

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE  
(BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA)**

---

**PADRONIZAÇÃO DO TESTE DE CORRIDA ATADA EM VELOCISTAS:  
ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE POTÊNCIA E DESEMPENHO EM CORRIDA**

**MANOEL CARLOS SPIGUEL LIMA**

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

**Fevereiro – 2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**MANOEL CARLOS SPIGUEL LIMA**

**PADRONIZAÇÃO DO TESTE DE CORRIDA ATADA EM VELOCISTAS:  
ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE POTÊNCIA E DESEMPENHO EM CORRIDA**

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

**ORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO**

Rio Claro – São Paulo – Brasil

Fevereiro/ 2007

## SUMÁRIO

	Páginas
DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	iii
EPÍGRAFE.....	vi
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
LISTA DE ABREVIATURAS.....	3
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Determinantes fisiológicos do desempenho de velocistas.....	16
2.1.1 Fatores neurais.....	16
2.1.2 Fatores bioenergéticos.....	19
2.2 Testes anaeróbios.....	23
2.2.1 Teste de Wingate.....	24
2.2.2 Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD).....	27
2.2.3 Teste de salto vertical.....	29
2.3 Validade dos testes anaeróbios para predição do desempenho.....	30
3 OBJETIVOS.....	33
3.1 Objetivos Gerais.....	33
3.2 Objetivos Específicos.....	33

4 JUSTIFICATIVA.....	34
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
5.1 Participantes.....	36
5.2 Delineamento experimental.....	37
5.3 Medidas antropométricas.....	38
5.4 Testes laboratoriais.....	39
5.4.1 Teste Wingate.....	39
5.4.2 Teste incremental para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO <sub>2</sub> max) e limiar anaeróbio (LAn).....	40
5.4.3 Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD).....	41
5.5 Testes de campo.....	42
5.5.1 Desempenho de 300 metros (D <sub>300m</sub> ).....	42
5.5.2 Teste de corrida atada.....	43
5.5.3 Protótipo desenvolvido para o Teste de Corrida Atada.....	44
5.5.3.1 Suporte.....	44
5.5.3.2 Carretilha de frenagem mecânica.....	45
5.5.3.3 Sensor de velocidade.....	46
5.5.3.4 Sensor de força (célula de carga).....	48
5.5.3.5 Sistema de aquisição de dados.....	49
5.5.3.6 Tratamento e conversão dos resultados.....	49
5.6 Concentração pico de lactato.....	52
6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	53
7 RESULTADOS.....	54

7.1 Testes laboratoriais.....	54
7.2 Testes de campo.....	57
8 DISCUSSÃO.....	63
9 CONCLUSÃO.....	68
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXO I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP de Rio Claro.....	77
APÊNDICE A – Gráficos e as equações das relações lineares do sensor ótico (velocidade) e da célula de carga (força) e análise residual dos sensores.....	79

## DEDICATÓRIA

Dedico a dissertação de mestrado aos meus pais, Elza Spiguel Lima e Manoel Pereira Lima, que propiciaram condições indispensáveis para alcançar meus objetivos, educação, respeito e, acima de tudo, incentivo para continuar minha caminhada.

Dedico a minha avó, Maria Spiguel, que é exemplo de vida e luta dentro da nossa família.

Não posso deixar de dedicar a minha namorada, Carla de Fátima Tolim, que me acompanhou em todos os momentos desta jornada, que me auxiliou na busca dos meus desejos profissionais com muita paciência, dedicação e empenho.

Dedico também ao meu orientador, Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto, que me concedeu a oportunidade de mostrar meu trabalho e apostou todas suas moedas, sem ao menos saber no que estava investindo.

Dedico ao recém formado Professor de Educação Física, também empresário e amigo, Sérgio Botti, que ajudou na construção e elaboração do protótipo e tornou

possível a realização deste estudo. Na minha visão e opinião pessoal, é um grande exemplo de ser humano e digno de muita bondade e respeito.



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo que me concedeu e concede até o presente momento. Agradeço por ter iluminado e traçado meu caminho, dando luz, discernimento, competência e, acima de todos estes pontos, saúde para continuar minha jornada. Agradeço por ter conhecido na minha vida grandes amigos e por ter colocado no meu caminho os professores, Pedro Balikian e Claudio Gobatto, que promoveram uma oportunidade única e ajudaram meu sonho a torna-se realidade.

Agradeço aos meus familiares pelo apoio e incentivo dados nos anos de estudo desde a graduação até o presente momento, em especial, minhas irmãs Cristina e Elsimere, que mesmo de longe, sei que torcem por mim.

Agradeço aos Prof. Dr. Pedro Balikian Júnior e Dr. Claudio Alexandre Gobatto por terem confiado, apoiado, incentivado e ajudado na minha caminhada dentro e fora da Pós-graduação.

Agradeço pelo apoio do amigo e Professor Ms. Luiz Fernando Paulino Ribeiro, que é fonte contínua de incentivo para minha vida, pela sua incrível capacidade intelectual e sólida honestidade com seu trabalho.

Agradeço aos Amigos e Professores, Marcelo Papoti, Adelino Sanches, Fúlvia Manchado, Vanessa Santhiago, Alessandro Zagatto, Gustavo, Víncius Milanez, Cássio Gustavo, Sílvia, Daniele, que trabalharam ativamente durante a coleta de dados ou que de forma indireta e indispensável me ajudaram em outros momentos dentro da Pós-graduação.

Agradeço de forma especial ao Prof. Dr. “Barretão”, Doutorandos Marcelo Papoti e Paulo Santiago que me deram todo o subsídio na captura, processamento e conversão dos dados com a utilização dos programas LabView e Matlab.

Agradeço ao técnico e amigo, Inaldo Sena, por ter confiança e acreditado no meu trabalho e a todos os atletas que participaram deste estudo.

Agradeço pela família que me acolheu na cidade de Rio Claro, em especial Sr. Paulo e família, Renato, Alexander, Prof. Sérgio Cunha, Papoti e Danilo. Agradeço pela maneira simples e fraterna que me receberam.

Agradeço aos amigos, Thiago e Paula por terem sido grandes parceiros nos momentos de estudo.

Agradeço aos amigos Fábio Brambilla e Eduardo Rebelato, por ser os grandes amigos em todos os momentos. Fazem parte da minha vida de forma intensa e produtiva. Obrigado pelo companheirismo que vocês me proporcionaram para continuar minha caminhada.

## EPÍGRAFE

“Na vida, a cada palavra pronunciada, a cada ato realizado, a cada pensamento gerado e a cada decisão tomada, nos vemos sendo conduzidos e colocados de forma alinhada para uma direção, a qual nós não sabemos, se é certa ou errada, se é verdadeira ou falsa, se é boa ou ruim; direção esta, muitas vezes, chamada destino. Mas é desta maneira que traçamos nossa história e, mais tarde, quando estivermos com mais idade e experiência, sentados numa cadeira na varanda, olhando para o horizonte, refletindo e pensando na vida, iremos ter a noção exata e real da vida que construímos ao longo do tempo.”

*Manoel Carlos Spiguel Lima*

## RESUMO

Dentro do âmbito do treinamento competitivo evidencia-se a necessidade de criar e aperfeiçoar testes que possam ser aplicados no próprio ambiente de treinamento, priorizando a busca da especificidade na avaliação e de variáveis que possam melhor explicar as alterações do desempenho do atleta. Então, surge uma problemática ao avaliar a aptidão anaeróbia em velocistas em função das metodologias e dos protocolos propiciarem difícil aplicação e inespecificidade, principalmente por não possuírem nenhum teste com o movimento específico para esse grupo. Entretanto, destaca-se na literatura alguns testes laboratoriais utilizados para avaliação da aptidão anaeróbia de corredores, dentre os quais estão o Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD), o teste de Wingate (TW) e os testes de salto vertical (SV). Com isso, o objetivo do estudo foi padronizar o teste de corrida atada (TCA) analisando a validade, reprodutibilidade e confiabilidade. O protótipo criado para o TCA proporciona a obtenção de valores de força e de velocidade durante o teste que, por sua vez, fornecerá parâmetros de potência pico do TCA ( $PP_{TCA}$ ), potência média do TCA ( $PM_{TCA}$ ) e do índice de fadiga do TCA ( $IF_{TCA}$ ). Para tanto, 10 velocistas do sexo masculino ( $22,0 \pm 2,8$  anos;  $68,1 \pm 8,9$  kg;  $1,76 \pm 0,09$  m;  $8,1 \pm 3,1$  % Gordura) participaram do estudo. Todos os participantes foram submetidos a avaliação antropométrica, teste incremental para determinação do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e do limiar anaeróbio (LAn), teste para determinação do MAOD, TW, dois TCA (teste e re-teste) e um esforço máximo na distância de 300 metros ( $D_{300m}$ ). Através de coletas sanguíneas retirada do lóbulo da orelha após os testes de TW, TCA e  $D_{300m}$ , foram determinadas as concentrações pico de lactato sanguíneo ( $[Lac]_p$ ) para cada um dos testes, respectivamente,  $[Lac]_{pTW}$ ,  $[Lac]_{pTCA}$  e  $[Lac]_{pD_{300m}}$ . Os testes foram separados com intervalos de 24 a 72 horas. Os dados são apresentados em média e desvio padrão ( $M \pm DP$ ). Para testar a validade, reprodutibilidade e confiabilidade do TCA foi utilizada a análise do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e a comparação através do teste t pareado entre as variáveis dos TCA e re-TCA ( $PP_{TCA}$ ,  $PM_{TCA}$  e  $IF_{TCA}$ ). As correlações entre as variáveis do TCA, TW, MAOD e  $D_{300m}$  foram realizadas através do coeficiente correlação de *Pearson*. Nível de significância inferior a 5% ( $p < 0,05$ ) foi adotado em todo o tratamento. Os resultados mostram que não foram encontradas diferenças significantes nas variáveis de  $PP_{TCA}$ ,  $PM_{TCA}$ ,  $IF_{TCA}$  e  $[Lac]_{pTCA}$  entre o TCA e re-TCA ( $p > 0,05$ ) ( $n=8$ ). Correlações significativas foram encontradas entre os valores de  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  absolutas (W) com o  $D_{300m}$  ( $n=10$ ), com os valores de potências absolutas do TW ( $n=9$ ) e com os valores de MAOD absoluto ( $LO_2$ ) e relativo à massa corporal ( $mlO_2.kg^{-1}$ ) ( $n=8$ ) ( $p < 0,05$ ). Os resultados do ICC mostram correlações significativas nos valores de  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  absoluto (W) ( $p < 0,05$ ), contudo os valores de  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  relativa ( $W.kg^{-1}$ ) não foram significativos ( $p > 0,05$ ), como também o  $IF_{TCA}$  e  $[Lac]_{pTCA}$  ( $p > 0,05$ ). Assim, concluímos que o TCA é um método válido, reprodutivo e confiável para avaliar velocistas utilizando o movimento específico de corrida.

Palavras-chave: desempenho, concentração pico de lactato, Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado, teste Wingate.

## ABSTRACT

In the competitive training area, it is observed the necessity to create and improve tests that could be applied in its own training environment, prioritizing the search of the specificity in the evaluation and the variables that can explain the changes of the athlete's performance better. So, we find a problem concerning the anaerobic fitness evaluation in sprinters due to the methodologies and the protocols, mainly because there are no tests with the specific movement for this particular group. However, it is possible to mention some laboratorial tests that are used to verify the anaerobic fitness performance of the runners, which are, the maximal deficit oxygen accumulated (MAOD), the Wingate test (TW) and the tests of vertical jump (VJ). Thereby, the aim of this study is to standardize the tied running test (TRT), analyzing the validity, reproducibility and reliability. The TRT prototype provides the instantaneous strength and speed values during the test that give peak power ( $PP_{TRT}$ ), mean power ( $PM_{TRT}$ ) and fatigue index ( $IF_{TRT}$ ) parameters. Therefore, ten male runners ( $22.0 \pm 2.8$  years old,  $68.1 \pm 8.9$  kg,  $1.76 \pm 0.09$  m;  $8.1 \pm 3.1$  % Fat) participated in this study. All the subjects were submitted into the anthropometric assessment, incremental test to determination the maximal consume of oxygen ( $VO_{2max}$ ) and anaerobic threshold (AT), the MAOD determination test, the TW, the two TRT (test and re-test) and maximum effort in 300 meters of distance ( $D_{300m}$ ). Through blood samples removed from the earlobe after the TW, TRT and  $D_{300m}$  tests, the blood peak lactate concentration ( $[Lac]_{peak}$ ) was determined in each test, respectively,  $[Lac]_{peak_{TW}}$ ,  $[Lac]_{peak_{TRT}}$  and  $[Lac]_{peak_{D300m}}$ . The tests were separated with intervals of 24 to 72 hours. The data were presented in mean and stand deviation ( $M \pm SD$ ). To test the validity, reproducibility and reliability of the TRT, we used the analysis the intraclass correlation coefficient (ICC) and the comparison through the paired t-tests between of variables of the TRT and the re-TRT ( $PP_{TRT}$ ,  $PM_{TRT}$  e  $IF_{TRT}$ ). The correlation among the variables of the TRT, TW, MAOD,  $D_{300m}$  were accomplished through the Pearson correlation. Level of significance lower than 5% ( $P < 0.05$ ) was accepted in all the treatment. The outcome didn't show significant difference in variables of  $PP_{TRT}$ ,  $PM_{TRT}$ ,  $IF_{TRT}$  and  $[Lac]_{peak_{TRT}}$  between the test and re-test TRT ( $P > 0.05$ ) ( $n=8$ ). Significant correlations were found between the values  $PP_{TRT}$  and  $PM_{TRT}$  absolutes (W) with the  $D_{300m}$  ( $n=10$ ), with the values of power absolutes of TW ( $n=9$ ) and with the values of MAOD absolute ( $LO_2$ ) and relative to the body mass ( $mlO_2 \cdot kg^{-1}$ ) ( $n=8$ ) ( $P < 0.05$ ). The outcomes of ICC show significant correlations in values of  $PP_{TRT}$  and  $PM_{TRT}$  absolute (W) ( $P < 0.05$ ), however the values of  $PP_{TRT}$  and  $PM_{TRT}$  relative ( $W \cdot kg^{-1}$ ) weren't significant ( $P > 0.05$ ), as well as the  $IF_{TRT}$  and  $[Lac]_{peak_{TRT}}$  ( $P > 0.05$ ). Thereby, we concluded that the TRT is a valid, reproductive and reliable method to evaluate sprinters using the specific running movement.

Key words: performance, peak lactate concentration, Maximal Accumulated Oxygen Deficit, Wingate test.

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AM:** Aceleração máxima

**AP:** Amplitude de passada

**ATP:** Trifosfato de adenosina

**CMJ:** *Countermovement Jump*

**DP:** Desvio padrão

**D<sub>300m</sub>:** Desempenho de 300 metros

**FC<sub>max</sub>:** Frequência cardíaca máxima

**FP:** Frequência de passada

**GCV:** Grupo de corredores velocistas

**GNT:** Grupo de indivíduos não-treinados

**Hz:** Hertz

**ICC:** Coeficiente de correlação intraclass

**IF<sub>TCA</sub>:** Índice de fadiga do teste de corrida atada

**IF<sub>TW</sub>:** Índice de fadiga do teste de Wingate

**Kg:** Quilograma

**kp:** Quilopound

**Kp.kg<sup>-1</sup>:** Quilopound por quilograma

**km.h<sup>-1</sup>**: Quilômetros por hora

**L.min<sup>-1</sup>**: Litros por minuto

**L**: Litros

**m**: Metros

**M**: Média

**MAOD**: Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado

**ml**: Mililitro

**ml.kg<sup>-1</sup>**: Mililitro por quilograma

**ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>**: Mililitro por quilograma por minuto

**m.min<sup>-1</sup>**: Metros por minuto

**ms**: Milisegundos

**mv**: Milivolts

**PAA**: Potência anaeróbia alática

**pK**: Constante de dissociação

**PP**: Potência média

**PM**: Potência pico

**PP<sub>TCA</sub>**: Potência pico do teste de corrida atada

**PM<sub>TCA</sub>**: Potência média do teste de corrida atada

**PP<sub>TW</sub>**: Potência pico do teste de Wingate

**PM<sub>TW</sub>**: Potência média do teste de Wingate

**SJ**: *Squat Jump*

**TCA**: Teste de Corrida Atada

**TNA**: Teste de Nado Atado

**TW**: Teste de Wingate



**tV<sub>max</sub>**: Tempo de ocorrência da velocidade máxima

**V**: Velocidade linear

**V<sub>max</sub>**: Velocidade máxima

**V<sub>med</sub>**: Velocidade média

**V<sub>60</sub>**: Velocidade da parcial de 60 metros do desempenho de 300 metros

**V<sub>120</sub>**: Velocidade da parcial de 120 metros do desempenho de 300 metros

**V<sub>180</sub>**: Velocidade da parcial de 180 metros do desempenho de 300 metros

**V<sub>240</sub>**: Velocidade da parcial de 240 metros do desempenho de 300 metros

**V<sub>300</sub>**: Velocidade da parcial de 300 metros do desempenho de 300 metros

**VO<sub>2max</sub>**: Consumo máximo de oxigênio

**vVO<sub>2max</sub>**: Velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio

**W**: Watts

**W.kg<sup>-1</sup>**: Watts por quilograma

**ΔS**: Distância percorrida

**Δt**: Tempo para determinada distância

**Δθ** : Distância angular

**ω**: Velocidade angular

**μL**: Micro litro

**[Lac]**: Concentração de lactato sanguíneo

**[Lac]<sub>p</sub>**: Concentração pico de lactato

**[Lac]<sub>pTW</sub>**: Concentração pico de lactato do Teste de Wingate

**[Lac]<sub>pTCA</sub>**: Concentração pico de lactato do Teste de corrida atada

**[Lac]<sub>pD300m</sub>**: Concentração pico de lactato do desempenho de 300 metros

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Componentes que influenciam o desempenho de velocidade. ....	17
<b>Figura 2</b> – Esquema experimental. ....	38
<b>Figura 3</b> – Pista de atletismo (A), com local de fixação do bloco de partida (A1), local da chegada (A2) e o panorama das barreiras fotoelétricas que foram dispostas a cada 60 metros no D <sub>300m</sub> (B). ....	42
<b>Figura 4</b> – Protótipo desenvolvido para o Teste de Corrida Atada (TCA). Ilustração do suporte (1), da carretilha de tração regulável (2), do sensor ótico acoplado a polia de náilon (3), da célula de carga (4), da placa de captura dos sinais do sensor ótico e da célula de carga (5), do módulo de aquisição dos sinais e processamento (6), da polia de náilon com as demarcações brancas e pretas (7), do fio de aço inextensível (8) e do cinto acoplado a cintura do atleta (9). ....	43
<b>Figura 5</b> – O protótipo completo é constituído de suporte de ferro (1) fixado ao solo com um toldo (2) para proteger do sol e melhor visualizar a tela do computador, a mesa (3) para acomodação do monitor e sistema de aquisição de sinais e a base (4) para a CPU, a célula de carga (5) fixada a barra superior do suporte de ferro (acima) e a carretilha de frenagem mecânica (abaixo), o guia da célula de carga (6) que propiciou a redução de ruídos dos sinais, a carretilha de frenagem mecânica (7) com 150 metros de fio de aço inextensível, um mosquetão (8) na ponta do fio de aço para fixar ao cinto acoplado na cintura do atleta, a polia de náilon fixada na barra média do suporte (9) e o sensor ótico. ....	45
<b>Figura 6</b> – Carretilha de frenagem mecânica (A e B) e os reguladores da resistência do lado direito e esquerdo (B1). ....	46

