

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
DO MOVIMENTO HUMANO**

**COMPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS CINEMÁTICAS,  
ELETROMIOGRÁFICAS E DO CONSUMO DE OXIGÊNIO  
DA CORRIDA NO *TRIATHLON* COM UMA CORRIDA  
PROLONGADA E UMA CORRIDA ISOLADA**

**CARINA HELENA WASEM FRAGA**

**PORTO ALEGRE, 2006**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
DO MOVIMENTO HUMANO**

**COMPARAÇÃO DAS VARIÁVEIS CINEMÁTICAS,  
ELETROMIOGRÁFICAS E DO CONSUMO DE OXIGÊNIO  
DA CORRIDA NO *TRIATHLON* COM UMA CORRIDA  
PROLONGADA E UMA CORRIDA ISOLADA**

**CARINA HELENA WASEM FRAGA**

**PROFESSORES ORIENTADORES:**

**DR. ANTÔNIO CARLOS STRINGHINI GUIMARÃES (*in memorian*)**

**DR. MARCO AURÉLIO VAZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre

**PORTO ALEGRE, 2006**

*Dedico esse trabalho a meu eterno mestre,  
Prof. Dr. Antônio Carlos Stringhini Guimarães.*

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES .....	6
LISTA DE FIGURAS .....	7
LISTA DE TABELAS E QUADROS .....	8
RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	11
DEFINIÇÃO OPERACIONAL DOS TERMOS .....	13
INTRODUÇÃO .....	14
1 OBJETIVOS .....	17
1.1 Objetivo Geral .....	17
1.2 Objetivos Específicos .....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1 Considerações Biomecânicas da Corrida .....	18
2.1.1 Análise cinemática .....	18
2.1.2 Análise eletromiográfica .....	21
2.2 Fisiologia da Corrida do <i>Triathlon</i> .....	25
2.3 Algumas Considerações Sobre a Revisão de Literatura .....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.1 Problema de Pesquisa .....	30
3.2 Hipóteses .....	30
3.3 Definição Operacional das Variáveis .....	31
3.4 População e Amostra .....	31
3.5 Caracterização da Pesquisa .....	32
3.6 Procedimentos de Aquisição e Processamento .....	32
3.6.1 Protocolo de avaliação .....	32
3.6.2 Aquisição dos dados cinemáticos .....	35
3.6.2.1 Processamento dos dados cinemáticos .....	36
3.6.3 Aquisição dos dados eletromiográficos .....	36
3.6.3.1 Processamento dos dados eletromiográficos .....	38
3.6.4 Aquisição dos dados fisiológicos .....	38
3.6.4.1 Calibração do ergoespirômetro .....	38
3.6.4.2 Protocolo para aquisição do consumo máximo de oxigênio .....	39
3.6.4.3 Protocolo de aquisição do consumo de oxigênio em cada intervalo .....	40
3.7 Análise dos Dados .....	41
3.8 Estudo Piloto .....	43
4 RESULTADOS .....	44
4.1 Dados Gerais .....	44
4.2 Dados Cinemáticos .....	46
4.3 Dados Eletromiográficos .....	48
4.4 Dados Fisiológicos .....	51
4.5 Comparação Específica Entre os Intervalos da Corrida no <i>Triathlon</i> .....	52
5 DISCUSSÃO .....	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
7 PERSPECTIVAS .....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
ANEXO 1 .....	72
ANEXO 2 .....	76

ANEXO 3 ..... 78  
ANEXO 4 ..... 83  
ANEXO 5 ..... 88

## LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

Sinal EMG: sinal eletromiográfico;

VO<sub>2</sub>: consumo de oxigênio, expresso em ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>;

VO<sub>2</sub> máx: consumo máximo de oxigênio, expresso em ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>;

VCO<sub>2</sub>: produção de gás carbônico, expressa em ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>;

LV: limiar ventilatório;

RMS: *root mean square*: valor indicativo do nível de ativação muscular, expresso em percentual do pico;

m: metro, unidade de medida em escala linear;

cm: centímetro, unidade de medida em escala linear;

min: minuto, unidade de medida de tempo;

s: segundo, unidade de medida de tempo;

h: hora, unidade de medida de tempo;

km.h<sup>-1</sup>: quilômetro por hora, unidade de medida de velocidade linear;

kg: quilograma, unidade de medida de massa;

ml: mililitro, unidade de medida de volume;

DP: desvio-padrão.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Ilustração do protocolo de teste.....	33
<b>Figura 2.</b>	Utilização do ciclo simulador, adaptado à própria bicicleta de um atleta.....	34
<b>Figura 3.</b>	Posicionamento da câmera.....	35
<b>Figura 4.</b>	Sistema de eletromiografia.....	37
<b>Figura 5.</b>	Velocidade em cada intervalo de corrida (1°, 5° e 9° km), nas diferentes corridas (CT = Corrida do Triathlon; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada).....	45
<b>Figura 6.</b>	Médias e desvios-padrão da frequência de passada para diferentes corridas (CT = Corrida do <i>Triathlon</i> ; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km); n = 9 para todas as situações, exceto para CP9, onde n = 8.....	46
<b>Figura 7.</b>	Médias e desvios-padrão da amplitude de passada para diferentes corridas (CT = Corrida do <i>Triathlon</i> ; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5, 9 (1°, 5° e 9° km). O colchete (II) indica diferenças significativas: * (p = 0,013) e Δ (p = 0,036); n = 9 para todas as situações, exceto para CP9 onde n = 8.....	47
<b>Figura 8.</b>	Médias e desvio-padrão do valor RMS para o músculo bíceps femoral, nas diferentes corridas (CT = Corrida do <i>Triathlon</i> ; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). CT1, CT2, CT3, CI1, CI2, CI3 e CP1: n = 7; CP2 e CP3 n = 6.....	48
<b>Figura 9.</b>	Médias e desvios-padrão do valor RMS para o músculo reto femoral, nas diferentes corridas (CT = Corrida do <i>Triathlon</i> ; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). CT2, CI1, CI2: n = 8; CT1, CT3, CI3, CP1, CP2 e CP3: n = 7.....	48
<b>Figura 10.</b>	Médias e desvios-padrão do valor RMS para o músculo vasto lateral, nas diferentes corridas (CT = Corrida do <i>Triathlon</i> ; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). O colchete (II) indica diferença significativa: Δ (p = 0,044) CI1, CI2, CI3, CP1 e CP2: n = 9; CT2: n = 8; CT1, CT3, CP3: n = 7.....	49
<b>Figura 11.</b>	Médias e desvios-padrão do valor RMS para o músculo gastrocnêmio medial, nas diferentes corridas (CT = Corrida do <i>Triathlon</i> ; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). CI1, CI2: n = 8; CT1, CT3, CI3, CP1, CP2: n = 7; CT2, CP3 n = 6... 49	49
<b>Figura 12.</b>	Médias e desvios-padrão do valor RMS para o músculo tibial anterior, nas diferentes corridas (CT = Corrida do <i>Triathlon</i> ; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). CI2 e CI3: n = 9; CT2, CI1, CP1 e CP2: n = 8; CT1: n = 6; CT3 e CP3: n = 5.....	50
<b>Figura 13.</b>	Médias e desvios-padrão do percentual do VO <sub>2</sub> em cada corrida (CT = Corrida do <i>Triathlon</i> ; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalo 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). Os números de 1 a 8 indicam diferenças entre o % do VO <sub>2</sub> máx correspondente ao valor de segundo limiar ventilatório e o % do VO <sub>2</sub> máx em cada intervalo; n = 9 para todas as situações, exceto para CP3 (n = 8).....	51

**LISTA DE TABELAS E QUADROS**

<b>Tabela 1.</b>	Dados antropométricos da amostra.....	33
<b>Tabela 2.</b>	Valores individuais, média e desvio-padrão do VO <sub>2</sub> máx e % do VO <sub>2</sub> máx relativo ao 2° limiar ventilatório.....	44
<b>Tabela 3.</b>	Médias e desvios-padrão das variáveis frequência e amplitude de passada para CT nos diferentes intervalos (1°, 5° e 9° km). Para frequência de passada, * e Δ indicam p = 0,009. Para amplitude de passada * e Δ indicam p = 0,023.....	52
<b>Tabela 4.</b>	Médias e desvios-padrão do percentual do VO <sub>2</sub> máx em cada intervalo da CT (1°, 5° e 9° km).....	52
<b>Tabela 5.</b>	Médias e desvios-padrão dos valores RMS para os músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior, em cada intervalo da CT (1°, 5° e 9° km).....	52
<b>Quadro 1.</b>	Testes e análises estatísticas, utilizados neste estudo nas diferentes situações e as variáveis analisadas.....	41



## RESUMO

FRAGA, C.H.W. Comparação das variáveis cinemáticas, eletromiográficas e do consumo de oxigênio da corrida no *triathlon* com uma corrida prolongada e uma corrida isolada. *Dissertação de Mestrado*. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano. Escola de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

A corrida representa um importante segmento do *triathlon*, sendo precedida pela prova de ciclismo. A compreensão dos efeitos do ciclismo sobre o desempenho da corrida, portanto, se torna indispensável para a otimização dos resultados finais de uma prova. O objetivo desse estudo foi comparar as variáveis cinemáticas, eletromiográficas e o consumo de oxigênio da corrida no *triathlon* com àquelas de uma corrida isolada e de uma corrida prolongada. As seguintes variáveis foram avaliadas no presente estudo: (1) frequência e amplitude de passada; (2) o valor RMS (*root mean square*) médio do sinal EMG dos músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior; e, (3) o  $VO_2$ . Participaram desse estudo nove triatletas do sexo masculino. O protocolo de avaliação foi realizado em três etapas: (1) teste para obtenção do  $VO_2$  máx, realizado em esteira ergométrica; (2) teste que envolveu a sucessão ciclismo-corrída da prova de *triathlon* (CT), com 40 km de ciclismo, seguidos de 10 km de corrida – em um contexto de prova simulada; e (3) teste de corrida prolongada (CP), em que o atleta correu o tempo correspondente aos 40 km de ciclismo somado a 10 km de corrida. Os primeiros 10 km dessa corrida prolongada constituíram a corrida isolada (CI). Os dados cinemáticos, eletromiográficos e o  $VO_2$  foram coletados e analisados a partir de três intervalos: 1º, 5º e 9º km de corrida. O nível de significância dos testes estatísticos aplicados foi de  $\alpha < 0,05$ . Os resultados não demonstraram

diferenças significativas entre as diferentes corridas. Já entre os intervalos, foi verificada uma diminuição da amplitude de passada entre os intervalos 1 e 2, e entre os intervalos 1 e 3, bem como um aumento do valor RMS do músculo vasto lateral do intervalo 1 para o intervalo 3. A partir da análise específica da corrida do *triathlon*, foi encontrado um aumento da frequência e da amplitude de passada entre os intervalos. A inexistência de diferenças entre as corridas se contrapõe aos resultados de estudos encontrados na literatura. Entretanto, os presentes resultados podem ser justificados à medida que o  $VO_2$  de teste se manteve abaixo do  $VO_2$  correspondente ao segundo limiar ventilatório. A existência de diferenças significativas entre os intervalos para algumas das variáveis analisadas pode sugerir a incidência de fadiga no transcorrer da atividade.

**Palavras-chave:** corrida, *triathlon*, ciclismo, cinemática, eletromiografia,  $VO_2$ .

## ABSTRACT

FRAGA, C.H.W. Comparison of kinematic and electromyographic variables and oxygen uptake of the *triathlon* running with a prolonged run and an isolated run. *Master thesis*.

Graduate Program in Human Movement Sciences. School of Physical Education. Federal University of Rio Grande do Sul, 2006.

Running represents an important segment of *triathlon* and is preceded by cycling. Therefore, studying the influence of cycling in running performance is essential for performance optimization. The aim of this study was to compare the kinematic and electromyographic variables and oxygen uptake of the *triathlon* running with a prolonged run and an isolated run. The following parameters were analyzed and compared: (1) the kinematic variables stride frequency and stride length; (2) mean value of the RMS signal of EMG of the biceps femoris, rectus femoris, vastus lateralis, gastrocnemius medialis and tibialis anterior muscles; and, (3) the  $VO_2$ . Nine male triathletes performed the tests, which were performed on three stages: (1)  $VO_2$  max test, performed on a treadmill; (2) 40km of cycling followed by 10km of running time-trial (CT), with 40 km of cycling, followed by 10 km of running – simulated race; (3) prolonged run test (CP): the athletes ran the time corresponding to the 40 km of cycling and more 10 km of running after it. The first 10 km of this prolonged run test was considered the isolated run (CI). Kinematic and eletromyographic variables and  $VO_2$  variables were collected and analyzed at three distinct moments: 1°, 5° e 9° km of the run. Statistical tests were applied for an  $\alpha < 0.05$ . No significant differences were found between the running types. Between moments, decreased on stride length between moments 1 and 2, and between moments 1 and 3, was observed. There was an increase in the EMG signal RMS of the vastus lateralis from

moment 1 to moment 3. In the comparison of *triathlon* running moments, were found increase in stride frequency and in stride length between moments. No differences were found in literature between running types, a completely opposite result compared to our results. However, these results can be justified for the  $VO_2$  values, which remained bellow the  $VO_2$  values corresponding to ventilatory threshold. The significant differences between moments of some variables may suggest a fatigue effect in the results.

**Key Words:** running, *triathlon*, cycling, kinematic, electromyography,  $VO_2$ .

## DEFINIÇÃO OPERACIONAL DOS TERMOS

1. Corrida do *Triathlon* (CT): teste que envolveu a sucessão ciclismo-corrída da prova de *triathlon*, com 40 km de ciclismo, seguidos de 10 km de corrida (o que corresponde às distâncias oficiais das provas do *Triathlon* Olímpico).
2. Corrida Isolada (CI): teste em que o atleta correu 10 km.
3. Corrida Prolongada (CP): teste em que o atleta correu o tempo correspondente ao teste de ciclismo previamente realizado (40 km de ciclismo), seguidos de mais 10 km de corrida. A CI corresponde aos 10 km iniciais da CP.
4. Variáveis cinemáticas: amplitude e frequência de passada.
  - 4.1. Amplitude de passada: distância (em metros) que um pé percorre do intervalo do seu contato inicial até um contato subsequente.
  - 4.2. Frequência de passada: relaciona o número de passadas que são executadas em um minuto.
5. Variáveis eletromiográficas: amplitude do sinal EMG, a partir do sinal elétrico proveniente de contrações dos músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior.
  - 5.1. Amplitude do sinal EMG: média do valor RMS.
6. Variáveis Fisiológicas:  $VO_2$  máx e  $VO_2$ .

