um grupo heterogêneo de *mountain bikers*, sendo encontrado correlações significantes para as variáveis máximas e sub-máximas. Em ambos estudos, os autores destacam a importância das variáveis serem corrigidas por alometria, o que fortalece as relações e a capacidade de prever a *performance* durante as competições de XC.

Dessa maneira, podemos perceber que a literatura científica nacional é insuficiente em informações sobre o MTB, sendo que os estudos, até o presente momento, avaliaram atletas profissionais em competições organizadas pela UCI. Neste sentido, surge a necessidade de identificar as características morfofisiológicas dos atletas brasileiros de XC, com determinação da demanda fisiológica imposta ao organismo durante as competições de XC e das variáveis associadas à *performance*.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Caracterizar o atleta e a competição de alto nível no XC brasileiro.

1.2.2 - Objetivos específicos

Em atletas brasileiros de alto nível:

- Identificar as características morfofisiológicas dos atletas de XC;
- Determinar as relações entre as variáveis fisiológicas aeróbias e anaeróbias;
- Verificar as relações entre as variáveis fisiológicas com a *performance* no XC;
- Determinar as exigências fisiológicas dos atletas durante a competição de XC.

1.3 - JUSTIFICATIVA

Na tentativa de aperfeiçoar a preparação física para o esporte de alto rendimento, atletas e treinadores, procuram discriminar as variáveis mais importantes para determinação das cargas de treinamento e sua associação com a *performance* esportiva. Em nosso país, apesar da evolução no MTB, existe uma lacuna relativa à caracterização dos atletas de alto nível e das competições em que participam. Estes fatores podem colaborar para a determinação de referências nacionais a serem alcançadas por principiantes e/ou elaboração de objetivos realistas em médio/longo prazo, em acordo com os modelos do treinamento desportivo contemporâneo.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

Os mecanismos responsáveis pelo desempenho esportivo, são tópicos de grande interesse nas pesquisas na área de fisiologia do exercício e treinamento. A revisão de literatura apresentada a seguir, abordará as relações entre as variáveis morfofisiológicas com o desempenho de ciclistas e *mountain bikers*.

2.1 - VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS

Ciclistas profissionais de estrada são, freqüentemente, avaliados em condições laboratoriais para discriminar as variáveis relacionadas com o desempenho. Neste contexto, a correção alométrica dos resultados pode agregar valor ao processo de avaliação e predição, pois, as variáveis fisiológicas, quando expressas por alometria, podem prever o desempenho no campo mais precisamente que quando expressas em valores absolutos (PADILLA et al., 1996).

Padilla et al. (1999) apresentaram as qualidades fisiológicas e de desempenho em ciclistas de estrada profissionais em relação a sua constituição morfológica. A massa corporal, a altura, a superfície da área corporal e a área frontal foram variáveis determinantes para os diferentes tipos de terrenos e etapas presentes nas competições de ciclismo. Sendo assim, os autores classificaram os ciclistas em quatro tipos de especialistas: ciclistas que

se destacam nas subidas, no plano, no contra-relógio e especialistas em todos os tipos de terreno. Diferente do ciclismo, no MTB não é possível caracterizar morfologicamente os atletas em diferentes especialidades, pois os circuitos de XC são englobados por vários tipos de terreno. Em adição, a superfície de área corporal e a área frontal influenciam na aerodinâmica e conseqüentemente são importantes em eventos de alta velocidade (BERRY et al., 2000).

Um importante fator que afeta o desempenho nas subidas de MTB é a massa corporal, pois a resistência do ar é reduzida em função da baixa velocidade associada a esse tipo de terreno. Assim, a energia despendida é utilizada para vencer a força da gravidade que pode ser influenciada pela massa corporal do ciclista e da bicicleta (MACHADO et al., 2002). Entretanto, Berry et al. (2000) estudaram a influência da massa da bicicleta durante uma simulação de MTB no laboratório e não verificaram diferenças no VO_2 , na FC e na percepção subjetiva de esforço em diferentes bicicletas avaliadas. É importante lembrar, que o desenho experimental apresenta problemas de validade ecológica, pois este estudo foi realizado na esteira, com uma bicicleta de suspensão traseira e dianteira que pesava 11,6kg e teve aumento de 1,0kg para cada teste.

Sendo mais específico com a realidade no campo, Machado et al. (2002) investigaram os fatores fisiológicos e antropométricos associados com a *performance* em subida no MTB. Dentre as variáveis antropométricas estudadas, o percentual de gordura corporal obteve a melhor predição do desempenho ($r = 0,72$) sugerindo um possível efeito negativo da massa gorda na *performance* de subida. Em associação com variáveis fisiológicas, o limiar anaeróbio relativo à massa corporal, determinado pela carga correspondente a

concentração fixa de $3,5\text{mmol.l}^{-1}$, demonstrou maior capacidade de predição ($r = - 0,87$) de desempenho que o valor absoluto ($r = - 0,42$), reforçando a influência da composição corporal no desempenho de subidas no MTB.

Em breve revisão, Swain (1994) apresentou as influências da massa corporal no desempenho aeróbio durante o ciclismo. O ciclismo é uma modalidade em que o custo de energia é dado por duas principais forças: a resistência do ar em terrenos planos e a gravidade em terrenos de montanha. Além disso, os ciclistas grandes apresentam a resistência pela área frontal ligeiramente maior que ciclistas pequenos, no entanto, quando a área frontal for relativa a massa corporal os ciclistas pequenos apresentam maior resistência do ar no plano e conseqüentemente estão em desvantagem (SWAIN, 1994). Nas subidas, essa perda nas etapas planas é compensada devido à falta de resistência do ar, pois quanto maior a inclinação da montanha menor a velocidade. Neste momento, a gravidade sofre grande influência no custo de energia do atleta e os ciclistas mais leves podem se beneficiar. Para aperfeiçoar os efeitos, os autores sugerem que ao relacionar as variáveis de desempenho com a massa corporal, utilizar o expoente de massa de 0,32 para o plano e 0,79 para as subidas.

Assim, o desempenho nas competições de ciclismo e XC são determinados em parte, pelas características morfológicas individuais. Percebe-se que os ciclistas profissionais especialistas em etapas planas são altos e fortes (180-185cm, 70-75kg), sendo distintos dos especialistas em montanhas (175-180cm, 60-66kg) (LUCIA, EARNEST e ARRIBAS, 2003). Neste sentido, especula-se que as características morfológicas dos ciclistas

especialistas em montanhas estão próximas dos *mountain bikers* que competem no XC (178cm; 65,3 ± 6,5kg) (LEE et al., 2002)

2. 2 - VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

2.2.1 - Variáveis aeróbias

Por muitos anos o $VO_{2máx}$ foi considerado como a melhor variável utilizada para determinar a capacidade aeróbia. Entretanto, esta medida parece ser confiável apenas para esportes de potência aeróbia. Nas modalidades aeróbias de média e longa duração, o $VO_{2máx}$, parece ser um indicador insuficiente para a estimativa da capacidade aeróbia (HECK et al., 1985). Assim, Heck et al. (1985) sugeriram que a melhor variável a ser mensurada na determinação da capacidade aeróbia é o momento de transição metabólica denominado pelos autores de limiar aeróbio-anaeróbio. Neste contexto, tanto o ciclismo quanto o MTB são modalidades onde a duração do evento é longa, e em etapas de contra-relógio e nas provas de XC os atletas terminam a competição em valores de intensidade média próxima ou ligeiramente superior ao segundo limiar de lactato (LL_2), determinado pela concentração fixa de 4 mmol.l⁻¹ (PADILLA et al., 2000; IMPELLIZZERI et al., 2002).

Apesar de não ser a melhor variável utilizada para o desempenho em modalidades de longa duração, altos valores de $VO_{2máx}$ parecem ser pré-requisitos para um bom desempenho de *mountain bikers* e ciclistas. Os valores médios da carga máxima ($W_{máx}$) atingida em laboratório podem variar de acordo com o protocolo escolhido, sendo que ciclistas profissionais de estrada atingem entre 400 a 450W (6,0 a 6,5W.kg⁻¹) para estágio com duração de 4

minutos. Enquanto que estágios mais curtos, os valores médios estão entre 450 a 500W (6,5 a 7,5W.kg⁻¹), (LUCIA et al., 2000). É reconhecido que em protocolos com estágios mais prolongados a $W_{m\acute{a}x}$ é reduzida, entretanto, este valor parece ser mais próximo aos valores presentes durante a competição (LUCIA et al., 2000). As médias dos valores absolutos de $VO_{2m\acute{a}x}$ reportados para ciclistas profissionais estão entre 5,0 a 5,5l.min⁻¹ (70 a 80ml.Kg⁻¹.min⁻¹) sendo que os altos valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ relativos à massa corporal, são encontrados em ciclistas especialistas em subidas (PADILLA et al., 2000). Heller e Novotny, (1997) investigaram a $W_{m\acute{a}x}$ de *mountain bikers* em laboratório e encontraram valores médios de 419W (6,3W.kg⁻¹), apesar de utilizarem protocolos diferentes e seus resultados são semelhantes aos de ciclistas profissionais apresentados por Lucia et al. (2000). No entanto, os valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ só foram compatíveis aos ciclistas quando expressos em valores relativos a massa corporal (74ml.kg⁻¹.min⁻¹).

Alguns estudos sobre atletas de XC discordam dos valores da $W_{m\acute{a}x}$ atingida em laboratório pelos atletas apresentados anteriormente (tabela 1). Impellizzeri et al. (2002) utilizaram protocolo em teste progressivo com estágio de 4 minutos de duração e incremento de 40W. A $W_{m\acute{a}x}$ atingida apresenta valores médios de 367W (5,7W.kg⁻¹), estes achados são semelhantes aos de Stapelfeldt et al. (2004) que encontraram valores médios de 368W (5,3W.kg⁻¹) e Baron, (2001) 372W (5,4W.kg⁻¹), ambos com protocolos semelhantes. Sobre os *mountain bikers* brasileiros, Costa et al. (2003) realizaram avaliações em atletas de nível nacional e regional em teste progressivo com duração de 1 min. e incremento de 15W. Apesar de utilizarem protocolo de estágios mais curtos a $W_{m\acute{a}x}$ atingida foi de 342W (4,9W.kg⁻¹). Estes valores se justificam talvez por

diferenças metodológicas e nível de treinamento dos atletas. No entanto, para referência nacional, os resultados são mais expressivos quando comparados

Tabela 1. Resumo das variáveis identificadas nos principais estudos no MTB.

Parâmetros	Heller e Novotny, (1997)	Wilber et al, (1997)	Baron, (2001)	Lee et al, (2002)	Impellizzeri et al, (2002)	Stapelheldt et al, (2004)	Impellizzeri et al, (2005a)	Impellizzeri et al, (2005b)
Sujeitos	10	10	25	7	5	9	13	15
Nível	Nac	Nac e Inter	Nac	Inter	Inter	Inter	Inter	Inter
Idade	20,0 ± 4,1	29,0 ± 4,0	22,5 ± 4,4	24,4 ± 3,4	21 ± 4	21,2 ± 1,8	20 ± 1	25,5 ± 3,8
Peso	65,7 ± 3,1	71,5 ± 7,2	69,4 ± 6,5	65,3 ± 6,5	64,9 ± 4,6	69,4 ± 4,7	65 ± 6	66,2 ± 5,4
Estatura	175,6 ± 5,5	176,0 ± 7,0	179,0 ± 5,1	178,0 ± 0,1	174,6 ± 3,4	179,9 ± 5,9	177,0 ± 0,9	175,9 ± 6,4
%G	6,4 ± 1,2	5,8 ± 1,1		6,1 ± 1	5,1 ± 1,6		5,3 ± 1,6	5,1 ± 1,6
VO _{2máx}	4,9 ± 0,3	5,0 ± 0,4	4,74	5,1 ± 0,5	4,9 ± 0,4	4,61	4,6 ± 0,5	5,1 ± 0,5
VO _{2máx.kg⁻¹}	74,1 ± 3,4	70,0 ± 3,7	68,4 ± 3,8	78,3 ± 4,4	75,2 ± 7,4	66,5 ± 2,6	72,1 ± 7,4	76,9 ± 5,3
W _{máx}	419 ± 29	420 ± 42	382	413 ± 36	367 ± 36	368 ± 25	392 ± 35	426 ± 40
W _{máx.kg⁻¹}	6,3 ± 0,3	5,9 ± 0,3	5,5 ± 0,4	6,3 ± 0,5	5,7 ± 0,6	5,3 ± 0,3	6,0	6,4 ± 0,6
WLL ₁					276 ± 17	215 ± 24	286 ± 32	272 ± 40
WLL ₂		271 ± 29		339 ± 31	318 ± 14	295 ± 25	340 ± 38	360 ± 29
FC _{máx}	191 ± 6	192 ± 12		189 ± 5	192,2 ± 4,7	193 ± 10	190 ± 7	183 ± 8
FCLL ₁					164 ± 9			148 ± 10
FCLL ₂		166 ± 13		172 ± 11	179 ± 7			168 ± 7
[La] _{final}	10,4 ± 1,7	10,4 ± 2,7		10,1 ± 2,6			10,3 ± 1,4	

com as investigações de Machado et al. (2002) que utilizaram protocolo com carga inicial de 105W e incremento de 35W a cada estágio de 3 min. de duração, sendo encontrado valores de $W_{máx}$ em média a 309W ($4,9W.kg^{-1}$).

O $VO_{2máx}$ é um componente importante para determinação da aptidão aeróbia, ao mensurar o $VO_{2máx}$, é possível a identificação de outras variáveis referentes à capacidade aeróbia. Na cinética do VO_2 , três fases podem ser identificadas: fase I – a produção de CO_2 (VCO_2) é proveniente principalmente do metabolismo aeróbio; fase – 2 a ventilação aumenta em resposta ao excesso do VCO_2 com regulação da pressão parcial de CO_2 ; e fase – 3 onde ocorre a compensação respiratória para a acidose metabólica com diminuição da pressão parcial de CO_2 (LUCIA et al., 2002).

Esses momentos de transição entre as fases são denominados primeiro limiar ventilatório (LV_1) e ponto de compensação respiratória ou segundo limiar ventilatório (LV_2), respectivamente. Existem algumas controvérsias sobre o quanto essas variáveis ventilatórias podem ser fidedignas como referência de transição metabólica. Indivíduos com Síndrome de McCardle, não apresentam a primeira enzima responsável pela depleção do glicogênio intramuscular (miofosforilase) e produzem pouco lactato, já que a velocidade da glicólise anaeróbia é menor. No entanto, esses pacientes apresentam os limiares ventilatórios (VISSING et al., 1992).

Neste sentido, as concentrações sanguíneas de lactato [La] são bem aceitas como indicadores do metabolismo aeróbio. Em exercícios progressivos, há um pequeno aumento inicial das [La] que podem se manter em estado de equilíbrio ou retornar aos valores de repouso se a intensidade for mantida em baixos níveis (MADER, 1991; RIBEIRO, 1995). Este momento pode determinar

a 1º zona de transição metabólica, ou mais especificamente o 1º limiar de lactato (LL_1), (RIBEIRO, 1995). Prosseguindo o incremento de carga, um outro ponto será atingido que marca a 2º zona de transição metabólica conhecido como 2º limiar de lactato (LL_2) onde as [La] tendem a se acumular exponencialmente (RIBEIRO, 1995). A manutenção da intensidade próxima ao LL_2 permite a continuidade da atividade por longo tempo, no qual a partir deste, há um aumento abrupto dos níveis de lactato, produzindo diminuição do pH e podendo levar à interrupção do exercício (MADER, 1991; RIBEIRO, 1995).

Para a identificação destas transições, inúmeros métodos foram sugeridos, dentre os quais podemos mencionar os métodos de concentração fixa de $2,0 \text{ mmol.l}^{-1}$ (FÖRENBACH et al., 1987) para a determinação de LL_1 , e de $4,0$ e/ou $3,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ (HECK et al., 1985) para a determinação de LL_2 . Enquanto Föhrenbach et al. (1987) observaram que o rendimento numa prova de maratona estava altamente correlacionado com a velocidade correspondente às [La] entre $2,0$ e $3,0 \text{ mmol.l}^{-1}$. Em adição, Mader e Heck (1986) sugeriram que o LL_2 pode representar a intensidade correspondente a um máximo estado estável para os níveis de lactato sangüíneo durante cargas constantes.

No entanto, ao buscar identificações individualizadas, a utilização de concentrações fixas pode gerar determinações inadequadas dos LL_1 e LL_2 (PIRES et al., 2003). De fato, as identificações individualizadas também são representativas de um máximo estado estável do lactato (SIMÕES et al., 1996). Para tanto, leva-se em consideração o comportamento da curva do lactato sangüíneo durante protocolos progressivos (CHENG et al., 1992; PIRES et al., 2003; STEGMANN et al., 1981). A maioria dos estudos que propuseram

métodos individuais de identificação sugeriu um comportamento exponencial para o lactato sangüíneo (CAMPBELL et al., 1989; HUGSON et al., 1987).

2.2.2 - Variáveis anaeróbias

A capacidade anaeróbia é fundamental para o desempenho em modalidades onde é requerida a manutenção prolongada de grande potência para o fornecimento de energia (DE-OLIVEIRA et al., 2006). A habilidade de gerar alta potência durante uma parte do evento (curta duração) tem um papel fundamental no desempenho do ciclista, por exemplo, em uma largada, nas subidas, nas fugas, num *sprint* e principalmente na chegada de uma competição (BARON, 2001). Nestes momentos importantes da prova, a potência e capacidade anaeróbia, podem ser fatores determinantes no desempenho. Stapelfeldt et al. (2004) utilizaram dinamômetros portáteis nas bicicletas para descrever a potência produzida durante as competições de XC. Após a largada, durante a primeira volta e nas subidas, os atletas atingiram valores mais altos que a $W_{máx}$ identificada em laboratório. Estes achados sugerem que a participação anaeróbia é de grande importância visto que nas competições de XC as categorias profissionais realizam em média 6 voltas no circuito geralmente bastante montanhoso.

Freqüentemente, pesquisadores, técnicos e atletas de alto rendimento estão interessados na identificação de variáveis provenientes de esforços máximos, que sejam determinantes para o desempenho anaeróbio. No entanto, sobre o conhecimento atual, não existe senso comum sobre o método padrão aceito como referencial, havendo pouca concordância sobre o que

estes testes realmente avaliam (VANDEWALLE et al., 1987). Neste sentido, recentemente, têm sido apresentados e discutidos diversos métodos para a avaliação da aptidão aeróbia. Entre os mais aceitos tem-se o máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD), que representa a diferença entre a necessidade (estimada) de VO_2 para uma carga executada e o oxigênio consumido durante o mesmo esforço. Para a sua identificação, com o objetivo de estimativa da capacidade anaeróbia, é utilizada uma extrapolação linear acima do $VO_{2\text{máx}}$, a partir de valores de intensidade trabalho sub-máxima e o respectivo VO_2 (MEDBØ et al., 1988). Esta variável tem sido aceita como uma aproximação padrão para a capacidade aeróbia de atletas e não atletas.

