

**MARIO NORBERTO SEVILIO DE OLIVEIRA JUNIOR**

**ESTUDO DAS CONCENTRAÇÕES SANGÜÍNEAS DE LACTATO E AMÔNIA E  
DO DESEMPENHO NO TESTE DE WINGATE E NO EXERCÍCIO  
SUPRAMÁXIMO DE 300 METROS EM FOTOCÉLULAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
São Paulo - Escola Paulista de Medicina  
para a obtenção do Título de Doutor em  
Ciências

São Paulo  
2008

**MARIO NORBERTO SEVILIO DE OLIVEIRA JUNIOR**

**ESTUDO DAS CONCENTRAÇÕES SANGÜÍNEAS DE LACTATO E AMÔNIA E  
DO DESEMPENHO NO TESTE DE WINGATE E NO EXERCÍCIO  
SUPRAMÁXIMO DE 300 METROS EM FOTOCÉLULAS**

**Tese apresentada à Universidade Federal de  
São Paulo - Escola Paulista de Medicina  
para a obtenção do Título de Doutor em  
Ciências**

Programa: Pós-Graduação em Reabilitação

Coordenador : Dr. José Roberto Jardim.

Orientador: Dr. Ivan da Cruz Piçarro.

Co-orientador: Dr. Luciano Sales Prado.

**São Paulo**

**2008**

**Ficha catalografica**

Mario Norberto Sevilio de Oliveira Junior

**Estudo das concentrações sanguíneas de lactato e amônia e do desempenho no teste de wingate e no exercício supramáximo de 300 metros em fotocélulas**

**Presidente da Banca:** Prof. Dr. Ivan da Cruz Piçarro

**Banca Examinadora:**

**Titulares:**

Profa. Dra. Adriana Russo

Prof. Dr. Francisco Navarro

Prof. Dr. Francisco Luciano Pontes

Prof. Dr. Rodrigo Lazo Osório

**Suplentes:**

Prof. Dr. Emerson Silami Garcia

Prof. Dr. Benedito Sergio Denadai

Aprovada em: 10/04/2008

2008

Estudo das concentrações sanguíneas de lactato e amônia e do desempenho no teste  
**Doutorado** de Wingate e no exercício supramáximo de 300 metros em fotocélulas

**Mario N. Sevilio O. Junior**

## **DEDICATÓRIA**

Primeiramente a Deus, pelo amor, orientação durante a minha vida profissional e força nos momentos de solidão.

A minha querida esposa Aline, pela ajuda na realização desta tese, que com sua compreensão, saudades e paciência, soube incentivar-me nos momentos de dificuldade, sempre colocando-se ao meu lado.

Aos meus pais, Mário e Lúcia, meus maiores exemplos, companheiros de caminhada, por todo apoio, sacrifício e incentivo prestados na realização deste estudo.

Aos meus irmãos, Ana Paula e Eduardo, pela torcida na conclusão deste estudo.

Ao Professor Claudio Miyagima pelo incentivo, apoio e cooperação, pois sem a sua sensibilidade não seria possível a realização do doutorado.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor e orientador Ivan da Cruz Piçarro, pelas horas de dedicação ao trabalho de orientação e atenção que recebi durante os quatro anos de convívio;

Ao amigo, professor e co-orientador Luciano Sales Prado, pelo conhecimento e orientação, os quais foram decisivos na conclusão desta tese e na minha formação profissional;

Ao Professor Emerson Silami, pela valiosa contribuição teórica e prática recebida;

Ao Professor Leszek Schumurowiski, por ter cedido as fotocélulas para a realização da coleta de dados e as orientações sempre valiosas;

À todos os colegas de doutorado, em especial Eduardo, Henrique, Dilmar Guedes, Luciano Pontes, Arthur Monteiro, Gisele Monteiro e Wagner Santos;

Aos amigos da Universidade Positivo, Andre Capraro, Mauro Marturelli e Alexandre Salomao, pela constante colaboração e incentivo nos momentos difíceis;

Ao amigo de todas as horas André Scotti Rabelo e Jose Rubens Alcântara, pela paciência e prontidão para colaborar nos momentos difíceis durante a realização do doutorado e da vida pessoal;

À querida Marcela Aguirre, que com sua sensibilidade sempre ofereceu-me ajuda e colocou-se à disposição para qualquer problema;

Aos voluntários, cuja seriedade e motivação tornaram possível a realização deste estudo;

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características antropométricas dos voluntários.....	40
Tabela 2	Potência pico (Ppico) durante o teste de Wingate.....	42
Tabela 3	Potência média (Pmédia) durante o Want .....	41
Tabela 4	Trabalho total (Tr.Total) durante o Want .....	42
Tabela 5	Tempo para alcançar a potência pico (Tppico) durante o Want .....	43
Tabela 6	Duração da potência pico (Dppico) durante o Want .....	44
Tabela 7	Índice de fadiga (IF) durante o Want .....	44
Tabela 8	Duração do percurso (DP) no exercício de 300 metros .....	45
Tabela 9	Duração do percurso em segundos no exercício a cada 30 metros.....	46
Tabela 10	Velocidade média do percurso (VM) no exercício de 300 metros .....	46
Tabela 11	Concentração de lactato sangüíneo em repouso no Want e no exercício de 300 metros.....	47
Tabela 12	Concentração de lactato sangüíneo após 1 minuto do término do Want e no exercício de 300 metros .....	47
Tabela 13	Concentração de lactato sangüíneo 3 minutos após o término do Want e do Exercício de 300 metros.....	48
Tabela 14	Concentração de lactato sangüíneo 5 minutos após o término do Want e do Exercício de 300 metros.....	48
Tabela 15	Concentração de lactato sangüíneo 7 minutos após o término do Want e do Exercício de 300 metros.....	49
Tabela 16	Concentrações de amônia sangüínea em repouso durante o Want e o Exercício de 300 metros.....	49
Tabela 17	Concentrações de amônia sangüínea 1 minuto após o término do Want e do Exercício de 300 metros.....	50
Tabela 18	Concentrações de amônia sangüínea 4 minutos após o término do Want e do Exercício de 300 metros.....	50
Tabela 19	Concentrações de amônia sangüínea 7 minutos após o término do Want e do Exercício de 300 metros.....	51



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	As reações da glicólise.....	16
Figura 2	Excreção e circulação de amônia entre os principais órgãos.....	20
Figura 3	Ciclo da Perda de Adenina Nucleotídio pela deaminação.....	24
Figura 4	Pico de potência ( A ) em curva de potência obtida durante o Exercício de 30 segundos .....	41
Figura 5	Potência média ( linha tracejada ) em curva de potência obtida durante o Exercício de 30 segundos .....	42
Figura 6	Tempo para alcançar a potência pico (B) em curva de potência obtida durante o Want.....	43
Figura 7	Duração da potência pico (C) em curva de potência obtida durante o Want.....	44
Figura 8	Índice de fadiga (D) em curva de potência obtida durante o Want.....	45

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	01
1.1 – Capacidade anaeróbica .....	04
1.1.1 – Conceito .....	04
1.1.2 – Histórico.....	05
1.2 – A produção anaeróbica de energia.....	06
1.2.1 – A produção imediata de energia: sistema ATP-PC.....	06
1.2.2 – A produção de energia a curto prazo: sistema do ácido lático.....	07
1.3 – Testes para avaliação da capacidade e da potência anaeróbica.....	08
1.3.1 – O teste anaeróbico de Wingate.....	10
1.3.1.1 – Parâmetros de desempenho no teste de Wingate.....	11
1.3.1.2 – Carga utilizada no teste de Wingate.....	12
1.3.1.3 – Duração do teste.....	13
1.3.1.4 – Contribuição aeróbica no teste de Wingate.....	13
1.4 – Lactato.....	14
1.5 – Amônia.....	19
1.5.1 – A origem da amônia.....	19
1.5.2 – Amônia no músculo.....	23
1.5.3 – Ciclo da purina nucleotídeo (PNC).....	25
1.5.3.1 – Função do ciclo da purina nucleotídeo.....	26
1.5.4 – A amônia e o surgimento da fadiga durante o exercício supramáximo de curta duração e o submáximo de longa duração.....	27
1.6 – A relação entre a produção de lactato e amônia no músculo ativo.....	28
1.7 - Objetivos do estudo.....	30
1.8 – Justificativa.....	30
1.9 - Hipóteses de estudo.....	31
1.10 – Delimitações do estudo.....	32
1.11 – Limitações do estudo.....	32
<b>2 – MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	33
2.1 - Cuidados éticos .....	33
2.2 – Caracterização do estudo.....	33
2.3 – Amostra.....	34
2.4 – Delineamento experimental.....	35

2.5 – Definição das variáveis.....	35
2.5.1 – Variáveis de desempenho.....	35
2.5.1.1 – Potência pico (Ppico).....	35
2.5.1.2 – Potência média (Pmédia).....	35
2.5.1.3 – Índice de fadiga (I.F.).....	36
2.5.1.4 – Tempo para alcançar a potência pico (Tppico).....	36
2.5.1.5 – Duração da potência pico (Dppico).....	36
2.5.2 – Variáveis fisiológicas.....	37
2.5.2.1 – Concentração sangüínea de lactato.....	37
2.5.2.2 – Concentração sangüínea de amônia.....	37
2.6 – Descrição dos protocolos .....	37
2.7 - Equipamentos.....	38
<b>3 - RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
3.1 - Voluntários .....	40
3.2 – Variáveis de desempenho.....	40
3.2.1 – Potência pico durante o teste de Wingate .....	40
3.2.2 - Potência média durante o teste de Wingate .....	41
3.2.3 – Trabalho total durante o teste de Wingate .....	42
3.2.4 – Tempo para alcançar a potência pico durante o teste de Wingate .....	43
3.2.5 – Duração da potência pico durante o teste de Wingate .....	43
3.2.6 – Índice de fadiga durante o teste de Wingate .....	44
3.2.7 – Duração do percurso durante o exercício de 300 metros.....	45
3.2.8 – Velocidade média do percurso durante o exercício de 300 metros.....	46
3.3 – Variáveis fisiológicas.....	46
3.3.1 – Concentração de lactato sangüíneo durante o teste de Wingate e o exercício de 300 metros .....	46
3.3.2 - Concentrações de amônia sangüínea durante o teste de Wingate e o exercício de 300 metros.....	49
<b>4 - DISCUSSÃO .....</b>	<b>52</b>
4.1 – Potência pico.....	52
4.2 – Potência média.....	53
4.3 – Índice de fadiga.....	54
4.4 – Tempo para potência pico (Tppico) e duração da potência pico (Dppico).....	55
4.5 – Lactato.....	55

4.6 – Amônia.....	59
<b>5 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>62</b>
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>7 - ANEXOS .....</b>	<b>71</b>
ANEXO A – Aprovação do projeto pelo Comitê de Ética da Universidade Positivo.....	71
ANEXO B – Consentimento pós-informado.....	72
ANEXO C – Questionário PAR-Q.....	75
ANEXO D – Recomendações gerais.....	76

## LISTA DE ABREVIATURAS

ADP – Difosfato de adenosina

AMP – Monofosfato de adenosina

ATP – Trifosfato de adenosina

ATPase – Trifosfato de adenosina: enzima que quebra o ATP para ADP e fosfato inorgânico

CTA – Capacidade de trabalho anaeróbico

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

Dc – Densidade corporal

Dppico – Duração da potência pico

FC – Frequência cardíaca

H<sup>+</sup> - Íon de hidrogênio

H<sub>2</sub>O – Água

HIE – Hiperamonemia induzida pelo exercício

IMP – Monofosfato de inosina

La - Lactato

LDH – Lactato desidrogenase

NH<sub>3</sub> – Amônia

NAD<sup>+</sup> - Nicotinamida-adenina dinucleotídio (forma oxidada)

NADH – Nicotinamida-adenina dinucleotídio (forma reduzida)

PC - Fosfocreatina

PFK – Fosfofrutocinase

P<sub>i</sub> – Fosfato inorgânico

Pmédia – Potência média

PNC – Ciclo da purina nucleotídio

Ppico – Potência pico

RPM – Rotações por minuto

SNC – Sistema nervoso central

Tr. Total – Trabalho total

T<sub>ppico</sub> – Tempo para alcançar a potência pico

URA – Umidade relativa do ar

VO<sub>2 max</sub> – Consumo máximo de oxigênio

W – watts

Want – Teste de Wingate

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi comparar as concentrações máximas de amônia e lactato sangüíneo, associadas ao desempenho no teste de Wingate e em exercício supramáximo de 300 metros, realizado em fotocélulas.

Participaram do estudo 11 voluntários do sexo masculino, com faixa etária de 17,4 anos. Cada voluntário participou de 2 tratamentos experimentais. Os voluntários realizaram também uma familiarização de três dias consecutivos.

No dia de comparecimento experimental, o voluntário permanecia 15 minutos sentado e após, realizava o aquecimento. Em seguida, ficava em repouso por 1 minuto no cicloergômetro ou em frente as fotocélulas e então, realizava o experimento.

Os dados de desempenho foram registrados durante o Want e calculadas a partir de um software acoplado no cicloergômetro, já a duração do percurso e a velocidade média foram registradas durante os 300 metros a partir de barreiras fotoelétricas. As variáveis lactato sangüíneo e amônia sangüínea foram medidas após o término do protocolo e analisadas através de um espectrofotômetro.

O lactato sangüíneo apresentou diferença estatisticamente no repouso entre os protocolos, sendo maior nos 300 metros ( $p < 0.05$ ). Para a amônia sangüínea os resultados foram diferentes estatisticamente no repouso, sendo maior no Want.

Os protocolos Want e o exercício de 300 metros não foram diferentes entre si, indicando que os fatores fisiológicos envolvidos no desempenho em ambos os protocolos parecem ser, pelo menos em parte, os mesmos.

## ABSTRACT

The objective of this study was to compare maximum concentrations of blood ammonia and blood lactate during the 30 second Wingate test (Want) and in a subjective maximum intensity exercise, of 300 meters duration, on a photocells. Eleven male volunteers participated with an average age of 17.4 years and 11.68 of fat. The volunteers prepared for the tests during three consecutive days by pedaling 5 minutes at 50 rpm (50W) with a 1 kg load and by doing two sprints of 7 seconds at the beginning of the third and fourth minute. Each volunteer sat for 15 minutes and then did a warm-up similar to the preparation phase exercise. After a one minute rest the volunteer executed the tests (Want and 300 m). The data obtained on the measured variables (Time to reach Peak Power (Tp), Peak Power (Pp), Duration of Peak Power (Dp), Average Power (Pav) and Fatigue Index (FI)) were registered during each test. The variables of blood lactate (minute 1, 3, 5 and 7) and blood ammonia (minute 1, 4 and 7) were measured and analyzed at the end of each test with a spectrophotometer.

The blood lactate and ammonia presented a significant concentration at the rest level. The blood lactate and ammonia did not present statistical differences in any of the trials. The results indicate that the Want and 300 m tests produced different results, even though the physiological factors involved in the performance of both tests appeared to be basically the same.

Key Words: lactate; ammonia; soccer; anaerobic test



## 1. INTRODUÇÃO

O desempenho em diversas modalidades esportivas com características de alta intensidade e curta duração tem sido considerado como resultante da potência muscular e da capacidade anaeróbia.

A potência muscular envolvida nos esportes de alta intensidade caracteriza-se pela produção de grandes quantidades de trabalho em curtos períodos de tempo. A capacidade anaeróbia pode ser definida como a maior quantidade de energia ressintetizada através do metabolismo anaeróbio, com a quebra das reservas de fosfocreatina (PC) ou com a glicólise anaeróbia (GREENHAFF et al., 1993).

Por estarem diretamente ligadas ao desempenho esportivo, a potência e a capacidade anaeróbia têm despertado o interesse dos pesquisadores para a compreensão dos fatores envolvidos na produção de energia pelas vias anaeróbias (ZAJAC et al., 1999).

Parâmetros utilizados para estimar a capacidade anaeróbia vão desde as dosagens das reservas de adenosina trifosfato (ATP) e da fosfocreatina (PC), do glicogênio muscular, dos níveis de lactato e da amônia sangüínea (BULBULIAN et al., 1996) até o desempenho em vários testes de campo e laboratoriais, desenvolvidos para calcular a capacidade anaeróbia de atletas (GRANIER et al., 1995; COOKE et al., 1997).

O teste mais utilizado em diversos laboratórios tem sido o teste de Wingate (Want) de 30 segundos (DOTAN & BAR-OR, 1983; PATTON et al., 1985; FROESE & HOUSTON, 1987; MAUD & SHULTZ, 1989; SMITH & HILL, 1991; BULBULIAN et al., 1996; BEDIZ et al., 1998), por avaliar o desempenho em atividades predominantemente anaeróbias e examinar as respostas ao exercício supramáximo. O teste de Wingate, desenvolvido por BAR-OR (1974) tem sido considerado de simples aplicação, tendo um custo operacional baixo e necessitando de poucos equipamentos. Além disso, não se trata de um teste invasivo, podendo ser utilizado na avaliação de grande parte da população sadia, inclusive crianças. O Want tem sido qualificado como objetivo, confiável, válido e sensível à melhora ou deterioração da capacidade anaeróbia (BEDIZ et al., 1998).

No Want, a maior parte da energia provém das vias anaeróbias, alática e glicolítica lática, embora uma certa quantidade da ressíntese do ATP também provenha das vias aeróbias. Segundo GRANIER et al., (1995) o desempenho no Want tem mostrado ser dependente da energia liberada nos processos aeróbios e anaeróbios, uma vez que a

duração deste exercício é curta para a exaustão do sistema de energia anaeróbio e longo o suficiente para ocorrer a contribuição do metabolismo aeróbio. Alguns estudos (SMITH & HILL, 1991; BEDIZ et al., 1998; ZAJAC et al., 1999) indicam que, durante os 30 segundos do *Went*, a contribuição do sistema alático seria de 28%, do sistema glicolítico seria de 56% e da contribuição aeróbia seria de 16%. Porém, a magnitude dessa contribuição aeróbia parece ser variável, apresentando oscilações entre 9% e 44% (STEVENS et al., 1986; KAVANAGH & JACOBS, 1988; SERRESSE et al., 1988; MEDBO & TABATA, 1989; GRANIER et al., 1995).

Durante atividades físicas contínuas em intensidade subjetiva máxima de curta duração, a ativação relativamente lenta da fosforilação oxidativa resulta em renovação insuficiente de ATP e com isso não consegue suprir as necessidades energéticas para a contração muscular. Neste caso, a utilização de energia em condições anaeróbias é essencial para a continuidade do exercício intenso (MAUGHAN et al., 2000). Essa energia “extra” é proporcionada em grande parte pelos fosfatos de alta energia ATP e PC, que se encontram armazenados dentro do músculo e são ativados durante o exercício (GREENHAFF et al., 1993).

O sistema ATP-PC tem capacidade limitada – a quantidade de energia é pequena, suficiente para realizar cerca de 5 a 6 segundos de exercícios de alta intensidade (McARDLE et al., 1998). A partir deste tempo, se nenhuma outra fonte de energia estiver disponível para o músculo, a fadiga ocorrerá.

Os fosfatos de alta energia devem ser ressintetizados continuamente, para que o exercício supramáximo possa continuar além de um curto período de tempo (GREENHAFF et al., 1993).

Para as reações da glicólise anaeróbia ocorrerem, o piruvato ou lactato deve ser removidos: em exercício de baixa intensidade, o piruvato é convertido em dióxido de carbono e água por meio de metabolismo oxidativo na mitocôndria; porém, em exercício de alta intensidade, o piruvato é removido pela conversão para lactato, anaerobiamente.

Nestas condições anaeróbias, os estoques de glicogênio muscular são depletados rapidamente, resultando numa taxa alta de formação de lactato: parte do lactato difunde-se para fora das fibras musculares, onde foi produzido, e aparece no sangue (MORTON, 2006;VANDEWALLE et al., 1987).

MARGARIA et al. (1976), usaram valores de lactato sanguíneo para estimar a energia liberada via produção láctica. DI PRAMPERO (1981) tem discutido que o acúmulo de lactato dentro do corpo durante um exercício curto é quantitativamente relacionado com o nível de ácido láctico muscular produzido durante o exercício vários minutos após o exercício. Quando essas hipóteses se encontram, o lactato máximo é considerado fornecer uma medida quantitativa confiável da capacidade láctica.

Uma grande parte, mas não toda, do estoque de glicogênio muscular pode ser utilizada para a produção de energia pela via anaeróbia durante esse tipo de exercício e irá suprir uma parte das necessidades energéticas para esforços de intensidade máxima (GREENHAFF et al., 1993). O problema é que esta alternativa se mantém, apenas por poucos segundos antes de começar a declinar.

A ressíntese oxidativa e anaeróbia do ATP não devem ser consideradas independentes uma da outra, sendo que, conforme a duração do exercício aumenta, a liberação de energia pela via anaeróbia diminui, enquanto a da via aeróbia aumenta (MAUGHAN et al., 2000).

Durante o exercício máximo existe ATP suficiente para realizar cerca de 2 segundos de contração. Como há uma diminuição da carga energética no início da contração (declínio momentâneo do ATP e aumento do ADP (adenosina difosfato) e do AMP (adenosina monofosfato) acelera-se tanto a ressíntese anaeróbia quanto a oxidativa do ATP, acarretando num aumento da taxa de suprimento de energia de acordo com a demanda aumentada.

SAHLIN & KATZ (1993) explicaram que um aumento no ADP associado com o AMP, ativará a AMP deaminase e resultará no aumento da formação de IMP (inosina monofosfato) e amônia. A deaminação do AMP ocorrerá em condições de baixa carga energética, e a remoção do AMP resultará em um aumento na carga energética.

A deaminação do AMP pode contribuir para o controle da glicólise durante o exercício pela produção de amônia, como um ativador da PFK (fosfofrutocinase) e um regulador dos níveis de adenina nucleotídeo, o qual regulam a PFK (LOWESNTEIN, 1972; DUDLEY et al., 1983; BUONO et al., 1984; ITOH & OHKUWA, 1990).

