

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**CORRELAÇÕES ENTRE OS VALORES DE LACTATO MÍNIMO E POTÊNCIA
ANAERÓBIA COM A POTÊNCIA CRÍTICA E A CAPACIDADE DE TRABALHO
ANAERÓBIO OBTIDAS POR MÉTODO INVASIVO E NÃO INVASIVOS**

MARCIA AFONSO

RIO CLARO
ABRIL/2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**CORRELAÇÕES ENTRE OS VALORES DE LACTATO MÍNIMO E POTÊNCIA
ANAERÓBIA COM A POTÊNCIA CRÍTICA E A CAPACIDADE DE TRABALHO
ANAERÓBIO OBTIDAS POR MÉTODO INVASIVO E NÃO INVASIVOS**

MARCIA AFONSO

ORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade – Área de Biodinâmica da Motricidade Humana.

RIO CLARO
ABRIL/2004

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe e minha irmã que sempre estiveram
ao meu lado e me ajudaram em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos professores do Departamento de Educação Física, em especial meu Orientador, Prof. Dr. Cláudio Gobatto.

Aos técnicos do Laboratório de Biodinâmica (Beto, Clarice e China) e aos funcionários Rejane, Aurélio e Paulão.

A coordenação da Pós-Graduação, e a CAPES pelo apoio financeiro neste último ano.

Aos participantes desse estudo e do estudo piloto: Tiago, Fabrízio, Cadu, Marcelo, Splinter, Canela, Walter, Elvis, Davi, Chicão, Isaías e Hugo, me desculpem pelo *Wingate*.

Aos meus amigos, entre eles: Michel, Tiago, Fabrízio (Niterói), Aline, Fábio (Kokinho), Camilão, Lis, Mariângela, Doug, Guru, Fábio e Flávia (Weekend) e Tati (Bio), que sempre estiveram ao meu lado (não vou citar o nome de todos pois eles sabem o quanto são importantes para mim), e ao Pira (valeu pelo planejamento e por me mostrar que nem tudo é como parece ser, não é?).

A minha querida mãe e a minha irmã, obrigada por estarem sempre ao meu lado.

RESUMO

O limiar anaeróbio (LAN) tem sido muito utilizado como preditor da capacidade aeróbia na avaliação e prescrição do treinamento. Dentre os protocolos de determinação do LAN, o método do lactato mínimo (LM) parece ser um dos mais precisos, determinando de certa forma, individualmente os valores do LAN. Um outro modelo utilizado na avaliação do parâmetro aeróbio é o método não invasivo de determinação de potência crítica (PC), sendo que esse modelo possibilita também a quantificação das reservas anaeróbias intramusculares (CTA). Vários autores propõem determinações de PC por diferentes protocolos, dentre eles, os propostos por JENKINS & QUIGLEY em 1991 (PC_{JQ}) e CHASSAIN em 1986 (PC_{CH}) especialmente, são muito diferentes, no aspecto metodológico e repercutiram bastante no meio científico. O objetivo do presente estudo foi de comparar métodos invasivos e não invasivos de avaliação aeróbia e anaeróbia em atletas ciclistas, identificando a relação existente entre o LM e a PC (determinada por dois métodos diferentes) e, a relação dos parâmetros anaeróbios, através da potência média e da potência pico com a CTA. Foram voluntários desse estudo 9 ciclistas treinados do sexo masculino ($24,11 \pm 1,62$ anos; $67,28 \pm 4,37$ kg e $175,78 \pm 5,89$ cm) com experiência na modalidade. Os atletas foram submetidos a três protocolos experimentais: 1) Teste de LM, com teste de *Wingate* para induzir a acidose e posterior exercício progressivo; 2) Teste de PC_{JQ} com quatro sessões de cargas exaustivas randômicas; 3) Teste de PC_{CH} a partir da variação da frequência cardíaca e do lactato através de dois esforços de 180 segundos com intervalo de pausa de 90 segundos entre os esforços, com intensidade de 85, 95, 105 e 115% do LM.

Foram encontradas diferenças significativas entre as intensidades de LM ($219,73 \pm 4,43$ W), PC_{JQ} nos modelos Pot-1/tlim ($301,47 \pm 10,46$ W) e Wlim-tlim ($295,22 \pm 10,14$ W), na PC_{CH} determinada pelos métodos de variação de lactato ($201,53 \pm 4,44$ W) e pela variação de frequência cardíaca ($169,80 \pm 12,03$ W) com boa correlação entre os métodos. Em relação ao parâmetro anaeróbio não foi encontrada correlação significativa entre as potências média ($765,26 \pm 12,92$ W) e pico ($879,54 \pm 19,99$ W) obtidas no *Wingate*, com a CTA ($14,05 \pm 1,30$ e $16,08 \pm 1,19$ KJ) nos modelos Pot-1/tlim e Wlim-tlim, respectivamente. Concluímos que existe uma relação entre o LM e as PCs, e que esses métodos podem ser utilizados na avaliação do condicionamento aeróbio em ciclistas. Contudo, a PC_{JQ} superestimou enquanto a PC_{CH} subestimou a intensidade do LM, o que sugere alguns ajustes matemáticos na prescrição do treinamento. Concluímos também que existem inconsistências em afirmar que potência anaeróbia e CTA são relacionadas.

Palavras Chave: teste de lactato mínimo, *Wingate*, limiar anaeróbio, potência crítica, capacidade de trabalho anaeróbio, potência anaeróbia, frequência cardíaca.

ABSTRACT

The anaerobic threshold (AT) has been used as a good predictor of the aerobic capacity for physical evaluation and training prescription. Among the protocols of AT determination, the lactate minimal test (LMT) seems to be one of the most accurate for obtain individually the AT values. Another model used in the aerobic evaluation is the non-invasive method for determination of the critical power (CP), and this model also makes possible the quantification of the intramuscular anaerobic stores, which represents the anaerobic work capacity (AWC). Several authors proposed determinations of CP on different protocols, as those proposed by, Jenkins & Quigley (1991 - CP_{JQ}) and Chassain (1986 - CP_{CH}), that in spite of the very different methodological aspects they are a reference in the scientific way. The purpose of the present study was to compare invasive and non-invasive protocols to evaluate the aerobic and anaerobic fitness (by two different methods) in cyclists. Also, the relationship of the mean and peak power obtained during an Wingate test to AWC identified by different methods was investigate. Nine male trained cyclists volunteered to the study (24.11 ± 1.62 years; 67.28 ± 4.37 kg and 175.78 ± 5.89 cm). The athletes were submitted to three experimental protocols: 1) LMT, with initial lactic acidosis induced through a Wingate test and a subsequent incremental exercise test; 2) test of PC_{JQ} with four sessions of random exhaustive loads; 3) test of PC_{CH} based on the variation of the heart rate and lactate along two bouts of efforts of 180 seconds with pause interval of 90 seconds between them, with intensity of 85, 95, 105 and 115% of LMT. Our results showed significant differences among the intensities of LMT (219.73 ± 4.43 W), PC_{JQ} in the models P-1/tlim (301.47 ± 10.46 W) and Wlim - tlim (295.22 ± 10.14 W) and, in PC_{CH} for

the methods of lactate variation (201.53 ± 4.44 W) and for the heart rate variation (169.80 ± 12.03 W), with good correlation among the methods. In relation to the anaerobic parameter it was not found significant correlation between the mean (765.26 ± 12.92 W) and peak powers (879.54 ± 19.99 W) obtained in Wingate test and to AWC (14.05 ± 1.30 and 16.08 ± 1.19 KJ), in the P-1/tlim and Wlim-tlim models, respectively. In this way, we conclude that there are relationship between LMT and CP, and that any method can be used to evaluate the cyclists aerobic condition. However, PC_{JQ} overestimated and PC_{CH} underestimated the intensity of LMT, what suggest mathematical adjustments in the training prescription. We concluded also that there are inconsistencies in affirming that anaerobic power and AWC are related.

Key Words: lactate minimum test, Wingate test, anaerobic threshold, critical power, anaerobic work capacity, anaerobic power, heart rate.

SUMÁRIO

	página
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xv
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS	4
3 – REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 – Limiar Anaeróbio	5
3.1.1 – Protocolo de Lactato Mínimo	8
3.2 – Avaliação anaeróbia - teste de <i>Wingate</i>	11
3.3 – Potência Crítica e Capacidade de Trabalho Anaeróbio	14
3.3.1 – Relação entre a PC e CTA com outros índices de performance	16
3.3.2 – Determinação da PC e da CTA	18
3.4 – Determinação da PC através das variações de FC e lactato	21
4 – MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 – Participantes	23
4.2 – Sessões Experimentais	23
4.2.1 – Protocolo 1: Teste do Lactato Mínimo	24
4.2.2 – Protocolo 2: Determinação da Potência Crítica (PC) e da Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTA) com cargas exaustivas	27

4.2.3 – Protocolo 3: Determinação da potência crítica a partir das variações de frequência cardíaca e lactato em esforços duplos (CHASSAIN, 1986)	28
4.3 – Coletas e dosagens sanguíneas	32
4.4 – Procedimentos estatísticos	32
5 – RESULTADOS	34
6 – DISCUSSÃO	46
7 – CONCLUSÕES	58
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXO I: Cópia do Termo de Consentimento	72
ANEXO II: Aceite do Comitê de Ética em Pesquisa	76
ANEXO III: Resultados individuais dos dados obtidos	78

LISTA DE ABREVIATURAS

ATP: adenosina trifosfato

bpm: batimentos por minuto

cm: centímetros

CTA: capacidade de trabalho anaeróbio

E1: exercício 1

E2: exercício 2

EMG: eletromiografia

EP: erro padrão

FC: frequência cardíaca

IAT: limiar anaeróbio individual

IF: índice de fadiga

J: joules

K: carga

Kg: kilograma

kgf: kilogramaforça

KJ: kilojoules

Km: quilômetros

Km/h: quilômetros por hora

Kp: kilopound

LAN: limiar anaeróbio

LL: limiar de lactato

LM: lactato mínimo

m: metros

ml: mililitros

μ l: microlitros

mM: milimolar

MSSLAC: máximo estado estável de lactato

NaF: fluoreto de sódio

O₂: oxigênio

OBLA: onset of blood lactate accumulation

OPLA: onset of plasma lactate

PC: potência crítica

PC_{CH}: PC determinada pelo método de CHASSAIN (1986)

PC_{JQ}: PC determinada pelo método de JENKINS & QUIGLEY (1991)

PCO₂: pressão de dióxido de carbono

P Média: potência média

Pot: potência

P Pico: potência pico

SEE: erro padrão da estimativa

t_{lim}: tempo-limite

VC: velocidade crítica

Δ FC: variação de frequência cardíaca

Δ lac: variação de lactato

VO_2 : consumo de oxigênio

VO_{2max} : consumo máximo de oxigênio

VO_{2pico} : consumo pico de oxigênio

vs: versus

W: watts

Win-médio: potência média no *Wingate*

Win-pico: potência pico no *Wingate*

Wlim: trabalho-limite

$[LAC]_{pico}$: concentração de lactato pico

$[LAC]_{LM}$: concentração de lactato na intensidade de LM

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** – Valores individuais da intensidade de LM, concentração de lactato pico ($[LAC]_{\text{pico}}$), concentração de lactato na intensidade de LM ($[LAC]_{\text{LM}}$), e coeficiente de determinação da regressão (R^2) da fase de intensidades progressivas do teste 35
- TABELA 2** – Valores de PC e R^2 obtidos pelo método de Jenkins & Quigley (1991), para os modelos Potência-1/tempo (Pot- 1/tlim) e Trabalho-tempo (Wlim- tlim) 36
- TABELA 3** – Valores de potência e R^2 obtidos pelo método de PC_{CH}, determinado pelas variações de concentração de lactato (Δlac) e frequência cardíaca (ΔFC) 37
- TABELA 4** – Correlações entre valores obtidos nos testes de PC_{JQ} (Pot- tlim e Wlim- tlim), PC_{CH} (Δlac e ΔFC) e LM..... 39
- TABELA 5** – Valores das potência média e pico verificadas no teste de *Wingate* expressas em Watts, trabalho realizado durante o teste em KJ e respectivo índice de fadiga para cada atleta..... 43
- TABELA 6** – Valores de CTA (KJ) e Erro Padrão (KJ) obtidos pelo método de Jenkins & Quigley (1991), para os modelos Potência-1/tempo (Pot-1/tlim) e Trabalho-tempo (Wlim-tlim) 44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Concentrações de lactato durante a fase progressiva após o teste de LM após o esforço anaeróbio (teste de <i>Wingate</i>) do participante 4.....	26
FIGURA 2 – Variação de FC para os esforços duplos de 180s com intervalo de 90s à 85% do LM para o participante 7.....	30
FIGURA 3 – Variação de FC para os esforços duplos de 180s com intervalo de 90s à 95% do LM para o participante 7.....	30
FIGURA 4 – Variação de FC para os esforços duplos de 180s com intervalo de 90s à 105% do LM para o participante 7.....	30
FIGURA 5 – Variação de FC para os esforços duplos de 180s com intervalo de 90s à 115% do LM para o participante 7.....	30
FIGURA 6 – Variação de lactato sanguíneo entre os esforços duplos para as 4 intensidades do LM do participante 7.....	31
FIGURA 7 – Variação de frequência cardíaca entre os esforços duplos para as 4 intensidades do LM do participante 7.....	32
FIGURA 8 – Média e erro padrão da média dos parâmetros utilizados para estimar a condição aeróbia	38
FIGURA 9 – Relação entre o LM e a PC_{IQ} ($Pot-1/tlim$) expressos em Watts para os 9 participantes desse estudo.....	40
FIGURA 10 – Relação entre o LM e a PC_{IQ} ($Wlim - 1/tlim$) expressos em Watts para os 9 participantes desse estudo.....	40

FIGURA 11 – Relação entre o LM e a PC_{CH} (Δlac) expressos em Watts para os 9 participantes desse estudo.....	41
FIGURA 12 – Relação entre o LM e a PC_{CH} (ΔFC) expressos em Watts para os 9 participantes desse estudo.....	42
FIGURA 13 – Média e erro padrão da média do trabalho realizado durante teste de <i>Wingate</i> e CTA obtida pelos métodos de Jenkins & Quigley (1991)	45

1 – INTRODUÇÃO

Em busca de melhores índices entre atletas de diferentes modalidades, vários autores procuram identificar maneiras de avaliar o rendimento atlético através de diferentes metodologias, que na maioria das vezes requerem alto custo e elevado dispêndio de tempo, o que também pode comprometer a programação do treinamento.

Dentre essas metodologias podemos dizer que existem protocolos clássicos que parecem servir muito bem à população em geral (COOPER, 1983), mas falham em avaliar o alto rendimento, devido à sensibilidade do método a pequenas mudanças.

Para o esporte de alto nível é de extrema importância a utilização de métodos fidedignos e reproduzíveis de avaliação como a quantificação dos parâmetros aeróbio e anaeróbio na prescrição e acompanhamento do desempenho atlético.

Apesar dos conceitos serem praticamente os mesmos, protocolos de testes mostram-se bastante diferentes, trazendo com isso dúvidas quanto a sua aplicação.

Em 1964, Wasserman & McIlroy iniciaram os estudos relacionados ao limiar anaeróbio (LAN), tendo hoje alcançado popularidade no âmbito do treinamento físico, com diferentes tipos de definições e de protocolos, utilizados em diferentes esportes na avaliação da condição aeróbia.

Alguns protocolos de determinação de LAN utilizam-se de concentrações fixas de lactato, as quais são relacionadas a velocidades em um teste progressivo. Entretanto, sabe-se da existência de uma grande variação individual da resposta do lactato em um teste de cargas crescentes, caracterizando assim a necessidade de um método individualizado.

Em 1979, Davis & Gass observaram que durante um exercício incremental após uma série máxima de exercício induzindo a acidose láctica, a concentração de lactato inicialmente diminuía durante o aumento das cargas e, após algum tempo, essa concentração voltava a aumentar. Essa idéia pôde ser subseqüentemente definida como o método do lactato mínimo (LM), uma forma de determinação individualizada do LAN. Esse protocolo, invasivo em seu procedimento de coletas sanguíneas para a determinação do lactato, possibilita a obtenção dos parâmetros anaeróbios e aeróbios em apenas uma única sessão de teste (TEGTBUR et al., 1993).

A partir de um modelo relativamente antigo (MONOD & SCHERRER, 1965), alguns autores passaram a desenvolver metodologias buscando, a partir de dados não invasivos, determinar o condicionamento aeróbio e anaeróbio em atletas.

De acordo com esse modelo, existe uma intensidade máxima de exercício que pode ser mantida por processos oxidativos sem que haja desgaste das reservas anaeróbias, e conseqüente fadiga, ou seja, uma intensidade onde o atleta realiza um exercício por tempo indefinido sem que atinja a exaustão. Essa intensidade foi definida como potência crítica (PC) e as reservas anaeróbias intramusculares de nominadas de capacidade de trabalho anaeróbio (CTA).

A partir do conceito de PC diversos autores criaram diferentes formas de determinação desse parâmetro. Um deles foi protocolo por Chassain em 1986, sendo que de acordo com esse autor, a PC corresponde à intensidade de exercício onde não há variação de frequência cardíaca e

da concentração de lactato, para esforços duplos de exercício sub e supralimiar, intercalados por um período de pausa.

Com o objetivo de encontrar uma intensidade de exercício ideal para o treinamento e performance, diversos métodos têm sido utilizados partindo de mesmos conceitos, portanto suas respostas devem ao menos estar relacionadas entre si.