Weber e Schneider (2001) examinaram a reprodutibilidade do MAOD medido em 110% e 120% do VO_2 de pico, em homens e mulheres ciclistas não treinados. Seus resultados apontam que a aplicação da avaliação sobre condições padronizadas, foi significativamente reprodutível em homens e mulheres para estas intensidades. Até o presente momento, apenas Dal Monte e Faina (1999), utilizaram este método em atletas de XC, sendo encontrado valores de $53,2 \pm 8,5 \text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$.

Os estudos mais elegantes direcionados em revelar o perfil de ciclistas profissionais de estrada, apresentam que as variáveis aeróbias são de extrema importância para a *performance* no campo (LUCIA et al., 2001; PADILLA et al., 1996). No entanto, os mesmos autores simplesmente não apresentam a relevância da participação anaeróbia bem como as avaliações. A participação do componente anaeróbio em ciclistas profissionais que competem no velódromo é bem reconhecida já que as provas são curtas e os atletas imprimem alta potência na bicicleta. Em artigo de revisão, Craig e Norton,

(2001) destacaram a utilização de dinamômetros portáteis durante competições de ciclismo no velódromo. Fica claro, que os altos valores atingidos de potência produzida durante os segundos iniciais dos eventos, dependem da participação do metabolismo anaeróbio.

O teste de Wingate (TW) tem sido utilizado para a aproximação da potência e capacidade anaeróbia de ciclistas, com determinação do pico de potência (PP), potência média (PM) e índice de fadiga (IF). Segundo Stapelfeldt et al. (2004), devido às irregularidades do terreno, os circuitos de XC exigem grande participação anaeróbia dos atletas. Baron (2001) utilizou um protocolo com duração de 10 seg. para avaliação do componente anaeróbio em diferentes cadências no cicloergômetro isocinético. O autor reportou valores em média de PP - $14,9\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$, no entanto, estes achados dificilmente podem ser comparados com os existentes devido às diferenças metodológicas. Tanaka et al. (1993) descreveram através do TW, as características anaeróbias de ciclistas norte-americanos. Apesar de ter utilizado uma carga referente a 9,5% da massa corporal, os autores encontraram valores de PP - $13,9\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$; $13,6\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$; $12,8\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ para três categorias diferentes, respectivamente.

Um dos poucos estudos, Heller e Novotny (1997) avaliaram a participação anaeróbia de *mountain bikers* da equipe nacional do Casaquistão. No TW, os autores encontraram valores médios de pico de potência de $14,7\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ e lactato de pico de $11,3\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$. Estes achados são semelhantes aos encontrados por Baron, (2001) quando relativos a massa corporal, no entanto, o protocolo usado pelo autor foi com duração e cargas diferentes. Em adição, o estudo de Heller e Novotny, (1997) apresenta valores maiores que os valores encontrados por Tanaka et al. (2001) isto se justifica já que a o TW teve

a carga modificada para $6W.kg^{-1}$. Fica clara a dificuldade de análise desses resultados visto que os diferentes estudos apresentam diferentes metodologias.

2.3 - AVALIAÇÃO DA INTENSIDADE DO ESFORÇO: MONITORES DE FREQUÊNCIA CARDÍACA E DINAMÔMETROS PORTÁTEIS

Alguns componentes responsáveis pelos ganhos de *performance* como a frequência e a duração das sessões de treino, são fáceis de serem controlados, entretanto, a intensidade depende de outros fatores e é mais difícil de ser controlada. Existem dois principais métodos usados para quantificar o treinamento aeróbio: a determinação do $VO_{2máx}$ e das concentrações sanguíneas de lactato [La], no entanto, existem muitas dificuldades de mensuração nas situações de campo (HOPKINS, 1991). Na corrida e na natação, a velocidade pode ser usada como indicador de intensidade de esforço, sendo duvidosa a sua utilização no ciclismo (JEUKENDRUP; VAN DIEMEN, 1998). No MTB, a fraca relação entre velocidade-intensidade parece ser ainda mais perceptível, principalmente em trechos de subidas e descidas. Nas subidas, a velocidade é baixa, enquanto que a potência produzida e os valores da FC são altos; o contrário ocorre nas descidas, onde a velocidade é alta e os valores da potência são inferiores (STAPELFELDT et al., 2004). Neste sentido, percebe-se que a velocidade não representa um bom indicador de intensidade no ciclismo e no MTB sendo necessária a busca de alternativas.

Recentemente, foram desenvolvidos alguns tipos de dinamômetros portáteis que são acoplados às bicicletas e que podem mensurar a potência produzida de uma forma direta nas próprias sessões de treinamento e/ou durante as competições. Stapelfeldt et al. (2004) verificaram que a medida

direta da potência durante as competições de XC, pode ser o melhor indicador no controle da intensidade do treinamento, pois além de discriminar o perfil da prova, os valores de potência podem ser comparados com as variáveis identificadas no laboratório. No entanto, a utilização de um equipamento sofisticado requer alto investimento e até o presente momento, está fora dos padrões nacionais.

Assim, os monitores de FC aparecem como uma opção mais compatível e têm sido utilizados como uma ferramenta muito útil em esportes de capacidade aeróbia. Devido à precisão de medidas, grande capacidade de armazenar informações e funções práticas; muitos atletas têm comprovado suas vantagens nas competições e no treinamento (JEUKENDRUP; VAN DIEMEN, 1998). Adicionalmente, os cardiofrequencímetros são úteis em monitorar a intensidade do treinamento, detectar e prevenir o *overtraining*, estimar o $VO_{2máx}$ e custo energético da atividade. Como pode ser considerada de fácil medida, a FC é um dos indicadores de intensidade de esforço mais usados em esportes como o ciclismo (BOULEY, 1995). A FC registrada durante a atividade pode ser transmitida para o microcomputador onde os dados serão analisados através de um *software* disponível para utilização dos monitores. Ao conectar o programa, a FC aparece em um gráfico de FC x tempo e geralmente, três zonas de intensidade entre o metabolismo aeróbio e anaeróbio são caracterizadas: baixa intensidade, intensidade moderada e alta intensidade (GILMAN et al., 1993).

Especula-se existir uma relação linear direta entre a FC e o VO_2 como medida da intensidade do esforço em valores entre 60 e 90% $VO_{2máx}$. Dessa forma, permite selecionar percentuais que podem ser utilizados como

marcadores de intensidade do esforço (GILMAN, 1996). Entretanto, é importante ressaltar que a FC pode não refletir a produção de energia e sob algumas condições ambientais, não reflete precisamente o estresse metabólico proveniente da atividade. Durante o exercício de intensidade moderada, pode ocorrer um gradual decréscimo do volume de ejeção do coração e um aumento da FC, esse fenômeno é conhecido como “desvio cardiovascular”. Especula-se que os principais fatores que contribuem para essa alteração são concomitantemente a desidratação e a vasodilatação periférica, bem como o aumento da temperatura (ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003). Assim, a relação entre FC e VO_2 é suscetível a alteração, sendo que a FC pode não refletir a demanda muscular durante os treinos e/ou competições.

Para discriminar a intensidade das etapas de contra-relógio em ciclistas de estrada profissionais, Padilla et al. (2000) identificaram as variáveis relacionadas com o desempenho nos atletas em laboratório e durante as competições. Ao utilizar monitores de FC durante a prova, verificaram que as etapas mais curtas de contra-relógio (prólogo – $7,3 \pm 1,1$ km) são realizadas aproximadamente a 90% $FC_{máx}$ e as etapas mais longas ($49,2 \pm 8,0$ km) próximo a 80% $FC_{máx}$, sendo que os primeiros colocados nas etapas mais longas também conseguiam imprimir a intensidade semelhante às curtas. A figura 1 representa a resposta individual em uma etapa longa de contra-relógio, verifica-se que a FC em LL_1 e LL_2 , corresponde a 162 e 176bpm, respectivamente.

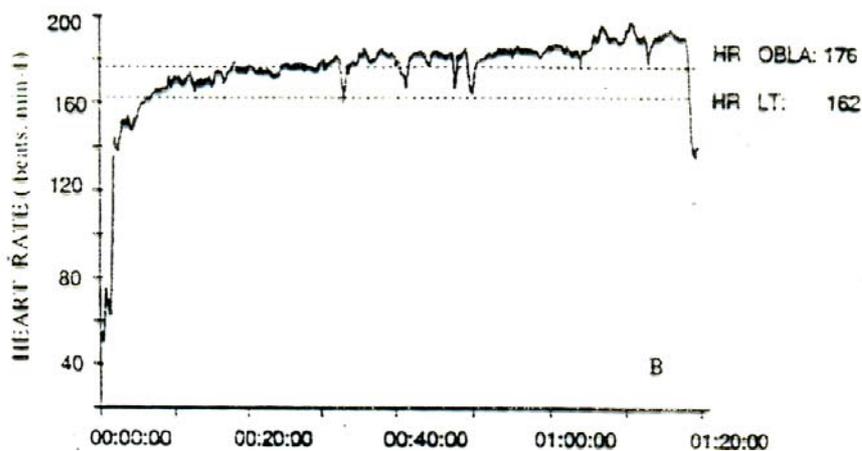


Figura 1. Resposta individual da FC vs duração a prova de contra-relógio no ciclismo. HR LT:162 bpm e HR OBLA:176 bpm, correspondem a FC em LL₁ e LL₂, respectivamente (PADILLA et al., 2000).

Com estudo semelhante, Lucia et al. (1999) também avaliaram ciclistas profissionais durante todas as etapas do *Tour de France*. Além de apresentar os diferentes tipos de contra-relógio citados, as grandes voltas no ciclismo, compreendem etapas predominantemente planas, com semi-montanhas e com grandes montanhas. Devido à extensão do evento, os autores concluíram que a intensidade é particularmente alta durante as etapas de contra-relógio e com grandes montanhas. Assim, o *Tour de France* é um esporte com grande participação aeróbia próxima a valores de LV₁ – aumento no VE.VO₂⁻¹ sem o aumento no VE.VCO₂⁻¹ e quebra da linearidade na VE (LUCIA et al., 1999).

Impellizzeri et al. (2002) descreveram a intensidade das competições de XC através de cardiofrequencímetros portáteis (figura 2). Os autores encontram que ao final das provas, os atletas atingiram a intensidade média correspondente a 90% FC_{máx} (84% VO_{2máx}) e permaneceram durante todo o evento em média 31% acima de LL₂ (OBLA). É importante ressaltar os tipos de circuito que foram investigados que apesar de serem diferentes, apresentaram a intensidade semelhante. Assim, percebe-se que prova de XC apresenta a

intensidade semelhante à competição de contra-relógio. No entanto, quando o critério selecionado para caracterizar a sobrecarga total de uma competição considera a duração do esforço, podemos afirmar que as competições de XC apresentam a intensidade mais elevada, pois apresentam duração de aproximadamente de 2hs., enquanto que as provas de contra-relógio apenas 70min. (IMPELLIZZERI et al., 2002).

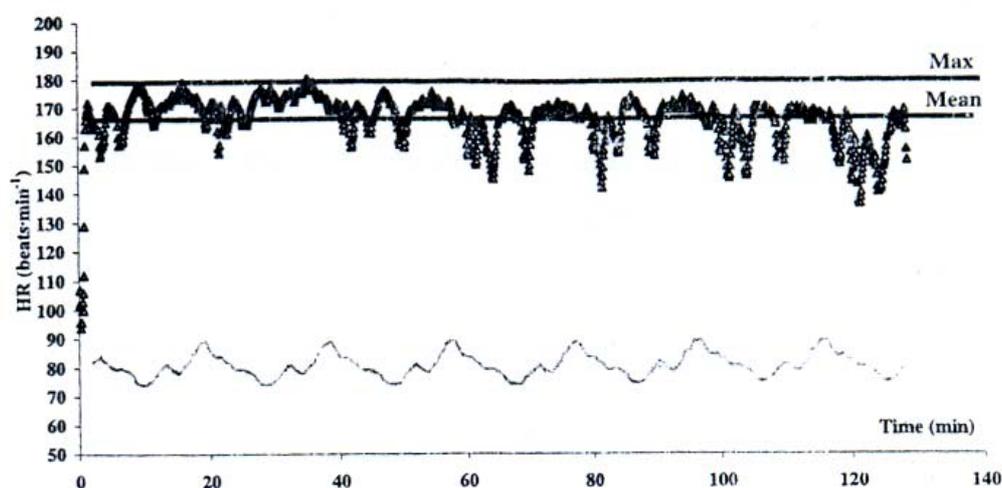


Figura 2. Resposta individual da FC vs duração da prova de XC. Max e Mean correspondem a FC máxima alcançada em laboratório e FC média durante a competição, respectivamente (IMPELLIZZERI et al., 2002).

A menor velocidade média atingida, pneus largos, terrenos irregulares, subidas e descidas constantes são características das provas de XC e requerem que os atletas desprendam grande parte do esforço para vencer a gravidade nas subidas e a resistência do atrito em todo o circuito. Em adição, no XC não é possível que os *mountain bikers* percorram durante parte do percurso juntos em pelotão. Os longos trechos em *single tracks* são estreitos e só permitem que um atleta passe de cada vez. Assim, a situação de “vácuo” não pode ser formada e o ciclista não pode ser ajudado por sua equipe como ocorre no ciclismo (IMPELLIZZERI et al., 2002). Durante as provas de XC

ocorrem repetidas e intensas contrações isométricas em membros superiores e inferiores que são necessárias para a absorção de impactos e das vibrações causadas pelo terreno (IMPELLIZZERI et al., 2002). Com isso, especula-se que as ações musculares isométricas podem aumentar significativamente a resposta da FC no MTB. Na tentativa de diminuir o impacto e o esforço para o ciclista, as fábricas oferecem diferentes modelos de suspensões. Seifert et al. (1997) mostraram que o uso de suspensões dianteiras nas bicicletas pode reduzir a FC média se comparada com bicicletas sem suspensão, no entanto o VO_2 não foi diferente entre as duas situações.

Stapelfeldt et al. (2004) utilizaram monitores de FC e dinamômetros portáteis nas bicicletas para descrever a intensidade das competições de XC. Os autores verificaram que os atletas competem a 91% $FC_{máx}$ e permanecem 42% do tempo da prova, acima de LL_2 (figura 3). Esses resultados estão de acordo com os reportados nas competições de XC por Impellizzeri et al. (2002) e nas etapas de contra-relógio por Padilla et al. (2000). Adicionalmente, descreveram que o perfil da potência produzida durante a prova sofreu grande oscilação dependendo do tipo de percurso. Em subidas curtas, os valores da potência ultrapassaram os valores da $W_{máx}$ registrada no laboratório, enquanto que nas descidas mesmo com a potência próxima de ser nula, a FC se mantém elevada. Estes achados sustentam as inferências feitas anteriormente sobre as contrações musculares isométricas na manutenção elevada da FC em situações de baixa carga de esforço nos membros inferiores.

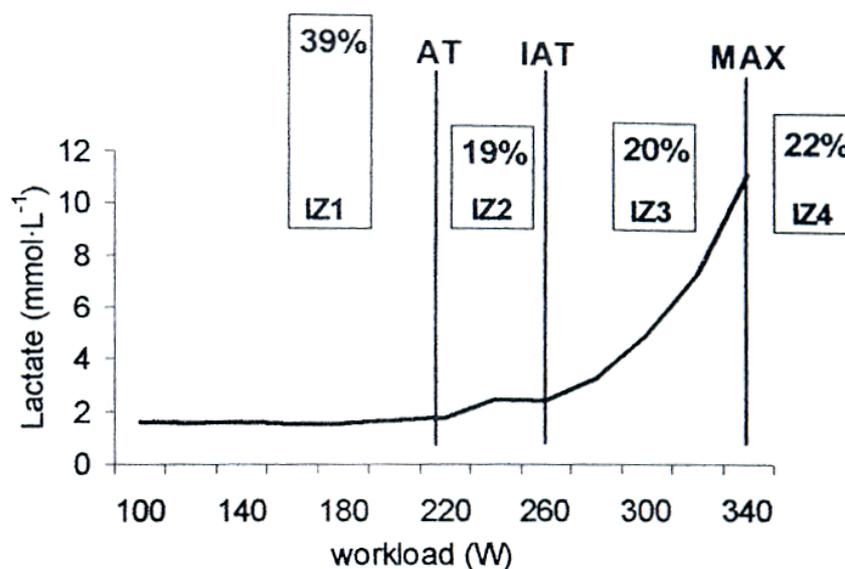


Figura 3. Percentuais nas diferentes zonas de intensidade de esforço durante as competições de XC. AT, IAT, MAX correspondem a LL_1 , LL_2 e $W_{m\acute{a}x}$, respectivamente (STAPELFELDT et al., 2004).

A estratégia utilizada pelos atletas de XC também pode ajudar a explicar o perfil das provas. Impellizzeri et al. (2002) observaram que a FC ao longo da prova decresce e que os valores máximos atingidos pela FC estão na primeira volta logo após a largada. De fato, a largada constitui um dos momentos mais importantes do evento, pois logo após, as pistas se estreitam em longos *single tracks* onde é difícil de realizar ultrapassagens. Corroborando com estes achados, Stapelfeldt et al. (2004) também mostraram que os *mountain bikers* atingiram valores elevados na W e FC durante a primeira volta. Entretanto, a cinética da FC permaneceu constante e não diminuiu ao final da prova. Estes resultados também estão de acordo com Padilla et al. (2000), que também mostraram que a FC permanece constante e elevada ao final das competições de contra-relógio.

Um dos achados interessantes do estudo de Stapelfeldt et al. (2004) está no comportamento constante da FC e oscilante da W produzida. Fica claro

que, no XC, a W produzida de membros inferiores não é constante como nas etapas de contra-relógio, no entanto, a exigência cardíaca é semelhante (figura 4).

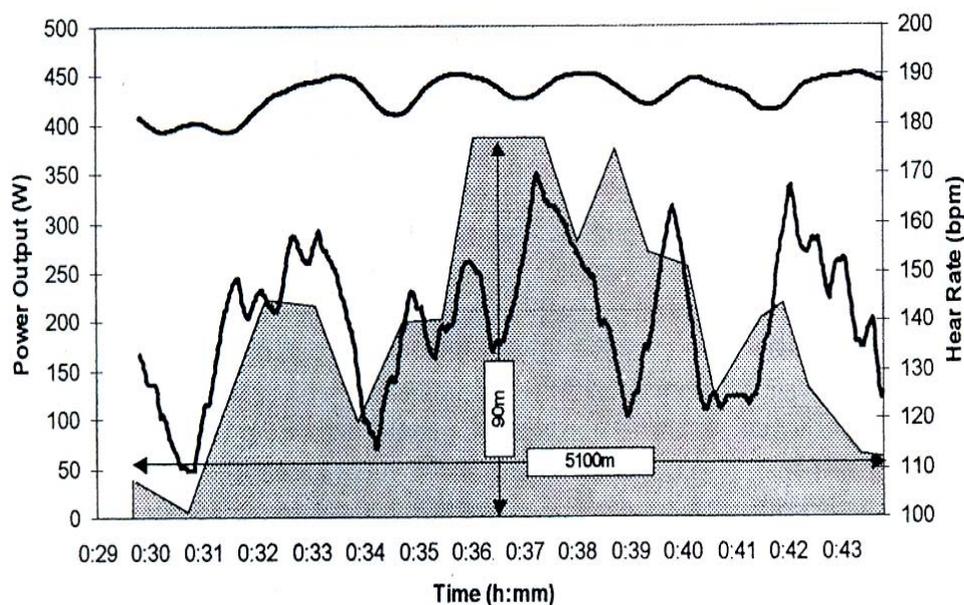


Figura 4. Resposta da FC e da W produzida durante a competição de XC. A linha escura constante superior representa a FC (bpm) e a linha escura oscilante inferior, representa a potência (w) (STAPELFELDT et al., 2004).