## INTRODUÇÃO

O *triathlon* é um esporte composto por três modalidades sucessivas (natação-ciclismo-corrída). Esse fato ressalta a necessidade de que triatletas adquiram elevados níveis de desempenho nessas três modalidades simultaneamente, devendo adotar, para tanto, métodos específicos de treinamento. Para BENTLEY et al. (2002), o *triathlon* apresenta especificidades que desencadeiam demandas fisiológicas e biomecânicas diferentes dos esportes individuais que o compõem.

Espera-se que os melhores resultados da competição devam estar relacionados à habilidade de unir adequadamente esses diferentes eventos no *triathlon*. Nesse sentido, seria válido ressaltar a importância do treinamento visando aperfeiçoar as transições das seqüências natação-ciclismo, ciclismo-corrída. Nesse contexto, destaca-se o fato da corrida ter se tornado um elemento essencial relacionado aos resultados finais, principalmente nos primeiros minutos após o ciclismo (transição ciclismo-corrída) – período que pode afetar significativamente o resultado do restante da prova (HUE et al., 1998).

ROWLANDS & DOMNEY (2000) afirmam que, freqüentemente, são necessários vários quilômetros para ajustar as mudanças na locomoção, na corrida precedida pelo ciclismo. Dessa forma, o treinamento da transição ciclismo-corrída tem beneficiado o desempenho no *triathlon*, uma vez que há uma minimização do tempo entre os estágios e uma adaptação das demandas fisiológicas e biomecânicas necessárias para o desempenho de atividades seqüenciais.

Conforme MARINO & GOEGAN (1993), embora muitos estudos tenham mostrado grande interesse na análise biomecânica da corrida, há uma carência de trabalhos que analisem as especificidades da corrida no *triathlon*. Dessa forma, os estudos que têm

procurado verificar a influência do ciclismo na corrida subsequente apresentam respostas muito diversas e contraditórias. Para melhor ilustrar tais respostas, HAUSSWIRTH et al. (1996) verificaram uma diminuição da eficiência na corrida subsequente ao ciclismo, enquanto GOTTSCHALL & PALMER (2002) descrevem um aumento dessa eficiência.

Ainda é importante ressaltar que há grande variabilidade nas distâncias de cada prova de *triathlon*, sendo que, de acordo ROWLANDS & DOMNEY (2000) e MILLET & VLECK (2000), pode-se verificar demandas fisiológicas e adaptações biomecânicas específicas relacionadas a cada duração de competição. Nesse contexto, conforme VITO et al. (1995), existem poucos estudos analisando demandas fisiológicas e variáveis biomecânicas no *Triathlon* Olímpico – que apresenta distâncias de 1,5 km de natação, 40 km de ciclismo e 10 km de corrida. Na tentativa de suprir a carência de trabalhos na área de biomecânica com essas distâncias, esse estudo estabeleceu como distâncias de teste 40 km de ciclismo e 10 km de corrida.

Destaca-se que, para análise da biomecânica da corrida no *triathlon*, torna-se pertinente estabelecer-se uma comparação entre a corrida do *triathlon*, com uma corrida prolongada e uma corrida isolada. Uma vez verificada a existência de alterações biomecânicas entre as corridas analisadas, a comparação entre a corrida do *triathlon* e a corrida prolongada permite verificar se essas modificações se devem à fadiga proveniente de exercícios prolongados, ou a alterações geradas pelo tipo de exercício prévio, as quais poderão acarretar modificações na atividade muscular e no padrão cinemático de passada.

De acordo com HAUSSWIRTH et al. (1996), há muita controvérsia acerca dos efeitos da fadiga no custo energético, não havendo consenso sobre a quantidade e o tipo de mudanças relacionadas a esses efeitos. Dessa forma, esses autores ressaltam a necessidade de estudos que verifiquem o papel de variáveis biomecânicas, como a amplitude e a frequência da

passada, relacionando essas variáveis com a atividade eletromiográfica dos grupos musculares envolvidos na corrida.

Assim, o presente estudo teve seu foco centrado na análise da corrida do *triathlon*, verificando as possíveis alterações biomecânicas e fisiológicas em seu desempenho a partir da realização de exercícios prévios - sejam eles corrida ou ciclismo. O estudo específico desse tema se justifica na medida em que a otimização do ciclismo e da corrida do *triathlon* representa um importante papel no desempenho geral do *triathlon*, uma vez que a corrida representa o último segmento da prova do triathlon e, portanto, um segmento importante em termos de resultados finais (DENGEL et al., 1989). Dessa forma, esse estudo almejou contribuir para melhora no desempenho da corrida do *triathlon*, mediada pela ampliação do conhecimento de sua cinemática, ativação muscular e consumo de oxigênio.



## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo Geral**

Comparar as variáveis cinemáticas, eletromiográficas e o consumo de oxigênio da corrida no *triathlon* com àquelas de uma corrida isolada e de uma corrida prolongada.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- (1) Comparar a frequência de passada e amplitude de passada de três intervalos (início, meio e final) nas diferentes corridas;
- (2) Comparar os valores RMS dos músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior de três intervalos (início, meio e final) nas diferentes corridas;
- (3) Comparar o consumo de oxigênio de três intervalos (início, meio e final) nas diferentes corridas.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Considerações Biomecânicas da Corrida**

#### **2.1.1 Análise cinemática**

De acordo com MARTIN & SANDERSON (2000), a corrida é uma atividade motora altamente complexa que incorpora a ação de vários níveis do sistema nervoso, envolvendo a contribuição de grande parte dos músculos do corpo - o que requer acentuada coordenação da amplitude de movimento. Nesse sentido, mudanças na frequência e amplitude de passada exigem concomitantes alterações nos níveis de alongamento-encurtamento muscular, bem como na taxa de força desenvolvida, o que afeta a demanda aeróbica. Dessa forma, na corrida, o movimento dos segmentos pode ser considerado como uma ação harmônica para alcançar uma locomoção que apresente translação do centro de massa com menor gasto de energia possível.

De acordo com HAY (1981), a velocidade de corrida de um atleta depende da combinação de dois fatores: (1) amplitude da passada; (2) frequência da passada.

A amplitude da passada corresponde à soma de três distâncias: distância de impulsão, distância de voo e distância de chegada ao solo. A frequência de passada corresponde ao número de passadas executadas em um determinado tempo. Essa frequência está diretamente relacionada ao tempo gasto para completar uma passada completa, o qual corresponde à soma do tempo em que o atleta está no solo com o tempo de voo.

MARTIN & SANDERSON (2000) sugerem que a frequência de passada – mais do que a amplitude de passada – representa um fator crítico que determina o esforço muscular

durante cada ciclo de passada. Essa frequência de passada corresponde a um parâmetro do controle motor que é determinado pelos atributos físicos do sistema – suas características inerciais.

BUS (2003), em um estudo comparando corredores de diferentes faixas etárias, encontrou uma redução da velocidade para indivíduos mais velhos, a qual era acompanhada por similar redução na amplitude de passada e aumento da frequência de passada. Isso sugere que a velocidade é mais influenciada pela amplitude de passada do que pela frequência de passada.

Vale mencionar que vários estudos têm confirmado o fato de que a velocidade empregada na corrida é dependente em maior escala da amplitude da passada do que da frequência da passada (BUS, 2003; MARINO & GOEGAN, 1993; ELLIOT & ACKLAND, 1981).

HAY (1981) destaca que há evidências de que indivíduos mais altos ou com maior segmento inferior atingiriam maior amplitude de passada, bem como menor frequência de passada. Já BUS (2003) não encontrou quaisquer correlações entre o tamanho de membros inferiores com a amplitude de passada. Para esse autor, não há necessidade de uma normalização prévia dos dados, uma vez que indivíduos mais altos não terão necessariamente maiores passadas.

GOTTSCHALL & PALMER (2002) verificaram que a variação na escolha da cadência do ciclismo pode afetar a velocidade de corrida subsequente. Dessa forma, foi observado que o uso de cadências mais elevadas no ciclismo aumentava substancialmente a velocidade média da corrida. Em seus estudos, compararam uma corrida de 3200 metros, realizada após três condições de ciclismo: (1) uso da cadência preferida; (2) uso de uma cadência 20% mais rápida; (3) uso de uma cadência 20% mais lenta. Foi encontrado um aumento de 4% na velocidade da corrida realizada após o uso de altas cadências (comparada

ao uso da cadência preferida), e um aumento de 7% - quando comparada ao uso de baixas cadências. Esse aumento na velocidade foi acompanhado com similar esforço fisiológico para os três casos (verificado através da frequência cardíaca), aumento da frequência de passada, sem nenhuma alteração significativa na amplitude da passada ou ângulos articulares do quadril, joelho ou tornozelo. Dessa forma, sugere-se que há influência da forma como o ciclismo é realizado previamente à corrida: as altas cadências influenciam positivamente a corrida e a cinemática da passada, sendo que triatletas poderiam obter ganhos no desempenho da corrida se adotassem o uso de altas cadências no ciclismo.

HUE et al. (1998) compararam uma corrida do *triathlon* com uma corrida isolada, ambas com 10 km, procurando avaliar os efeitos do ciclismo nas variáveis biomecânicas e cardiorrespiratórias na corrida subsequente. A corrida do *triathlon* apresentou respostas fisiológicas específicas para variáveis metabólicas e cardiorrespiratórias (encontrando-se maiores valores para ventilação pulmonar, consumo de oxigênio, equivalentes respiratórios para O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, frequência respiratória e frequência cardíaca, quando comparados aos valores da corrida isolada), e inespecíficas para as variáveis biomecânicas - frequência de passada e amplitude de passada. Esse fato poderia indicar que o ciclismo não induz a modificações no padrão de passada da corrida. Entretanto, a corrida isolada apresentou significativo aumento na frequência da passada nos sete primeiros minutos de corrida, o que sugere que o ciclismo possa induzir a fadiga muscular, evitando que comportamento semelhante pudesse ser observado na corrida do *triathlon*.

Segundo ELLIOT & ACKLAND (1981), foi verificada uma mudança no padrão de passada de corredores, relacionada a um processo de fadiga após uma corrida de 10 km. Para fins de análise cinemática, essa corrida foi dividida em quatro estágios. Dessa forma, no último estágio foi possível perceber uma alteração na técnica – embora não excessiva – o que tornou os corredores menos competentes na realização da tarefa. Isto foi verificado a partir de

uma diminuição da velocidade da corrida, a qual está relacionada a uma redução da amplitude de passada, pois a frequência da passada permaneceu relativamente constante.

MARINO & GOEGAN (1993) compararam aspectos biomecânicos de uma corrida de 10 km precedida por um breve aquecimento, com uma corrida de mesma distância, precedida por 40 km de ciclismo (corrida do *triathlon*). Encontraram uma significativa diminuição na velocidade da corrida do *triathlon* – quando comparada à corrida isolada – sendo que essa foi provavelmente desencadeada pela diminuição na amplitude de passada (não foi encontrada diferença significativa na frequência de passada). Assim, a fadiga resultante do excesso de contração muscular pode estar relacionada a uma redução na amplitude da passada encontrada nesse estudo. Também foram analisadas as variáveis em três diferentes intervalos: no 1º km, no 5º km e no 9º km. Não foram encontradas diferenças significativas entre os intervalos (para ambas as situações analisadas), tanto para a velocidade como para a amplitude de passada. Esse fato sugere que a corrida foi realizada de forma consistente (estável sob ponto de vista das variáveis cinemáticas). Dessa forma, justifica-se a utilização de outros recursos – como a aplicação da análise do sinal eletromiográfico - na tentativa de melhor explicar tal fenômeno.

### 2.1.2 Análise eletromiográfica

A eletromiografia pode ser definida como a técnica que estuda a função do músculo através da análise do sinal EMG captado durante a contração muscular (BASMAJIAN & DE LUCA, 1985). Assim, o sinal EMG advindo de potenciais de ação provenientes do músculo pode fornecer informações que contribuem para o entendimento da ação muscular.

SODERBERG & KNUTSON (2000) descrevem que, de uma forma geral, o sinal EMG tem sido usado para avaliar a função, controle e aprendizagem da atividade muscular.

Todavia, podem-se citar utilizações específicas tais como a avaliação da marcha, determinação da fadiga e as mais diversas aplicações no esporte com objetivo de verificar a ação muscular requerida.

Ressalta-se que a análise da atividade muscular obtida através da eletromiografia de superfície tem sido amplamente utilizada com intuito de estudar a incidência de fadiga muscular (HAUSSWIRTH et al., 2000; SODERBERG & KNUTSON, 2000). Para tanto, testes isométricos revelam algumas informações importantes a respeito do estado neuromuscular no final de exercícios prolongados (por exemplo, diferentes corridas). Nesse sentido, situações que envolvam fadiga têm sido correlacionadas com uma diminuição dos valores da Mediana da Freqüência (MF), bem como com um aumento do valor RMS - verificado através da amplitude do sinal EMG (HAUSSWIRTH et al., 2000; SODERBERG & KNUTSON, 2000).

HAUSSWIRTH et al. (2000) observaram a incidência de fadiga, mediante três contrações isométricas do grupo muscular dos extensores do joelho (representado pelo músculo vasto lateral), em três intervalos de uma corrida prolongada, de uma corrida do *triathlon* e de uma corrida isolada. Ao longo desses três intervalos - para cada uma das situações - foram verificados menores valores da MF, bem como maiores valores RMS. Esse mesmo comportamento pôde ser observado para corrida prolongada (quando comparada à corrida do *triathlon*), o que sugere que essa representa uma situação de maior fadiga.

Isso pode ser, em parte, explicado pela presença de contrações concêntricas e excêntricas na corrida prolongada - diferindo do ciclismo que corresponde a uma atividade predominantemente concêntrica. Esse fato resulta em maiores alterações nas propriedades contráteis para corrida prolongada (HAUSSWIRTH et al., 2000; BENTLEY et al., 2002). Assim, em exercícios que predominam contrações excêntricas, pode ser observado um prejuízo na função da fibra muscular; especula-se que esse fato acarrete em um aumento na

ativação das unidades motoras – aumentando o nível de ativação neural. Dessa forma, a corrida prolongada pode induzir a taxas de alongamento repetitivo ocasionando lesões ultra-estruturais, as quais podem ser associadas com uma hiperpermeabilidade da célula muscular e com redução da habilidade do tecido muscular para realizar a contração.