A PC foi mostrada ser um preditor correspondente ou ao menos, correlacionada com o VO_2 máx, o LAN e o máximo estado estável de lactato. Entretanto, ainda existe inconsistência na relação entre a CTA e outros índices de avaliação anaeróbia.

Com a justificativa de garantir a determinação dos parâmetros aeróbio e anaeróbio, esse estudo tem por objetivo investigar a relação entre o LAN determinado pelo método do lactato mínimo (LM) e a potência anaeróbia com a PC e a CTA obtidos por testes não invasivos, em ciclistas treinados.

2 – OBJETIVOS

O presente estudo propõe uma comparação de testes invasivos com não invasivos, com os objetivos de:

- Comparar os valores do lactato mínimo (LM) com a PC determinada por dois métodos distintos (JENKINS & QUIGLEY, 1991 e CHASSAIN, 1986);
- Comparar os valores de potência média e a potência pico (*Wingate*) com a CTA (determinada pelo método de JENKINS & QUIGLEY, 1991)

3 – REVISÃO DE LITERATURA

Nessa revisão de literatura serão caracterizados, primeiramente, os conceitos e definições relacionadas ao limiar anaeróbio (LAN), abordando suas diferentes terminologias e protocolos, dando ênfase ao protocolo do teste de lactato mínimo (LM), expondo algumas possíveis influências que possam interferir na validade desse protocolo. Em um segundo momento o modelo de PC será descrito, relacionando-o com outros métodos de determinação de parâmetros aeróbio e anaeróbio. Posteriormente, discutiremos os diferentes estudos envolvendo tipos distintos de protocolos a partir desse conceito.

3.1 – Limiar Anaeróbio

O termo Limiar Anaeróbio (LAN) foi introduzido pela primeira vez em 1964 por Wasserman & McIlroy, que o definiram como sendo a intensidade de exercício na qual a concentração sanguínea de lactato começa a aumentar e a concentração de bicarbonato começa a diminuir.

Segundo esses autores, a resposta ao metabolismo anaeróbio durante o exercício poderia ser detectada utilizando três critérios: aumento na concentração sanguínea de lactato em relação

aos níveis de repouso; diminuição na concentração sanguínea de bicarbonato no sangue arterial associado à uma diminuição do pH e, aumento do quociente respiratório.

Propondo parâmetros ventilatórios para se estimar o ponto de inflexão da curva de lactato, Wasserman et al. (1967, 1973) modificaram o conceito de LAN para “a intensidade de exercício acima da qual a concentração sanguínea de lactato aumenta de forma progressiva e a ventilação pulmonar se intensifica também de maneira desproporcional ao oxigênio consumido”.

Posteriormente, outros autores definiram esse parâmetro como a intensidade de exercício em que era identificado o máximo estado estável de lactato sanguíneo, com equilíbrio entre a produção e remoção de lactato (MADER et al., 1976; KINDERMANN et al., 1979; SJODIN & JACOBS, 1981; HECK, 1985).

O termo limiar anaeróbio também pode ser definido como o consumo de oxigênio em uma determinada carga de trabalho físico acima da qual a acidose metabólica ocorre em função da crescente participação do metabolismo anaeróbio (YOSHIDA, 1984), ou seja, a intensidade máxima de esforço que um indivíduo é capaz de realizar com energia produzida por processos metabólicos predominantemente aeróbios.

Apesar de sugerir controvérsias entre pesquisadores, o conceito de LAN apóia-se na noção de que durante um exercício intenso, a disponibilidade mitocondrial de O_2 pode não ser adequada para atender a demanda metabólica oxidativa aumentada na fibra muscular ativa. Como consequência, a reserva anaeróbia passa a fornecer energia através da via glicolítica, com consequente acúmulo de lactato (MORITANI et al., 1981).

A identificação do LAN é de fundamental importância na avaliação e prescrição do treinamento. Entretanto, um dos maiores problemas relacionados à determinação e utilização do

LAN ocorre em função do grande número de protocolos empregados pelos pesquisadores para identificar fenômenos semelhantes (WILMORE & COSTILL, 1994).

Existem aqueles que determinam o limiar através do início do acúmulo de lactato no sangue durante um exercício de caráter crescente, as quais podem ser identificadas como a intensidade de exercício anterior ao aumento exponencial do lactato sanguíneo, cujas nomenclaturas são o OPLA (Onset of Plasma Lactate), limiar de lactato (LL) e limiar aeróbio. As concentrações de lactato para estas terminologias são aproximadamente 2mM (1,5 - 3,0mM), e as velocidades correspondentes a essa concentração estão relacionadas com as velocidades de corrida desempenhadas por atletas durante uma maratona e também é tida como a intensidade de ótima recuperação ativa (DENADAI, 1996).

Uma outra linha pela qual os protocolos relacionados ao LAN seguem é aquela em que este fenômeno é determinado através do máximo estado estável de lactato, ou seja, pelo equilíbrio entre produção e remoção de lactato sanguíneo durante um exercício de carga constante. As nomenclaturas utilizadas são o LAN, limiar aeróbio-anaeróbio e OBLA (Onset Of Blood Lactate Accumulation). As concentrações de lactato para estes protocolos são de aproximadamente 4mM (3,0 - 5,5mM), e as velocidades correspondentes a esta concentração estão mais associadas às provas aeróbias de menor duração (TANAKA et al., 1984).

Em um estudo de Beneke & Duvillard (1996), os autores verificaram que a concentração de lactato no máximo estado estável de lactato (MSSLAC) é dependente do tipo de exercício em que o indivíduo é submetido, comparando nesse estudo atletas de diferentes modalidades coletivas, ciclistas e triatletas, atletas de remo e patinação, onde utilizou-se um ergômetro específico para cada modalidade. Encontraram diferentes concentrações de lactato na MSSLAC

para os esportes, patinação ($6,6 \pm 0,9$ mM), ciclismo ($5,4 \pm 1,0$ mM) e remo ($3,1 \pm 0,5$), ocorrendo maiores concentrações de lactato em esportes em que a participação de massa muscular é maior, o que contradiz o uso de uma concentração fixa de lactato para a determinação do LAN.

Stegmann et al. (1981) verificaram que a concentração média de lactato sanguíneo durante exercício em máximo estado estável de lactato ocorria em torno de 4mM. No entanto, os valores individuais variavam de 1,4 a 7,5 mM. Devido as limitações do LAN determinado pela concentração fixa de 4mM de lactato sanguíneo, autores como Stegmann et al. (1981) e Tegtbur et al. (1993) encontraram a necessidade da existência de um protocolo que mais se aproximasse do real valor de LAN de cada indivíduo. Dessa forma, Stegmann et al. (1981) introduziram um modelo matemático para determinar o limiar anaeróbio individual (IAT). Posteriormente, Tegtbur et al. (1993) desenvolveram outro protocolo de determinação de LAN, o teste de lactato mínimo (LM), sendo muito utilizado atualmente.

McLellan & Cheung (1992) afirmam que o IAT, teoricamente representa, durante o exercício, a taxa metabólica onde a eliminação de lactato para o sangue é máxima e igual à sua remoção para o tecido periférico. Atividades com intensidade superior a do IAT estão, portanto, associadas a uma elevação progressiva das concentrações sanguíneas de lactato, aumento esse desproporcional ao incremento da carga.

3.1.1 – Protocolo de Lactato Mínimo

O teste de lactato mínimo utilizado por Tegtbur et al. (1993) apresenta, uma técnica individualizada de determinação do LAN. Nesta metodologia os sujeitos realizam esforços

anaeróbios induzindo uma grande elevação do lactato e após uma pausa (8 minutos), inicia-se um esforço com cargas progressivas. Com a realização das primeiras cargas, ocorre diminuição do lactato, até que se atinge um valor mínimo, a partir do qual começa a existir um novo aumento do lactato. Segundo os autores, o LM corresponde à intensidade de exercício onde existe equilíbrio entre a produção e remoção de lactato. Esses autores relatam ainda que essa intensidade (LM) correspondeu à velocidade de MSSLAC para a maioria dos sujeitos submetidos a um teste de endurance de 8 km na velocidade de LM e, em uma velocidade acima da velocidade de LM.

O método proposto por Tegtbur et al. (1993) originalmente realizado com corredores foi realizado em nosso estudo com ciclistas utilizando cicloergômetro, iniciando com um teste de *Wingate*, induzindo uma elevação do lactato, com posterior exercício progressivo.

A vantagem de se realizar esse protocolo é que possibilita uma avaliação anaeróbia e aeróbia em apenas uma sessão de laboratório, não interferindo muito, portanto, na rotina de treinamento dos atletas. Verificou-se também que a metodologia não sofre influência da disponibilidade de substrato, importante fator devido à dificuldade de acompanhamento da dieta dos atletas.

Campbell et al. (1998) testaram a possível influência da ingestão oral de cafeína ou de glicose, sobre a determinação da intensidade do LM durante o exercício em cicloergômetro. Relataram que o comportamento do lactato sanguíneo durante o exercício incremental (LM) foi o mesmo encontrado na corrida, e não foram verificadas diferenças entre as intensidades de esforço (Watts) no LM nas condições placebo (155,0) , cafeína (160,0) ou glicose (160,0).

Simões et al. (1998, 1999) utilizando corredores fundistas, demonstraram que é possível determinar as intensidades de LM a partir do comportamento da glicemia durante os testes,

validando os protocolos de LM, IAT e limiar anaeróbio por concentração fixa de 4mM como forma de avaliação aeróbia.

Uma das críticas que se levanta em relação a esse protocolo seria na influência do tipo de exercício que se realiza antes do teste incremental. Higino & Denadai (1998) investigaram se o tipo de exercício que induz ao acúmulo de lactato antes do teste incremental poderia influir na determinação do LAN. Foram estudados 8 indivíduos fisicamente ativos, que realizaram o teste de LM em cicloergômetro e após a corrida máxima de 200m na pista. Apesar da concentração de lactato 7 minutos após o exercício anaeróbio e na intensidade do LM terem sido maiores após o exercício de corrida, do que no teste de *Wingate* (cicloergômetro), a intensidade no LM não apresentou diferença significativa entre os testes.

Smith et al. (2002) em seu estudo utilizou 4 protocolos diferentes para a elevação de lactato antes do teste incremental: teste de potência máxima em rampa contínua; 30 segundos de esforço máximo; 40 segundos de esforço máximo; e 2 x 20 segundos de esforço máximo separados por 60 segundos de pausa. Apesar do pico de lactato ser diferente entre os protocolos ocorrendo após 3 e 4 minutos ao teste de *Wingate*, não foram encontradas diferenças no ponto de LM entre os testes, demonstrando assim que esse protocolo em ciclistas não é dependente do método de elevação do lactato.

Em um estudo utilizando 9 ciclistas treinados, MacIntosh & MacEachern (1997) estudaram a possível diferença na produção de potência utilizando diferentes protocolos de indução à acidose (5 tiros máximos de 7 segundos e, um tiro máximo de 30 segundos) em cicloergômetro, não encontrando diferenças significativas entre esforços máximos com diferentes durações na indução da acidose.

Simões et al. (2003) utilizando 15 homens ativos, investigaram as respostas metabólicas e ventilatórias durante teste incremental com e sem indução láctica prévia, e examinaram a relação entre os limiares glicêmicos, ventilatórios e limiares obtidos pela resposta do lactato sanguíneo, através dos testes de IAT e LM, não encontrando diferenças significativas nas intensidades de IAT e LM pela resposta do lactato e pela glicemia. Conclui-se que a alteração da homeostase provocada pela acidose láctica induzida pode ser restabelecida durante os estágios do teste incremental subsequente até atingir o LM.

3.2 – Avaliação anaeróbia - teste de *Wingate*

O desenvolvimento de procedimentos para avaliação da capacidade máxima do músculo em gerar potência em exercícios de curta duração e alta intensidade tem recebido considerável atenção.

O teste de *Wingate* alcançou a popularidade equivalente à determinação do $\dot{V}O_2$ máx, todavia como uma medida de capacidade anaeróbia (PATTON et al., 1985). Ele foi desenvolvido em Israel na década de 70 e apesar de não produzir dados fisiológicos (MAUD & SHULTZ, 1989), sua utilização se estende a vários laboratórios, principalmente por se tratar de um teste de performance de baixo custo, e aplicável a várias modalidades esportivas com ótima validade e fidedignidade. Esse método tem sido usado tanto para a avaliação da performance anaeróbia, como um teste padronizado para analisar respostas ao exercício supramáximo (BAR-OR, 1987).

O teste de *Wingate* está relacionado com a capacidade de trabalho anaeróbio, por ser um teste onde esse componente é bastante significativo. Requer uma resistência baseada no peso corporal (0,075 kp x kg Peso Corporal), que equivale ao trabalho mecânico de 4,41J por

revolução de pedalagem por quilograma de peso corporal e um tempo de teste de 30 segundos com carga pré-determinada aplicada após o início do trabalho. Essa força e máxima velocidade possível de pedalagem, exigência imposta pelo teste, geram elevada potência mecânica equivalente a 2 a 4 vezes a potência aeróbia máxima e induz a um observável desenvolvimento de fadiga, representado por alta concentração de lactato muscular acumulado nos primeiros 10 segundos.

De acordo com Bar-Or (1987), o teste possibilita a identificação de três índices, de acordo com a taxa de revoluções impostas pelos pedais: a potência pico (a maior potência mecânica no período de 3 a 5 segundos); a potência média (média de potência sustentada do começo ao fim do teste) e o índice de fadiga (declínio da potência durante o teste, relativo ao pico de potência). A potência pico foi assumida por refletir o processo anaeróbio alático e a potência média a velocidade da glicólise anaeróbia no músculo e ainda, através do terceiro índice, verificar a capacidade do músculo em tolerar a acidose e sustentar uma potência extremamente elevada.

Em seu estudo, Beneke et al. (2002) quantificaram a origem das fontes utilizadas durante o teste de *Wingate* e durante um teste incremental máximo em cicloergômetro, utilizando 11 participantes. Comparando os componentes da cinética do consumo de O₂ com as potências do *Wingate*, observou-se que 81% de energia na potência média e, 83% de energia na potência pico eram provenientes do metabolismo anaeróbio láctico.

Apesar da idéia de que um teste ou um exercício físico não possa ser realizado por reservas energéticas exclusivamente aeróbia ou anaeróbia, a partir de protocolos de testes de potência máxima e sub-máxima, o que inclui o teste de *Wingate*, a possibilidade de o mesmo ter parte de sua energia utilizada proveniente da ressíntese de ATP através da fosforilação oxidativa

(SMITH & HILL, 1991; GOSLIN & GRAHAM, 1985), tem sido mais aceita levando em consideração apenas a sua predominância energética.

Estudos, entretanto, realizados por Jacobs et al. (1983) apontam que em exercícios de altíssima intensidade e curtíssima duração a energia utilizada é exclusivamente proveniente das reservas de creatina fosfato e do ATP endógeno, sendo que a glicogenólise anaeróbia se eleva em um curto espaço de tempo após o início da contração muscular. Analisando ambas as hipóteses e o tempo de duração total do teste de *Wingate*, parece indiscutível que a utilização do metabolismo anaeróbio láctico é predominante no teste de *Wingate*, aceitando-se assim esse procedimento como método de avaliação anaeróbia.

Westein et al. (1998), avaliando a fidedignidade do teste de *Wingate* realizou um estudo de teste e reteste em cicloergômetro com 29 participantes, e não encontraram diferenças significativas entre os dois testes no pico de lactato ($9,7 \pm 0,3$ e $9,8 \pm 0,3$ mM), pico de FC ($170,8 \pm 2,2$ e $171,3 \pm 2,2$ bpm), volume plasmático ($-12,0 \pm 3,4$ e $-11,1 \pm 3,2\%$) e na potência média ($8,4 \pm 0,3$ e $8,3 \pm 0,2$ W/kg) nos teste 1 e 2 respectivamente, mostrando que o teste de *Wingate* pode ser um bom preditor para esses parâmetros.

Alguns autores têm investigado algumas influências que possam interferir na resposta ao teste de *Wingate*. Em recente estudo, Calbet et al. (2003) avaliaram o efeito da hipoxia no metabolismo durante o teste de *Wingate* utilizando 10 ciclistas divididos em 2 grupos (5 velocistas e 5 de resistência). Não foram encontradas alterações na potência pico, no índice de fadiga e na concentração de lactato em nenhum dos dois grupos. A potência média apresentou uma redução de 6 a 7% nos velocistas sob condição de hipoxia, entretanto, nos ciclistas de resistência a potência média manteve-se em valores iguais à situação de normoxia.

Fatores motivacionais que envolvem estímulo emocional, podem aumentar de alguma forma o pico de potência, mas não a potência média. Portanto, pode ser fundamental para a performance induzir o indivíduo a cooperar, explicando-lhe a natureza e importância do teste (LIMA, 1998). Também, com alguns minutos de aquecimento, pode haver um aumento da potência média mas não na potência pico. Apesar do *Wingate* ser altamente confiável e reprodutível, é recomendado que a preparação para o teste e sua execução sejam cuidadosamente padronizadas, como por exemplo, o tempo de duração do aquecimento, tempo para o ajuste da carga e tipo de ergômetro (BAR-OR, 1987).