De acordo com o treinamento desportivo, um esporte com características de alta intensidade e com intermitência requer adaptações físicas diferentes de uma modalidade contínua. Muitas investigações foram feitas para a caracterização de esportes intermitentes, principalmente com relação ao treinamento intervalado e em variáveis como tempo de estímulo, intensidade de esforço e o intervalo de recuperação (VOLKOV, 2002). Segundo este autor, a intensidade e a duração do exercício são de extrema importância quando comparada com o intervalo de recuperação, pois esportes com longos períodos de alta intensidade e curtos períodos de recuperação, apresentam características semelhantes com esportes de carga constante.

Outra importante característica do XC está na interação entre o metabolismo aeróbio e anaeróbio. Stapelfeldt et al. (2004) verificaram que os *mountain bikers* atingiram os valores da W entre 250 a 500W nas subidas. Em alguns trechos, esses valores estão acima de LL_2 e da própria $W_{m\acute{a}x}$, ambos obtidos em laboratório. De acordo com os sistemas do metabolismo energético, a manutenção no fornecimento de energia para o metabolismo muscular acima de LL_2 é proveniente das reações aeróbias, com alta potência, quanto da glicólise anaeróbia com grande produção e acúmulo de lactato intramuscular. Em geral, nesta faixa de atividade, a acidose metabólica pode ser um fator limitante da manutenção da potência física desenvolvida. Lucia et al. (2000) compararam ciclistas profissionais especialistas em subidas e em contra-relógio. Os especialistas em montanhas apresentaram alto $VO_{2m\acute{a}x}$ relativo e altas [La] quando comparados com especialistas em contra-relógio. Segundo os autores, estes atletas apresentam combinadas qualidades físicas específicas como alta potência aeróbia, alta tolerância ao lactato e alta capacidade de remoção de metabólitos. Assim, Stapelfeldt et al. (2004) inferem que os *mountain bikers* podem apresentar adaptações compatíveis com estes ciclistas.

3 - METODOLOGIA

3.1 - TIPO DE PESQUISA

A pesquisa foi do tipo descritiva correlacional, pois examinou as relações entre as variáveis de *performance*, sem necessariamente estabelecer uma relação de causa-efeito (THOMAS; NELSON, 2002).

3.2 - AMOSTRA

A amostra foi do tipo não probabilística intencional, a partir de contatos prévios com os atletas, via telefone, correio eletrônico e encontros em competições. Neste contexto, participaram do estudo 14 *mountain bikers* que disputam campeonatos estaduais e nacionais ($26,1 \pm 6,5$ anos; $68,4 \pm 5,7$ kg; $175,3 \pm 4,3$ cm; $5,8 \pm 1,7\%$ G; \sum DC = $21,1 \pm 1,9$ mm e $8,6 \pm 4,6$ anos de treinamento). No período em que foi realizado o experimento, os atletas apresentaram o registro das federações em diferentes estados: MG (n = 5), SC (n = 5), RJ (n = 3), MS (n = 1), sendo classificados em diferentes categorias nos campeonatos nacionais: elite (n = 6), júnior (n = 1), sub 23 (n = 3), sub 30 (n = 1) e máster (n = 3). Em relação ao período de treinamento, os atletas relataram estar na fase competitiva. Assim, o grupo de 14 atletas foi separado em 2 grupos: 1 – atletas que competem na categoria elite (n = 6; $26,5 \pm 3,6$ anos; $69,1 \pm 2,1$ kg; $174, \pm 1,2$ cm; $5,9 \pm 0,9$ %G; \sum DC = $21,1 \pm 1,9$ mm e $9,0 \pm 1,3$ anos de treinamento) e 2 – todos os atletas que competem nas demais categorias, sendo denominados no presente estudo de amadores (n = 8; $25,6 \pm$

7,7 anos; $67,7 \pm 7,0$ kg; $175,5 \pm 5,5$ cm; $5,8 \pm 2,1$ %G; \sum DC = $21,4 \pm 5,5$ mm e $8,3 \pm 5,7$ anos de treinamento).

3.3 - PROCEDIMENTOS E PROTOCOLOS

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade do Estado de Santa Catarina (número 017/05) (Anexo 1). Todos os testes laboratoriais foram realizados no Laboratório de Avaliação Morfofuncional (LAPEM), no Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos (CEFID), na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Após ler e assinar o termo de consentimento informado (Anexo 2), conforme aprovação do Comitê de Ética da UDESC, os participantes foram submetidos à avaliação através de um questionário, em seguida foi realizada avaliação antropométrica, anaeróbia e aeróbia, respectivamente. Ambas foram realizadas no mesmo dia, com no mínimo 30min. de intervalos entre os testes anaeróbio e aeróbio. Após intervalo mínimo de quatro dias, os atletas foram avaliados através de monitores de FC, durante a sexta etapa da Copa do Mundo. Esta competição foi realizada no circuito de XC, localizado no Parque Unipraias, na cidade de Balneário Camboriú – SC, no dia 03 de julho de 2005. Após duas semanas, os atletas foram avaliados durante o Campeonato Brasileiro de XC, realizado no Parque das Laranjeiras, na cidade de Três Coroas – RS, no dia 17 de julho de 2005.

Todos os atletas foram instruídos para que evitassem a ingestão de alimentos sólidos no período de 3hs. anteriores à realização dos testes laboratoriais e competições, com permissão para a ingestão de líquidos sem

excessos. Foram recomendados somente a praticarem atividades físicas de baixa intensidade nos dias antecedentes ao experimento e/ou treinos em baixa intensidade nas 24hs. anteriores as competições (TAYLOR et al., 1963).

3.3.1 - Aplicação do questionário

Foi realizada avaliação escrita através de um questionário (Anexo 3) que apresenta perguntas abertas e fechadas. O conteúdo se refere à experiência e volume semanal de treinamento, o acompanhamento e a prescrição de exercícios por profissionais habilitados, aspectos nutricionais e de suplementação esportiva, bem como características do treinamento diário para competições importantes. O questionário foi respondido individualmente em uma sala, com as dúvidas sanadas pelo pesquisador responsável. O principal objetivo da utilização do questionário, foi apenas auxiliar na caracterização da amostra estudada.

3.3.2 - Avaliação antropométrica

Após a aplicação do questionário, foi realizada a avaliação antropométrica com medidas de estatura (estadiômetro – Sanny[®]), peso (balança – TOLEDO[®] - Modelo 2086 PP) e dobras cutâneas (adipômetro – CESCORF[®]). As dobras cutâneas foram mensuradas nas regiões do tórax, abdômen e coxa, conforme as descrições do protocolo de três dobras, proposto por Jackson e Pollock (1978), sendo realizado em conjunto o somatório de dobras cutâneas (Σ DC) (Anexo 4).

3.3.3 - Avaliação anaeróbia

Teste de Wingate (TW): na avaliação anaeróbia foi utilizado um ciclo-ergômetro de frenagem mecânica (CEFISE[®], 1800), que mensura a carga de trabalho. O ciclo-ergômetro foi adaptado com pedais de encaixe e banco semelhante às bicicletas dos atletas.

Os atletas realizaram um aquecimento de 5 min. com carga de 1 Kp e rotações livres. Após um período de recuperação de 2 min., o TW foi iniciado. Aos sujeitos foi recomendado a permanecessem sentados, e pedalassem o mais rápido possível, durante os 30 seg. de duração do teste. A carga foi fixa, e corresponde a 10% do peso corporal do atleta. Os sujeitos venceram a inércia da roda na posição estática.

O PP foi considerado como o maior valor da potência medida nos primeiros segundos. A PM foi determinada pela média dos valores apresentados a cada segundo, durante todo o teste. O IF foi identificado pela equação abaixo:

$$\text{IF em \%} = [(P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}})/P_{\text{máx}}] \times 100$$

Onde IF representa o índice de fadiga em porcentagem, $P_{\text{máx}}$ a potência máxima produzida e $P_{\text{mín}}$ o menor valor encontrado referente à potência.

A análise dos dados foi realizada através do *software* instalado no microcomputador onde os dados foram transmitidos durante a realização do teste. Os resultados foram informados automaticamente, sendo que os cálculos foram realizados segundo a metodologia apresentada anteriormente para o

TW. O TW foi utilizado para o estudo de variáveis anaeróbias: PP, PM e o IF (Anexo 4).

3.3.4 - Avaliação aeróbia

Protocolo de cargas progressivas (PCP): na avaliação aeróbia foi utilizada a própria bicicleta do atleta acoplada ao ciclo-simulador (CompuTrainer™ RacerMate® 8000, Seattle WA). O aparelho mensura a potência produzida (W) e rotações por minuto (rpm). Foi realizado aquecimento em carga de 70W, com duração de 8 min., para a posterior calibração do ergômetro. Em seguida, o teste foi iniciado com carga de 100W e incrementos de 30W a cada 3min., até exaustão. Os atletas mantiveram frequência no pedal entre 90 e 110rpm durante todo o teste, sendo que a relação coroa/cassete permaneceu fixa, correspondente a 44/17.

A falta de sustentação da cadência no pedal e/ou exaustão voluntária, foram os critérios utilizados para a interrupção do teste. Quando a carga do estágio não foi completada, a $W_{máx}$ foi identificada segundo o método de Kuipers et al. (1985):

$$W_{máx} = W_f + (t/180 \times 30)$$

onde W_f é a carga em W do último estágio, t é o tempo em seg. do estágio incompleto, 180 é o tempo em seg. proposto para cada duração de estágio e 30W é o valor do incremento das cargas.

A FC foi monitorada batimento a batimento durante todo o teste, através de um cardiofrequencímetro Polar® (modelos S610i e *Vantage NV* – Finlândia).

A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi registrada ao final de cada estágio, sendo utilizada a escala de dez pontos proposta por Borg et al. (1982), recomendada para estudar variáveis fisiológicas que apresentam um comportamento curvilíneo.

Durante os 30 segundos finais de cada estágio, foram coletados 25µl de sangue arterializado no lóbulo da orelha, previamente hiperemiada com *Finalgon*[®], para análise das [La]. As [La] foram imediatamente analisadas, no lactímetro da marca *Yellow Springs*[®] (modelo 1500).

Os limiares de transições metabólicas foram identificados individualmente a partir do comportamento da curva das [La] em função da intensidade do esforço, sendo expressos nos valores de VO_2 , FC e W, a partir da interpolação entre dois pontos adjacentes. O método de identificação foi proposto por Berg et al. (1990), que apresenta a primeira transição metabólica no menor equivalente de $[La].W^{-1}$, denominado “Limiar Aeróbio” (AT). A partir das [La] identificadas no AT é adicionado o valor fixo de $1,5\text{mmol.l}^{-1}$, para a identificação da segunda transição da curva de [La], denominado de “Limiar Anaeróbio Individual” (IAT) (figura 5). No presente estudo, entende-se AT como LL_1 e IAT como LL_2 .

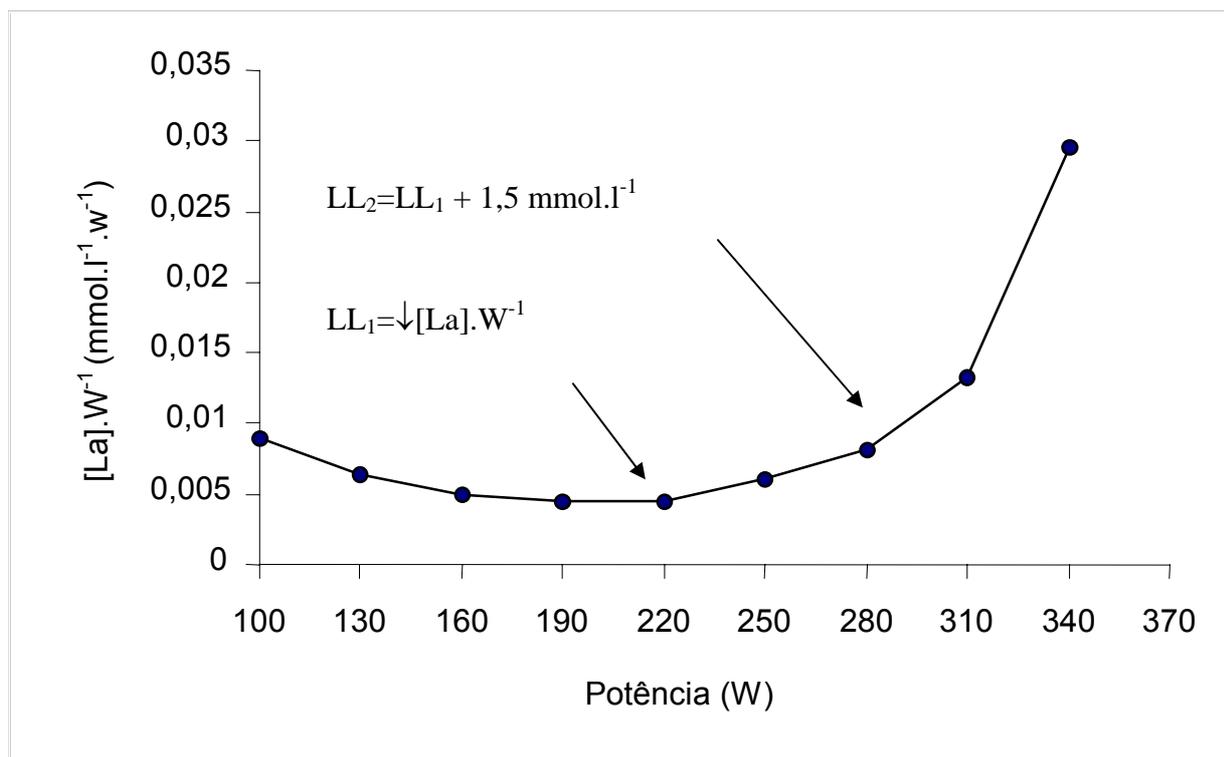


Figura 5 – Exemplo individual do método de identificação dos limiares de lactato (BERG et al., 1990).

O VO_2 foi monitorado durante todo o teste, sendo que os valores registrados foram de apenas 10 atletas devido a problemas de calibração e funcionamento inadequado do aparelho. As trocas gasosas foram registradas a cada vinte segundos, através de uma máscara conectada a um analisador de gases de circuito aberto *Aerosport KB1-C* (*Aerosport*[®], Inc., Ann Arbor, MI) pela qual os indivíduos ventilaram durante todo teste. King et al. (1999) estudaram a validade do analisador de gases, em situações de repouso e intensidades correspondente a 50, 100, 150, 200 e 250W. Os resultados sugerem que as medidas de VO_2 , realizadas pelo analisador *Aerosport KB1-C*, são aceitáveis em entre valores de 1,5 a 3,5l.min⁻¹. Os dados de VO_2 foram plotados em função da W, sendo que o maior valor atingido no teste foi considerado o $VO_{2máx}$.

Resumidamente, o PCP foi aplicado para a determinação de variáveis aeróbias máximas, expressas pela $W_{máx}$, $FC_{máx}$, $VO_{2máx}$, $[La]_{final}$; e variáveis aeróbias sub-máximas expressas pela W , FC , VO_2 e $[La]$; no primeiro e segundo limiar de lactato (LL_1 e LL_2) (Anexo 4).

3.3.5 - Avaliação durante as competições de XC

Os atletas da categoria elite foram avaliados durante duas competições de XC, válidas pela sexta etapa da Copa do Mundo de MTB e a etapa única do Campeonato Brasileiro, sendo que, as categorias amadoras disputaram apenas o Campeonato Brasileiro de XC. Foi encaminhado um ofício a Federação Catarinense de Ciclismo com todos os procedimentos a serem executados, ficando a organização e os atletas, livres de qualquer responsabilidade em relação a esta pesquisa.

O registro da intensidade das competições foi realizado através da utilização de monitores de FC em nos atletas avaliados no laboratório. Aproximadamente uma hora antes do início do evento, os monitores de FC foram colocados nos atletas. Auxiliares da pesquisa responsáveis individualmente pelos atletas, registraram o tempo de cada volta através de cronômetros. Após o término da competição, os auxiliares ficaram responsáveis por desligar os monitores de FC.

Os monitores de FC registraram as informações obtidas durante a competição e logo após serem recolhidos, os dados foram transferidos para o microcomputador. Os monitores de FC apresentam o *software* que realizou a leitura dos arquivos. A FC obtida durante competições, foi registrada a partir

dos batimentos cardíacos durante intervalo de 5 s. A partir da identificação dos valores de FC nos limiares de lactato em laboratório, foram classificados três domínios de intensidade de esforço, de acordo com o modelo apresentado por Gaesser e Poole (1996): abaixo da F_{CLL1} (moderado), entre F_{CLL1} e F_{CLL2} (intenso) e acima da F_{CLL2} (severo). Dessa forma foi quantificado, através do registro da FC, o tempo em que os atletas permaneceram em cada domínio de intensidade de esforço (figura 6).