<b>Figura 7</b> – A Figura 7A mostra o sensor de velocidade sendo que o (1) é o sensor ótico, (2) a placa de alimentação e captura do sensor ótico e (3) o fio que envia o sinal para a placa de aquisição (National Instruments <sup>TM</sup> ), a Figura 7B mostra a polia de náilon com as demarcações brancas e pretas que são contadas pelo sensor ótico e a Figura 7C é o sensor ótico acoplado no suporte para leitura das demarcações da polia de náilon durante os testes. ....	47
<b>Figura 8</b> – Cinto acoplado a cintura do atleta (1), mosquetão (2) preso na parte posterior do cinto e fio de aço inextensível (3) que sai da carretilha de frenagem mecânica e passa pelo polia de náilon. ....	47
<b>Figura 9</b> – Célula de carga (1) acoplada ao suporte (2) e a carretilha de frenagem mecânica (3) do TCA e o cabo que envia as informações de tensão para o amplificador (4) e posteriormente para a placa de aquisição (National Instruments <sup>TM</sup> ). ....	48
<b>Figura 10</b> – Amplificador do sinal gerado da célula de carga antes de enviar para a placa de aquisição. ....	48
<b>Figura 11</b> – Placa de captura e codificação do sinal analógico para digital dos canais 1 e 2 e a comunicação por meio de interface para o computador. ....	49
<b>Figura 12</b> – Resultados gerados pelo <i>software</i> MATLAB em valores brutos (A), suavizados com o filtro <i>butterworth</i> (B) e as médias de potência a cada segundo (C) do Teste de Corrida Atada (TCA) de um participante do estudo. ....	51
<b>Figura 13</b> – Calibração do sensor de força utilizando pesos (1) a uma barra presa pelo fio de aço (2) a carretilha de frenagem mecânica (3) com os freios bilaterais da carretilha (4) gerando resistência suficiente para suportar os pesos adicionados na calibração. ....	51
<b>Figura 14</b> – Etapas da determinação do MAOD para um voluntário. Determinação das demandas de oxigênio para diferentes velocidades submáximas e da relação linear entre elas (A). Estimativa da demanda de oxigênio para o esforço supramáximo (110% VO <sub>2</sub> max) por extrapolação linear (B). Determinação do consumo de oxigênio acumulado (COA) e o cálculo da demanda de oxigênio acumulada (DOA) e do do MAOD durante o esforço máximo até a exaustão (C). ....	56
<b>Figura 15</b> – Média, desvio padrão das velocidades das parciais de 60m (V <sub>60</sub> ), 120m (V <sub>120</sub> ), 180m (V <sub>180</sub> ), 240m (V <sub>240</sub> ) e 300m (V <sub>300</sub> ) (A) e das velocidades máxima (V <sub>max</sub> ) e média (V <sub>med</sub> ) do D <sub>300m</sub> (B) (n = 10).. ....	58

<b>Figura 16</b> – Gráfico e equação de regressão linear da calibração do sensor ótico. ....	80
<b>Figura 17</b> – Gráfico e equação de regressão linear da calibração da célula de carga. ....	82
<b>Figura 18</b> – Análise residual para a escolha da frequência de corte dos sinais do sensor ótico. ....	83
<b>Figura 19</b> – Análise residual para a escolha da frequência de corte dos sinais da célula de carga. ....	83

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Desempenho em competição (n=10). .....	36
<b>Tabela 2</b> – Características dos atletas estudados (n = 10). .....	37
<b>Tabela 3</b> – Média, desvio padrão, valores mínimo e máximo de potência pico (PP <sub>TW</sub> ) e média (PM <sub>TW</sub> ) expressas em valores absolutos (W) e relativos à massa corporal (W.kg <sup>-1</sup> ), índice de fadiga (IF <sub>TW</sub> ) e concentração pico de lactato ([Lac] <sub>pTW</sub> ) observados no teste de Wingate (n = 9). .....	55
<b>Tabela 4</b> – Média, desvio padrão, valores mínimo e máximo de consumo máximo de oxigênio (VO <sub>2</sub> max), velocidade associada ao VO <sub>2</sub> max (vVO <sub>2</sub> max), concentração de lactato sanguíneo após o teste ([Lac] <sub>pós-teste</sub> ), frequência cardíaca máxima (FCmax) e do limiar anaeróbio (LAn) observados no teste incremental (n = 10). .....	55
<b>Tabela 5</b> – Média, desvio padrão, valores mínimo e máximo das velocidades submáximas e supramáxima (km.h <sup>-1</sup> ) e dos valores de consumo de oxigênio (mlO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ) para cada velocidade submáxima nos esforços utilizados para a determinação do MAOD (n = 8). .....	57
<b>Tabela 6</b> – Média, desvio padrão, valores mínimo e máximo do Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD) absoluto (LO <sub>2</sub> ) e relativo à massa corporal (mlO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> ) (n = 8). .....	57
<b>Tabela 7</b> – Valores médios de potência pico (PP <sub>TCA</sub> ) e média (PM <sub>TCA</sub> ) expressos em valores absolutos (W) e relativos ao peso corporal (W.kg <sup>-1</sup> ), índice de fadiga (IF <sub>TCA</sub> ) expressos em valores percentuais (%) e concentração pico de lactato ([Lac] <sub>pTCA</sub> ) do TCA e re-TCA (n = 8). .....	59
<b>Tabela 8</b> – Correlações entre os resultados de potência pico (PP <sub>TCA</sub> ) e potência média (PM <sub>TCA</sub> ) do TCA com as velocidades máxima (V <sub>max</sub> ), média (V <sub>med</sub> ) e as parciais de 60m (V <sub>60</sub> ), 120m (V <sub>120</sub> ), 180m (V <sub>180</sub> ), 240m (V <sub>240</sub> ) e 300m (V <sub>300</sub> ) do teste de D <sub>300m</sub> (n = 10). .....	59

<b>Tabela 9</b> – Correlações entre os resultados de potência pico ( $PP_{TCA}$ ), potência média ( $PM_{TCA}$ ), índice de fadiga ( $IF_{TCA}$ ) e a concentração pico de lactato ( $[Lac]_{pTCA}$ do TCA com os resultados de potência pico ( $PP_{TW}$ ), potência média ( $PM_{TW}$ ), índice de fadiga ( $IF_{TW}$ ) e a concentração pico de lactato ( $[Lac]_{pTW}$ do TW ( $n = 9$ ) e com os resultados de Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD) em valores absolutos ( $LO_2$ ) e relativos à massa corporal ( $mlO_2.kg^{-1}$ ) ( $n = 8$ ). .....	60
<b>Tabela 10</b> – Coeficiente de correlação intraclasse entre os valores de potência pico ( $PP_{TCA}$ ), potência média ( $PM_{TCA}$ ), índice de fadiga ( $IF_{TCA}$ ) e concentração pico de lactato ( $[Lac]_{pTCA}$ ) do TCA e do re-TCA ( $n = 8$ ).....	61
<b>Tabela 11</b> – Média e desvio padrão dos valores de concentração pico de lactato dos testes de Wingate (TW), de corrida atada (TCA) e desempenho de 300 metros ( $D_{300m}$ ) e as respectivas durações dos esforços anaeróbios do TW, do TCA e do $D_{300m}$ . .....	61
<b>Tabela 12</b> – Valores de frequência (Hz) e a média de 30 segundos do canal 2 em milivolts (mv) e o desvio padrão (DP). .....	81
<b>Tabela 13</b> – Valores de peso (kg) e a média de 30 segundos do canal 1 em milivolts (mv) e o desvio padrão (DP). .....	82

## 1 INTRODUÇÃO

A fisiologia aplicada aos esportes de rendimento tem crescido de forma acentuada nos últimos anos. Dentre seus focos de estudo encontram-se o desenvolvimento e aprimoramento de testes específicos para quantificação de variáveis que possam ser empregadas na avaliação e predição do desempenho bem como na prescrição do treinamento em diferentes modalidades esportivas.

Com esse intuito, PAPOTI (2003) padronizou e PAPOTI et al. (2005) recentemente aprimoraram o teste de nado atado (TNA) em piscina, obtendo novos parâmetros, melhorando a aplicabilidade da avaliação e reduzindo gastos em aquisição de equipamentos. No primeiro estudo, o autor analisa a força obtida durante esforços máximos no TNA associada a frequência de braçada, e num segundo momento, os autores desenvolveram um teste incremental em nado atado e analisaram a força de nado associada com a intensidade correspondente ao limiar anaeróbio durante esforços incrementais e em esforço máximo de 30 segundos.

Normalmente, as avaliações de atletas são realizadas em laboratório ou em campo. Em laboratório são utilizados ergômetros específicos para simular o movimento da modalidade e o ambiente propicia um melhor controle de variáveis intervenientes (temperatura ambiente, velocidade do vento, etc.), durante o teste. Entretanto, os testes

em campo são realizados no próprio ambiente de treinamento e/ou competição, garantindo uma maior especificidade de movimento e condições físicas e ambientais.

No atletismo, especificamente nas provas de corrida, as distâncias variam de 100 a 42.195 m. Assim, os corredores são classificados em velocistas (especialistas em provas de 100 a 400 m), meio fundistas (especialistas em provas de 800, 1500 e 3000 m) e fundistas (especialistas em provas de 5000 m a 42.195 m). Com isso, os requisitos fisiológicos e as variáveis determinantes do desempenho variam conforme a distância da prova. Sendo assim, percebe-se que a participação relativa das vias bioenergéticas, os mecanismos de fadiga, o padrão de recrutamento dos tipos de fibras musculares esqueléticas, bem como, os índices associados ao desempenho são diferenciados para velocistas, meio fundistas e fundistas (ROSS et al., 2001; SKURVYDAS et al., 2002).

Para avaliação da condição aeróbia de grande importância para meio fundistas e principalmente fundistas, a literatura estabelece índices fisiológicos que são confiáveis e podem ser utilizados na prescrição e predição de desempenho, dentre os quais podemos citar a máxima fase estável de lactato (BENEKE, 2003), economia de corrida (SAUNDERS et al., 2004), consumo máximo de oxigênio ( $VO_2\text{max}$ ) e intensidade associada ao  $VO_2\text{max}$  ( $vVO_2\text{max}$ ) (BILLAT et al., 1999). Por outro lado, a avaliação da condição anaeróbia de grande valia para velocistas é problemática devido às limitações impostas pelos métodos e protocolos propostos (MEDBØ et al., 1988; ZAJĄC et al., 1999). Além disso, é controversa a literatura acerca dos índices válidos para predição do desempenho de velocidade em atletas.

Um método aplicado em campo para avaliar a potência anaeróbia alática foi proposto por MARGARIA et al. (1966). O teste de Margaria compreende uma subida em escada com doze degraus, sendo que o indivíduo deve subir a escada o mais rápido



possível saltando de três em três degraus. Multiplicando-se o peso corporal do indivíduo pela distância vertical percorrida entre o 3º e o 9º degraus (distância = 1,05m) e dividindo esse produto pelo tempo necessário para a execução, é estabelecido o índice de potência anaeróbia alática (PAA) do indivíduo.

Posteriormente, MEDBØ et al. (1988) propuseram uma metodologia interessante para avaliação da capacidade anaeróbia em esteira, visando a obtenção da quantidade máxima de energia (ATP) produzida pelas vias anaeróbias durante o exercício supramáximo até a exaustão. O termo utilizado pelos pesquisadores foi Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD), mas o teste apresenta baixa aplicabilidade, pois exige um número elevado de visitas ao laboratório para sua realização.

Outros testes utilizados para avaliação da potência e a capacidade anaeróbia de atletas são os saltos verticais (SV) [com duas técnicas de execução, o *Countermovement Jump* (CMJ) e o *Squat Jump* (SJ)] (SKURVYDAS et al., 2002) e o teste de Wingate (TW) (ZAJĄC et al., 1999). Porém, estes testes não propiciam os movimentos específicos da corrida, analisando resultados de altura, em centímetros, e potência no ciclismo, respectivamente. Isso limita a aplicação dos mesmos para diagnóstico de parâmetros confiáveis para predição de desempenho em velocistas.

Outra dificuldade associada à avaliação do desempenho em provas de curta duração é a influência dos fatores neurais que ocorrem com o treinamento de velocidade (alteração no recrutamento de unidades motoras das fibras rápidas, aumento na velocidade e na frequência de estímulos neurais), mas cuja importância sobre a sua contribuição na melhoria do desempenho ainda não estão completamente elucidadas (ROSS et al., 2001).

Pensando em contornar e minimizar todas estas dificuldades apresentadas, HOPKINS et al. (1999) propõe um método de acompanhamento longitudinal para melhor explicar o desempenho em eventos de velocidade em atletas de alto rendimento. Os autores, além de realizar testes, acompanham também as competições e por meio desses dados, observam a variação inter-individual do atleta. Assim, ao comparar com outros atletas viabilizam uma melhor predição do desempenho nas provas de curta duração.

Observa-se assim que os testes existentes para avaliação da aptidão anaeróbia de corredores apresentam importantes limitações quanto a especificidade (CMJ, SJ e TW) e aplicabilidade (MAOD), o que por sua vez limita também o emprego dos mesmos quando se objetiva levantar informações para diagnóstico, predição de desempenho e prescrição do exercício.

Nesse contexto, cresce a necessidade de desenvolver métodos de avaliação que possam identificar variáveis determinantes do desempenho de velocistas em testes realizados no próprio ambiente de treinamento e/ou competição, priorizando a busca da especificidade na avaliação e de novas variáveis que possam melhor explicar as alterações no desempenho dos atletas durante os períodos de treinamento.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

O esporte de alto rendimento está evoluindo com o passar dos anos. Junto a essa evolução, temos o avanço e o desenvolvimento das ciências aplicada ao esporte que, por sua vez, contribui de modo satisfatório para este acontecimento. Atualmente, especialistas de várias áreas (biomecânica, fisiologia, psicologia, medicina esportiva, etc.) tem proporcionado amplo conhecimento aplicado que reflete em otimização dos métodos de treinamento, auxiliando os atletas a conseguir resultados que, até há algum tempo, eram inesperados (BOMPA, 2002).

Particularmente, a fisiologia aplicada ao esporte de alto rendimento visa dentre outros, criar e desenvolver métodos e procedimentos de avaliação para o atleta no âmbito de treinamento e/ou competição. Isso se faz necessário principalmente nas atividades que possuem predomínio do metabolismo anaeróbio, como é o caso de corredores velocistas, pois os testes existentes não conseguem explicar satisfatoriamente o desempenho. Mas, sabe-se que existem vários fatores intervenientes que dificultam estabelecer variáveis que possam explicar, com maior eficácia, o desempenho.

Apesar de sua relevância, os testes para avaliação da condição anaeróbia não são tão desenvolvidos como os que avaliam a condição aeróbia, embora, saibamos que as

variáveis como força e potência apresentem grande importância para a evolução do desempenho de corredores velocistas e nadadores, entre outros. (SMITH et al., 2002).

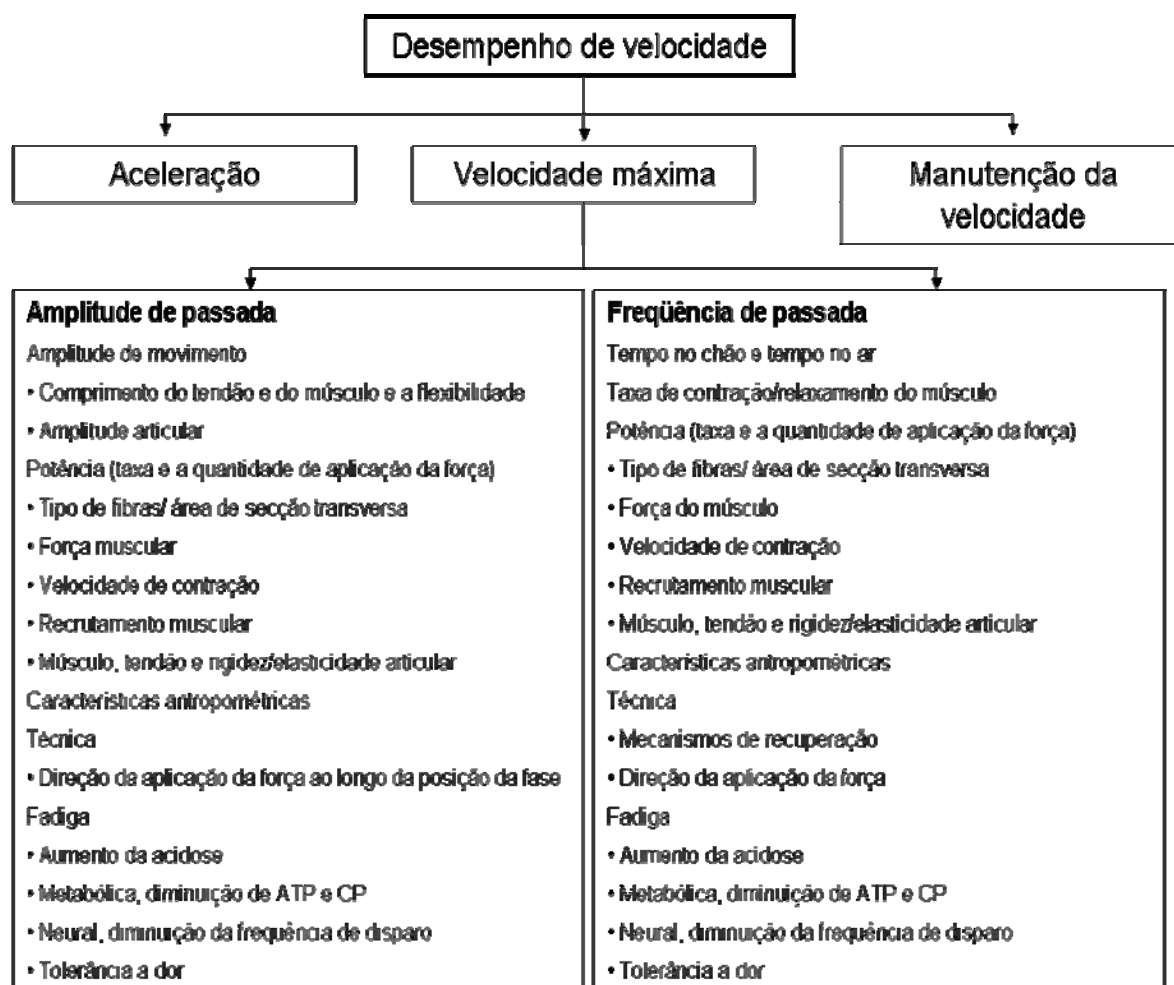
Na literatura atual, não são encontrados testes que propiciem a avaliação de parâmetros anaeróbios com a quantificação de força e de potência durante o movimento específico da corrida. Então, serão abordados nesta revisão de literatura os fatores fisiológicos determinantes do desempenho de velocistas, bem como os métodos existentes para avaliação da condição anaeróbia e suas correlações com o desempenho.

## 2.1 Determinantes fisiológicos do desempenho de velocistas

### 2.1.1 Fatores neurais

O desempenho em eventos de curta duração, como é o caso da corrida de 100 metros, é resultante da aceleração, da velocidade máxima e da habilidade de manutenção da velocidade em contraste ao início da fadiga. É sabido que o desempenho nas provas de velocidade é amplamente dependente de fatores genéticos e que com o treinamento ocorre uma melhoria relativamente pequena do desempenho (ROSS et al., 2001).

A velocidade de corrida é produto da frequência (FP) e amplitude de passada (AP). A Figura 1 mostra os componentes de influência neural e metabólica sobre o desempenho de velocidade, detalhando os fatores que influenciam FP e AP.



**Figura 1** – Componentes que influenciam o desempenho de velocidade (figura traduzida do artigo de ROSS et al., 2001).

MERO e KOMI (1985) visando analisar a influência dos parâmetros mecânicos de corrida sobre o desempenho de velocidade, avaliaram um grupo de corredores velocistas (GCV) e um grupo de indivíduos não treinados (GNT) durante uma corrida supramáxima com o auxílio de uma força de tração e observaram que GCV aumentou tanto FP quanto AP, enquanto GNT aumentou somente a AP com certa deficiência mecânica. Os autores relataram que talvez esta resposta indicasse adaptações neurais aos exercícios de intensidade alta, mas não conseguiram discernir se tais adaptações são providas de fatores genéticos ou resultantes do tipo de treinamento realizado.

É sabido que o aumento na velocidade da condução neural parece ocorrer em resposta a um período de treinamento de velocidade. Contudo, melhoria na seqüência temporal de ativação muscular e/ou no recrutamento das fibras rápidas poderia também contribuir para um melhor desempenho em provas de velocidade (ROSS et al., 2001).