3.3 – Potência Crítica e Capacidade de Trabalho Anaeróbio

Monod & Sherrer (1965) partiram de um pressuposto de que o organismo dispõe de um estoque limitado de fontes energéticas para atender as necessidades do exercício realizado em intensidade superior a um valor crítico. A partir dessa idéia, foi criado o modelo de potência crítica para explicar esse fenômeno. Kokubun (1999), adaptando idéias de Bishop et al. (1998), ilustrou esse conceito através de um modelo energético com dois compartimentos. O primeiro, de maior dimensão contém um estoque elevado de energia aeróbia e o segundo, muito menor, com reservas de energia anaeróbia. Quando o exercício é realizado em intensidade baixa, o fluxo de saída do segundo compartimento pode ser equilibrado pela saída do primeiro, permanecendo assim estável.

Se aumentarmos sucessivamente a intensidade do exercício, o fluxo de saída do segundo compartimento aumentará, até o ponto em que será maior do que o fluxo pela saída do compartimento. Assim, o nível do segundo compartimento começará a diminuir, até que o ponto

da demanda do exercício não mais poderá ser atendida, ocorrendo a exaustão. Foi demonstrado ser possível estimar a dimensão de segundo compartimento e o fluxo máximo de saída do primeiro compartimento, denominados respectivamente de capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) e potência crítica (PC) (BISHOP et al., 1998).

No trabalho desenvolvido por Gaesser & Poole (1996), a PC foi considerada como um importante demarcador de transição metabólica do organismo em exercício.

Nesse estudo, Gaesser & Poole (1996) classificaram as intensidades de exercício em três domínios distintos: moderado, intenso e severo. O domínio moderado é caracterizado por intensidades de esforço sustentadas abaixo do limiar de lactato, o VO_2 aumenta rapidamente no início, atingindo após três minutos valores estáveis à medida em que o exercício prossegue. Quando a intensidade do exercício é aumentada, passando para o domínio intenso, o VO_2 ainda apresenta uma resposta transitória de aproximadamente três minutos, sendo que o estado estável é atingido. A concentração de lactato sanguíneo é estável após um certo período. O limite superior deste domínio é considerado a intensidade que corresponde ao estado estável máximo de lactato que coincide com a PC. No exercício severo tem-se uma ausência do estado estável e as respostas fisiológicas se elevam até um certo valor máximo. Quando se atinge esse valor, ocorre a exaustão, sendo que o déficit de O_2 também alcança seu valor máximo (KOKUBUN, 1999).

Portanto, foi estabelecido que a PC representa a máxima intensidade de exercício em que, tanto o lactato, quanto o VO_2 apresentam estado estável, o que demarca a transição dos domínios intenso e severo de intensidade, podendo ser considerada um índice de aptidão aeróbia e a CTA, representada pela reserva limitada de energia anaeróbia que determina a duração de atividades supramáximas contínuas.

Esse modelo muito utilizado em cicloergômetro tem se adaptado a outras modalidades como a natação, estendendo o modelo para o conceito de velocidade crítica (VC), como nos trabalhos de Wakayoshi et al. (1993) e Kokubun (1996), tênis de mesa (ZAGATTO, 2003) determinando a frequência crítica de bolas, além da utilização do modelo em esforços intermitentes (ELENO, 2003) e, sendo validado também como modelo experimental em animais (MARAGON et al., 2003).

3.3.1 –Relação entre a PC e CTA com outros índices de performance

Segundo Gatin (1994) e Vandewalle et al. (1987), as abordagens clássicas para medida direta e/ou estimativas indiretas da capacidade anaeróbia possuem inconsistências e erros em sua estimativa.

Ao estimar de maneira direta a capacidade anaeróbia de nove ciclistas, Green et al. (1994) verificaram a existência de uma correlação de 0,73 entre esse índice e a CTA. A medida direta da capacidade anaeróbia foi calculada pelas alterações nas concentrações de substratos e metabólitos intracelulares, assumindo-se que 25% do total do peso corporal estava sendo empregado na atividade, e que as alterações metabólicas ocorridas nas amostras de tecido muscular eram representativas do músculo ativo como um todo. Segundo os autores, a inexistência de uma relação ainda mais alta deve-se a possíveis erros nas estimativas relacionadas às técnicas.

Bulbulian et al. (1996) realizaram em seu estudo, uma comparação de componentes anaeróbios entre o teste de *Wingate* e o teste de PC, sugerindo que o teste de *Wingate* possibilita a quantificação da capacidade anaeróbia, com uma contribuição do metabolismo aeróbio, não ocorrendo o esgotamento ou utilização total da capacidade anaeróbia durante esse teste. No

modelo da PC, a CTA representaria a reserva anaeróbia podendo apresentar erros na quantificação da capacidade glicolítica. Os resultados revelaram que a reserva anaeróbia quantificada no modelo da PC foi 24% menor que a capacidade anaeróbia quantificada no teste de *Wingate*, devido a participação do metabolismo aeróbio. Os autores concluem que CTA e potência do *Wingate* não expressam a capacidade anaeróbia como mostrado por muitos autores na literatura.

No estudo feito por McLellan & Cheung (1992), observou-se que as intensidades correspondentes ao IAT e PC foram significativamente diferentes. No IAT, as respostas fisiológicas lactato, VO_2 e pH sanguíneo atingiram valores estáveis durante protocolo retangular no cicloergômetro. Na carga de PC, no entanto, nenhum desses valores atingiram estado estável durante o transcorrer do teste, levando os sujeitos à exaustão precocemente.

Para verificar a correspondência entre a PC e o máximo estado estável de lactato e VO_2 em cicloergômetro, Poole et al. (1988) submeteram oito sujeitos à carga correspondente à PC e a uma carga 5% superior a ela. Eles relataram que na PC, tanto o VO_2 como o lactato sanguíneo estabilizaram-se em 79,4% do $VO_{2\text{máx}}$ e em 5,6 mM respectivamente. No entanto, na carga mais alta, o VO_2 atingiu seu valor máximo e a concentração de lactato chegou a 11,3 mM.

Pringle & Jones (2002), em seu estudo utilizando 8 ciclistas estudaram a relação entre a PC, a MSSLAC e o limiar de fadiga eletromiográfico (EMG). Os participantes foram divididos em dois grupos, com e sem EMG. Para o grupo com EMG, a MSSLAC foi de 179 ± 29 W, a PC 192 ± 26 W e o limiar de fadiga EMG 192 ± 43 Watts. Para o grupo sem o EMG, a MSSLAC foi de 265 ± 21 W e a PC 291 ± 26 W. Esses resultados mostram que a PC apresentou valores iguais ao limiar de fadiga eletromiográfico, porém significativamente maior que o MSSLAC.

3.3.2 – Determinação da PC e da CTA

Monod & Scherrer (1965) reportaram que a relação entre a potência gerada por grupos musculares isolados e tempo de exercício até a exaustão (tempo de exaustão ou t_{lim}) seria de característica hiperbólica. Essa função poderia ser linearizada quando transformada em uma relação entre trabalho e tempo de exaustão.

Alguns modelos matemáticos têm sido empregados para descreverem a relação entre trabalho-limite e tempo-limite (HILL & SMITH, 1994; GAESSER et al., 1995) e calcular as variáveis dessa relação (PC e CTA). A técnica consiste do uso de um ergômetro, uma dada potência e um tempo de exaustão, individual, obtido por critérios de exaustão previamente determinados. No caso dos estudos de Jenkins & Quigley (1991), os autores assumem que em cicloergômetro, quando o participante não é capaz de manter a velocidade de 29Km/h por um período de 5 segundos, a exaustão está estabelecida. Dessa forma, utilizando três potências diferentes, é possível estabelecer uma reta de regressão determinada pelos pontos W e t (equação 1). Para os autores, os componentes angular e linear obtidos por esse método representam, respectivamente, a PC (componente b da equação) e a CTA (componente a da equação).

$$W_{lim} = b.t_{lim} + a \quad (\text{Equação 1})$$

O W_{lim} representa o trabalho-limite, e o componente linear (a) ou o intercepto- y da função trabalho-tempo, a reserva energética disponível naturalmente no músculo e rapidamente mobilizável, correspondendo do mesmo modo à energia obtida pelos componentes fosfagênicos que são provenientes das reservas anaeróbias alática, pela glicólise anaeróbia ou da utilização dos substratos originados das reações aeróbias, do contato do O_2 da mioglobina (BILLAT, 1992; MORITANI et al., 1981).

O intercepto- y parece ser um indicador útil para realização de trabalhos intermitentes e de alta intensidade. Os resultados de Jenkins & Quigley (1991) da relação entre esse fator e a CTA sugeriram que indivíduos com um alto intercepto- y foram capazes de realizar um trabalho mais intenso durante um teste intervalado quando comparados com sujeitos com menores valores.

O componente b representa a PC, ou seja, a máxima intensidade de exercício onde tanto o lactato quanto o VO_2 apresentam estado estável (POOLE et al., 1988). Na determinação hiperbólica, a PC corresponde à assíntota da curva. No modelo de relação linear trabalho-tempo a PC é dada pela inclinação da reta de regressão. Já no modelo entre potência-1/tempo, a PC pode ser calculada pelo intercepto- y .

Este conceito requer somente o uso de um ergômetro e um cronômetro, sem a necessidade de equipamentos caros para análise de gases, análises sanguíneas ou eletromiografia.

A extensão da duração das séries de testes para determinação da PC tem gerado discussões entre os pesquisadores. Para alguns grupos musculares a duração dos testes varia de 2 a 10 minutos, enquanto para outros, a variação pode ser de 2 a 30 minutos ou de 5 a 10 minutos. Hill (1993) afirma que, se há esta relação de potência e tempo para exaustão, então a duração dos exercícios não deveria ser tão importante quando eles estão dentro do limite de tempo definido pela relação. Portanto, o uso de menor tempo possível deve servir de interesse à otimização da avaliação e não a uma restrição metodológica.

Para estimar os parâmetros PC e CTA, Housh et al. (1990) investigaram as variações nas estimativas através de combinações dos resultados de dois, três e quatro testes. Encontraram que a PC determinada em dois testes estava altamente correlacionada ($r \geq 0,96$) com a PC

determinada em quatro testes. Isso ocorria quando a diferença na duração entre os dois testes era superior a cinco minutos.

McLellan & Cheung (1992) sugerem cinco ou seis sessões de exercício para estabelecer a relação tempo-potência, enquanto Housh et al. (1990) indicam que duas cargas de trabalho são suficientes para determinar a PC e a CTA, mas é necessário que essas cargas sejam selecionadas com cuidado, ou seja, de acordo com o tempo até exaustão das cargas. A capacidade de trabalho anaeróbio é definida por esses autores como a quantidade total de trabalho que pode ser realizada usando somente a energia armazenada originada no músculo, incluindo glicogênio, fosfagênio e o oxigênio destinado para mioglobina.

Tem sido discutido que um exercício máximo por mais de 60 segundos, poderia envolver elevada contribuição do metabolismo aeróbio para produção de energia, sendo responsável por até 28% do total de ATP resintetizado durante 30 segundos de corrida (JENKINS & QUIGLEY, 1991).

Moritani et al. (1981) estenderam o conceito de PC para os exercícios em cicloergômetros, demonstrando sua natureza aeróbia pela alta correlação entre esse parâmetro com o limiar ventilatório. Já a CTA não foi modificada pela hipoxemia.

No trabalho realizado por Bishop et al. (1998) realizou-se em um cicloergômetro cinco testes que induziram a fadiga nos participantes entre 1 e 10 minutos, procurando determinar se a escolha das cargas dos testes mostraria diferença significativa na determinação da PC usando os modelos linear (Trabalho- tempo) e hiperbólico (Potência—tempo). Os valores da PC e da CTA foram estatisticamente comparados, mostrando que quando se usa qualquer um dos modelos, a determinação da PC e da CTA é influenciada pela duração do teste. O trabalho também

demonstrou que a estimativa da CTA está sujeita a grandes erros experimentais podendo comprometer a validade da estimativa.

No estudo de Wakayoshi et al. (1993), o lactato sofreu decréscimo significativo ao longo dos quatro tiros de 400 metros realizados a 98% da velocidade crítica (VC), estabilizou-se na VC e aumentou de maneira significativa na intensidade 102% da VC. Nas observações feitas por Kokubun (1996), que utilizou-se de cinco tiros de 400 metros, com coleta de sangue após o primeiro, terceiro e quinto tiros, não constatou-se diferença na concentração de lactato entre as três coletas na VC. No entanto, na série realizada a 102% da VC, houve aumento entre o primeiro e o terceiro tiro, porém, não houve diferença entre o quinto e o terceiro. Já na intensidade de 104% da VC, o lactato sanguíneo aumentou progressivamente ao longo das três coletas.

3.4 – Determinação da PC através das variações de FC e lactato

O método para a determinação da PC proposto por Chassain (1986) consiste em submeter o participante à duas sessões de exercício de três minutos de mesma intensidade, intercaladas por um intervalo de recuperação de 90 segundos. Durante a realização de cada série com duas sessões há o registro da frequência cardíaca, o que permite determinar a variação da frequência cardíaca entre o primeiro (E1) e o segundo exercício (E2). A partir desses resultados determina-se o valor da intensidade quando $\Delta FC = 0$, o que será equivalente a PC, que indica a intensidade de esforço onde não há variação da frequência cardíaca e portanto, o exercício é realizado em estado estável.

Também pelo mesmo método obtemos a variação da concentração de lactato entre o primeiro e segundo esforço com coletas de sangue no final de cada esforço, determinando através das quatro intensidades utilizadas o Δlac , da mesma maneira que a resposta da FC, quando Δlac

for igual a zero, essa intensidade indica que o exercício está sendo realizado sem variação na concentração de lactato, ou seja em estado estável.

Em seu estudo Sid-Ali et al. (1991) verificaram a relação entre a velocidade crítica (VC) determinada pela relação da distância em função do tempo (d x t) e a VC determinada pelo método proposto por Chassain (VC_{CH}) utilizando 8 corredores em cicloergômetro. Para determinação da VC (d x t) realizaram de 4 a 6 testes preditivos exaustivos e para determinação da VC_{CH} os participantes realizaram esforços duplos de 7 minutos intercalados por 1,5 minutos de pausa entre eles. Foi encontrada uma alta correlação (0,97) entre a VC (distância-tempo) e a VC_{CH} com médias de 17,32 km/h e 17,31 km/h, respectivamente.

No trabalho desenvolvido por Cavalheri (1997) realizou-se uma comparação entre as variações de FC, lactato e VO_2 pico obtidos através do método proposto por Chassain (1986) com o LAN em 4 corredores de fundo e meio fundo. Os resultados permitiram concluir que é possível determinar a VC pelo método de Chassain (1986) com correlação apenas entre a PC obtida pelo Δlac e ΔVO_2 pico, sendo ambos superiores a ΔFC . Enquanto que o LAN não apresentou correlação significativa com nenhuma das PCs determinadas.

4 – MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Participantes

Participaram do estudo 9 indivíduos atletas de ciclismo, do sexo masculino, com no mínimo 2 anos de experiência na modalidade, com idade de $24,1 \pm 1,6$ anos, peso de $67,3 \pm 4,4$ kg e estatura de $175,8 \pm 5,9$ cm (dados expressos em média \pm desvio padrão). Esses atletas participavam de competições de nível regional e nacional, porém não eram profissionais.

Cada voluntário foi informado sobre os procedimentos dos experimentos e suas implicações mediante termo de consentimento (ANEXO I). Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da Unesp, Campus de Rio Claro (ANEXO II). As sessões experimentais foram realizadas no Laboratório de Biodinâmica da Unesp de Rio Claro.

4.2 – Sessões Experimentais

Este estudo envolveu três protocolos que foram realizados consecutivamente em dias diferentes:

- Protocolo 1: Determinação do lactato mínimo (LM) e potências média e pico, através da aplicação do teste de *Wingate* com posterior teste progressivo;

- Protocolo 2: Determinação da potência crítica proposta por Jenkins & Quigley (1991) (PC_{JQ}) e da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) com cargas exaustivas (JENKINS & QUIGLEY, 1991);
- Protocolo 3: Determinação da potência crítica proposta por Chassain (1986) (PC_{CH}) a partir das variações de frequência cardíaca (ΔFC) e lactato (Δlac) em esforços duplos.

4.2.1 – Protocolo 1: Teste do Lactato Mínimo

Esse teste consistiu em um exercício máximo (teste de *Wingate*), para a indução de acidose láctica com posterior exercício de cargas progressivas, em bicicleta ergométrica mecânica (*Monark*).

Anteriormente a realização do exercício máximo, foi realizado um alongamento rápido e ajuste da altura do banco da bicicleta de acordo com cada participante. Foi realizado um aquecimento de 4 minutos de duração, com uma resistência de 1,50 Kp e velocidade de 29 Km/h, seguido de 5 minutos de recuperação passiva. A partir de um comando verbal simultâneo ao acionamento do cronômetro, o participante pedalou uma bicicleta estacionária o mais rápido possível na carga pré-estabelecida, sendo o mesmo encorajado todo tempo (maior número de pedalagens possível) durante 30 segundos com carga inicial de $0,075 (Kp) \times$ o peso corporal (Kg). O ajuste da carga foi dado após o início do teste (aceleração) tendo uma duração de até 3 segundos.

Encerrado o teste, o participante permaneceu pedalando por mais 2 minutos sem resistência. O teste foi filmado com câmera digital da marca JVC, modelo GR-DVL 9800u, apoiada em tripés fixos, para contagem do número de pedalagens realizadas com a posterior análise da evolução do desempenho de cada participante possibilitando quantificar a potência pico, potência média e o índice de fadiga (declínio da performance durante o teste em relação à potência pico). Os 30 segundos foram divididos em 6 quadros de 5 segundos para possibilitar o cálculo da potência média e a potência pico, através das revoluções realizadas durante os quadros (rpm).