De acordo com HAY (1981), a corrida é composta por uma sucessão de saltos, o que faz com que o impacto seja maior do que no ciclismo (que não apresenta as mesmas forças de impacto sobre o sistema musculoesquelético). Além disso, os músculos durante uma corrida são submetidos à sobrecarga correspondente a várias vezes o peso corporal em cada passada, enquanto o mesmo não ocorre durante o ciclismo. Esses fatores também podem contribuir para a incidência de uma maior fadiga muscular.

Destaca-se que a análise proveniente de contrações isométricas para verificar a fadiga na corrida é mais freqüente na literatura do que os dados referentes a contrações dinâmicas durante a corrida. Uma possível explicação para esse fato pode estar relacionada à dificuldade da captação do sinal EMG através de eletrodos de superfície para atividades prolongadas, as quais envolvem grande quantidade de suor.

Segundo ENOKA (2000), a fadiga muscular corresponde a uma classe de efeitos agudos que prejudica o desempenho, sendo que tais efeitos envolvem tanto processos motores, como sensoriais. Diferentes fatores contribuem para a instalação de um processo de fadiga muscular, sendo que as variáveis que possuem influência sobre um sistema sobrecarregado incluem o nível de motivação, a estratégia neural, a intensidade e duração da atividade muscular, a velocidade de contração, e a continuidade de sustentação de uma contração. Os processos fisiológicos podem ser afetados pelos impulsos eferentes, os músculos e unidades motoras ativadas, a propagação do estímulo, o acoplamento excitação-contração, a disponibilidade de substratos metabólicos, o meio intracelular, o sistema contrátil e irrigação sanguínea para o músculo.

MILLET et al. (2002) procuraram examinar as alterações na função neuromuscular após uma ultramaratona (65 km de corrida), dos músculos extensores do joelho e flexores plantares do tornozelo. Foi encontrada uma diminuição da capacidade de produção de força voluntária máxima (28%), acompanhada de uma redução da ativação voluntária máxima (30%). Assim, foi observada uma redução do valor RMS, a qual se deve principalmente a fadiga central. Todavia, a redução nos *inputs* neurais da musculatura ativa em exercícios prolongados pode ser causada por vários fatores, supondo-se que haja: (1) uma redução nos impulsos cortico-espinais que alcançam os motoneurônios; (2) uma redução no triptofano cerebral (que pode levar a um aumento da serotonina, induzindo a fadiga); (3) modificações no *feedback* aferente, contribuindo para a inibição da excitabilidade do motoneurônio (esse *feedback* pode ser afetado por fadiga das fibras intrafusais e mudanças nas propriedades de viscosidade e elasticidade do músculo). Com isso, sugere-se que essa fadiga, após exercícios prolongados, apresenta vários efeitos específicos nas propriedades neuromusculares - quando comparados a exercícios de curta duração.

BENTLEY et al. (2002) ainda afirmam que o ciclismo pode alterar a mecânica da corrida ou os padrões de recrutamento muscular da corrida subsequente - pelas especificidades características de cada atividade. Para HAUSSWIRTH et al. (1996) o recrutamento de unidades motoras deve ser diferente entre o ciclismo e a corrida, o que pode resultar em diferentes reservas de glicogênio disponíveis no início de uma corrida subsequente. Esse fato pode ser considerado como um dos fatores que justifica a hipótese de que a corrida prolongada induz a maiores níveis de fadiga quando comparada com a corrida do *triathlon* e com a corrida isolada.

Nessa perspectiva, HAUSSWIRTH et al. (2000) afirmam que, sendo o *triathlon* uma prova que envolve três diferentes modalidades desportivas de forma consecutiva, os músculos serão ativados de forma diferenciada. Assim, presume-se que os níveis de fadiga induzidos



pelo *triathlon* sejam menores do que uma prova com mesma duração que envolva apenas uma modalidade esportiva (como por exemplo, uma corrida prolongada).

## 2.2 Fisiologia da Corrida do *Triathlon*

Segundo HUE et al. (1998), o aumento do consumo de oxigênio na corrida do *triathlon* quando comparada à corrida isolada poderia ser relacionado a fatores fisiológicos e/ou biomecânicos. Contudo, destaca-se que outros fatores podem conduzir a esse aumento no consumo de oxigênio, dentre eles: (1) a disponibilidade de substratos energéticos - podemos ter uma mudança no predomínio da energia fornecida pelos carboidratos pela oxidação de gorduras, em exercícios prolongados; (2) a adaptações na termorregulação (hipertermia) e desidratação; (3) a redução da eficiência ventilatória e/ou hipóxia induzida pelo exercício; (4) o nível de desempenho dos triatletas.

Para MARTIN & SANDERSON (2000), o aumento da velocidade de corrida ocorre sistematicamente com o aumento das demandas aeróbicas expressas por unidade de tempo ( $\text{ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).

De acordo com ROWLANDS & DOMNEY (2000), o desempenho em exercícios prolongados é limitado pela capacidade do sistema aeróbico em fornecer um suprimento de energia de forma contínua, o qual será necessário para contração muscular. Dessa forma, podem-se citar pelo menos cinco variáveis fisiológicas que interferem no desempenho do *triathlon*, sendo elas: (1)  $\text{VO}_2$  máx.; (2) limiar de lactato; (3) economia de movimento; (4) utilização do percentual do  $\text{VO}_2$  máx.; e (5) disponibilidade de substratos energéticos.

Para DENGEL et al. (1989), KOHRT et al (1989) e MIURA et al. (1997), a corrida apresenta valores de  $\text{VO}_2$  superiores quando comparados ao  $\text{VO}_2$  obtido na prova de ciclismo, sendo que a natação apresentava valores ainda menores.

HUE et al. (2001) observaram a ocorrência de uma resposta ventilatória significativamente maior (hiperventilação) na corrida subsequente ao ciclismo, quando comparada com a corrida realizada isoladamente. Esse aumento da resposta ventilatória poderia estar associado à sensação de desconforto e diminuição do desempenho na corrida do *triathlon* quando essa é comparada à corrida isolada.

Segundo VITO et al. (1995) o aumento da resposta ventilatória decorrente da fadiga poderia ser justificado por fatores centrais e periféricos que determinam um processo de fadiga muscular relacionado a exercícios de resistência.

Portanto, diferentes exercícios de mesma duração, realizados na mesma intensidade metabólica, podem apresentar diferentes respostas cardiorrespiratórias, devido à especificidade técnica de cada modalidade (BENTLEY et al., 2002). Essa afirmação retoma a idéia de que há inúmeras adaptações específicas inerentes à prática da corrida e do ciclismo, que proporcionam respostas tanto fisiológicas como biomecânicas diferenciadas.

Nesse sentido, KREIDER et al. (1988) compararam as respostas fisiológicas obtidas durante uma sessão de *triathlon* (0,8 km de natação, 40 km de ciclismo e 10 km de corrida), com valores observados em eventos separados, com intensidade de 70% de frequência cardíaca. Sendo o *triathlon* composto por três modalidades consecutivas, foram verificadas respostas cardiovasculares, hemodinâmicas e térmicas diferentes, quando comparados à prática de eventos de ciclismo e corrida isoladamente. A prática de exercícios prévios aumentou a demanda fisiológica das atividades subsequentes, diminuindo, assim, sua economia. Desse fato emerge a necessidade de que atletas estejam mais bem preparados para as últimas modalidades a serem realizadas, sugerindo a realização de um treinamento com atividades sucessivas.

Já HAUSSWIRTH et al. (1998) realizaram um estudo comparando a corrida isolada, a corrida do *triathlon* e a corrida subsequente ao ciclismo utilizando a situação de ciclismo com

*drafting* (CD, zona de baixa pressão). Foi verificada a ocorrência de uma melhora no desempenho para a CD, quando comparado à corrida do *triathlon* – embora a corrida isolada ainda apresentasse maiores índices de desempenho (menor tempo de prova).

MIURA et al. (1997) verificaram a existência de uma relação entre a distância do *Triathlon* Olímpico e o  $VO_2$  durante um teste simulado de laboratório, no qual os atletas trabalharam em 60% do  $VO_2$  máx. Foi encontrado um aumento progressivo dos valores de  $VO_2$  e frequência cardíaca, o qual é provavelmente causado pelo efeito residual da forma de exercício. Isso ocorre porque há um incremento das demandas fisiológicas com o aumento do tempo de exercício. Assim, com o aumento de  $VO_2$  na prova da corrida do *triathlon*, pressupõe-se que haja uma elevação gradual na extração periférica de oxigênio na musculatura ativa. Além disso, um processo de fadiga na última modalidade do *triathlon* pode resultar em um recrutamento de maior número de fibras musculares, levando a uma maior contratilidade muscular; e esse fato induz a uma maior necessidade de oxigênio.

Dessa forma, sugere-se que a habilidade de sustentar um alto percentual de  $VO_2$  máx. individual é um importante fator a ser considerado no desempenho do *triathlon*. Pode-se afirmar que o melhor triatleta será aquele que atingir maiores valores de  $VO_2$  máx.

Para ROWLANDS & DOMNEY (2000), a economia é definida como o consumo de oxigênio necessário para produzir uma taxa específica de potência ou velocidade de movimento. Destaca-se que uma maior amplitude de passada tem sido relacionada a uma maior economia – em termos de consumo de oxigênio e mensuração do lactato sanguíneo.

Para HAUSSWIRTH et al. (2000), a economia na corrida - definida como uma estabilização das demandas aeróbicas ( $VO_2$ ) para uma dada velocidade - parece ser afetada tanto por eventos prévios (como por exemplo, natação e ciclismo), como por fatores fisiológicos e biomecânicos (por exemplo, amplitude da passada).

De acordo com DENGEL et al. (1989), a alta capacidade aeróbica sozinha não assegura o sucesso no *triathlon*, o qual depende substancialmente de outras importantes variáveis fisiológicas. Dessa forma, a economia de movimento e a capacidade de usar a menor fração da capacidade aeróbica para uma mesma carga de trabalho durante exercícios submáximos parecem melhor indicar o sucesso de desempenho para cada uma das modalidades que compõem o *triathlon*.

HAUSSWIRTH et al. (1996) compararam três situações diferentes de corrida, realizadas em uma mesma velocidade: (1) uma prova de 2 h 15 min de *triathlon* (com 45 min de corrida); (2) uma prova de 2 h 15 min de maratona (com 45 min finais na mesma velocidade da prova de *triathlon*); e, (3) 45 min de corrida isolada. Tanto a corrida do *triathlon* como a corrida da maratona diminuíram a economia na corrida – quando comparadas à corrida isolada -, demonstrando que essas alterações são verificadas em exercícios prolongados, independentemente do esporte ser composto por várias modalidades ou por uma modalidade singular. Entretanto, foram encontrados maiores valores de custo energético da maratona, quando comparados à corrida do *triathlon* e a corrida isolada - sendo que foi verificado efeito análogo nos valores obtidos para os parâmetros fisiológicos ( $VO_2$ , ventilação pulmonar, frequência cardíaca). Já a corrida do *triathlon* apresentou maiores valores para os parâmetros fisiológicos, quando comparada à corrida isolada. Portanto, a maior diminuição de economia da corrida foi verificada para a maratona, sendo que essa pode estar associada a uma diminuição na frequência da passada. Dessa forma, a relação entre os parâmetros cinemáticos e de economia do movimento, salientam a importância da seleção adequada de variáveis biomecânicas como a amplitude ou a frequência da passada na otimização do desempenho da corrida.

### 2.3 Algumas Considerações Sobre a Revisão de Literatura

A partir da revisão de literatura foi possível verificar que a corrida no *triathlon* representa a última etapa dessa modalidade esportiva e, portanto, um segmento importante nos resultados finais (DENGEL et al. 1989). Eventos que precedem a corrida podem afetar o desempenho de atletas, influenciando o resultado final. Esses diferentes eventos determinam o que aqui é denominado de diferentes corridas, ou seja, corridas que, por apresentarem diferentes demandas prévias apresentarão características fisiológicas e biomecânicas distintas.

Embora alguns estudos já tenham estabelecido comparações entre as diferentes corridas (corrida do *triathlon*, corrida isolada e corrida prolongada), há escassez de trabalhos que analisem simultaneamente dados cinemáticos, eletromiográficos e fisiológicos, aplicadas às distâncias do *Triathlon* Olímpico. A revisão da literatura específica não revelou a existência de estudos sobre o comportamento da amplitude do sinal EMG durante a corrida do *triathlon*.

Além disso, não foram encontrados na literatura estudos que tivessem avaliado as variáveis cinemáticas, eletromiográficas e fisiológicas em uma situação de competição. Portanto, o presente estudo estabeleceu protocolo com uma situação de competição que permitiu avaliar as variáveis anteriormente descritas com os atletas em situações de desempenho mais próximas de sua condição de prova.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Problema de Pesquisa

Há diferenças nas variáveis cinemáticas, eletromiográficas e no consumo de oxigênio da Corrida no *Triathlon*, quando comparada a Corrida Prolongada e a Corrida Isolada?

#### 3.2 Hipóteses

H1: Na corrida prolongada, a amplitude de passada será menor e a frequência de passada maior, comparada à corrida do *triathlon*. Por sua vez, a corrida do *triathlon* apresentará amplitude de passada menor e frequência de passada maior em relação à corrida isolada.

H2: A amplitude de passada diminuirá ao longo dos 10 km e a frequência de passada aumentará nas diferentes corridas.

H3: O valor RMS médio de todos os músculos será maior na corrida prolongada do que na corrida do *triathlon* e, maior na corrida do *triathlon* do que na corrida isolada.

H4: O valor RMS médio aumentará ao longo dos 10 km nas diferentes corridas.

H5: O  $VO_2$  será maior na corrida prolongada do que na corrida do *triathlon*, e maior na corrida do *triathlon* do que na corrida isolada.

H6: O  $VO_2$  aumentará ao longo dos 10 km nas diferentes corridas.

### **3.3 Definição Operacional das Variáveis**

As variáveis independentes são a corrida do *triathlon*, a corrida isolada e a corrida prolongada. As variáveis dependentes correspondem as variáveis cinemáticas (amplitude da passada e frequência de passada), eletromiográficas (análise do valor RMS do sinal EMG, a partir do sinal elétrico proveniente de contrações dos músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior) e o  $VO_2$ .