AAGAARD (2003) afirma ainda que, o treinamento resistido de alta intensidade modifica tanto o sistema nervoso como a morfologia do músculo exercitado. O autor relata que, dentre as adaptações neurais que propiciam o aumento da força, temos um aumento da excitabilidade do neurônio motor, aumento da taxa de disparo ou velocidade de condução do impulso neural, diminuição da inibição pré-sináptica gerada pela redução do estímulo inibidor e pelo aumento do nível de estímulos motores descendentes do sistema nervoso central. É importante frisar que este tipo de treinamento faz parte da rotina de treinamento dos corredores velocistas e, portanto, as modificações neurais supracitadas podem ocorrer e promover melhoria da força e da potência muscular melhorando o desempenho de corrida.

Por outro lado, a fadiga de origem neural, definida como uma redução na ativação muscular voluntária é potencialmente um fator limitante durante exercício de velocidade máxima. Entretanto, a maioria dos estudos tem dificuldade de estabelecer o local onde ocorre a fadiga neural (ROSS et al., 2001; VUORIMAA et al., 2005). Dentre as possibilidades estão: a falha da medula espinhal, a depressão da excitabilidade do neurônio motor, como também a fadiga na junção neuromuscular pode impedir uma total ativação na corrida de velocidade (ROSS et al., 2001). E HUNTER et al. (2004) relatam que a fadiga é gerada, normalmente, não por apenas uma destas possibilidades e sim por múltiplos mecanismos neurais.

No artigo de revisão de ROSS et al. (2001), os autores concluíram alguns pontos interessantes sobre os fatores neurais relacionados ao desempenho de velocidade:

- I. A seqüência de ativação muscular durante o movimento completo muda com a prática, melhorando a técnica de velocidade;
- II. A velocidade de condução neural aumenta em resposta ao treinamento de velocidade;
- III. Treinamento excessivo pode resultar em adaptações negativas na velocidade de condução neural, na resposta reflexa e nos proprioceptores;
- IV. A fadiga aguda durante o *sprint* pode ter um componente neural, embora isso possa ser fortemente influenciado por mudanças metabólicas no músculo.

De comum acordo com o item IV, HUNTER et al. (2004) considera como causas da fadiga muscular os mecanismos neurais bem como os mecanismos musculares. Os autores definem fadiga muscular como sendo uma redução, induzida pelo exercício, na capacidade de força muscular máxima. Por outro lado, ressaltam que é difícil identificar qual dos mecanismos (neural ou muscular) compromete mais o trabalho muscular. Os pesquisadores descrevem também que o tipo e a intensidade de exercício que está sendo realizado, os grupos musculares envolvidos no exercício e, até mesmo, o ambiente físico na qual a tarefa é executada podem modificar a contribuição dos mecanismos para ocorrência da fadiga muscular. Assim, torna-se mais difícil identificar a exata ocorrência da fadiga muscular decorrente do exercício de alta intensidade.

### 2.1.2 Fatores metabólicos

O trifosfato de adenosina (ATP) é o principal combustível prontamente disponível para a manutenção da homeostasia celular e função contrátil do músculo esquelético (GUYTON & HALL, 2002). Entretanto, os estoques intracelulares desse substrato são limitados, exigindo sua constante produção através de diferentes conjuntos de reações químicas (vias bioenergéticas) à medida que é utilizado (STRYER, 1992).

O exercício físico aumenta de forma abrupta a demanda energética da musculatura ativa, exigindo a elevação equivalente na taxa de ressíntese de ATP para a continuidade da atividade contrátil (GREENHAFF & TIMMONS, 1998).

A hidrólise das reservas intramusculares de fosfocreatina (sistema anaeróbio alático), a hidrólise de glicose a piruvato ou lactato (sistema anaeróbio láctico) e a oxidação completa dos diferentes substratos energéticos (carboidratos, gorduras e proteínas) a gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) nas mitocôndrias (sistema aeróbio) constituem as diferentes vias metabólicas para a ressíntese de ATP (ASTRAND & RODHAL, 1987; STRYER, 1992), sendo que durante o exercício físico, a contribuição relativa de cada uma delas depende, principalmente, da duração e intensidade do esforço (ASTRAND & RODHAL, 1987; FOSS & KETEYIAN, 2000). Em atividades de alta intensidade e curta duração ocorre o predomínio anaeróbio de produção de energia, devido a alta demanda de ATP para a atividade contrátil.

Em decorrência da atividade das vias bioenergéticas são formados metabólitos da fosforilação da fosfocreatina (fosfato inorgânico – Pi), da glicólise anaeróbia (ácido láctico) e da oxidação dos substratos ( $\text{CO}_2$ ), os quais podem provocar alterações metabólicas reduzindo a taxa de produção de ATP e, conseqüentemente, a fadiga muscular (WESTERBLAND et al., 2002; FITTS, 2003).



WESTERBLAND (2002) aponta que o aumento da concentração do fosfato inorgânico muscular proporcionado pela alta depleção da fosfocreatina, parece alterar o metabolismo muscular gerando também a fadiga muscular. Por outro lado, dando atenção à via glicolítica vemos que a degradação da glicose tem como ponto final a formação de piruvato, que por sua vez pode seguir diferentes rotas metabólicas: ser reduzido a ácido láctico ou oxidado a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , dependendo da demanda energética e condições celulares em dado momento (CABRERA et al., 1999). A redução de piruvato a ácido láctico, no citoplasma celular, proporciona a liberação de dois íons de hidrogênio que estavam ligados ao dinucleotídeo nicotinamina-adenina (NAD), possibilitando a continuidade da via glicolítica e, conseqüentemente, da ressíntese não oxidativa de ATP (STRYER, 1992).

Devido a sua constante de dissociação (pK), cerca de 99% do ácido láctico presente nos fluídos corporais se encontra dissociado em íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) e lactato (BROOKS, 1985; GLADDEN, 1996; GLADDEN, 2004). Dessa forma, os termos ácido láctico e lactato são comumente utilizados como sinônimos, apesar de não representarem o mesmo composto (BROOKS, 1985). Com a dissociação do ácido láctico em  $\text{H}^+$  e lactato, ocorre uma diminuição do pH muscular (principalmente em função do íon de hidrogênio) que parece deprimir a função muscular (FITTS, 2003). Mas outros pesquisadores (WESTERBLAND et al., 2002) contestam a afirmação da fadiga mediada principalmente pela acidose metabólica e apontam que a causa da fadiga é a alta concentração de fosfato inorgânico.

O ácido láctico produzido principalmente pelo músculo ativo durante o exercício é difundido pela membrana plasmática a favor de um gradiente de concentração através de mecanismos de transporte facilitado e atinge a corrente sanguínea (JUEL &

WIBRAND, 1989; BANGSBO et al., 1993). Esse transporte do ácido láctico do músculo para o sangue é realizado por proteínas de membrana chamadas de transportadores de monocarboxilases (MCTs) (GREEN et al., 2002).

Segundo CABRERA et al. (1999), a contribuição relativa da via glicolítica para a ressíntese total de ATP na musculatura tem sido tipicamente analisada pela mensuração da concentração sanguínea de lactato, sendo esta a substância mais estudada pela ciência do exercício nos últimos anos (GLADDEN, 2004). Do mesmo modo, a mensuração do lactato sanguíneo vem sendo utilizada como estimativa da produção de energia anaeróbia em esforços de alta intensidade (ZAJAÇ et al., 2001).

Durante o exercício físico a produção de ácido láctico muscular aumenta à medida que aumenta a intensidade do exercício. Embora existam controvérsias de qual seria a principal causa para sua formação ou produção (GLADDEN, 2004), está claro na literatura que o aumento da acidose muscular (concentração de íons de hidrogênio) deprime a função muscular (reduz a transição do estado de força alta para baixa, inibição da velocidade de contração máxima, inibição da ATPase miofibrilar, inibição da taxa glicolítica, redução da ativação das pontes cruzadas por competitividade do hidrogênio com o cálcio para se ligar a troponina C e reduzindo a captação do cálcio por inibição da ATPase sarcoplasmática) (FITTS, 2003).

Sendo assim, a concentração de lactato sanguíneo ([Lac]) provido do metabolismo anaeróbio é analisada para predizer a performance de *endurance* e para determinar cargas de treinamento (MYBURGH et al., 2001). Por outro lado, em atividades predominantemente anaeróbias, como é o caso da corrida de velocidade e outras modalidades de curta duração e alta intensidade (duração aproximada de 30 a 45

segundos), o lactato mensurado no sangue pode atingir altas concentrações e surge como um indicativo de estimativa da capacidade anaeróbia.

Vários autores observam que existe associação entre a concentração pico de lactato ([Lac]p) após o exercício e a aptidão anaeróbia, gerando também estimativa da contribuição anaeróbia da via glicolítica durante o exercício executado (LACOUR et al., 1990; WEINSTEIN et al., 1998; ZAJAÇ et al., 2001; BENEKE et al., 2002).

LACOUR et al. (1990) observaram significativas correlações entre a concentração pico de lactato ([Lac]p) e o desempenho em 17 corredores de alto nível (11 homens e 6 mulheres) que competiam em provas de 400 ( $r = 0,89$ ;  $p < 0,01$ ) e 800 metros ( $r = 0,71$ ;  $p < 0,02$ ).

## 2.2 Testes anaeróbios

Para avaliação da condição anaeróbia de atletas são referenciados, comumente, o teste de saltos verticais (SV), o teste de Wingate (TW) e o teste de MAOD (Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado), entretanto, são analisados e definidos parâmetros anaeróbios diferentes. Assim, observa-se que o teste de SV demonstra parâmetro de potência anaeróbia alática estimando a altura do salto em centímetros (cm). O TW visa a obtenção de variáveis de potência anaeróbia em cicloergômetro, que são expressas em watts (W). E o MAOD estima a capacidade anaeróbia de produção de energia em esforço máximo sendo estimado em litros de oxigênio ( $LO_2$ ).

Além dos testes obterem unidades de medidas diferentes, vemos dois termos sendo abordados, o de capacidade anaeróbia e potência anaeróbia. Define-se capacidade

anaeróbia a quantidade máxima de energia obtida pelo metabolismo anaeróbio (vias anaeróbias, fosfocreatina e glicólise anaeróbia) em esforço máximo até a exaustão, e potência anaeróbia a quantidade de energia máxima produzida pelo metabolismo anaeróbio por tempo de esforço. Assim, deixa-se elucidada os termos utilizados em cada teste para a avaliação da condição anaeróbia descritos abaixo.

Entretanto, outros testes são propostos para avaliação da condição anaeróbia de atletas. O primeiro analisando esforços de corridas intermitentes, como é o caso do teste RAST (BALČIŪNAS et al., 2006) e o segundo através da análise da potência após uma subida em escada utilizando a massa corporal do indivíduo, chamado teste de Margaria (MARGARIA et al., 1966). Tal teste, atualmente, raramente é realizado e na literatura não são vistos relatos sobre o teste Margaria de sua utilização para avaliação de atletas. Por isso, o teste RAST e o teste de Margaria não foram ressaltados nesta revisão de literatura.

### 2.2.1 Teste de Wingate

O teste de Wingate (TW) foi desenvolvido no Departamento de Pesquisa e Medicina Esportiva do Instituto Wingate para a Educação Física e Esporte em Israel na década de 1970 (BAR-OR, 1987). Desde então, passou a ser amplamente utilizado em vários laboratórios de fisiologia para avaliar a potência anaeróbia, resistência e a fadiga muscular (BARFIELD et al., 2002). O referido teste permite avaliar o desempenho anaeróbio por meio de um procedimento não invasivo, com baixo custo e de forma indireta, sendo considerado um protocolo válido para mensurar a potência pico ( $PP_{TW}$ ) e

potência média ( $PM_{TW}$ ) medidas em unidades absolutas e relativas à massa corporal (INBAR et al., 1996).

O TW consiste em esforço máximo de 30 segundos em um cicloergômetro contra uma resistência constante. A informação resultante é uma medida indireta da habilidade dos membros inferiores ou superiores dos indivíduos em produzir altos níveis de potência. Os índices de desempenho do TW são obtidos a cada segundo e a  $PP_{TW}$  em watts refere-se à mais alta produção de potência, a qual geralmente ocorre entre o 3º e 5º segundos do teste. A  $PM_{TW}$  é a média de potência sustentada durante todo o período do teste, enquanto o índice de fadiga ( $IF_{TW}$ ) é a diferença entre a  $PP_{TW}$  e o menor valor de potência no final do período dos trinta segundos, sendo os valores expressos em porcentagem (%).

BENEKE et al. (2002) analisaram a demanda energética, a eficiência mecânica e o desempenho durante o TW. Neste estudo foram avaliados 11 homens que realizaram um teste incremental máximo para determinação do consumo de oxigênio máximo ( $VO_2max$ ) e um TW. A participação do metabolismo anaeróbio foi analisada por meio da análise da produção de lactato e pelo componente rápido da cinética da captação de oxigênio pós-exercício, enquanto o metabolismo aeróbio foi mensurado pela captação de oxigênio durante o exercício. Os valores percentuais de contribuição energética aeróbia, anaeróbia alática e láctica durante o TW foram  $18,6 \pm 2,5\%$ ,  $31,1 \pm 4,6\%$  e  $50,3 \pm 5,1\%$ , respectivamente. Os autores concluíram que a energia proveniente do metabolismo anaeróbio láctico foi responsável por 83% da variação na  $PP_{TW}$  e por 81% da variação na  $PM_{TW}$ , durante o TW.

O TW possui boa confiabilidade e reprodutibilidade (BAR-OR, 1987; WEINSTEIN et al., 1998), sendo considerado uma ferramenta válida para avaliar o desempenho anaeróbio (INBAR et al., 1996; SANDS et al., 2004).

Contudo, ao atentar à metodologia do TW, vemos que são apontados três problemas que devem ser ressaltados (McINTOSH et al., 2003). O primeiro consiste no momento de inércia, já que o teste pode ser realizado com saída parada e lançada, sendo que na saída lançada o avaliado reduz a inércia por acelerar o pedal antes de atribuir a resistência (BAR-OR, 1987). O segundo problema é a escolha da resistência apropriada para o indivíduo gerar a maior potência durante o teste. Inicialmente, a primeira carga proposta para a realização do TW foi  $0,075 \text{ kp.kg}^{-1}$  de massa corporal (BAR-OR, 1987). No entanto, estudos mais atuais têm demonstrado que a escolha da carga pode influenciar nos valores de  $PP_{TW}$  e  $PM_{TW}$  (BRADLEY & BALL, 1992; OKANO et al., 2001). É sabido que a  $PP_{TW}$  depende de características individuais, entretanto, a  $PM_{TW}$  depende principalmente da melhor carga de resistência atribuída para realização do teste (McINTOSH et al., 2003). Finalmente, o TW utiliza a saída lançada, mas o cicloergômetro Monark proposto para a realização dos testes possui carga de fricção modelo pêndulo que permite somente a saída parada.

Recentemente, outro estudo demonstrou que o efeito da experiência prévia no TW pode levar a alteração dos resultados de potência em avaliação subsequente (BARFIELD et al., 2002).

A maior problemática relativa ao emprego do TW para avaliação de corredores é a inespecificidade do teste. Após a realização do teste são registrados os resultados de potências pico (PP) e média (PM) no cicloergômetro e os indivíduos durante o teste não precisam suportar o peso corporal, pois estarão sentados no selim da bicicleta.

BERTHOIN et al. (2001) correlacionaram os resultados do TW, SJ e CMJ com a cinemática de corrida (aceleração, velocidade máxima e desaceleração) em estudantes durante corrida de 100 metros. Os autores observam que o TW é menor correlacionado com a cinemática de corrida quando comparado com o SJ e CMJ, atribuindo a maior correlação dos saltos com a corrida estarem relacionados a sustentação do peso corporal durante a execução destes dois exercícios, o que não ocorre com o TW.

### 2.2.2 Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado

O Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD) foi inicialmente proposto por MEDBØ et al. (1988) para a quantificação da capacidade anaeróbia, sendo esta definida como a quantidade máxima de energia gerada pelos processos anaeróbios (vias ATP-CP e glicolítica) e com o processo da glicólise anaeróbia gerando subsequente formação de lactato. O MAOD vem sendo considerado uma medida bastante confiável da capacidade anaeróbia (SCOTT et al., 1991; GASTIN, 1994).

A determinação do MAOD consiste em estabelecer, inicialmente, uma relação linear individual entre a demanda de oxigênio ( $O_2$ ) e a intensidade de exercício. Para isso, os autores propõem cargas submáximas que variam de 35 a 100% do  $VO_{2max}$ , sendo necessárias de 10 a 20 sessões de cargas submáximas com duração de 10 minutos, com a demanda de  $O_2$  para cada intensidade de exercício calculada como a média dos dois últimos minutos de esforço. O procedimento proposto para sua determinação dificulta a sua aplicação, mas os autores julgam ser necessários vários esforços, pois ocorre uma considerável variação inter-individual (~ 16%) na eficiência mecânica (NAKAMURA & FRANCHINI, 2006).

Posteriormente, para a quantificação do MAOD, são propostas cargas retangulares supramáximas na faixa de 110 a 125% do  $\text{VO}_2\text{max}$ , que induzem a exaustão em torno de dois a sete minutos de exercício. As cargas menores que dois minutos não possibilitam a manifestação completa do MAOD e as cargas maiores que dez minutos dependem diretamente da motivação do atleta, podendo ocasionar erros significativos na medida. Assim, estabelecendo a demanda de  $\text{O}_2$  acumulada em testes supramáximos como o produto da demanda de  $\text{O}_2$  e o tempo de exercício realizado até a exaustão, o MAOD é a diferença entre a demanda de  $\text{O}_2$  acumulada e o consumo de  $\text{O}_2$  acumulado no teste.

MEDBØ et al. (1988) estabelece o procedimento que adota um valor ( $5 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) de intercepto y igual para todos os indivíduos, permitindo que seja realizada uma relação linear mais confiável entre demanda de  $\text{O}_2$  e intensidade de exercício com um número menor de cargas submáximas, sendo elas próximas ao  $\text{VO}_2\text{max}$ . Desta maneira, viabilizando uma maior praticidade na aplicação do MAOD, com estimativas de capacidade anaeróbia próximas ao modelo original.

Outros autores (SCOTT al., 1991; HILL, 1996; HILL et al., 2002), visando melhorar a aplicabilidade do MAOD, desenvolveram metodologias alternativas para sua determinação, sendo realizadas em esteira ou cicloergômetro.

O método proposto por MEDBØ et al. (1988) mesmo com sua baixa praticidade na aplicação demonstra ser uma medida confiável da capacidade anaeróbia. Neste estudo, os autores realizaram o MAOD com três sujeitos em duas condições, hipóxia e normóxia, para confirmar que a variável de capacidade anaeróbia é independente do metabolismo aeróbio. Assim, os resultados mostraram que o  $\text{VO}_2\text{max}$  em hipóxia reduziu de maneira significativa ( $13,0 \pm 4,0 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) e o MAOD não apresentou



diferença significativa em ambas condições ( $0,7 \pm 4,5 \text{ mlO}_2.\text{kg}^{-1}$ ). Com estes resultados, os pesquisadores concluem que o método é válido para avaliação da capacidade anaeróbia. Entretanto, a validade do método, para quantificar a capacidade anaeróbia é questionada (BANGSBO, 1996).

### 2.2.3 Teste de salto vertical

Frequentemente são analisadas duas técnicas para a avaliação da altura do salto vertical (SV) em atletas: o *Squat Jump* (SJ) e o *Countermovement Jump* (CMJ) (MARKOVIC et al., 2004). O SJ consiste na realização de um salto vertical com a saída na posição agachada (aproximadamente angulação do joelho a  $90^\circ$ ), com as mãos apoiadas na cintura. O teste avalia a potência dos membros inferiores, com o auxílio de uma plataforma de salto, sendo realizado somente a fase concêntrica do movimento e obtêm-se a altura estimada do salto em centímetros utilizando o tempo de vôo. Após o salto, o indivíduo deverá manter as pernas estendidas na queda, para não superestimar a altura do salto.

O CMJ que difere de forma mínima do SJ, pois o CMJ utiliza uma saída na posição em pé e o indivíduo usa a força do componente elástico da musculatura (fase excêntrica) para a execução do salto. Os demais procedimentos são idênticos ao SJ citado acima.