Os dados são consistentes com a idéia de que a deaminação do AMP ocorre durante o exercício intenso quando a capacidade de refosforilação do ADP é diminuída e então um desequilíbrio entre as taxas de utilização do ATP e ressíntese de ATP ocorre e dessa forma

a amônia torna-se uma variável quantitativa importante do metabolismo anaeróbio (MEYER & TERJUNG, 1980; 1983; BANISTER et al., 1983; DUDLEY et al., 1983; FLANAGAN et al., 1986; HARRIS & DUDLEY, 1989; BANISTER & CAMERON, 1990; SAHLIN & BROBERG, 1990; ITOH & OHKUWA, 1991; GRAHAN et al., 1992; SNOW et al., 1992; URHAUSEN & KINDERMANN, 1992; SEWELL et al., 1994).

Análises fisiológicas realizadas em diferentes fases de 5 segundos do Want indicam a predominância da quebra do ATP-PC nos primeiros 10 segundos e a dominância da glicólise anaeróbia a partir dos 10 segundos até os 30 segundos de esforço máximo (ZAJAC et al., 1999). Já JACOBS et al. (1983), observou aumento considerável nas concentrações de lactato sangüíneo, em relação ao repouso, após 5 segundos de exercício supramáximo.

À partir destas informações, vários pesquisadores (JACOBS et al., 1983; MANNING et al., 1988; MAUD & SHULTZ, 1989; LINOSSIER et al., 1993; BEDIZ et al., 1998; ZAJAC et al., 1999) têm desenvolvido diferentes protocolos para a avaliação da capacidade anaeróbia de 5, 15 e 45 segundos de duração, na tentativa de diminuir a contribuição aeróbia e o desconforto provocados pelo Want. Até o momento, não se chegou a uma conclusão sobre qual seria o melhor protocolo para se medir e avaliar a capacidade anaeróbia.

## **1.1 Capacidade anaeróbia**

### **1.1.1 Conceito**

O músculo esquelético pode gerar trabalho, sem o uso imediato de oxigênio, como consequência de sua habilidade em obter também energia anaerobiamente (MAUGHAN et al., 2000).

Essa obtenção rápida de energia pela via anaeróbia é essencial para manter o desempenho nas atividades físicas que envolvem velocidade e em outros tipos de exercícios “explosivos” como, por exemplo, o levantamento de peso (McARDLE et al., 1998).

A ressíntese anaeróbia do ATP ocorre via hidrólise dos fosfatos de alta energia (fosfocreatina e adenina nucleotídeo) e o catabolismo anaeróbio dos carboidratos

(glicogenólise/glicólise). O total de ATP ressintetizado via degradação de fosfocreatina (PC) durante a atividade física é definida como capacidade alática. A obtenção de energia pela via alática é derivada da rápida quebra dos estoques de ATP e PC no músculo e a obtenção de energia pela via láctica origina-se do final da glicólise anaeróbia e a formação do ácido láctico (BANGSBO, 1997).

A soma das duas capacidades, alática e láctica, produz a capacidade anaeróbia, definida como a quantidade máxima de ATP ressintetizado através do metabolismo anaeróbio durante um exercício máximo de curta duração (GREEN & DAWSON, 1993).

Os conceitos referentes à capacidade anaeróbia e a potência muscular máxima são controversos e ainda não se chegou a um consenso entre os pesquisadores. Portanto, consideramos aqui, como capacidade anaeróbia e a potência pico, a definição de ROBERGS & ROBERTS (1996), que define a capacidade anaeróbia como sendo a capacidade do músculo em ressintetizar o ATP através das vias não mitocôndriais durante um exercício supramáximo e a potência pico como sendo a potência mecânica durante o exercício pela contração muscular.

### **1.1.2 Histórico**

Um esforço considerável de pesquisadores tem objetivado o estudo da potência pico e da capacidade de metabolismo anaeróbio em humanos (GREEN & DAWSON, 1993). As adaptações fisiológicas e metabólicas que ocorrem durante o exercício prolongado, têm sido extensivamente documentadas nos últimos 20 anos. Existe, entretanto, uma reduzida quantidade de informações quanto às respostas de humanos ao exercício máximo de curta duração (WHITTLESEY et al., 1996). Uma explicação para essa disparidade na quantidade de informações disponíveis sobre capacidade aeróbia e capacidade anaeróbia pode estar na ausência de um protocolo de exercício supramáximo aceitável e métodos de avaliação para as respostas metabólicas durante este tipo de exercício. Vários pesquisadores se envolveram em estudos com a quantificação da produção de energia anaeróbia (CHEETHAM et al., 1986; SERRESSE et al., 1988; BANGSBO, 1997).

A motivação dessas pesquisas originou-se de estudos concluídos no início deste século e que tiveram sua continuação através de vários grupos de pesquisadores europeus

entre 1950 e 1970. Segundo PATTON et al. (1985), o desenvolvimento de métodos para se medir a capacidade anaeróbia do músculo esquelético em gerar potência, durante o exercício subjetivo máximo de curta duração, têm recebido considerável atenção.

Desse esforço dos pesquisadores originou-se o reconhecimento de que a potência pico e a capacidade anaeróbia são importantes no desempenho de exercícios de curta duração, caracterizados pela geração e/ou manutenção de uma alta potência.

## **1.2 A produção anaeróbia de energia**

### **1.2.1 A produção imediata de energia : sistema ATP-CP**

Os exercícios físicos de curta duração e alta intensidade exigem uma transformação imediata e rápida de energia química em energia mecânica. Essa energia química é proporcionada quase que exclusivamente pelos fosfatos de alta energia ATP-PC armazenados dentro dos músculos ativados durante o exercício (GREENHAFF et al., 1993). O ATP é degradado através da ação da enzima ATPase para ADP e fosfato inorgânico ( $P_i$ ), de modo a fornecer energia para a atividade muscular.

A PC é quebrada enzimaticamente para creatina e fosfato e a energia liberada é transferida para o ADP, ressintetizando o ATP. A propriedade mais importante do ATP e da PC é ser um estoque de energia imediatamente disponível para o músculo. Segundo SERRESSE et al. (1989), o exercício só pode ser suportado pela transformação contínua de substratos no sentido de produzir moléculas de ATP essenciais para a contração muscular. As variações de intensidade e duração do exercício estão intimamente ligadas aos eventos da ressíntese de ATP no músculo esquelético. A transformação de energia no músculo com o objetivo de sustentar o nível de ATP necessita de uma alta demanda de substrato durante um exercício supramáximo de curta duração. HIRVONEN et al., (1987) afirmam que a energia química disponível para trabalho mecânico nos músculos é o ATP, mas esse é um suprimento limitado, que durante o trabalho muscular necessita continuamente de ser ressintetizado. Durante o trabalho intenso, a energia necessária excede o suprimento pelas vias aeróbias. A energia precisa, então, ser obtida através das vias anaeróbias, com a quebra da fosfocreatina e da glicólise anaeróbia.

Para MANNING et al. (1988), o desempenho anaeróbio, que envolve principalmente exercícios supramáximos de curta duração, tais como saltos e corrida de 100 metros, depende dos estoques de fosfatos de alta energia no músculo. A habilidade de usar esses estoques rapidamente pode ser considerada como a potência anaeróbia. Isto é, a capacidade do músculo em gerar a força máxima possível durante um curto período de tempo.

SERRESSE et al., (1988) concordam que exercícios de alta intensidade e curta duração utilizam energia predominantemente através dos sistemas imediatos (ATP-PC) e a curto prazo (glicólise anaeróbia). A soma total desta energia disponível através das vias imediata e de curto prazo é limitada e o suficiente apenas para manter alguns minutos do exercício. A capacidade máxima de obtenção imediata de energia em adultos sedentários seria por volta de 45 kJ, com uma potência máxima estimada em cerca de 300 kJ/min. A segunda via anaeróbia, a glicólise como lactato no produto final, teria uma potência estimada por volta de 150 kJ/min. em homens sedentários e uma capacidade total de 200 kJ. A glicólise anaeróbia seria ativada, entretanto, antes da depleção total das reservas de ATP e PC.

### **1.2.2 A produção de energia a curto prazo: o sistema do ácido láctico**

As reservas celulares de ATP devem ser ressintetizadas continuamente, em um ritmo rápido, para que o exercício extenuante possa continuar além de um curto período de tempo. Em um exercício intenso, a energia para fosforilar o ADP provém principalmente do glicogênio muscular, degradado através da glicólise anaeróbia, o que resulta na formação de ácido láctico (GREENHAFF et al., 1993). A ativação do sistema glicolítico ocorre quase que instantaneamente no início do exercício. Nos exercícios de alta intensidade, os estoques de glicogênio muscular são quebrados com rapidez com uma taxa respectivamente alta de formação de ácido láctico (MAUGHAN et al., 2000).

Em contraste com a potência pico, que pode ser avaliada pelo decréscimo das concentrações de ATP e PC no músculo em exercício, a capacidade anaeróbia tem provado ao longo do tempo, ter um metabólito difícil de se avaliar ou determinar com precisão quantitativamente e qualitativamente a capacidade anaeróbia (PATTON et al., 1985, BENECK, et al., 2007; PONORAC, et al., 2007).

### 1.3 Testes para avaliação da capacidade e da potência anaeróbia

Os testes de capacidade anaeróbia podem ser classificados de acordo com sua possibilidade de quantificar a capacidade anaeróbia ou de produzir uma estimativa do trabalho da capacidade anaeróbia.

Uma possibilidade para a quantificação da produção de energia anaeróbia durante o exercício intenso e dinâmico seria a análise de amostras de tecido muscular obtidas antes e após o esforço. Baseados no decréscimo das concentrações de PC e ATP no músculo, assim como no acúmulo de metabólitos como piruvato e lactato, a produção de energia anaeróbia através da biópsia muscular tem sido determinada. No entanto, com os dados obtidos através de biópsias musculares se torna difícil determinar o total de energia anaeróbia movimentada durante um exercício completo, tal como o ciclismo, uma vez que a massa e a atividade dos músculos envolvidos não sejam conhecidas, sendo que a resposta metabólica da amostra de tecido muscular analisada pode não ser representativa de todos os músculos envolvidos no exercício. Além disso, a quantificação da produção de energia anaeróbia através da biópsia muscular é subestimada (VANDEWALLE et al., 1987; CALBET et al., 1997).

SERRESSE et al., (1988) afirmaram que os testes máximo de curta duração têm geralmente sido usados para calcular a potência e a capacidade anaeróbia. Contudo, a hipótese da anaerobiose é quase que estritamente encontrada com desempenhos entre 10 a 30 segundos e provavelmente esta hipótese não será sustentada em testes com durações inferiores a 50-90 segundos.

Para HIRVONEN et al. (1987), durante o trabalho muscular anaeróbio a fadiga muscular é causada pelo acúmulo de íons hidrogênio ( $H^+$ ), os quais inibem a produção de energia pela via glicolítica, com a inibição da ação enzimática reguladora da velocidade das reações. Acredita-se que a enzima PFK seja reguladora do fluxo glicolítico. Portanto, a sua concentração e atividade depende a velocidade de produção de energia, através da glicólise anaeróbia (GREENHAFF et al. 1993).

A relativa contribuição da capacidade alática e láctica para a capacidade anaeróbia gerada durante um exercício exaustivo durante vários minutos (2-3 minutos) seria de aproximadamente 20% e 80% respectivamente. Com o início do exercício, o ATP muscular e as concentrações de PC são altas ( $30 \text{ mmol.kg}^{-1}$ ); até a exaustão eles seriam



reduzidos a 20% e 80% de suas concentrações iniciais, respectivamente. As concentrações de ATP e PC no músculo seriam basicamente inalteradas por qualquer tipo de treinamento (SALTIN, 1987).

GRATAS-DELAMARCHE et al., (1993) sugerem que, em velocistas, as vias anaeróbias aláticas podem ter uma contribuição maior do que as vias glicolíticas no desempenho de um exercício supramáximo, como o *Went*.

A importância das capacidades alática e láctica no desempenho irão variar de acordo com a intensidade e duração do exercício. A capacidade alática será importante em atividades caracterizadas pela manutenção da produção de potência máxima entre 5 e 15 segundos. Entretanto, a capacidade láctica e os mecanismos que a determinam passam a ser mais importantes com o transcorrer da atividade máxima (15 segundos a 3 minutos) (MAUGHAN et al., 2000).

A capacidade anaeróbia (alática e láctica), por si, somente será importante em eventos durante os quais pode ser completamente maximizada (800 metros do atletismo, 1000 metros do ciclismo e 100 metros da natação).

A produção rápida de trabalho mecânico, que seria primeiramente dependente da capacidade anaeróbia, pode ser utilizada como medida indireta da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA). Esta CTA pode ser definida como a quantidade total de trabalho realizado durante um curto trabalho exaustivo, o qual é de uma intensidade suficiente para maximizar a produção de ATP via metabolismo anaeróbio, dado que sua utilização excede a capacidade do metabolismo oxidativo (GREEN & DAWSON, 1993).

McLELLAN et al. (1989), durante um esforço máximo de 30 segundos, o resultado seria um decréscimo no ATP, PC, glicogênio intramuscular e um pronunciado aumento nas concentrações de lactato. O grande aumento no lactato sanguíneo e o decréscimo no pH sanguíneo têm sido relatados em consequência de um exercício supramáximo de 30 segundos. Essas alterações nos metabólitos intramusculares e sanguíneos refletem uma contribuição substancial de energia que provém de vias anaeróbias da demanda total de ATP durante o exercício máximo de curta duração (GREENHAFF et al., 1993).

### 1.3.1 O teste anaeróbio de Wingate

O Want foi desenvolvido pelo Departamento de Pesquisa e Medicina Desportiva do Instituto Wingate de Educação Física e Esportes de Israel, durante o ano de 1970. Desde a sua criação, o teste tem sido usado em vários laboratórios para avaliar o desempenho anaeróbio e na análise de respostas ao exercício supramáximo (CHEETHAM et al., 1986; BAR-OR, 1987). Para SERRESSE et al. (1989), o Want é visto como o teste mais popular de potência pico e de capacidade anaeróbia. Segundo FROESE & HOUSTON, (1987) o Want tem sido empregado largamente para avaliar o desempenho muscular anaeróbio durante exercícios supramáximos de curta duração, baseado em alterações significativas nos metabólitos musculares, como lactato, durante o teste.

De acordo com PATTON et al. (1985), o teste é considerado simples de administrar e por isso tem aumentado sua popularidade na avaliação da capacidade anaeróbia, pois tem um custo operacional baixo e necessita de equipamentos pouco sofisticados, tais como um cicloergômetro mecânico. Além disso, não é invasivo, avalia o desempenho muscular de forma indireta, é possível de ser administrado para grande parte da população, incluindo crianças e é qualificado como objetivo, confiável, válido e sensível à melhora ou à deterioração do desempenho anaeróbio.

HILL, (1993) e BULBULIAN et al. (1996), afirmam que o Want é comumente usado por representar a capacidade anaeróbia. Já SMITH e HILL, (1991) dizem que o Want é usado na avaliação da potência pico e capacidade anaeróbia. INBAR, DOTAN e BAR-OR, (1976) mostraram que aproximadamente 80 % da produção de energia no Want é anaeróbia. Em contrapartida, BEDIZ et al. (1998), afirmam que, embora o Want apresente uma porção predominante de produção de energia via metabolismo anaeróbio, o teste mobilizaria uma porção considerável de energia via metabolismo aeróbio. Segundo (SIEGLER et al., 2006; SONDS et al., 2004; MEDBO & TABATA, 1989; GRANIER et al., 1995) o Want parece não ser um teste próprio para a capacidade anaeróbia, pois não é um teste exaustivo o suficiente para a avaliação deste parâmetro.

JACOBS et al. (1983), sugeriram que o Want seria sensível à melhora da potência anaeróbia máxima. Entretanto, por causa de sua curta duração, foi alertado para a possibilidade de que este teste possa não refletir adequadamente a capacidade máxima do metabolismo anaeróbio dos membros inferiores. Um dado que suporta essa teoria seria o

fato que as concentrações máximas de lactato muscular após o Want são consideradas menores do que as concentrações máximas de lactato em protocolos superiores a 30 segundos (45 a 90 segundos). ZAJAC et al. (1999), em seu estudo, afirmam que o Want não seria a melhor opção para diagnosticar a potência pico, embora a potência pico ocorra em 5 a 6 segundos do início do teste e seja sustentada por não mais que 3-4 segundos. Segundo estes autores, o Want deveria ser utilizado com o objetivo de calcular a capacidade anaeróbia e a tolerância ao lactato. Com isso, justifica-se a aplicação de uma versão mais curta do Want com o objetivo de calcular a potência pico.

### **1.3.1.1 Parâmetros de desempenho no teste de Wingate**

Existem vários parâmetros para se avaliar o desempenho no Want, mas os três principais são: *potência pico*, considerada como a maior potência realizada durante o teste, geralmente alcançada no início do teste entre os segundos 2-5; *potência média*, considerada como a potência que é sustentada durante os 30 segundos do teste; e o *índice de fadiga*, que é o decréscimo da maior potência registrada (potência pico) até o término do teste.

Durante a execução do teste o objetivo seria de produzir uma alta potência e induzir o desenvolvimento da fadiga. A potência pico procura refletir os processos anaeróbios aláticos, sendo que a potência média permitiria uma inferência sobre a taxa de glicólise anaeróbia no músculo (BAR-OR, 1997).

HILL e SMITH, (1991) afirmam que existem características no ritmo circadiano (24 horas) que auxiliam nas respostas para se avaliar o exercício e o desempenho físico. Uma possível influência sobre a capacidade anaeróbia e a potência anaeróbia não tem sido investigada, sendo esta a proposta dos pesquisadores em verificar tais influências. Eles concluíram que houve uma forte evidência da influência do ritmo circadiano sobre a capacidade anaeróbia, com uma amplitude de 1,1 kJ, tendo um pequeno aumento pela manhã e picos entre 16:00 e 22:00 horas. Portanto, existiria um ritmo circadiano para a capacidade anaeróbia e para a potência anaeróbia, tendo uma amplitude variando entre 6 a 9 %.

### 1.3.1.2 Carga utilizada no teste de Wingate

A escolha da carga para a execução do teste é de importância fundamental para que as potências pico e média possam ser alcançadas. Os valores de carga para se alcançar o melhor desempenho ainda são contraditórios (LILJEJAHN et al., 1996). Segundo BAR-OR (1987), a carga sugerida pelo grupo do Instituto Wingate é de  $75 \text{ g.kg}^{-1}$  da massa corporal. Esta carga é equivalente para o trabalho mecânico de 4,41J para cada rotação do pedal por kg de massa corporal. Segundo DOTAN e BAR-OR, (1983) a carga original  $75 \text{ g.kg}^{-1}$  resulta em altos valores de produção de potência pico e trabalho total realizado. Porém, estes valores foram determinados baseados em estudos com um grupo de jovens não atletas, ou seja, com a utilização de uma amostra limitada no estudo.

McLELLAN et al., (1989) colocam que a carga predeterminada pelo grupo Wingate não representaria uma carga ideal para produzir altas potências de pico e média durante os 30 segundos. Assumindo que a taxa de glicogenólise muscular como combustível aumenta com a maior potência média em função de uma carga ideal, com isto, é possível que a carga predeterminada no Want não consiga uma ativação máxima da glicogenólise muscular durante o Want.

Já DOTAN e BAR-OR (1983), testando alunos de educação física obtiveram como carga ideal  $87 \text{ g.kg}^{-1}$  da massa corporal, que corresponde a 5,13J para cada rotação do pedal por kg de massa corporal.

Segundo BAR-OR, (1987) a carga necessária para produzir uma alta potência pico e média estaria em torno de 20 a 30% maior que o sugerido pelo grupo do Instituto Wingate,  $90 \text{ g.kg}^{-1}$  para adultos não atletas e  $100 \text{ g.kg}^{-1}$  para adultos atletas. Esta escolha vai depender do nível de treinamento dos voluntários, devendo ser maior para adultos do que para crianças e maior para homens que para mulheres.

Para BEDIZ et al. (1998), a carga sugerida originalmente ( $75 \text{ g.kg}^{-1}$ ), tem sido considerada muito baixa para adultos. DOTAN e BAR-OR, (1983) observaram através dos seus resultados que a carga ideal para o Want em adultos seria de  $87 \text{ g.kg}^{-1}$ . Para PATTON et al. (1985), variações consideráveis ocorrem em adultos que praticam modalidades de resistência na produção de potência máxima, quando comparados com velocistas. Entretanto, a carga não pode ser confiável utilizando medidas antropométricas da massa corporal ou do volume da coxa. A carga na qual foram atingidos os maiores valores sobre a

potência pico e média foi de  $95 \text{ g.kg}^{-1}$ . FROESE e HOUSTON, (1987) demonstram em seu estudo que uma maior potência pico pode ser obtida com uma carga superior à proposta pelo grupo Wingate.

### **1.3.1.3 Duração do teste**

O teste de Want foi originalmente baseado em um teste de 30 segundos no cicloergômetro. A escolha desta duração teve como principais considerações as observações piloto nas quais protocolos de 30, 45 e 60 segundos foram comparados e baseado nos dados da glicogenólise anaeróbia apresentados por MARGARIA et al., (1969).

SMITH & HILL, (1991) por outro lado, afirmam que o Want seria muito curto para quantificar a capacidade glicolítica ou anaeróbia e, portanto, seus valores serão subestimados. Para MAUD e SHULTZ, (1989) a duração do teste para determinar a potência anaeróbia têm sido baseada na opinião que a produção máxima de ácido láctico pode ser alcançada dentro de um período de 40 segundos (MARGARIA et al., 1969).