### **3.4 População e Amostra**

A população foi de triatletas do sexo masculino, registrados na Federação Gaúcha de *Triathlon*, sendo que a amostra foi composta por nove indivíduos. O critério de inclusão para seleção da amostra foi o segundo limiar ventilatório acima de 80% do  $VO_2$  máx, bem como um tempo de prática de, no mínimo, dois anos na modalidade.

Previamente à realização dos testes, foram fornecidas informações detalhadas a respeito dos procedimentos a serem utilizados na coleta de dados, salientado que o atleta poderia retirar-se da investigação a qualquer momento, se assim desejasse. Foi fornecido um termo de consentimento, no qual o atleta, mediante sua assinatura, concordou com sua participação voluntária nessa pesquisa (anexos 1 e 2). O projeto foi submetido à aprovação pelo Comitê de Pesquisa da Escola de Educação Física, da UFRGS.

Na tabela a seguir são apresentadas algumas características da amostra desse estudo.

**Tabela 1.** Dados antropométricos da amostra.

	Idade	Estatura (m)	Massa (kg)	Tempo de treino (anos)
Média	32	1,76	76,43	5,33
DP	5,87	0,05	6,61	3,28

### 3.5 Caracterização da Pesquisa

Essa pesquisa caracteriza-se por ser do tipo *ex-post-facto*, no modelo descritivo comparativo, com corte transversal.

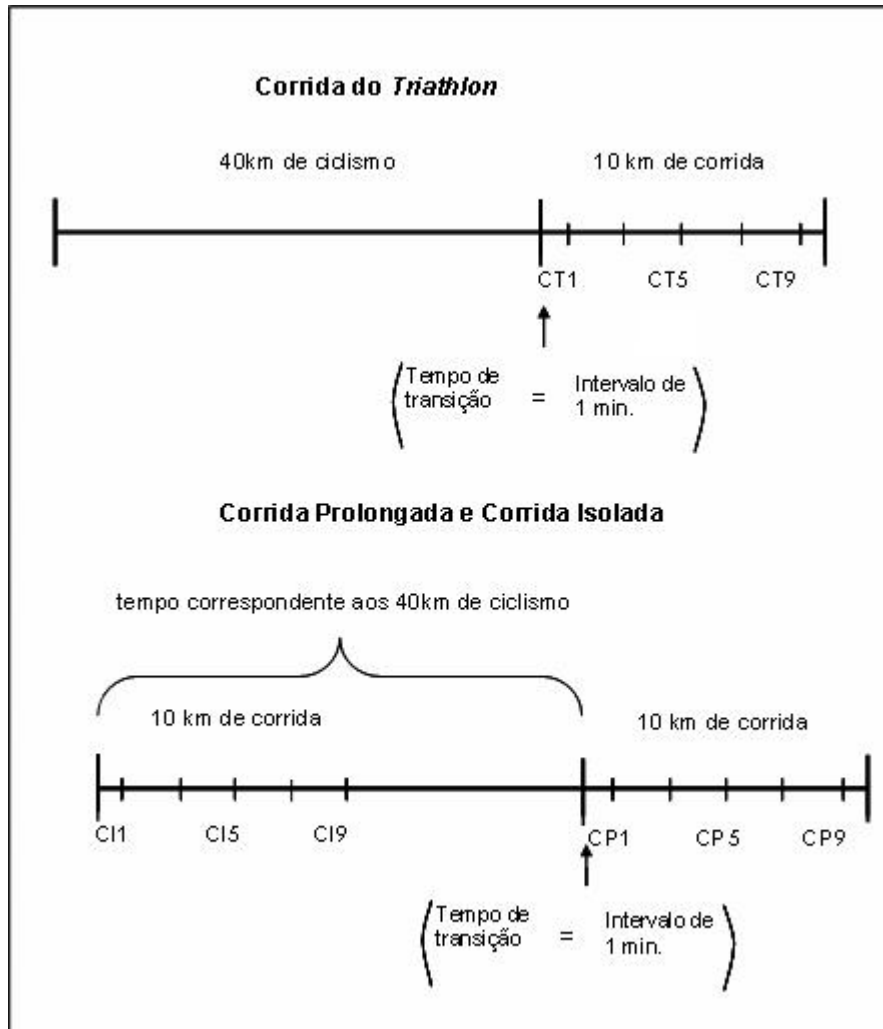
### 3.6 Procedimentos de Aquisição e Processamento

#### 3.6.1 Protocolo de avaliação

Os testes foram realizados em três etapas: (1) teste para obtenção do consumo máximo de oxigênio, realizado na esteira; (2) teste que envolveu a sucessão ciclismo-corrída da prova de *triathlon*, 40 km de ciclismo, seguidos de 10 km de corrida - distâncias oficiais das provas do *Triathlon* Olímpico; (3) teste de corrida prolongada, em que o atleta correu o tempo correspondente aos 40 km de ciclismo somado a 10 km de corrida. Os primeiros 10 km dessa corrida prolongada constituíram a corrida isolada (Figura 1). Todos os testes foram realizados com um intervalo de, no mínimo, 48 horas eles, na tentativa de evitar que a fadiga pudesse



interferir nos resultados. Destaca-se que a viabilidade desse protocolo foi testada previamente (FRAGA et al., 2005).



**Figura 1.** Ilustração do protocolo de teste, sendo apresentadas a Corrida do Triathlon (CT) e a Corrida Prolongada (CP) - nessa última, os primeiros 10 km correspondem a Corrida Isolada (CI). Todas as corridas apresentam três intervalos de coleta dos dados cinemáticos, eletromiográficos e de consumo de oxigênio: 1º, 5º e 9º km.

O primeiro teste foi realizado no intuito de possibilitar posterior comparação com as intensidades obtidas nas corridas, em relação ao  $VO_2$  máx.

A partir dos testes 2 e 3, foi realizada uma análise cinemática, eletromiográfica e do  $VO_2$  em cada uma das três corridas de 10 km, sobre as diferentes situações anteriormente citadas. Dessa forma, os dados foram coletados e analisados a partir de três intervalos: a

primeira coleta, realizada no 1º km; a segunda, no 5º km; e, a terceira, no 9º km. Ressalta-se que o tempo de transição ciclismo-corrída e corrida-corrída foi o menor possível - aproximadamente 1 minuto.

No intuito de simular a intensidade real de prova, tornando essa avaliação a mais fidedigna possível, foi estabelecida uma competição entre os atletas, do tipo “contra-relógio”, na corrida do *triathlon*, para qual foi estabelecida premiação previamente divulgada (anexo 5). A velocidade média obtida nessa corrida foi posteriormente utilizada para padronizar a corrida prolongada – sendo que essa velocidade foi calculada a partir da média da velocidade registrada em cada um dos 10 km da corrida do *triathlon*.

Para o teste que envolveu o ciclismo, foi utilizado um ciclo simulador da marca Cateye, modelo CS1000, o qual permitiu que a avaliação fosse realizada na própria bicicleta do atleta (Figura 2).



**Figura 2.** Utilização do ciclo simulador, adaptado à própria bicicleta de um atleta.

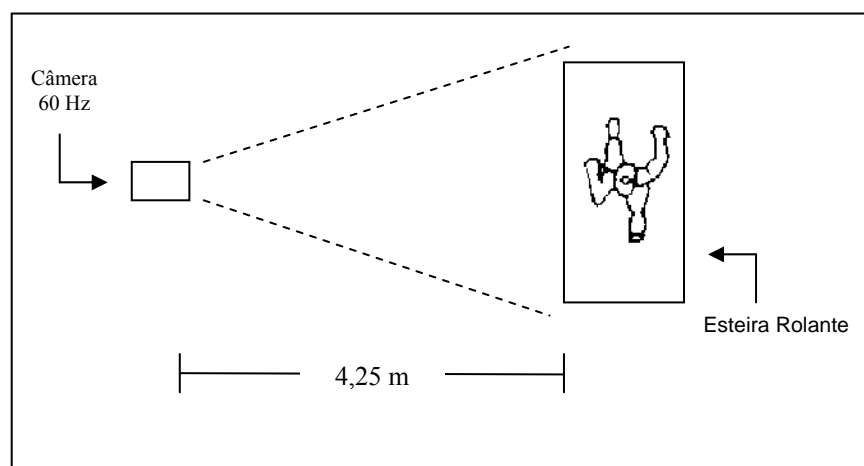
O atleta utilizou os ajustes habituais em sua bicicleta (como por exemplo, altura do selim) de acordo com sua escolha, sem qualquer padronização, para que se criasse uma situação mais aproximada da condição de prova. Destaca-se que a cadência de pedalada também não foi determinada, podendo o atleta escolher sua cadência preferida.

Para avaliação da corrida, foi utilizada uma esteira da marca Quinton (USA).

### 3.6.2 Aquisição dos dados cinemáticos

Para coleta dos dados cinemáticos, foi realizada, em cada intervalo, uma filmagem de um minuto, sendo que foi analisado um total de 10 passadas.

Para tanto, foi utilizado um sistema de cinemetria *Peak Motus* (*Peak Performance, Inc., USA*), em uma análise bidimensional no plano sagital de movimento (cinemetria 2D). Esse sistema inclui equipamentos como uma câmera da marca Pulmix, videocassetes, fitas super VHS, computador e um módulo de sincronismo, que permitiu que os sinais eletromiográficos fossem coletados simultaneamente aos dados cinemáticos. O módulo de sincronismo fornecia um ponto luminoso capturado nas imagens dos dados cinemáticos juntamente um pulso elétrico nos sinais eletromiográficos. A câmera foi posicionada sobre um tripé a uma distância de 4,25 m da esteira, com uma altura de 90 cm, operando com uma frequência de amostragem de 60 Hz (figura 3).



**Figura 3.** Posicionamento da câmera

Uma régua de calibração de um metro de comprimento foi posicionada no início da filmagem, com intuito de definir a escala linear que foi utilizada.

Um marcador reflexivo, com aproximadamente dois cm<sup>2</sup>, foi posicionado no ponto anatômico de referência do calcanhar esquerdo (calcâneo esquerdo).

#### 3.6.2.1 Processamento dos dados cinemáticos

Para a digitalização das imagens, foi utilizado o sistema *Peak Motus* (*Peak Performance, Inc., USA*) - pertencente ao Laboratório de Biomecânica da UFSM - o qual permite o cálculo de coordenadas espaciais do ponto do calcâneo em relação a um referencial inercial, obtendo-se, assim, as variáveis correspondentes à frequência e amplitude da passada.

Após a imagem ser adquirida e digitalizada, os dados foram expostos a um filtro do tipo *Butterwoth* de ordem quatro, adotando-se uma frequência de corte de seis Hz.

Para um total de dez passadas, foram calculados os valores médios referentes à amplitude de passada (expresso em metros) e à frequência de passada (expressa em número de passadas por minuto). Isso permitiu a normalização considerando 100% de um ciclo médio de passada.

#### 3.6.3 Aquisição dos dados eletromiográficos

A coleta do sinal eletromiográfico foi realizada simultaneamente com os dados cinemáticos em três intervalos, para cada corrida analisada. Destaca-se que foi considerado como momento inicial para os dados cinemáticos e eletromiográficos, o primeiro toque do calcanhar no solo, após o pulso de sincronismo.

Os eletrodos foram alinhados longitudinalmente às fibras musculares e fixados sobre a pele que recobria o ventre muscular dos músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral,

gastrocnêmio medial e tibial anterior. O eletrodo de referência foi fixado sobre a pele recobrimdo a face anterior da tíbia.

Para a obtenção do sinal EMG, foi utilizado um computador CELERON 1000 Hz, um conversor análogo-digital de 16 canais CODAS (*Dataq Instruments, Inc., Akron, USA*) e um eletromiógrafo de oito canais BORTEC (Bortec Eletronic Inc., Calgary, Canada) (Figura 4).



**Figura 4.** Sistema de eletromiografia

Para o registro do sinal EMG foram utilizados eletrodos de superfície (Ag/AgCl; adesivo de fixação com diâmetro de 2,2 cm, na configuração bipolar. Os sinais EMG foram obtidos de cada um dos músculos, com uma frequência de 2000 Hz. Foram observadas rigorosamente todas as normas pertinentes ao registro adequado de sinais EMG, como tricotomia, limpeza do local com álcool, colocação dos eletrodos e verificação da impedância (aceita quando inferior a  $5K\Omega$ ), sugeridas por MERLETTI (1999) e recomendados pela Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia (SODERBERG & KNUTSON, 2000).

### 3.6.3.1 Processamento dos dados eletromiográficos

Para o processamento dos sinais EMG foi utilizado o sistema SAD32 de aquisição de dados [(versão 2.61.07mp, 2002) ([www.ufrgs.br/lmm](http://www.ufrgs.br/lmm))]. O sinal EMG foi exposto a um filtro passa-banda do tipo Butterworth de ordem cinco, com frequência de corte de 10 a 500 Hz, e, posteriormente, analisado no domínio do tempo, a partir do cálculo de um envoltório linear, em intervalos de 40 ms (janelamento de Hamming) (NEPTUNE et al., 1997). Foram realizados recortes correspondentes a dez ciclos de passada em cada intervalo de coleta, com início e final registrados a partir dos dados cinemáticos. Uma curva média foi calculada para cada recorte de dez ciclos de passada, a qual foi normalizada no eixo vertical pelos valores de pico (CANDOTTI, 2003). Também foi aplicada uma normalização no eixo horizontal em relação ao ciclo de passada. Dessa forma, os sinais foram expressos em relação ao percentual do ciclo total da passada.

Esse processamento foi realizado mediante a utilização de uma rotina descrita no anexo 3. Para análise da amplitude do sinal EMG, foram extraídos os valores RMS médios.

### 3.6.4 Aquisição dos dados fisiológicos

#### 3.6.4.1 Calibração do ergoespirômetro

O procedimento de calibração foi adotado em todos os dias de coleta de dados. A calibração do ergoespirômetro incluiu procedimentos de calibração do pneumotacógrafo e do analisador de gases. Uma calibração completa foi realizada pelo menos uma vez por dia. Se as condições das coletas de dados fossem alteradas durante o dia por qualquer razão (por

exemplo, alterações consideráveis na temperatura ou falta de energia elétrica), o procedimento completo era repetido.