Alguns estudos (VUORIMAA et al. 1996, BERTHOIN et al. 2001) utilizam os testes de CMJ e SJ para relacionar com desempenho da aptidão anaeróbia ou com o desempenho de provas de velocidade.

### 2.3 Validade dos testes anaeróbios para predição do desempenho

Alguns autores buscam a validade dos testes anaeróbios relatos acima por meio de comparações com o desempenho em esforço máximo ou através de comparações com outro teste anaeróbio.

Nesse intuito, BERTHOIN et al. (2001) avaliaram 22 estudantes de educação física para observar a relação entre os parâmetros cinemáticos dos 10 primeiros segundos de corrida durante um *sprint* de 100 metros e os resultados de diferentes testes anaeróbios, SJ, CMJ e TW. A média do grupo no desempenho de 100 metros foi de  $12,6 \pm 0,9$  segundos. Durante os 10 segundos iniciais, foram calculadas a aceleração máxima (AM), a velocidade máxima (Vmax) e o tempo para atingir a Vmax (tVmax). Os autores encontraram correlações significativas entre a AM e CMJ ( $r = 0,48$ ), Vmax e SJ ( $r = 0,63$ ), Vmax e CMJ ( $r = 0,56$ ) e AM e TW ( $r = 0,51$ ). A tVmax não foi correlacionada com os outros testes. Entretanto, não foram encontradas correlações significativas entre o TW e Vmax ( $r = -0,14$ ), como também entre a aceleração máxima (AM) e SJ ( $r = 0,25$ ), AM e Vmax ( $r = 0,10$ ). Concluindo que as alterações dos parâmetros cinemáticos de corrida parecem ser melhores explicados com o CMJ e SJ, pois ambos necessitam da sustentação do peso corporal durante a execução. E consequentemente, atribui-se, em parte, as correlações não significativas entre os parâmetros cinemáticos ao TW por não necessitar da sustentação do peso corporal durante sua execução.

Em estudo recente, KASABALIS et al. (2005) encontraram correlações significativas entre o teste de Wingate (potência pico) e o desempenho de salto vertical,

respectivamente, num grupo de 56 jogadores de voleibol ( $r = 0,86$ ) e para todos os integrantes da pesquisa (os jogadores de voleibol e um grupo de 52 indivíduos não-atletas) ( $r = 0,82$ ).

SCOTT et al. (1991) avaliaram um grupo de corredores (3 velocistas, 5 meio fundistas e 4 fundistas) e 4 estudantes universitários. Os sujeitos realizaram um TW, corrida de desempenho nas distâncias de 300, 400 e 600 metros e obtiveram o valor do MAOD determinado pelo procedimento 3 modificado de MEDBØ et al. (1988). Os autores encontraram valores de MAOD significativamente maiores para o grupo de velocistas e meio fundistas (respectivamente,  $78,3 \pm 3,5$  e  $74,2 \pm 7,2$  mlO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>) em relação aos fundistas e estudantes universitários (respectivamente,  $56,9 \pm 5,1$  e  $56,1 \pm 10,5$  mlO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>), demonstrando que é maior a capacidade anaeróbia dos velocistas e meio fundistas. Foram encontradas também correlações significantes entre MAOD e TW ( $PM_{TW}$ ) ( $r = 0,70$ ), MAOD e desempenho de 300 metros ( $r = -0,76$ ), MAOD e desempenho de 400 metros ( $r = -0,57$ ).

Num outro estudo analisando a relação entre o MAOD e desempenho de corrida (RAMSBOTTOM et al., 1994) utilizando um grupo constituído por corredores e não-corredores. Os autores encontraram correlações negativas significantes entre o MAOD e o tempo nas distâncias de 100 metros ( $r = -0,88$ ), 400 metros ( $r = -0,82$ ) e 800 metros ( $r = -0,61$ ). Verificando a correlação elevada entre o VO<sub>2</sub>max e o desempenho de 800 metros ( $r = -0,92$ ), os autores sugerem que o MAOD não constitui fator determinante no desempenho em distância de 800 metros, sendo este mais dependente da potência aeróbia.

Visando analisar o efeito do treinamento sobre o MAOD e outros indicadores de capacidade anaeróbia (concentração de lactato pico e tempo limite), HEUGAS et al.

(1997) avaliaram 11 corredores de 400 metros. Após um período de treinamento o MAOD diminuiu significativamente e o  $VO_{2pico}$  aumentou 8,84%. Entretanto, os autores reportaram que houve correlação entre MAOD e  $VO_{2pico}$  e que o MAOD parece ser sensível ao treinamento aeróbio intenso em corredores velocistas. Os pesquisadores ressaltam que é muito difícil estabelecer a utilidade do MAOD dentro de um grupo homogêneo de corredores velocistas de alto nível para o treinamento de 400 metros e para a melhoria do desempenho.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivos Gerais

O presente estudo tem como objetivos gerais padronizar o teste de corrida atada (TCA) analisando a validade, a reprodutibilidade e a confiabilidade do teste na avaliação de corredores velocistas.

#### 3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do estudo são:

1. Analisar a validade por constructo verificando as correlações entre os parâmetros do TCA ( $PP_{TCA}$ ,  $PM_{TCA}$ ,  $IF_{TCA}$  e  $[Lac]p_{TCA}$ ) e o desempenho de 300 metros ( $D_{300m}$ );
2. Analisar a validade concorrente verificando as correlações entre as variáveis do TCA e do TW ( $PP_{TW}$ ,  $PM_{TW}$ ,  $IF_{TW}$  e  $[Lac]p_{TW}$ );
3. Comparar e correlacionar os resultados do TCA e re-TCA para testar sua reprodutibilidade e confiabilidade.

#### **4 JUSTIFICATIVA**

Na busca de metodologias para avaliação da aptidão anaeróbia de corredores velocistas observa-se uma lacuna na literatura científica, particularmente no que se refere a testes de campo que envolvam movimentos específicos da modalidade.

Comumente, o teste de Wingate (TW) é empregado para a determinação de índices de potência anaeróbia em corredores. Entretanto, o TW é realizado em cicloergômetro em ambiente laboratorial, fatores que limitam sua aplicação devido a grande inespecificidade para o grupo em questão. Outro método laboratorial utilizado para avaliar a capacidade anaeróbia de atletas é o MAOD, que envolve número elevado de sessões de exercício e equipamentos sofisticados, o que torna o procedimento de difícil aplicação.

Assim, no esporte de alto nível observa-se a necessidade de desenvolvimento e aperfeiçoamento de testes que possam ser aplicados no próprio ambiente de treinamento, priorizando a busca da especificidade na avaliação e de variáveis que possam explicar e discriminar satisfatoriamente o desempenho de corredores velocistas. Nesse contexto, a proposição do teste de corrida atada (TCA), bem como a investigação de sua validade e reprodutibilidade constituem importante contribuição à literatura especializada, profissionais e atletas envolvidos em corrida de velocidade. O TCA

propõe viabilizar uma nova metodologia para avaliação de corredores especialistas em provas de velocidade, possibilitando a determinação de parâmetros de potências durante corrida, realizado na pista de atletismo, atribuindo variáveis importantes no processo de avaliação que consigam prever com certa precisão o desempenho nas provas de velocidade.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Participantes

A amostra foi composta por 10 corredores (7 especialistas em 100 metros rasos e 3 especialistas em 400 metros rasos) com idade entre 17 e 26 anos, pertencentes a Equipe de Atletismo de Presidente Prudente. Na Tabela 1 são apresentados os resultados do desempenho em competição e na Tabela 2 as características físicas dos atletas. Todos vinham treinando regularmente 5-6 vezes por semana há pelo menos dois anos e participando de competições de nível estadual e nacional.

Os objetivos, procedimentos e riscos envolvidos na realização dos testes foram previamente apresentados aos voluntários, após o que os mesmos ou responsáveis assinaram termo de consentimento concordando em participar dessa investigação. O protocolo e os procedimentos da pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro (Ofício CEP 022/2006, protocolo n. 7836 – ANEXO I).

**Tabela 1** – Desempenho em competição (n=10).

	Tempo de desempenho (segundos)	
	100 metros (n = 7)	400 metros (n = 3)
Média ± Desvio Padrão	11,0 ± 0,4	50,0 ± 1,5



**Tabela 2** – Características dos atletas estudados (n = 10).

Participantes	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (m)	Gordura Corporal (%)	Tempo de treino (anos)
A	24	66,9	1,77	5,57	8,0
B	22	76,2	1,81	6,35	8,0
C	19	61,7	1,71	7,08	2,0
D	21	71,8	1,88	6,90	7,6
E	17	51,5	1,61	8,10	2,0
F	25	63,9	1,64	16,70	2,5
G	26	75,9	1,87	6,90	3,5
H	22	61,5	1,71	8,32	7,0
I	24	81,8	1,84	7,02	3,5
J	20	70,3	1,77	8,21	2,0
Média	22,00	68,15	1,76	8,11	4,61
Desvio Padrão	2,83	8,89	0,09	3,14	2,69

## 5.2 Delineamento experimental

Os voluntários foram orientados a realizar refeição leve 2 horas antes de cada teste e a evitarem sessões extras de atividade física intensa no período experimental, bem como o uso de bebidas alcoólicas, cafeína, nicotina e recursos ergogênicos ilícitos. Previamente à coleta de dados, os mesmos foram submetidos a sessões de familiarização a todos os procedimentos experimentais.

Para a caracterização da amostra foram mensurados os dados antropométricos (massa corporal, estatura e dobras cutâneas) dos participantes. Posteriormente, os corredores foram submetidos a 3 testes laboratoriais: um teste incremental para determinação do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e do limiar anaeróbio (LAn),

um teste de Wingate (TW) e um teste de capacidade anaeróbia definido por MEDBØ et al. (1988) como Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD). As intensidades de esforços utilizadas para determinação do MAOD foram definidas com os resultados do teste incremental. Em pista de atletismo foi realizado um teste de desempenho máximo na distância de 300 metros ( $D_{300m}$ ) e dois testes de corrida atada (TCA). Após os testes de Wingate, de TCA, de  $D_{300m}$ , das cargas retangulares em intensidades submáxima e supramáxima para a determinação do MAOD e a cada estágio do teste incremental para determinação do consumo máximo de oxigênio foram coletadas amostras de sangue arterializado para análise do lactato sanguíneo. Todos os testes foram executados dentro do período de duas semanas e separados por intervalos de 24 a 72 horas para propiciar uma adequada recuperação dos atletas (Figura 2).

<b>Dias de coletas</b>	<b>Procedimentos experimentais</b>
<b>1° Dia</b>	<b>Antropometria e Teste incremental (<math>VO_{2max}</math> e LAn)</b>
<b>2° Dia</b>	<b>Teste Wingate</b>
<b>3° Dia</b>	<b>TCA</b>
<b>4° Dia</b>	<b>Desempenho máximo de 300 metros</b>
<b>5° Dia</b>	<b>re-TCA</b>
<b>6° Dia</b>	<b>2 testes submáximos em esteira</b>
<b>7° Dia</b>	<b>1 teste sub e 1 supramáximo em esteira</b>

**Figura 2** – Esquema experimental.

### 5.3 Medidas antropométricas

As medidas antropométricas massa corporal, estatura e dobras cutâneas foram mensuradas com o auxílio de uma balança digital com precisão de 0,1 kg (Filizola, Brasil), um estadiômetro acoplado a balança com precisão de 0,5 cm e compasso de dobras cutâneas (Harpenden, England), respectivamente.

O percentual de gordura corporal foi estimado por meio da mensuração das dobras cutâneas tricipital, supra-íliaca e abdominal, de acordo com o protocolo de GUEDES (1998).

#### 5.4 Testes laboratoriais

##### 5.4.1 Teste de Wingate

Para a realização do teste de Wingate (TW) foi utilizado o cicloergômetro de frenagem mecânica da marca Cefise (Biotec 1800, Brasil). Precedente ao teste, foi realizado aquecimento padronizado de 5 minutos com carga de 1,50 kp e velocidade de 21 km.h<sup>-1</sup>, sendo que no 2° e 4° minutos os atletas realizaram dois *sprints* máximos com duração de 5 segundos cada (adaptado BARFIELD et al., 2002). Após um intervalo de 5 minutos e utilizando carga relativa de 7,5% do peso corporal (ZAJĄC et al., 1999; BENEKE et al., 2002) foi realizado um esforço máximo de 30 segundos, sendo registrados através do *software* Wingate Test (Cefise, Campinas, Brasil) a potência pico (PP<sub>TW</sub>), a potência média (PM<sub>TW</sub>) e o índice de fadiga (IF<sub>TW</sub>) do TW. Durante todo o teste os indivíduos foram motivados por estimulação verbal pelos avaliadores.

Os resultados de  $PP_{TW}$  e  $PM_{TW}$  foram expressos em valores absolutos (W) e relativos ( $W \cdot kg^{-1}$ ) a massa corporal para cada um dos atletas.

#### 5.4.2 Teste Incremental para determinação do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e limiar anaeróbio (LAn)

Após um aquecimento de 5 minutos a  $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  os atletas realizaram um teste incremental em esteira (ATL Super, Inbrasport, Brasil) com velocidade inicial de  $9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , inclinação fixa de 1% (JONES and DOUST, 1996), incremento de  $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a cada 3 minutos até a exaustão voluntária e pausas de 30 segundos para coleta de amostras sanguíneas a cada estágio para determinação da lactacidemia (BILLAT et al., 1999; CAPUTO & DENADAI, 2004). Durante o teste foram monitoradas as variáveis: frequência cardíaca (S810, Polar, Finlândia), concentração de lactato sanguíneo (YSL 1500 SPORT, Yellow Springs Co., EUA), consumo de oxigênio, produção de gás carbônico e ventilação (VO2000, MedGraphics, EUA) com valores médios das amostras de gases a cada 20 segundos. Analisando os dados registrados, foram determinados os valores de frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ), consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e velocidade associada ao  $VO_{2max}$  ( $vVO_{2max}$ ) (BILLAT et al., 1999). Imediatamente após o teste incremental foi coletada amostra de sangue arterializado para determinar a concentração de lactato sanguíneo pós teste ( $[Lac]_{pós-teste}$ ). E por meio da relação entre a velocidade e a concentração de lactato sanguíneo foi estabelecido o limiar anaeróbio (LAn) para cada sujeito individualmente utilizando o modelo de inspeção visual por bi-segmentação (NAGLE et al., 2004).

Antes de cada teste, o analisador de gases VO2000 foi calibrado manualmente com concentrações de gases devidamente conhecidas (15,8% de oxigênio, 5,0% de gás carbônico e balanço com nitrogênio) (AGA S.A., Brasil), juntamente a calibração de fluxo de ar com seringa de 3 litros (SCV-3L, Cardioequipo).

Os valores de consumo de oxigênio são expressos em valores absolutos ( $\text{LO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ ) e relativos ( $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) à massa corporal.

#### 5.4.3 Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD)

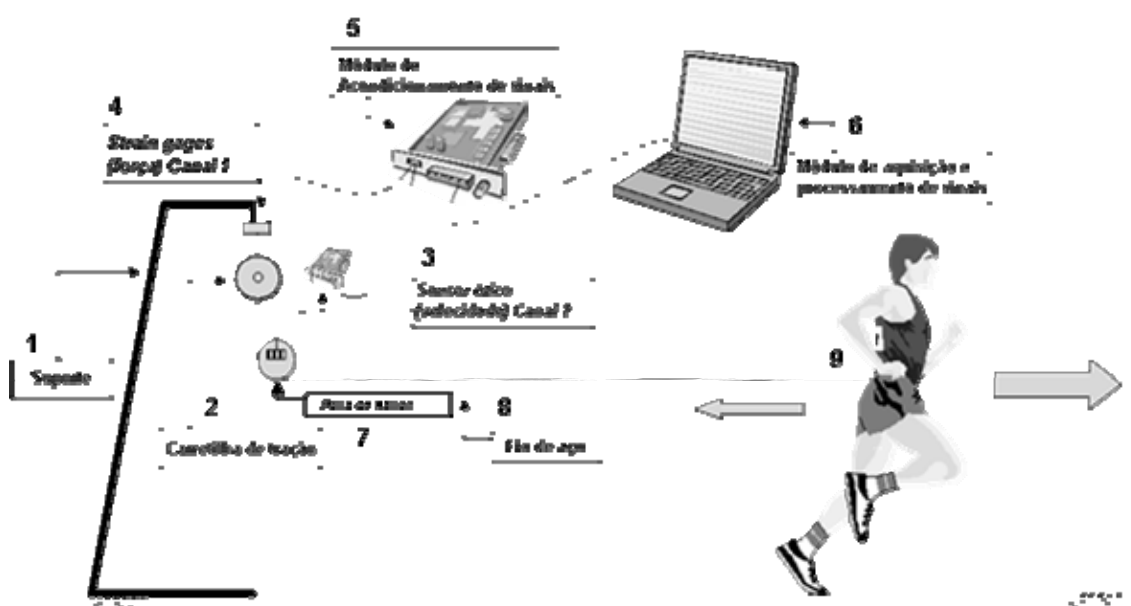
Após aquecimento padronizado a  $7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  durante 5 minutos, cada um dos sujeitos realizou três esforços submáximos de 10 minutos em velocidades equivalentes a 70, 90 e 100% do LAn, em ordem aleatória, e um esforço em velocidade supramáxima a 110% da  $v\text{VO}_2\text{max}$  em esteira até a exaustão (adaptado SCOTT et al., 1991). A demanda de oxigênio para cada velocidade submáxima de exercício foi calculada como a média dos dois últimos minutos de esforço. Inicialmente, foi determinada uma relação linear entre a demanda de oxigênio ( $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) e a intensidade ( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) entre as velocidades retangulares submáximas. Posteriormente, por extrapolação linear, foi estimada a demanda de oxigênio para a velocidade supramáxima. Com isso, a demanda de oxigênio acumulada (DOA) no teste supramáximo foi estimada como o produto da demanda de oxigênio extrapolada pelo tempo de exercício até a exaustão. Com a diferença entre a DOA e o consumo de oxigênio acumulado (COA) do esforço foi obtido o valor do MAOD, sendo estes expressos em valores absolutos ( $\text{LO}_2$ ) e relativos à massa corporal ( $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ).



### 5.5.2 Teste de corrida atada

Após aquecimento realizado de forma livre, respeitando a rotina individual dos atletas, os corredores realizaram o teste de corrida atada (TCA), constituído por esforço máximo de corrida percorrendo a distância de 120 metros na pista de atletismo. Para tanto, foi desenvolvido um equipamento de tração regulável conectado a um cinto fixado no atleta por meio de um fio de aço inextensível (Figura 4).

Cada atleta realizou dois testes, respectivamente TCA e re-TCA, durante os quais correram contra uma resistência constante (18% da massa corporal) percorrendo uma distância de 120 metros, procurando desenvolver a maior velocidade possível durante todo o esforço. A carga de 18% da massa corporal foi estabelecida por meio de testes preliminares, para permitir a realização de um esforço por aproximadamente 30 segundos na distância de 120 metros. Durante as avaliações os indivíduos foram continuamente incentivados por estimulação verbal pelos avaliadores.