Segundo ZAJAC et al., (1999) durante o teste de 30 segundos, fatores psicológicos influenciariam a intensidade máxima, como se os atletas estivessem atentos às conseqüências fisiológicas e diminuíssem a estimulação do sistema neuromuscular e, dessa forma, não completariam seu potencial. Talvez uma barreira psicológica seja criada pelos voluntários no intuito de se protegerem da exaustão na fase glicolítica final do esforço.

Portanto, ainda não existe um consenso entre os pesquisadores quanto à melhor duração do teste e vários protocolos têm sido desenvolvidos na tentativa de alcançar a duração ideal, sendo que um dos problemas é que a terminologia utilizada nos testes não chegou a um consenso e, por isso, a comparação dos protocolos se torna difícil.

### **1.3.1.4 Contribuição aeróbia no teste de Wingate**

HILL e SMITH (1992), utilizando diferentes valores para eficiência mecânica encontraram uma variação entre 14,4 a 28,6 % de contribuição aeróbia durante os 30 segundos do Want e embasados em seus resultados puderam concluir que o teste de 30 segundos teria uma proporção significativa de ATP regenerado pela via aeróbia. SMITH e

HILL (1991), sugerem que, durante os 30 segundos do Want, 56 % da energia proviria da glicólise, 28 % dos estoques de ATP-PC e 16 % das vias aeróbias. Contudo, uma alta contribuição glicolítica ocorre durante os últimos 15 segundos. Para BEDIZ et al. (1998), uma certa quantidade de energia provem de vias aeróbias, sendo a contribuição aeróbia no teste e variando entre 13 e 46 %. Entretanto, não existe um consenso na contribuição aeróbia durante exercícios supramáximos de curta duração de até 45 segundos, como o Want, por problemas metodológicos.

A razão para esta controvérsia na contribuição aeróbia pode ser que este tipo de estimativa requer certas hipóteses, por exemplo, escolha da eficiência mecânica e da rede de consumo de oxigênio, e estes estudos não utilizaram hipóteses similares, bem como, a carga utilizada no teste diferencia de um estudo para o outro o que dificulta as comparações e suas conclusões. No estudo de HILL, (1991) a contribuição aeróbia durante o teste variou de 12,7 a 24,3 %. Segundo os resultados de GRANIER et al., (1995) a contribuição aeróbia variou de 19 % para os velocistas e 46 % para os fundistas. KAVANAGH e JACOBS, (1988) em seus experimentos encontraram 9,4 a 18,5 % de contribuição aeróbia. McLELLAN et al. (1989), por outro lado, uma importante contribuição relativa de energia provém de vias aeróbias da demanda total de energia, mas não está definida durante o exercício máximo de curta duração.

A relativa contribuição das vias anaeróbias podem exceder 20 % da demanda total de energia durante os 30 segundos supramáximos do teste. SERRESSE et al., (1988) concorda com o fato de que durante o exercício máximo de curta duração, alguma parte do ATP regenerado provém da oxidação de substratos. Então, estimar a contribuição relativa de cada sistema de energia em andamento nos testes anaeróbios é uma tarefa complexa e pode exigir várias hipóteses.

## **1.4 Lactato**

Os processos de degradação dos carboidratos sem o envolvimento de oxigênio são chamados de processos anaeróbios. A degradação da glicose é denominada glicólise, enquanto a do glicogênio, glicogenólise. O termo glicólise é convenientemente utilizado para ambos os processos, já que compartilham uma via comum nos primeiros passos. A

glicólise converte uma molécula de glicose com seis carbonos em duas moléculas com três carbonos; o produto final da fase anaeróbia da glicólise é o piruvato, enquanto o produto final da fase aeróbia da glicólise é o  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (GREENHAFF et al., 1993; ROBERGS & ROBERTS, 1996; McARDLE et al., 1998; MAUGHAN et al., 2000, MORTON, 2006).

A glicólise pode ser considerada a conversão de uma molécula de glicose em duas moléculas de lactato, com o saldo de duas moléculas de ATP e a conversão de duas moléculas de  $\text{NAD}^+$  em NADH. Embora a quantidade de energia produzida seja relativamente pequena, a rápida velocidade com que a glicólise acontece, permite que a energia suprida dessa maneira seja crucial para a realização de exercício intenso (GREENHAFF et al., 1993; MAUGHAN et al., 2000).

Durante o exercício extenuante, quando as demandas energéticas ultrapassam tanto o suprimento de oxigênio quanto o seu ritmo de utilização, a velocidade de produção de hidrogênio somado ao NADH ultrapassa a velocidade com que pode ser processado através da cadeia respiratória. Nas condições de glicólise anaeróbia,  $\text{NAD}^+$  é gerada à medida que pares de hidrogênio “excessivos” se combinam com o piruvato em uma etapa adicional catalisada pela enzima desidrogenase láctica (LDH) e com isso tem-se a formação de ácido láctico (McARDLE, 1998). A figura 01 mostra esquematicamente as reações da glicólise (MAUGHAN et al., 2000)

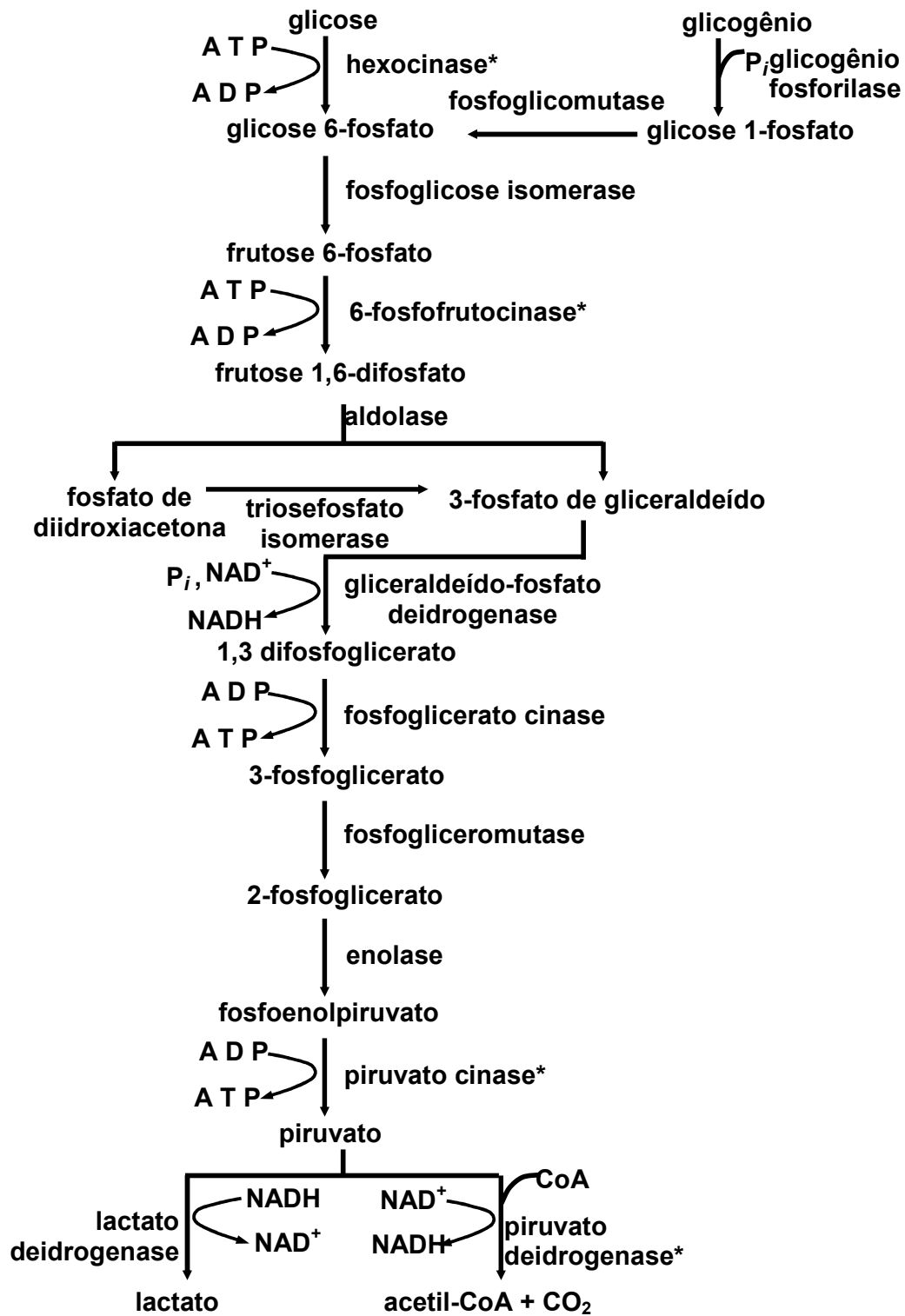


Figura 01. As reações da glicólise (MAUGHAN et al., 2000).



Depois que o ácido láctico forma-se no músculo, este é dissociado, sendo que o íon  $H^+$  é tamponado e, juntamente com o íon  $La^-$  difunde-se rapidamente para o sangue, e a seguir, é transportado a partir do local do metabolismo energético para fibras musculares adjacentes, fígado e coração (CHEETHAM et al., 1986).

Essa via glicolítica anaeróbia para a obtenção de energia “extra” é temporária, se a ressíntese do ATP não consegue acompanhar sua utilização, e assim a capacidade de realizar exercícios diminui.

As reações da glicólise ocorrem no citoplasma celular; o piruvato formado não é fosforilado e, conseqüentemente, fica livre para deixar a célula. Parte do piruvato escapa dos tecidos, como do músculo, quando a velocidade da glicólise é elevada, mas a maior parte é metabolizada. O destino do piruvato produzido pela glicólise durante a atividade física depende não somente de fatores como a intensidade do exercício mas também da capacidade metabólica do tecido (SALTIN et al., 1978).

A célula conta com dois processos para a oxidação do NADH e a regeneração do  $NAD^+$ . Um deles é a redução do piruvato para lactato, reação que apresenta a vantagem de poder ocorrer na ausência de oxigênio. O lactato pode se acumular nas células musculares, atingindo concentrações muito maiores do que aquelas obtidas por qualquer um dos intermediários glicolíticos. Quando isso ocorre, os íons de hidrogênio associados provocam diminuição do pH intracelular. Parte do lactato difunde-se para o espaço extracelular e, eventualmente, começa a se acumular no sangue (SAHLIN & KARLSSON, 1971).

O lactato que deixa a célula muscular é acompanhado por íons hidrogênio; estes podem consumir parte da capacidade de tamponamento do espaço extracelular pois, de outra forma, fariam com que o pH intracelular fosse diminuído ao ponto de interferir na função celular. O pH normal da célula muscular em repouso é de aproximadamente 7,1; mas pode diminuir para 6,5 ou para menos em exercícios de alta intensidade e curta duração, quando são formadas grandes quantidades de lactato. Como alguns íons hidrogênio são amortecidos pelos tampões intracelulares e extracelulares, o aumento de lactato e a diminuição do pH não estão relacionados de forma linear (MAUGHAN et al., 2000).

Embora os efeitos negativos da acidose resultante do acúmulo de lactato freqüentemente sejam destacados, vale lembrar que a energia disponibilizada pela glicólise

anaeróbia permite a realização de exercícios de alta intensidade, que de outra maneira seria impossível.

O ácido láctico, portanto, deve ser encarado como um produto metabólico, resultante de uma fonte valiosa de energia química (glicólise anaeróbia) que pode ser utilizada durante ambos períodos no exercício intenso.

Como os tecidos reutilizam continuamente o lactato produzido durante o exercício, o acúmulo de lactato no sangue pode subestimar de maneira significativa a produção de lactato sanguíneo durante o exercício. Como o ácido láctico é removido durante e após um exercício com um ritmo que varia entre os diferentes indivíduos, o lactato sanguíneo medido em um determinado momento, durante a recuperação, dificilmente fornecerá um quadro completo da capacidade do indivíduo em termos de metabolismo anaeróbio (McARDLE et al., 1998).

MARGARIA et al. (1969), usaram valores de lactato sanguíneo para estimar a energia liberada pela via glicolítica láctica. DI PRAMPERO, (1981) afirma que o acúmulo de lactato dentro do corpo durante um exercício curto é quantitativamente relacionado com o nível de ácido láctico muscular produzido durante o exercício vários minutos após o exercício. Quando essas hipóteses se encontram, o lactato sanguíneo máximo é considerado como um indicador capaz de fornecer uma medida quantitativa confiável da capacidade de metabolismo láctico.

Entretanto, para a avaliação da capacidade anaeróbia através do lactato sanguíneo máximo as coletas precisam ser consistentes entre os testes e realizadas durante uma recuperação passiva. Antes do teste, é necessário garantir que os sujeitos tenham recuperado completamente de testes ou treinos anteriores (48 a 72 horas) e que este período de recuperação seja padronizado para todas as sessões ou testes.

O lactato máximo tem sido usado para prover ambas medidas: qualitativas e quantitativas da capacidade anaeróbia em atletas e sedentários.

Entretanto, a validade do lactato máximo é sujeita a controvérsias e a precisão com a qual reflete a capacidade anaeróbia em desempenho máximo de curta duração tem sido questionada (SALTIN & KARLSSON, 1971).

SALTIN, (1987) questiona a validade da hipótese de usar o lactato máximo para quantificar a capacidade anaeróbia láctica e sugere que, embora uma grande parte do lactato produzido já tenha sido metabolizado após o exercício e o equilíbrio na distribuição do

lactato entre músculo e sangue tenha sido alcançado, a medida pode não ter precisão como uma estimativa da quantidade da capacidade láctica.

Para MUTCH & BANISTER, (1983) a acidose tecidual e o acúmulo de ácido láctico tem ocupado uma posição central em muitos modelos de fadiga. Quando os estoques de ATP no músculo não podem ser reabastecidos pelo metabolismo aeróbio, a glicólise anaeróbia pode ser acelerada na tentativa de providenciar energia e continuar o trabalho muscular. Isso ocorrendo, haverá impreterivelmente, um aumento do acúmulo de lactato.

HILL et al. (1924), citado por MUTCH & BANISTER, (1983) propuseram o íon hidrogênio como um elemento determinante da fadiga, quando eles observaram uma correlação consistente entre a taxa de recuperação da fadiga após a tetanização do músculo isolado e a taxa de desaparecimento do ácido láctico do músculo.

Esta hipótese, na qual têm dominado os pensamentos de alguns fisiologistas por mais de 50 anos, foi, entretanto, baseada originalmente em dados obtidos usando músculo de anfíbio. O papel do ácido láctico no desenvolvimento da fadiga tem sido extensivamente revisto na literatura (NIELSEN, 2006).

## **1.5 Amônia**

### **1.5.1 A origem da amônia**

Durante o processo digestivo normal em seres humanos, a produção de amônia provém da ingestão de proteína, produzida através da metabolização da proteína e da uréia e pela deaminação da glutamina, pela ação das bactérias do tracto gastrointestinal (BANISTER & CAMERON, 1990). Existem outros mecanismos de produção de amônia no fígado, músculo, intestino, tecido nervoso, cérebro, rins e células vermelhas.

Em repouso o músculo apresenta uma concentração de amônia próximo de zero, pois o fígado remove a amônia derivada do intestino para a excreção ou recirculação como uréia, creatina, glutamina e íon amônio. A atividade muscular torna-se o maior produtor de amônia, sendo ela proporcional ao trabalho realizado. O fígado (regulador da amônia sangüínea) parece não aumentar a taxa de extração de amônia ( $\cong 12-15 \text{ mmol.min}^{-1}$ ) durante o exercício, porque a diferença artério-venosa de amônia aumenta e o fluxo sangüíneo hepático, conseqüentemente diminui (BANISTER & CAMERON, 1990).

Este metabolismo complexo, inter-órgãos, desviando e excretando a produção de nitrogênio é mostrado na figura 2 (BANISTER & CAMERON, 1990).

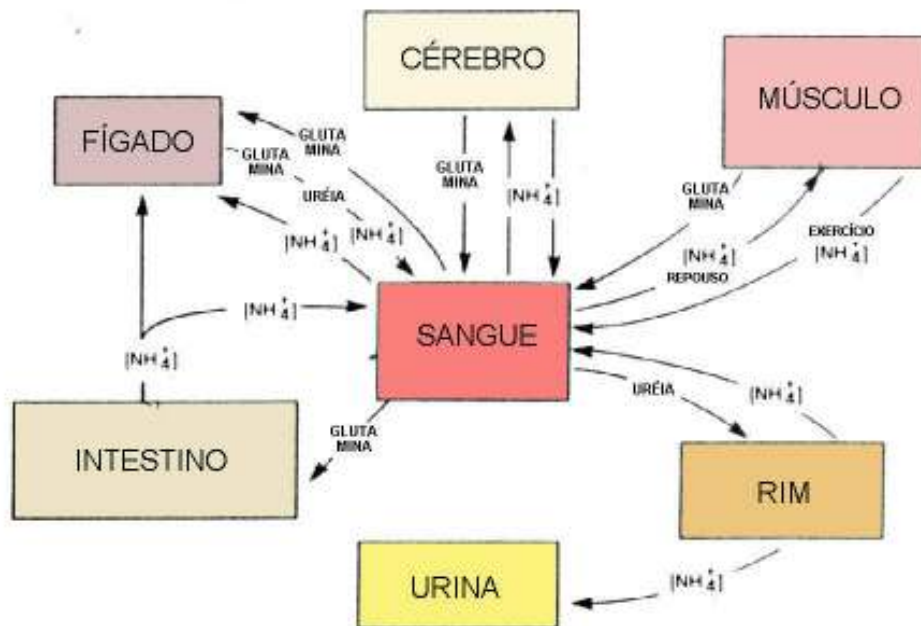


Figura 2. Excreção e circulação de amônia entre os principais órgãos. Adaptado de BANISTER & CAMERON, 1990.

Em sujeitos saudáveis, nenhuma alteração tem sido observada na concentração de amônia sanguínea após exercício moderado, porém, após o exercício supramáximo tem sido relatado aumentos de até 400 % na concentração de amônia.

O fato de que a amônia é produzida em maior quantidade durante o exercício intenso está bem documentado (WILKERSON et al., 1977; BABIJ et al., 1983; DUDLEY et al., 1983; BUONO et al., 1984; DUDLEY & TERJUNG, 1985; HARRIS & DUDLEY, 1989; BANISTER & CAMERON, 1990; HAGELOCH et al., 1990; ITOH & OHKUWA, 1991; SEWELL et al., 1994), porém isto não ocorre com os efeitos do exercício intenso na produção de amônia e sua relação com outras vias de metabolismo em seres humanos (BABIJ et al., 1983).

O surgimento da amônia que aparece no sangue durante o exercício máximo de curta duração origina-se da deaminação do AMP para IMP no músculo. Esta reação ocorre na via metabólica denominada Ciclo da Purina Nucleotídico (PNC) e é catalisada pela enzima AMP deaminase; este ciclo é também ativado no cérebro (MEYER & TERJUNG,

1980; BABIJ et al., 1983; BANISTER et al., 1983; DUDLEY et al., 1983; BUONO et al., 1984; DUDLEY & TERJUNG, 1985; FLANAGAN et al., 1986; HARRIS & DUDLEY, 1989; BANISTER & CAMERON, 1990; SAHLIN & BROBERG, 1990; WEICKER et al., 1990; ITOH & OHKUWA, 1991; SNOW et al., 1992; URHAUSEN & KINDERMANN, 1992; GRAHAN et al., 1993; SEWELL et al., 1994; STATHIS et al., 1994). A enzima AMP deaminase é ativada por um ambiente no músculo em exercício diferente em relação ao repouso. Isto inclui uma elevação na concentração de ADP, AMP e um pH ácido (LOWESTEIN, 1972; BABIJ et al., 1983; TERJUNG & DUDLEY, 1985; HARRIS & DUDLEY, 1989; BROUNS et al., 1990; SAHLIN & BROBERG, 1990; WEICKER et al., 1990). Existem poucos argumentos para se afirmar que as características cinéticas das enzimas, catalisadas em cada passo da PNC no músculo são alteradas, quando as condições fisiológicas divergem daquelas em repouso (BANISTER & CAMERON, 1990). Antes de se chegar à PNC, há um processo, o da liberação de energia através do ATP.

A produção de amônia será maior quando a taxa de utilização do ATP exceder a taxa de ressíntese, como durante um exercício intenso (DUDLEY et al., 1983). Para (DUDLEY et al., 1983; SAHLIN & KATZ, 1993) a contração muscular converte energia química em energia cinética. A imediata energia produzida para a contração muscular derivada da hidrólise do ATP para ADP, sendo que a taxa de ressíntese do ATP aumenta aproximadamente 300 vezes quando muda-se do repouso para a contração máxima e esta transição pode ocorrer dentro de poucos segundos.

Logo, uma pequena carga energética envolvida na ressíntese de ATP será acelerada, e as reações envolvidas na utilização de ATP serão inibidas. Em contrapartida, uma alta carga energética será diminuída na ressíntese de ATP e as reações para utilização de ATP serão estimuladas.

Durante o exercício máximo existe ATP suficiente para realizar alguns segundos de contração. As concentrações de ATP, ADP e AMP, podem ser utilizadas para se calcular a carga energética da célula e precisam estar em equilíbrio. Como há uma diminuição da carga energética no início da contração (declínio momentâneo do ATP e aumento do ADP e do AMP) acelera-se tanto a ressíntese anaeróbia quanto a oxidativa do ATP, acarretando num aumento da taxa de suprimento de energia de acordo com a demanda aumentada. Se a

carga energética continuar a diminuir, a degradação do ATP será inibida, isto é, o músculo apresentará fadiga e débito de trabalho (DUDLEY & TERJUNG, 1985).

Quando a carga energética aumentar ou diminuir em relação ao seu estado constante (em repouso = 0,90 – 0,95), o ATP, o ADP e o AMP atuarão como ativadores alostéricos ou inibidores das reações enzimáticas envolvidas na degradação e utilização da fosfocreatina, dos carboidratos e das gorduras (WEICKER et al., 1990).