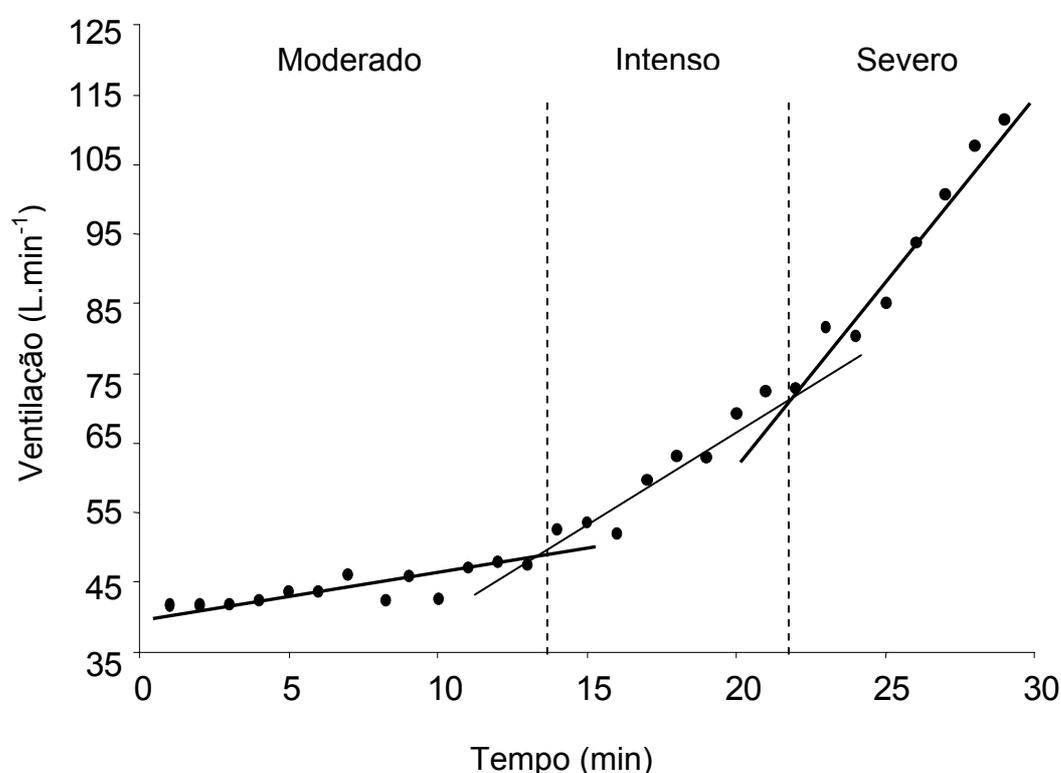


Figura 6. Exemplo do modelo de transições metabólicas em exercício progressivo (GAESSER; POOLE, 1996).

Para analisar a associação das variáveis com a *performance* em ambas competições de XC, utilizaram-se as referências provenientes do TW e PCP, com a *performance* mensurada através do *ranking* final, entre os atletas participantes do estudo. Não foi possível avaliar o desempenho dos atletas pela

velocidade e tempo de competição, devido ao fato que alguns atletas não completaram o número pré-estabelecido de voltas pela organização dos eventos. Devido ao número reduzido de participantes nas diferentes categorias, apenas os atletas da categoria elite foram selecionados para avaliar a associação de variáveis fisiológicas com a *performance* no XC.

3.5 - TRATAMENTO DOS DADOS

3.5.1 - Análise estatística

A estatística descritiva foi utilizada em valores de média e desvio padrão (dp). Após a determinação da distribuição de normalidade dos dados, foi escolhida estatística paramétrica para comparação das variáveis morfofisiológicas entre os atletas das categorias elite e amadores, sendo utilizado o teste *t* de *student*. Para comparação dos domínios fisiológicos entre as competições e os grupos de atletas, observou-se que os dados não apresentaram distribuição normal, sendo utilizado o teste de *Kruskal – Wallis*. Para associação entre as variáveis aeróbias e anaeróbias foi utilizado o produto momento de *Pearson*, sendo que ao associá-las com a *performance* nas competições, foi utilizado o produto momento de *Sperman-Rank*. Para a análise estatística foi escolhido o *software* SPSS® 11.0.

4. RESULTADOS DO ESTUDO

4.1 - QUESTIONÁRIO

O questionário revelou que todos os atletas recebem algum tipo de apoio ou patrocínio, sendo que 93% já pensaram em abandonar o esporte por falta de incentivo financeiro. Na figura 7, está a descrição de profissionais habilitados a auxiliarem na preparação física dos atletas.

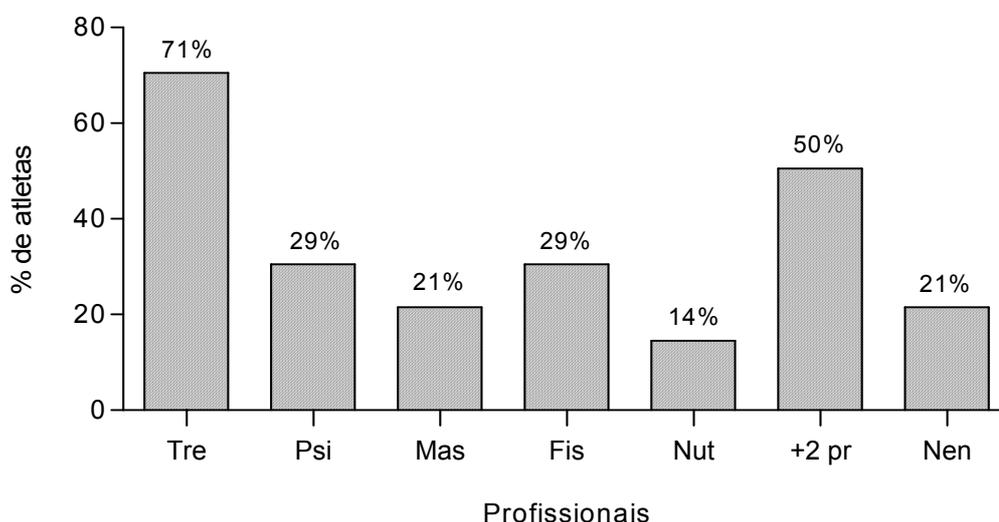


Figura 7. Distribuição percentual dos profissionais habilitados que auxiliam na preparação física dos atletas. Tre (treinador), Psi (psicólogo), Mas (massagista), Fis (fisioterapeuta), Nut (nutricionista), +2 pr (dois ou mais profissionais), Nen (nenhum).

Sobre a experiência de treinamento, em média, o grupo treinava há 8,6 \pm 4,6 anos, sendo que, 100% dos *mountain bikers* pedalavam entre 5 a 6 dias semanais. Em adição, 14% pedalavam entre 6 a 10hs. 79% entre 11 a 15hs e apenas um atleta entre 16 a 20hs semanais.

Todos os atletas descansam pelo menos um dia na semana. Ao final da temporada 71%, eles têm entre 15 a 30 dias de período de transição.

Apenas 64% dos participantes já foram submetidos a avaliações laboratoriais e de campo, sendo que, destes, 50% utilizam as variáveis identificadas nestas avaliações para o controle do treinamento. Sobre a organização do treinamento, 71% utilizam periodização das cargas utilizadas. Sobre o treinamento complementar, 71% realizam alongamentos, 43% musculação, 21% corrida e apenas um sujeito, pratica natação. Em adição, 50% praticam dois ou mais exercícios físicos complementares, e 14% praticam apenas MTB.

Em relação à nutrição, todos *mountain bikers* realizam entre 4 a 6 refeições diárias, sendo que, 86% se alimentam até uma hora após as sessões diárias de treinamento. Todos os atletas ingerem um ou mais suplementos alimentares (figura 8).

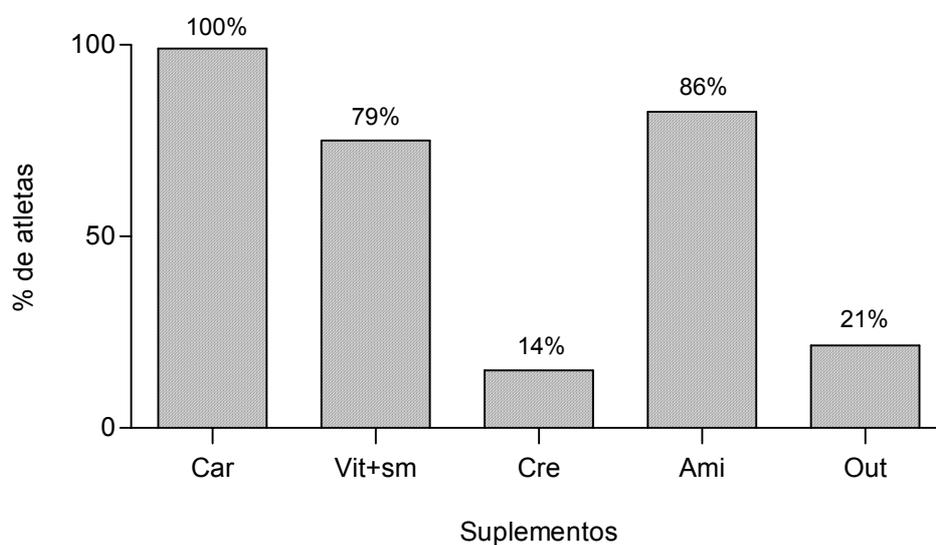


Figura 8. Distribuição percentual de suplementos alimentares consumidos pelos atletas. Car (carboidratos), Vit+sm (vitaminas e sais minerais), Cre (creatina), Ami (aminoácidos), Out (outros).

4.2 - AVALIAÇÃO ANAERÓBIA E AERÓBIA

As variáveis anaeróbias provenientes do TW estão representadas na tabela 2. Para todas as variáveis, não houve diferenças significantes entre os grupos.

Tabela 2. Variáveis anaeróbias identificadas no TW.

Variáveis	Elite (n=6)	Amadores (n=8)	Total (n=14)
PP (W)	886,9 ± 66,7	919,4 ± 120,8	912,1 ± 102,2
PP.kg ⁻¹ (W.kg ⁻¹)	12,8 ± 0,8	13,6 ± 1,5	13,4 ± 1,3
PM (W)	741,4 ± 39,6	759,0 ± 94,1	754,3 ± 77,8
PM.kg ⁻¹ (W.kg ⁻¹)	10,7 ± 0,5	11,2 ± 0,8	11,0 ± 0,7
IF (%)	36,3 ± 3,1	39,2 ± 10,8	38,4 ± 8,7

As variáveis aeróbias máximas provenientes do PCP estão representadas na tabela 3. Houve diferença significativa entre os grupos, apenas na FC_{máx} (p<0,05), com menores valores no grupo elite.

Tabela 3. Variáveis aeróbias máximas identificadas no PCP.

Variáveis	Elite (n=6)	Amadores (n=8)	Total (n=14)
W _{máx} (W)	349,2 ± 15,6	335,0 ± 27,8	341,0 ± 25,0
W _{máx.kg} ⁻¹ (W.kg ⁻¹)	5,1 ± 0,2	5,0 ± 0,2	5,0 ± 0,2
FC _{máx} (bpm)	187 ± 5*	195 ± 7	192 ± 8
VO _{2máx} (l.min ⁻¹)	4,8 ± 0,2	4,6 ± 0,7	4,7 ± 0,6
VO _{2máx.kg} ⁻¹ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	69,8 ± 3,5	68,5 ± 4,8	68,7 ± 4,1
[La] _{final} (mmol.l ⁻¹)	10,9 ± 2,3	12,4 ± 2,8	11,6 ± 2,7
PSE	8 ± 1	9 ± 2	8 ± 2

* P< 0,05.

As variáveis aeróbias sub-máximas provenientes do PCP estão representadas na tabela 4. Houve diferença significativa entre os grupos apenas nos valores de W em LL₁ e LL₂ (p<0,05), não sendo encontradas diferenças significantes entre os valores percentuais ao máximo.

Tabela 4. Variáveis aeróbias sub-máximas provenientes do PCP.

Variáveis	Elite (n=6)		Amadores (n=8)	
	Valores	Valores (%)	Valores	Valores (%)
WLL ₁ (W)	205 ± 16*	59 ± 6	183 ± 20	55 ± 5
WLL ₂ (W)	275 ± 15*	79 ± 3	244 ± 36	73 ± 10
FCLL ₁ (bpm)	131 ± 8	70 ± 4	136 ± 13	70 ± 7
FCLL ₂ (bpm)	160 ± 8	85 ± 4	166 ± 10	85 ± 4
VO ₂ LL ₁ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	34,9 ± 7,5	50 ± 10	32,6 ± 5,9	47 ± 6
VO ₂ LL ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	51,0 ± 5,4	73 ± 6	48,2 ± 5,1	70 ± 4
[La]LL ₁ (mmol.l ⁻¹)	0,9 ± 0,2		0,9 ± 0,2	
[La]LL ₂ (mmol.l ⁻¹)	2,4 ± 0,2		2,4 ± 0,2	

* P< 0,05.

Sobre o grau de associação das variáveis aeróbias e anaeróbias identificadas em laboratório, apenas os valores de $W_{\text{máx}}$ e $W_{\text{máx.kg}^{-1}}$, foram significativamente associados com o PP, PM e $PP_{\text{.kg}^{-1}}$ (Figura 9).

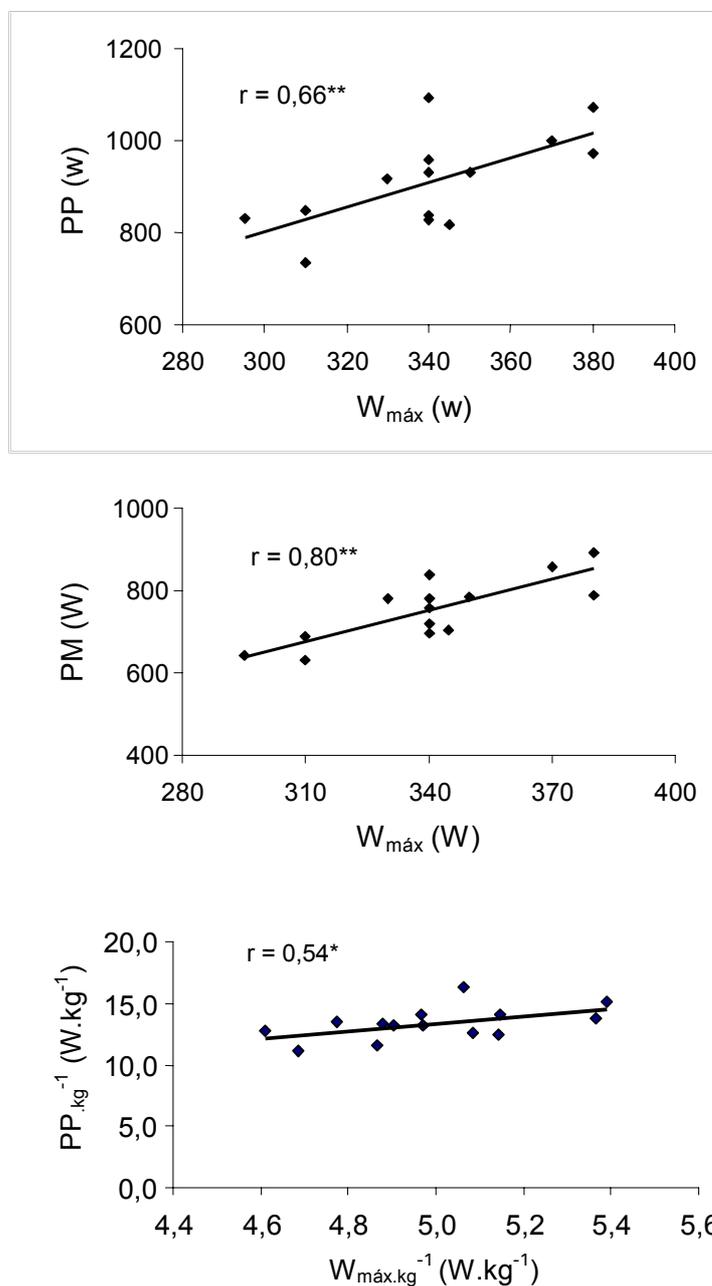


Figura 9. Associação entre variáveis aeróbias e anaeróbias. * $P < 0,05$. ** $P < 0,01$.

4.3 - AVALIAÇÃO DAS COMPETIÇÕES DE XC

A avaliação das competições revelou que os percursos apresentam a altimetria e a distância, diferentes. O circuito de XC no Campeonato Brasileiro é mais curto, sendo que o desnível do terreno é menos acentuado, quando comparado ao circuito na Copa do Mundo (figuras 10 e 11). Apesar do circuito no Campeonato Brasileiro ser mais curto, a distância total da prova na categoria Elite foi maior devido ao número de voltas.

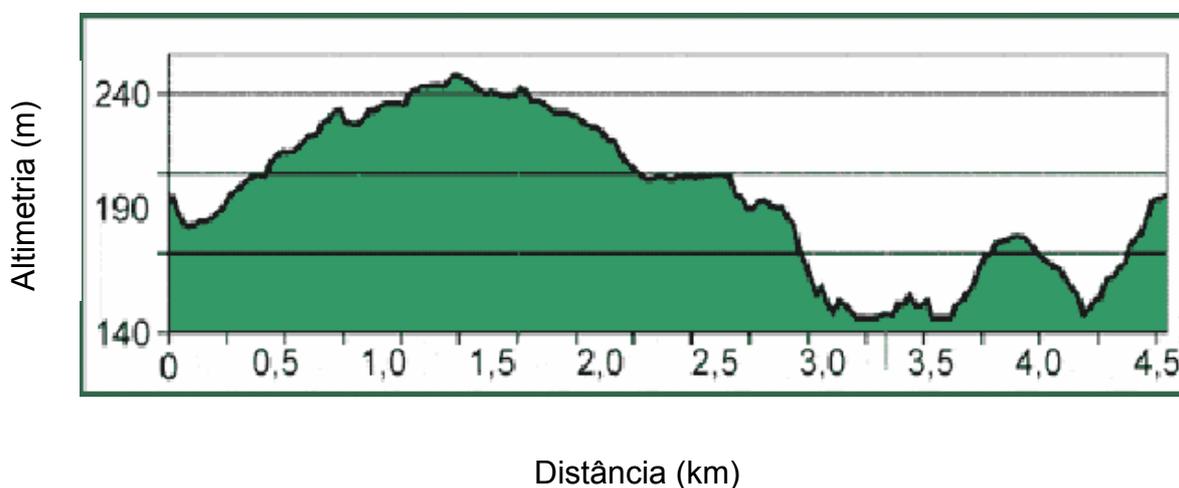


Figura 10. Altimetria e distância do circuito de XC no Campeonato Brasileiro de MTB (Figura fornecida pela organização).

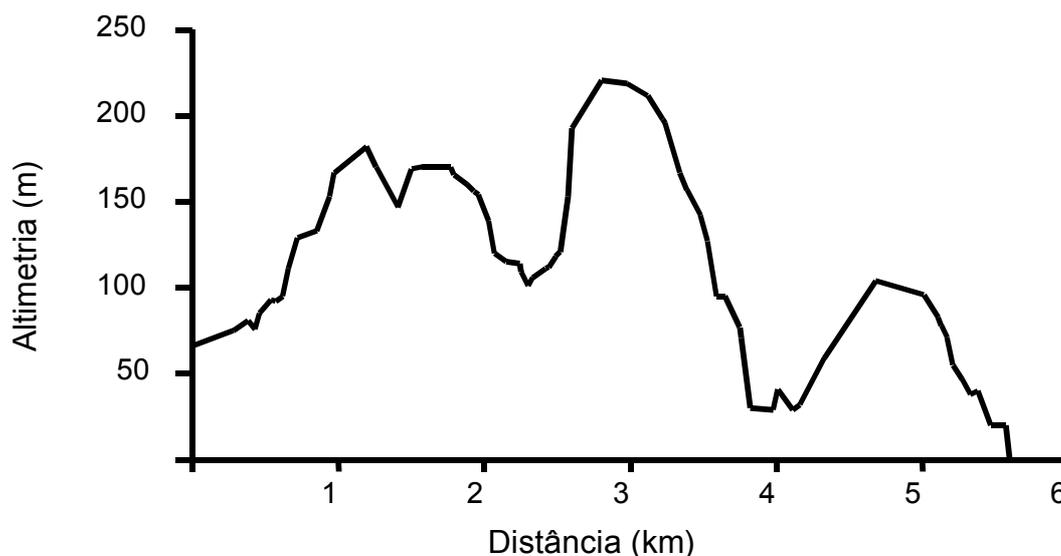


Figura 11. Altimetria e distância do circuito de XC na Copa do Mundo de MTB (Dados fornecidos pela organização).