A frequência cardíaca foi monitorada durante todo o teste através de um freqüencímetro *Polar*, modelo *Vantage NV*. Os participantes foram aconselhados a permanecerem deitados após o teste para recuperação da FC, até o início do teste de cargas progressivas.

Após 1, 3, 5, e 7 minutos do teste *Wingate*, foram coletadas amostras de sangue (25 μ l) para a determinação do lactato sanguíneo. Posteriormente à última coleta de sangue, foi iniciado o teste progressivo com carga inicial de 1,25 ou 1,50 Kp (dependendo do condicionamento físico do indivíduo) a 29km/h, acrescentando-se 0,25 Kp a cada 3 minutos. Nos momentos de troca de carga, foram coletadas amostras de sangue (25 μ l) do lóbulo da orelha para a determinação do lactato sanguíneo. O ajuste foi realizado de acordo com as marcações existentes no cicloergômetro utilizado.

O teste foi encerrado quando o participante não conseguiu manter a velocidade de 29 Km/h ou exaustão voluntária do participante. O lactato mínimo (LM) foi determinado através do ajuste polinomial de ordem 2 dos pontos e do cálculo da derivada zero da função $f(x) = ax^2 - bx + c$, para $f(x)$ correspondendo à concentração de lactato e x , a potência, calculando-se assim $f'(x) =$

$2ax-b$, onde para $f'(x)=0$, o valor de x foi correspondente à intensidade de menor concentração do lactato sanguíneo, portanto LM.

O índice de fadiga segundo Hawley & Williams (1991) e, as conversões das unidades utilizadas foram calculadas de acordo com as equações abaixo:

$$IF = \frac{P. Pico - P. Média}{P. Pico} \times 100$$

$$P \text{ (Watts)} = \text{carga (Kp)} \times \text{aceleração da gravidade (m/s}^2\text{)} \times \text{velocidade (m/s)}$$

A figura 1 mostra a resposta do lactato sanguíneo durante um teste de LM, determinando assim o menor valor de lactato sanguíneo ($[LAC]_{LM}$) e a intensidade do limiar em Watts, a partir da determinação da derivada zero do ajuste polinomial de grau 2 definida pelos dados obtidos.

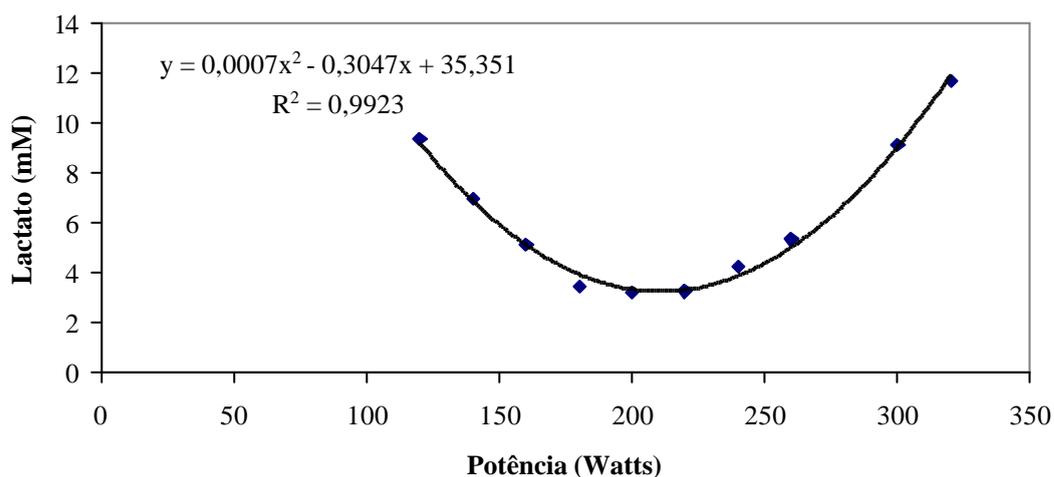


Figura 1. Concentrações de lactato durante a fase progressiva do teste de LM após o esforço anaeróbio (teste de *Wingate*) do participante 4.

4.2.2 – Protocolo 2: Determinação da Potência Crítica (PC) e da Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTA) com cargas exaustivas

Antes de cada teste, foi realizado um alongamento livre e o banco da bicicleta foi ajustado de acordo com a altura de cada avaliado com posterior aquecimento de 4 minutos a 90 W e velocidade entre 29 Km/h, seguidos de 5 minutos de recuperação passiva. Foram aplicados quatro testes em bicicleta ergométrica mecânica (*Monark*) até a exaustão com cargas aplicadas aleatoriamente, variando de 250 a 416 Watts. A partir do tempo de exaustão da primeira carga, foram aplicadas as outras estando acima ou abaixo dessa intensidade com os tempos preditivos ficando em média entre 2,6 minutos (média entre os menores tempos preditivos) e 11,3 minutos (média entre maiores tempos preditivos). Os testes foram aplicados em dias consecutivos seguindo sempre o mesmo horário e período do dia.

O teste foi iniciado com um comando verbal, e um cronômetro foi disparado no mesmo instante para controle do tempo. A carga foi ajustada nos segundos iniciais e o participante foi encorajado a permanecer na velocidade exigida. Quando os atletas não conseguissem manter a velocidade de 29 Km/h por um período de até 5 segundos, ou por exaustão voluntária, o teste foi encerrado (JENKINS & QUIGLEY, 1991). A frequência cardíaca (FC) foi monitorada por frequencímetro *Polar Vantage NV* e ao final de cada teste os indivíduos pedalarão por mais 2 minutos sem resistência para recuperação.

Este teste produziu quatro pontos de trabalho e tempo de exaustão, sendo que a equação da regressão linear representou a regressão do trabalho-limite sobre o tempo-limite para cada sujeito. O coeficiente angular de cada uma das regressões individuais dos indivíduos representou a potência crítica (PC), enquanto que o coeficiente linear (ou intercepto y) representou a

capacidade de trabalho anaeróbio (CTA). No modelo Potência $-1/\text{tempo}$, o coeficiente angular da equação da regressão linear representou a CTA e o coeficiente linear a PC.

A variabilidade entre os modelos foi determinada segundo Hill & Smith (1994). O erro padrão da CTA e da PC foram determinadas utilizando pacote estatístico SPSS para Windows. As equações utilizadas encontram-se no item referente ao tratamento estatístico.

4.2.3 – Protocolo 3: Determinação da potência crítica a partir das variações de frequência cardíaca e lactato em esforços duplos (CHASSAIN, 1986)

Foram aplicados quatro testes, cada teste com duas sessões de exercício (E_1 e E_2) em dias consecutivos, seguindo sempre o mesmo horário e período do dia.

O teste consistiu em dois esforços de 180 segundos com um intervalo de 90 segundos entre eles. As intensidades dos testes de esforço duplo foram de 85%, 95%, 105% e 115% do LM para cada participante. O participante manteve a velocidade de 30km/h durante o exercício. As intensidades dos esforços duplos seguiram uma ordem aleatória para cada indivíduo.

Foi utilizado um frequencímetro com interface para computador, *Polar Vantage NV*, possibilitando o registro da frequência cardíaca durante todo o teste. As variações de FC para cada intensidade foram determinadas através da média da estabilização da FC durante os dois esforços, ou seja, $\Delta FC = (\text{média da estabilização da FC}) E_2 - (\text{média da estabilização da FC}) E_1$ quando não demonstrada estabilização na FC durante os esforços, foi utilizada a FC pico de cada esforço ou seja, $\Delta FC = (\text{pico de FC}) E_2 - (\text{pico de FC}) E_1$, ou seja, procurou-se selecionar visualmente um período no final de cada esforço onde a FC apresentava estabilização. Caso não tenha sido possível observar essa estabilização nos dois esforços utilizou-se a FC pico.

Amostras de sangue (25 μ l) foram coletadas e analisadas para a determinação das concentrações de lactato sanguíneo no primeiro (E1) e no segundo (E2) exercício para cada intensidade, determinando-se o Δ Lac = [lac]E2 - [lac]E1. As amostras foram coletadas no final de cada esforço (Figura 6 e 7).

A partir dos resultados, foram plotados dois gráficos Δ FC x Potência e Δ Lac x Potência, através das variações das quatro intensidades por regressão linear, determinando-se o valor da intensidade quando Δ FC e Δ Lac foi igual a zero (ponto de cruzamento com o eixo das abcissas).

As figuras seguintes 2, 3, 4 e 5 ilustram o comportamento da FC durante o teste de PC_{CH} (Δ FC) com dois esforços de 180 segundos intercalados com 90 segundos de pausa passiva nas intensidades de 85, 95, 105 e 115% do LM para o participante 7. Para esse participante as variações, ou seja Δ FC = fcE2 - fcE1, nas intensidades sub e supra limiares foram -0,94; 0,7; 4,12 e 8,58 bpm para as intensidades do LM respectivamente.

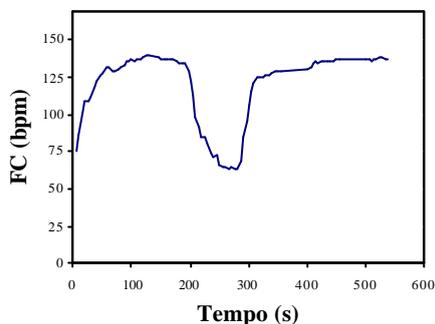


Figura 2. Variação de FC para os esforços duplos de 180s com intervalo de 90s à 85% do LM para o participante 7.

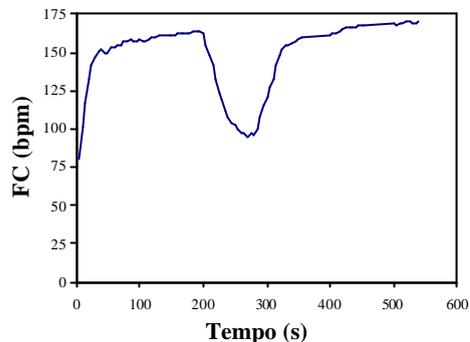


Figura 4. Variação de FC para os esforços duplos de 180s com intervalo de 90s à 105% do LM para o participante 7.

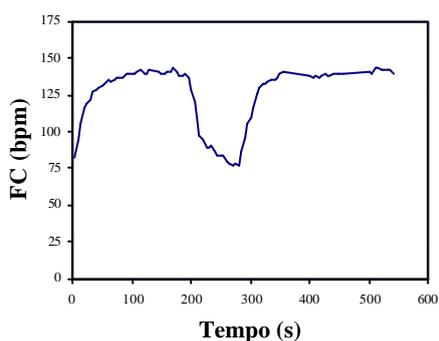


Figura 3. Variação de FC para os esforços duplos de 180s com intervalo de 90s à 95% do LM para o participante 7.

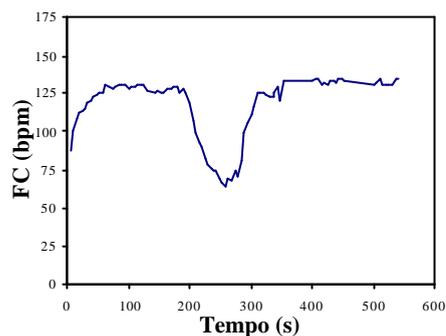


Figura 5. Variação de FC para os esforços duplos de 180s com intervalo de 90s à 115% do LM para o participante 7.

A figura 6 representa as variações de lactato sanguíneo através das coletas realizadas no final de cada esforço duplo de cada intensidade do teste de PC_{CH} para o participante 7. De acordo com Chassain (1986) a intensidade onde $\Delta Lac = 0$, ou seja não há

variação de lactato, corresponde a intensidade de PC. Para este participante a intensidade foi de 210,97 Watts.

O mesmo foi feito para as variações de FC, determinou-se uma regressão com os dados obtidos, sendo que o valor onde a reta cruza o eixo x, ou seja, quando $\Delta FC = 0$, foi o valor correspondente a PC, que para esse participante foi de 198,66 Watts (Figura 7).

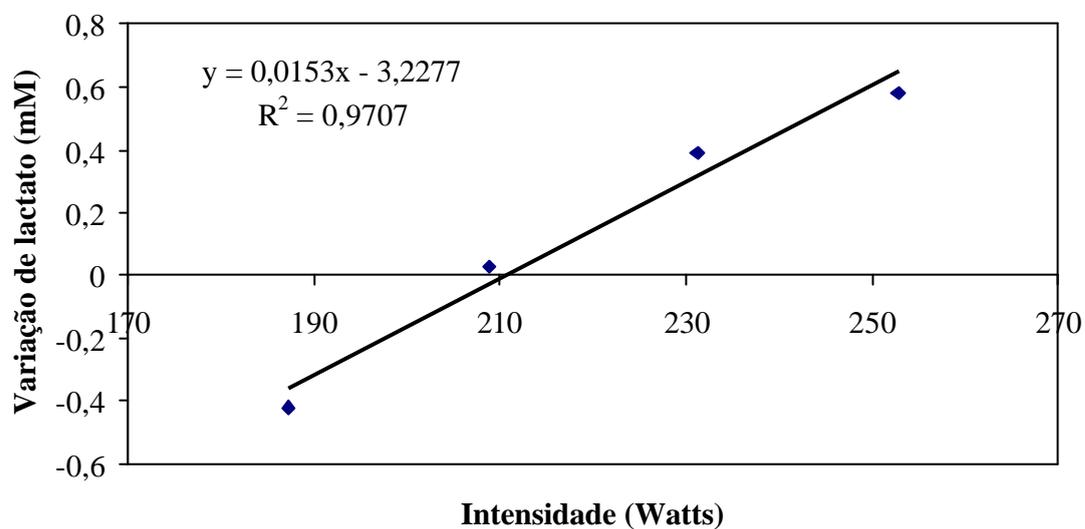


Figura 6. Variação de lactato sanguíneo entre os esforços duplos para as 4 intensidades do LM do participante 7.

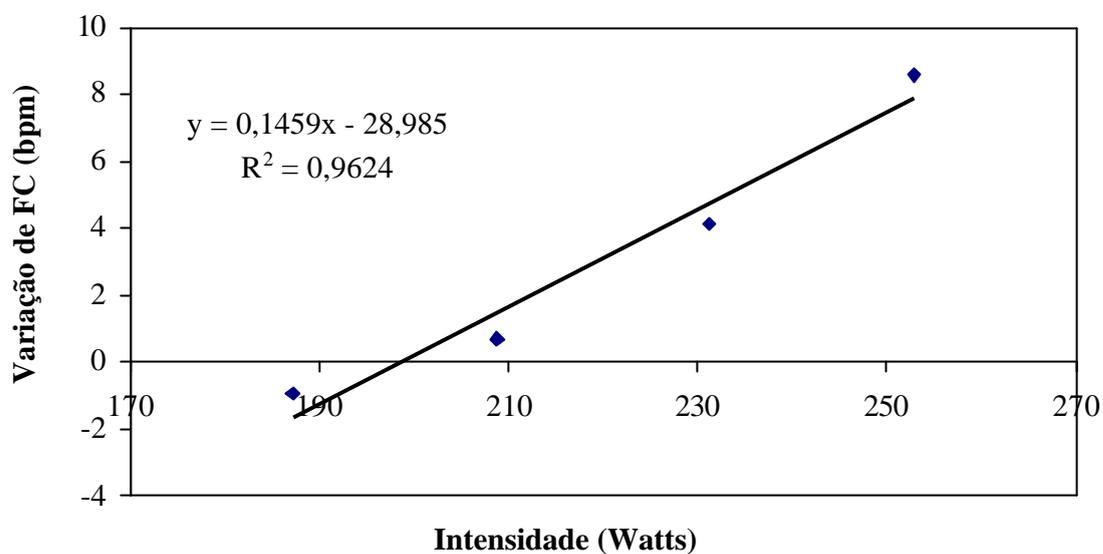


Figura 7. Variação de frequência cardíaca entre os esforços duplos para as 4 intensidades do LM do participante 7.

4.3 – Coletas e dosagens sanguíneas

As amostras sanguíneas de 25 μ l de sangue capilarizado foram coletadas em capilares de vidro e heparinizados. Cada amostra foi transferida para tubo *Eppendorf* de 1,5ml, contendo 50 μ l de NaF (fluoreto de Sódio - 1%). O homogenado (25 μ l) foi injetado em Lactímetro YSI, modelo 1500 SPORT. Os resultados estão expressos em mM.

4.4 – Procedimentos estatísticos

Foi utilizado para análise dos dados, correlação de Pearson e análise de variância One way (ANOVA) entre os dados de avaliação dos parâmetros aeróbios e, entre os dados obtidos para a

avaliação dos parâmetros anaeróbios. Para todas as análises foi pré-fixado o nível de significância de $p < 0,05$.

Foram analisados o erro padrão da estimativa (SEE), erro padrão dos coeficientes da regressão (EP) e a variabilidade dos modelos (Hill, 1993).

Foi utilizado programa computacional Statistica, Excel e SPSS para Windows. As equações utilizadas foram as seguintes:

$$\text{Variabilidade: } \{[\sum (\text{CTA} - \text{CTA}_{\text{média}})^2]^{1/2}\};$$

Erro padrão da estimativa (SEE): $[\sum (Y - Y')^2 / (n - 2)]^{1/2}$, para $Y =$ valor real de y , $Y' =$ valor estimado pelo ajuste e $n =$ número de testes;

Erro padrão para o coeficiente linear (EP): coeficiente linear/ estatística t ;

Erro padrão para o coeficiente angular (EP): coeficiente angular/ estatística t , (teste t) para $t = r \times (N-2)^{1/2} / (1 - r^2)^{1/2}$ com uma distribuição de t de $N-2$ graus de liberdade, e r é o coeficiente de correlação linear;

Erro padrão da média (epm): $dp / n^{1/2}$.