É importante estabelecer a diferenciação entre a carga energética e a reserva total de adenilato do músculo (soma das concentrações intracelulares de ATP, ADP e AMP). Sabe-se que a reserva total de adenilato pode diminuir rapidamente se a concentração de AMP da célula começar a aumentar durante a geração de força muscular. Esse declínio ocorre sobretudo pela deaminação do AMP em IMP e também pela desfosforilação do AMP em adenosina. Inicialmente a perda do AMP pode parecer contraprodutiva por causa da redução da reserva total de adenilato, no entanto, deve ser observado que a deaminação do AMP em IMP somente ocorre em condições de baixa carga energética e, por meio da prevenção do acúmulo excessivo de ADP e AMP, permite-se que as reações de adenilato cinase continuem, resultando num aumento da carga energética e continuação da contração. Além disso, a energia livre da hidrólise de ATP diminui quando há acúmulo de ADP e  $P_i$ , o que pode comprometer ainda mais a contração. Por essas razões, foi sugerido que a perda de adenina nucleotídeo é importante para a função muscular durante condições de desequilíbrio, como por exemplo, durante o exercício máximo quando as reservas de glicogênio são depletadas.

SAHLIN et al. (1978) explicaram a importância da reação do AMP deaminase durante o exercício, para manter alta a carga energética na célula e para manter uma alta energia livre na hidrolização do fosfato. Na ausência desta ação o próprio ATP teria que ser regenerado com uma taxa suficiente para manter uma carga energética alta, ocorrendo através da glicólise e com uma alta formação de lactato.

SAHLIN e KATZ (1993) explicaram que um aumento no ADP associado com o AMP, ativará a AMP deaminase e resultará no aumento da formação de IMP e amônia. A deaminação do AMP ocorrerá em condições de baixa carga energética, e a remoção do AMP resultará em um aumento na carga energética.

### **1.5.2 Amônia no músculo**

GRAHAM et al. (1993) sugeriram que os músculos em repouso e/ou os pulmões são os maiores removedores de amônia do organismo durante a recuperação de um exercício intenso.

Durante o exercício a perda de adenina nucleotídeo do músculo pode ocorrer de duas maneiras: primeiro ocorre a deaminação do AMP em IMP e amônia; segundo, ocorre a desfosforilação do AMP em adenosina (FLANAGAN et al., 1986). O IMP e a adenosina ainda podem ser degradados em inosina e hipoxantina. O músculo não possui as enzimas necessárias para converter a hipoxantina em inosina e uma vez formada, a hipoxantina tende a deixar o músculo e é eventualmente convertida em ácido úrico no fígado, que tende a ser excretado pelos rins. A figura 3 mostra o ciclo da perda de adenina nucleotídeo pela deaminação e pela desfosforilação (MAUGHAN et al., 2000).

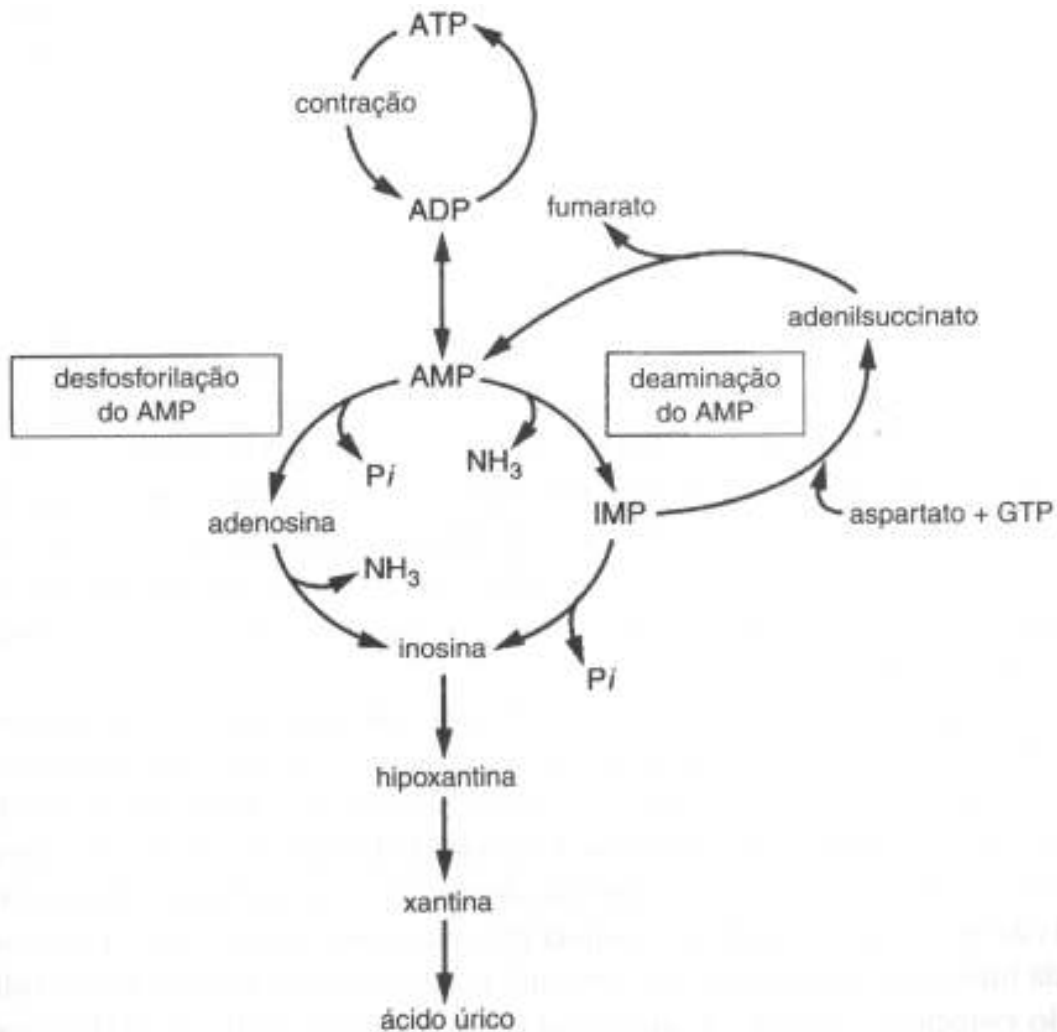
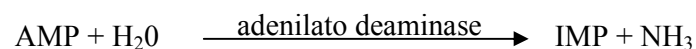


FIGURA 3 Ciclo da perda de adenina nucleotídeo pela deaminação (ciclo da purina nucleotídeo) ou desfosforilação. Adaptado de MAUGHAN et al., 2000).

A descoberta da enzima adenilato deaminase por SCHMIDT em 1928, foi sugerida pelo reconhecimento de que ela catalisa a reação responsável pela maior produção de amônia no músculo, então:



O íon amônio é um dos muitos fatores que ativam a PFK, que é inibida pelos níveis fisiológicos de ATP com valores de pH abaixo de 7,1. É provável que a acidose associada com o rápido acúmulo de ácido láctico dentro da célula seja um fator importante na ativação



da AMP deaminase e, com isso, induz a um rápido aumento na concentração de amônia (DUDLEY & TERJUNG, 1985).

LOWENSTEIN (1990) mostrou que, no músculo, a produção de amônia provinha do aspartato que acarreta num consumo de ATP e numa contração muscular. A conversão do aspartato para amônia e fumarato ocorre por um processo cíclico o qual termina com a PNC.

A amônia têm diversos efeitos nas reações bioquímicas como: aumenta a taxa do fluxo de metabólitos através da glicólise e aumenta diretamente a atividade da PFK, uma das enzimas que limitam a taxa de glicólise, sem alterar o pH (MUTCH & BANISTER, 1983).

### **1.5.3 Ciclo da purina nucleotídeo (PNC)**

A deaminação do AMP em IMP e a reaminação subsequente do IMP constitui o ciclo da purina nucleotídeo (PNC). Como citado, ocorre a perda da adenina nucleotídeo durante a contração muscular intensa numa tentativa de permitir que as reações de adenilato cinase continuem e, dessa forma, mantenham uma carga energética elevada. Foi demonstrado que essa perda está coordenada com os aumentos das concentrações de IMP e de  $\text{NH}_3$ . É por essa razão que o surgimento da amônia e da hipoxantina no plasma freqüentemente é utilizado como indicador não-invasivo da perda de adenina nucleotídeo durante o exercício, sendo que a principal via de perda de adenina nucleotídeo no músculo seria através da deaminação do AMP em IMP e amônia.

As reações que formam o ciclo da purina nucleotídeo são apresentadas na figura 3 (pág.32).

Essas três reações estão confinadas ao citossol muscular e são catalisadas pela AMP deaminase, adenilsuccinato sintetase e adenilsuccinato liase. O ciclo pode ser convenientemente dividido em vias de deaminação e da reaminação (FLANAGAN et al., 1986).

Sabe-se que o músculo em contração produz IMP e amônia pela deaminação do AMP, sendo essa reação irreversível e catalisada pela AMP deaminase. A atividade da enzima também é pH dependente, mas a ligação da AMP deaminase à miosina ainda pode ocorrer na ausência de acidose. No entanto, a diminuição da carga energética durante o

exercício intenso, junto com a acidose induzida pelo exercício (devida à produção de ácido láctico), resulta na ativação da enzima e na formação de IMP e amônia.

A via da reaminação do ciclo da purina nucleotídio é catalisada pela adenilsuccinato sintetase e pela adenilsuccinato liase. A adenilsuccinato sintetase catalisa a formação de adenilsuccinato a partir do IMP, aspartato e trifosfato de adenosina.

Parece que o papel da reaminação no ciclo da purina difere conforme as condições metabólicas prevalentes. Por exemplo, durante a contração muscular intensa, está claro que a deaminação domina e que a reaminação seria contraprodutiva.

Existe uma estreita associação entre a perda de adenina nucleotídio do músculo e o desenvolvimento da fadiga durante exercício intenso de curta duração, indicando que a deaminação do AMP está implicada no desenvolvimento da fadiga. Talvez essa associação reflita meramente na falha da liberação de energia pela hidrólise da fosfocreatina, glicólise e da fosforilação oxidativa para satisfazer as demandas da geração de força muscular, resultando num aumento do ADP e do AMP (diminuição da carga energética celular), ativação da AMP deaminase e, finalmente, desenvolvimento da fadiga devido à ausência local de ATP e/ou devido ao acúmulo de ADP (MAUGHAN et al., 2000).

Tem sido demonstrado por mais de 50 anos que a contração muscular produz amônia e que a maior via de produção de amônia no músculo durante o exercício intenso é a deaminação do AMP.

A atividade da AMP deaminase é pH-dependente mostrando um aumento na atividade quando o pH diminui de 7,0 até 6,5–6,2 (SAHLIN & BROBERG, 1990).

### **1.5.3.1 Função do ciclo da purina nucleotídio**

A PNC pode ter várias funções fisiológicas na contração muscular, entre elas:

- Manutenção da relação entre ATP/ADP pela regulação dos níveis relativos de AMP, ADP e ATP através da remoção do AMP para IMP;
- Regulação da atividade da PFK pela elevação da amônia;
- Regulação da atividade da fosforilase b pelo acúmulo de IMP;
- Reabastecimento do ciclo do ácido cítrico pela produção de fumarato;
- Deaminação de aminoácidos no metabolismo oxidativo;

- Regulação da glicogenólise através do acúmulo de IMP (DUDLEY & TERJUNG, 1985; SAHLIN & KATZ, 1993).

#### **1.5.4 A amônia e o surgimento da fadiga durante o exercício supramáximo de curta duração e o submáximo de longa duração**

A relação entre trabalho muscular e a produção de amônia é estudada desde 1920 (MUTCH & BANISTER, 1983; LOWESTEIN, 1990). Desde aquele tempo, tem-se relatado na literatura da fisiologia do exercício que a concentração de amônia sangüínea provocada pelo exercício muscular estaria associada com a fadiga (LOWENSTEIN, 1972; BANISTER et al., 1983; MUTCH & BANISTER, 1983; BANISTER & CAMERON, 1990; BROUNS et al., 1990; HAGELOCH et al., 1990; SAHLIN & BROBERG, 1990; URHAUSEN & KINDERMANN, 1992; BOUCKAERT & PANNIER, 1995; LANGFORT et al., 2004; FISCHER, et al., 2007).

Está bem documentado que a amônia atravessa a barreira hemato-encefálica, o que causaria um efeito tóxico no sistema nervoso central (SNC) (BANISTER & CAMERON, 1990).

Os mecanismos envolvidos com a hiperamonemia induzida pelo exercício (HIE) são a ação dos músculos (produção), o transporte pelo sangue (circulação) e a remoção pelo fígado (desintoxicação). Então, o sangue parece ser um importante compartimento de estoque, com a função de, temporariamente, transportar e redistribuir a amônia no plasma. Se os meios de remoção da amônia do sangue tornarem-se limitados durante o exercício em razão do decréscimo do fluxo sangüíneo para órgãos vitais ou pela saturação de sua capacidade de remoção, uma pequena proteção deveria permanecer no cérebro contra o aumento da quantidade de amônia (BANISTER & CAMERON, 1990; SAHLIN & KATZ, 1993).

Desde 1960, a produção de amônia e a possível conseqüência metabólica do acúmulo no músculo, sangue e cérebro durante o exercício intenso têm despertado o interesse dos pesquisadores (BROUNS et al., 1990).

A amônia é um importante produto metabólico no metabolismo endógeno cerebral; quando ela é absorvida pelo tecido cerebral em grandes doses e em alta velocidade, ou em conjugação com uma elevação estabelecida existem mecanismos endógenos de

desintoxicação que são incapazes de conter o aumento de amônia (BANISTER & CAMERON, 1990).

O cérebro torna-se então, exposto à toxicidade do excesso de amônia, podendo ter os seguintes efeitos: redução do metabolismo e utilização de ATP em regiões críticas no cérebro; ruptura de estruturas neurais finas; aumento nas taxas de lactato e piruvato, e um aumento no pH cerebral (BANISTER & CAMERON, 1990).

Os níveis de amônia sangüínea em seres humanos em exercício aumenta exponencialmente com uma carga de trabalho acima de 60-70 % do  $VO_2$ max. Porém a produção de amônia deverá ser menor com uma intensidade de trabalho moderada e principalmente quando as fibras musculares do tipo oxidativas forem as mais recrutadas (WILKERSON et al., 1977; DUDLEY et al., 1983; DUDLEY & TERJUNG, 1985; BROUNS et al., 1990; WEICKER et al., 1990; ITOH & OHKUWA, 1990; HAGELOCH et al., 1990; SAHLIN & BROBERG, 1990).

Durante um exercício intenso envolvendo um grande recrutamento de fibras musculares do tipo glicolítica, realizado no cicloergômetro e na esteira, observou-se a elevação da amônia sangüínea em seres humanos, sendo que essas elevações estão relacionadas, ao tipo de exercício, sua intensidade e duração (BABIJ et al., 1983; DUDLEY et al., 1983; BUONO et al., 1984; HARRIS & DUDLEY, 1989; BANISTER & CAMERON, 1990; SAHLIN & BROBERG, 1990; WEICKER et al., 1990; ITOH & OHKUWA, 1991; URHAUSEN & KINDERMANN, 1992; SAHLIN & KATZ, 1993; BOUCKAERT & PANNIER, 1995).

A questão a ser discutida é se o exercício intenso, como uma sobrecarga severa, seria suficiente para elevar a concentração de amônia para níveis tóxicos e se este aumento, seria o responsável pelo desenvolvimento da fadiga e da exaustão física em um exercício supramáximo de curta duração.

## **1.6 A relação entre a produção de lactato e amônia no músculo ativo**

As concentrações de amônia e lactato sangüíneo em ratos se exercitando são proporcionais mas em seres humanos os resultados são conflitantes (DUDLEY et al., 1983; BANISTER & CAMERON, 1990).

(LOWESNTEIN, 1972; WILKERSON et al., 1977; DUDLEY et al., 1983; BUONO et al., 1984; ITOH & OHKUWA, 1990; PRADO, 1996; PRADO, 1997; PRADO, 1998; PRADO, 1999), baseados em seus resultados, encontraram uma correlação significativa entre amônia e lactato após o exercício supramáximo. A deaminação do AMP pode contribuir para o controle da glicólise durante o exercício pela produção de amônia, como um ativador da PFK e um regulador dos níveis de adenina nucleotídico, o qual regulam a PFK. Apesar da correlação encontrada nestes estudos serem consistentes com essa proposta, não está claro se a deaminação do AMP seria essencial para o controle da glicólise ou se este processo é um simples co-ativador nestas condições.

BANISTER et al. (1983); BABIJ et al. (1983), afirmam que a concentração de amônia no sangue está fortemente correlacionada com a concentração de lactato durante o exercício progressivo.

Em contrapartida, (GRAHAN et al., 1987; SAHLIN & BROBERG, 1990; URHAUSEN & KINDERMANN, 1992) não encontraram nenhuma correlação entre lactato e amônia em seus estudos.

Já SEWELL et al. (1994) sugerem a existência de um limiar para a diminuição da adenina nucleotídico em relação ao aumento de lactato. Um comportamento curvilíneo no acúmulo de amônia plasmática acima de 14.0 mmol/l de lactato aproximadamente no presente estudo, evidencia provavelmente, um aumento na atividade da AMP deaminase. Essas relações lineares foram observadas como resultado do exercício máximo em 3 diferentes durações (15, 30 e 45 segundos).

Entretanto, BROBERG e SAHLIN (1988) mostraram que as concentrações de amônia no sangue ou no músculo podem ser independentes do metabolismo do lactato durante o exercício prolongado, em função do metabolismo dos aminoácidos ser a principal “fonte” de amônia neste tipo de exercício. Porém, poucas informações são disponíveis quanto a relação entre a concentração máxima de amônia e lactato após exercício máximo de curta duração (45 segundos).

SAHLIN e KATZ (1993) relataram que durante o exercício intenso o estado de energia do músculo será diminuído (aumento no ADP e AMP), e haverá o acúmulo do ácido láctico muscular e o pH diminuirá. Todas estas reações ocorrerão juntas. Várias evidências indicam que a deaminação do AMP é ativada pela acidose. Então, está bem documentado que existe uma correlação entre amônia e lactato no sangue, como no

músculo, durante o exercício. Os dados são consistentes com a idéia de que a deaminação do AMP ocorre durante o exercício intenso, quando a capacidade de refosforilação do ADP é diminuída e então um desequilíbrio entre as taxas de utilização do ATP e ressíntese de ATP ocorre. Então, ocorreria a deaminação do AMP que pode estar associada à acidose, mas não seria exclusivamente acionada por ela.

Diante disso, o objetivo do presente estudo é de verificar as variáveis bioquímicas (lactato e amônia sangüínea), associadas ao desempenho no teste de Wingate com um teste de capacidade anaeróbia de 300 metros em fotocélulas.

## **1.7 Objetivos do estudo**

O objetivo deste estudo foi o de comparar as concentrações máximas de amônia e do lactato sangüíneo e o desempenho no Want com um exercício de capacidade anaeróbia de 300 metros realizado com barreiras de fotocélulas a cada 30 metros.

## **1.8 Justificativa**

O Want têm sido validado e apresenta uma reprodutibilidade, sendo adequado em várias condições como: desidratação (JACOBS et al. 1980), motivação (GERON & INBAR, 1980) e condições ambientais (DOTAN & BAR-OR, 1983), sendo válido também para diversas populações (BAR-OR, 1987).

Entretanto, desde a criação do Want em 1974, várias modificações têm sido realizadas. Segundo BAR-OR (1987), mais pesquisas são necessárias para determinar uma carga ótima para atletas de várias modalidades, crianças e pessoas portadoras de doenças.

Com o avanço da tecnologia e o aperfeiçoamento de equipamentos e materiais, é possível aumentar a qualidade e profundidade das observações, tais como: tempo para alcançar a “potência pico” (Ppico), a duração da Ppico (Dppico), e a potência registrada em cada pedalada, com uma precisão muito maior.

Estudos futuros podem encontra um teste anaeróbio mais adequado ou uma duração ideal para o Want, particularmente quanto à contribuição aeróbia, o índice de fadiga, Ppico e um desconforto menor para o avaliado (DOTAN, 1987; JACOBS et al., 1983; BAR-OR, 1987; HIRVONEN et al., 1987; LINOSSIER et al., 1993; ZAJAC et al., 1999).

Vários pesquisadores têm questionado a magnitude da contribuição aeróbia no *Want*, que poderia variar de 9-19% (KAVANAGH et al. 1988), 28% (SERESSE et al. 1988), ou ser tão alta quanto 40 a 44% (STEVENS et al., 1986; MEDBO et al., 1989). Porém, estudos recentes (JACOBS et al., 1983; LINOSSIER et al., 1993; ZAJAC et al., 1999) relatam que exercícios supramáximos de 10, 15 e 45 segundos de duração apresentam uma elevação significativa na concentração de lactato sanguíneo, bem acima dos valores de repouso. Tais autores assumem que a depleção de fosfato proviria da glicogenólise anaeróbia, aumentando a produção de lactato no músculo ativo.

Em contraste, em um estudo onde sujeitos realizaram um exercício supramáximo, e baseado nas alterações metabólicas observadas em biópsia muscular, SALTIN & KARLSSON, (1971) relataram que somente após 10 segundos de exercício é que começaria a haver a glicogenólise anaeróbia, em contraste com a teoria de MARGARIA et al. (1969), que afirmam que a glicogenólise anaeróbia começaria após 5-6 segundos do início do exercício. Deve ser considerado, no entanto, que o estudo de Saltin & Karlsson foi realizado com a observação de apenas dois voluntários.

São raros os experimentos que reforçam estes achados e que tenham realizado análises das concentrações metabólicas de lactato e amônia sanguínea em humanos após exercícios de alta intensidade e de curta duração (5 a 45 segundos).

O presente estudo justifica-se por haver pouca informação que se proponha a elucidar as concentrações de lactato e amônia sanguínea durante exercício supramáximo de curta duração.