Procedimentos para calibração:

a) Informação das condições ambientais: antes do início do processo de calibração foram registrados os valores de temperatura ambiente, pressão atmosférica e umidade relativa do ar.

b) Calibração do volume no pneumotacógrafo: inicialmente foi feita eletronicamente pelo sistema a calibração do volume zero no pneumotacógrafo. Nesse intervalo, foi importante assegurar que não houve movimento do ar ou respiração perto do pneumotacógrafo, o que poderia introduzir fluxo. Em seguida, foi realizada a calibração do volume com cinco injeções e ejeções de ar em diferentes velocidades através do pneumotacógrafo com uma seringa de três litros.

c) Calibração do analisador de gases: consiste no ajuste das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> de acordo com as concentrações dos cilindros de referência (21% O<sub>2</sub> e nitrogênio para balanço) e de calibração (12% O<sub>2</sub>, 5,09% CO<sub>2</sub>, e nitrogênio para balanço), da empresa *Air Products*. Por último, foi feita a medida da *phase delay*, ou seja, a diferença de tempo entre a detecção do fluxo pelo pneumotacógrafo, praticamente instantânea, e as medidas das concentrações dos gases pelo analisador.

#### 3.6.4.2 Protocolo para aquisição do consumo máximo de oxigênio

Teste máximo: Antes da realização do teste, os voluntários foram instruídos a realizar um breve alongamento, seguido da colocação do monitor de frequência cardíaca (marca Polar, modelo S610), assim como a máscara de coleta de gases acoplada ao ergoespirômetro.

O teste de carga máxima progressiva foi realizado em esteira da marca *Quinton* (USA), conforme o protocolo adaptado proposto por LUCÍA et al. (2000). O protocolo consistiu de uma carga de exercício inicial de 9 km.h<sup>-1</sup>, com incrementos adicionais de 1 km.h<sup>-1</sup> a cada 1 min até a exaustão, e recuperação a 9 km.h<sup>-1</sup>. O exercício foi interrompido por solicitação do voluntário ou quando houve platô na curva de VO<sub>2</sub>.

Durante todo o teste foi realizada a ergoespirometria computadorizada, de onde foram obtidos o VO<sub>2</sub>, a produção de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>) e a ventilação (VE), e a eletrocardiografia, para a determinação da frequência cardíaca. A partir dos resultados foram determinados os limiares ventilatórios. O VO<sub>2</sub> do primeiro limiar ventilatório (LV<sub>1</sub>) foi determinado a partir do primeiro aumento (ponto de deflexão na curva de incremento) na VE, proporcional ao aumento na produção de CO<sub>2</sub>. Como resultado, o equivalente ventilatório de oxigênio (VE.VO<sub>2</sub><sup>-1</sup>) aumenta sem nenhuma alteração no equivalente ventilatório de CO<sub>2</sub> (VE.VCO<sub>2</sub><sup>-1</sup>). O segundo limiar ventilatório (LV<sub>2</sub>), que representa uma intensidade alta com considerável acúmulo de lactato (a produção excede a metabolização) e é acompanhado por uma hiperventilação em resposta à acidose, foi determinado através do aumento simultâneo no VE.VO<sub>2</sub><sup>-1</sup> e do VE.VCO<sub>2</sub><sup>-1</sup>, enquanto que a pressão expirada de CO<sub>2</sub> (P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>) começa a aumentar. O VO<sub>2</sub> máx foi determinado como o maior valor obtido em períodos de 30 s durante o teste.

#### 3.6.4.3 Protocolo de aquisição do consumo de oxigênio em cada intervalo

Para cada corrida de 10 km analisada, foram coletados os valores referentes ao VO<sub>2</sub> nos intervalos do 1º, 5º e 9º km, logo após a coleta dos dados cinemáticos e eletromiográficos. A fim de evitar o desconforto do uso contínuo da ergoespirometria durante todo teste de 10 km, o atleta posicionou a máscara de oxigênio (que está acoplada ao



ergoespirômetro) em seu rosto, para coleta de gases, por um período de 1 min. O  $\text{VO}_2$  em cada intervalo foi calculado através da média dos valores coletados durante esse período de um minuto, excluindo os valores considerados extremos.

O  $\text{VO}_2$  aqui obtido foi posteriormente relacionado ao  $\text{VO}_2$  máx, o que possibilitou verificar a intensidade de cada teste. Também foi possível estabelecer uma relação entre os dados biomecânicos e os dados fisiológicos, uma vez que esses são coletados quase que simultaneamente.

### 3.7 Análise dos Dados

Inicialmente foram calculados as médias e os desvios padrão para todas as variáveis. A seguir, foi avaliada a normalidade da distribuição dos dados com teste de Shapiro-Wilk. Para os dados que não apresentaram normalidade de distribuição, foi aplicada uma transformada logarítmica (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Foi avaliada, também, a esfericidade dos dados com teste de Mauchly.

Uma ANOVA para medidas repetidas foi realizada em um modelo misto de dois fatores (3X3): três corridas e três intervalos. A fim de identificar as possíveis diferenças significativas, foi aplicado um teste *post-hoc* LSD. Foi verificada, também, a interação entre as corridas e os intervalos.

Para comparar os intervalos específicos da corrida no *triathlon*, foi aplicada uma ANOVA para medidas repetidas de um fator.

Um teste t de *Student* para dados pareados foi aplicado com o intuito de verificar as possíveis diferenças entre o percentual do  $\text{VO}_2$  relativo ao segundo limiar ventilatório e o percentual do  $\text{VO}_2$  em cada corrida e intervalo.

Foi considerado, para todos os cálculos,  $\alpha < 0,05$ . Para a realização do tratamento estatístico foi utilizado o aplicativo SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*), versão 12.0.

O quadro 1, a seguir, resume a análise estatística utilizada neste estudo.

**Quadro 1.** Testes e análises estatísticas, utilizados neste estudo nas diferentes situações e as variáveis analisadas.

<b>Teste e condições</b>	<b>Variáveis</b>
Teste de <i>Shapiro-Wilk</i>	Fisiológicas e biomecânicas em diferentes corridas e intervalos
Transformada logarítmica	Fisiológicas e biomecânicas em diferentes corridas e intervalos.
Teste de Mauchly	Fisiológicas e biomecânicas em diferentes corridas e intervalos
Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas em um modelo misto de dois fatores (3X3)	Fisiológicas e biomecânicas em diferentes corridas e em diferentes intervalos, bem como a interação entre esses fatores
Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas de um fator	Fisiológicas e biomecânicas entre os intervalos da corrida no <i>triathlon</i>
Teste t de <i>Student</i> para dados pareados	% do VO <sub>2</sub> relativo ao 2° limar ventilatório e % do VO <sub>2</sub> em cada corrida e intervalo
Teste <i>post-hoc</i> LSD	Identificar as diferenças indicadas pelas análises de variância

### **3.8 Estudo Piloto**

Com o intuito de testar a metodologia empregada nesse trabalho, foi realizado um estudo piloto, no qual participou um triatleta, do sexo masculino, que, posteriormente, fez parte da amostra oficial.

Os resultados do estudo piloto (FRAGA et al., 2005) permitiram verificar que a metodologia estava de acordo com os objetivos que aqui foram propostos.

## 4 RESULTADOS

Esse capítulo apresenta os resultados na forma de figuras e tabelas. Para tanto, foi estabelecida a seguinte ordem de apresentação: dados gerais ( $\text{VO}_2$  máx e percentual do  $\text{VO}_2$  máx relativo ao segundo limiar ventilatório; dados da velocidade de teste nas corridas); dados cinemáticos (frequência e amplitude de passada); dados eletromiográficos (valor RMS dos músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior); dados do  $\text{VO}_2$ ; e, dados da comparação específica entre os intervalos da corrida no *triathlon*.

Para facilitar a apresentação dos resultados, foram utilizadas as seguintes nomenclaturas: CT (corrida do *triathlon*), CP (corrida prolongada) e CI (corrida isolada), C1 (intervalo no 1º km de corrida), C5 (intervalo no 5º km de corrida) e C9 (intervalo no 9º km de corrida).

Os dados referentes à análise da normalidade de distribuição e de sua esfericidade, para as diferentes corridas e intervalos, são apresentados no anexo 4.

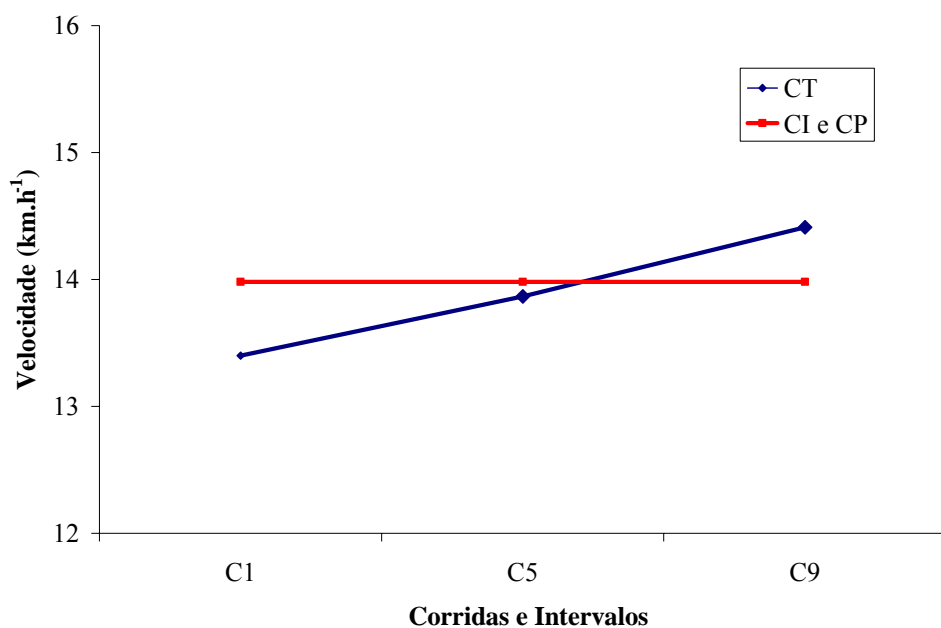
### 4.1 Dados Gerais

A tabela 2 apresenta os dados do  $\text{VO}_2$  máx e do segundo limiar ventilatório para cada atleta, bem como a média e desvio-padrão dos indivíduos avaliados.

**Tabela 2.** Valores individuais, média e desvio-padrão do VO<sub>2</sub> máx e % do VO<sub>2</sub> máx relativo ao 2º limiar ventilatório.

	<b>VO<sub>2</sub> máx (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)</b>	<b>2º LV (%VO<sub>2</sub> máx)</b>
<b>atleta 1</b>	74	84
<b>atleta 2</b>	66	92
<b>atleta 3</b>	58,6	85
<b>atleta 4</b>	59,3	86
<b>atleta 5</b>	60	85
<b>atleta 6</b>	58,5	86
<b>atleta 7</b>	49,6	83
<b>atleta 8</b>	51,6	82
<b>atleta 9</b>	50,2	87
<b>Média</b>	<b>58,64</b>	<b>85,59</b>
<b>DP</b>	<b>7,87</b>	<b>2,94</b>

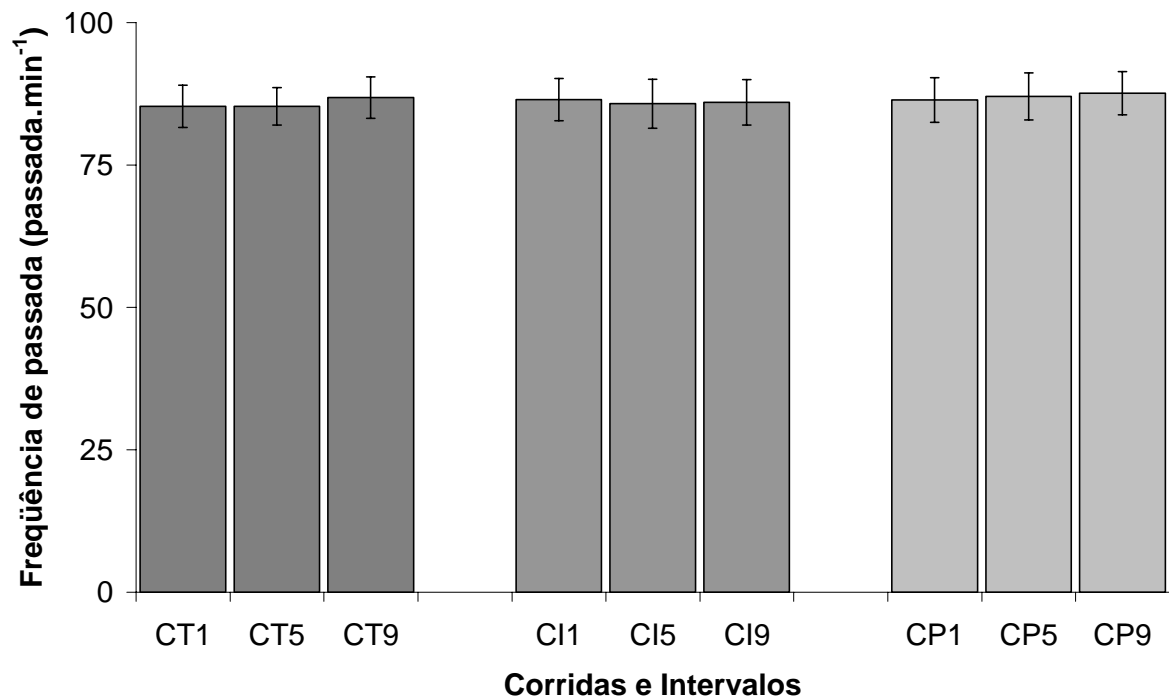
Na figura 6 são apresentados os resultados referentes à velocidade de teste, a qual foi escolhida pelo próprio atleta na corrida do *triathlon*. Essa velocidade é apresentada em cada intervalo da CT, e foi mantida constante nos diferentes intervalos de CI e CP. A figura 7 demonstra que o grupo de triatletas avaliados utilizou uma estratégia de aumento progressivo de velocidade no transcorrer da CT (13,4 km.h<sup>-1</sup>, 13,9 km.h<sup>-1</sup> e 14,4 km.h<sup>-1</sup>, em cada intervalo, respectivamente). Conforme o protocolo proposto, a velocidade deveria ser mantida constante durante a CI e CP (14 km.h<sup>-1</sup>).



**Figura 5.** Velocidade média em cada intervalo de corrida (1º, 5º e 9º km), nas diferentes corridas (CT= Corrida do Triathlon; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada). A velocidade de CP e CI foi normalizada pela velocidade média em CT.