Desvio padrão (dp): $\{n \sum x^2 - (\sum n)^2 / n (n-1)\}^{1/2}$

5 – RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os resultados do teste de determinação do limiar anaeróbio pelo método do lactato mínimo (LM) sendo a intensidade representada em Watts e as concentrações de lactato pico ($[LAC]_{pico}$) após o teste de *Wingate* e de lactato na intensidade de LM expressas em mM, com os respectivos coeficientes de determinação da regressão (R^2) obtidos pelo ajuste polinomial entre lactato versus carga no teste progressivo após *Wingate*.

Podemos observar que os dados individuais possibilitaram um ótimo ajuste e que o grupo foi bastante homogêneo em relação à intensidade de LM. Já as concentrações de lactato correspondentes ao LM apresentaram grandes diferenças entre os participantes, mostrando a importância de um protocolo individualizado para a determinação do LAN.

Tabela 1. Valores individuais da intensidade de LM, concentração de lactato pico ($[LAC]_{pico}$), concentração de lactato na intensidade de LM ($[LAC]_{LM}$) e coeficiente de determinação da regressão (R^2) da fase de intensidades progressivas do teste.

Participante	LM (Watts)	$[LAC]_{pico}$ (mM)	$[LAC]_{LM}$ (mM)	R^2
1	239,20	9,21	1,42	0,99
2	214,40	6,96	1,56	0,99
3	224,00	8,64	2,25	0,95
4	224,00	10,65	3,03	0,99
5	232,00	10,11	1,86	0,99
6	192,00	10,62	9,04	0,88
7	220,00	9,12	1,02	0,95
8	219,20	8,16	1,17	0,97
9	212,80	13,05	2,53	0,97
média	219,73	9,61	2,65	0,96
epm	4,43	0,58	0,83	0,01

Os dados da tabela 2 representam os valores da PC determinada pelo protocolo de Jenkins & Quigley (1991) para os modelos Potência-1/tempo e Trabalho-tempo, expressos em Watts, e seus respectivos coeficientes de regressão linear.

A análise estatística mostrou que as intensidades de LM e de PC_{JQ} para os modelos potência- 1/tempo e trabalho- tempo, determinado pelo método de Jenkins & Quigley (1991) foram estatisticamente diferentes ($P < 0,05$), porém apresentou boa correlação entre elas ($r = 0,80$ e $r = 0,83$).

Tabela 2. Valores de PC e R^2 obtidos pelo método de Jenkins & Quigley (1991), para os modelos Potência-1/tempo (Pot- 1/tlim) e Trabalho-tempo (Wlim- tlim).

Participante	PC _{JQ} (Pot- 1/tlim)	PC _{JQ} (Wlim-tlim)	R^2	R^2
	(Watts)	(Watts)	(Pot-1/tlim)	(Wlim-t)
1	326,67	320,05	0,96	1,00
2	293,65	276,74	0,88	0,99
3	321,61	318,44	0,95	0,99
4	285,58	284,38	0,96	1,00
5	309,30	307,85	0,99	1,00
6	227,95	226,75	0,99	1,00
7	329,93	324,71	0,98	1,00
8	317,02	303,62	0,84	0,99
9	301,48	294,49	0,96	1,00
média	301,47	295,22	0,95	1,00
epm	10,46	10,14	0,02	0,00

A tabela 3 apresenta os valores individuais e médios de PC obtidos pelo protocolo de Chassain (1986) representados por PC_{CH} (Δ lac) e PC_{CH} (Δ FC), com seus valores expressos em Watts.

Tabela 3. Valores de potência e R^2 obtidos pelo método de PC_{CH} , determinados pelas variações de concentração de lactato (Δlac) e frequência cardíaca (ΔFC).

Participante	PC_{CH} (Δlac) (Watts)	PC_{CH} (ΔFC) (Watts)	R^2 (ΔLac)	R^2 (ΔFC)
1	206,53	171,90	0,90	0,63
2	206,86	160,85	0,50	0,69
3	211,82	212,69	0,60	0,76
4	195,24	143,95	0,84	0,92
5	201,37	207,66	0,99	0,93
6	171,83	95,59	0,95	0,94
7	210,97	198,66	0,97	0,96
8	215,31	173,55	0,83	0,80
9	193,82	163,36	0,89	0,99
média	201,53	169,80	0,83	0,85
epm	4,44	12,03	0,06	0,04

Na tabela 3, podemos observar que as PCs determinadas pela variação de lactato e frequência cardíaca foram significativamente menores que a LM e a PC_{JQ} como mostrado nas tabelas 1 e 2. Em média a PC_{CH} (Δlac) foi 8,29 % menor em relação ao LM, 33,15 % menor que a PC_{JQ} (Pot- 1/tlim) e 31,74 % menor que a PC_{JQ} (Wlim-tlim). Os valores obtidos pela PC_{CH} (ΔFC) foram em média 22,72 % menores em relação ao LM, 43,68 % menores que a PC_{JQ} (Pot- 1/tlim) e 42,48 % menores que a PC_{JQ} (Wlim-tlim), respectivamente.

A figura 8 ilustra as intensidades de LM e PCs obtidas pelos diferentes protocolos utilizados para prever a condição aeróbia dos participantes.

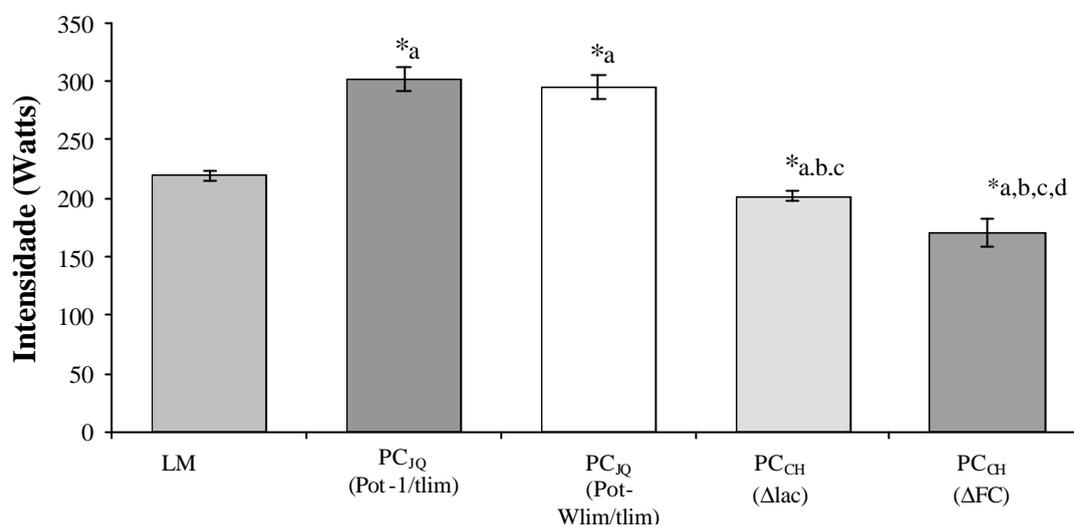


Figura 8. Média e erro padrão da média dos parâmetros utilizados para estimar a condição aeróbia. * Diferenças significantes com relação a: a) LM; b) PC_{JQ} (Pot-1/tlim); c) PC_{JQ} (Wlim-tlim); d) PC_{CH}(Δlac).

Na tabela 4, podemos observar que o método de PC_{CH}, apresentou correlação significativa em relação ao LM ($r= 0,67$ e $r= 0,72$) para Δlac e ΔFC , respectivamente. Quando correlacionado esse método (PC_{CH}) com os dois modelos da PC_{JQ}, foi observada uma correlação mais elevada, em relação a PC_{CH} (Δlac) ($r= 0,91$ e $r= 0,85$) e em relação a PC_{CH} (ΔFC) ($r= 0,89$ e $r= 0,90$) entre os dois modelos de PC_{JQ} respectivamente.

Tabela 4. Correlações entre valores obtidos nos testes de PC_{JQ} (Pot- 1/tlim e Wlim- tlim), PC_{CH} (Δ lac e Δ FC) e LM.

	LM	PC _{JQ} (Pot- 1/tlim)	PC _{JQ} (Wlim- tlim)	PC _{CH} (Δ lac)	PC _{CH} (Δ FC)
LM	-	0,81*	0,83*	0,68*	0,71*
PC _{JQ} (Pot- 1/tlim)	0,81*	-	0,98*	0,91*	0,89*
PC _{JQ} (Wlim- tlim)	0,83*	0,98*	-	0,85*	0,90*
PC _{CH} (Δ lac)	0,68*	0,91*	0,85*	-	0,82*
PC _{CH} (Δ FC)	0,71*	0,89*	0,90*	0,82*	-

* Correlação Significativa (Pearson, $P < 0,05$)

As figuras 9 e 10, identificam a relação existente entre a PC_{JQ} através dos dois modelos lineares e o LM com as respectivas retas de regressão e erros padrões da estimativa (SEE). A partir dessa relação, é possível uma equação entre os parâmetros para os dois modelos de PC_{JQ}. Para o modelo Pot-1/tlim foi obtida a equação da regressão linear: $LM = 0,341 PC + 116,93$ e para o modelo Wlim-tlim a equação obtida foi: $LM = 0,364 PC + 112,19$.

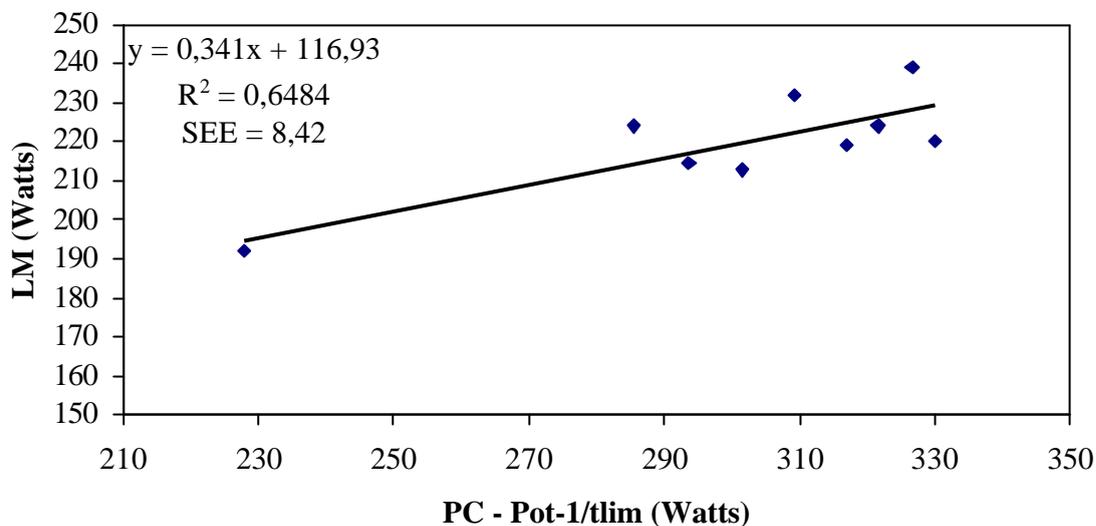


Figura 9. Relação entre o LM e a PC_{JQ} (Pot-1/tlim) expressos em Watts para os 9 participantes desse estudo.

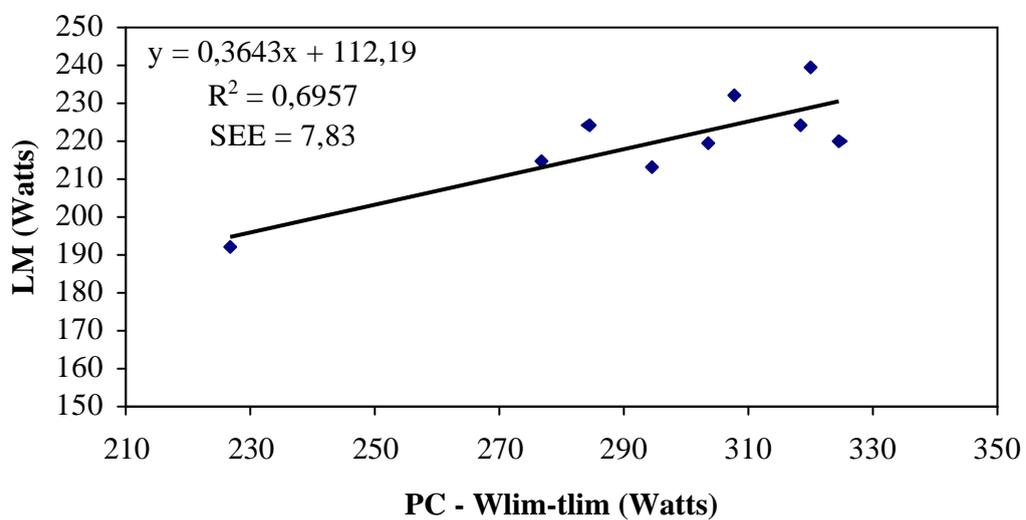


Figura 10. Relação entre o LM e a PC_{JQ} (Wlim- 1/tlim) expressos em Watts para os 9 participantes desse estudo.

As figuras 11 e 12, identificam a relação existente entre o LM e a PC_{CH} determinada pelas variações de lactato e FC, as respectivas retas de regressão e erros padrões da estimativa (SEE). A equação obtida entre os parâmetros em relação a PC_{CH} para Δlac foi: $\text{LM} = 0,67 \text{ PC}_{\text{CH}} (\Delta\text{lac}) + 83,96$ e, em relação a PC_{CH} para ΔFC foi: $\text{LM} = 0,26 \text{ PC}_{\text{CH}} (\Delta\text{FC}) + 175,18$.

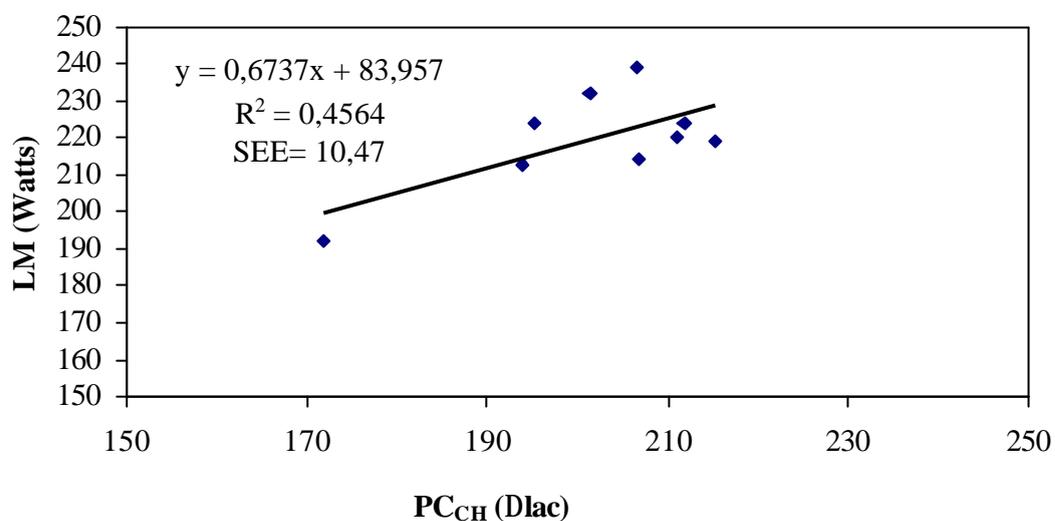


Figura 11. Relação entre o LM e a PC_{CH} (Δlac) expressos em Watts para os 9 participantes desse estudo.

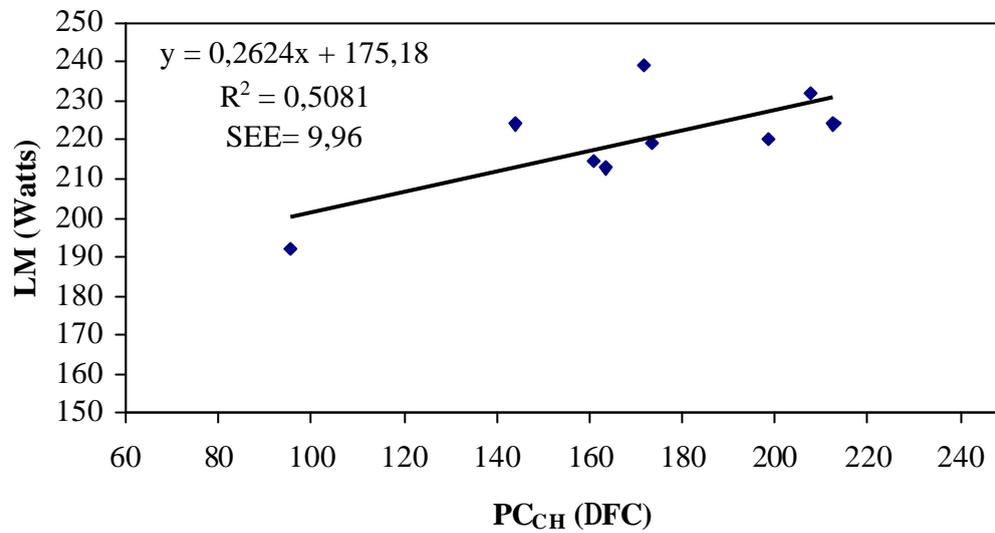


Figura 12. Relação entre o LM e a PC_{CH} (Δ FC) expressos em Watts para os 9 participantes desse estudo.