## **1.9 Hipóteses de estudo**

*Nula* - As concentrações de lactato (La) e amônia (NH<sub>3</sub>) sanguínea associadas ao desempenho de um exercício supramáximo de 300 metros são semelhantes às concentrações de La e NH<sub>3</sub> no *Want*.

*Alternativa* – As concentrações de lactato e amônia sanguínea associadas ao desempenho de um exercício supramáximo de 300 metros não são semelhantes às concentrações de La e NH<sub>3</sub> no *Want*.

### **1.10 Delimitações do estudo**

Os sujeitos utilizados no presente estudo foram jogadores de futebol, classificados em competições estadual e nacional, do sexo masculino, com idade variando de 17 a 18 anos e um tempo médio de prática na modalidade de 5 anos.

### **1.11 Limitações do estudo**

Foram caracterizados como limitações do presente estudo os seguintes itens :

- a) tipo de cicloergômetro.

O cicloergômetro utilizado neste estudo não permitiu ajustar o comprimento do pedal de acordo com o comprimento dos membros inferiores dos sujeitos. Com isso a distância do pedal era fixa para todos os voluntários, não respeitando, dessa forma, as distâncias entre as articulações dos membros inferiores;

- b) o percentual de esforço máximo de cada voluntário.

Como não foi realizada nenhuma medida direta ou indireta do consumo de oxigênio, não pode-se garantir que os voluntários realizaram os protocolos em esforços supramáximos ( $>100\%VO_2max.$ ) (BANGSBO, 1996; MEDBO, 1996; CALBET et al., 1997);



## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Cuidados éticos**

Foram tomados os seguintes cuidados éticos no presente estudo:

- a) antes da realização do estudo, foi encaminhado à comissão de ética em pesquisa da Universidade Positivo-UP o projeto para sua análise, tendo sido iniciado somente após aprovação de todos os procedimentos (Anexo A);
- b) os voluntários foram informados previamente do objetivo do estudo, tendo sido esclarecido todo o procedimento metodológico ao quais eles seriam submetidos. Foram também esclarecidos os benefícios e os possíveis riscos e desconfortos provenientes de sua participação;
- c) uma vez ciente de todos os procedimentos metodológicos, o voluntário recebeu um consentimento por escrito, no qual os pais deveriam assiná-lo, para a sua participação na pesquisa (Anexo B);
- d) foi explicado ao voluntário que ele teria total liberdade de, a qualquer momento, abandonar a pesquisa;
- e) foram tomadas as precauções no intuito de preservar a privacidade dos voluntários. Os resultados e todas as informações individuais foram mantidas em sigilo entre os pesquisadores e o voluntário;
- f) os critérios de interrupção do esforço foram rigorosamente observados. A saúde e o bem estar do voluntário estiveram sempre acima de qualquer outro interesse;
- g) todos os procedimentos quanto à higienização e desinfecção foram rigorosamente seguidos, segundo o manual de rotinas e procedimentos de higienização e desinfecção de equipamentos e vidrarias do Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física da UFMG.

### **2.2 Caracterização do estudo**

O presente estudo é caracterizado como pesquisa experimental, com o objetivo de analisar e comparar o desempenho em exercício supramáximo de curta duração e diferentes variáveis fisiológicas de voluntários do sexo masculino.

## 2.3 Amostra

A amostra deste estudo foi composta por onze (11) voluntários que foram convidados para participar do experimento, desde que atendessem às seguintes exigências:

- 1) ser do sexo masculino;
- 2) ser considerado sadio com base no questionário Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) (Anexo C) (ACSM, 1998);
- 3) Serem fisicamente ativos e estarem envolvidos em um programa de atividade física regular há pelo menos 3 anos.

Uma vez incluídos no estudo, os voluntários foram instruídos para abster-se de treinamento físico nas 48 horas que precediam os testes, assim como do consumo de qualquer substância que pudesse afetar o rendimento, tais como: álcool, café, refrigerante, chá e chocolate, e que não mudassem o seu hábito alimentar durante o período do estudo. Os testes foram realizados 2 horas após o voluntário ter ingerido 500 ml de água fria (ACSM, 1996). Todos os voluntários receberam as recomendações acima, por escrito, 1 (uma) semana antes da realização dos testes (Anexo D).

Durante a coleta de dados, o voluntário vestia calção, camiseta e tênis durante todos os procedimentos, para seu maior conforto. O posicionamento do selim e do guidom foi feito pelo próprio sujeito, considerando a posição em que se sentia mais confortável.

O voluntário recebia previamente os esclarecimentos sobre todos os procedimentos dos testes, com o objetivo de assegurar a boa execução em todas as suas etapas.

Cada voluntário compareceu ao laboratório seis vezes, sendo quatro vezes consecutivas e duas vezes com intervalos de 1 semana. Na primeira vez, os voluntários responderam o PAR-Q, um questionário preparado e validado pelo American College of Sports Medicine (ACSM), cujas informações podem indicar a necessidade ou não da realização de um exame médico prévio, bem como assinavam o termo de consentimento na presença de 2 (duas) testemunhas.

Após a assinatura do termo de consentimento, foram realizadas as medidas de massa corporal (kg), estatura (cm), percentual de gordura corporal, que foi avaliado pelo método de dobras cutâneas, utilizando-se a fórmula ( $Dc(g/cc)a = 1,112 - 0,00043499$  (somatória de 7 dobras) +  $0,00000055$  (somatória de 7 dobras)<sup>2</sup> -  $0,00028826$  (idade) e

densidade corporal para % gordura  $[(4,95/Dc) - 4,50] \times 100$  ) de JACKSON e POLLOCK(1978), citados por HEYWARD e STOLARCZYK (1996).

## **2.4 Delineamento experimental**

O delineamento experimental deste estudo foi composto por 2 grupos escolhidos de forma aleatória e randomizada. Para o tratamento estatístico, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas para as variáveis estudadas. As diferenças entre as médias foram comparadas através do teste t de Student, calculado pela diferença mínima significativa “post hoc”, com o nível de significância de 5%.

## **2.5 Definição das variáveis**

### **2.5.1 Variáveis de desempenho**

#### **2.5.1.1 Potência pico (Ppico)**

A potência pico, medida em watts, foi considerada como sendo a maior potência produzida durante toda a realização do protocolo, sendo alcançada geralmente entre os segundos 2 e 4 em ambos protocolos (INBAR, BAR-OR & SKINNER, 1996). A potência pico foi monitorizada e calculada pela fórmula  $F \times D/T$  através do software MCE<sup>®</sup>, onde:

- F é representada pela força (peso) colocada no cicloergômetro;
- D é a distância, calculada como 6 metros (distância de cada giro do pedal da bicicleta) multiplicada pelo ritmo de pedaladas por minuto;
- T é o tempo expresso em segundos.

#### **2.5.1.2 Potência média (Pmédia)**

A potência média foi monitorizada e calculada através do trabalho total (kJ) realizado pelo voluntário durante a execução dos protocolos através do software MCE<sup>®</sup>, onde foi transformada em watts, sendo:

- $1 \text{ kJ} = 0.23892 \text{ kcal}$
- $\text{kcal} = 426,4 \text{ kg-m/min}$
- $\text{Kg-m/min} = 6,118 \text{ watts}$

O resultado do trabalho total fornecido de acordo com o tempo do protocolo (30s) (INBAR, BAR-OR & SKINNER, 1996).

### **2.5.1.3 Índice de fadiga (I.F.)**

O índice de fadiga, medido em percentual (%), foi monitorizado e calculado através do ponto em que o voluntário atingiu a maior potência (potência pico) até a última potência registrada durante o protocolo através do software MCE<sup>®</sup> (INBAR, BAR-OR & SKINNER, 1996).

### **2.5.1.4 Tempo para alcançar a potência pico (Tppico)**

O tempo para alcançar a potência pico, medido em segundos (s), foi considerado como sendo o tempo em que o voluntário iniciou o exercício até o momento em que ele atingiu a maior potência, sendo monitorizado através do software MCE<sup>®</sup> (INBAR, BAR-OR & SKINNER, 1976).

### **2.5.1.5 Duração da potência pico (Dppico)**

A duração da potência pico, medido em segundos (s), foi considerada como sendo o tempo em que o voluntário permaneceu na maior potência, sendo monitorizada através do software MCE<sup>®</sup> (INBAR, BAR-OR & SKINNER, 1996).

## **2.5.2 Variáveis fisiológicas**

### **2.5.2.1 Concentração sanguínea de lactato**

Amostras de sangue (20  $\mu$ l) foram coletadas através de um microtúbulo Eppendorf (Alemanha), do lóbulo da orelha e imediatamente pipetadas sobre tiras reagentes e analisadas espectrofotograficamente pelo analisador de lactato sanguíneo portátil da marca Accusport (Boehringer Mannheim, Alemanha), em repouso (após 15 minutos) e 1, 3, 5 e 7 minutos após a conclusão do teste (JACOBS et al., 1987; ZAJAC et al., 1999).

### **2.5.2.2 Concentração sanguínea de amônia**

Amostras de sangue (20  $\mu$ l) foram coletadas através de um microtúbulo do lóbulo da orelha e imediatamente pipetadas em tiras reagentes e analisadas pelo analisador de amônia sanguínea portátil da marca Nobis (Alemanha), modelo Amônia Checker II, em repouso (após 15 minutos) e 1, 4 e 7 minutos após a conclusão do teste (ITOH & OHKUWA, 1991).

## **2.6 Descrição dos protocolos**

Durante três dias consecutivos os voluntários estiveram no laboratório com o objetivo de realizar a familiarização, a fim de habituar os voluntários, que consistia de: 5 minutos de exercício no cicloergômetro, com uma carga de 1 kg a 50 rpm (50 w), controlada por um medidor de cadência de pedaladas e 2 (dois) estímulos máximos de 7 (sete) segundos com a mesma carga realizados no início do terceiro e quarto minuto (DOTAN & BAR-OR, 1983).

Após esta familiarização os voluntários foram testados 2 (duas) vezes, sempre no mesmo horário entre as 15h até 18h, sendo a escolha dos protocolos 1 x 300 metros, sendo que a cada 30 metros havia um par de barreira fotoelétrica e 1 x 30 segundos (Want) realizada de forma aleatória e randomizada. A carga utilizada durante toda a execução do Want foi de 75 g/kg de massa corporal, tendo os seguintes procedimentos para ambos os

protocolos: 15 minutos em repouso, sentado em uma cadeira, após este repouso a 1ª coleta de sangue para dosagem de lactato e amônia sangüínea, ao realizar esta coleta o voluntário fez 5 minutos de aquecimento com 1 kg de carga a 50 rpm (50 w) com dois estímulos máximos de 7 segundos no terceiro e quarto minuto, tendo 1 minuto de repouso (na qual o voluntário permanecia no cicloergômetro ou próximo a barreira de largada (50 cm)) antes da execução do teste.

O voluntário era autorizado a iniciar o protocolo (1x300m ou 1x30s) com intensidade subjetiva máxima durante todo o protocolo, imediatamente ao terminar o exercício o voluntário era colocado em uma maca (decúbito dorsal) para realizar as coletas seguintes, 1 minuto após o término do exercício a 2ª coleta de sangue para dosagem de lactato sangüíneo e amônia sangüínea, 3 minutos após o término do exercício a 3ª coleta de sangue para dosagem de lactato sangüíneo, 4 minutos após o término do exercício a 4ª coleta de sangue para dosagem de amônia sangüínea, 5 minutos após o término do exercício a 5ª coleta de sangue para dosagem de lactato sangüíneo e 7 minutos após o término do exercício a 6ª coleta de sangue para dosagem de lactato sangüíneo e amônia sangüínea. Após todas as coletas de sangue, o voluntário permanecia deitado na maca durante 30 minutos aproximadamente para sua total recuperação.

## 2.7 Equipamentos

Foram utilizados neste estudo os seguintes equipamentos:

- Para análise do  $VO_2\text{max}$ , potência pico, potência média, tempo para alcançar a potência pico, duração da potência pico, índice de fadiga e familiarização:
  - 1 cicloergômetro computadorizado com software marca MCE<sup>®</sup>, pertencentes à Universidade Positivo-UP;
  - 2 frequencímetros marca Polar, modelo Vantage XLTM, pertencentes à Universidade Positivo-UP;
  - 1 metrônomo marca Quartz, modelo QT-3 (China), pertencente à Universidade Positivo-UP.
- Para análise do lactato sangüíneo:

- 2 espectrofotômetro marca Accusport (Boehringer Mannheim, Alemanha), para análise das amostras de sangue e obtenção dos valores de lactato dos voluntários, pertencentes à Universidade Positivo-UP;
- 110 tiras reagentes para dosagem do lactato sanguíneo, marca Boehringer Mannheim, modelo BM-Lactate (Alemanha).
- Para análise de amônia sanguínea:
  - 1 aparelho marca Nobis, modelo Amônia Checker II (Alemanha), para análise das amostras de sangue e obtenção dos valores de amônia dos voluntários, pertencentes à Universidade Positivo-UP;
  - 88 tiras reagentes para a dosagem da amônia sanguínea, marca Nobis, modelo NobiFlex Ammoniak (Alemanha).
- Para padronização da quantidade de sangue e punção no lóbulo da orelha:
  - 200 microtúbulos de 20 µl, marca intraMark (Alemanha).
  - 150 lancetas marca Feather (Japão).
- Para análise do percentual de gordura:
  - 1 plicômetro marca Lange (EUA), pertencente à Universidade Positivo-UP.
- Para análise do exercício de 300 metros:
  - 10 barreiras de fotocélulas, com software marca RUN<sup>®</sup>, pertencentes à Universidade Positivo-UP;
- Para análise das condições ambientais :
  - 1 aparelho de controle ambiental, marca WIBGET, modelo RSS-214 (EUA), pertencente à Universidade Positivo-UP.

### 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo serão apresentados em forma de média ( $\bar{X}$ ) e desvio padrão (s). O índice de significância estatística foi fixado em 5% ( $p < 0.05$ ).

#### 3.1 Voluntários

A avaliação das características antropométricas, e do percentual de gordura, demonstrou que os indivíduos estudados formaram um grupo homogêneo quanto ao nível de condicionamento aeróbio, idade, massa corporal e estatura (ver Tabela 1).

TABELA 1. Características antropométricas dos voluntários.

	Idade (anos)	Massa corp. (kg)	Estatura (cm)	Gordura (%)
$\bar{X}$	17,4	71,78	176,00	11,68
S	1,80	5,01	8,65	2,08
CV	0,22	0,12	0,05	0,22

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) das características antropométricas registradas; Gordura = percentual de gordura corporal.

Através das características antropométricas de composição corporal (11,68 % de percentual de gordura) apresentados pelo grupo estudado, pode-se verificar que se tratava de um grupo jovem e bem condicionado.

#### 3.2 Variáveis de desempenho

##### 3.2.1 Potência pico durante o teste de Wingate

Os dados relacionados à potência pico durante o Wingate (30 segundos) são apresentados abaixo. A tabela 2 apresenta os resultados da potência pico analisada durante o tratamento aplicado.



TABELA 2. Potência pico (Ppico) durante o Want.

	Want (watts)
X	888,73
S	98,38
CV	0,16

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) da Potência Pico no Want.

Durante o Want a potência pico alcançada foi de  $\bar{X} = 888,73 \pm 98,38$  watts. A figura 4 exemplifica a curva de potência obtida por um dos voluntários no teste de 30 segundos. O pico de potência é apontado pela seta A.

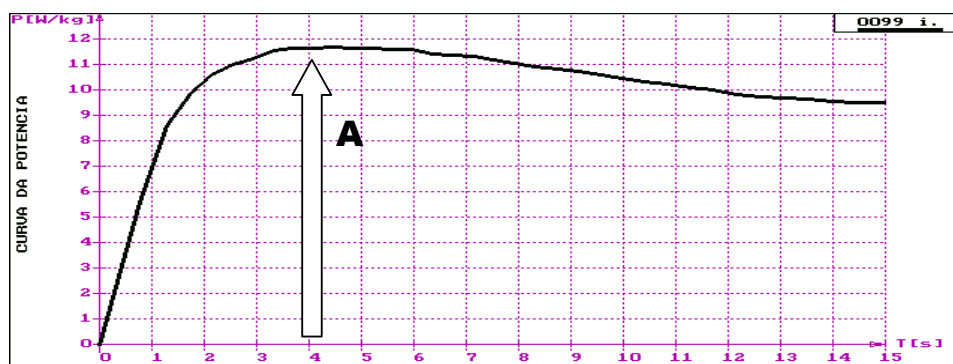


Figura 4- Pico de potência (A) em curva de potência obtida durante o exercício de 30 segundos.

### 3.2.2 Potência média durante o teste de Wingate

Os dados relacionados à potência média durante o Want (30 segundos) são apresentados abaixo. A tabela 3 apresenta os resultados das potências médias obtidas durante o Want.

TABELA 3. Potência média (Pmédia) durante o Want.

	Want (watts)
$\bar{X}$	730,36
S	62,08
CV	0,15

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) da potência média no teste de Wingate (Want).

A potência média medida durante Want foi de  $\bar{X} = 730,36 \pm 62,08$  watts. A figura 5 ilustra a curva de potência média obtida por um dos voluntários no exercício de 30 segundos. A potência média é apresentada pela linha tracejada.

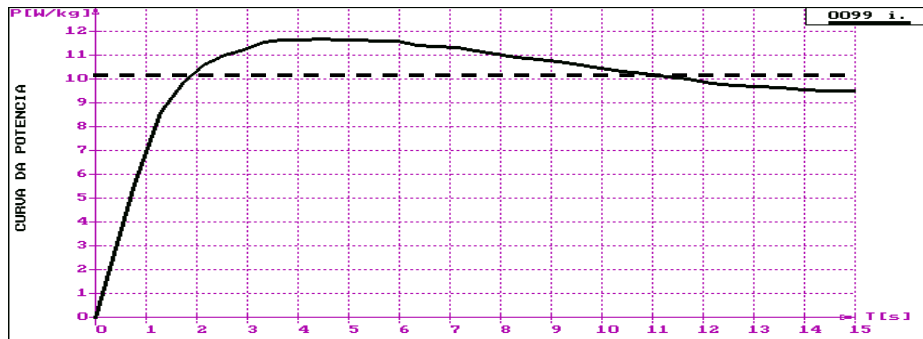


Figura 5- Potência média (linha tracejada) em curva de potência obtida durante o exercício de 30 segundos.

### 3.2.3 Trabalho total durante o teste de Wingate

Os dados relacionados ao trabalho total durante o Want (30 segundos) são apresentados abaixo. A tabela 4 apresenta os resultados do trabalho total realizado durante o Want.

TABELA 4. Trabalho total (Tr.Total) durante o Want.

	Want (kJ)
$\bar{X}$	21,91
S	1,86
CV	0,15

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) do trabalho total no teste de Wingate (Want).

Durante o Want foi medido um trabalho total realizado pelo grupo estudado de  $\bar{X} = 21,91 \pm 1,86$  kilojoules.

### 3.2.4 Tempo para alcançar a potência pico durante o teste de Wingate

Os dados relacionados ao tempo para alcançar a potência pico durante o Want (30 segundos) são apresentados abaixo. A tabela 5 apresenta os resultados referentes ao tempo para alcançar a potência pico medidos durante o Want.

TABELA 5. Tempo para alcançar a potência pico (T<sub>ppico</sub>) durante o Want.

	Want (segundos)
$\bar{X}$	2,96
S	0,73
CV	0,29

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) do tempo para alcançar a potência pico no teste de Wingate (Want).

O tempo para alcançar a potência pico registrado no Want foi de ( $\bar{X} = 2,96 \pm 0,73$  segundos). A figura 6 mostra a curva de potência obtida por um dos voluntários no Want. O T<sub>ppico</sub> é apontado pela letra B.

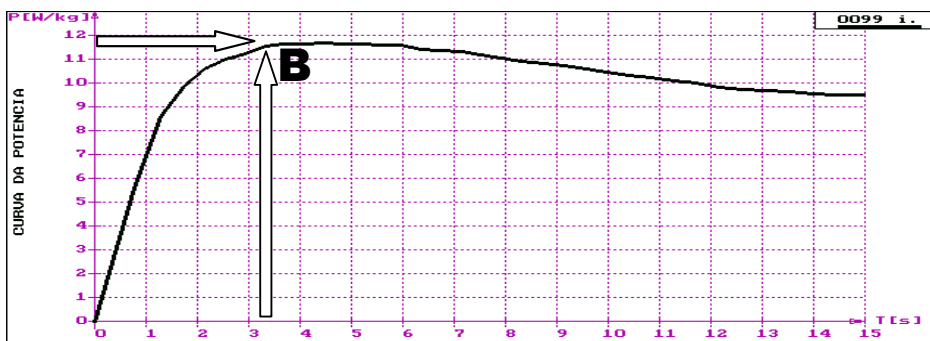


Figura 6- Tempo para alcançar a potência pico (B) em curva de potência obtida durante o Want.

### 3.2.5 Duração da potência pico durante o teste de Wingate

Os dados relacionados à duração da potência pico durante o Want (30 segundos) são apresentados abaixo. A tabela 6 apresenta os resultados referentes à duração da potência pico analisados durante o Want.

TABELA 6. Duração da potência pico (Dppico) durante o Want.

	Want (segundos)
$\bar{X}$	3,21
S	1,23
CV	0,28

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) da duração da potência pico no teste de Wingate (Want).

As durações de potência pico registradas no Want foram de ( $X = 3,21 \pm 1,23$  segundos). A figura 7 mostra a duração da potência pico por um dos voluntários no Want. A Dppico é apresentada pela letra C.