**Figura 4** – Protótipo desenvolvido para o Teste de Corrida Atada (TCA). Ilustração do suporte (1), da carretilha de tração regulável (2), do sensor ótico acoplado a polia de

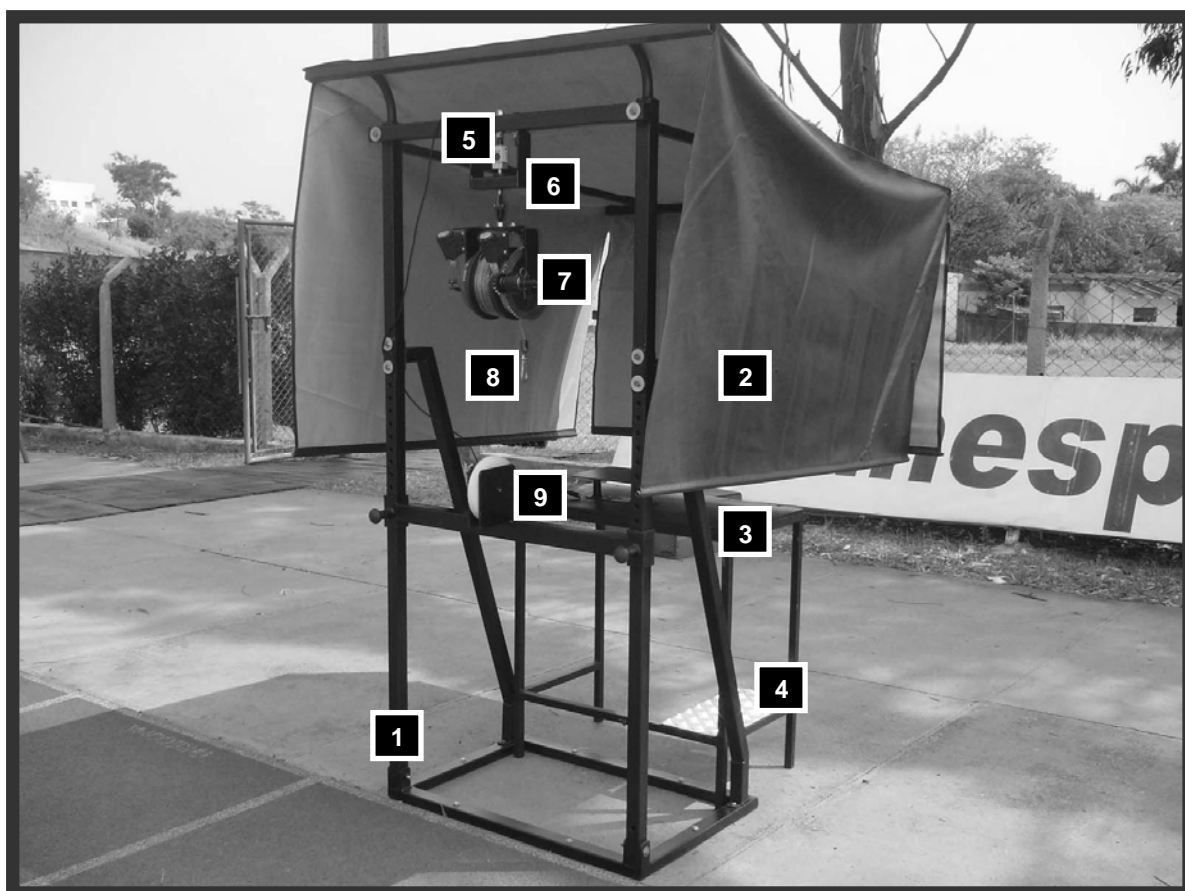
náilon (3), da célula de carga (4), da placa de captura dos sinais do sensor ótico e da célula de carga (5), do módulo de aquisição dos sinais e processamento (6), da polia de náilon com as demarcações brancas e pretas (7), do fio de aço inextensível (8) e do cinto acoplado a cintura do atleta (9).

### 5.5.3 Protótipo desenvolvido para o Teste de Corrida Atada

#### 5.5.3.1 Suporte

Uma estrutura de ferro foi construída e fixada no solo, no início da pista de atletismo. Tal estrutura possui é composta por uma mesa, na qual foi acomodado o computador, a placa de aquisição National Instruments<sup>TM</sup> (Texas, USA) e o sistema de amplificação de sinal. Na parte central da barra superior da estrutura foi fixado a célula de carga (CS-200, Líder Balanças, Brasil). Por intermédio de um parafuso acoplado na base inferior da célula de carga foi fixada uma carretilha de frenagem mecânica responsável pela resistência constante durante os testes. O fio de aço inextensível que bobina a carretilha passa por uma polia fixada na parte central da barra média do suporte. Junto a polia encontra-se o sensor ótico de frequência que conduz o sinal de rotações por minuto da polia, ou seja, velocidade angular (Figura 5).

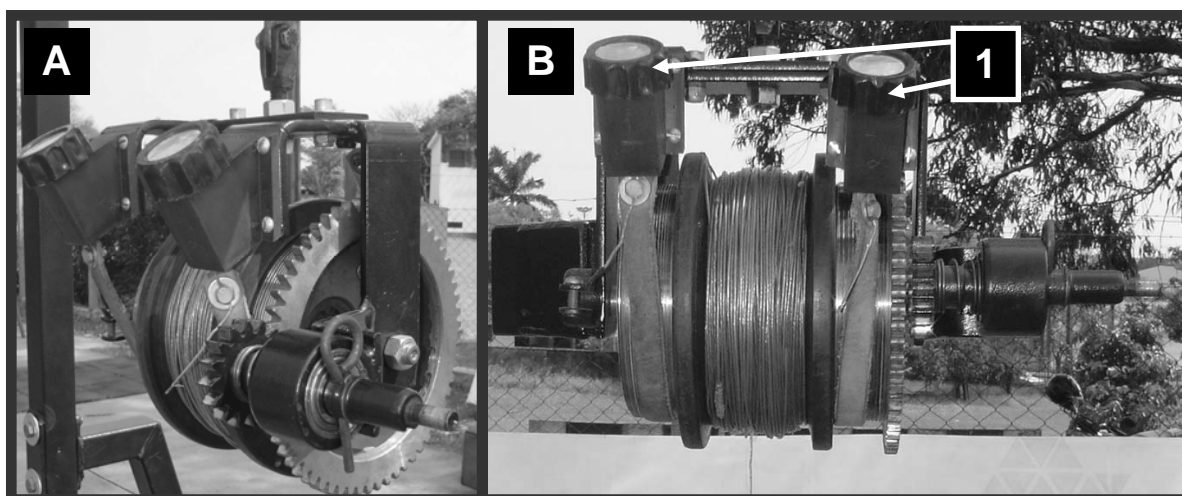




**Figura 5** – O protótipo completo é constituído de suporte de ferro (1) fixado ao solo com um toldo (2) para proteger do sol e melhor visualizar a tela do computador, a mesa (3) para acomodação do monitor e sistema de aquisição de sinais e a base (4) para a CPU, a célula de carga (5) fixada a barra superior do suporte de ferro (acima) e a carretilha de frenagem mecânica (abaixo), o guia da célula de carga (6) que propiciou a redução de ruídos dos sinais, a carretilha de frenagem mecânica (7) com 150 metros de fio de aço inextensível, um mosquetão (8) na ponta do fio de aço para fixar ao cinto acoplado na cintura do atleta, a polia de náilon fixada na barra média do suporte (9) e o sensor ótico.

#### 5.5.3.2 Carretilha de frenagem mecânica

A carretilha possui um peso de 11,455 kg, uma frenagem mecânica bilateral por meio de correias de couro e tem a capacidade para acomodar 150 metros de fio de aço inextensível (Figura 6).



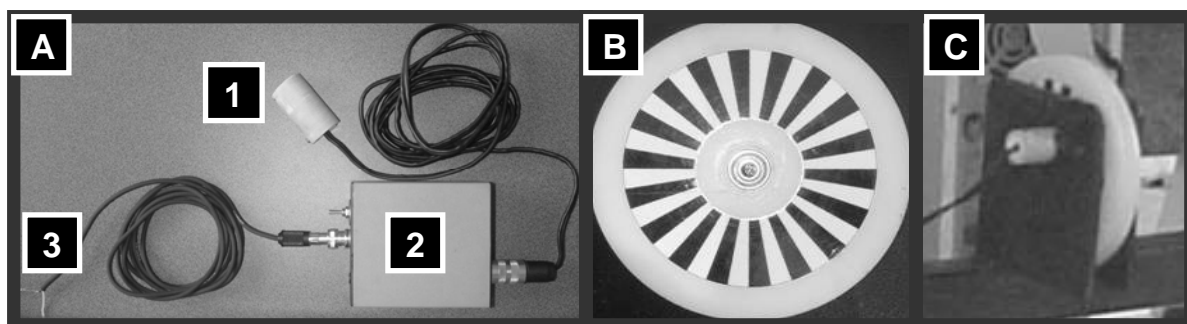
**Figura 6** – Carretilha de frenagem mecânica (A e B) e os reguladores da resistência do lado direito e esquerdo (B1).

#### 5.5.3.3 Sensor de velocidade

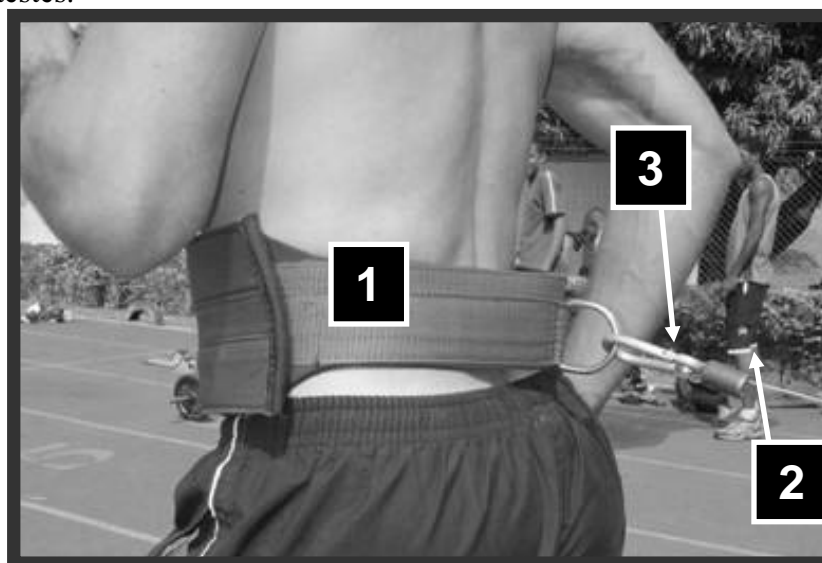
Foi desenvolvido um sensor de velocidade, previamente calibrado por um gerador de frequência (MFG4210, Minipa) (APÊNDICE A), que através de um sensor óptico (Figura 7A) de frequência captura informação de giros da polia de náilon conforme o atleta se desloca com o cabo preso ao cinto junto a cintura (Figura 8), e puxa o cabo inextensível por ela. A polia de náilon possui um raio de 8,1 cm e uma demarcação lateral dividindo o círculo da polia em 18 partes de cor branca e 18 partes de cor preta alternadamente (Figura 7B).

Para a obtenção da velocidade linear ( $V$ ) do atleta, que é representada pela equação  $V = \Delta S / \Delta t$  (onde:  $V$  é a velocidade linear,  $\Delta S$  é a distância percorrida e  $\Delta t$  é o tempo para a determinada distância), foi convertida a velocidade angular ( $\omega$ ), que é representada pela equação  $\omega = \Delta \theta / \Delta t$  (onde  $\omega$  é a velocidade angular,  $\Delta \theta$  é a distância angular e  $\Delta t$  é o tempo para determinada distância angular). Para a conversão de  $\omega$  para  $V$  precisamos dos dados da polia na qual o sensor foi instalado [raio 8,1 cm e um giro que é igual 18 partes brancas e 18 partes pretas ou o valor de  $2\pi$  ( $\pi = 3,14$ )]. Assim, os

valores de velocidade angular ( $\omega$ ) obtidos em cada teste foi convertido em velocidade linear ( $V$ ) utilizando a seguinte equação de conversão:  $V = (R \cdot 2\pi \cdot f_{\text{giro}}) / 18$ , onde  $R$  é o raio da polia,  $2\pi$  é o valor de um giro completo na polia,  $f_{\text{giro}}$  é a frequência de marcações brancas registradas pelo sensor ótico e o denominador 18 é a quantidade de demarcações de cor branca compondo um giro completo da polia, ou seja, para determinar a  $\omega$  divide-se a  $f_{\text{giro}}$  pelo número de demarcações brancas registradas pelo sensor ótico.



**Figura 7** – A Figura 7A mostra o sensor de velocidade sendo que o (1) é o sensor ótico, (2) a placa de alimentação e captura do sensor ótico e (3) o fio que envia o sinal para a placa de aquisição (National Instruments<sup>TM</sup>), a Figura 7B mostra a polia de náilon com as demarcações brancas e pretas que são contadas pelo sensor ótico e a Figura 7C é o sensor ótico acoplado no suporte para leitura das demarcações da polia de náilon durante os testes.

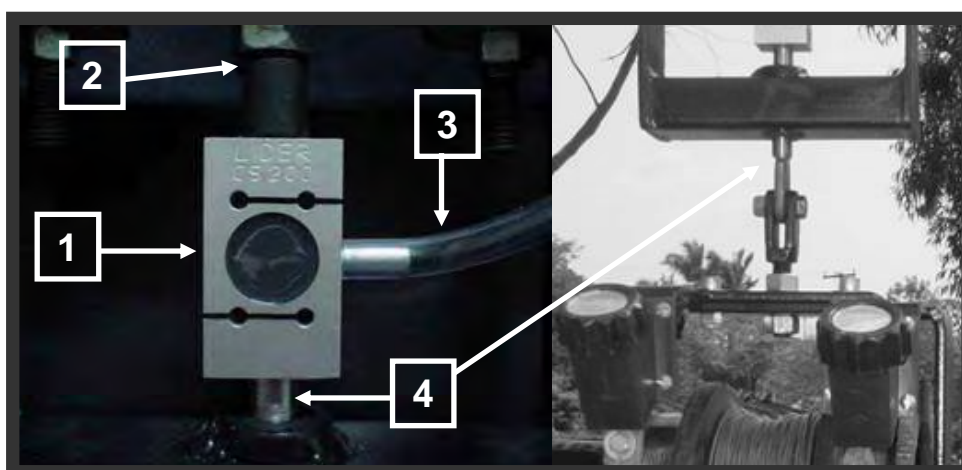


**Figura 8** – Cinto acoplado a cintura do atleta (1), mosquetão (2) preso na parte posterior do cinto e fio de aço inextensível (3) que sai da carretilha de frenagem mecânica e passa pelo polia de náilon.

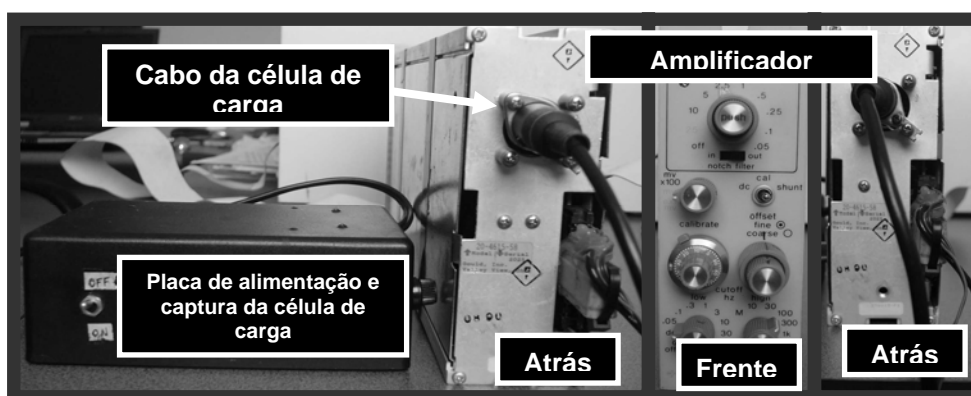
#### 5.5.3.4 Sensor de força (célula de carga)

Para registrar a força gerada pelo TCA foi acoplado ao equipamento um sensor constituído por um dinamômetro contendo células de carga (*strain gages*) (Figura 9) como elemento sensor primário a partir da aplicação elétrica de pontes de *Wheatstone* (*full bridge*) (CS-200, Líder Balanças, Brasil), previamente calibrado (APÊNDICE A).

A deformação detectada pela célula de carga devido à tensão gerada pelo esforço do corredor foi amplificada por fonte de extensometria portátil (National Instruments<sup>TM</sup>, USA) (Figura 10) e enviado para o computador.



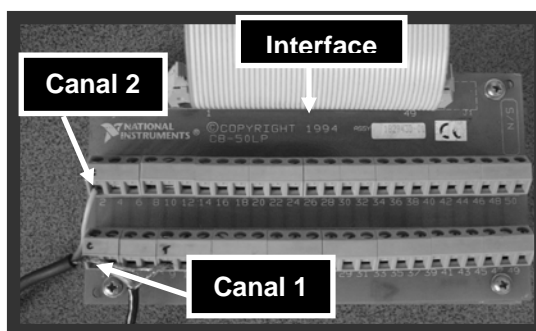
**Figura 9** – Célula de carga (1) acoplada ao suporte (2) e a carretilha de frenagem mecânica (3) do TCA e o cabo que envia as informações de tensão para o amplificador (4) e posteriormente para a placa de aquisição (National Instruments<sup>TM</sup>).



**Figura 10** – Amplificador do sinal gerado da célula de carga antes de enviar para a placa de aquisição.

#### 5.5.3.5 Sistema de aquisição de dados

Por meio da utilização de dois canais da placa Lab-PC-1200/AI (National Instruments<sup>TM</sup>, USA) (Figura 11), os valores dos sinais obtidos do sensor de força (Canal 1) e do sensor de frequência ótico (Canal 2) durante o esforço foram enviados por uma interface ao computador e armazenados no programa para aquisição de dados Lab View 4.1, capturando os dados na frequência de 400Hz para cada canal. Todos os dados foram armazenados em valores de milivolts (mv).



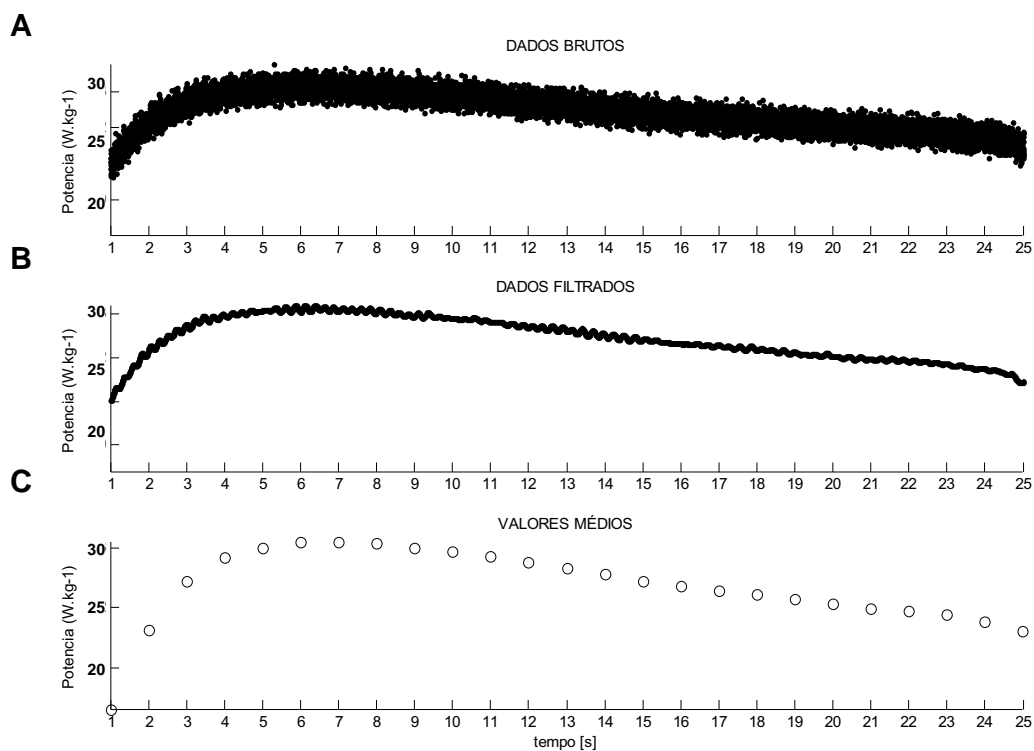
**Figura 11** – Placa de captura e codificação do sinal analógico para digital dos canais 1 e 2 e a comunicação por meio de interface para o computador.

#### 5.5.3.6 Tratamento e conversão dos resultados

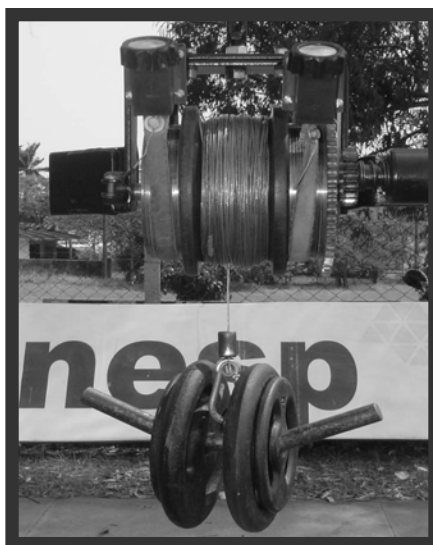
Após o armazenamento dos dados, os mesmos foram submetidos ao processo de análise residual e suavizados (WINTER, 1990), utilizando o filtro *butterworth* de quarta ordem com frequência de corte de 5 Hz (Figura 12). Foi definida por meio da análise residual dos dados a frequência de corte de 5 Hz para cada um dos sensores, ajustando os valores considerados resíduos como sendo os valores acima da frequência de corte estabelecida, propiciando uma redução na dispersão dos dados.