Com relação ao parâmetro anaeróbio, a tabela 5 mostra os valores de potência média e de pico obtidos durante o teste de *Wingate*, de acordo com o número de rotações realizadas durante os 30 segundos, expressa em Watts e trabalho realizado em Kilojoules (KJ). O índice de fadiga (IF) reflete o grau de decaimento da performance em % durante o teste, sendo mostrado também na tabela 5.

Tabela 5. Valores das potência média e pico verificadas no teste de *Wingate* expressas em Watts, trabalho realizado durante o teste em KJ e respectivo índice de fadiga para cada atleta.

Participante	win-medio (W)	win-pico (W)	trabalho-médio (KJ)	IF (%)
1	794,43	979,20	23,83	18,87
2	760,32	887,04	22,82	14,28
3	766,08	893,76	22,98	14,29
4	781,44	887,04	23,44	11,9
5	832,20	919,90	24,97	9,53
6	781,20	892,80	23,44	12,5
7	722,70	831,60	21,68	13,09
8	747,00	864,00	22,41	13,54
9	702,00	760,50	21,06	7,69
média	765,26	879,54	22,96	12,85
epm	12,92	19,99	0,39	1,05

A tabela 6 representa a CTA expressa em Kilojoules (KJ) estimada através dos modelos Potência- 1/tempo e Trabalho- tempo proposto por Jenkins & Quigley (1991) e seus respectivos erros padrões. A fim de aumentar a validade das medidas, Hill (1993) recomenda que o erro padrão dos parâmetros seja avaliado. Neste estudo o erro padrão estimado para a CTA no modelo Pot- 1/tlim foi de 14,72% e de 18,34% da CTA para o modelo Wlim- tlim, sendo considerado um alto erro padrão para esse parâmetro. A variabilidade entre os modelos em média foi de 10,12%.

Tabela 6. Valores de CTA (KJ) e Erro Padrão (KJ) obtidos pelo método de Jenkins & Quigley (1991), para os modelos Potência-1/tempo (Pot-1/tlim) e Trabalho-tempo (Wlim-tlim).

Participante	CTA _{JQ} (KJ) (Pot-1/tlim)	CTA _{JQ} (KJ) (Wlim-tlim)	EP (KJ) (Pot- 1/tlim)	EP (KJ) (Wlim- tlim)
1	17,27	20,08	2,17	2,77
2	10,76	14,93	2,76	3,63
3	13,32	14,34	1,99	3,02
4	21,23	21,66	3,10	2,80
5	9,03	9,49	0,39	0,59
6	16,93	17,29	1,32	1,42
7	12,08	13,83	1,05	3,48
8	10,93	16,30	3,31	6,34
9	14,87	16,76	2,03	2,42
média	14,05	16,08	2,01	2,94
epm	1,30	1,19	0,32	0,53

A figura 13 ilustra os valores médios e erros padrões da média, dos métodos utilizados para estimar o parâmetro anaeróbio. Os métodos apresentaram diferenças significativas entre eles, não ocorrendo nenhuma correlação entre os métodos utilizados. Na correlação entre a potência média com as CTA obtida pelos dois modelos Pot- 1/tlim e Wlim- tlim os valores de r foram de 0,02 (p= 0,96) e -0,15 (p= 0,71) respectivamente. Em relação à potência pico obteve-se r= 0,118 (p= 0,76) e r= 0,11 (p= 0,79) entre a CTA dos dois modelos. O IF apresentou correlação significativa apenas em relação à potência pico do teste de *Wingate* (r= 0,71).

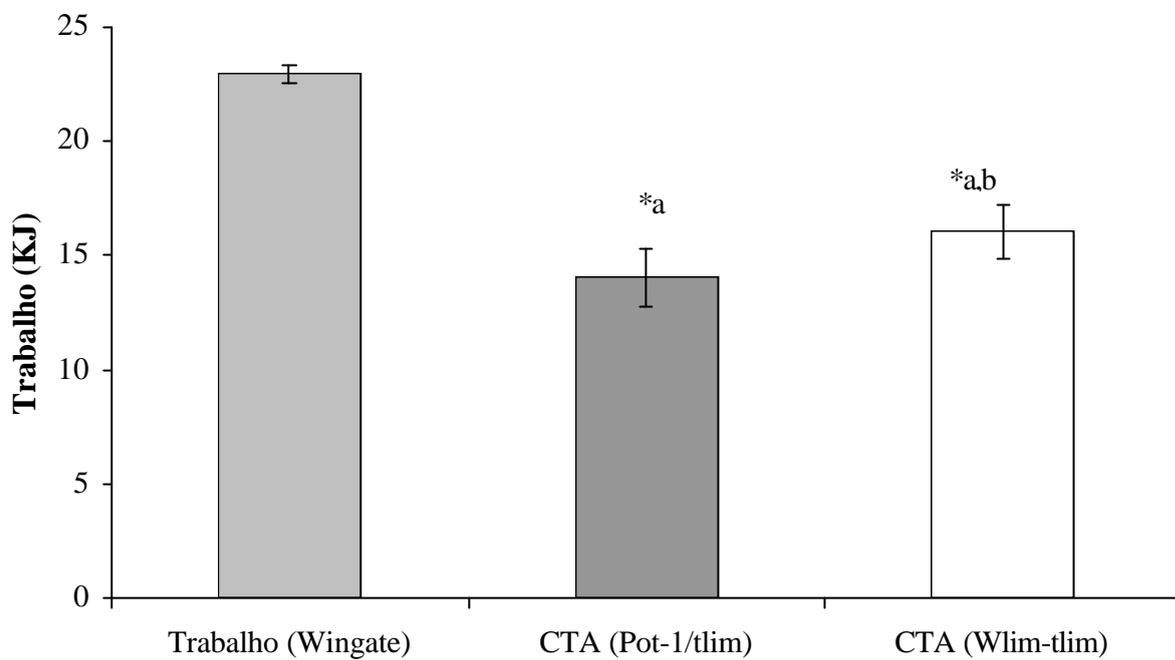


Figura 13. Média e erro padrão da média do trabalho realizado durante teste de *Wingate* e CTA obtida pelos métodos de Jenkins & Quigley (1991). * Diferença significativa ($P < 0,05$) em relação a: a) Trabalho (*Wingate*), b) CTA (Pot-1/tlim).

6 – DISCUSSÃO

Na avaliação e prescrição do exercício dentro de um programa de treinamento, deve-se dar extrema importância à escolha dos critérios mais adequados à realização dos testes e procedimentos. A determinação adequada requer uma prescrição individualizada de acordo com a capacidade funcional de cada atleta, em um acompanhamento adequado do treinamento, para que a intensidade ótima não seja excedida, alcançando os resultados esperados na situação de competição. Desse modo, várias metodologias individualizadas e objetivas têm sido investigadas entre atletas competitivos, dentre elas o teste de LM e diferentes procedimentos de determinação da PC, capazes de prever a condição aeróbia e anaeróbia de atletas. Sendo assim o objetivo desse estudo foi relacionar diferentes procedimentos que são utilizados para estimar parâmetros semelhantes como as intensidades obtidas pelo teste de LM e pelos testes de PC, e as potências média e pico com a CTA em atletas treinados em ciclismo.

Relação entre o lactato mínimo e a potência crítica

A determinação do máximo estado estável de lactato sanguíneo (MSSLAC), definido como a máxima intensidade de exercício de carga constante onde ainda se observa equilíbrio entre a taxa de produção e remoção do lactato sanguíneo, parece ser o limite superior onde se verifica a

estabilidade nas respostas metabólicas e de trocas gasosas pulmonares (POOLE et al., 1988), sendo freqüentemente indicada na prescrição do treinamento aeróbio em atletas. Sua determinação apresenta desvantagens pois exige a realização de 4-6 séries de exercícios de carga constante, com aproximadamente 30 minutos de duração, obrigando o atleta a ir ao laboratório por vários dias (DENADAI et al., 2003), além da necessidade do uso de equipamentos sofisticados. Sendo assim diversos estudos têm procurado validar outros índices que possam ser utilizados na avaliação aeróbia como é o caso de outros procedimentos para determinação do LAN e da PC.

Em nosso estudo, o LM apresentou a média de 219,73W. Higino & Denadai (1998) investigando se diferentes métodos de elevação da concentração de lactato (corrida e ciclismo) poderiam interferir na intensidade de LM, encontraram uma média de 184,7W, na utilização de um tiro de 200m máximo (teste 1) e 180,5W utilizando o teste de *Wingate* (teste 2), como formas de elevação da lactacidemia. A concentração média de lactato pico e de lactato no LM no teste 1 foi de 9,47mM e 3,36mM, no teste 2 foi de 7,24mM e 1,68mM, respectivamente. Em nosso estudo, foram encontradas médias de 9,61mM no lactato pico e 2,65mM no lactato na intensidade de LM, valores próximos aos do estudo relatado acima. De Lucas et al. (2000; 2003) em um trabalho com ciclistas e triatletas, obtiveram uma concentração semelhante de lactato no LM, de 2,2mM. Smith et al.(2002), por outro lado, encontraram valores superiores aos aqui relatados.

De Lucas et al. (2000) utilizando compararam as intensidades de exercício no LM, no limiar de lactato e no LAN (3,5mM) em ciclistas e triatletas e não encontraram diferença significativa entre a potência do limiar de lactato (197,7W) e do LM (201,6W), sendo ambas

significativamente menores que o LAN utilizando concentração fixa de 3,5mM (256,7W), confirmando os achados por Jones & Doust (1998).

Analisando o parâmetro aeróbio, do presente estudo, os valores de intensidades de LM foram menores em relação aos valores de PC_{Q} para os modelos Pot- 1/tlim (301,47W) e Wlim-tlim (295W). Apesar dos valores médios serem estatisticamente diferentes, apresentaram correlação significativa em relação ao LM ($r= 0,80$ e $r= 0,83$), para os dois modelos.

Um fator importante a ser destacado é que os participantes do presente estudo eram atletas bem treinados e encontravam-se no período competitivo, com um nível inicial de condicionamento muito elevado.

Denadai et al. (2003) investigaram a validade da VC para estimar o LAN (4mM), antes e após dois programas de treinamento, utilizando 17 corredores divididos em dois grupos. Antes do treinamento, não houve diferenças entre o LAN e a VC. Após o treinamento ambos aumentaram, porém nesse período o LAN foi maior do que a VC para os dois grupos. Os autores concluíram que a validade da VC para estimar o LAN determinado com concentração fixa de lactato (4mM), pode ser dependente do período e/ ou tipo de treinamento realizado pelos atletas de endurance.

Considerando esse aspecto do treinamento físico, utilizar o teste de LM, apesar de ser aqui nosso referencial, pode trazer desconforto a atletas, mesmo que bem treinados. Esse teste necessita de muitas coletas sanguíneas para a análise da cinética do lactato e podem existir dificuldades por parte de algumas pessoas em realizar o teste de *Wingate*, especialmente atletas de endurance, pouco tolerantes à acidose. Contudo esse protocolo possibilita avaliar a aptidão aeróbia e anaeróbia em uma única sessão laboratorial.

Em nosso estudo protocolos que utilizam diferentes métodos, mas que sustentam conceitos semelhantes, apresentaram valores médios diferentes, porém com correlações significativas entre eles. Para Chassain (1986) a PC corresponde a uma intensidade onde os valores da concentração de lactato e FC se mantêm estáveis, ou seja, quando as variações de lactato e FC são iguais à zero. Esse protocolo é um método de fácil reprodutibilidade e aplicabilidade, necessitando de, no mínimo, 4 sessões laboratoriais, podendo ser realizadas no mesmo dia em períodos diferentes. Nesse teste o participante não necessita atingir máxima potência ou ser induzido à exaustão como nos testes de LM e de PC_{JQ} . Contudo, não apresenta valores do parâmetro anaeróbio como nesses outros (LM e a PC_{JQ}). Em nosso trabalho esse protocolo apresentou intensidades próximas às obtidas no teste de LM.

Já no método de PC_{JQ} , apesar de ser não invasivo, ter custo reduzido e simplicidade em sua aplicação, os participantes devem atingir a exaustão em todas as cargas. Esse teste é caracterizado por não apresentar um parâmetro fisiológico (como o lactato e a FC) mas, por outro lado, revela uma capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), embora a validade desse parâmetro, ultimamente, tenha sido muito questionada por alguns autores.

A validade da PC_{JQ} como índice de aptidão aeróbia parece ser bastante elevada, pois vários estudos utilizando diferentes modelos para sua determinação têm encontrado correlações positivas e elevadas em relação ao LAN e a performance aeróbia. Contudo, estudos indicam que a intensidade na PC_{JQ} apresentam uma tendência a superestimar diferentes métodos de determinação do LAN e também da MSSLAC (HOUSH et al., 1991; CLINGELEFFER et al., 1994; MCLELLAN & CHEUNG, 1992) como observado pelas comparações entre os protocolos de determinação utilizados em nosso estudo através de boas correlações significativas.

Poucos estudos verificaram a validade e a utilização de meios alternativos de determinação da PC, como o teste proposto por Chassain (1986) que apresentou valores médios de intensidade bem próximos aos valores de intensidade de LM (201,53W para $\alpha\Delta\text{lac}$ e 169,80W para o ΔFC). Sid Ali et al. (1991) encontraram uma boa correlação ($r= 0,97$) entre VC e V_{CH} em corredores, utilizando cicloergômetro.

Apesar dos valores de PC_{CH} utilizando Δlac serem 18,2W menores em relação a média do LM, a utilização desse protocolo parece ser um método bastante viável de avaliação aeróbia, pois dentre os demais desenvolvidos em nosso trabalho, foi o que mais se aproximou dos valores de referência. Já a PC_{CH} determinada pelas variações da frequência cardíaca (ΔFC) parece ser um método menos sensível para estimar o parâmetro aeróbio, que aquele que utiliza as diferenças nas concentrações sanguíneas de lactato. Entretanto, apresenta elevada correlação com os demais, permitindo correções (ajustes de intensidade) interessantes, uma vez que é um modelo de aplicação não invasiva e não exaustiva.

A resposta da FC frente ao exercício pode apresentar uma variação muito grande de um indivíduo para outro. Fatores ambientais (temperatura, local do teste) e emocionais (estresse, ansiedade) podem interferir na resposta da FC tanto em repouso como durante o exercício (ASTRAND, 1986). Nesse protocolo (PC_{CH}) além de analisarmos a variação de FC, utilizamos também a resposta do lactato sanguíneo que é um indicador seguro e confiável do estímulo aplicado.

Investigando a relação entre os valores de LM e a PC_{Q} através de uma regressão linear, obtivemos valores de $R^2= 0,65$ e SEE (erro padrão da estimativa) de 8,42. Apesar de McLellan & Cheung (1992) terem encontrado melhores relações na regressão linear entre PC e IAT ($R^2=$

0,98), apresentaram valores idênticos de SEE ao nosso estudo. Housh et al. (1991), aplicando regressão linear entre PC e OBLA encontraram um $R^2 = 0,92$ e SEE de 18,28 demonstrando uma associação moderada entre essas variáveis. Já em relação à regressão linear entre o LM e a PC_{CH} pelos dois métodos em nosso estudo, foi obtido um R^2 de 0,46 e 0,51 e, um SEE de 10,47 e 9,96 (para Δ_{lac} e Δ_{FC} , respectivamente). É possível que tais diferenças sejam decorrentes da homogeneidade de performance dos atletas estudados em nosso trabalho, o que acarreta em uma menor amplitude de dados, agrupando pontos em pequenas variações de intensidades. Isso prejudicou a regressão mas, por outro lado, revela um menor erro padrão da estimativa que os dados de Housh et al. (1991) por exemplo, conferindo a nossos dados mais consistência em relação ao parâmetro referência (LM).

Ainda, alguns autores atestam que diferenças encontradas entre a PC_{JQ} e a intensidade correspondente ao LAN, podem ser explicadas pela utilização de diferentes tempos nas cargas preditivas no cálculo da PC e, também aos diferentes modelos de determinação da PC_{JQ} (GAESSER et al., 1995), embora possa existir uma elevada correlação entre esses índices. Os autores sugerem que esse comportamento pode ser atribuído ao fato de que os modelos diferem com respeito à designação das variáveis dependentes e independentes e a unidade na qual elas são expressas, dando um peso diferente a cada modelo, conseqüentemente, aos valores que podem ser encontrados para a PC e a CTA.

Embora o conceito de PC_{JQ} pressuponha uma intensidade que pode ser sustentada por um longo período de tempo sem exaustão, tem sido relatado que a PC não pode ser mantida por aproximadamente 40 minutos de exercício (JENKINS & QUIGLEY 1990, 1992; GAESSER et

al., 1995; HOUSH et al. 1989, 1991; PEPPER et al., 1992) o que faz com que sua validade em prever a MSSLAC seja questionada.