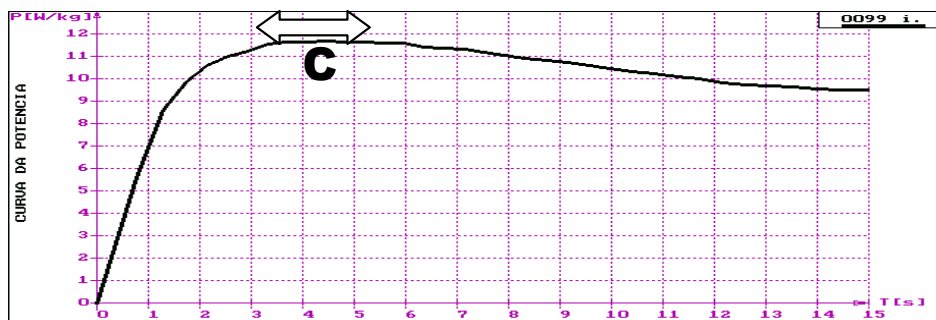


Figura 7- Duração da potência pico (C) em curva de potência obtida durante o Want.

### 3.2.6 Índice de fadiga durante o teste de Wingate

Os dados relacionados ao índice de fadiga durante o Want (30 segundos) são apresentados abaixo. A tabela 7 apresenta os resultados referentes ao índice de fadiga assinalados durante o Want.

TABELA 7. Índice de fadiga (IF) durante o Want.

	Want (%)
$\bar{X}$	19,09
S	4,84
CV	0,27

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) do índice de fadiga no teste de Wingate (Want).

O índice de fadiga registrado durante o Want foi de  $\bar{X} = 19,09 \pm 4,84 \%$ . A figura 8 demonstra a curva de potência obtida por um dos voluntários no Want. O IF é apresentado pela letra D.

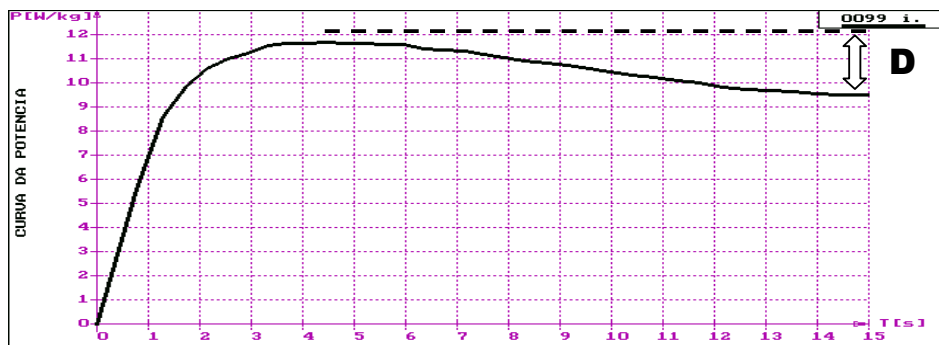


Figura 8- Índice de fadiga (D) em curva de potência obtida durante o Want.

### 3.2.7 Duração do percurso durante o exercício de 300 metros

Os dados relacionados à duração do percurso (DP) durante o exercício de 300 metros são apresentados abaixo. A tabela 8 apresenta os resultados referentes à duração do percurso assinalados durante o exercício de 300 metros e a tabela 9 apresenta os resultados referentes à duração do percurso assinalados durante o exercício de 30 em 30 metros.

TABELA 8. Duração do Percurso (DP) no exercício de 300 metros.

	300 metros (seg)
$\bar{X}$	47,69
S	4,94
CV	0,27

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) da duração do percurso no exercício de 300 metros.

As duração do percurso registradas no exercício de 300 metros foram de ( $X = 47,69 \pm 4,94$  segundos).

TABELA 9. Duração do percurso em segundos no exercício a cada 30 metros

	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
$\bar{X}$	5,19	3,82	4,50	4,35	4,65	4,71	4,76	5,23	5,17	5,33
S	2,06	0,77	0,28	0,48	0,34	0,40	0,47	0,41	0,42	0,43
CV	0,40	0,20	0,06	0,11	0,07	0,09	0,10	0,08	0,08	0,08

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) da duração do percurso no exercício a cada 30 metros.

### 3.2.8 Velocidade média do percurso durante o exercício de 300 metros

Os dados relacionados à velocidade média do percurso (VM) durante o exercício de 300 metros são apresentados abaixo. A tabela 9 apresenta os resultados referentes à velocidade média do percurso assinalados durante o exercício de 300 metros.

TABELA 10. Velocidade Média do Percurso (VM) no exercício de 300 metros.

	300 metros (m/s)
$\bar{X}$	6,29
S	0,55
CV	0,27

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) da velocidade média do percurso no exercício de 300 metros.

A velocidade média do percurso registradas no exercício de 300 metros foram de ( $X = 6,29 \pm 0,55$  m/s).

## 3.3 Variáveis fisiológicas

### 3.3.1 Concentração de lactato sanguíneo durante o teste de Wingate e o exercício de 300 metros

Os dados referentes aos níveis de lactato sanguíneo do Want e do exercício de 300 metros em repouso e nos minutos 1, 3, 5 e 7 após o exercício estão apresentados nas tabelas 11, 12, 13, 14 e 15. A quantidade de sangue analisada foi padronizada em todas as

coletas, utilizando microtúbulos de 20 µl. As concentrações de lactato sanguíneo do Want foram estatisticamente diferentes ( $p < 0.05$ ) somente no repouso ( $\bar{X} = 2,09 \pm 0,49$  mmol/l), quando comparadas com as concentrações de lactato sanguíneo do exercício de 300 metros ( $\bar{X} = 3,02 \pm 0,74$  mmol/l).

TABELA 11. Concentração de lactato sanguíneo em repouso no Want e no exercício de 300 metros

	Want (mmol/l)	300 metros (mmol/l)
$\bar{X}$	2,09	3,02*
S	0,49	0,74
CV	0,25	0,23

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos níveis de lactato sanguíneo em repouso no Want e no exercício de 300 metros.

\*  $p \leq 0.05$

Foram observadas concentrações de lactato sanguíneo em repouso durante o exercício de 300 metros ( $\bar{X} = 3,02 \pm 0,74$  mmol/l) significativamente maiores que as concentrações de lactato sanguíneo em repouso durante o Want ( $\bar{X} = 2,09 \pm 0,49$  mmol/l) ( $p < 0.05$ ).

TABELA 12. Concentração de lactato sanguíneo após 1 minuto do término do Want e no exercício de 300 metros.

	Want (mmol/l)	300 metros (mmol/l)
$\bar{X}$	12,20	12,51
S	2,29	3,68
CV	0,24	0,23

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos níveis de lactato sanguíneo após 1 minuto do término do Want e no exercício de 300 metros.

No primeiro minuto após o término do exercício foram observadas concentrações de  $\bar{X} = 12,20 \pm 2,29$  mmol/l de lactato sanguíneo no Want e  $\bar{X} = 12,51 \pm 3,68$  mmol/l de lactato sanguíneo no exercício de 300 metros. As concentrações de lactato sanguíneo após 1 minuto do término dos protocolos não foram diferentes estatisticamente.

TABELA 13. Concentrações de lactato sanguíneo 3 minutos após o término do Want e do exercício de 300 metros.

	Want (mmol/l)	300 metros (mmol/l)
$\bar{X}$	14,13	15,10
S	1,25	2,50
CV	0,20	0,23

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos níveis de lactato sanguíneo após 3 minutos do término do Want e do exercício de 300 metros.

No terceiro minuto após o término do exercício foram observadas concentrações de  $\bar{X} = 14,13 \pm 1,25$  mmol/l de lactato sanguíneo no Want e  $\bar{X} = 15,10 \pm 2,50$  mmol/l de lactato sanguíneo no exercício de 300 metros. As concentrações de lactato sanguíneo após 3 minutos do término dos protocolos não foram diferentes estatisticamente.

TABELA 14. Concentrações de lactato sanguíneo 5 minutos após o término do Want e do exercício de 300 metros.

	Want (mmol/l)	300 metros (mmol/l)
$\bar{X}$	14,23	14,86
S	1,97	1,94
CV	0,20	0,23

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos níveis de lactato sanguíneo após 5 minutos do término do Want e do exercício de 300 metros.

No quinto minuto após o término do exercício foram observadas concentrações de  $\bar{X} = 14,23 \pm 1,97$  mmol/l de lactato sanguíneo no Want e  $\bar{X} = 14,86 \pm 1,94$  mmol/l de lactato sanguíneo no exercício de 300 metros. As concentrações de lactato sanguíneo após 5 minutos do término dos protocolos não foram diferentes estatisticamente.



TABELA 15. Concentrações de lactato sanguíneo 7 minutos após o término do Want e do exercício de 300 metros.

	Want (mmol/l)	300 metros (mmol/l)
$\bar{X}$	13,21	14,86
S	2,36	3,07
CV	0,20	0,23

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos níveis de lactato sanguíneo após 7 minutos do término do Want e do exercício de 300 metros.

No sétimo minuto após o término do exercício foram observadas concentrações de  $\bar{X} = 13,21 \pm 2,36$  mmol/l de lactato sanguíneo no Want e  $\bar{X} = 14,86 \pm 3,07$  mmol/l de lactato sanguíneo no exercício de 300 metros. As concentrações de lactato sanguíneo após 7 minutos do término dos protocolos não foram diferentes estatisticamente.

### 3.3.2 Concentrações de amônia sanguínea durante o teste de Wingate e no exercício de 300 metros

Os dados referentes aos níveis de amônia sanguínea durante o Want e o exercício de 300 metros, no repouso e nos minutos 1, 4 e 7 após o exercício estão apresentados na tabela 16, 17, 18 e 19. A quantidade de sangue analisada foi padronizada em todas as coletas, utilizando microtúbulos de 20  $\mu$ l.

TABELA 16. Concentrações de amônia sanguínea em repouso durante o Want e o exercício de 300 metros.

	Want ( $\mu$ g/dl)	300 metros ( $\mu$ g/dl)
$\bar{X}$	81,91*	63,18
S	39,49	15,61
CV	0,31	0,32

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos níveis de amônia sanguínea no repouso durante o Want e o exercício de 300 metros.

\*  $p \leq 0.05$

Foram observadas concentrações de amônia sangüínea em repouso durante o Want ( $\bar{X} = 81,91 \pm 39,49 \mu\text{g/dl}$ ) significativamente maiores que as concentrações de amônia sangüínea em repouso durante o exercício de 300 metros ( $\bar{X} = 63,18 \pm 15,61 \mu\text{g/dl}$ ) ( $p < 0.05$ ).

TABELA 17. Concentrações de amônia sangüínea 1 minutos após o término do Want e o exercício de 300 metros.

	Want ( $\mu\text{g/dl}$ )	300 metros ( $\mu\text{g/dl}$ )
$\bar{X}$	250,55	112,00
S	122,11	50,53
CV	0,31	0,32

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos níveis de amônia sangüínea após 1 minuto do término do Want e do exercício de 300 metros.

No primeiro minuto após o término do exercício foram observadas concentrações de  $\bar{X} = 250,55 \pm 122,11 \mu\text{g/dl}$  de amônia sangüínea no Want e  $\bar{X} = 112,00 \pm 50,53 \mu\text{g/dl}$  de amônia sangüínea no exercício de 300 metros. As concentrações de amônia sangüínea após 1 minuto do término dos protocolos não foram diferentes estatisticamente.

TABELA 18. Concentrações de amônia sangüínea 4 minutos após o término do Want e o exercício de 300 metros.

	Want ( $\mu\text{g/dl}$ )	300 metros ( $\mu\text{g/dl}$ )
$\bar{X}$	303,18	170,91
S	79,15	59,20
CV	0,31	0,32

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos níveis de amônia sangüínea após 4 minutos do término do Want e do exercício de 300 metros.

No quarto minuto após o término do exercício foram observadas concentrações de  $\bar{X} = 303,18 \pm 79,15 \mu\text{g/dl}$  de amônia sangüínea no Want e  $\bar{X} = 170,91 \pm 59,20 \mu\text{g/dl}$  de amônia sangüínea no exercício de 300 metros. As concentrações de amônia sangüínea após 4 minutos do término dos protocolos não foram diferentes estatisticamente.

TABELA 19. Concentrações de amônia sanguínea 7 minutos após o término do Want e o exercício de 300 metros.

	Want ( $\mu\text{g/dl}$ )	300 metros ( $\mu\text{g/dl}$ )
$\bar{X}$	322,00	197,36
S	75,69	80,36
CV	0,31	0,32

Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos níveis de amônia sanguínea após 7 minutos do término do Want e do exercício de 300 metros.

No sétimo minuto após o término do exercício foram observadas concentrações de  $\bar{X} = 322,00 \pm 75,69 \mu\text{g/dl}$  de amônia sanguínea no Want e  $\bar{X} = 197,36 \pm 80,36 \mu\text{g/dl}$  de amônia sanguínea no exercício de 300 metros. As concentrações de amônia sanguínea após 7 minutos do término dos protocolos não foram diferentes estatisticamente.

## 4. DISCUSSÃO

De acordo com alguns autores (MEDBO & TABATA, 1986; GRANIER et al., 1995; BEDIZ et al., 1996), o Want parece não ser um teste apropriado para avaliar a capacidade anaeróbia. JACOBS et al., (1983) sugeriram a possibilidade de que o Want possa não refletir adequadamente a capacidade máxima do metabolismo anaeróbio dos membros inferiores. Segundo ZAJAC et al. (1999), o Want não seria a melhor opção para medir a Ppico.

Protocolos de 10, 15 e 45 segundos têm sido sugeridos como mais adequados para avaliar a Ppico e por mobilizar mais a produção de energia pela via do metabolismo anaeróbio (JACOBS et al., 1983; SERRESSE et al., 1988; GRANIER et al., 1995; BEDIZ et al., 1998; ZAJAC et al., 1999).

A partir destas sugestões, foi escolhido para este estudo o protocolo de 300 metros, com uma duração próxima a 45 segundos entre aquelas citadas pelos autores acima. Foram, então, estudadas as relações entre o desempenho no protocolo de Wingate (30 segundos) e no exercício de 300 metros, assim como o comportamento de variáveis fisiológicas (lactato e amônia) envolvidas na produção de energia para o exercício supramáximo de curta duração.

### 4.1 Potência de pico (Ppico)

Alguns autores (JACOBS et al. 1983; SERRESSE et al. 1988; ZAJAC et al., 1999), ao compararem protocolos de 10 segundos de duração com o Want, encontraram valores de Ppico maiores no protocolo de 10 segundos. Já ITOH & OHKUWA (1991), comparando protocolos de 15 segundos com o Want, também encontraram valores de Ppico maiores no protocolo de 15 segundos.

Os resultados obtidos no nosso estudo para a Ppico foram de  $\bar{X} = 888,73 \pm 98,38$  watts durante o Want. A partir dos dados disponíveis na literatura, a Ppico durante protocolos de 15 segundos seria maior do que a Ppico durante o Want, em função do protocolo de 15 segundos apresentar uma duração 50 % menor que os 30 segundos do Want.

Vistos isoladamente, os valores de Ppico encontrados neste estudo durante o Want, estão de acordo com valores encontrados na literatura (PATTON et al., 1985; FROESE & HOUSTON, 1987; LINOSSIER et al., 1993; COOKE et al., 1997; BEDIZ et al., 1998). Estes resultados não estão de acordo com a literatura, que afirma não ser o Want um teste adequado para a avaliação da Ppico.

Segundo ZAJAC et al. (1999), é difícil a explicação das diferenças entre as Ppico encontradas em seu estudo do ponto de vista bioenergético. Os autores sugerem que fatores psicológicos, tais como motivação e concentração, influenciariam o desempenho em todos os testes de intensidade máxima. É possível que, no Want, os voluntários estariam mais atentos às conseqüências fisiológicas do teste, como hipotensão, cefaléia, náuseas (SEVILIO et al., 2000).

Por outro lado, INBAR, DOTAN & BAR-OR, (1976); BAR-OR, (1987); SMITH & HILL, (1991); HILL, (1993); BULBULIAN et al., (1996) afirmam que o Want representa um protocolo adequado para avaliar a potência pico. Neste sentido, os protocolos de curta duração (como o de 15 segundos) que apresentassem semelhanças com o Want, também se mostrariam adequados na detecção da Ppico, com a vantagem de possuírem uma duração menor.

#### **4.2 Potência média**

Os valores de Pmédia encontrados neste estudo foram de  $\bar{X} = 730,36 \pm 62,08$  watts no Want. Estes valores estão de acordo com a literatura internacional (JACOBS et al., 1983; McLELLAN et al., 1990; ITOH & OHKUWA, 1991; GRANIER et al., 1995; CALBET et al., 1997; COOKE et al., 1997; ZAJAC et al., 1999).

Porém o Want deveria ter uma contribuição maior do sistema glicolítico láctico e, como conseqüência é provável que ocorreriam concentrações maiores de lactato sangüíneo (JACOBS et al., 1983; MEDBO & TABATA, 1989; ITOH & OHKUWA, 1991; LINOSSIER et al., 1993; GRATAS-DELAMARCHE et al., 1994; WHITTLESEY et al., 1996), o que foi observado no presente estudo.

Para ZAJAC et al., (1999) todos os protocolos de intensidade subjetiva máxima sofrem influências psicológicas (motivação e concentração) e a potência média seria uma variável que poderia ter influências de fatores psicológicos, talvez uma “barreira

psicológica” com o objetivo de proteger o organismo, da exaustão na fase glicolítica do esforço e esse limiar psicológico pode ser dependente da duração do teste. Essa hipótese estaria de acordo com o conceito de que a fadiga, em condições fisiológicas, seria um mecanismo protetor da integridade dos tecidos e da homeostase (RODRIGUES & SILAMI-GARCIA, 1998).

### 4.3 Índice de fadiga (IF)

O IF medido durante o *Walt* ( $\bar{X} = 19,09 \pm 4,84 \%$ ), segundo COOKE et al. (1997), a média do IF em exercícios supramáximos de curta duração têm tido variações entre 20 a 50 %.

Os valores de IF encontrados em nosso estudo foram considerados menores do que aqueles encontrados em outros estudos (JACOBS et al., 1983; FROESE & HOUNSTON, 1997; ITOH & OHKUWA, 1991; GRANIER et al., 1995; COOKE et al., 1997; ZAJAC et al., 1999). Esta diferença poderia ser explicada pelo fato de que os voluntários no presente estudo provavelmente estavam mais concentrados e motivados e realizaram uma familiarização anterior aos protocolos, com o objetivo de minimizar os efeitos psicológicos adversos.

A motivação dos voluntários tem sido considerada um fator importante nos testes supramáximos. Embora todos os testes de curta duração exijam altos níveis de motivação para um bom desempenho, o papel desta pode ser fundamental em protocolos com durações diferentes, pois os voluntários controlam a duração do teste (DOTAN & BAR-OR, 1983).

Além disso, é ainda possível que fatores fisiológicos e biomecânicos e que podem estar envolvidos no desempenho em exercícios supramáximos de curta duração, possam ter exercido algum tipo de influência sobre a IF no protocolo avaliado. Seriam estes fatores: nível de força absoluta, morfologia dos tipos de fibras, concentrações de substratos, sincronização do recrutamento das unidades motoras, condicionamento aeróbio, volume muscular da coxa ou produção de potência absoluta inicial (CHEETHAM et al., 1986). Estas variáveis não foram controladas no presente estudo mas os indivíduos eram seus próprios controles nos dois protocolos, o que minimiza a influência destes fatores nas variações observadas.

#### 4.4 Tempo para potência pico (Tppico) e duração da potência pico (Dppico)

Os valores mensurados da Tppico no Want ( $\bar{X} = 2,96 \pm 0,73$  segundos), bem como a Dppico calculada no Want ( $\bar{X} = 3,21 \pm 1,23$  segundos), sugerem que o protocolo foi capaz de proporcionar o alcance da Ppico em um curto e semelhante período de tempo, assim como a duração desta Ppico.

Neste estudo o Want foi semelhante a outros estudos de 10 e 15 segundos o que indica que o Want seria considerado um protocolo tão confiável quanto aqueles de durações menores, visto que outros autores (JACOBS et al., 1983; SERRESSE et al., 1988; ZAJAC et al., 1999), afirmam que o Want não seria um protocolo adequado para se medir estas variáveis mas sim os protocolos com durações menores, entre 10 a 20 segundos.

#### 4.5 Lactato

Experimentos que mediram as concentrações de metabólitos intramusculares em seres humanos durante o exercício de alta intensidade e curta duração são raros (JACOBS et al., 1983). A maioria dos estudos que verificam as alterações nas concentrações de lactato sanguíneo envolvem exercícios de longa duração e poucos estudos têm envolvido exercícios anaeróbios (WHITTLESEY et al., 1996).

Pouca atenção tem sido dada aos fatores que podem limitar o suprimento energético anaeróbio do músculo durante o exercício supramáximo (CHEETHAM et al., 1986).

Durante este tipo de exercício, a ressíntese da energia utilizada se faz predominantemente através das vias anaeróbias. Uma vez que a utilização máxima de energia (sistema ATP-PC) é limitada na sua duração, o metabolismo pela via glicolítica láctica é acionado para manter a disponibilidade de ATP durante esta grande exigência metabólica. Somente após 1 minuto ou mais de esforço é que os mecanismos oxidativos serão capazes de participar significativamente da renovação das reservas de ATP para a manutenção do exercício (MARGARIA et al., 1969).

Assume-se que a renovação de ATP-PC procedente da glicólise anaeróbia terá como produto principal a formação de ácido láctico no músculo ativo com o início do exercício intenso (JACOBS et al., 1983, MORTON, 2006;).

Um dos objetivos do presente estudo foi o de verificar as alterações nas concentrações de lactato sangüíneo em protocolos de alta intensidade e curta duração. Particularmente, examinar estas respostas após o término do *Want* e do exercício de 300 metros. As concentrações de lactato sangüíneo no minuto 3 após o *Want* foram 6,7 vezes maiores do que as concentrações de lactato sangüíneo encontradas em repouso ( $\bar{X} = 2,09 \pm 0,49$  mmol/l) e no exercício de 300 metros foram 5,0 vezes maiores do que as concentrações de lactato sangüíneo encontradas em repouso ( $\bar{X} = 15,10 \pm 2,50$  mmol/l).