Com a utilização da relação linear observada durante as calibrações tanto do sensor ótico [entre tensão (mv) e frequência (Hz)] como do sensor de força (Figura 13) [entre tensão (mv) e peso (kg)], os dados foram lidos e convertidos de milivolts (mv) em unidades de velocidade linear ( $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e força (kg), respectivamente, pelo *software* Matlab 7.0. Para tal conversão foi desenvolvida uma rotina específica nesse *software*, a qual possui as equações lineares das retas de calibração de ambos os sensores. No caso do sensor ótico, a rotina também possui a fórmula de conversão de velocidade angular para velocidade linear, como descrito acima. Assim, o produto da força e velocidade gerou a unidade de  $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ . Para a conversão dos valores obtidos na unidade de  $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  em watts foi utilizado que  $1 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$  é igual a 0,1635 watts (FOSS & KETEYIAN, 2000). Desta maneira, o maior valor de potência e a soma de todos os valores de potência divididos pelo número de valores gerado durante os testes foram definidos, respectivamente, como o valor de potência pico ( $\text{PP}_{\text{TCA}}$ ) e potência média ( $\text{PM}_{\text{TCA}}$ ) do TCA. Os valores foram automaticamente gerados pela rotina do *software* Matlab 7.0 e expressos em watts absolutos (W) e relativos à massa corporal ( $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) dos atletas. Os valores de potência foram calculados e comparados em valores médios a cada segundo do TCA.

O índice de fadiga ( $\text{IF}_{\text{TCA}}$ ) foi expresso em porcentagem (%) como a diferença do maior valor ( $\text{PP}_{\text{TCA}}$ ) para o menor valor de potência gerado durante o TCA, calculado pela equação  $\text{IF}_{\text{TCA}} = 100 - (\text{valor da menor potência} \times 100) / \text{PP}_{\text{TCA}}$ .



**Figura 12** – Resultados gerados pelo *software* MATLAB em valores brutos (A), suavizados com o filtro *butterworth* (B) e as médias de potência a cada segundo (C) do Teste de Corrida Atada (TCA) de um participante do estudo.



**Figura 13** – Calibração do sensor de força utilizando pesos (1) a uma barra presa pelo fio de aço (2) a carretilha de frenagem mecânica (3) com os freios bilaterais da carretilha (4) gerando resistência suficiente para suportar os pesos adicionados na calibração.

## 5.6 Concentração pico de lactato

Nos momentos repouso e aos minutos 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15 após a realização do TW, TCA e o  $D_{300m}$ , foram coletadas amostras sanguíneas dos voluntários para análise da concentração sanguínea de lactato, sendo que os maiores valores lactacidêmicos observados na recuperação foram considerados as concentrações picos de lactato do TW ( $[Lac]_{p_{TW}}$ ), do TCA ( $[Lac]_{p_{TCA}}$ ) e do  $D_{300m}$  ( $[Lac]_{p_{D300m}}$ ). Foram também considerados os respectivos tempos de ocorrência da concentração pico para cada um dos esforços.

Para as análises lactacidêmicas foram coletadas, em capilares heparinizados, amostras de 25  $\mu$ L de sangue arterializado do lóbulo da orelha dos atletas, e transferidas imediatamente para tubos Eppendorff de 0,5 ml contendo 50  $\mu$ L de solução de NaF a 1%. As amostras foram então congeladas e posteriormente analisadas por meio de procedimento eletro-enzimático (Yellow Springs Co., EUA, modelo YSI 1500 SPORT).



## 6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente, foram analisadas a homogeneidade e a distribuição dos dados coletados utilizando os testes Levene's e Shapiro Wilk's, respectivamente. Para a descrição de tendência central e dispersão de todos os parâmetros estudados foram calculados os valores de média e desvio padrão ( $M \pm DP$ ). Sendo os dados homogêneos e apresentando distribuição normal, o coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e o teste t pareado foram empregados para a análise da reprodutibilidade entre TCA e re-TCA. As correlações entre as variáveis do TCA, TW,  $D_{300m}$  e MAOD foram analisadas através do coeficiente correlação de *Pearson*. Para tanto, utilizou-se o *software* STATISTC 6.0 (Statsoft, EUA) e o nível de significância inferior a 5% ( $p < 0,05$ ) foi adotado em todos os casos.

## 7 RESULTADOS

Todos os dados apresentaram homogeneidade e distribuição normal ( $p > 0,05$ ), exceto as variáveis porcentagem de gordura corporal ( $p = 0,0001$ ) e tempo de treino ( $p = 0,0110$ ), ambas utilizadas somente para caracterização da amostra. Desta forma, testes estatísticos paramétricos foram empregados em todos os dados coletados.

É coerente ressaltarmos o critério de exclusão de dois participantes da análise estatística deste estudo. O teste de Wingate, o MAOD e o re-TCA foram analisados respectivamente, com um número de nove, oito e oito participantes. Os dois atletas não foram excluídos do estudo por nenhum critério cabível, mas simplesmente, durante o período experimental, estes participantes faltaram nos respectivos testes relatados acima. Por isso, as análises dos resultados foram observadas com diferentes “n” devido a redução do número dos participantes.

### 7.1 Testes laboratoriais

Os resultados do teste de Wingate e do teste incremental para determinação do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e limiar anaeróbio (LAN) são apresentados respectivamente nas Tabelas 3 e 4.

**Tabela 3** – Média, desvio padrão, valores mínimo e máximo de potência pico ( $PP_{TW}$ ) e média ( $PM_{TW}$ ) expressas em valores absolutos (W) e relativos à massa corporal ( $W.kg^{-1}$ ), índice de fadiga ( $IF_{TW}$ ) e concentração pico de lactato  $[Lac]_{pTW}$  observados no teste de Wingate (n = 9).

	$PP_{TW}$		$PM_{TW}$		$IF_{TW}$ (%)	$[Lac]_{pTW}$ (mM)
	(W)	( $W.kg^{-1}$ )	(W)	( $W.kg^{-1}$ )		
Média ± DP	808,1 ± 130,7	11,9 ± 0,8	603,3 ± 86,8	8,9 ± 0,6	51,62 ± 4,92	14,43 ± 1,76
Faixa (mín. – máx.)	581,3 - 985,5	10,6 - 12,9	486,7 - 726,1	7,8 - 9,5	44,00 - 58,62	11,83 - 17,36

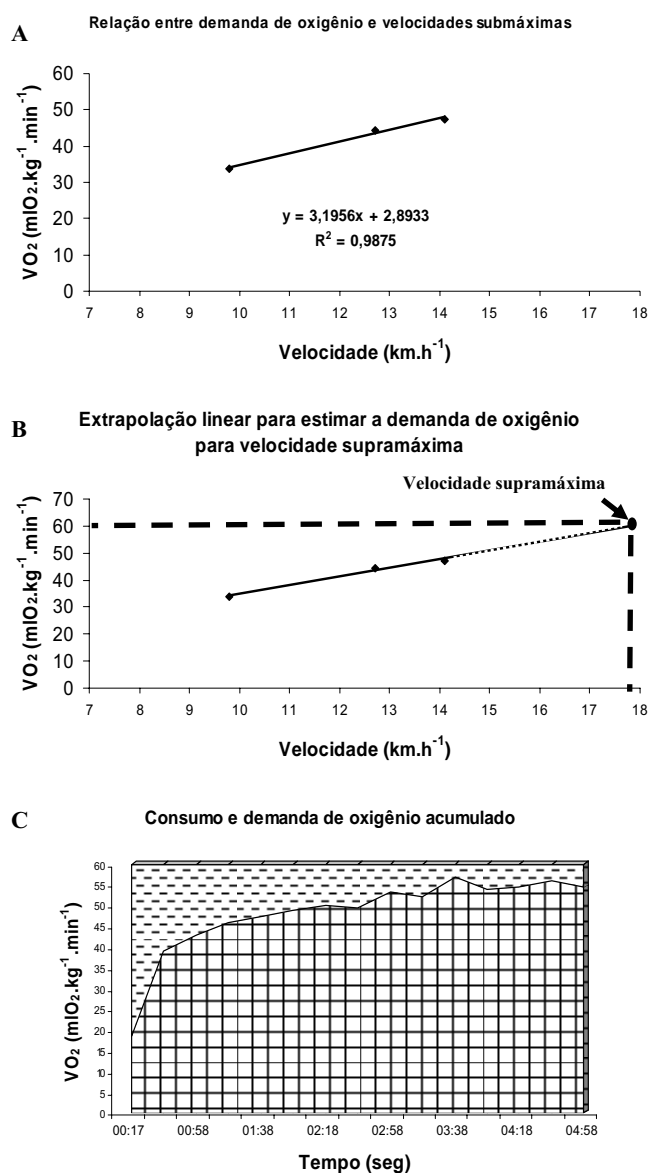
**Tabela 4** – Média, desvio padrão, valores mínimo e máximo de consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), velocidade associada ao  $VO_{2max}$  ( $vVO_{2max}$ ), concentração de lactato sanguíneo após o teste ( $[Lac]_{pós-teste}$ ), frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ) e do limiar anaeróbio (LAN) observados no teste incremental (n = 10).

	$VO_{2max}$ ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ )	$vVO_{2max}$ ( $km.h^{-1}$ )	$[Lac]_{pós-teste}$ (mM)	$FC_{max}$ (bpm)	LAN ( $km.h^{-1}$ )
Média ± DP	52,7 ± 5,1	15,2 ± 0,9	9,3 ± 2,8	198,7 ± 6,5	12,5 ± 1,2
Faixa (mín. – máx.)	41,8 - 58,12	14,0 - 17,0	6,4 - 15,5	188 - 207	10,7 - 14,1

A Figura 14 ilustra as diferentes etapas de determinação do MAOD para um voluntário do estudo. Então, foi estabelecida uma relação linear entre a demanda de oxigênio e velocidades submáximas (A). Posteriormente, foi realizada a extrapolação linear através da equação dos pontos obtidos anteriormente para estimar a demanda de oxigênio para velocidade supramáxima de 110%  $VO_{2max}$  (B). E por meio de um esforço máximo realizado em velocidade supramáxima até a exaustão, obtêm-se o consumo de oxigênio acumulado (COA) (área quadriculada) e a demanda de oxigênio acumulada (DOA) (área quadriculada + área tracejada) como o produto do consumo de oxigênio e da demanda de oxigênio pelo tempo de esforço até a exaustão,

respectivamente (C). Assim, o MAOD é estimado pela subtração da DOA pela COA (área tracejada) (C).

Na Tabela 5 são apresentados o consumo de oxigênio ( $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) para cada esforço submáximo, juntamente com as respectivas intensidades dos esforços submáximos e supramáximos ( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) utilizado para determinação do MAOD. E os resultados do MAOD são expressos na Tabela 6 em valores absolutos ( $\text{LO}_2$ ) e relativos a massa corporal ( $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ).



**Figura 14** – Etapas da determinação do MAOD para um voluntário. Determinação das demandas de oxigênio para diferentes velocidades submáximas e da relação linear entre elas (A). Estimativa da demanda de oxigênio para o esforço supramáximo (110%  $\text{VO}_2\text{max}$ ) por extrapolação linear (B). Determinação do consumo de oxigênio acumulado (COA) e o cálculo da demanda de oxigênio acumulada (DOA) e do do MAOD durante o esforço máximo até a exaustão (C).

**Tabela 5** – Média, desvio padrão, valores mínimo e máximo das velocidades submáximas e supramáxima ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) e dos valores de consumo de oxigênio ( $\text{mlO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) para cada velocidade submáxima nos esforços utilizados para a determinação do MAOD ( $n = 8$ ).

	Velocidades submáximas e supramáxima para determinação do MAOD							
	70% LAn		90% LAn		100% LAn		110% v $\text{VO}_2\text{max}$	
	Veloc.	$\text{VO}_2$	Veloc.	$\text{VO}_2$	Veloc.	$\text{VO}_2$	Veloc.	$\text{VO}_2$
Média	8,70	31,47	11,23	37,42	12,49	42,05	16,53	---
DP	0,84	2,23	1,09	3,29	1,21	4,17	0,99	---
Faixa (mín. – máx.)	7,4-9,8	27,6-33,9	9,6-12,7	34,8-44,4	10,7-14,1	35,8-47,3	15,3-7,8	---

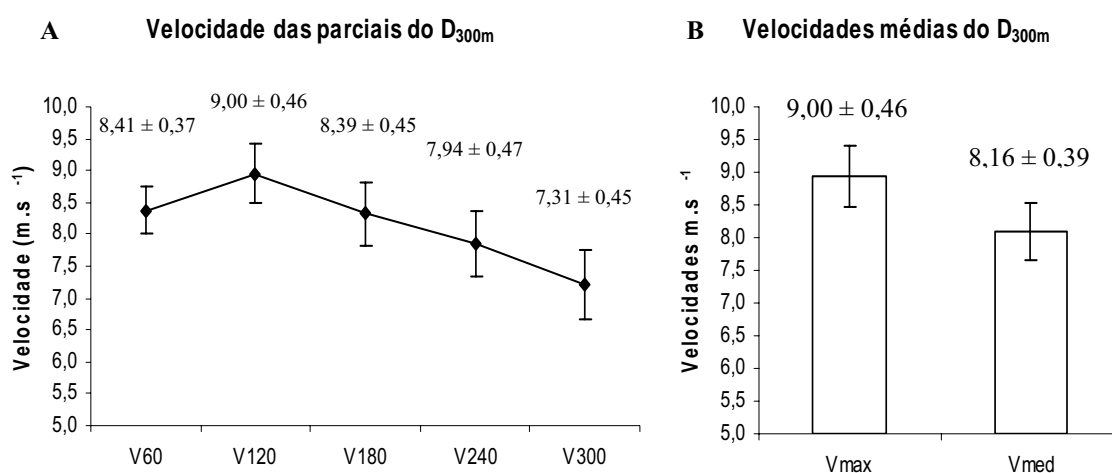
**Tabela 6** – Média, desvio padrão, valores mínimo e máximo do Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD) absolutos ( $\text{LO}_2$ ) e relativos à massa corporal ( $\text{mlO}_2\cdot\text{kg}^{-1}$ ) ( $n = 8$ ).

	Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado	
	Absoluto ( $\text{LO}_2$ )	Relativo ( $\text{mlO}_2\cdot\text{kg}^{-1}$ )
Média $\pm$ DP	2,59 $\pm$ 1,17	38,17 $\pm$ 13,76
Faixa (mín. – máx.)	1,19 - 4,32	19,25 - 60,16

## 7.2 Testes de campo

Na Figura 15 são apresentados os resultados do teste de desempenho de 300 m ( $D_{300\text{m}}$ ) expressos em metros por segundo ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). O valor de  $[\text{Lac}]_{\text{pD}_{300\text{m}}}$  foi de  $16,70 \pm 1,44$  mM, variando de 15,0 e 19,4 mM. O tempo médio de ocorrência da  $[\text{Lac}]_{\text{pD}_{300\text{m}}}$  foi  $10'24'' \pm 2'19''$  minutos com variação individual entre 7' e 13' minutos.

Ao correlacionar as velocidades máxima ( $V_{\max}$ ) e média ( $V_{\text{med}}$ ) com os dados antropométricos, foram obtidas correlações significativas com a estatura ( $r = 0,80$  e  $r = 0,71$ ; respectivamente) e com o peso de massa magra ( $r = 0,64$  e  $r = 0,66$ ; respectivamente) ( $p < 0,05$ ). Deste modo, analisando os resultados dos atletas, nota-se que o melhor desempenho máximo durante a corrida de 300 m parece ser influenciado pela maior estatura e massa magra.



**Figura 15** – Média, desvio padrão das velocidades das parciais de 60m ( $V_{60}$ ), 120m ( $V_{120}$ ), 180m ( $V_{180}$ ), 240m ( $V_{240}$ ) e 300m ( $V_{300}$ ) (A) e das velocidades máxima ( $V_{\max}$ ) e média ( $V_{\text{med}}$ ) do D<sub>300m</sub> (B) ( $n = 10$ ).

Como citado na metodologia, os dois TCA foram realizados com carga relativa de frenagem de 18% da massa corporal dos atletas. A distância estabelecida para o esforço máximo foi de 120 metros. Em todos os testes houve uma variação de tempo de esforço na faixa entre 23 e 32 segundos. Com isso, todas as variáveis do TCA foram calculadas igualando-se o tempo de esforço de todos os testes. Desta maneira, os resultados de  $PP_{\text{TCA}}$ ,  $PM_{\text{TCA}}$  e  $IF_{\text{TCA}}$  foram calculados utilizando os primeiros 23 segundos de cada um dos TCA.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados das variáveis do TCA e re-TCA, não sendo verificadas diferenças significativas entre os mesmos ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 7** – Média, desvio padrão dos valores de potência pico ( $PP_{TCA}$ ) e média ( $PM_{TCA}$ ) expressos em valores absolutos (W) e relativos ao peso corporal ( $W.kg^{-1}$ ), índice de fadiga ( $IF_{TCA}$ ) expressos em valores percentuais (%) e concentração pico de lactato ( $[Lac]p_{TCA}$ ) do TCA e re-TCA ( $n = 8$ ).

	$PP_{TCA}$		$PM_{TCA}$		$IF_{TCA}$ (%)	$[Lac]p_{TCA}$ (mM)
	(W)	( $W.kg^{-1}$ )	(W)	( $W.kg^{-1}$ )		
TCA	1708,45 ± 236,33	25,86 ± 2,02	1380,77 ± 218,79	20,89 ± 2,24	31,07 ± 5,47	12,36 ± 2,41
re-TCA	1628,64 ± 238,35	24,74 ± 1,21	1358,86 ± 184,24	20,67 ± 0,94	28,23 ± 5,35	14,18 ± 2,05
p	0,15	0,25	0,66	0,79	0,12	0,10

( $p > 0,05$ )

Para analisar a validade do TCA, seus resultados foram correlacionados com o  $D_{300m}$  para testar a validade constructo e com o TW para testar a validade concorrente. Não foram observadas correlações significantes entre os valores de potências relativas a massa corporal [ $PP_{TCA}(W.kg^{-1})$  e  $PM_{TCA}(W.kg^{-1})$ ] com o  $D_{300m}$  ( $V_{max}$ ,  $V_{med}$ ,  $V_{60}$ ,  $V_{120}$ ,  $V_{180}$ ,  $V_{240}$  e  $V_{300}$ ) ( $p > 0,05$ ) com exceção da  $PM_{TCA}$  vs  $V_{180}$  que foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Porém, foram observadas significativas correlações entre os valores absolutos de  $PP_{TCA}(W)$  e  $PM_{TCA}(W)$  com todos os resultados do  $D_{300m}$  ( $p < 0,05$ ) (Tabela 8).

**Tabela 8** – Correlações entre os resultados de potência pico ( $PP_{TCA}$ ) e potência média ( $PM_{TCA}$ ) do TCA com as velocidades máxima ( $V_{max}$ ), média ( $V_{med}$ ) e as parciais de 60m ( $V_{60}$ ), 120m ( $V_{120}$ ), 180m ( $V_{180}$ ), 240m ( $V_{240}$ ) e 300m ( $V_{300}$ ) do teste de  $D_{300m}$  ( $n = 10$ ).