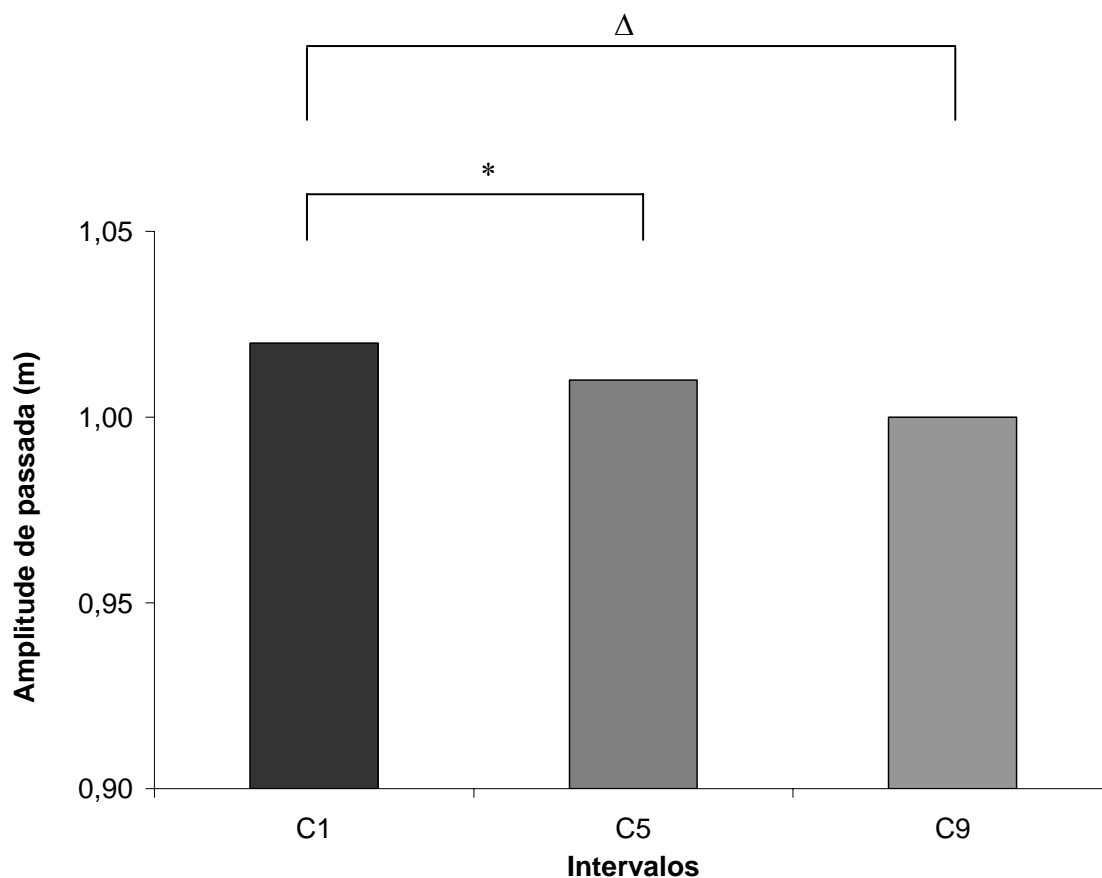
## 4.2 Dados Cinemáticos

Os resultados referentes à comparação dos valores de frequência de passada, nas diferentes corridas e intervalos, são apresentados na figura 7. Não foram encontradas diferenças entre as corridas e intervalos analisados para essa variável.



**Figura 6.** Médias e desvios-padrão da frequência de passada para diferentes corridas (CT= Corrida do *Triathlon*; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km); n = 9 para todas as situações, exceto para CP9, onde n = 8.

Os resultados referentes à comparação dos valores de amplitude de passada, nas diferentes corridas e intervalos, são apresentados na figura 8. Ocorreu uma redução na amplitude de passada entre os intervalos C1 e C5 (do 1° km para o 5° km), e C1 e C9 (do 1° km para o 9° km) para todas as corridas.

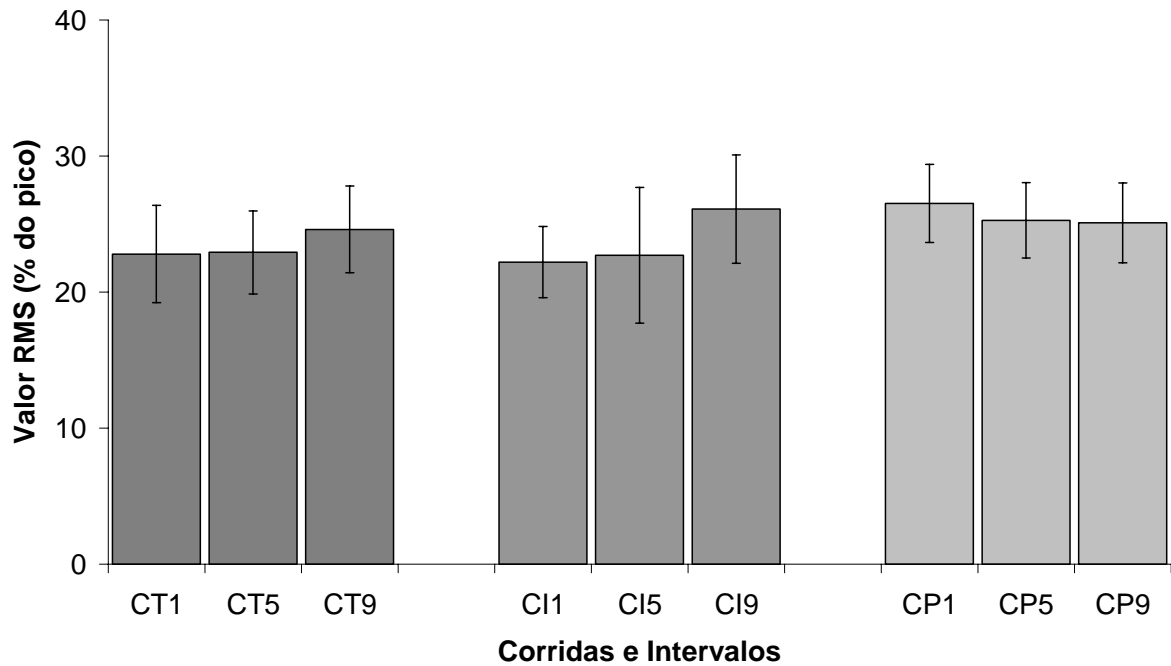


**Figura 7.** Médias da amplitude de passada para os diferentes intervalos 1, 5, 9 (1°, 5° e 9° km). O colchete ([]) indica diferenças significativas: \* ( $p = 0,013$ ) e  $\Delta$  ( $p = 0,036$ );  $n = 9$  para todas as situações, exceto para CP9 onde  $n = 8$ .

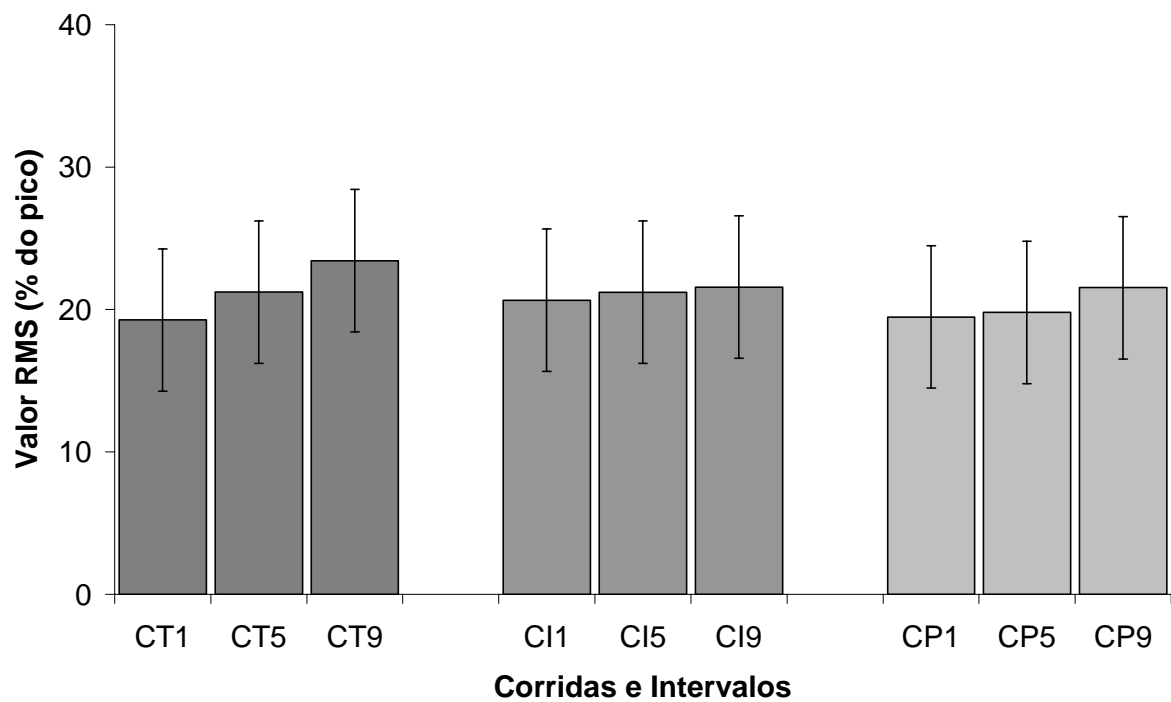
### 4.3 Dados Eletromiográficos

São apresentados nas figuras 9, 10, 11, 12 e 13, os dados referentes à média dos valores RMS do sinal EMG para os músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os valores RMS das diferentes corridas nas comparações respectivas de cada músculo. Foi encontrado um aumento do valor RMS somente entre os intervalos C1 e C9 ( $p = 0,044$ ) no músculo vasto lateral (figura 11).

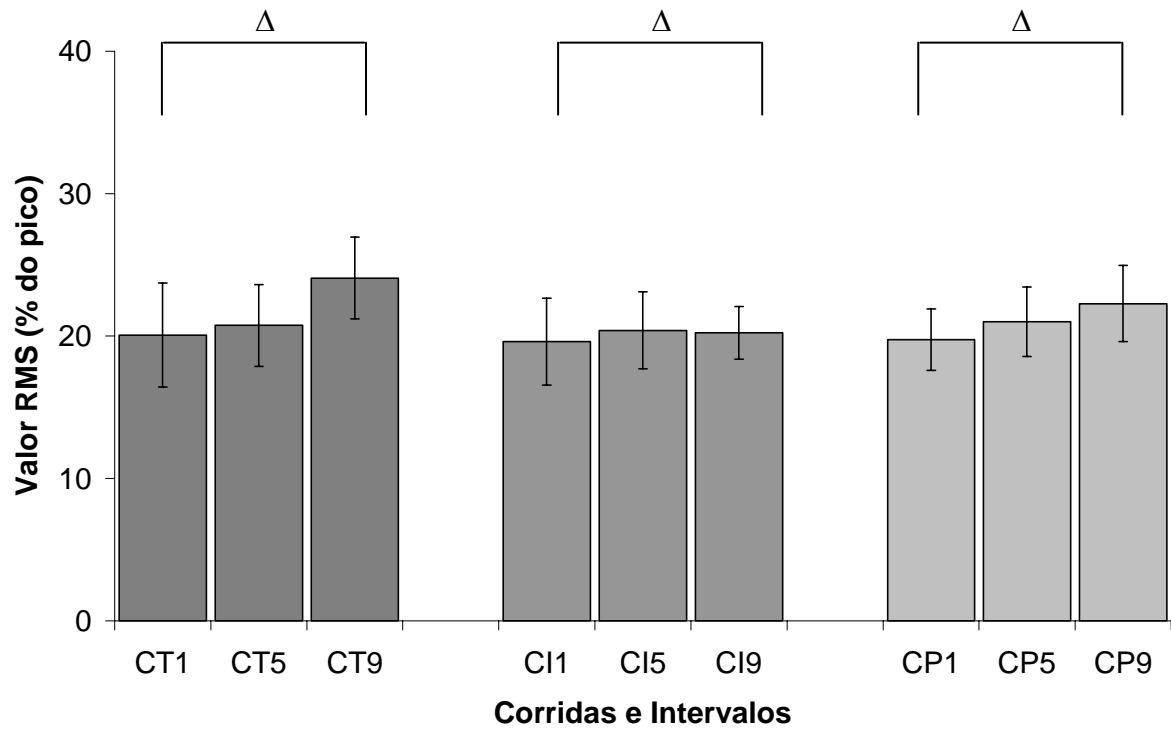




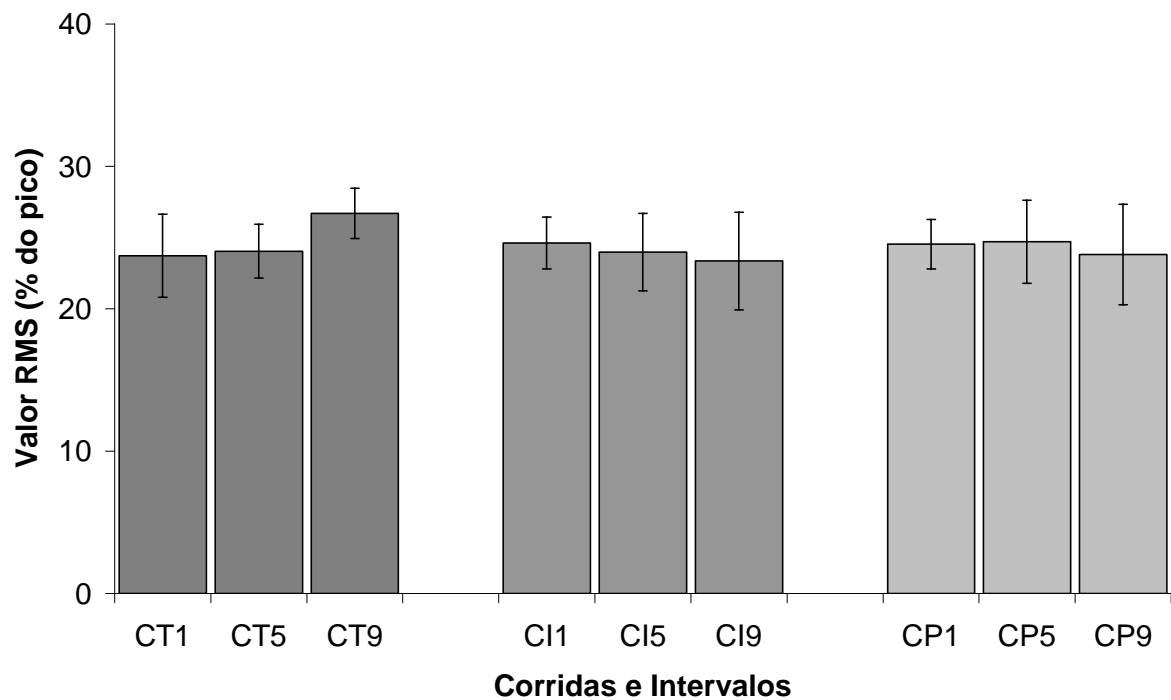
**Figura 8.** Médias e desvio-padrão do valor RMS para o músculo biceps femoral, nas diferentes corridas (CT= Corrida do *Triathlon*; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). CT1, CT2, CT3, CI1, CI2, CI3 e CP1: n = 7; CP2 e CP3 n = 6.