Os exercícios supramáximos realizados nos protocolos aqui estudados induziram grandes alterações nas concentrações de lactato sangüíneo. Portanto, estes dados estão de acordo com os resultados observados em JACOBS et al., (1983); HIRVONEN et al., (1987); GRATAS-DELMARCHE et al., (1994); ZAJAC et al., (1999).

A hipótese inicial de que as concentrações de lactato sangüíneo após o exercício de 300 metros seriam elevadas, foi confirmada em nosso estudo. Isto sugere que a glicólise permanece intensamente no músculo ativo durante os 45 segundos do exercício supramáximo (JACOBS et al., 1983). Esta afirmação está de acordo com a proposição de MARGARIA et al. (1969), que sugerem, baseado nas observações de lactato sangüíneo, que no exercício supramáximo, a energia para contração muscular não seria obtida de maneira significativa do metabolismo glicolítico láctico até que os fosfatos de alta energia ATP-PC estivessem consumidos ou alcançassem um nível crítico, o que não seria obtido dentro dos primeiros 10 segundos de exercício.

MARGARIA et al., (1969) observaram uma elevação pequena no lactato sangüíneo nos primeiros 3 e 5 minutos após dois exercícios supramáximos de 10 segundos, realizados em uma esteira elétrica. Já JACOBS et al., (1983) observaram elevações significativas nas concentrações de lactato sangüíneo (7-8 mmol/l) em jovens saudáveis, 4 minutos após um exercício de 10 segundos de duração. Em um estudo de SAHLIN et al. (1978), a utilização dos fosfatos de alta energia ATP-PC durante o exercício supramáximo foi cerca de 88 % após 5 segundos de trabalho muscular.

ITOH & OHKUWA, (1991) e ZAJAC et al. (1999), comparando protocolos de exercício supramáximo de 15 e 30 segundos e 10 e 30 segundos respectivamente, observaram após o protocolo de 30 segundos no cicloergômetro uma concentração de lactato sangüíneo estatisticamente maior, quando comparada com o protocolo de duração inferior. Estes resultados estão de acordo com o presente estudo, indicando que o lactato



está continuamente sendo formado durante a contração muscular ao longo do tempo desde o início do exercício.

As demandas metabólicas no exercício supramáximo são maiores do que aquelas encontradas durante o exercício submáximo de longa duração, quando o consumo de energia é menor do que a taxa máxima de renovação de ATP pela via da fosforilação oxidativa (GREENHAFF et al., 1993).

Segundo MAUGHAN et al. (2000), a glicólise já pode ocorrer nos dois segundos iniciais da contração muscular, sendo que a produção de ATP, a partir da glicólise, só atingiria sua taxa máxima após 5 segundos de exercício e seria mantida nesta taxa por alguns segundos (aproximadamente 20 segundos). Além disso, a contribuição da glicólise anaeróbia para a ressíntese de ATP seria quase o dobro da contribuição da PC em exercícios supramáximos da duração citada.

Em exercício de alta intensidade realizado em um cicloergômetro, a potência começaria a declinar por volta do 6º segundo após o início do exercício (SAHLIN et al., 1978). Para ele, isto sugere que essa fadiga durante o trabalho muscular seria causada pelo acúmulo de íons hidrogênio, que inibe a transformação de energia pela via glicolítica no nível da PFK. Para MAUGHAN et al. (2000), a diminuição da atividade da fosforilase e da PFK, mediada pelo pH, poderia ser um mecanismo responsável pela redução da velocidade da glicólise.

Entretanto, os mecanismos responsáveis pelo declínio da glicólise, observados no exercício supramáximo, são obscuros mas é improvável que estejam relacionados com a depleção dos estoques de glicogênio muscular, uma vez que os níveis de glicogênio ainda estão elevados no final do exercício supramáximo (GREENHAFF et al., 1993; LAMB, et al., 2006; LINDINGER, 2006; BROOKS, et al., 2006).

Alterações no equilíbrio extracelular ácido-base têm mostrado influenciar o acúmulo de lactato muscular e sangüíneo durante o exercício. Durante a transição do repouso para o exercício a taxa de glicólise seria aumentada rapidamente, próprio de um início de alcalinização intracelular. Esta alcalinização intracelular tem sido atribuída ao influxo de  $\text{Na}^+$  e ao efluxo de  $\text{H}^+$  em resposta à contração muscular (McLELLAN et al., 1990; LINDINGER, 2006).

Para MARGARIA et al. (1969), os valores de lactato sangüíneo têm sido usados para estimar a energia liberada pela via glicolítica láctica. Eles têm questionado que o

acúmulo de lactato dentro do corpo durante um exercício supramáximo seria quantitativamente relacionado com o nível de lactato no sangue, vários minutos após o exercício. Portanto, segundo estes autores, o lactato sangüíneo pós-exercício pode ser considerado uma medida precisa e confiável da capacidade láctica.

No entanto, segundo SALTIN & KARLSSON, (1971) a validade do lactato máximo é controversa e a sua precisão em refletir a capacidade anaeróbia em exercícios de alta intensidade tem sido discutida.

SALTIN (1987); LAMB, et al. (2006); LINDINGER, (2006); BROOKS, et al. (2006), têm questionado a validade do uso do lactato máximo para quantificar a capacidade láctica. Ele sugere que uma grande parte do lactato produzido tenha sido metabolizado após o exercício, antes que um equilíbrio na distribuição do lactato entre o músculo e o sangue tenha sido alcançado. Então, o parâmetro lactato sangüíneo máximo não poderia avaliar com precisão a capacidade anaeróbia láctica.

Como para todos os metabólitos lançados na circulação sangüínea, as diferenças no volume de sangue também podem influenciar os níveis de lactato, que não refletiriam o real acúmulo de lactato no músculo. Esse efeito é especialmente importante quando interpretamos valores de lactato máximo antes e após o exercício e com protocolos diferentes (GREEN & DAWSON, 1993). No entanto, os protocolos de exercício utilizados neste estudo são de curta duração, onde não se espera que hajam alterações significativas do volume plasmático.

A coleta de sangue precisa ser padronizada entre as seções do teste e realizada durante uma recuperação passiva (GREEN & DAWSON, 1993). Para eles, antes dos testes, a medida de lactato sangüíneo se faz importante para garantir que os voluntários estejam com a recuperação completa após treinamentos e/ou testes anteriores (48 a 72 horas), e que este período de recuperação seja padronizado para todos os testes.

Essa padronização foi adotada rigorosamente em nosso estudo para garantir que os valores de lactato sangüíneo não tivessem nenhuma influência, a não ser a do próprio exercício.

#### 4.6 Amônia

A amônia é um produto metabólico que produz efeitos múltiplos no sistemas fisiológicos e bioquímico. A concentração nos vários compartimentos corporais será elevada durante o exercício, pelo aumento da atividade da PNC no músculo. Dependendo da intensidade e da duração do exercício, a amônia poderá elevar-se e ser difundida do músculo para o sangue, e portanto, poderá ser conduzida para outros órgãos. A direção do movimento da amônia é dependente da concentração e do pH entre os tecidos (BANISTER & CAMERON, 1990).

Desta maneira, a amônia poderia atravessar a barreira hemato-encefálica, embora a taxa de difusão da amônia do sangue para o cérebro durante o exercício ainda permaneça desconhecida (BANISTER & CAMERON, 1990).

Existem sugestões de que a amônia elevada estaria associada ou talvez seria a responsável pela fadiga do exercício. A fadiga poderia ocorrer na célula muscular ativa ou no sistema nervoso central (MUTCH & BANISTER, 1983; BANISTER & CAMERON, 1990; SEWELL et al., 1994).

Tem sido demonstrado em humanos que a concentração de amônia sangüínea seria curvilínea em relação ao aumento da intensidade do exercício (BANISTER et al., 1983; BUONO et al., 1984).

A quantidade de amônia no sangue durante o exercício representa um balanço entre a produção no músculo ativo e a remoção pelo músculo e pelo fígado (BUONO et al., 1984; SNOW et al., 1992).

BANISTER et al., (1983) afirmam que, em repouso, a concentração de amônia muscular tem sido estimada como sendo duas vezes e meia maior do que a concentração de amônia no sangue. Durante o exercício intenso existiria uma diferença ainda maior entre as concentrações de amônia no músculo e no sangue.

BROBERG & SAHLIN, (1989) mostraram que as concentrações de amônia no músculo e no sangue aumentam progressivamente durante o exercício de longa duração até a fadiga, na intensidade correspondente a 70 %  $VO_{2max}$ . Entretanto, nenhum estudo verificou os efeitos da duração do exercício na concentração de amônia sangüínea durante exercícios dinâmicos de alta intensidade e de curta duração (45 segundos) (ITOH & OHKUWA, 1991).

KATZ et al. (1986), relataram que o acúmulo de amônia no músculo não ocorreu durante os primeiros 25 segundos de um exercício isométrico de 45 segundos de duração. Entretanto, no presente estudo a concentração de amônia sanguínea após ambos protocolos foi significativamente maior, que os valores encontrados na literatura.

Essa discrepância pode ser explicada pela diferença no tipo e na intensidade do exercício (BOUCKAERT & PANNIER, 1995). No estudo de KATZ et al. (1986), o exercício foi isométrico e a intensidade submáxima, enquanto no nosso estudo foram realizados protocolos de 300 metros e 30 segundos em intensidade subjetiva máxima.

Os maiores valores de amônia sanguínea encontrados em nosso estudo durante o Wait foram de  $\bar{X} = 322,00 \pm 75,69 \mu\text{g/dl}$  e durante o exercício de 300 metros foi  $\bar{X} = 197,36 \pm 80,36 \mu\text{g/dl}$ , e estas concentrações não foram diferentes estatisticamente, o que está de acordo com o estudo de ITOH & OHKUWA, (1991).

A maior via de produção de amônia durante o exercício provém da deaminação do AMP para o IMP, via PNC, e esta resposta é catalizada pela enzima AMP deaminase, a qual é ativada pelo aumento de ADP e pelo acúmulo de AMP (LOWENSTEIN, 1972; DUDLEY et al., 1983; BUONO et al., 1984; ITOH & OHKUWA, 1991; SNOW et al., 1992; GRAHAM et al., 1993; SAHLIN & BROBERG, 1993; McGUIGGIN & SCHNEIDER, 1993).

SAHLIN et al., (1981) e DUDLEY & TERJUNG, (1985) sugerem que a quebra do ATP poderia causar um aumento na amônia sanguínea. No trabalho muscular intenso, o IMP e a produção de amônia ocorrem essencialmente numa relação de 1:1 com o decréscimo do total de adenina nucleotídeo (MEYER & TERJUNG, 1980).

MEYER & TERJUNG, (1980) e DUDLEY et al., (1983) demonstraram que a concentração de amônia sanguínea será maior quando a taxa de utilização do ATP exceder a taxa de ressíntese do ATP, isso ocorre em exercícios máximos e supramáximos.

KATZ et al. (1986), observaram que a PC muscular caiu 92 % após 45 segundos de contração isométrica. HIRVONEN et al. (1987), também encontraram redução de 88 % no conteúdo da PC em exercícios supramáximo após 5 segundos. Isso sugere que o declínio nos valores de potência máxima com o aumento da duração dos protocolos dependeriam da depleção do ATP e PC (HIRVONEN et al., 1987).

No presente estudo a concentração de amônia sanguínea aumentou após os exercícios supramáximos. Não houve diferenças significativas entre os protocolos de 300

metros e 30 segundos e isto pode ter ocorrido em função da depleção total da adenina nucleotídio durante o trabalho muscular nos primeiros 15 segundos. Os dados deste estudo estão de acordo com a investigação de ITOH & OHKUWA, (1991) que não encontraram diferenças significativas entre os protocolos supramáximos de 15, 30 e 45 segundos. Já ITOH & OHKUWA, (1990) relataram que houve diferenças significativas nas concentrações de amônia sanguínea entre velocistas e fundistas após um exercício supramáximo (60 segundos). Uma das causas possíveis seria que o metabolismo de amônia estaria correlacionado com o tipo de fibra muscular (MEYER et al., 1980). MEYER & TERJUNG (1980); DUDLEY et al., (1983); BUONO et al., (1984) relataram que a amônia origina-se principalmente em fibras glicolíticas e não em fibras oxidativas.

Várias pesquisas têm investigado a relação entre as concentrações de amônia e lactato sanguíneo após o exercício supramáximo e têm relatado resultados conflitantes (BUONO et al., 1983)

WILKERSON et al., (1977); BUONO et al., (1983); BABIJ et al., (1983); PRADO, (1997); PRADO, (1998); PRADO, (1999) encontraram correlação entre os níveis de amônia e lactato após o exercício supramáximo. SEWELL et al., (1994) encontraram uma correlação entre amônia e lactato, porém apenas quando o lactato estiver acima de 14,0 mmol/l. Uma explicação para os resultados conflitantes seria a diferença na composição da fibra muscular entre os indivíduos. Segundo BUONO et al. (1983), a deaminação do AMP pode contribuir para o controle da glicólise durante o exercício de duas formas: pela produção de amônia (um ativador da PFK), e pelo controle dos níveis de adenina nucleotídio (que regulam a PFK). Por isso haveria uma correlação entre amônia e lactato sanguíneo durante o exercício supramáximo de curta duração. Os resultados do presente estudo reforçam esta suposição e estão de acordo com grande parte da literatura existente (WILKERSON et al., 1977; BUONO et al., 1983; BABIJ et al., 1983; PRADO, 1997; PRADO, 1998; PRADO, 1999).

## 5. CONCLUSÕES

Os dados obtidos no presente estudo permitem concluir que:

1. O tempo para alcançar a Ppico, a Dppico, Índice de Fadiga, Pmédia e a própria potência pico foram semelhantes aos valores encontrados na literatura;
2. A concentração de lactato sanguíneo de repouso aumentou após ambos os protocolos e foi diferente estatisticamente entre os protocolos;
3. A concentração de lactato sanguíneo em ambos os protocolos foram semelhantes entre o Want e o exercício de 300 metros.
4. A concentração de amônia sanguínea de repouso aumentou após ambos os protocolos e foi diferente estatisticamente entre os protocolos;
5. A concentração de amônia sanguínea aumentou após ambos os protocolos e foi semelhante entre o Want e o exercício de 300 metros;
6. Os protocolos Want e o exercício de 300 metros não foram diferentes entre si, indicando que os fatores fisiológicos envolvidos no desempenho em ambos os protocolos parecem ser, pelo menos em parte, os mesmos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSM Position Stand. Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28:01-12, 1996b.
- ACSM Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in health adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29:05, 1998.
- BABIJ, P.; MATTHWS, S. M.; RENNIE, M. J. Changes in blood ammonia, lactate and amino acids in relation to workload during bicycle ergometer exercise in man. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 50:405-411, 1983.
- BANGSBO, J. Quantification of anaerobic energy production during intense exercise., *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30:47-52, 1998.
- BANGSBO, J. Oxygen Deficit : A measure of the anaerobic energy production during intense exercise?. *Can. J. Appl. Physiol.*, 21:350-363, 1996.
- BANISTER, E. W.; ALLEN, M. E.; MEKJAVIC, I. B.; SINGH, A. K.; LEGGE, B.; MUTCH, B. J. C. The time course of ammonia and lactate accumulation in blood during bicycle exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 51:195-202, 1983.
- BANISTER, E. W. & CAMERON, B. J. C. Exercise-Induced hyperammonemia: peripheral and central effects. *Int. J. Sports Med.*, 11:S129-S142, 1990.
- BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test: an update on methodology, reliability and validity. *Int. J. Sports Med.*, 4:381-394, 1987.
- BEDIZ, C. S.; GOKBEL, H.; KARA, M.; UÇOK, K.; ÇIKRIKÇI, E.; ERGENE, N. Comparison of the aerobic contributions to Wingate anaerobic tests performed with two different loads. *J. Sports Med. Physical Fit.*, 38:30-34, 1998.
- BENEKE, R.; HUTLER, M.; LEITHAUSER, R.M. Anaerobic performance and metabolism in boys and male adolescents. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 101(6):671-7, 2007.
- BOMFIM, I. P. **Estudo do nível de vigilância durante o exercício submáximo em ambiente quente e úmido.** Belo Horizonte: Escola de Educação Física da UFMG, 1999. (Dissertação, Mestrado em Educação Física).
- BOUCKAERT, J. & PANNIER, J. L. Blood ammonia response to treadmill and bicycle exercise in man. *Int. J. Sports Med.*, 16:141-144, 1995.
- BROBERG, S.; & SAHLIN, K. Hyperammonemia during prolonged exercise: an effect of glycogen depletion?. *J. Appl. Physiol.*, 65:116-122, 1988.

- BROOKS, G.A.; HENDERSON, G.C.; HASHIMOTO, T.; MAU, T.; FATTOR, J.A.; HORNING, M.A.; HUSSIEN, R.; CHO, H.S.; FAGHIHNA, N.; ZARINS, Z. Lactic acid accumulation is an advantage/disadvantage during muscle activity. *J. Appl. Physiol.*, 100(4): 1410-1412, 2006.
- BROUNS, F.; BECKERS, E.; WAGENMAKERS, A. J. M.; SARIS, W. H. M. Ammonia accumulation during highly intensive long-lasting cycling : Individual observations. *Int. J. Sports Med.*, 11:S78-S84, 1990.
- BULBULIAN, R.; JEONG, J. W.; MURPHY, M. Comparison of anaerobic components of the Wingate and critical power tests in males and females. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28:1336-1341, 1996.
- BUONO, M.; CLANCY, T. R.; COOK, J. R. Blood lactate and ammonium ion accumulation during graded exercise in humans. *J. Appl. Physiol.*, 57:135-139, 1984.
- CALBET, J. A. L.; CHAVARREN, J.; DORADO, C. Fractional use of anaerobic capacity during a 30 and a 45-s Wingate teste. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 76:308-313, 1997.
- CHEETHAM, M. E., BOOBIS, L. H., BROOKS, S., WILLIAMS, C. Human muscle metabolism during sprint running. *J. Appl. Physiol.*, 61:54-60, 1986.
- COOKE, W. H.; WHITACRE, C. A.; BARNES, W. S. Measuring fatigue relative to peak power output during high-intensity cycle sprinting. *Res. Q. Exerc. Sport*, 68:303-308, 1997.
- DI PRAMPERO, P. E. Energetic of muscular exercise. *Rev. Physi. Biochem. Pharmac.*, 89:144-222, 1981.
- DOTAN, R. & BAR-OR, O. Load optimization for the Wingate anaerobic test. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 51:409-417, 1983.
- DUDLEY, G. A.; STARON, R. S.; MURRAY, T. F.; HAGERMAN, F. C.; LUGINBUHL, A. Muscle fiber composition and blood ammonia levels after intensive exercise in humans. *J. Appl. Physiol.*, 54:582-586, 1983.
- DUDLEY, G. A. & TERJUNG, R. L. Influence of aerobic metabolism on IMP accumulation in fast-twitch muscle. *Am. J. Physiol.*, 248:C37-C42, 1985.
- DUDLEY, G. A. & TERJUNG, R. L. Influence of acidosis on AMP deaminase activity in contracting fast-twitch muscle. *Am. J. Physiol.*, 248:C43-C50, 1985.
- FISCHER, H.; ESBJORNSSON, M.; SABINA, R. L.; STROMBERG, A.; PEYRARD-JANVID, M.; NORMAN, B. AMP deaminase deficiency is associated with lower sprint cycling performance in healthy subjects. *J. Appl. Physiol.*, 103(1):315-22, 2007.



- FLANAGAN, W. F.; HOLMES, E. W.; SABINA, R. L.; SWAIN, J. L. Importance of purine nucleotide cycle to energy production in skeletal muscle. *Am. J. Physiol.*, 251:C795-C802, 1986.
- FROESE, E. A. & HOUSTON, M. E. Performance during the Wingate anaerobic test and muscle morphology in males and females. *Int. J. Sports Med.*, 08:35-39, 1987.
- GERON, E. & INBAR, O. **Motivation and anaerobic performance**. In: Simri (Ed.) Art and Science of coaching, Natanya, 1980.
- GRAHAM, T. E.; PEDERSEN, P. K.; SALTIN, B. Muscle and blood ammonia and lactate responses to prolonged exercise with hyperoxia. *J. Appl. Physiol.*, 63:1457-1462, 1987.
- GRAHAM, T. E.; BANGSBO, J.; SALTIN, B. Skeletal muscle ammonia production and repeated, intensive exercise in humans. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 71:484-490, 1993.
- GRANIER, P.; MERCIER, B.; MERCIER, J.; ANSELME, F.; PRÉFAUT, C. Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in sprint and middle-distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 70:58-65, 1995.
- GRATAS-DELMARCHE, A.; LE CAM, R.; DELAMARCHE, P.; MONNIER, M.; KOUBI, H. Lactate e catecholamine responses in male and female sprinters during a Wingate test. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 68:362-366, 1994.
- GREEN, S. & DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans: definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med.*, 15:312-327, 1993.
- GREENHAFF, P. L.; HULTMAN, E.; HARRIS, R. C. Carbohydrate metabolism. **Med. Sports Sci. Bases**, 38:89-136, 1993.
- HARRIS, R. T. & DUDLEY, G. A. Exercise alters the distribution of ammonia and lactate in blood. *J. Appl. Physiol.*, 66:313-317, 1989.
- HAGELOCH, W.; SCHNEIDER, S.; WIECKER, H. Blood ammonia determination in a specific field test as a method supporting talent selection in runners. *Int. J. Sports Med.*, 11:S56-S61, 1990.
- HEYWARD, V. H. & STOLARCZYK, L. M. **Applied Body Composition Assessment**. Champaign: Human Kinetics, 1996.
- HILL, D. W. The critical power concept : A Review. *Sports Med.*, 16:237-254, 1993.
- HILL, D. W. & SMITH, J. C. Circadian rhythm in anaerobic power and capacity. *Can. J. Sports Sci.*, 16:30-32, 1991.
- HILL, D. W. & SMITH, J. C. Calculation of aerobic contribution during high intensity exercise. *Res. Q. Exerc. Sport*, 63:85-88, 1992.