	Desempenho de 300 metros						
	$V_{max}$	$V_{med}$	$V_{60}$	$V_{120}$	$V_{180}$	$V_{240}$	$V_{300}$
$PP_{TCA}$ (W)	0,88*	0,91*	0,84*	0,88*	0,89*	0,83*	0,68*
$PM_{TCA}$ (W)	0,93*	0,93*	0,89*	0,93*	0,91*	0,83*	0,69*
$PP_{TCA}$ ( $W.kg^{-1}$ )	0,54	0,55	0,38	0,54	0,59	0,50	0,48
$PM_{TCA}$ ( $W.kg^{-1}$ )	0,63	0,60	0,48	0,63	0,64*	0,52	0,51

\* Correlações significativas ( $p < 0,05$ )

As variáveis do TCA foram correlacionadas com o TW e com o MAOD e os resultados são apresentados na Tabela 9. As  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  em valores absolutos foram correlacionadas significativamente com os resultados absolutos de  $PP_{TW}$  e  $PM_{TW}$  e com o MAOD expresso em valores absolutos e relativos ( $p < 0,05$ ). E foram observadas correlações significantes entre a  $[Lac]p_{TCA}$  e os resultados absolutos de  $PP_{TW}$ ,  $PM_{TW}$  e  $[Lac]p_{TW}$  ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 9** – Correlações entre os resultados de potência pico ( $PP_{TCA}$ ), potência média ( $PM_{TCA}$ ), índice de fadiga ( $IF_{TCA}$ ) e a concentração pico de lactato ( $[Lac]p_{TCA}$ ) do TCA com os resultados de potência pico ( $PP_{TW}$ ), potência média ( $PM_{TW}$ ), índice de fadiga ( $IF_{TW}$ ) e a concentração pico de lactato ( $[Lac]p_{TW}$ ) do TW ( $n = 9$ ) e com os resultados de Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD) em valores absolutos ( $LO_2$ ) e relativos à massa corporal ( $mlO_2.kg^{-1}$ ) ( $n = 8$ ).

	Teste de Corrida Atada					
	$PP_{TCA}$		$PM_{TCA}$		$IF_{TCA}$ (%)	$[Lac]p_{TCA}$ (mM)
	(W)	( $W.kg^{-1}$ )	(W)	( $W.kg^{-1}$ )		
$PP_{TW}$ (W)	0,82*	- 0,22	0,76*	- 0,11	0,12	0,73*
$PP_{TW}$ ( $W.kg^{-1}$ )	0,27	0,14	0,31	0,23	- 0,50	0,51
$PM_{TW}$ (W)	0,84*	- 0,12	0,79*	- 0,03	0,12	0,71*
$PM_{TW}$ ( $W.kg^{-1}$ )	0,05	0,51	0,12	0,51	- 0,59	0,19
$IF_{TW}$ (%)	0,01	- 0,42	0,02	- 0,30	- 0,04	0,42
$[Lac]p_{TW}$	0,45	0,03	0,39	0,02	- 0,38	0,84*
MAOD ( $LO_2$ )	0,82*	0,17	0,79*	0,22	0,16	0,43
MAOD ( $mlO_2.kg^{-1}$ )	0,73*	0,28	0,71*	0,30	0,15	0,29

\* Correlações significantes ( $p < 0,05$ )

As variáveis  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  (W) foram correlacionadas significativamente com a massa corporal (kg) ( $r = 0,73$  e  $r = 0,69$ ;  $p < 0,05$ ), com a estatura (m) ( $r = 0,88$  e  $r = 0,90$ ;  $p < 0,05$ ) e com a massa magra (kg) ( $r = 0,80$  e  $r = 0,78$ ;  $p < 0,05$ ), respectivamente. Como também foi observado correlação significativa entre  $[Lac]p_{TCA}$  (mM) e massa magra (kg) ( $r = 0,67$ ,  $p < 0,05$ ).

Por meio do teste de correlação intraclassa (ICC) foram analisados os resultados de reprodutibilidade e confiabilidade das variáveis  $PP_{TCA}$ ,  $PM_{TCA}$ ,  $IF_{TCA}$  e  $[Lac]p_{TCA}$



entre os testes de TCA e re-TCA. Na Tabela 10 são apresentadas as correlações intraclasse (ICC) das variáveis entre o TCA e re-TCA. Os resultados do ICC mostram correlações significativas nos valores de  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  em valores absolutos ( $p < 0,05$ ), contudo os valores de  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  relativa não foram significativos ( $p > 0,05$ ), como também o  $IF_{TCA}$  e  $[Lac]p_{TCA}$  ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 10** – Coeficiente de correlação intraclasse entre os valores de potência pico ( $PP_{TCA}$ ), potência média ( $PM_{TCA}$ ), índice de fadiga ( $IF_{TCA}$ ) e concentração pico de lactato ( $[Lac]p_{TCA}$ ) do TCA e do re-TCA (n = 8).

$PP_{TCA}$		$PM_{TCA}$		$IF_{TCA}$	$[Lac]p_{TCA}$
(W)	(W.kg <sup>-1</sup> )	(W)	(W.kg <sup>-1</sup> )	(%)	(mM)
0,83*	- 0,15	0,79*	0,16	0,65	0,25

\* Correlações significativas ( $p < 0,05$ ).

Foram observadas diferenças significantes entre as concentrações pico de lactato dos testes TW, TCA e  $D_{300m}$  ( $p < 0,05$ ). A concentração pico de lactato do  $D_{300m}$  ( $[Lac]p_{D300m}$ ) foi significativamente maior ao comparar com a concentração pico de lactato do TW ( $[Lac]p_{TW}$ ) e com a do TCA ( $[Lac]p_{TCA}$ ), sendo que a  $[Lac]p_{TW}$  foi maior do que a  $[Lac]p_{TCA}$  ( $p < 0,05$ ) (Tabela 11). Entretanto, é importante salientar que a duração dos esforços anaeróbios do  $D_{300m}$  foi significativamente maior que a duração do TW e TCA, como também, foi maior a duração do esforço do TW comparado com o TCA ( $p < 0,05$ ). A tabela 11 mostra as comparações entre o TW, TCA e  $D_{300m}$  utilizando 9 voluntários e a comparações entre o TCA e  $D_{300m}$  utilizando 10 atletas.

**Tabela 11** – Média e desvio padrão dos valores de concentração pico de lactato dos testes de Wingate (TW), de corrida atada (TCA) e desempenho de 300 metros ( $D_{300m}$ ) e as respectivas durações dos esforços anaeróbios do TW, do TCA e do  $D_{300m}$ .

	Testes anaeróbios				
	TW	TCA	TCA	TCA	$D_{300m}$
$[Lac]p$ (mM)	14,43 ± 1,76	12,38 ± 2,25*	12,53 ± 2,17	16,83 ± 1,40*	16,76 ± 1,34 <sup>+</sup>
Duração do teste (seg)	30,0 ± 0,00	26,0 ± 1,32*	26,4 ± 1,78	36,9 ± 1,69*	37,3 ± 1,95 <sup>+</sup>
n	9	9	10	9	10

\* Diferença significativa entre os valores do TW e o TCA e entre TW e o D<sub>300m</sub> ( $p < 0,01$ ).

+ Diferença significativa entre os valores do TCA e o D<sub>300m</sub> ( $p < 0,01$ ).

## 8 DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foram as significativas associações entre os valores obtidos no TCA com a capacidade anaeróbia e com o desempenho de corrida.

O TCA é uma nova metodologia que tem como proposta avaliar a potência anaeróbia de corredores realizando o movimento específico de corrida. Para verificar a validade na determinação da potência anaeróbia, foi testada a validade constructo e concorrente (THOMAS & NELSON, 2002; TRISTSCHLER, 2003) analisando os resultados do TCA com o desempenho máximo de 300 m ( $D_{300m}$ ) e com o teste de Wingate (TW), respectivamente.

Segundo THOMAS & NELSON (2002) um teste é considerado como válido quando o teste mede o que se objetiva medir, contudo, é indispensável que o mesmo seja uma medida reprodutível e confiável. Para isso, os autores relatam serem necessários a realização de testes múltiplos, ou seja, teste e re-teste objetivando testar a reprodutibilidade e confiabilidade.

Assim, os resultados apresentados nas Tabelas 7, 8 e 9, demonstraram que o TCA é uma medida válida, reprodutível e confiável.

Para testar a validade constructo foi analisada a correlação entre as variáveis do TCA com o  $D_{300m}$  (Tabela 8) e para a validade concorrente foi observada a correlação entre as variáveis do TCA com o TW (Tabela 9). Foram encontradas correlações significativas entre  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  em valores absolutos (W) com  $V_{max}$ ,  $V_{med}$ ,  $V_{60}$ ,  $V_{120}$ ,  $V_{180}$ ,  $V_{240}$  e  $V_{300}$  do  $D_{300m}$  ( $p < 0,05$ ). Porém, não foram encontradas correlações significativas entre potências relativas ( $W.kg^{-1}$ ) com as velocidades do  $D_{300m}$  ( $p > 0,05$ ), exceto entre  $PM_{TCA}$  relativa com a  $V_{180}$  ( $p < 0,05$ ). O mesmo ocorreu quando foram comparados as  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  (W) com os resultados do TW, onde os resultados demonstraram correlações significantes entre as  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  (W) com as  $PP_{TW}$  e  $PM_{TW}$  em valores absolutos (W) e também entre  $[Lac]_{pTCA}$  com a  $[Lac]_{pTW}$  ( $p < 0,05$ ) (tabela 9). No entanto, as correlações entre as potências relativas ( $W.kg^{-1}$ ) e as concentrações pico de lactato de ambos os testes não foram significativas ( $p > 0,05$ ).

Analisando os resultados citados acima, é importante destacar que os valores de correlações entre variáveis são estritamente dependentes do tamanho da amostra (n) e da dispersão dos dados (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Assim, observa-se que as correlações não significantes entre os valores de potências relativas à massa corporal de ambos os testes (teste de Wingate e TCA) e o  $D_{300m}$  são esperadas.

Além de se tratar de um grupo homogêneo (atletas velocistas e treinados), o estudo possuiu um “n” reduzido e os valores de dispersão diminuem expressivamente quando as potências são normalizadas pela massa corporal, o que provavelmente contribuiu para as correlações não significantes.

Outros resultados interessantes foram as correlações significativas observadas entre os resultados do  $D_{300m}$  ( $V_{max}$  e  $V_{med}$ ) e do TCA [ $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  (W)] com a estatura e com a massa magra dos atletas. Evidenciando uma relação estrita entre

características antropométricas e os resultados do  $D_{300m}$  e das potências absolutas do TCA. Apesar disso, nenhuma relação significativa foi encontrada entre os resultados do TCA e do  $D_{300m}$  com as características antropométricas. Então, os valores de potências absolutas (W) relacionam-se melhor com o desempenho ao comparar com os valores relativos ( $W.kg^{-1}$ ), não é pelo simples fato da maior dispersão dos valores do teste, mas também parece depender da estatura e massa muscular dos voluntários, ou seja, quanto mais alto e maior a massa muscular, melhores são os resultados do  $D_{300m}$  e do TCA para este grupo de corredores.

Por outro lado, foram comparadas as variáveis ( $PP_{TCA}$ ,  $PM_{TCA}$ ,  $IF_{TCA}$  e  $[Lac]_{p_{TCA}}$ ) do TCA e do re-TCA e não foram encontradas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre as variáveis de teste e re-teste (Tabela 7). Mas, ao utilizar o coeficiente de correlação intraclasse para definir o nível de concordância entre TCA e re-TCA (Tabela 10) observa-se que os valores de  $PP_{TCA}$  e de  $PM_{TCA}$  (W) obtiveram correlações significativas entre o TCA e re-TCA ( $p < 0,05$ ). Entretanto, a  $PP_{TCA}$  e  $PM_{TCA}$  ( $W.kg^{-1}$ ),  $IF_{TCA}$  (%) e a  $[Lac]_{p_{TCA}}$  (mM) não foram correlacionados significativamente entre os resultados de TCA e re-TCA ( $p > 0,05$ ). HOPKINS et al. (2001) relatam que outros fatores como o coeficiente de variação dos voluntários, a duração, além de outros fatores específicos, podem afetar a resposta dos testes.

Como o TCA é um teste realizado na pista de atletismo, houve a necessidade metodológica da fixação da distância para sua realização. O teste consistiu de um esforço máximo de corrida com carga de resistência de 18% da massa corporal percorrendo a distância fixa de 120 metros. Por isso, como apresentados nos resultados do TCA e re-TCA, houve uma diferença de 3 a 6 segundos no tempo de esforço para

cada atleta individualmente. Esse procedimento, parece ter contribuído para os baixos valores de ICC dos resultados de  $IF_{TCA}$  e de  $[Lac]_{pTCA}$  entre TCA e re-TCA.

Especulando a dinâmica do TCA, vemos que o sistema de frenagem mecânica, possivelmente, parece explicar as diferenças individuais observadas nos tempos dos esforços entre o TCA e re-TCA. Pelo fato do sistema de frenagem da carretilha ser confeccionada com material de couro e, portanto estar sujeito a desgaste e deformações, que quando novas parece gerar um maior atrito e com o desgaste o atrito é reduzido (ver item Material e métodos, 5.5.3 Protótipo desenvolvido para o Teste de Corrida Atada). Do mesmo modo, a temperatura do metal também parece ser alterada, e provavelmente modifica a carga de resistência de frenagem. Portanto, é provável que essas possíveis alterações expliquem as diferenças observadas nos tempos obtidos nas situações de teste e re-teste no TCA.

Normalmente, o índice de fadiga é calculado como a diferença percentual entre o maior valor de potência (potência pico), observado nos primeiros segundos do teste, e o menor valor de potência, observado nos últimos segundos do teste. Em função do procedimento de corte adotado para analisar os resultados do TCA, utilizando somente os 23 segundos iniciais do esforço máximo, os  $IF_{TCA}$  dos atletas foram calculados analisando os valores de  $PP_{TCA}$  e o valor de potência do 23º segundo do TCA para todos os atletas, e não o menor valor de potência de cada um dos testes.

Observando as variações individuais que ocorreram no tempo dos esforços entre o TCA e re-TCA, e sabendo que a lactacidemia tenderia aumentar mais quanto maior for o tempo de esforço, em função da maior a quantidade de lactato produzido pelos músculos ativos, possivelmente as baixas valores de ICC entre a  $[Lac]_{pTCA}$  do TCA e

re-TCA pode ser explicada, ou pelo menos em parte, pela diferença entre os tempos de esforço do teste e re-teste.

E por fim, vemos que houve diferença nas  $[Lac]_p$  dos TCA, TW e  $D_{300m}$  ( $p < 0,05$ ) (Tabela 11). Entretanto, as diferenças apresentadas entre os valores médios de  $[Lac]_p$  dos testes foram proporcionadas, aparentemente, pela diferença significativa do tempo de esforço entre os testes ( $p < 0,05$ ) (Tabela 11). De modo geral, foi verificado que as concentrações pico de lactato ( $[Lac]_p$ ) aumentaram juntamente com o tempo de duração dos esforços máximos.

No presente estudo as durações dos esforços dos testes de corrida atada variaram entre 23 e 32 segundos para percorrer a distância pré-fixada (120 metros). Essa distância foi selecionada em estudo piloto, pelo fato dos participantes terem apresentado tempos médios durante esforço máximo de 30 segundos. É possível que a pré-fixação do tempo de esforço do TCA em 30 segundos ao invés da distância, provavelmente resultasse em valores lactacidêmicos semelhantes aos obtidos nos esforços anaeróbios máximos (TW e  $D_{300m}$ ).

## 9 CONCLUSÃO

Com os resultados do presente estudo, podemos concluir que o TCA foi padronizado e possibilitou a realização de uma nova metodologia para avaliar a aptidão anaeróbia dos corredores velocistas no próprio ambiente de treinamento executando o movimento específico de corrida. O TCA demonstrou ser um teste válido, reprodutivo e confiável para avaliação da aptidão anaeróbia de corredores velocistas, ao comparar as potências absolutas dos testes. O TCA parece prever com certa precisão o desempenho de corredores velocistas para a distância de 300 metros e relação estrita com a capacidade anaeróbia. Por outro lado, vemos como uma modificação necessária e plausível o aprimoramento do sistema de frenagem mecânica do protótipo desenvolvido. Novos estudos serão propostos para esclarecer dúvidas como: 1) qual seria a correlação entre o TCA e o TW e entre o TCA e o  $D_{300m}$  se utilizássemos um tempo de esforço fixo de 30 segundos? 2) ou se aumentássemos o número de participantes do estudo? 3) será que a alteração da carga relativa utilizada de 18% da massa corporal alteraria as variáveis do TCA? 4) será que o teste seria válido, reprodutivo e confiável para outras populações? e por fim, 5) podemos desenvolver uma carretilha de frenagem eletromagnética para possuir um controle mais fidedigno da carga relativa aplicada?



## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAGAARD P. Training-induced changes in neural function. **Exerc Sport Sci Rev**, v.31, p.61-7, 2003.

ASTRAND, P.O.; RODHAL, K. **Tratado de fisiologia do exercício**. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1987.

BALČIŪNAS, M.; STONKUS, S.; ABRANTES, C.; SAMPAIO, J. Long term effects of different training modalities on power, speed, skill and anaerobic capacity in young male basketball players. **J Sports Sci Med**, v.5, p.163-70, 2006.

BANGSBO, J. Oxygen deficit: A measure of the anaerobic energy production during intense exercise? **Can J Appl Physiol**, v.21, p.350-63, 1996.

BANGSBO, J.; JOHANSEN, L.; GRAHAM, T.; SALTIN, B. Lactate and H<sup>+</sup> effluxes from human skeletal muscles during intense dynamic exercise. **J Physiol**, v.462, p.115-33, 1993.

BARFIELD, J.P.; SELLS, P.D.; ROWE, D.A.; HANNIGAN-DOWNS, K. Practice effect of the Wingate Anaerobic Test. **J Strength Cond Res**, v.16(3), p.472-3, 2002.

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

BENEKE, F. Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. **Eur J Appl Physiol**, v.89, p.95-9, 2003.

BENEKE, R.; POLLMANN, C.; BLEIF, I.; LEITHAUSER, R.M.; HUTLER, M. How anaerobic is the Wingate anaerobic teste for humans. **Eur J Appl Physiol**, v.87, p.388-92, 2002.

BERTHOIN, S.; DUPONT, G.; MARY, P.; GERBEAUX, M. Predicting sprint kinematic parameter from anaerobic field tests in physical education students. **J Strength Cond Res**, v.15(1), p.75:80, 2001.

BILLAT, V.L.; BLONDEL, N.; BERTHOIN, S. Determination of the velocity associated with the longest time to exhaustion at maximal oxygen uptake. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v.80(2), p.159-61, 1999.

BOMPA, T.O. **Periodização: teoria e metodologia do treinamento**. 4ª ed. São Paulo: Phorte, 2002.

BRADLEY, A.L; BALL, T.E. The Wingate test: Effect of load on the power outputs of female athletes and nonathletes. **J Appl Sports Sci Res**, v.6, p.193-9, 1992.

BROOKS, G.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Med Sci Sports Exerc**, v.17(1), p.22-31, 1985.

CABRERA, M.E.; SAIDEL, G.M.; KALHAN, S.C. Lactate metabolism during exercise: analysis by an integrative system model. **American Journal of Physiology**, v.277(46), p.R1522-36, 1999.

CALLEGARI-JACQUES, SM. **Bioestatística: princípios e aplicações**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

CAPUTO, F.; DENADAI, B.S. Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. **Eur J Appl Physiol**, v.93, p.87-95, 2004.

FITTS, R.H. **Mechanisms of muscular fatigue**. In: Principles of Exercise Biochemistry, 3<sup>rd</sup>. Karger, Basel: Poortmans Jr, p.279-300, 2003.

FOSS, M.L.; KETEYIAN, S.J. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. 6<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

GASTIN PB. Quantification of anaerobic capacity. **Scand J Med Sci Sports**, v.4, p.91-112, 1994.

GLADDEN, L.B. Lactate metabolism: a new paradigm for the millennium. **J Physiol**, v. 558, p.5-30, 2004.

GLADDEN, B. Lactate transport and exchange during exercise. In: Rowell, L.B. & SHEPHERD, J.T. (Eds.) **Handbook of physiology**: exercise regulation and integration of multiple systems. New York: Oxford University Press, 1996.

GREEN, H.; HALESTRAP, A.; MOCKETT, C.; O'TOOLE, D.; GRANT, S.; OUYANG, J. Increases in muscle MCT are associated with reductions in muscle lactate after a single exercise session in humans. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v. 282, p.E154-60, 2002.