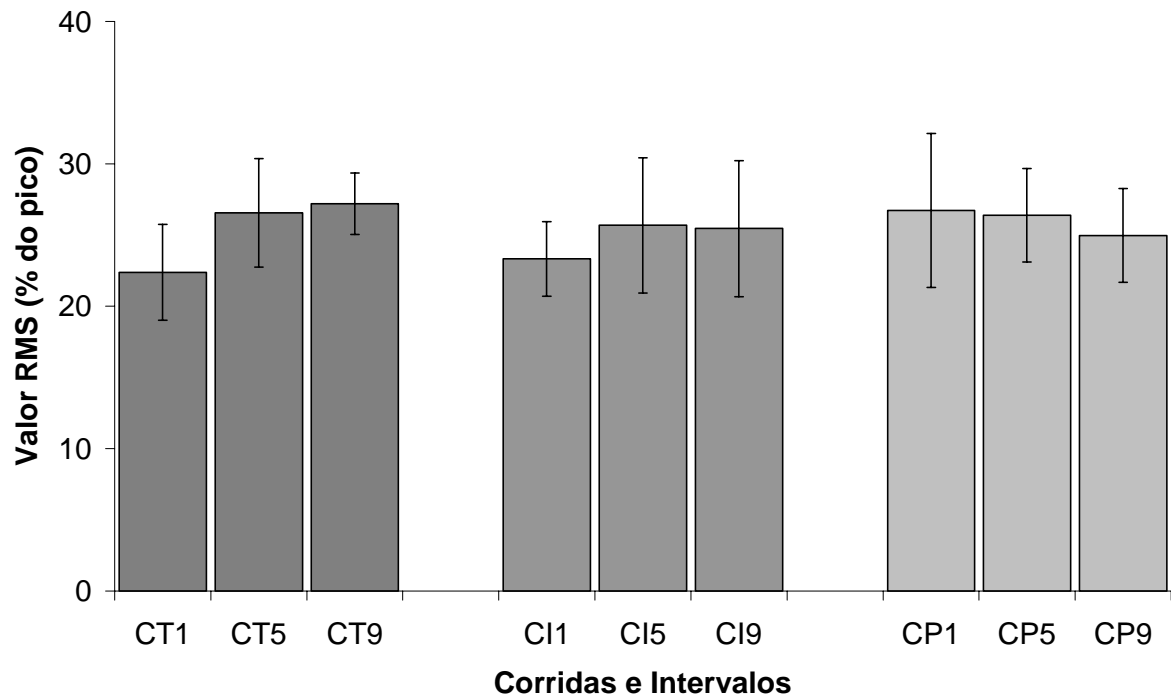
**Figura 9.** Médias e desvios-padrão do valor RMS para o músculo reto femoral, nas diferentes corridas (CT= Corrida do *Triathlon*; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). CT2, CI1, CI2: n = 8; CT1, CT3, CI3, CP1, CP2 e CP3: n = 7.



**Figura 10.** Médias e desvios-padrão do valor RMS para o músculo vasto lateral, nas diferentes corridas (CT= Corrida do *Triathlon*; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). O colchete ([]) indica diferença significativa:  $\Delta$  ( $p=0,044$ ) CI1, CI2, CI3, CP1 e CP2:  $n=9$ ; CT2:  $n=8$ ; CT1, CT3 e CP3:  $n=7$ .



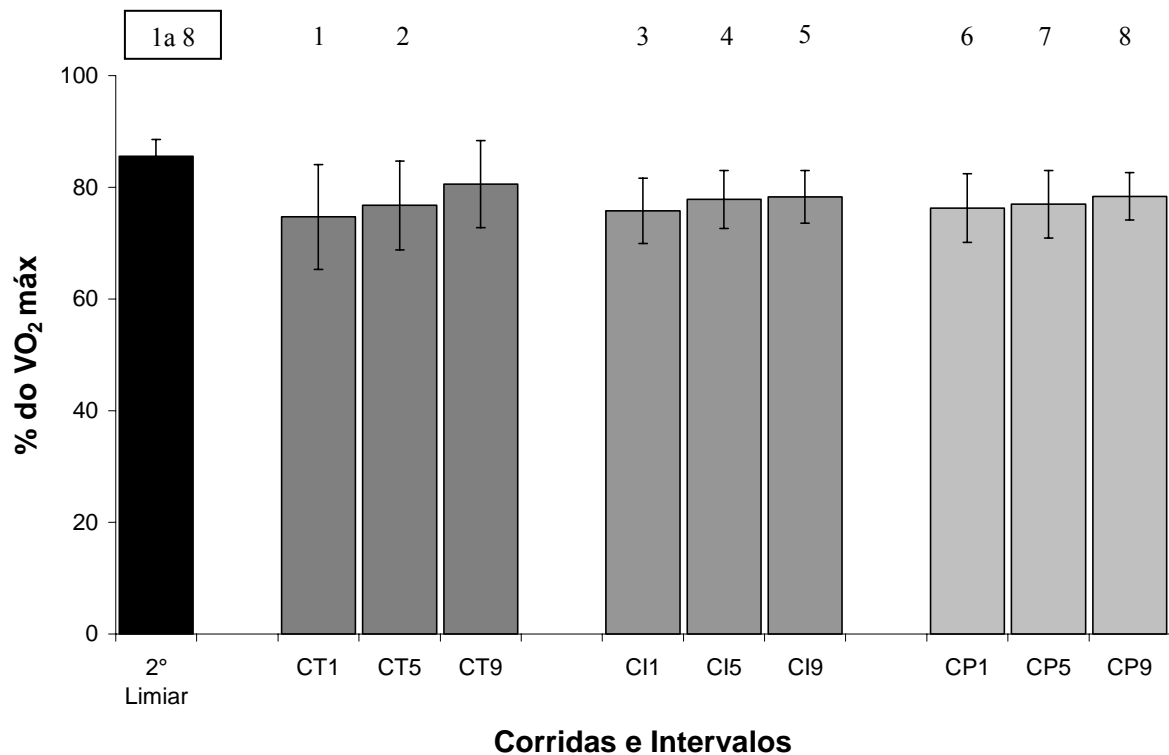
**Figura 11.** Médias e desvios-padrão do valor RMS para o músculo gastrocnêmio medial, nas diferentes corridas (CT= Corrida do *Triathlon*; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). CI1, CI2:  $n=8$ ; CT1, CT3, CI3, CP1, CP2:  $n=7$ ; CT2, CP3  $n=6$ .



**Figura 12.** Médias e desvios-padrão do valor RMS para o músculo tibial anterior, nas diferentes corridas (CT= Corrida do *Triathlon*; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalos 1, 5 e 9 (1<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> e 9<sup>o</sup> km). CI2 e CI3: n = 9; CT2, CI1, CP1 e CP2: n = 8; CT1: n = 6; CT3 e CP3: n = 5.

#### 4.4 Dados Fisiológicos

Na figura 14 são apresentados os valores de média e desvio-padrão do percentual do  $VO_2$  máx para cada corrida e intervalo, bem como do percentual do  $VO_2$  máx para o segundo limiar ventilatório. A análise do percentual do  $VO_2$  máx não indicou diferenças entre as corridas e intervalos. Entretanto, o percentual do  $VO_2$  máx correspondente ao segundo limiar ventilatório foi maior que os percentuais do  $VO_2$  máx. nas diferentes corridas e intervalos, exceto em CT9.



**Figura 13.** Médias e desvios-padrão do percentual do VO<sub>2</sub> máx em cada corrida (CT= Corrida do *Triathlon*; CI = Corrida do Isolada; CP = Corrida Prolongada) e intervalo 1, 5 e 9 (1°, 5° e 9° km). Os números de 1 a 8 indicam diferenças entre o % do VO<sub>2</sub> máx correspondente ao valor de segundo limiar ventilatório e o % do VO<sub>2</sub> máx em cada intervalo; n = 9 para todas as situações, exceto para CP3 (n = 8).

#### 4.5 Comparação Específica Entre os Intervalos da Corrida no *Triathlon*

A análise das variáveis biomecânicas e fisiológicas entre os intervalos da corrida no *triathlon* se torna pertinente, uma vez que esse estudo tem como enfoque a análise dessa corrida específica.

Na tabela 3 são apresentadas as médias e desvios-padrão das variáveis cinemáticas frequência de passada e amplitude de passada. Houve um aumento da frequência de passada do 1° km para o 9° km, e do 5° km para o 9° km. Também foi observado um aumento da amplitude de passada do 1° km para 5° km, e do 1° km para o 9° km.

**Tabela 3:** Médias e desvios-padrão das variáveis frequência e amplitude de passada para CT nos diferentes intervalos (1°, 5° e 9° km). Para frequência de passada, \* e Δ indicam  $p = 0,009$ . Para amplitude de passada \* e Δ indicam  $p = 0,023$ .

	Frequência de passada (passada/min)	Amplitude de passada (metros)
1° km	85,28 ± 3,73 *	1,03 ± 0,21 * Δ
5° km	85,31 ± 3,30 Δ	1,05 ± 0,19 *
9° km	86,81 ± 3,64 * Δ	1,07 ± 0,19 Δ

Na tabela 4 são apresentados os valores de percentual do VO<sub>2</sub> máx em cada intervalo da CT. Na tabela 5 são apresentados os valores RMS para os músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior. Não foram encontradas diferenças para o VO<sub>2</sub> máx e para os valores RMS entre os intervalos analisados.

**Tabela 4:** Médias e desvios-padrão do percentual do VO<sub>2</sub> máx em cada intervalo da CT (1°, 5° e 9° km).

	Percentual do VO <sub>2</sub> máx em cada intervalo de CT
1° km	74,70 ± 9,39
5° km	76,76 ± 7,94
9° km	80,60 ± 7,78

**Tabela 5:** Médias e desvios-padrão dos valores RMS normalizado para os músculos bíceps femoral, reto femoral, vasto lateral, gastrocnêmio medial e tibial anterior, em cada intervalo da CT (1°, 5° e 9° km).

	bíceps femoral	reto femoral	vasto lateral	gastrocnêmio medial	tibial anterior
1° km	22,79 ± 3,57	19,27 ± 6,97	20,07 ± 3,66	23,73 ± 2,91	22,39 ± 3,36
5° km	22,91 ± 3,05	21,23 ± 2,85	20,74 ± 2,87	24,04 ± 1,88	26,56 ± 3,80
9° km	24,6 ± 3,19	23,42 ± 5,78	24,07 ± 2,86	26,7 ± 1,77	27,19 ± 2,16

## 5 DISCUSSÃO

O presente estudo procurou verificar se, no *triathlon*, o ciclismo era capaz de influenciar a corrida subsequente, considerando aspectos cinemáticos, eletromiográficos e o  $VO_2$ . Para tanto, foi estabelecida a comparação entre três corridas - Corrida do *Triathlon*, Corrida Isolada e Corrida Prolongada -, bem como entre três intervalos em cada uma dessas corridas - 1º, 5º e 9º km.

A partir da primeira hipótese desse estudo, era esperado que, na corrida prolongada, a amplitude de passada fosse menor e a frequência de passada maior, comparada à corrida do *triathlon*. Além disso, também era esperado que a corrida do *triathlon* apresentasse amplitude de passada menor e frequência de passada maior em relação à corrida isolada.

Já na hipótese (2), esperava-se que a amplitude de passada diminuísse e a frequência de passada aumentasse ao longo dos 10 km, nas diferentes corridas.

A hipótese (1) foi rejeitada na medida em que não foram encontradas diferenças nas variáveis cinemáticas entre as diferentes corridas (figuras 7 e 8).

Os resultados da figura 8 demonstram uma redução na amplitude de passada de todas as corridas ao longo dos intervalos (do 1º km para o 5º km; e, do 1º km para o 9º km), confirmando parcialmente a hipótese (2). No entanto, não foi demonstrado um aumento na frequência de passada, conforme descrito na hipótese (2), (figura 7).

Esses dados estão de acordo com MARINO & GOEGAN (1993) e ELLIOT & ACKLAND (1981), os quais afirmam que, na análise da fadiga, a amplitude de passada representa um parâmetro mais sensível de mudança quando comparado à frequência de passada.

MARINO & GOEGAN (1993) comparando uma corrida isolada com uma corrida do *triathlon* encontraram significativa diminuição na velocidade na corrida do *triathlon*, sendo

que essa foi acompanhada por diminuição na amplitude de passada (não foi encontrada diferença significativa na frequência de passada). Já, ELLIOT & ACKLAND (1981), analisando a fadiga a partir de quatro estágios de uma corrida de 10 km, perceberam uma diminuição da velocidade da corrida no último estágio, também relacionada a uma redução da amplitude de passada, sendo que a frequência da passada permaneceu relativamente constante.

De acordo com CAVANAGH & KRAM (1990), o aumento da velocidade parece estar associado com a manutenção da frequência de passada de forma aproximadamente constante, o que acarreta necessariamente em um aumento da amplitude de passada.

No que se refere aos dados de ativação elétrica dos diferentes músculos, era esperado que o valor RMS médio de todos os músculos fosse maior na corrida prolongada do que na corrida do *triathlon* e, maior na corrida do *triathlon* do que na corrida isolada (hipótese 3), e que o valor RMS médio aumentasse ao longo dos 10 km nas diferentes corridas (hipótese 4).