- HIRVONEN, J.; REHUNEN, S.; RUSKO, H.; HARKONEN, M. Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56:253-259, 1987.
- INBAR, O.; DOTAN, R.; BAR-OR, O. Aerobic and anaerobic components of a thirty-second supramaximal cycling task. *Med. Sci. Sports*, 08:551-555, 1976.
- INBAR, O.; BAR-OR, O.; SKINNER, J. S. **The Wingate Anaerobic Test**. Ed. Human Kinetics, 1996.
- ITOH, H. & OHKUWA, T. Peak blood ammonia and lactate after submaximal, maximal and supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60:271-276, 1990.
- ITOH, H. & OHKUWA, T. Ammonia and lactate in the blood after short-term sprint exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 62:22-25, 1991.
- JACOBS, I. The effects of thermal dehydration on performance of the Wingate anaerobic test. *Int. J. Sports Med.*, 01:21-24, 1980.
- JACOBS, I., TESCH, P. A., BAR-OR, O., KARLSSON, J., DOTAN, R. Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30 s of supramaximal exercise. *J. Appl. Physiol.*, 55:365-367, 1983.
- KATZ, A.; SAHLIN, K.; HENRIKSSON, J.; Muscle ammonia metabolism during isometric contraction in humans. *Am. J. Physiol.*, 250:C834-C840, 1986.
- KAVANAGH, M. F. & JACOBS, I. Breath-by-Breath oxygen consumption during performance of the Wingate test. *Can. J. Sports Sci.*, 13:91-93, 1988.
- LAMB, G.D.; STEPHENSON, D.G.; BANGSBO, J.; JUEL, C. Point Counterpoint: Lactic acid accumulation is an advantage/disadvantage during muscle activity. *J. Appl. Physiol.*, 100: 1410-1412, 2006.
- LANGFORT, J.; CZAMOWISKI, D.; ZENDZIAN-PIOTROWSKA, M.; ZARCECZNY, R.; GORSKI, J. Short-term low-carbohydrate diet dissociates lactate and ammonia thresholds in men. *J. Strength Cond. Res.*, 18(2):260-5, 2004.
- LILJEDAHL, M. E.; HOLM, I.; SYLVÉN, C.; JANSSON, E. Different responses of skeletal muscle following sprint training in men and women. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 74:375-383, 1996.
- LINDINGER, M.I. Lactic acid accumulation is an advantage/disadvantage during muscle activity. *J. Appl. Physiol.*, 100(6): 2100-2102, 2006.

- LINOSSIER, M. T.; DENIS, C.; DORMOIS, D.; GEYSSANT, A.; LACOUR, J. R. Ergometric and metabolic adaptation to a 5 – s sprint training programme. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 67:408-414, 1993.
- LOWENSTEIN, J. M. Ammonia production in muscle and other tissues : the purine nucleotide cycle. *Physiology Rev.*, 52:382-414, 1972.
- LOWENSTEIN, J. M. The purine nucleotide cycle revised. *J. Sports Med.*, 11:S37-S46, 1990.
- MANNING, J. M.; DOOLY-MANNING, C.; PERRIN, D. H. Factor analysis of various anaerobic power tests. *J. Sports Med. Physical Fit.*, 28:138-144, 1988.
- MARGARIA, R.; OLIVA, R. D.; DI PRAMPERO, P. E.; CERRETELLI, P. Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal intensity. *J. Appl. Physiol.*, 26:752-756, 1969.
- MARGARIA, R. **Biomechanics and energetics of muscular exercise**. Clarendon press, 1976.
- MARINS, J. C. B.; & GIANNICHI, R. S. **Avaliação e prescrição de atividades físicas: Guia prático**. Rio de Janeiro: Shape Editora, 1996.
- MAUD, P. J. & SHULTZ, B. B. Norms for the Wingate anaerobic test with comparison to another similar test. *Res. Q. Exerc. Sport*, 60:144-151, 1989.
- MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; GREENHAFF, P. L. **Bioquímica do Exercício e Treinamento**. Ed.1<sup>a</sup>, São Paulo : Manole, 2000.
- McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício : Energia, nutrição e desempenho humano**. Ed.4<sup>a</sup>, Rio de Janeiro : Guanabara Koogan S. A., 1998.
- McGUIGGIN, M. E. & SCHNEIDER, D. A. Plasma cyclic AMP and blood lactate responses to incremental cycling in untrained male subjects. *Int. J. Sports Med.*, 14:362-367, 1993.
- McLELLAN, T. M.; KAVANAGH, M. F.; JACOBS, I. The effect of hypoxia on performance during 30 s or 45 s of supramaximal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60:155-161, 1990.
- MEDBØ, J. I. Is the maximal accumulated oxygen deficit an adequate measure of the anaerobic capacity?. *Can. J. Appl. Physiol.*, 21:370-383, 1996.
- MEDBØ, J. I. & TABATA, I. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.*, 67:1881-1886, 1989.

- MEYER, R. A. & TERJUNG, R. L. AMP deamination and IMP reamination in working skeletal muscle. *Am. J. Physiol.*, 239:C32-C38, 1980.
- MULLER, M. S. & CORNELSEN, J. M. **Normas e padrões para teses, dissertações e monografias.** Londrina: Editora UEL, 1995.
- MUTCH, B. J. C. & BANISTER, E. W. Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a Review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15:41-50, 1983.
- PATTON, J. F.; MURPHY, M. M.; & FREDERICK, F. A. Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. *Int. J. Sports Med.*, 06:82-85, 1985.
- PONORAC, N.; MATAWULY, A.; RAJKOVACA, Z.; & KOVACEVIC, P. The assessment of anaerobic capacity in athletes of various sports. *Med. Pregl.*, 60(9-10):427-430, 2007.
- PRADO, L. S. **Die Trainierbarkeit des anaeroben Stoffwechsels vor der Pubertät unter Berücksichtigung von metabolischen, physiologischen und sportspezifischen Parametern.** Konstanz, Alemanha: Hartung-Gorre, 1996.
- PRADO, L. S. Lactate, ammonia and catecholamine metabolism after anaerobic training. **In: Children and Exercise XIX.** ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J.; KIRBY, B. (Eds), p.306-312, 1997.
- PRADO, L. S. **O comportamento e a treinabilidade do metabolismo anaeróbico em crianças e adolescentes.** In: Temas atuais III – Educação Física e Esportes, Editora Health, p.179-189, Belo Horizonte, 1998.
- PRADO, L. S. Different lactate ammonia and catecholamine metabolism in children and adults after supramaximal exercise in swimming. **In: Biomechanics and medicine in swimming VIII.** KESTINEN, K.; KONI, P.; HOLLANDER, A., p.407-412, 1999.
- ROBERGS, R. A. & ROBERTS, S. O. **Exercise Physiology: exercise, performance, and clinical applications.** Ed. Mosby, 1996.
- RODRIGUES, L. O. C. & SILAMI-GARCIA, E. **Fadiga: falha ou mecanismo de proteção?** In: Temas atuais III – Educação Física e Esportes, Editora Health, p.27-48, Belo Horizonte, 1998.
- SAHLIN, K.; ALVESTRAND, A.; BRANDT, R.; HULTMAN, E. Acid-Base balance in blood during exhaustive bicycle exercise and the following recovery period. *Acta Physiol. Scan.*, 104:370-372, 1978.
- SAHLIN, K. & BROBERG, S. Adenine nucleotide depletion in human muscle during exercise : causality and significance of AMP deamination. *Int. J. Sports Med.*, 11:S62-S67, 1990.

- SAHLIN, K. & KATZ, A. Adenine nucleotide metabolism. *Med. Sports Sci. Basel*, 38:137-157, 1993.
- SALTIN, B. & KARLSSON, J. **Muscle ATP, CP and lactate in submaximal and maximal exercise.** In: Muscle metabolism during exercise. New York: Plenum, 1971.
- SALTIN, B. Anaerobic capacity: past, present, and prospective. In: TAYLOR, A., GOLLNICK, P., ERCEN, H., IAMUZZO, D., NOBLE, E., MÉTINER, G., SUTTON, J. **Biochemistry of Exercise VII**, Copenhagen, Denmark, p.387-412, 1987.
- SERRESSE, O.; LORTIE, G.; BOUCHARD, C.; BOULAY, M. R. Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *Int. J. Sports Med.*, 09:456-460, 1988.
- SERRESSE, O.; AMA, P. F. M.; SIMONEAU, J. A.; LORTIE, G.; BOUCHARD, C.; BOULAY, M. R. Anaerobic performances of sedentary and trained subjects. *Can. J. Sports Sci.*, 14:46-52, 1989.
- SEVILIO, M. N. O. Jr.; LACERDA, A. C. R.; SILVA, K. E.; GUIMARÃES, A. S.; BICHELS, A.; PRADO, L. S. **O estudo das concentrações de lactato e potência no teste de Wingate e no teste de Wingate modificado.** In: XXIII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, p.106, São Paulo, 2000.
- SEWELL, D. A.; GLEESON, M.; BLANNIN, A. K. Hyperammonaemia in relation to high-intensity exercise duration in man. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 69:350-354, 1994.
- SIEGLER, J.; ROBERGS, R.; WEINGART, H. The application of soccer performance testing protocols to the non-elite player. *J. Sports Med. Phys. Fitness.*, 46(1):44-51, 2006.
- SMITH, J. C. & HILL, D. W. Contribution of energy systems during a Wingate power test. *Brit. J. Sports Med.*, 25:196-199, 1991.
- SNOW, R. J.; McKENNA, M. J.; CAREY, M. F.; HARGREAVES, M. Sprint training attenuates plasma ammonia accumulation following maximal exercise. *Acta Physi. Scan.*, 144:395-396, 1992.
- SONDS, W.A.; MCNEAL, JR.; OCHI, M.T.; URBANEK, T.L.; JEMNI, M.; STONE, M.H. Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. *J. Strength Cond. Res.*, 18(4): 810-5, 2004.
- STATHIS, C. G.; FEBBRAIO, M. A.; CAREY, M. F.; SNOW, R. J. Influence of sprint training on human skeletal muscle purine nucleotide metabolism. *J. Appl. Physiol.*, 76:1802-1809, 1994.
- STEVENS, G. H. J. & WILSON, B. W. Aerobic contribution to the Wingate test. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18:52-57, 1986.

- URHAUSEN, A. & KINDERMANN, W. Blood ammonia and lactate concentrations during endurance exercise of differing intensities. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 65:209-214, 1992.
- VANDEWALLE, H.; PÉRES, G.; MONOD, H. Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med.*, 04:268-289, 1987.
- WEICKER, H.; HAGELOCH, W.; LUO, J.; MÜLLER, D.; WERLE, E.; SEHLING, K. M. Purine nucleotides and AMP deamination during maximal and endurance swimming exercise in heart and skeletal muscle of rats. *Int. J. Sports Med.*, 11:S68-S77, 1990.
- WHITTLESEY, M. J.; MARESH, C. M.; ARMSTRONG, L. E.; MOROCCO, T. S.; HANNON, D. R.; GABAREE, C. L. V.; HOFFMAN, J. R. Plasma volume responses to consecutive anaerobic exercise tests. *Int. J. Sports Med.*, 17:268-271, 1996.
- WILKERSON, J. E.; BATTERTON, D. L.; HORVATH, S. M. Exercise-Induced changes in blood ammonia levels. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 37:255-263, 1977.
- ZAJAC, A.; JARZABEK, R.; WASKIEWICZ, Z. The diagnostic value of the 10- and 30-second Wingate test for competitive athletes. *J. Stren. Cond. Res.*, 13:16-19, 1999.

## 7 - ANEXOS

## ANEXO A: Aprovação do projeto pelo Comitê de Ética da Universidade Positivo

n.º 24.

19/04/05



CENTRO UNIVERSITÁRIO POSITIVO  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA  
Rua Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5.300  
Fone: (41) 317-3091 – Fax: (41) 317-3030  
www.unicenp.br

**PARECER CIRCUNSTANCIADO DE PROJETO DE PESQUISA ANALISADO  
PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO UNICENP**

IDENTIFICAÇÃO		
1. Título do Projeto: <b>Estudo das concentrações sanguíneas de lactato e amônia e do desempenho no teste de Wingate e no exercício supramáximo de 30m em fotocélulas.</b>		
2. Pesquisador Responsável: <b>Mário Norberto Sevilio de Oliveira Júnior</b>		
3. Instituição do Pesquisador: <b>UnicenP</b>		
4. Local onde será realizada a Pesquisa: <b>UnicenP e UNIFESP</b>		
5. Nº de inscrição no CEP / Unicenp	6. Grupo	7. Data de apresentação ao CEP: 30/03/2005

OBJETIVO
8. Comparar as variáveis bioquímicas (lactato e amônia sanguínea), associadas ao desempenho no teste de Wingate e com teste de capacidade anaeróbia com 300 metros de duração em fotocélulas.

SINTESE DO PROJETO
9. Os sujeitos da pesquisa, 30 atletas de futebol, serão submetidos a 2 testes diferentes para avaliar a sua capacidade anaeróbia. Um dos testes é o Wingate, um teste muito conhecido e comumente empregado nas avaliações físicas de atletas. O projeto de pesquisa propõe um novo teste para avaliar a capacidade anaeróbia dos atletas que consiste em corrida de 300 metros controlada por fotocélulas. A participação dos atletas será permitida após uma primeira fase onde responderão um questionário sobre a sua condição física e, caso as respostas não indiquem nenhuma condição patológica, os atletas serão submetidos à avaliação física com a presença de um médico cardiologista, cujo parecer deverá ser favorável à participação dos atletas em ambos os testes. Após os testes, serão realizadas coletas de sangue para análise bioquímica de amônia e lactato e os valores obtidos serão posteriormente avaliados estatisticamente.

COMENTÁRIOS DO RELATOR
10. O projeto de pesquisa não oferece riscos importantes aos atletas visto que todos os cuidados com relação à sua saúde serão tomados pelo pesquisador. Além de um questionário sobre a condição física, os atletas serão submetidos a uma avaliação física completa com a presença de um cardiologista que, conforme os resultados do teste físico, poderá autorizar a participação dos atletas na pesquisa. Além disso, os testes também serão acompanhados por um cardiologista para garantir atendimento médico em uma eventual emergência. O termo de consentimento encontra-se dentro das normas do Conselho Nacional de Pesquisa. Considerando o exposto acima, sou de parecer favorável ao desenvolvimento da pesquisa.

PARECER FINAL		
<input checked="" type="checkbox"/> Recomenda a aprovação	<input type="checkbox"/> Não recomenda a aprovação	<input type="checkbox"/> Em pendência



*Maria Fernanda Torres*  
MARIA FERNANDA TORRES  
VICE-COORDENADORA

**ANEXO B: Consentimento pós-informado****FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO*****Objetivo da pesquisa***

O objetivo desta pesquisa é comparar as variáveis bioquímicas (lactato e amônia sangüínea), associadas ao desempenho no teste de Wingate e com um exercício de capacidade anaeróbica de 300 metros de distância, realizado em fotocélulas.

***Cuidados prévios***

Antes de iniciar a pesquisa, o voluntário será submetido a dois questionário (Par-Q e Fator de Risco), para assegurar a sua qualidade física geral, um teste ergométrico, uma caracterização antropométrica e composição corporal. Somente após estas avaliações, o voluntário será liberado para participar da coleta de dados propriamente dita.

***Coleta de dados***

Cada indivíduo realizará no total dois testes de esforço máximo, (em dias diferentes, sendo que a escolha do protocolo será feita de forma aleatória), com duração de 30 segundos e 300 metros. No ciclo-ergômetro cada momento do exercício deverá ser realizado em intensidade subjetiva máxima com uma carga de 75 g/kg da massa corporal. Os testes serão realizados após 15 minutos de exposição ao ambiente.

**• *Condições ambientais***

A condição ambiental será controlada automaticamente através de um termômetro IBUTG colocado no local dos testes, a uma altura relativa ao tórax dos indivíduos.



- ***Potência média e potência máxima***

Os valores da potência média e potência máxima serão coletados continuamente e transferidos imediatamente a um computador conectado ao cicloergômetro. Para isto, será utilizado um Software, modelo MCE, elaborado para este fim.

- ***Níveis de lactato e amônia sanguíneo***

Serão coletadas cinco amostras de sangue capilar (20 µl cada) para dosagem de lactato sanguíneo, sendo a primeira antes do início do exercício, a segunda 1 minuto após o término do exercício, a terceira 3 minutos após o término do exercício, a quarta 5 minutos após o término do exercício e a quinta 7 minutos após o término do exercício. E ainda, será coletada quatro amostras de sangue capilar (20 µl) para a dosagem de amônia sanguínea, sendo a primeira antes do início do exercício, a segunda 1 minuto após o término do exercício, a terceira 4 minutos após o término do exercício, e a quarta 7 minutos após o término do exercício. A coleta será efetuada através de uma pequena punção na ponta de um dos dedos com lanceta descartável, sendo o sangue colocado sobre as tiras reagentes e inserido no aparelho para leitura. Após a análise, as tiras reagentes e as lancetas utilizadas serão acondicionadas em recipiente próprio e eliminadas como lixo hospitalar.

### ***Possíveis riscos e benefícios deste estudo***

- ***Riscos***

Estão relacionados aos riscos gerais que envolvem a prática de exercícios físicos, como por exemplo: lesões músculo-esqueléticas, náuseas e vertigens alguns minutos após o teste, traumatismos em geral. Porém, além da baixa frequência com que estes eventos ocorrem em condições laboratoriais, vale salientar que a atividade física será realizada sob condições estritamente controladas e com supervisão de um médico membro da equipe.

- ***Benefícios***

Verificar o comportamento da capacidade anaeróbica em testes com durações e biomecânicas diferentes.

### ***Informações adicionais***

Todos os seus dados são confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste projeto terão acesso a estas informações, que serão utilizadas apenas para fins de pesquisa.

Não está previsto qualquer forma de remuneração para os voluntários e todas as despesas relacionadas com o estudo são de responsabilidade do Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Positivo.

O voluntário dispõe de total liberdade para esclarecer qualquer dúvida que possa surgir durante o andamento da pesquisa com os membros da equipe responsável por este estudo através do telefone do Laboratório de Fisiologia do Exercício: (41) 3317-3072 / 3317-3011.

Você poderá se recusar a participar deste estudo e/ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar. Os pesquisadores podem decidir sobre a exclusão de um voluntário do estudo por razões científicas, sobre as quais você será devidamente informado.

### ***Termo de consentimento***

Eu, voluntariamente, aceito participar desta pesquisa, que faz parte do doutorado em Ciências da Escola Paulista de Medicina- UNIFESP, sob supervisão médica, no Laboratório de Fisiologia do Exercício e no campo de futebol da Universidade Positivo. Portanto, concordo com tudo o que foi acima e dou o meu consentimento

Curitiba, de \_\_\_\_\_ de 2006.

Assinatura do voluntário: \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_.

Testemunha

\_\_\_\_\_.

Pesquisador Responsável

**ANEXO C: Questionário PAR-Q****Nome:****Questionário para determinação da prontidão para atividades físicas  
(Revisado pelo American College of Sports Medicine, 1998)**

Pergunta	Sim	Não
Seu médico já disse que você possui algum problema cardíaco e recomendou atividades físicas apenas sob supervisão médica?		
Você tem dor no peito provocada por atividades físicas?		
Você teve dor no peito no último mês?		
Você já perdeu a consciência em alguma ocasião ou sofreu alguma queda em virtude de tontura?		
Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia se agravar com as atividades físicas propostas?		
Algum médico já prescreveu-lhe medicamento para pressão arterial ou para o coração?		
Você tem conhecimento, por informação médica ou pela própria experiência, de algum motivo que poderia impedi-lo de participar de atividades físicas sem supervisão médica?		

Se você respondeu SIM a qualquer uma das questões acima, procure seu médico ou serviço de saúde antes de aumentar ou iniciar a sua atividade física.

**Fatores de risco para doença coronariana (ACSM, 1998)**

Fator	Descrição	Sim	Não
Idade	Homem acima de 45 anos ou mulher acima de 55 anos		
Colesterol	Acima de 240 mg/dl ou desconhecida		
Pressão Arterial	Acima de 140/90 mmHg ou desconhecida ou usa medicamento para pressão		
Tabagismo			
Diabetes			
História familiar de ataque cardíaco	Pai ou irmão antes do 55 anos ou mãe ou irmã antes dos 65 anos		
Sedentarismo	Atividade profissional sedentária e menos de 30 minutos de atividade física 3 vezes por semana		
Obesidade	Mais de 10 kg de excesso de peso		

Ass.: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

**ANEXO D: Recomendações para coleta de dados**

- 1 - Não realizar atividade física nas 48 horas anteriores a cada situação experimental;
- 2 - Evitar o uso de medicamentos. Caso se faça necessário o uso, comunicar o fato ao coordenador do estudo;
- 3 - Não consumir bebida alcoólica nas 24 horas anteriores a cada situação experimental;
- 4 - Evitar a ingestão de alimentos que contenham cafeína nas 48 horas anteriores a cada situação experimental (café, chá, chocolate, refrigerantes, outros);
- 5 - Manter a mesmo padrão alimentar e a mesma rotina de atividades anteriores a cada situação experimental;
- 6 - Ingerir 500 ml de água, de 1 até 2 horas antes de cada situação experimental;
- 7 - Usar , se possível, bermuda especial para ciclismo (com acolchoamento na região glútea) para evitar possível desconforto durante as situações experimentais;
- 8 - Comparecer ao laboratório de 30 a 60 minutos antes do horário estabelecido para cada situação experimental;
- 9 - Qualquer eventualidade que impossibilite o seu comparecimento ao laboratório para a coleta de dados, favor avisar com a maior antecedência possível aos pesquisadores;
- 10 - Qualquer dúvida, entrar em contato com os pesquisadores.