As características das competições e o comportamento das variáveis aeróbias durante o Campeonato Brasileiro e a Copa do Mundo de XC, estão representados na tabela 5.

Tabela 5. Características das competições de XC e das variáveis aeróbias para todos os atletas.

Categorias	Elite		Amadores
	Campeonato Brasileiro	Copa do Mundo	Campeonato Brasileiro
Distância (km)	31,5	28,0	18,0 a 27,0
Tempo de prova (min)	142,5 ± 4,5 (n=4)	143,35 (n=1)	86,1 e 137,9
Velocidade média (km.h ⁻¹)	12,8 ± 0,8 (n=4)	11,74 (n=1)	11,7 a 13,3
Número de voltas	7	5	4 a 6
Temperatura (°C)	7	28	7
Umidade (%)	70	55	70
FC _{pico} (bpm)	192 ± 4 (n=4)	195 ± 3 (n=5)	194 ± 6 (n=5)
%FC _{máx}	91,1 ± 1,7 (n=4)	92,2 ± 3,6 (n=5)	92,8 ± 0,6 (n=5)
FC _{média} (bpm)	172 ± 3 (n=4)	175 ± 7 (n=5)	181 ± 5 (n=5)

Dos seis atletas que largaram em ambos os eventos na categoria elite, cinco completaram a prova no Campeonato Brasileiro de XC, sendo que um atleta teve problemas mecânicos com a bicicleta, terminando a competição uma volta atrás em relação aos demais. Um atleta teve problemas com o funcionamento inadequado do monitor FC, não sendo possível o registro. Na Copa do Mundo de XC, dos atletas avaliados, apenas um conseguiu completar o número de voltas determinado pela organização, sendo que, quatro completaram a prova com uma volta a menos e um atleta completou a prova com duas voltas a menos em relação aos demais. Além disso, um atleta abandonou a competição na segunda volta, devido a um acidente durante o percurso. É importante ressaltar, que os atletas brasileiros que não completaram o número definido de voltas na Copa do Mundo de XC, foram obrigados a parar durante a competição, devido aos critérios pré-estabelecidos pela UCI, que determinou que o atleta que permanecer a uma distância, acima de 20% do tempo de prova atrás do primeiro colocado, seria obrigado a se retirar da competição. A grande diferença entre os dois eventos foi a condição climática, pois além da temperatura e umidade, o Campeonato Brasileiro de XC, foi realizado em um dia com elevado índice pluviométrico, sendo a Copa do Mundo disputada com muito sol.

Sobre os *mountain bikers* amadores no Campeonato Brasileiro de XC, o participante da categoria júnior teve problemas com o funcionamento inadequado do monitor de FC, não sendo possível o registro durante a competição. Um atleta de categoria máster abandonou a prova na segunda volta devido a problemas mecânicos com a bicicleta, além do inadequado funcionamento do monitor de FC, não sendo possível o registro da FC. Outro

atleta da categoria máster, se machucou no reconhecimento do circuito de XC no dia anterior ao evento, e não participou do Campeonato Brasileiro de XC.

A resposta da FC durante as competições revelou que os participantes permanecem em média durante os eventos, aproximadamente a 91 - 92% da $FC_{máx}$ sendo que os atletas permanecem grande parte das competições, em exigência fisiológica no domínio severo (figura 12 e 13). Este comportamento foi observado também nas categorias amadoras, disputadas no Campeonato Brasileiro de XC.

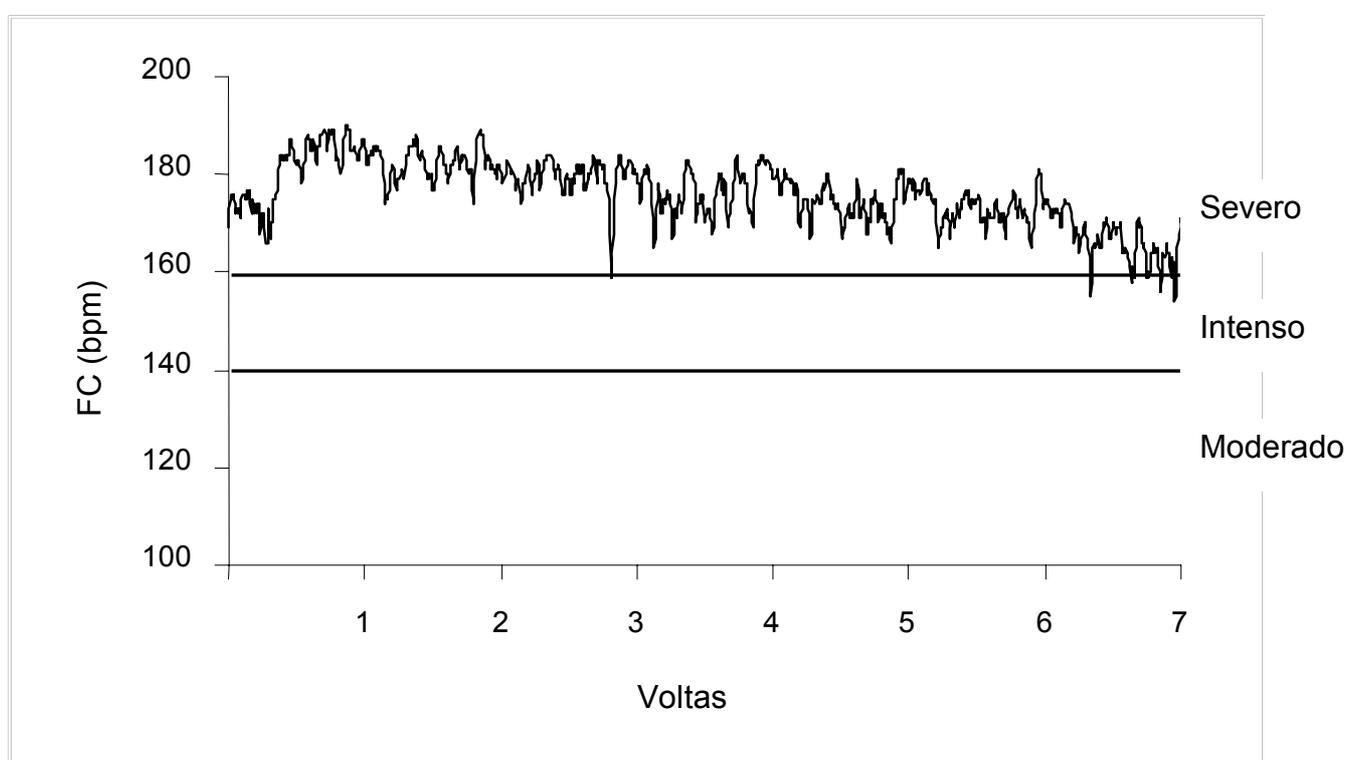


Figura 12. Resposta individual da FC durante o Campeonato Brasileiro de XC da categoria elite. A linha inferior representa $FCLL_1$ e a linha superior $FCLL_2$.

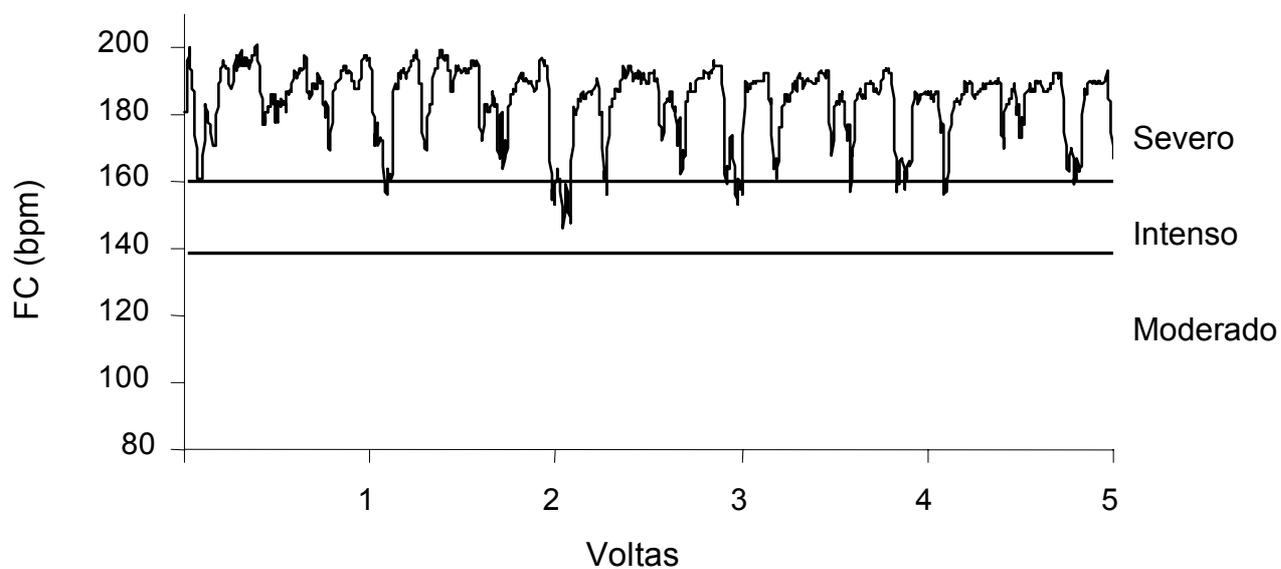


Figura 13. Resposta individual da FC durante a Copa do Mundo de XC, da categoria elite. A linha inferior representa FCLL₁ e a linha superior FCLL₂.

Os resultados indicaram que grande parte das competições, independente da categoria, é realizada no domínio fisiológico severo, sendo pequena a contribuição do domínio intenso e insignificante a participação do domínio moderado (figura 14).

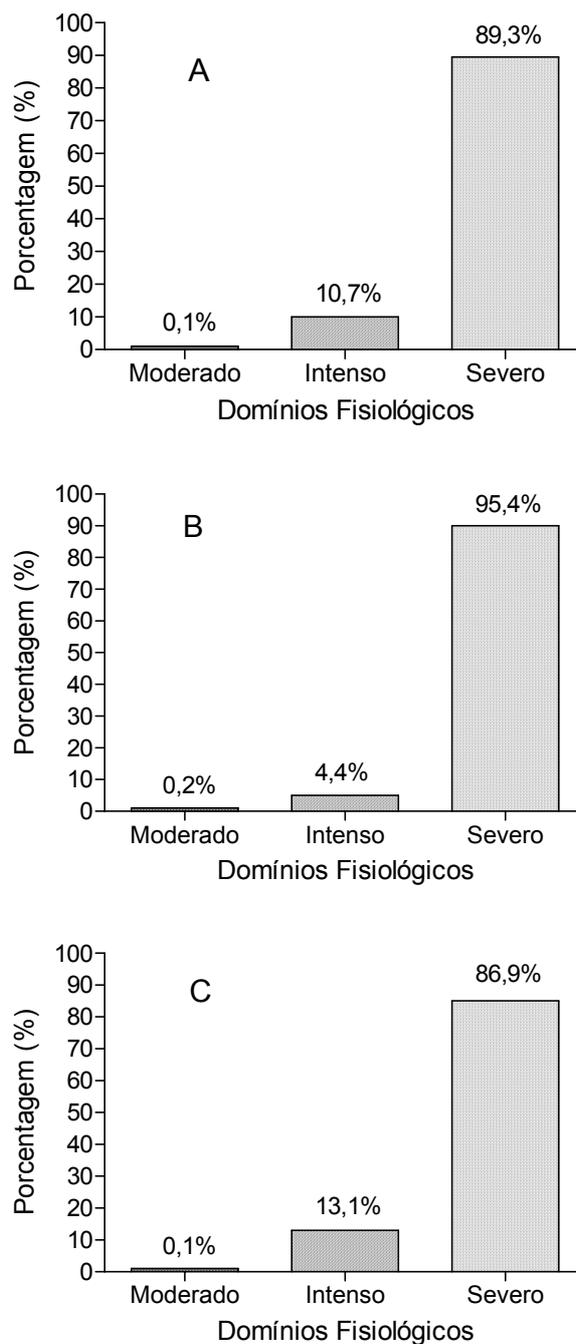


Figura 14 – Porcentagens do tempo total durante competições de XC, nos diferentes domínios fisiológicos: A – Campeonato Brasileiro (Elite), B – Campeonato Brasileiro (Amadores), C – Copa do Mundo (Elite)

Em relação à participação dos domínios fisiológicos durante as competições, não houve diferenças significativas entre os grupos.

Em relação à $FC_{m\acute{e}dia}$, de uma forma geral e independente da categoria, percebe-se uma redução durante as provas (figura 15).

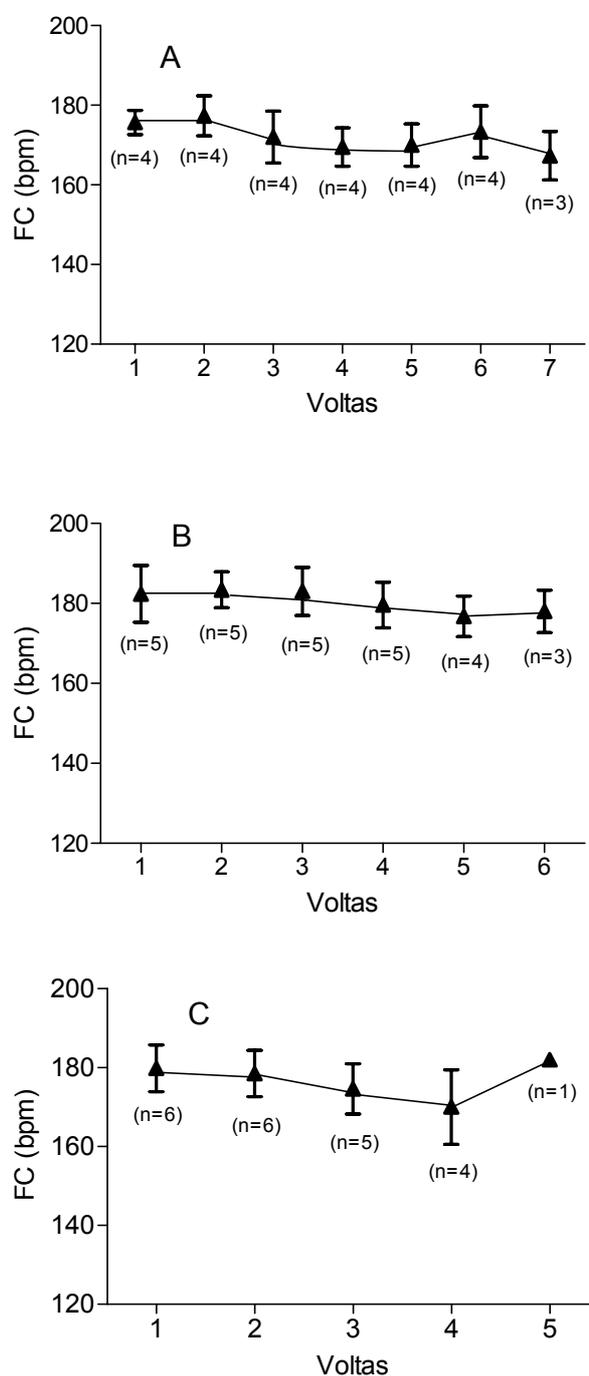


Figura 15. FC mia em cada volta, durante o Campeonato Brasileiro (A – Elite, B – Amadores) e a Copa do Mundo de XC (C – Elite).

Aparentemente, o tempo de cada volta aumentou ao longo das voltas, em ambas as competições, sendo que os atletas que se destacaram, apresentam melhor regularidade durante a competição (figura 16).

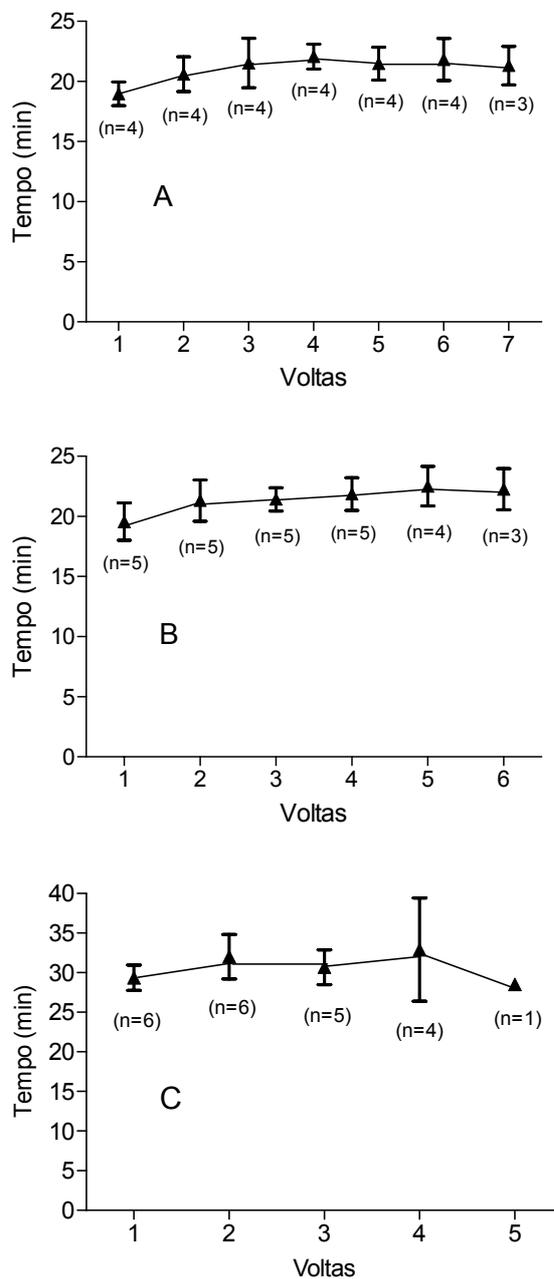


Figura 16. Tempo de cada volta durante o Campeonato Brasileiro (A – Elite, B – Amadores) e a Copa do Mundo de XC (C – Elite).

No Campeonato Brasileiro de XC, apenas as variáveis máximas $W_{\text{máx.kg}}^{-1}$, $W_{\text{máx.kg}}^{-0,79}$; foram significativamente associadas com a *performance*. Apesar de apresentar valores moderados, o $VO_{2\text{máx.kg}}^{-1}$ e $VO_{2\text{máx.kg}}^{-0,79}$ não foram significativamente associados. Por outro lado, percebe-se a fraca associação entre a intensidade nos limiares de transições metabólicas e o desempenho no XC. No entanto, a mesma tendência é observada quando as variáveis sub-máximas são normalizadas por alometria (tabela 6).