GREENHAFF, P.L.; TIMMONS, J.A. Interaction between aerobic and anaerobic metabolism during intense muscle contraction. **Exerc Sport Sci Reviews**, v.26, p.1-30, 1998.

GUEDES DP. **Controle do peso corporal: composição corporal, atividade física e nutrição**. Londrina: Midiograf, 1998.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 10<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002.

HEUGAS, A.M.; BRISSWALTER, J.; VALLIER, J.M. Effect of a three month training period on the maximal oxygen deficiency in high level performance sprinters. **Can J Appl Physiol**, v.22, p.171-81, 1997.

HILL, D.W. Determination of accumulated O<sub>2</sub> deficit in exhaustive short-duration exercise. **Can J Appl Physiol**, v.21, p.63-74, 1996.

HILL, D.W.; DAVEY, K.M.; STEVENS, E.C. Maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit in running and cycling. **Can J Appl Physiol**, v.27, p.463-78, 2002.

HOPKINS, W.G.; HAWLEY, J.A.; BURKE, L.M. Design and analysis of research on sport performance enhancement. **Med Sci Sports Exer**, v.31, p.472-85, 1999.

HUNTER, S.K.; DUCHATEAU, J.; ENOKA, R.M. Muscle fatigue and the mechanisms of task failure. **Exerc Sport Sci Rev**, v.32, p.44-9, 2004.

INBAR, O.; BAR-OR, O.; Skinner, J. The Wingate anaerobic test. Campaign, IL: **Human Kinetics**, 1996.

JONES, A.M.; DOUST, J.H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **J Sport Sci**, v.14, p.321-7, 1996.

JUEL, C.; WIBRAND, F. Lactate transport in isolated mouse muscles studied with a tracer technique – kinetics stereospecificity, pH dependency and maximal capacity. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.137, p.33-39, 1989.

KASABALIS, A.; DOUDA, H.; TOKMAKIDIS, S.P. Relationship between anaerobic power and jumping of selected male volleyball players of different ages. **Percept Mot Skills**, v.100, p.607-14, 2005.

LACOUR, J.R.; BOUVAT, E.; BARTHELEMY, J.C. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400 m and 800 m races. **Eur J Appl Physiol**, v.61, p.172-6, 1990.

MARKOVIC, G.; DIZDAR, D.; JUKIC, I.; CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. **J Strength Cond Res**, v.18, p.551-5, 2004.

MARGARIA, R.; AGHEMO, P.; ROVELLI, R. Measurement of muscular power (anaerobic) in man. **J Appl Physiol**, v.21(5), p.1662-4, 1966.

McINTOSH, B.R.; RISHAUNG, P.; SVEDAHL, K. Assessment of peak and short-term work capacity. **Eur J Appl Physiol**, v.88, p.572-9, 2003.

MEDBØ, J.I.; MOHAN, A.C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O.M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. **J Appl Physiol**, v.64, p.50-60, 1988.

MERO, A.; KOMI, P.V. Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. **Int J Sport Biomech**, v.1, p.240-52, 1985.

MYBURGH, K.H.; VIRJOEN, A.; TEREBLANCHE, S. Plasma lactate concentrations for self-selected maximal effort lasting 1 h. **Med Sci Sports Exerc**, v.33, p.152-6, 2001.

NAGLE, E.F.; ZOELLER, R.L.; ROBERTSON, R.J.; CHIAPETTA, L.B.; GOSS, F.L.; MOYNA, N.M. Prediction of performance using physiological and stroke variables in a sample of adult competitive swimmers. **J Swimming Research**, v.16, p.31-7, 2004.

NAKAMURA, F.Y.; FRANCHINI, E. Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio como preditor de capacidade anaeróbia. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v.8, p.88-95, 2006.

OKANO, A.H.; DUDERO, S.R.; COELHO, C.F.; GASSI, E.R.; ALTIMARI, L.R.; SILVA, C.C.; OKANO, R.O.; CYRINO, E.S. Efeito da aplicação de diferentes cargas sobre o desempenho motor no teste de Wingate. **Rev Bras Cienc Mov**, v.9, p.7-11, 2001.

PAPOTI, M; CUNHA, S.A.; MARTINS, L.E.B.; ZAGATTO, A.M.; FREITAS JÚNIOR, P.B.; GOBATTO, C.A. Determinação da força e frequência de braçada em nado atado utilizando sistema de aquisição de dados. **Congresso Brasileiro de Biomecânica**, 2005.

PAPOTI, M. Efeitos do polimento sobre performances aeróbia e anaeróbia de nadadores após ciclo experimental de treinamento. **Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Biociências para obtenção do título de mestre em Ciências da Motricidade**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus de Rio Claro, 2003.

RAMSBOTTOM, R.; NEVILL, A.M.; NEVILL, M.E.; NEWPORT, S.; WILLIAMS, C. Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. **J Sports Sci**, v.12, p.447-53, 1994.

ROSS, A.; LEVERITT, M.; RIEK, S. Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. **Sports Med**, v.31(6), p.409-25, 2001.

SANDS, W.A.; MCNEAL, J.R.; OCHI, M.T.; URBANEK, T.L.; JEMNI, M.; STONE M.H. Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. **J Strength Cond Res**, v.18, p.810-5, 2004.

SAUNDERS, P.U.; PYNE, D.B.; TELFORD, R.D.; HAWLEY, J.A. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Med**, v.34(7), p.465-85, 2004.

SCOTT, C.B.; ROBY, F.B.; LOHMAN, T.G.; BUNT, J.C. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. **Med Sci Sports Exerc**, v.23, p.618-24, 1991.

SKURVYDAS, A.; DUDONIENE, V.; KALVENAS A.; ZUOZA A. Skeletal muscle fatigue in long-distance runners, sprinters and untrained men after repeated drop jumps performed at maximal intensity. **Scand J Med Sci Sports**, v.12, p.34-9, 2002.

SMITH, D.J.; NORRIS, R.S.; EHOGG, M.J. Performance Evaluation of Swimmers. **Sci Tools Sports Med**, v.32, p.539-54, 2002.

STRYER, L. **Bioquímica**. 3<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

THOMAS, J.R.; NELSON, J.K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 3<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: ArtMed, 2002.

TRITSCHLER, K.A. **Medida e avaliação em Educação Física e Esportes**. 5<sup>a</sup> ed. Barueri: Manole, 2003.

VUORIMAA, T.; VIRLANDER, R.; KURKILAHTI, P.; VASANKARI, T.; HAKKINEN, K. Acute changes in muscle activation and leg extension performance after different running exercises in elite long distance runners. **Eur J Appl Physiol**, v.96, p.282-91, 2005.

VUORIMAA, T.; HAKKINEN, K.; VAHASOYRINKI, P.; RUSKO, H. Comparison of three maximal anaerobic running test protocols in marathon runners, middle-distance runners and sprinters. **Int J Sports Med**, v.17, p.S109-13, 1996.

WEINSTEIN, Y.; BEDIZ, C.; DOTAN, R.; FALK, B. Reliability of peak-lactate, heart rate, and plasma volume following the Wingate test. **Med Sci Sports Exerc**, v.30, p.1456-60, 1998.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D.G.; LÄNNERGRÉN, J. Muscle fatigue: Lactic acid or inorganic phosphate the major cause? **News Physiol Sci**, v.17, p.17-21, 2002.

WINTER, D.A. **Biomechanics and motor control of human movement**. 2<sup>a</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 1990.

ZAJĄC, A.; JARZABEK, R.; WASKIEWICZ, Z. The diagnostic value of the 10 and 30 second Wingate test for competitive athletes. **J Strength Cond Res**, v.13, p.16-9, 1999.



**ANEXO I**

**ANEXO I** – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP de Rio Claro.

**unesp**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
Câmpus de Rio Claro  
Seção Técnica Acadêmica  
Comitê de Ética em Pesquisa



Rio Claro, 22 de março de 2006.

Ofício CEP 022/2006

Prezado Senhor,

Informo que em reunião realizada em **21.03.2006**, o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro (CEP-IB-UNESP), aprovou o projeto de pesquisa intitulado **"Padronização do teste de corrida atada em velocistas: análise da relação da potência e desempenho em corrida ao longo de uma periodização convencional"**, sob sua responsabilidade, protocolo 7836, datado de 29/11/2005 e, tendo como orientador o Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto.

Atenciosamente,

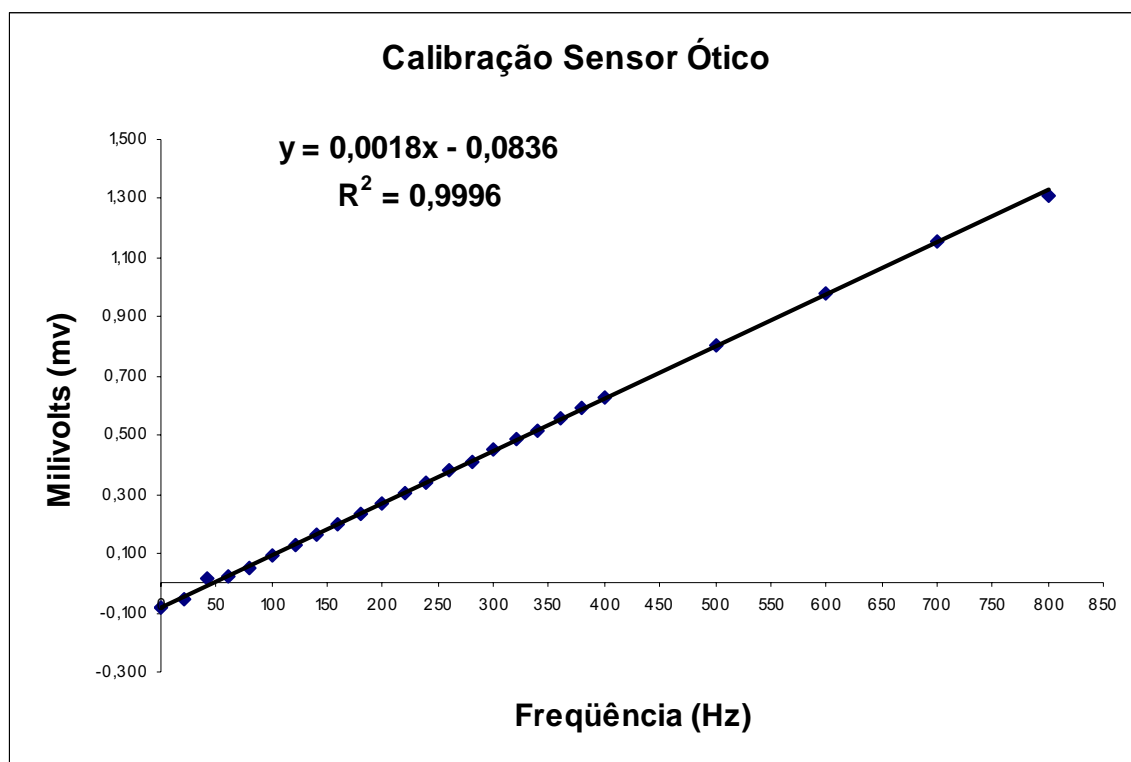
Profa. Dra. **Rosa Maria Feteiro Cavalari**  
Coordenadora do Comitê

Ilmo. Sr.  
**MANOEL CARLOS SPIGUEL LIMA**  
Rua 4-A, 349  
13506-661 Rio Claro - SP

## APÊNDICE A

**APÊNDICE A** – Gráficos e as equações das relações lineares do sensor ótico (velocidade) e da célula de carga (força) e análise residual dos sensores.

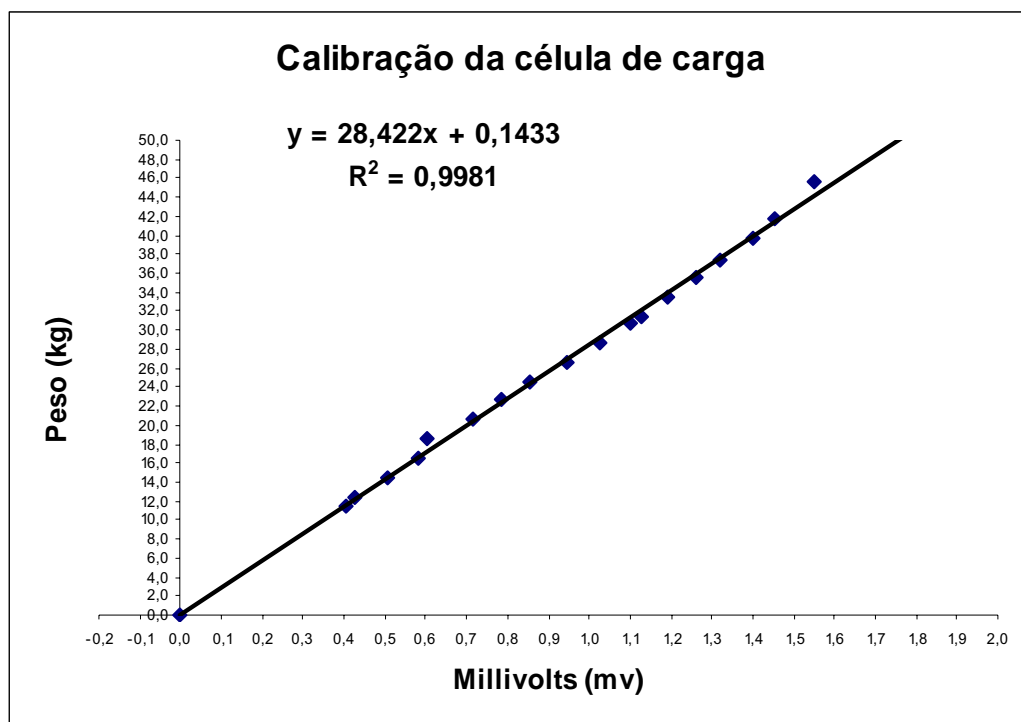
Ambos os sensores (sensor ótico e célula de carga) capturaram os dados durante um tempo de trinta segundos. Abaixo os gráficos, equações de regressão linear e os valores médios dos sinais e os respectivos desvios padrão.



**Figura 16** – Gráfico e equação de regressão linear da calibração do sensor ótico.

**Tabela 12** – Valores de frequência (Hz) e a média de 30 segundos do canal 2 em milivolts (mv) e o desvio padrão (DP).

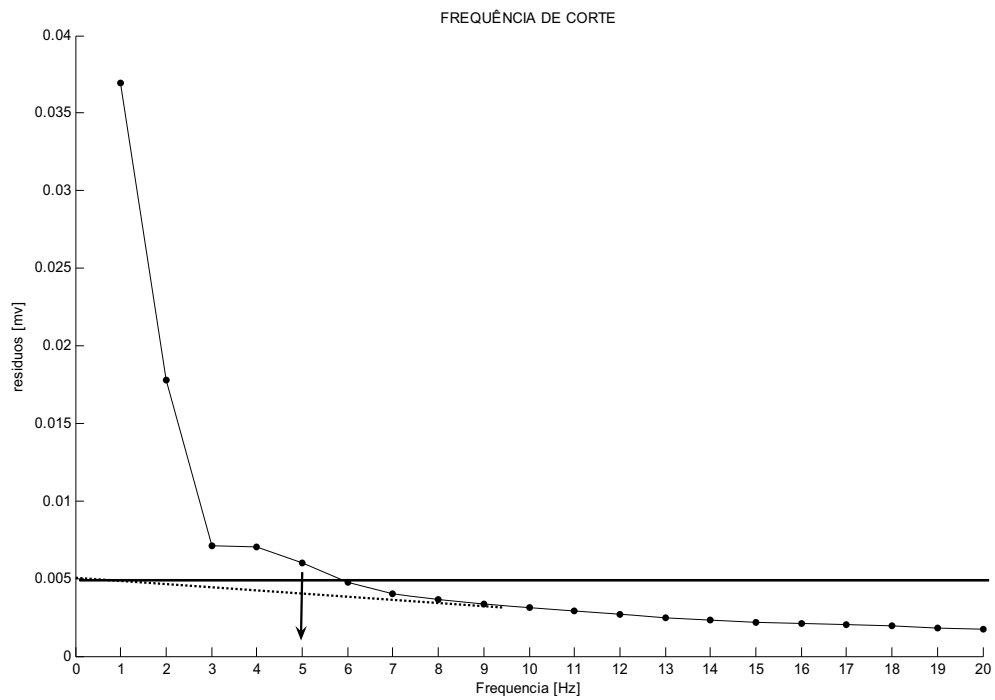
Frequência (Hz)	Milivolts (mv)	DP
0	-0,0836	0,0017
20	-0,0545	0,0013
41	0,0155	0,0014
60	0,0201	0,0012
80	0,0546	0,0013
100	0,0922	0,0015
121	0,1283	0,0021
140	0,1646	0,0015
160	0,2002	0,0019
180	0,2352	0,0017
200	0,2717	0,0014
220	0,3070	0,0017
240	0,3418	0,0016
260	0,3791	0,0013
280	0,4135	0,0022
300	0,4493	0,0014
320	0,4846	0,0017
339	0,5191	0,0013
360	0,5552	0,0013
380	0,5910	0,0026
401	0,6253	0,0014
500	0,8043	0,0013
600	0,9808	0,0012
700	1,1548	0,0016
800	1,3075	0,0010



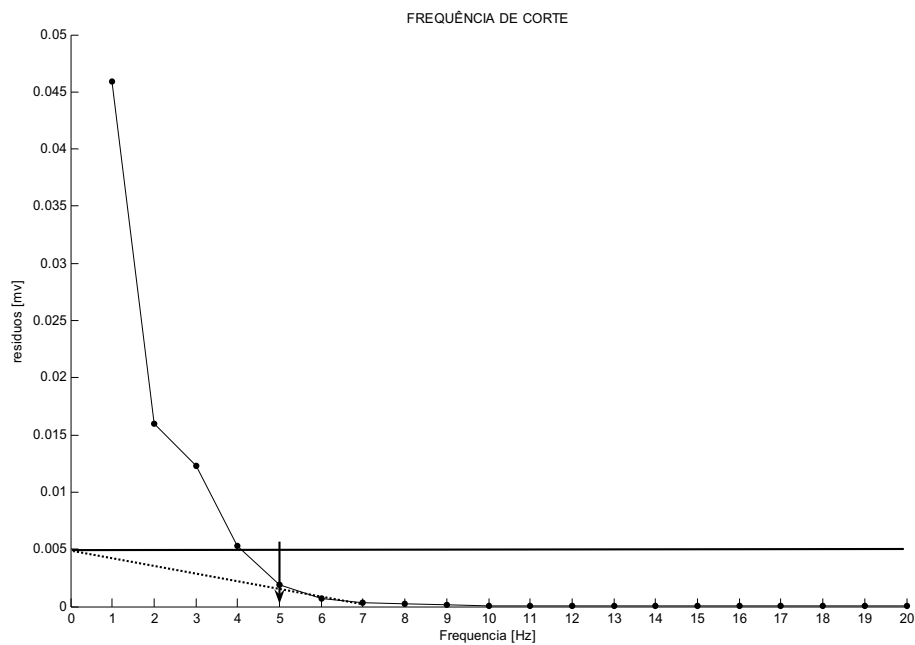
**Figura 17** – Gráfico e equação de regressão linear da calibração da célula de carga.

**Tabela 13** – Valores de peso (kg) e a média de 30 segundos do canal 1 em milivolts (mv) e o desvio padrão (DP).

Peso (kg)	Milivolts (mv)	DP
0	-0,00377	0,007
11,455	0,4032	0,002
12,455	0,4264	0,007
14,555	0,5045	0,002
16,405	0,5796	0,005
18,465	0,6027	0,003
20,615	0,7146	0,010
22,715	0,7842	0,008
24,565	0,8537	0,006
26,625	0,9433	0,002
28,685	1,0249	0,005
30,785	1,0990	0,002
31,490	1,1260	0,002
33,590	1,1936	0,002
35,440	1,2603	0,002
37,500	1,3206	0,005
39,650	1,4007	0,002
41,750	1,4523	0,002
45,700	1,5478	0,003
51,710	1,8111	0,002



**Figura 18** – Análise residual para a escolha da frequência de corte dos sinais do sensor ótico.



**Figura 19** – Análise residual para a escolha da frequência de corte dos sinais da célula de carga.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)