No entanto, o protocolo do LM também levanta muitos questionamentos em relação a sua validade, autores sugerem que este teste é de natureza “protocolo – dependente”, ou seja, fatores como intensidade e duração do exercício de alta intensidade para indução da acidose, intensidade e duração da recuperação após exercício de alta intensidade, intensidade inicial, duração dos incrementos nos estágios do teste incremental, podem interferir na determinação da intensidade do LM (JONES & DOUST, 1998; CARTER et al., 1999). Em contrapartida, alguns trabalhos mostram que o protocolo do LM pode ser aplicado em atletas sem a interferência dessas variáveis dependentes (MACINTOSH & MACEACHERN et al., 1997; DE LUCAS et al., 2000; SMITH et al., 2002; HIGINO & DENADAI, 1998; CAMPBELL et al., 1998; SIMÕES et al., 1998, 1999, 2003). Dessa maneira, protocolos laboratoriais como os utilizados pelo nosso estudo, certamente estão sujeitos a interferências, por isso sua aplicação deve ser cuidadosamente executada e a escolha pelo protocolo a ser utilizado deve levar em consideração os equipamentos disponíveis e o tipo de população utilizada nos procedimentos.

Relação entre as potências anaeróbias com a capacidade de trabalho anaeróbio

Não podemos esquecer que há uma diferença entre capacidade e potência anaeróbia. A capacidade anaeróbia pode ser definida como a quantidade máxima de energia proveniente de fontes anaeróbias que pode ser despendida durante um trabalho supramáximo (BOUCHARD et al., 1991; MEDBO et al., 1988). A potência anaeróbia corresponde à máxima quantidade de energia gerada pelos sistemas anaeróbios por unidade de tempo (BOUCHARD et al., 1991).

De acordo com muitos autores (GASTIN, 1994; VANDEWALLE et al., 1987; GREEN et al., 1994), os métodos propostos para a medida da capacidade e potência anaeróbias são inconsistentes, não existindo um teste padrão ocorrendo possíveis erros nas estimativas.

A capacidade de trabalho anaeróbio vem sendo relacionada a vários indicadores de capacidade anaeróbia, como a potência média produzida no teste de *Wingate*, exercício intermitente de alta intensidade e o déficit de oxigênio acumulado, sendo gerado muitas discussões em torno desse assunto.

Medidas laboratoriais para estimar as capacidades anaeróbias têm sido realizadas por meio da avaliação do ATP, fosfocreatina (CP), glicogênio muscular, e níveis de lactato. Para evitar técnicas invasivas, outras formas de se avaliar esse parâmetro tem sido investigadas. Um teste que pode prever a capacidade anaeróbia é o teste de *Wingate* realizado em cicloergômetro, tem sido muito utilizado devido a sua objetividade, reprodutibilidade e simplicidade em seu procedimento. Contudo, questões sobre sua validade têm sido levantadas, em relação à contribuição aeróbia nos 30 segundos de exercício, como utilizado em nosso estudo, não garantindo assim maximamente a capacidade anaeróbia. Tem-se proposto um teste indireto na quantificação da capacidade da reserva anaeróbia obtida pelo modelo de PC.

Bulbulian et al. (1996) investigaram a relação dos componentes anaeróbios do teste de *Wingate* e a PC em cicloergômetro como em nosso estudo, porém realizaram o procedimento com indivíduos não atletas e ativos. Nesse estudo a CTA foi 24% menor que a potência média no *Wingate*. Para esses autores a CTA reflete a reserva anaeróbia (estoques energéticos) com limitada liberação de energia no músculo (ATP, CP, glicogênio e estoques de O_2), e o *Wingate* a capacidade anaeróbia de um trabalho-limite entre 10 à 20s, onde uma energia associada com este trabalho pode ser menor do que estimado pelo teste de *Wingate*, pois o metabolismo aeróbio

pode superestimar a glicólise anaeróbia, isso explicaria o fato de em nosso estudo a potência produzida no teste de *Wingate* ser maior que a CTA.

Em nosso estudo, a CTA obtida pelo modelo linear $Pot = 1/t_{lim}$ foi 38% menor que a potência média no *Wingate* e, a CTA obtida pelo modelo $W_{lim} = t_{lim}$ foi 29,96% mais baixa que no *Wingate*.

Em estudo semelhante desenvolvido por Lima (1998) foi identificada correlação significativa ($r = 0,82$ para potência pico e $r = 0,79$ para potência média) entre a CTA e as potências utilizando o protocolo proposto por Jenkins & Quigley (1991). Nebelsick-Gullet et al. (1988) reportaram que a CTA derivada da relação $W_{lim} = t_{lim}$ foi uma estimativa válida de capacidade anaeróbia baseada em correlações com o trabalho realizado nos 30 segundos do *Wingate* ($r = 0,74$). Eles notaram que houve uma diferença de 20% nos valores médios para as duas medidas, porém diferente de nossos participantes eles utilizaram voluntários do sexo feminino e não atletas de ciclismo.

Outros estudos também mostraram a existência de uma correlação entre a CTA e o trabalho realizado durante os 30 segundos do teste de *Wingate*. Vandewalle et al. (1989) encontraram uma correlação de 0,69 utilizando o modelo $W_{lim} = t_{lim}$, e o trabalho realizado nos 30s.

Com a finalidade de verificar a validade da CTA como preditor da capacidade anaeróbia, muitos autores procuraram comparar esse parâmetro com outros meios de determinação anaeróbia (déficit de O_2 e amostras de biópsia) onde encontraram correlações significativas entre os métodos utilizados (HILL & SMITH, 1993; GREEN et al, 1994).

No presente estudo não foi encontrada correlação significativa entre os parâmetros anaeróbios, chegando em até alguns momentos essa correlação ser negativa, contrariando os

estudos descritos acima. Confirmando nossos achados, Bulbulian et al. (1996) não encontraram correlação significativa entre a CTA e o trabalho total realizado no teste de *Wingate*.

Podemos relacionar a superestimação da potência anaeróbia em relação a CTA em muitos estudos, pelo fato da duração do teste de *Wingate* ser excessivamente curta para o esgotamento total da capacidade anaeróbia. Segundo, Vandewalle (1989) ao final do teste de *Wingate*, a potência gerada ainda encontra-se duas vezes superior a aquela associada à máxima potência aeróbia.

Housh et al. (1992) relataram a inexistência de uma relação significativa entre a CTA mensurada em esteira rolante e o pico de concentração de lactato plasmático após teste padronizado para essa medida. Esses autores assumiram que o pico de concentração após teste supramáximo seria representativo do dispêndio anaeróbio láctico de energia, que compõe cerca de 70% da CTA total. Do mesmo modo, Papoti (2003) não encontrou mudanças na CTA em resposta ao polimento após 10 semanas de treinamento, em atletas de natação. Além disso esse parâmetro não foi associado com nenhuma das performances de nado, nem com a integral do impulso determinada em nado atado.

Segundo Hill & Smith (1994) os modelos de PC estão associados a erros. Os erros podem ser de 2 tipos, sistemáticos ou randômicos. O erro sistemático pode resultar em uma estimação errada (inapropriada) dos parâmetros, mas seu efeito é pequeno e acaba não afetando o sucesso do modelo. Por outro lado, erros randômicos poderiam afetar o ajuste dos pontos para os modelos, mas não poderiam afetar os valores dos parâmetros estimados (altos valores de erro padrão). O fato é que diferentes modelos fazem produzir diferentes estimativas podendo refletir no erro sistemático.

A fim de aumentar a validade das medidas, Hill (1993) recomenda que o erro padrão dos parâmetros seja avaliado, não superando a 10%. Em nosso estudo, o erro padrão estimado para a CTA no modelo Pot- 1/tlim foi de 14,72% e de 18,34% da CTA para o modelo Wlim- tlim, sendo considerados portanto, elevado para esse parâmetro. A variabilidade entre os modelos em média foi de 10,12%, estando dentro da faixa classificada como moderada por esses autores (HILL & SMITH, 1994).

O fato de encontrarmos altos erros de predição associados à determinação da CTA em relação aos valores preconizados por Hill & Smith em 1994, pode segundo esses autores, afetar negativamente a validade desse parâmetro. Ao compararmos com dados existentes na literatura de potências média e pico produzidas durante o teste de *Wingate*, nossos atletas foram capazes de produzir valores bem próximos aos relatados em atletas treinados como nos recentes estudos de Smith et al. (2002) e Calbet et al. (2003), aumentando assim a confiabilidade e validade de nossos dados relacionados ao teste de *Wingate*. Apesar de alguns trabalhos, como já citamos, apresentarem elevadas correlações entre CTA e a potência do *Wingate*, esses não avaliaram atletas treinados de ciclismo especificamente, como realizado em nosso estudo. Acreditamos que tal fato possa ser fundamental para essa discrepância, uma vez que na grande maioria dos estudos que não verificaram correlação significativa entre a CTA e o teste de *Wingate* ou similar, envolveram atletas bem treinados (BULBULIAN et al. 1986).

O índice de fadiga encontrado no presente estudo (12,85%) foi bem menor do que reportado por Beneke et al. em 2002, porém esses autores realizaram o ajuste da carga após uma fase de aceleração e, também menores em relação aos valores relatados por Maud & Shultz (1989), partindo da inércia, confirmando o bom estado de treinamento dos participantes do nosso

estudo indicando atletas de resistência, que foram capazes de manterem a potência durante um maior tempo na realização dos 30 segundos do *Wingate*.

Portanto, se para essa amostra de atletas de ciclismo a CTA não apresentou, pelo método Δ PC_{JQ}, relações positivas com a potência pico e média, o protocolo de PC_{CH} parece ser uma melhor opção, especialmente quando pelo fato desse método não interferir muito na rotina dos treinos, já que não utiliza cargas exaustivas. Além disso, após uma determinação de PC_{CH} pelos dois métodos (Δ lac e Δ FC) existe a possibilidade de se corrigir os valores de PC_{CH} de Δ FC em função do Δ lac nas próximas sessões de avaliações, não necessitando assim mais realizar a coletas sanguíneas posteriormente, tornando esse protocolo um teste totalmente não invasivo, utilizando somente a variação de frequência cardíaca. Entretanto essa aplicação sugerida deve ser testada em futuros trabalhos, envolvendo o treinamento físico no ciclismo, investigando também a CTA relacionando-a com outros índices de avaliação anaeróbia.

Quando se tem a possibilidade de utilização de testes invasivos com amostras sanguíneas, existe uma maior validade em relação à determinação do parâmetro obtido, mas nem sempre técnicos e clubes possuem equipamentos necessários para a determinação da concentração de lactato sanguíneo. Dessa forma, a utilização de meios não invasivos deve ser cada vez mais ser investigada pois, além de possuir baixo custo e ser de fácil aplicação, os atletas sofrem menos desgastes durante as sessões de testes.

7 – CONCLUSÕES

Nesse estudo podemos concluir que para ciclistas treinados:

- Foi encontrada boa correlação entre os parâmetros aeróbios determinados pelos testes de LM e testes de determinação da PC_{JQ} e PC_{CH} , mostrando que esses testes são indicados na avaliação do condicionamento aeróbio;
- O protocolo de PC_{JQ} superestimou a intensidade de LM, ao mesmo tempo em que o protocolo de PC_{CH} , subestimou a intensidade de LM, sendo assim deve-se ter cautela na escolha e na utilização desses protocolos, procurando corrigi-los em relação ao nosso protocolo de referência (LM);
- Em relação ao parâmetro anaeróbio não foi encontrada nenhuma relação entre a potência média e pico do teste de *Wingate* com os valores de CTA obtidos por teste não invasivo, as medidas de CTA apresentaram elevado erro, o que requer cautela em sua utilização não sendo portanto uma medida válida para o parâmetro anaeróbio, em nosso desenho experimental;
- Em função da não existência de validade da CTA como parâmetro anaeróbio, o protocolo
- de PC_{CH} parece ser uma melhor opção dentre os utilizados, pois mostrou menor diferença com o valor de LM e, apesar de inicialmente ser um teste invasivo (Δlac), existe a possibilidade de correção para o modo não invasivo (ΔFC), permitindo posteriores avaliações totalmente não invasivas dentro de um ciclo de treinamento.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTRAND, P. O.; RODAHL, K. **Textbook of Work Physiology: physiological bases of exercise**. 3 ed. Singapore: Mc Graw – Hill, 1986. 756p.

BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test: an update on methodology, reliability and validity. **Sports Medicine**, v.4, n. 6, p.381-94, 1987.

BENEKE, R.; DUVILLARD, S. P. V. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, n. 2, p. 241-6, 1996.

BENEKE, R. et al. How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? **European Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 4-5, p. 388-92, 2002.

BILLAT, V. Détermination d'une puissance critique aérobie par l'a évolution de la lactatémie en régime continu d'exercice musculaire. **Science et Motricité**, n. 16 , p.3-11, 1992.

BISHOP, D.; JENKINS, D. G.; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. **International Journal of Sport and Medicine**, v. 19, n.2, p. 125-9, 1998.

BOUCHARD, C. et al. Testing anaerobic power and capacity. In: Mac DOUGAL, J. D. et al. **Physiological testing of the high performance athlete** .2^A. ed. Champaign, Human Kinetics, 1991. pp. 175-221.

BULBULIAN, R.; JEONG, J. W.; MURPHY, M. Comparison of anaerobic components of Wingate and Critical Power tests in males and females. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.28, n. 10, p.1336-41, 1996.

CALBET, J. A. L. et al. Anaerobic energy provision does not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclists **Journal of Applied Physiology**, v. 94, n.2, p. 668-76, 2003.

CAMPBELL, C. S. G.; SIMÕES, H.; DENADAI, B. S. Reprodutibilidade do limiar anaeróbio individual (IAT) e lactato mínimo (Lm) determinados em teste de pista. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 3, n.3, p. 24-31, 1998.

CARTER, C. et al. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.31, n. 6, p.837-45, 1999.

CAVALHERI, R. **Correlação entre o limiar anaeróbio e potência crítica**. Bauru, 1997.

Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru.

CLINGELEFFER, A. et al. The use of critical power as a determinant for establishing the onset of blood lactate accumulation. **European Journal of Applied Physiology and Occupation Physiology**, v.68, n.2, p.183- 187, 1994.

COOPER, K. H. **Método Cooper: aptidão física em qualquer idade**. 9^a. ed, Unilivros, 1983,178 p.

CHASSAIN, A. P. Méthode d'appréciation objective de la tolérance de l'organisme à l'effort: application à la mesure des puissances critiques de la fréquence cardiaque et de la lactatémie. **Science & Sports**, v. 1, p.41-8, 1986.

DAVIS, H. A.; GASS, G. C. Blood lactate concentration during incremental work before and after maximum exercise. **British Journal of Sports Medicine**, v. 13, p. 165-9, 1979.

De LUCAS, R. D.et al. Comparação das intensidades correspondentes ao lactato mínimo, limiar de lactato e limiar anaeróbio durante ciclismo em atletas de endurance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.6, n.5, p.172-179, 2000.

De LUCAS, R. D. et al. The Lactate Minimum Test protocol provides valid measures of cycle ergometer VO_2 peak. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.43, n.3, p.279-84, 2003.

DENADAI, B. S. **Efeitos do tipo de exercício e da capacidade aeróbia sobre a taxa da remoção do lactato sanguíneo durante a recuperação do esforço de alta intensidade**. Rio Claro, 1996. Tese (Livre Docência) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

DENADAI, B. S. et al. Validade da velocidade crítica para a determinação dos efeitos do treinamento no limiar anaeróbio em corredores de endurance. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.3, n.1, p.16-23, 2003.

ELENO, T. G. **O efeito da duração de pausa no exercício intermitente: um estudo pelo modelo de potência crítica**. Rio Claro, 2003. Tese (mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

GAESSER, G. A. et al. Estimation of critical power with nonlinear and linear models. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.27, n.10, p.1430-7, 1995.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in human. **Exercise and Sports Sciences Reviews**, v.24, p.35-70, 1996.

GASTIN, P. B. Quantification of anaerobic capacity. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 4, p. 91-112, 1994.

GOSLIN, B. R.; GRAHAM, T. E. A comparison of "Anaerobic" components Of $\dot{V}O_2$ debt and the Wingate test. **Canadian Journal of Applied Sport Sciences**, v.10, n.3, p. 134-9, 1985.

GREEN, S.et al. Y-intercept of the maximal work-duration relationship and anaerobic capacity in cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v.69, n.6, p. 550-6, 1994.

HAWLEY, J. A.; WILLIAMS, M. M. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. **International Journal Sports Medicine**, v. 12, n.1, p. 1-5, 1991.

HECK, H. et al. Justification of the 4 mmol/L lactate threshold. **International Journal Sports Medicine**, v. 6, n.3, p. 117-30,1985.

HIGINO, W. P.; DENADAI, B. S. Efeitos da utilização de diferentes tipos de exercício para a indução do acúmulo de lactato na determinação da intensidade de esforço correspondente ao lactato mínimo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 4, p.143-6, 1998.

HILL, D. W. A comparison of methods of estimating anaerobic work capacity. **Ergonomics**, v.36, n.12, p.1495-500, 1993.

HILL, D. W.; SMITH, J. C. A comparison of methods of estimating anaerobic work capacity. **Ergonomics**, v.36, n.12, p.1495-1500, 1993.

HILL, D. W.; SMITH, J. C. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.34, n. 1, p.23-37, 1994.

HOUSH, D. J. et al. The accuracy of the critical power test for predicting time to exhaustion during cycle ergometry. **Ergonomics**, v.32, n.8, p.997-1004, 1989.

HOUSH, D. J. et al. A methodological consideration for determination of critical power and anaerobic work capacity. **Research Quarterly Exercise Sport**, v.61, n.4, p.406-409, 1990.

HOUSH, T. J. et al The relationship between critical power and the onset of blood lactate accumulation. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 31, n. 1, p.31-6, 1991.

HOUSH, T. J. et al. The relationship between anaerobic running capacity and peak plasma lactate. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.32, n.2, p.117-22, 1992.