Tabela 6. Associação entre as variáveis aeróbias e anaeróbias com a *performance* no Campeonato Brasileiro de XC.

Variáveis	Rank vs valores absolutos	Rank vs valores.kg ⁻¹	Rank vs valores.kg ^{-0,79}
VO _{2máx}	-0,45	-0,50	-0,70
W _{máx}	-0,09	-0,88*	-0,93**
WLL ₁	0,29	0,00	0,00
WLL ₂	-0,09	-0,32	-0,37
PP	-0,03	-0,03	0,03
PM	-0,09	-0,29	-0,14
IF	0,23		

* P < 0,05. ** P < 0,01.

Sobre as variáveis fisiológicas relacionadas com a *performance*, dos atletas que participaram durante a Copa do Mundo de XC, percebe-se o aumento da associação, quando as variáveis aeróbias são normalizadas por alometria, sendo destacada a participação da $W_{\text{máx.kg}}^{-1}$, $W_{\text{máx.kg}}^{-0,79}$ e $WLL_{2.kg}^{-0,79}$ (tabela 7). Em adição, a $WLL_{2.kg}^{-1}$ e o $VO_{2\text{máx.kg}}^{-0,79}$, tiveram associações moderadas com a *performance*.

Tabela 7. Associação entre as variáveis aeróbias e anaeróbias com a *performance* na Copa do Mundo de XC.

Variáveis	Rank vs valores absolutos	Rank vs valores.kg ⁻¹	Rank vs valores.kg ^{-0,79}
VO ₂ máx	-0,45	-0,30	-0,60
W _{máx}	-0,09	-0,88*	-0,81*
WLL ₁	-0,09	-0,35	-0,35
WLL ₂	-0,43	-0,78	-0,83*
PP	-0,14	-0,03	-0,09
PM	0,14	-0,12	-0,03
IF	0,23		

* P < 0,05.

A colocação final (ranking adotado para este estudo), o tempo e a FC de cada volta dos atletas que participaram do Campeonato Brasileiro e da Copa do Mundo de XC, estão representados na tabela 8 (Anexo 5). De forma geral, percebe-se que os atletas da categoria elite, apresentam excelentes colocações no cenário nacional do MTB, pois foram classificados entre os primeiros durante o Campeonato Brasileiro de XC. No entanto, ao extrapolarmos em nível internacional, apenas um atleta conseguiu terminar a Copa do Mundo de XC com o número de voltas pré-estabelecido.

5 - DISCUSSÃO

As características dos atletas indicam a massa corporal ($68,4 \pm 5,7\text{kg}$) está de acordo com Stapelfeldt et al. (2004) que registraram valores de $69,4 \pm 4,7\text{kg}$. O baixo percentual de gordura estimado ($5,8 \pm 1,7 \%G$), apesar de diferentes técnicas utilizadas, de forma geral, também é semelhante a outros estudos ($6,1 \pm 1,0$ e $5,3 \pm 1,6 \%G$) (LEE et al., 2002; IMPELLIZZERI et al., 2005a). Constata-se, portanto, que as condições morfológicas encontradas nestes atletas, representam informações que podem auxiliar no desempenho, pois os parâmetros fisiológicos são freqüentemente normalizados por alometria (SWAIN, 1994).

Impellizzeri et al. (2005a) apresentam que os fatores mais importantes que afetam o desempenho nas competições de XC são os indicadores de potência e capacidade aeróbia, ambos normalizados pela massa corporal. Segundo os autores, as fortes associações encontradas podem ser explicadas pelas repetidas subidas presentes nos circuitos de XC. Lee et al. (2002) compararam as características morfofisiológicas entre ciclistas e *mountain bikers*, sendo que as diferenças foram significantes para o grupo de *mountain bikers*, quando os parâmetros foram expressos relativos à massa corporal. Assim, percebe-se que o peso corporal associado com o reduzido %G, representa adaptações importantes aos atletas que buscam aprimorar seu desempenho no XC.

Em relação às avaliações anaeróbias, Heller e Novotny (1997) avaliaram através do TW, 10 *mountain bikers* da equipe nacional do Cazaquistão. Os resultados indicam que os valores são semelhantes aos encontrados em todos

os atletas no presente estudo ($PP = 963,9W$ e $PP_{\cdot kg^{-1}} = 14,7W \cdot kg^{-1}$ vs $912,1W$ e $13,4W \cdot kg^{-1}$), respectivamente. Machado et al. (2002) apresentam valores de PP e PM inferiores ao encontrados na literatura, para o grupo de *mountain bikers* brasileiros treinados, a partir do TW ($815,6 \pm 144,1$ e $697,9 \pm 102,3 W$). No entanto, a resistência utilizada para execução do TW foi de $0,075g \cdot kg^{-1}$, sendo que este valor parece não ser ideal para atletas (BAR-OR, 1987). Não foram encontradas diferenças significantes para as variáveis anaeróbias entre os grupos, no entanto, percebe-se que os valores absolutos e relativos são ligeiramente superiores para os amadores, se comparado à categoria elite.

Faina et al. (1994) verificaram que os atletas de elite que competem na modalidade *downhill*, apresentam valores maiores ($1125,0W$ e $17,7W \cdot kg^{-1}$). Estes resultados podem ser justificados em parte, pela especificidade das modalidades, pois se especula que a prova de *downhill* apresenta exigência fisiológica distinta do XC. A duração do evento é menor e a distância de cada pista pode variar, com aproximadamente 1-2km. Além disso, é um evento de muita velocidade em que os atletas, pedalam o mais rápido possível em trechos de descida (DAL MONTE; FAINA, 1999). Neste sentido, acredita-se que a haja maior participação de potência e capacidade anaeróbia, justificando em parte os valores encontrados nos atletas de *downhill*.

Em relação as variáveis aeróbias máximas, os atletas avaliados apresentam valores inferiores de $W_{\text{máx}}$ em relação aos encontrados na literatura internacional (tabela 1). Lee et al. (2002) avaliaram um grupo de *mountain bikers* profissionais australianos e verificaram valores de $413 \pm 36W$. Neste estudo, os autores utilizaram um protocolo utilizado com incrementos de 50W em cada estágio com duração de cinco min. Lucia, Hoyos e Chicharro

(2001) sugerem que ciclistas profissionais atingem a $W_{\text{máx}}$ mais elevada em protocolo com incremento de carga e estágios reduzidos. Neste sentido, fica evidente a discrepância na $W_{\text{máx}}$ entre os atletas brasileiros aqui investigados, em relação aos apresentados por Lee et al. (2002), podendo ser determinado tanto pelas diferenças entre as metodologias empregadas quanto do nível dos atletas estudados.

Quando $W_{\text{máx}}$ foi normalizada por alometria, percebe-se novamente, que os valores são inferiores aos atletas da elite internacional. Wilber et al. (1997) avaliaram atletas de XC norte-americanos que se destacam em competições da Copa do Mundo de XC, sendo que os valores encontrados são de $5,9 \pm 0,3 W \cdot \text{kg}^{-1}$. Impellizzeri et al. (2005b) investigaram *mountain bikers* italianos que disputam os principais campeonatos internacionais, sendo que os valores estão próximos a $6,4 \pm 0,6 W \cdot \text{kg}^{-1}$. Desta forma, percebe-se a potência relativa imprimida pelos atletas brasileiros da categoria elite ($5,1 \pm 0,2 W \cdot \text{kg}^{-1}$) aqui investigada, é reduzida, sendo que se encontra em discordância com o alto rendimento internacional.

Apesar dos valores de $W_{\text{máx}}$ e $W_{\text{máx}} \cdot \text{kg}^{-1}$ serem inferiores aos atletas de nível internacional, os valores de $VO_{2\text{máx}}$ e $VO_{2\text{máx}} \cdot \text{kg}^{-1}$ estão de acordo com os valores de ciclistas profissionais 5,0 a $5,5 \text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ e 70 a $80 \text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (LUCIA et al., 2001; MUJICA; PADILLA, 2001) e *mountain bikers* 4,6 a $5,1 \text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ e 66 a $78 \text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (STAPELFELDT et al., 2004; LEE et al., 2002). Lee et al. (2002) mostraram que os atletas de MTB atingem apenas os valores de $VO_{2\text{máx}} \cdot \text{kg}^{-1}$ maiores que os ciclistas. Entretanto, Wilber et al. (1997) não encontraram diferenças significativas no $VO_{2\text{máx}}$ e $VO_{2\text{máx}} \cdot \text{kg}^{-1}$ entre ciclistas e *mountain bikers* profissionais. No estudo de Lee et al. (2002), percebe-se que alguns atletas

têm *status* entre os melhores do mundo no XC, diferentemente dos ciclistas. No entanto, parece que o grupo de atletas avaliados por Wilber et al. (1997) é mais homogêneo.

Uma possível explicação para a discrepância nos valores de $W_{\text{máx}}$ onde o $VO_{2\text{máx}}$ é encontrado, quando comparado os resultados deste estudo com profissionais, pode estar relacionada aos diferentes ergômetros utilizados. Neste sentido, estas diferenças podem distorcer os valores de W e muitas vezes causar dúvidas sobre a precisão dos resultados. Earnest et al. (2005) compararam o ciclo-simulador CompuTrainerTM (o mesmo utilizado no presente estudo) com o ciclo-ergômetro Lode Excalibur[®], em ciclistas amadores. O protocolo apresentou carga inicial de 100 W, incremento de 50 W a cada estágio, com duração de 3 min. Os resultados indicam que o ciclo-simulador, pode subestimar os valores de $W_{\text{máx}}$, WLL_1 e WLL_2 , em valores entre 30 e 45W, sendo que também o tempo final de teste é menor no ciclo-simulador. Neste sentido, talvez os menores valores de W encontrado nos atletas participantes no presente estudo, podem em parte, ser devido ao tipo de ergômetro empregado.

Alguns estudos apresentam que a experiência de treinamento no ciclismo, e a participação constante em competições de alto nível, permitem adaptações fisiológicas que aprimoram a eficiência muscular dos atletas (COYLE, 2005; FARIA, PARKER; FARIA, 2005). Assim, uma possível explicação para que os participantes do presente estudo alcancem o $VO_{2\text{máx}}$ em cargas inferiores aos *mountain bikers* profissionais pode ser devido à reduzida eficiência muscular. Neste sentido, todos os participantes avaliados em nosso estudo, apesar de serem experientes ($8,6 \pm 4,6$ anos), se destacam

apenas em competições nacionais. Acredita-se, que o tipo de treinamento e a falta de participação em competições internacionais possam auxiliar, em parte, nas especulações sobre esta variável. Em adição, a eficiência muscular em intensidades severas de ciclistas de alto rendimento parece estar relacionada positivamente com a distribuição de fibras musculares do tipo I na musculatura do vasto lateral (HOROWITZ, SIDOSSIS; COYLE, 1994). Elevadas proporções de fibras musculares do tipo I, são associadas com o menor VO_2 para determinadas intensidades, conseqüentemente aumenta a participação do metabolismo aeróbio e eleva a potência produzida, podendo refletir em maior eficiência muscular (COYLE, SIDOSSIS; HOROWITZ, 1992).

Em relação às $[La]_{final}$, percebe-se que os *mountain bikers* da categoria elite e amadores atingiram valores mais elevados que o grupo de ciclistas profissionais e elite investigados por Lucia et al. (1998) ($10,9 \pm 2,3$ e $12,4 \pm 2,8$ vs $7,4 \pm 1,5$ e $9,4 \pm 3,0$ mmol.l⁻¹). De forma geral, verifica-se que no presente estudo, bem como Lucia et al. (1998), os atletas que apresentam maior aptidão aeróbia, tendem a apresentar menores $[La]_{final}$. Em adição, os resultados sugerem que talvez os atletas de XC, por especificidade da modalidade, podem ter maior exigência e participação do metabolismo anaeróbio durante o treinamento e/ou competições, o que pode levar a maiores níveis de $[La]_{final}$. Stapelfeldt et al. (2004) utilizaram dinamômetros portáteis para quantificar a intensidade de esforço durante as competições de XC. Os resultados indicam que 42% do tempo total da competição, são realizados acima da WLL_2 . Em adição, nas largadas, ultrapassagens e trechos de subidas, os atletas elevam a potência acima da $W_{máx}$ alcançada em laboratório. Neste sentido, especula-se que a prova de XC, apesar de ser predominantemente aeróbia, exige elevada

participação anaeróbia, o que pode exigir bastante da potência e capacidade láctica dos atletas.

Diferente destes resultados, Wilber et al. (1997) não encontraram diferenças significantes nas $[La]_{final}$ nos atletas masculinos de XC e ciclismo ($10,4 \pm 2,7$ vs $11,8 \pm 1,7$ mmol.l⁻¹). No entanto, observa-se uma tendência para as $[La]_{final}$, serem mais elevadas nos ciclistas. As possíveis explicações podem estar relacionadas em parte, com o aumento no recrutamento de unidades motoras de contração rápida e conseqüente elevação na participação do metabolismo anaeróbio em intensidades próximas ao esforço máximo, sendo a $W_{máx}$ alcançada pelos ciclistas é superior aos *mountain bikers*. Em adição, as características do tipo de treinamento e/ou especialidades dos atletas, não foram destacadas por Wilber et al. (1997).

A comparação das variáveis máximas entre os atletas revela que houve diferença significativa apenas nos valores de $FC_{máx}$, sendo maior nos amadores do que os atletas da elite (195 ± 7 vs 187 ± 5 bpm). Lucia, Hoyos e Chicharro (2001) apresentaram que a $FC_{máx}$ de ciclistas profissionais não diminuiu significativamente durante a temporada de competições. No entanto, Jeukendrup et al. (1992) apresentaram que ciclistas bem treinados, submetidos a duas semanas de treinamento intensivo, obtiveram diminuição significativa da $FC_{máx}$ (185 ± 3 vs 178 ± 2 bpm). Neste sentido a $FC_{máx}$ pode ser utilizada como indicador de *overtraining* (JEUKENDRUP; VAN DIEMEN, 1998).

As variáveis sub-máximas investigadas são representadas pelos limiares de transições metabólicas e são referenciados como indicadores de capacidade aeróbia. De forma geral, os valores de W alcançados são inferiores aos atletas profissionais, no entanto, os percentuais de W e FC são

semelhantes aos resultados de Lee et al. (2002) e Stapelfeldt et al. (2004). Os valores podem ser inferiores a outros estudos, devido a diferenças metodológicas, além das especulações anteriores em relação à $W_{máx}$ e o $VO_{2máx}$. Por exemplo, Impellizzeri et al. (2002, 2005a) utilizam OBLA como referencia para LL_2 em *mountain bikers*, estes achados indicam valores de W e percentuais mais elevados. Stapelfeldt et al. (2004), assim como o presente estudo, utilizam IAT para identificação de LL_2 (Berg et al., 1990). Neste sentido, percebe-se a discrepância dos valores referentes as variáveis sub-máximas, sendo que a principal crítica é que nenhum destes métodos utilizados foi relacionado com a máxima fase estável de lactato em *mountain bikers*.

Lucia et al. (1999) utilizam a identificação de limiares ventilatórios como indicadores sub-máximos de intensidade de esforço. Ciclistas profissionais apresentam LL_1 (VT) a aproximadamente 70 % do $VO_{2máx}$ e LL_2 (PCR) a 90 % do $VO_{2máx}$, respectivamente. Impellizzeri et al. (2005b) também utilizaram os limiares ventilatórios em *mountain bikers* profissionais, sendo que os valores percentuais de LL_1 e LL_2 estão próximos de 73,8 e 87,5 % do $VO_{2máx}$, respectivamente. Elevados valores percentuais de LL_2 podem ser interpretados como uma habilidade do ciclista em sustentar alta intensidade durante períodos prolongados, sem grande acúmulo de lactato sanguíneo (LUCIA et al., 1999). No presente estudo, verifica-se que o grupo de *mountain bikers* está em discordância com a literatura internacional, pois LL_1 e LL_2 correspondem a aproximadamente 50 e 71 % do $VO_{2máx}$, respectivamente.

Sobre o grau de associação entre as variáveis laboratoriais, verificam-se valores significantes, apenas entre a $W_{máx}$ e PP ($r = 0,66$), PM ($r = 0,80$), e $W_{máx.kg}^{-1}$ e $PP.kg^{-1}$ ($r = 0,54$). Estes achados são semelhantes ao estudo de

Costa et al. (2003) que encontraram associação de $r = 0,72$ entre a $W_{\text{máx}}$ e o PP, em um grupo de ciclistas. No entanto, Heller e Novonty (1997) não encontraram associação significativa entre essas variáveis nos *mountain bikers*. As correlações representam o grau de associação entre duas ou mais variáveis, não indicando necessariamente uma relação de causa-efeito (THOMAS; NELSON, 2002). Neste sentido, pouco se conhece sobre a influência do treinamento da potência aeróbia, sobre o desempenho na potência e capacidade anaeróbia e vice-versa em atletas de MTB.

Em relação à exigência fisiológica durante as competições, a resposta % da FC, indica que os atletas foram submetidos a um esforço de alta intensidade e longa duração. As provas tiveram a duração mínima de 125 min., sendo realizada em média a 91 - 92% da $FC_{\text{máx}}$. Impellizzeri et al. (2002) avaliaram atletas italianos de MTB em diferentes circuitos de XC, sendo que a intensidade do esforço corresponde aproximadamente a 90% da $FC_{\text{máx}}$. Stapelfeldt et al. (2004) avaliaram atletas alemães de MTB em 15 circuitos diferentes, sendo que a intensidade do esforço também corresponde a 91% da $FC_{\text{máx}}$. Assim, verifica-se que a resposta % da FC, avaliada durante o Campeonato Brasileiro e na Copa do Mundo de XC, está de acordo com a literatura internacional, sendo ligeiramente superior.

O comportamento da FC durante as competições indica a extensão em que os atletas permaneceram nos domínios fisiológicos pré-estabelecidos. Nos dois eventos, verifica-se a insignificante contribuição do domínio moderado (0,1 - 0,2%) e intenso (4,4 - 13,1%), sendo predominante a participação do domínio severo (86,9 - 95,4%). Impellizzeri et al. (2002) também utilizaram um modelo semelhante, sendo classificado em diferentes zonas: leve (18%),

moderado (51%) e pesado (31%). No entanto, os resultados indicam discordância no tempo permanecido nos diferentes domínios fisiológicos durante as competições, isto se justifica, já que os diferentes métodos utilizados para a identificação de limiares de transições metabólicas podem alterar os valores referenciais.