JACOBS, I. et al. Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30 s of supramaximal exercise. **Journal of Applied Physiology, Respiratory, Environmental Medicine**, v.55, n.2, p.365-7, 1983.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. **European Journal of Applied Physiology and Occupation Physiology**, v.61, n.3-4, p.278-83, 1990.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. Y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. **Ergonomics**, v.34, n.1, p. 13-22, 1991.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. Endurance training enhances critical power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, n.11, p.1283-9, 1992.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, n.8, p.1304-13, 1998.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic- anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal Applied Physiology**, v. 42, n.1, p. 25-34, 1979.

KOKUBUN, E. Aspectos bionergéticos do treinamento e da competição. Francisco Martins da Silva (org). **Treinamento Desportivo: atualidades e perspectivas**. João Pessoa: Ed. Universitária / UFPB , p. 43-59,1999.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 10, n.1, p.5-20, 1996.

LIMA, C. **Utilização de um método de determinação da Potência Crítica para avaliação dos parâmetros aeróbio e anaeróbio**. Bauru, 1998. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru.

MACINTOSH, B. R.; MACEACHERN, P. Paced Effort and All-Out 30- Second Power Tests. . **International Journal of Sport and Medicine**, v. 18, p.594-9, 1997.

MADER, A. et al. Zur beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. **Sportarzt Sportmed**, v.27, p.80-8, 1976.

MARAGON, L. et al. Utilização do modelo hiperbólico para a determinação da carga crítica em ratos submetidos à natação. **Motriz**, v. 9, n. 1, S42, 2003.

MAUD, P. J.; SHULTZ, B. B. Norms for the Wingate Anaerobic Test with comparison to another similar test. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.60, n.2, p. 144-51, 1989.

McLELLAN, T.; CHEUNG, K. S. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, n.5, p.543-50, 1992.

MEDBO, J. I. et al. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. **Journal of Applied Physiology**, v.67, n.1, p.1881-6, 1988.

MONOD, H. & SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v.8, p.329-38, 1965.

MORITANI, T. et al.. Critical Power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, v.30, n.8, p.1195-204, 1981.

NEBELSICK-GULLET, L. J. et al. A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. **Ergonomics**, v.31, p.1413-9, 1988.

PAPOTI, M. **Efeitos do polimento sobre performances aeróbia e anaeróbia de nadadores após ciclo experimental de treinamento**. Rio Claro, 2003. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro.

PATTON, J. F.; MURPHY, M. M.; FREDERICK, F. A. Maximal Power Outputs During the Wingate Anaerobic Test. **International Journal of Sports Medicine**, v.6, n.2, p.82-5, 1985.

PEPPER, M. L. et al. The accuracy of the critical velocity test for predicting time to exhaustion during treadmill running. **International Journal of Sports Medicine**, v.13, n.2, p.121-4, 1992.

POOLE, D. C. et al. A metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, v.31, n.9, p.1265-79, 1988.

POOLE, D. C. et al. The effects of training on the metabolic and respiratory profile os high-intensity cycle ergometer exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupation Physiology**, v.59, n.6, p.421-9, 1990.

PRINGLE, J. S. & JONES, A.M. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. **European Journal of Applied Physiology**, v.88, n.3, p.214 – 26, 2002.

SID-ALI, B. et al. Lactate steady state velocity and distance-exhaustion time relationship in running. **Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique** , v. 99, p. 297-301, 1991.

SJODIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood accumulation and marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 2, n.1, p. 23-6, 1981.

SMITH, J. C.; HILL, D. W. Contribution of energy systems during a Wingate power test. **British Journal of Sports Medicine**, v.25, n.4, p. 196-9, 1991.

SMITH, M., F. et al. Method of lactate elevation does not affect the determination of the lactate minimum. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, n. 11 p.1744-9, 2002.

SIMÕES, H. G. et al. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. **Revista Paulista de Educação Física**, v.12, n.1, p. 17- 30, 1998

SIMÕES, H. G. et al. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **European Journal of Applied Physiology**, v.80, p.34-40, 1999.

SIMÕES, H. G. et al. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. **European Journal of Applied Physiology**, 2003.

STEGMANN, H. et al. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.2, n.3, p.160-5, 1981.

TANAKA, K. et al. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 16, n.3, p.278-82, 1984.

TEGTBUR, U.; BUSSE, W. M.; BAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.25, n.5, p.620-7, 1993.

VANDEWALLE, H.; PÉRÈS, G.; MONOD, H. Standard anaerobic exercise tests. **Sports Medicine**, v. 4, n.4, 258-89, 1987.

VANDEWALLE, H. et al. Comparison between a 30-s all-out test and time-work test on a cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.58, p.375-81, 1989.

WAKAYOSHI, K. et al. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 66, n.1, p. 90-5, 1993.

WASSERMAN, K. et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal Applied Physiology**, v. 35, n.2, p. 236-45, 1973.

WASSERMAN, K.; McLLORY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **American Journal of Cardiology**, v. 14, p.844-52, 1964.

WASSERMAN, K.; v. KESSEL, A. L.; BURTON, G. G.: Interaction of physiological mechanism during exercise. **Journal Applied Physiology**. v..22, n1, p. 22-71, 1967.

WEINSTEIN, Y. et al. Reliability of peak-lactate, heart rate, and plasma volume following the Wingate test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, n. 9 p.1456-60, 1998.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Physiology of sport and exercise. Human Kinetics.** Champaign: IL, USA, 1994.

YOSHIDA, T. Effect of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise . **European Journal Applied Physiology**, v. 53, n.3, p. 200-5, 1984.

ZAGATTO, A. M.; CARVALHO, R. L. P.; GOBATTO, C. A. Determinação do protocolo de frequência crítica de disparo de bolas no tênis em protocolo específico. **Motriz**, v. 9, n. 1, S50, 2003.

ANEXO I:

**Cópia do Termo de Consentimento entregue aos participantes
do estudo anterior a realização dos testes**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE RIO CLARO

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

LABORATÓRIO DE BIODINÂMICA

Termo de Consentimento Informado

Procedimento dos testes

Todos os participantes realizarão os teste em bicicleta ergométrica mecânica onde serão submetidos aos seguintes testes:

1- Teste de Lactato Mínimo

Após um alongamento rápido será realizado um aquecimento de 4 minutos de duração, seguido de 5 minutos de recuperação passiva. Após a recuperação, o participante irá pedalar o mais rápido possível na carga pré-estabelecida, (maior número de pedalagens possível) durante 30 segundos com carga de $0.075 \times$ o peso corporal (teste de Wingate).

Encerrado o teste, o participante permanecerá pedalando por mais 2 minutos sem resistência. Após 1, 3, 5, e 7 minutos, serão coletadas amostras de sangue ($25\mu\text{l}$) para a determinação do lactato sanguíneo. Posteriormente à última coleta de sangue será iniciado um teste progressivo com carga inicial pré-fixada acrescentando 0,25 Kgf a cada 3 minutos. Nos momentos de troca de carga serão coletadas amostras de sangue para a determinação do lactato

sanguíneo. O teste será encerrado quando o participante não mais conseguiu manter a velocidade de 29 Km/h.

2- Teste para a determinação da Potência Crítica (PC) e da Capacidade de Trabalho Anaeróbio

Serão aplicados quatro testes até a exaustão. Antes de cada teste, será realizado um alongamento livre, 4 minutos de aquecimento seguidos de 5 minutos de recuperação passiva. A carga será ajustada nos segundos iniciais, quando esta não puder ser mantida na velocidade de 29 Km/h por um período de 5 segundos o teste será encerrado. Ao final de cada teste os participantes pedalarão por mais 2 minutos sem resistência para recuperação.

3- Teste para a determinação da Potência Crítica pelo método da variação da Frequência Cardíaca e da variação da concentração de lactato

Serão aplicados quatro testes, cada teste com duas sessões de exercício. As intensidades dos testes de esforço duplo serão de 85%, 95%, 105% e 115% do limiar anaeróbio para cada participante. O participante deverá manter a velocidade de 30km/h durante o exercício, sendo controlada por um velocímetro. Será utilizado um frequencímetro *Polar Vantage*, durante todo o teste. Amostras de sangue (25 µl) serão coletadas para determinação das concentrações de lactato sanguíneo no final do primeiro (E1) e do segundo (E2) exercício para cada intensidade

Direito das pessoas submetidas aos testes:

Os participantes terão acesso aos seus dados, bem como os resultados finais. Todo participante terá o direito de abandonar o teste a qualquer momento sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável o quanto antes.

Riscos dos testes:

Os riscos dos testes, são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios físicos extenuantes, riscos estes esclarecidos pelo responsável, e que tendem a ser minimizados com a presença de um profissional da área de saúde e pelas condições de pronto atendimento em caso de acidente. As coletas de sangue serão realizadas através do lóbulo da orelha dos participantes, com todos os materiais sendo descartáveis.

Utilização dos dados em pesquisa

Os resultados dos testes poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado o anonimato dos participantes, desde que autorizada expressamente através deste termo de consentimento.

Eu, _____ RG. _____

declaro estar ciente dos termos esclarecidos acima autorizando minha participação nos testes mencionados, podendo desistir do experimento em qualquer momento.

Assinatura

ANEXO II:

**Aceite do Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de
Bióciências da Universidade Estadual Paulista- UNESP, Campus de
Rio Claro**

ANEXO III:**Resultados individuais dos dados obtidos**

Participante 1

Idade: 24 anos

Peso: 68 kg

Estatura: 1,82 cm

Resultados obtidos durante protocolo de

LM:

Potência (W)	Lactato (mmol/L)	Tempo (s)
0	6,18	60
0	8,01	180
0	6,45	300
0	9,21	420
120	7,86	180
140	5,37	360
160	3,75	540
180	2,64	720
200	1,98	900
220	1,74	1080
240	1,71	1260
260	1,74	1440
280	2,13	1620
300	2,91	1800
320	4,08	1980
340	5,46	2160
360	7,47	2340

Resultados obtidos durante protocolo de

PC_{IQ}:

Potência (W)	Tempo (s)	Distância percorrida (m)	Trabalho (J)
340	973	7920	330820
420	180	1410	75600
380	388	3070	147440
360	492	3320	177120

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{CH}:

Intensidade (% do LM)	Δ lac (mmol/L)	Δ FC (bpm)
85%	0,06	3
95%	0,21	3
105%	0,45	3,22
115%	1,05	8

Participante 2

Idade: 22 anos

Peso: 70,5 kg

Estatura: 1,75 cm

Resultados obtidos durante protocolo de LM:

Potência (W)	Lactato (mmol/L)	Tempo (s)
0	5,64	60
0	5,4	180
0	6,39	300
0	6,96	420
120	7,35	180
140	4,92	360
160	3,09	540
180	2,64	720
200	1,71	900
220	1,5	1080
240	2,13	1260
260	2,73	1440

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{JQ}:

Potência (W)	Tempo (s)	Distância percorrida (m)	Trabalho (J)
340	297	2400	100980
300	569	4600	170700
360	190	1520	68400
380	115	930	43700

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{CH}:

Intensidade (% do LM)	Δ lac (mmol/L)	Δ FC (bpm)
85%	-0,42	0,39
95%	0,33	6,83
105%	0,03	7,16
115%	0,33	7,62

Participante 3

Idade: 25 anos

Peso: 71 kg

Estatura: 1,80 cm

Resultados obtidos durante protocolo de LM:

Potência (W)	Lactato (mmol/L)	Tempo (s)
0	6,03	60
0	6,36	180
0	8,64	300
0	7,53	420
120	6,93	180
140	4,92	360
200	2,13	900
220	1,95	1080
240	2,55	1260
260	2,79	1440
280	3,57	1620
300	4,95	1800
320	6,51	1980
340	6,87	2160

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{IQ}:

Potência (W)	Tempo (s)	Distância percorrida (m)	Trabalho (J)
340	588	4751	199920
380	212		80560
360	418	3350	150480
400	175	1490	70000

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{CH}:

Intensidade (% do LM)	Δ lac (mmol/L)	Δ FC (bpm)
85%	0	-1
95%	0,21	0
105%	-0,09	0
115%	-0,45	4

Participante 4

Idade: 24 anos

Peso: 70 kg

Estatura: 1,78 cm

Resultados obtidos durante protocolo de LM:

Potência (W)	Lactato (mmol/L)	Tempo (s)
0	6,81	60
0	9,57	180
0	10,65	300
0	10,32	420
140	9,39	180
160	6,93	360
180	5,13	540
200	3,42	720
220	3,18	900
240	3,27	1080
260	4,23	1260
280	5,34	1440
300	9,09	1620
320	11,67	1800

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{IQ}:

Potência (W)	Tempo (s)	Distância percorrida (m)	Trabalho (J)
340	420	3470	142800
320	587	4750	187840
380	236	1870	89680
360	262	2090	94320

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{CH}:

Intensidade (% do LM)	Δ lac (mmol/L)	Δ FC (bpm)
85%	0,06	2,16
95%	0,12	3,18
105%	0,33	3,53
115%	0,93	5,37

Participante 5

Idade: 25 anos

Peso: 73 kg

Estatura: 1,75 cm

Resultados obtidos durante protocolo de LM:

Potência (W)	Lactato (mmol/L)	Tempo (s)
0	6,93	60
0	9,33	180
0	9,24	300
0	10,11	420
120	8,49	180
140	6,66	360
160	4,32	540
180	3,45	720
200	2,07	900
220	1,86	1080
240	2,04	1260
260	2,49	1440
280	3,09	1620
300	4,44	1800
320	5,85	1980

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{IQ}:

Potência (W)	Tempo (s)	Distância percorrida (m)	Trabalho (J)
420	180	1270	75600
380	127	1010	48260
340	309	2530	105060
320	770	6170	246400

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{CH}:

Intensidade (% do LM)	Δ lac (mmol/L)	Δ FC (bpm)
85%	-0,03	-2,75
95%	0,16	3,21
105%	0,27	6,47
115%	0,44	8,25

Participante 6

Idade: 27 anos

Peso: 62 kg

Estatura: 1,64 cm

Resultados obtidos durante protocolo de LM:

Potência (W)	Lactato (mmol/L)	Tempo (s)
0	7,44	180
0	9,6	300
0	10,62	420
120	11,67	180
140	10,82	360
180	9,15	720
200	8,34	900
220	10,02	1080
240	10,47	1260
260	11,37	1440

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{JQ}:

Potência (W)	Tempo (s)	Distância percorrida (m)	Trabalho (J)
300	225	1980	67500
260	506	4410	131560
280	346	2950	96880
320	187	1590	59840

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{CH}:

Intensidade (% do LM)	Δ lac (mmol/L)	Δ FC (bpm)
85%	-0,51	3
95%	0,72	3,23
105%	1,05	4,26
115%	1,85	5,27

Participante 7

Idade: 23 anos

Peso: 66 kg

Estatura: 1,67 cm

Resultados obtidos durante protocolo de LM:

Potência (W)	Lactato (mmol/L)	Tempo (s)
0	5,85	60
0	7,5	180
0	9,12	300
0	8,52	420
120	6,72	180
140	4,5	360
160	2,76	540
180	1,65	720
200	1,56	900
220	1,56	1080
240	1,29	1260
260	1,83	1440
280	2,55	1620
300	3,81	1800
320	5,7	1980
340	10,74	2160

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{JQ}:

Potência (W)	Tempo (s)	Distância percorrida (m)	Trabalho (J)
440	109	880	47960
380	245	1950	93100
340	734	5870	249560
360	510	4000	183600

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{CH}:

Intensidade (% do LM)	Δ lac (mmol/L)	Δ FC (bpm)
85%	-0,42	-0,94
95%	0,03	0,7
105%	0,39	4,12
115%	0,58	8,58

Participante 8

Idade: 22 anos

Peso: 60 kg

Estatura: 1,74 cm

Resultados obtidos durante protocolo de LM:

Potência (W)	Lactato (mmol/L)	Tempo (s)
0	8,16	60
0	7,56	180
0	8,07	300
0	8,04	420
120	6,72	180
140	4,71	360
160	2,7	540
180	1,95	720
200	1,74	900
220	1,47	1080
240	1,71	1260
260	1,92	1440
280	2,88	1620
300	4,23	1800
320	7,23	1980

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{IQ}:

Potência (W)	Tempo (s)	Distância percorrida (m)	Trabalho (J)
380	163	1310	61940
340	560	4570	190400
360	355	2840	127800
320	754	6150	241280

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{CH}:

Intensidade (% do LM)	Δ lac (mmol/L)	Δ FC (bpm)
85%	-0,47	0,1
95%	0,12	7,93
105%	0,18	7,5
115%	0,36	10,81

Participante 9

Idade: 25 anos

Peso: 65 kg

Estatura: 1,78 cm

Resultados obtidos durante protocolo de LM:

Potência (W)	Lactato (mmol/L)	Tempo (s)
0	8,52	60
0	10,47	180
0	10,92	300
0	13,05	420
120	8,91	180
140	7,2	360
160	4,08	540
180	2,91	720
200	2,58	900
220	3,09	1080
240	3,15	1260
260	4,14	1440
280	5,76	1620

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{IQ}:

Potência (W)	Tempo (s)	Distância percorrida (m)	Trabalho (J)
360	302	2460	108720
320	622	5070	199040
380	182	1490	69160
400	150	1230	60000

Resultados obtidos durante protocolo de PC_{CH}:

Intensidade (% do LM)	Δ lac (mmol/L)	Δ FC (bpm)
85%	-0,07	2,94
95%	-0,03	5,75
105%	0,29	10,28
115%	0,34	12,83