Em recente estudo, Stapelfeldt et al. (2004) utilizaram o modelo de zonas de intensidade de esforço através da análise da resposta da W durante as competições de XC. Neste estudo, os autores classificaram quatro zonas: abaixo da W_{LL_1} (39%), entre W_{LL_1} e W_{LL_2} (19%), entre W_{LL_2} e $W_{máx}$ (20%), e acima da $W_{máx}$ (22%). Apesar de utilizarem o mesmo método de identificação dos limiares no presente estudo (BERG et al., 1990). Estes resultados são distintos, pois os autores avaliaram os domínios fisiológicos através da resposta da W e não da FC. Neste sentido, Vogt et al. (2006) compararam o modelo de zonas de intensidade de esforço a partir da utilização de monitores de FC e dinamômetros portáteis, durante uma competição de seis dias no ciclismo. Os resultados da resposta da FC, indicam que os atletas permanecem mais tempo nos domínios abaixo de LL_1 (zona 1) e acima de LL_2 (zona 3), se comparado com a W (zona 1 = 58 e 38 % vs zona 3 = 28 e 24 %), respectivamente. Assim, devido as grandes oscilações de terreno no XC, deve-se ter cautela ao estimar e/ou interpretar, os valores de W e os percentuais de tempo despendido em cada domínio fisiológico, através da FC.

Na tentativa de quantificar a exigência fisiológica durante o XC, Dal Monte e Faina (1999) analisaram a resposta da FC e coletaram amostras de [La] nos atletas, em cada volta, durante uma simulação de competição de XC. Os resultados indicam que a FC se eleva no início e permanece constante durante

a prova, sendo que nas primeiras voltas e até aproximadamente 40 min. de competição, os atletas atingem elevados valores $[La]$ (10 – 11mmol.l⁻¹). Durante a competição de XC, as $[La]$ regridem gradativamente, e ao final da prova, os valores atingem (5 – 4mmol.l⁻¹). Apesar dos autores terem realizado a simulação de uma competição, os resultados de FC, estão de acordo com o nosso estudo, indicando alta exigência fisiológica durante as primeiras voltas, e queda na intensidade ao final da prova. Em adição, percebe-se que as competições de XC são predominantemente aeróbias, com grande participação do metabolismo anaeróbio (DAL MONTE; FAINA, 1999).

O comportamento da FC durante as competições apresenta também que, após a largada e nas primeiras voltas os atletas atingem os maiores valores de FC em ambas as competições. Em adição, percebe-se que durante as consecutivas voltas, a $FC_{média}$ diminui em ambos os eventos. A diminuição da $FC_{média}$ pode ser explicada em parte, pela possível queda de rendimento e conseqüente diminuição na W produzida pelos atletas. As fontes bioenergéticas responsáveis pela manutenção da intensidade em valores próximos a 90% $FC_{máx}$ são predominantemente utilizadas a partir de carboidratos, sendo que ao longo da prova os sintomas de fadiga podem ser percebidos a partir da depleção energética (CRAMP et al., 2004). Em adição foi observado, que o tempo de cada volta, aumentou em ambas as competições, o que fortalece tais especulações.

Os resultados indicam que de forma geral, os valores absolutos de todas as variáveis investigadas apresentam fraca associação com o desempenho em ambas as competições. No entanto, em ambos os eventos, foram encontrados associações significantes com o desempenho no XC

apenas na $W_{\text{máx.kg}}^{-1}$ e $W_{\text{máx.kg}}^{-0,79}$. Estudos anteriores têm mostrado que a $W_{\text{máx}}$ alcançada em teste progressivo no ciclo-ergômetro, tem sido utilizada como indicador de desempenho no ciclismo (BALMER, DAVISON; BIRD, 2000; HAWLEY; NOAKES, 1992). Whestgard – Taylor et al. (1997) apresentam significativa associação entre a $W_{\text{máx}}$ e a *performance* (velocidade) de ciclistas na prova de 40km contra-relógio ($r = 0,83$), em período pré-treinamento. Após seis semanas de treinamento intervalado, entre 6 a 9 *sprints* de 5 min. de duração, em intensidade correspondente a 80% da $W_{\text{máx}}$; os ciclistas obtiveram ganho significativo na $W_{\text{máx}}$ e no tempo de *performance*. No entanto, não foi encontrada associação significativa entre estas variáveis após o período de treinamento. Uma possível explicação indica que o treinamento intervalado, aumenta a cargas absolutas e os percentuais sub-máximos em relação a $W_{\text{máx}}$ (WHESTGARD-TAYLOR et al., 1997). No entanto, a associação entre a $W_{\text{máx}}$ e a *performance* diminuiu, isto talvez, porque o grupo de ciclistas se tornou mais homogêneo após o treinamento.

Bentley et al. (2001) verificaram que a $W_{\text{máx}}$ foi significativamente correlacionada com a potência média registrada durante a prova de contra-relógio de 90 min. de duração ($r = 0,91$; $p < 0,01$). No entanto, obteve moderada associação no contra-relógio de 20 min. ($r = 0,54$). Balmer, Davison e Bird (2000), também mostraram que a $W_{\text{máx}}$ foi associada com a potência média registrada durante a prova de contra-relógio de 16,1km ($r = 0,99$; $p < 0,001$). Outros estudos apresentam resultados similares, quando a $W_{\text{máx}}$ foi relacionada com o tempo de competição nos 20km ($r = - 0,91$) e 40km de contra-relógio ($r = - 0,87$) (HAWLEY; NOAKES, 1992; BENTLEY et al., 1998). Apesar destes resultados encontrados em diferentes estudos, especula-se que

a relação entre a $W_{\text{máx}}$ e o desempenho no contra-relógio diminui quanto o tempo é utilizado como variável indicadora de desempenho, ao invés da distância e/ou *ranking*, isto porque a velocidade do atleta na bicicleta pode sofrer influência de vários aspectos ambientais (BALMER, DAVISON; BIRD, 2000). Em adição, os diferentes incrementos de W e duração dos estágios nos protocolos de avaliação aeróbia, podem alterar os valores de $W_{\text{máx}}$ e, conseqüentemente, diminuir a associação com a *performance* no ciclismo (Bentley et al., 2001).

As fortes associações encontradas entre os valores absolutos de $W_{\text{máx}}$ e a *performance* no contra-relógio podem diminuir quando normalizada por alometria. Hawley e Noakes (1992) apresentam que a $W_{\text{máx.kg}}^{-1}$ diminui a relação com o desempenho devido a massa corporal dos ciclistas. As provas de contra-relógio, geralmente são disputadas em terrenos planos, onde os ciclistas mais pesados apresentam menor superfície de área corporal, conseqüentemente, são mais rápidos (SWAIN, 1994). No entanto, os circuitos de XC, apresentam trechos com subidas bastante íngremes, onde a reduzida massa corporal é importante, pois o atleta precisa vencer também a força de gravidade. Assim, os resultados encontrados no presente estudo confirmam estas especulações, já que apenas a $W_{\text{máx.kg}}^{-1}$ e $W_{\text{máx.kg}}^{-0,79}$ estão significativamente associadas com a *performance*, nas duas competições de XC avaliadas.

Impellizzeri et al. (2005a) investigaram as correlações entre diversas variáveis fisiológicas com o desempenho, durante o Campeonato Italiano de XC. O $VO_{2\text{máx}}$, $W_{\text{máx}}$, LA (WLL_1) e OBLA (WLL_2), foram significativamente associados com a *performance* ($r = - 0,62$ a $- 0,94$), sendo que para todas as

variáveis as relações tornam-se fortalecidas ao serem normalizadas por alometria. Estes achados se justificam em parte, pela heterogeneidade dos participantes avaliados. Posteriormente, Impellizzeri et al. (2005b) analisaram variáveis fisiológicas ventilatórias com a *performance* no XC, em grupo homogêneo de atletas. Os resultados indicam que apenas a W e o VO_2 no PCR (LL_2), ambos normalizadas pela massa corporal, foram significativamente associados com o desempenho ($r = -0,61$ e $-0,66$; $p < 0,05$).

Diferentes métodos que identificam a intensidade correspondente a LL_2 foram investigados no ciclismo e relacionados com a *performance* (BENTLEY et al., 2001; AMANN, SUBUDHI; FOSTER, 2006). Bentley et al. (2001) verificaram que a $W_{LL_{LOG}}$ e a $W_{DMÁX}$, foram significativamente associadas com o desempenho no contra-relógio de 90 min. ($r = 0,91$ e $r = 0,77$), sendo que $W_{LL_{LOG}}$ também foi associada com o contra-relógio de 20min. ($r = 0,67$). Amann, Subudhi e Foster, (2006) sugerem que os limiares ventilatórios são superiores aos limiares de lactato para a predição do desempenho nas provas de contra-relógio de 40km. Apesar de não ser objetivo do presente estudo, utilizou-se diferentes métodos de $[La]$ fixas para a determinação de LL_2 , sendo que não foram encontradas associações significantes com o desempenho no Campeonato Brasileiro e na Copa do Mundo de XC, em 3mmol.l^{-1} de Neumann (1996) – $r = -0,09$ e $-0,43$; $3,5\text{mmol.l}^{-1}$ de HECK et al. (1985) – $r = -0,09$ e $-0,43$; e OBLA de SJODIN & JACOBS (1981) – $r = 0,43$ e $0,08$; respectivamente.

As variáveis que auxiliam na determinação da *performance* no XC, são diferentes, em parte, das investigadas por Impellizzeri et al. (2005a, 2005b), pois o nosso grupo de atletas apresenta apenas como destaque a $W_{máx}^{-1}$,

$W_{\text{máx.kg}}^{-0,79}$ em ambos eventos e $WLL_{2.\text{kg}}^{-0,79}$ na Copa do Mundo de XC. As possíveis diferenças para os resultados estão relacionadas parcialmente, com as próprias condições encontradas durante as competições. O Campeonato Brasileiro de XC foi realizado em dia com alto índice pluviométrico, o que provavelmente eleva a dificuldade técnica do circuito. Neste sentido, o bom rendimento nos diferentes trechos estreitos e sinuosos, associados com descidas íngremes, é prejudicado e pode ser fundamental no *ranking* final da prova. Em adição, a habilidade técnica parece ser mais determinante em grupo homogêneo que atletas heterogêneos (IMPELLIZZERI et al., 2005b). A forte chuva também aumentou as chances de problemas mecânicos no equipamento, ao contrário na Copa Mundo de XC, que foi realizada com o terreno seco e sem chuva. Outra limitação está relacionada sobre a posição de largada dos participantes, pois em ambas as competições, os atletas melhores classificados largam na frente, sendo beneficiados nos trechos de *single-tracks* após a largada.

De forma geral, a $W_{\text{máx}}$ e a WLL_2 são utilizadas como indicadores de potência e capacidade aeróbia. O presente estudo indica que durante as competições de XC, os atletas permanecem grande parte do evento, independente da categoria, em intensidade próxima a potência aeróbia máxima (91 - 92% $FC_{\text{máx}}$). Em adição, especula-se que nos trechos de subidas, os *mountain bikers* atingem valores de W acima da $W_{\text{máx}}$ (Stapelfeldt et al., 2004). No entanto, à luz da metodologia empregada no presente estudo, estes enunciados não podem ser verificados, pois foi analisada apenas a resposta da FC , não permitindo a quantificação de valores acima da $W_{\text{máx}}$. Desta forma, percebe-se que ocorre grande interação entre o metabolismo aeróbio e

anaeróbio, sendo que os indicadores aeróbios aqui investigados apresentam associações significativas com a *performance* e podem ser utilizados como referências para *mountain bikers* que competem no XC.

Em relação ao desempenho dos atletas nacionais durante as competições de XC, percebe-se que os participantes do presente estudo apresentam o nível de aptidão física com destaque nacional, pois grande parte os atletas foram classificados entre os primeiros colocados no Campeonato Brasileiro, nas categorias amadoras e elite. No entanto, ao extrapolarmos estas inferências para as competições internacionais, verifica-se que os *mountain bikers* brasileiros da categoria elite apresentam reduzido desempenho. Isto se comprova, pois somente três atletas nacionais conseguiram completar a competição com o número total de voltas pré-determinado (apenas um participante deste estudo), durante a etapa brasileira da Copa do Mundo de XC. Assim, apesar das variáveis indicadoras de *performance* no XC, de forma geral, serem semelhantes a outros estudos quando normalizadas por alometria, percebe-se que os valores absolutos e relativos de W nos indicadores de potência e capacidade aeróbia são inferiores à elite internacional, sendo necessário, aprimoramento no treinamento desportivo empregado, melhor seleção de talentos, bem como a profissionalização dos atletas brasileiros.

6 - CONCLUSÕES

Apesar de ser um esporte recente e ter se tornado Olímpico apenas nas Olimpíadas de Atlanta em 1996, o MTB apresenta algumas informações na literatura internacional, sobre variáveis fisiológicas que auxiliam na avaliação, prescrição e controle do treinamento. Os estudos realizados sobre atletas nacionais, são insuficientes e relatam discordância com o treinamento desportivo contemporâneo (COSTA et al., 2004).

O presente estudo revelou que os atletas brasileiros avaliados, apresentam características morfológicas semelhante aos atletas internacionais, no entanto, apresentam as variáveis fisiológicas em valores absolutos e relativos a massa corporal inferiores, exceto o $VO_{2máx}$ e $VO_{2máx.kg}^{-1}$. Em adição, a intensidade de esforço, encontrada durante o Campeonato Brasileiro e na Copa do Mundo de XC, indica que os atletas de ambas categorias sustentam valores elevados de FC, com valores próximos a potência aeróbia máxima durante todo o evento (91-92% $FC_{máx}$). A exigência fisiológica que os atletas são submetidos durante as competições revela que o grupo permanece, em grande parte dos eventos, no domínio fisiológico severo (~ 90% do tempo total).

As variáveis fisiológicas que auxiliam na determinação da *performance* no XC, indicaram que somente a $W_{máx.kg}^{-1}$ e $W_{máx.kg}^{-0,79}$ foram significativamente associadas com o desempenho dos atletas no Campeonato Brasileiro e na Copa do Mundo de XC, sendo que apenas a $WLL_{2.kg}^{-0,79}$ se destacou no campeonato nacional. De forma geral, percebeu-se que as variáveis aeróbias aumentam o poder discriminatório quando normalizadas por alometria. Assim,

para obter sucesso nas competições de XC, especula-se que os atletas desenvolvam qualidades físicas como potência e capacidade aeróbia e anaeróbia.

7 - REFERÊNCIAS

- ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A.E. Heart Rate Monitoring: Applications and Limitations. **Sports Medicine**. v.33, n.7, p. 5117 - 538, 2003.
- AMANN, M.; SUBUDHI, A.W.; FOSTER, C. Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. v.16, n.1, p. 27-34, 2006.
- BALMER, J.; DAVISON, R. C.; BIRD, S. R. Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1 km cycling time trial. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n. 32, p. 1485 – 1490, 2000.
- BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. **Sports Medicine**. v.4. n.6, p. 381-94, 1987.
- BARON, R. Aerobic and anaerobic power characteristics of off-road cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 33, p. 1387-1393, 2001.
- BENTLEY, D. J.; et al. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 33, n. 12, p. 2077 – 2081, 2001.
- BENTLEY, D. J.; et al. Correlations between peak power output, muscular strength and cycling time trial performance in triathletes. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 38, p. 201 – 207, 1998.
- BERG, A.; et al. Aktuelle aspekte der modernen ergometrie. **Pneumologie**. v. 44, p. 2 - 13, 1990.
- BERRY, J. M.; KOVES, T. R.; BENEDETTO, J.J. The influence of speed, grade and mass during simulated off-road bicycling. **Applied Ergonomics**. n.31, p. 531 - 536, 2000.

BORG, GA. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 14, p. 377-381, 1982.

BOULAY M. R. Physiological monitoring of elite cyclists. **Sports Medicine**. v.20, n.1, p. 1 -11, 1995.

CAMPBELL, M. E; HUGHSON, R. L; GREEN, H. J. Continuous increase in blood lactate concentration during different ramp exercise protocols. **Journal of Applied Physiology**. v.66, n.3, p. 1104 - 1107, 1989.

CHENG, B.; KUIPERS, H.; SNYDER, A. C.; KEIZER, H.; JEUKENDRUP, A.; HESSELINK, M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. **International Journal of Sports Medicine**. n.13, p. 518-22,1992.

CRAIG, N. P.; NORTON, K. I. Characteristics of track cycling. **Sports Medicine**. v.31, n.7, p. 457 - 468, 2001.

COSTA, V.P.; ZACHARIAS F. C.; LIMA J. R. P. Influência de variáveis anaeróbias na potência aeróbia máxima de ciclistas. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**. n.26, p. 246 - 246, 2003.

COSTA, V. P.; et al. Aspectos nutricionais e de treinamento de mountain bikers brasileiros. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**. n.27, p. 270 - 270, 2004.

COYLE, E. F.; et al. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 24, p. 782 - 8, 1992.

COYLE, E. F. Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. **Journal of Applied Physiology**. n. 98, p. 2191 - 2196, 2005.

CRAMP, T.; et al. Effects of preexercise carbohydrate ingestion on mountain bike performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v. 36, p. 1602 -1609, 2004.

DAL MONTE, A. e FAINA, M. Valutazione Delli Atleta. pg. 631-645. Editore UTET, Torino, 1999.

DE-OLIVEIRA, F. R.; et al. Testes de pista para avaliação da capacidade láctica de corredores velocistas de alto nível. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 12, n. 2, p. 99-102, 2006.

EARNEST, C. P.; et al. Reliability of the lode excalibur sport ergometer and applicability to computrainer electromagnetically braked cycling training device. **Journal of Strength and Conditioning Research**., v.19, n.2, p. 344 -348, 2005.

FAINA, M.; et al. Physiological characteristics of elite mountain bikers, downhill speciality. **XXVth FIMS World Congress of Sport Medicine** (Abstract), Athens, 10-16 September, 1994

FARIA, E. W.; PARKER, D. L.; FARIA, I. E. The science of cycling: Physiology and Training – Part 1. **Sports Medicine**. v. 35, n. 4, p. 285 - 312, 2005.

FÖHRENBACH, R; MADER, A; HOLLMANN, W. Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. **International Journal of Sports Medicine**. n.8, p. 11 - 18, 1987.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise Sports Science Reviews**. n. 24, p. 35 - 71, 1996.

GILMAN, M. B. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. **Sports Medicine**. v.21, n.2, p. 73 - 79, 1996.

GILMAN, M. B.; WELLS, C. L. The use of heart rates to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables. **International Journal of Sports Medicine**. n.14, p. 330 - 344, 1993.

HAWLEY, J. A.; NOAKES, T. D.; Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**. n. 65, p. 79 – 83, 1992.

HECK, H.; et al. Justification of the 4-mmol.l⁻¹ lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**. v. 6, p. 117 - 130, 1985.

HELLER, J.; NOVOTNÝ, J. Aerobic and anaerobic capacity in elite mountain bikers. **Acta Universitatis Carolinae Kinanthropologica**. v. 33, p. 1, 1997.

HOPKINS, W.G. Quantification of training in competitive sports, methods and application. **Sports Medicine**. v.12, n.3, p. 161 - 83, 1991.

HOROWITZ, J. F.; SIDOSSIS, L. S.; COYLE, E. F. High efficiency of type I muscular fibers improve performance. **International Journal of Sports Medicine**. v. 15, p. 152 - 7, 1994.

HUGHSON, R. L; WEISIGER, K. H; SWANSON, G. D. Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise. **Journal of Applied Physiology**. v.62, n.5, p. 1975 - 1981, 1987.

IMPELLIZZERI, F. M.; et al. Exercise intensity during off-road cycling competitions. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n.34, p. 1808 - 1813, 2002.

IMPELLIZZERI, F, M.; et al. Physiological correlates to off-road cycling performance. **Journal of Sports Science**. n.23, p. 41 - 47, 2005 a.

IMPELLIZZERI, F. M.; et al. Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. **British Journal of Sports Medicine**. n.39, p. 747-751, 2005 b;

JACKSON, A. L.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for prediction body density of men. **British Journal of Nutrition**. v. 40, p. 497-504, 1978.

JEUKENDRUP, A.; et al. Physiological changes in male competitive cyclists after two weeks of intensified training. **International Journal of Sports Medicine**. v. 13, p. 534 – 541, 1992.

JEUKENDRUP, A.; VAN DIEMEN, A. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. **Journal of Sports Science**. n.16, p. S91-S99, 1998.

KING, G. A.; et al. Validation of Aerosport KB1-C portable metabolic system. **International Journal of Sports Medicine**. v. 20, n. 5, p. 304 – 8, 1999.

KUAN, L. Cycling (off-road, cross country) fitness testing. **Exercise Physiology** 652.

KUIPERS, H.; et al. Variability of aerobic performance in laboratory and its physiologic correlates. **International Journal of Sports Medicine**. n. 6, p. 197-201, 1985.

LAURSEN, P.B.; et al. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.34, n.11, p. 1801-1807, 2002.

LEE H.; et al. Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. **Journal of Sports Science**. v. 20, p. 1001 – 8, 2002.

LUCIA, A.; et al. Physiological differences between professional and elite road cyclists. **International Journal of Sports Medicine**. v. 19, p. 342-348, 1998.

LUCIA, A.; et al. Heart rate response to professional road cycling: The Tour de France. **International Journal of Sports Medicine**. v. 20, p. 167-172, 1999.

LUCIA, A.; HOYOS, J.; CHICHARRO J. Physiological response to professional road cycling: climbers x time trials. **International Journal of Sports Medicine**. n.21, p. 505-512, 2000.

LUCIA, A.; HOYOS, J.; CHICHARRO J. Physiology of profesional road cycling. **Sports Medicine**. v.31, n.7, p. 325 - 337, 2001.

LUCIA, A.; et al. Kinetics of VO₂ in professional cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.34, n.2, p. 320 - 325, 2002.

MACHADO, C. E. P.; et al. Fatores fisiológicos e antropométricos associados com a performance em subida no ciclismo *off-road*. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**. v. 10, n. 4, p. 35 - 40, 2002.

MADER, A. Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 31 (1): 1- 19, 1991.

MADER, A; HECK, H. A theory of the metabolism origin of "anaerobic threshold". **International Journal of Sports Medicine**. 7: 45 - 65, 1986.

MEDBØ, J.I.; et al. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.64, p.50 - 60, 1988.

MUJIKÁ, I.; PADILLA S. Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. **Sports Medicine**. v.31, n.7, p. 479 - 487, 2001.

NEUMANN, G. (2000) Ciclismo. In: SHEPHARD, R. J. e ASTRAND, P. O. La resistencia en el deporte , pg. 631-645. Editora Pai do tribo, Barcelona.

PADILLA, S.; et al. Validity of a velodrome test for competitive road cyclists. **European Journal of Applied Physiology**. n.73, p. 446 - 51, 1996.

PADILLA, S.; et al. Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.31, n.6, p. 878 - 85, 1999.

PADILLA, S.; et al. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.32, n.4, p. 850 - 6, 2000.

PIRES, F. O.; et al. Estimativa do 2º limiar de lactato pelo modelo D_{máx}. **Revista Brasileira de Medicina do esporte**. n.9 (supl. 1), p. S56, 2003.

PFEIFFER, R.P; KRONISH, R.L. Off-road cycling injuries: an overview. **Sports Medicine**. v.19, n.5, p. 311 - 25, 1995.

RIBEIRO, J. P. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**. n.64, p. 171 – 181, 1995.

STAPELFELDT, B.; et al. Workload demands in mountain bike racing. **International Journal of Sports Medicine**. v.18, n.33, p. 294 - 300, 2004.

SEIFERT, J. G.; et al. The effects of mountain bike suspensions systems on energy expenditure, physical exertion, and time trial performance during mountain bicycling. **International Journal of Sports Medicine**. v.18, n.33, p. 197 - 200, 1997.

SIMÕES, H. G.; et al. Determination of maximal lactate steady state velocity coincidence with lower blood glucose. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n.28, p. S68, 1996.

SJODIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**. v.2, n.1, p. 23 -26, 1981.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**. n.2, p. 160 -165, 1981.

STEPTO, N. K.; et al. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.31, n.5, p.736 -741, 1999.

SWAIN, D. P. The influence of body mass in endurance bicycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.26, n.1, p. 58 - 63, 1994.

TANAKA, H.; et al. Aerobic and anaerobic power characteristics of competitive cycling in the United States Cycling Federation. **International Journal of Sports Medicine**. n.14, p. 334-338, 1993.

TAYLOR, H. L.; et al. The standartization and interpretation of submaximal and maximal tests of working capacity. **Pediatrics**. v. 32, suppl., p. 703 – 722, 1963.

THOMAS. J. R. e NELSON, J. K. Métodos de Pesquisa em Atividade Física. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

VANDEWALLE, H.; et al. Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.56, p.650-656, 1987.

VISSING, J.; et al. Effect of deficient muscular glycogenolysis on extramuscular fuel production in exercise. **Journal of Applied Physiology**. v. 72, n. 5, p. 1773 -1779, 1992.

VOGT, S.; et al. Power output during stage raging in professional road cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. Madison, v. 38, n. 1, p. 147-151, 2006.

VOLKOV, N. I. **Teoria e Prática do Treinamento Intervalado no Esporte**. Campinas. Ed. Multiesportes, 2002.

WEBER, C.L.; SCNEIDER, D.A. Reliability of MAOD measured at 110% and 120% of peak oxygen uptake for cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.33, p.1056-1059, 2001.

WESTGARTH-TAYLOR, et al. Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 75, p. 298 – 304, 1997.

WILBER, R.L.; et al. Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. n. 29, p. 1090-1094, 1997.

UNION CYCLISTE INTERNATIONALE (UCI). The hub [online]. Disponível em: URL: <http://www.uci.ch> [acessado em 01 Jun 2006].

ANEXO 1



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Data: 20/06/2005

Nº. de Referência 017/05

Aos pesquisadores Prof.^(a) Dr. Fernando Roberto de Oliveira e Mestrando Vitor Pereira Costa

Prezados (as) Senhores (as),

Analisamos o projeto de pesquisa intitulado "*Variáveis fisiológicas e metabólicas determinantes para o treinamento e desempenho de mountain bikers brasileiros*" enviado previamente por V. S.^a. Desta forma, vimos por meio desta, comunicar que o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos tem como resultado a aprovação do referido projeto.

Este Comitê de Ética em Pesquisa segue as Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos – Resolução CNS 196/96, criado para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Gostaria de salientar que quaisquer alterações do procedimento e metodologia que houver durante a realização do projeto em questão e, que envolva os indivíduos participantes, deverão ser informadas imediatamente ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos.

Duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido deverão ser assinadas pelo indivíduo pesquisado ou seu representante legal. Uma cópia deverá ser entregue ao indivíduo pesquisado e a outra deverá ser mantida pelos pesquisadores por um período de até cinco anos.

Atenciosamente,


Cláudia Mirian de Godoy Marques
Presidente do CEP/UDESC

ANEXO 2



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS - CEFID
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar como voluntário da pesquisa intitulada: **Variáveis fisiológicas determinantes para a *performance* em *mountain bikers***, a ser realizada junto ao Laboratório de Fisiologia do Exercício vinculado ao Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos (CEFID) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Com sua adesão ao estudo, você terá que ficar disponível para a pesquisa em 2 sessões: a primeira no laboratório com duração de aproximadamente 1 hora e a segunda durante a competição. No laboratório você preencherá uma ficha com dados pessoais e será submetido a avaliação antropométrica, onde serão realizadas medidas de massa corporal, estatura, dobras cutâneas e perímetros. Em seguida, será submetido à avaliação anaeróbia no cicloergômetro (Teste de Wingate). No Teste de Wingate, você será instruído a permanecer sentado e pedalar o mais rápido possível durante 30 segundos. A carga é fixa e corresponde a 10% do seu peso corporal. As variáveis estudadas serão analisadas através de um software instalado no computador e sensores no cicloergômetro. Depois, você terá um período de recuperação de no mínimo 30 minutos em repouso, e fará um segundo teste para avaliação

aeróbia. A avaliação aeróbia consiste em realizar um teste progressivo na sua própria bicicleta acoplada ao ciclo-simulador, com incremento de carga de 30 Watts a cada 3 minutos até a exaustão. No teste aeróbio, será feita a análise da frequência cardíaca através de monitores portáteis, a análise de trocas gasosas através do analisador portátil KB1C, será coletada amostras de sangue obtido do lóbulo da orelha direita para análise das concentrações sanguíneas de lactato. Estas coletas de lactato serão realizadas nos 30 segundos finais de cada carga e após o teste no período de recuperação no 1º, 3º e 5º minutos. Na competição, você deverá competir normalmente sendo que usará 1 monitor de frequência cardíaca para registrar o comportamento das variáveis identificadas previamente em laboratório.

Para participar deste estudo, você deve ser portador de atestado médico que comprove a sua aptidão para realizar exercícios físicos de alta intensidade. Da mesma forma, deve estar ciente que poderá apresentar náuseas, vômitos, enjoos e desmaios decorrentes do esforço na realização dos testes. No entanto, menos de 1% da população americana apresenta desconforto extremo durante este tipo de teste (*American College of Sports Medicine*).

A sua identidade será preservada, pois cada indivíduo será identificado por um número.

Os benefícios e vantagens em participar deste estudo: você estará contribuindo de forma única para o desenvolvimento da ciência, dando possibilidade a novas descobertas e o avanço das pesquisas. Todos os dados obtidos serão repassados a você e que podem ser utilizados para o controle e otimização do seu treinamento e desempenho.

As pessoas que estarão te acompanhando serão o Prof. Vitor Pereira Costa, Prof. Adriano Eduardo Lima Silva, Prof. Lorival José Carminatti e o Prof. responsável Dr. Fernando Roberto de Oliveira.

O senhor poderá se retirar do estudo a qualquer momento.

Solicitamos a vossa autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A sua privacidade será mantida através da não-identificação do seu nome.

Agradecemos a vossa participação e colaboração.

PESSOA PARA CONTATO:

Prof. Vitor Pereira Costa. email: costavp@nextwave.com.br

Dr. Fernando Roberto de Oliveira (pesquisador responsável). email: deoliveirafr@aol.com

LAPEM – CEFID – UDESC: Rua Pascoal Simone, 358 (48) 244-2324 R:

241

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas em mim.

Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome _____

Assinatura _____ Florianópolis, ____/____/____ .

ANEXO 3

Questionário

Nome: _____

Data de nasc: ___/___/___

Categoria: _____

Federação: _____

1 – Quais as principais competições que você participou?

2 - Quais são os principais resultados que você obteve? Cite a competição.

3 - Você recebe patrocínio e/ou apoio? Qual (s)?

4 – Com que idade começou a praticar o MTB? _____

5 – Há quantos anos treina MTB? _____

6 – Quem o influenciou significativamente para a prática do MTB?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Pais | <input type="checkbox"/> Professor de Educação Física |
| <input type="checkbox"/> Um ídolo esportivo | <input type="checkbox"/> Amigos |
| <input type="checkbox"/> Iniciativa própria | <input type="checkbox"/> Outro – Qual? _____ |

7 – Já pensou em desistir do MTB? _____ Por que? _____

8 – Com relação à sua equipe, quais profissionais o acompanha?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fisioterapeuta | <input type="checkbox"/> Nutricionista |
| <input type="checkbox"/> Massagista | <input type="checkbox"/> Psicólogo |
| <input type="checkbox"/> Médico | <input type="checkbox"/> Fisiologista |
| <input type="checkbox"/> Treinador | |

9 – Quantos dias você treina por semana?

- Menos de 3 dias 3 dias 4 dias 5 dias 6 dias 7 dias

10 – Quantos dias você descansa no final da temporada de competições?

Até 7 dias Entre 7 a 14 dias 15 a 30 dias 30 e 60 dias

11 – Quantas horas você treina por dia?

Até 1 hora Entre 1 a 2 horas 2 a 3 horas Acima de 3 horas

12 - Quantas horas você treina por semana?

Até 5 horas Entre 6 a 10 horas 11 a 15 horas Acima de 15 horas

13 – Você pratica outro tipo de treinamento? _____ Quantas horas por semana _____

Musculação Natação Alongamentos Corrida Esportes coletivos

14 – Você já fez alguma avaliação física em laboratório ou campo?

Nunca fiz Há menos de 2 meses 6 meses Mais de 1 ano

15 – Os resultados são utilizados para o treinamento?

Sim Não

16 – Quais variáveis você utiliza no treinamento ($VO_{2máx}$, limiar anaeróbio, potência, frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço)?

17 – Você recebe orientação nutricional?

Sim Não

Quem? _____

18 – Quantas refeições você costuma fazer por dia?

2 3 4 5 6 Mais

19 – Quanto tempo após as sessões de treino você se alimenta?

Até 1 hora De 1 a 2 horas De 2 a 3 horas Mais

20 – Você ingere algum tipo de suplemento alimentar? _____

Creatina Aminoácidos Vitaminas e Minerais Carboidratos

ANEXO 4

**Projeto de Mestrado: Variáveis fisiológicas determinantes para
performance em mountain bikers**

Nome: _____ Idade: _____

Data de nasc: ___/___/___

Tempo de prática: _____ Data: ___/___/___

Avaliação Antropométrica

Peso (kg):	Estatura (cm):	%G:
------------	----------------	-----

Dobras Cutâneas (mm)

				Média
Subescapular				
Tricipital				
Peitoral				
Axilar média				
Suprailíaca post				
Suprailíaca ante				
Abdominal				
Coxa				
Perna				
			Σ DC	

Diâmetros ósseos (mm)

Biestilóide rádio-ulnar	
Biepicondiliano umeral	
Bicondiliano femoral	

Perímetros (cm)

Braço Direito Contraído	
Perna Direita	

Avaliador: _____

Observação: _____

Protocolo de cargas progressivas

Data: ___/___/___ Hora: _____ Temp: _____ Umid: _____

Calibração lactato: _____ Calibração ciclo-simulador: _____ Relação: 44 - 17

Aquecimento: 8 min Carga: 50 W RPM: 90 – 110

Estágio	Carga (W)	Tempo (min)	FC (bpm)	[La] (mmol.l ⁻¹)	VO ₂ (mml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	PSE
1	100	3				
2	130	6				
3	160	9				
4	190	12				
5	220	15				
6	250	18				
7	280	21				
8	310	24				
9	340	27				
10	370	30				
11	400	33				
12	430	36				

Teste de Wingate

Pico de Potência	Pico de Potência/kg	Potência Média	Potência Média/kg	Índice de Fadiga

ANEXO 5

Tempo e FC individuais de cada volta durante o Campeonato Brasileiro de XC.

Campeonato Brasileiro - Elite		Volta 1	Volta 2	Volta 3	Volta 4	Volta 5	Volta 6	Volta 7	Colocação final	Ranking do estudo
Atleta 1	Tempo (s)	18,32	19,35	20,25	21,45	20,31	20,33	20,35	3	1
	FC (bpm)	179	182	179	176	174	173	166		
Atleta 2	Tempo (s)	18,14	19,38	19,46	21,17	21,01	20,58	23,16	4	2
	FC (bpm)	175	178	175	165	164	167	162		
Atleta 3	Tempo (s)	20,29	21,52	22,39	23,48	23,44	27,01		12	5
	FC (bpm)	173	172	170	170					
Atleta 4	Tempo (s)	19,15	22,16	24,02	22,15	21,18	19,39	20,45	6	3
	FC (bpm)			164	167	172	180	174		
Atleta 5	Tempo (s)								7	4
	FC (bpm)									
Atleta 6	Tempo (s)								Desistência	6
	FC (bpm)									

Os espaços em branco nas células de Tempo e FC, indicam que os atletas tiveram problemas quanto ao registro dos valores e/ou desistiram de completar a prova.

Tempo e FC individuais de cada volta durante o Campeonato Brasileiro de XC.

Campeonato Brasileiro - Amadores		Volta 1	Volta 2	Volta 3	Volta 4	Volta 5	Volta 6	Colocação final
Atleta 1	Tempo (s)	18,18	20,45	22,18	21,3	23,24		3 – Sub 30
	FC (bpm)	177	181	177	180	175		
Atleta 2	Tempo (s)	18,5	19,4	20,5	21,2	21,1	21	2 – Sub 23
	FC (bpm)	177	179	177	171	171	172	
Atleta 3	Tempo (s)	22,2	21,45	22	22,1			4 – Máster
	FC (bpm)	178	181	183	179			
Atleta 4	Tempo (s)	20,5	22,4	22,2	24,1	24,5	24,2	6 – Sub 23
	FC (bpm)	188	186	190	181	178	182	
Atleta 5	Tempo (s)	18,5	20,1	20,24	20,59	21,2	21,57	1 – Sub 23
	FC (bpm)	192	190	188	187	183	180	
Atleta 6	Tempo (s)							
	FC (bpm)							
Atleta 7	Tempo (s)							
	FC (bpm)							

Os espaços em branco nas células de Tempo e FC, indicam que os atletas tiveram problemas quanto ao registro dos valores e/ou desistiram de completar a prova.

Tempo e FC individuais de cada volta durante a Copa do Mundo de XC.

Copa do Mundo - Elite		Volta 1	Volta 2	Volta 3	Volta 4	Volta 5	Colocação final	Ranking do estudo
Atleta 1	Tempo (s)	28,2	29,55	31,4	40,05		18	3
	FC (bpm)	184	182	180	170			
Atleta 2	Tempo (s)	29,05	29,11	30,35	31,35		17	2
	FC (bpm)	170	172	169	161			
Atleta 3	Tempo (s)	29,5	32,25	32,4			28	5
	FC (bpm)	176	171	167	166			
Atleta 4	Tempo (s)	28	32,1	27,05	27,28	28,52	11	1
	FC (bpm)	186	186	181	183	182		
Atleta 5	Tempo (s)	29	32,05	32,25			25	4
	FC (bpm)	180	179	176				
Atleta 6	Tempo (s)	32,4	37				Desistência (42)	6
	FC (bpm)	183	181					

Os espaços em branco nas células de Tempo e FC, indicam que os atletas tiveram problemas quanto ao registro dos valores e/ou desistiram de completar a prova.