Os dados EMG demonstraram que não houve diferença entre os valores RMS das diferentes corridas, rejeitando a hipótese (3). Já o aumento significativo do valor RMS do músculo vasto lateral, do intervalo 1 para o intervalo 9 (1º km para o 9º km), confirmou parcialmente a hipótese (4).

Assim, foi possível constatar uma resposta diferenciada na atuação dos músculos extensores do joelho aqui analisados (reto femoral e vasto lateral). Foi verificada diferença somente para o músculo vasto lateral, que é monoarticular. Nessa perspectiva, SILVA & GONÇALVES (2005), em um estudo envolvendo contrações isométricas, encontraram respostas diferenciadas para o valor RMS nos músculos do quadríceps, sendo que o músculo reto femoral não apresentou predomínio de características de fadiga pelo comportamento do valor RMS, diferentemente do músculo vasto lateral. Para esses autores, isso demonstra que, quando uma sobrecarga é aplicada no grupo muscular do quadríceps femoral com objetivo de

força ou resistência, diferentes respostas decorrentes da fadiga são obtidas entre os músculos superficiais deste grupo.

Especula-se, assim, que existam algumas peculiaridades que diferem a atuação dos músculos monarticulares e biarticulares.

HOF (2001) encontrou diferenças significativas nas ações dos músculos mono e biarticulares, na análise de forças resultantes. Enquanto a linha de ação dos músculos monoarticulares é direcionada de forma aproximadamente longitudinal, os músculos biarticulares podem apresentar considerável componente transversal. Para ENOKA (2000), os músculos monoarticulares teriam importante papel na produção de movimento, enquanto que os músculos biarticulares teriam função de refinar a coordenação do movimento.

KYRÖLÄINEN et al. (2005), afirmam que a maior produção de força na direção ótima para aumento da velocidade de corrida requer aumento da atividade de músculos biarticulares – efeito que não foi encontrado no presente estudo, uma vez que os músculos biarticulares não apresentaram quaisquer diferenças significativas na corrida do *triathlon*.

Para DOORENBOSCH et al. (1995) e VAN INGEN SCHENAU et al. (1994), músculos monoarticulares apresentam importante papel na produção de contrações concêntricas, enquanto que os músculos biarticulares fornecem uma fina regulação da distribuição dos momentos sobre as articulações.

De acordo com DOORENBOSCH et al. (1995) e HANON et al. (2005), músculos monoarticulares seriam responsáveis pela “grosseira” regulação da produção dos momentos, sendo que os biarticulares seriam responsáveis por regulações mais refinadas. Dessa forma, especula-se que a ativação muscular pode ser controlada a partir de um critério de prevalência. Quando uma tarefa requer certa distribuição dos momentos independente do comprimento muscular, os músculos biarticulares são ativados. Por outro lado, quando um



grande trabalho é realizado durante uma tarefa particular, a contribuição dos músculos monoarticulares é mais pronunciada.

Assim, esse aumento da atividade dos músculos monoarticulares em situações mais extenuantes poderia justificar as diferenças encontradas para o músculo vasto lateral.

Como a diferença encontrada para o músculo vasto lateral foi observada entre os intervalos um e três (do 1º km para o 9º km), isso pode sugerir que essa diferença esteja relacionada à instalação de um processo de fadiga muscular, que poderia justificar o aumento da atividade desse músculo.

Esses dados estão de acordo com o estudo de HANON et al. (2005), no qual foi analisada a fadiga na corrida em esteira em diferentes intervalos, verificando-se um aumento significativo dos valores da integral do sinal EMG para o músculo vasto lateral no último intervalo avaliado.

AVOGADRO et al. (2003), relatam um aumento da atividade do músculo vasto lateral quando comparado o período inicial de uma corrida com um período final. Destaca-se que o período inicial foi correspondente ao terceiro minuto de corrida e o período final foi correspondente à coleta realizada antes da exaustão em um protocolo com intensidade constante de 90% do  $VO_2$  máx. Não foram encontradas diferenças significativas entre os demais músculos estudados (bíceps femoral, gastrocnêmio medial e tibial anterior). Nesse contexto, os autores relatam que a inexistência de diferenças significativas entre os demais músculos se justifica na medida em que são realizados ajustes neuromusculares com o objetivo de estabilizar os parâmetros fisiológicos, reduzindo a possibilidade de desenvolvimento de fadiga.

VUORIMAA et al. (2006) verificaram que após corridas intensas foram utilizadas diferentes estratégias de coordenação entre os músculos agonistas e antagonistas extensores do joelho, uma vez que houve redução do sinal EMG dos músculos vasto lateral e vasto

medial, enquanto que não foram encontradas diferenças significativas no sinal EMG do músculo bíceps femoral.

A hipótese (5) desse estudo era que o  $VO_2$  seria maior na corrida prolongada do que na corrida do *triathlon*, e maior na corrida do *triathlon* do que na corrida isolada. Os resultados da figura 14 indicam que não foram verificadas diferenças para  $VO_2$  entre as corridas. Esse resultado contrapõe aqueles encontrados por BENTLEY et al. 2002; HAUSSWIRTH et al. (1996); VITO et al. (1995), os quais indicam que corridas com diferentes atividades prévias apresentariam valores de  $VO_2$  diferenciados.

Nesse sentido, BOUSSANA et al. (2001), mediante a comparação de diferentes sucessões (ciclismo-corrida, corrida-ciclismo), verificaram que o ciclismo é capaz de induzir a maiores índices de fadiga fisiológica do que a corrida. Caso esses resultados fossem aplicáveis ao presente estudo, possivelmente a escolha da velocidade da corrida no *triathlon* estaria sendo capaz de reverter esses efeitos, na medida em que não foram encontradas mudanças no  $VO_2$  após o ciclismo. Isso poderia indicar que os triatletas adotaram padrões de locomoção de acordo com sua própria escolha, de forma a minimizar as alterações no  $VO_2$ .

A hipótese (6) desse estudo era que o  $VO_2$  aumentaria ao longo dos 10 km nas diferentes corridas. Essa hipótese não se confirmou, o que poderia indicar que no transcorrer dos intervalos de corrida, não estariam sendo criadas condições características de fadiga fisiológica.

Entretanto, supõe-se que a explicação para esses resultados esteja relacionada ao fato que a velocidade adotada como constante na corrida isolada e na corrida prolongada, de acordo com o protocolo proposto, foi significativamente menor do que os valores do segundo limiar ventilatório (figura 14).

Nesse sentido, de acordo com HUE et al. (2000), a determinação do segundo limiar ventilatório corresponde à intensidade em que há a demarcação que permite avaliar drásticas

mudanças em diversos sistemas fisiológicos. Essa intensidade tem aplicação na prescrição de intensidade adequada de exercício, predição de desempenho, avaliação e acompanhamento longitudinal de um treinamento.

BAPTISTA et al. (2005), citam que o desempenho de atividades esportivas prolongadas apresenta melhor correlação com o limiar anaeróbico do que com a potência aeróbica máxima. Para HUE et al. (2000), o limiar ventilatório tem sido empregado como melhor preditor de desempenho para a corrida e para o ciclismo quando comparado ao  $VO_2$  máx. Segundo RIBEIRO (1995) e DENADAI (1995), a utilização dos valores de limiar representa o ponto de referência para melhor expressar intensidades de exercícios submáximos.

Dessa forma, como as intensidades correspondentes às velocidades da corrida do *triathlon* e daquela adotada como constante para a corrida isolada e corrida prolongada, foram significativamente menores que o valor do segundo limiar, pressupõe-se que isso possa justificar a inexistência de diferenças significativas no  $VO_2$  entre os intervalos.

Destaca-se, ainda, que não foram encontradas diferenças entre as corridas, para nenhuma variável analisada, o que contraria as hipóteses (1), (3) e (5) desse estudo. Vários estudos têm relatado diferenças entre essas corridas. HUE et al. (1998), a partir da comparação entre uma corrida no *triathlon* e uma corrida isolada, encontraram maior  $VO_2$  em corrida do *triathlon*, sem a presença de alterações cinemáticas. HAUSSWIRTH et al. (1996) verificaram que a corrida prolongada induz a maiores níveis de fadiga quando comparada com a corrida do *triathlon* e a corrida isolada. Segundo KREIDER et al. (1988), a prática de exercícios prévios aumenta a demanda fisiológica das atividades subseqüentes.

A ausência de diferenças significativas entre as corridas analisadas pode estar relacionada a fatores como a história de treinamento dos triatletas avaliados, ou ainda, às

características físicas da amostra. Há evidências de que os efeitos agudos de diferentes corridas dependam do controle desses fatores (VUORIMAA, 2006).

Contudo, o fato dos atletas estarem numa intensidade abaixo dos valores de segundo limiar ventilatório e, conseqüentemente, abaixo da sua capacidade fisiológica, poderia, também, justificar a inexistência de diferenças significativas entre as corridas analisadas.

De acordo com a hipótese (7) desse estudo, na corrida do *triathlon*, as variáveis de  $VO_2$ , valor RMS de todos os músculos analisados e freqüência de passada, aumentariam ao longo dos 10 km, enquanto que a amplitude de passada diminuiria. Essa hipótese foi parcialmente confirmada na medida em que somente a freqüência de passada apresentou aumento no transcorrer dos intervalos. A amplitude de passada apresentou comportamento oposto à hipótese do presente estudo, pois também aumentou no transcorrer da corrida do *triathlon*. Tais aumentos possivelmente caracterizam uma estratégia específica adotada pelos triatletas avaliados, os quais aumentaram sua velocidade de corrida ao longo do teste.

BRISWALTER et al. (2000) e CAVANAGH & KRAM (1990), afirmam que em uma corrida de velocidade ajustada pelo próprio atleta são adotados padrões de locomoção – freqüência e amplitude de passada – com combinações correspondentes aos menores valores de  $VO_2$ . Possivelmente, a diferença das variáveis cinemáticas entre os intervalos da corrida do *triathlon*, representa uma tentativa de controlar o aumento do  $VO_2$  - o que acarretaria maior fadiga fisiológica, nessa corrida em que velocidade foi estabelecida pelos triatletas.

Dessa forma, sugere-se que, quando submetidos à competição do tipo contra-relógio na corrida do *triathlon*, os atletas utilizaram uma estratégia específica para ajustar sua corrida sem modificação dos valores de  $VO_2$ , a qual resultou em modificações cinemáticas entre os intervalos analisados.

O aumento das variáveis cinemáticas também pode estar relacionado à especificidade da corrida desenvolvida em esteira.

Estudos apontam respostas contraditórias na análise do comportamento da frequência e amplitude de passada, em corridas realizadas sobre o solo (TEW, 2005; BUS, 2003).

Todavia, HANON et al. (2005) relatam a existência de poucos estudos analisando aspectos biomecânicos em corridas realizadas em esteira, o que dificulta estabelecer comparações específicas com esse tipo de atividade.

De acordo com CAVANAGH & KRAM (1990), as similaridades entre a corrida realizada na esteira e sobre o solo permanecem controversas. Entretanto, assume-se que vários princípios da corrida realizada em esteira (como por exemplo, a análise de variáveis cinemáticas), poderiam ser aplicados diretamente à corrida realizada sobre o solo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados não demonstraram diferenças significativas entre as diferentes corridas. Esse fato contraria a hipótese inicial desse estudo de que a Corrida Prolongada seria capaz de induzir a maiores índices de fadiga, quando comparada às demais corridas. Entretanto, os resultados encontrados se justificam na medida em que o  $\text{VO}_2$  de teste correspondente à velocidade adotada pelos triatletas durante a Corrida do *Triathlon* e pré-determinada, de acordo com o protocolo proposto, para Corrida Isolada e Corrida Prolongada, manteve-se abaixo do  $\text{VO}_2$  relativo ao segundo limiar ventilatório.

Foi demonstrada diferença significativa entre os intervalos para a amplitude de passada e para o valor RMS do músculo vasto lateral. A amplitude de passada apresentou diminuição entre os intervalos do 1º km e do 5º km e, entre os intervalos do 1º km e do 9º km. Já o músculo vasto lateral apresentou aumento do valor RMS dos intervalos do 1º km para o intervalo do 9º km.

A partir da análise entre os intervalos específicos da corrida do *triathlon*, foi encontrado aumento das variáveis cinemáticas de frequência e amplitude de passada. Esses resultados também confirmam parcialmente a hipótese inicial desse estudo em relação às variáveis cinemáticas, visto que era esperada uma diminuição da amplitude de passada para compensar o aumento da frequência de passada.

## 7 PERSPECTIVAS

Na tentativa de ampliar o entendimento acerca dos resultados aqui mencionados, será realizada uma análise cinemática mais completa, na qual serão verificados ângulos articulares do tornozelo, joelho e quadril, bem como a trajetória dos pontos representativos dos centros articulares. Na medida em que esses dados ainda não foram explorados, embora esses já tivessem sido coletados, sua análise representará uma importante ferramenta no intuito de melhor esclarecer os resultados aqui encontrados.

Será realizada uma análise complementar dos dados do sinal EMG, procurando verificar outros aspectos como períodos de ativação e, até mesmo, uma análise no domínio da frequência.

Pretende-se, também, estender esse protocolo a um número maior de atletas em diferentes períodos de treinamento, para uma determinada competição. De acordo com alguns técnicos e atletas, isso contribuiria para adequada avaliação do desempenho em cada fase específica do treinamento.

Para tanto, almeja-se determinar a intensidade de teste por meio de uma normalização fisiológica, com valores de  $VO_2$  correspondentes ao segundo limiar ventilatório. Dessa forma, poderemos verificar o comportamento das variáveis aqui analisadas mediante maiores intensidades fisiológicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVOGADRO, P.; DOLENEC, A. & BELLI, A. Changes in mechanical work during severe exhausting running. **European Journal Applied Physiology**. 90:165-170, 2003.

BAPTISTA, R.R.; OLIVEIRA, L.G.; FIGUEIREDO, G.B.; CONTIERI, J.R.; LOSS, J.F. & OLIVEIRA, A.R. Limiar de lactato em remadores: comparação entre dois métodos de determinação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 11(4): 247-250, 2005.

BASMAJIAN, J.V. & DE LUCA, C.J. **Muscle Alive: Their Functions Revealed by Electromyography**. 5<sup>o</sup> ed, 1985.

BENTLEY, D.J.; MILLET, G.P., VLECK, V.E; MCNAUGHTON, L.R. Specific Aspects of Contemporary *Triathlon*. **Sports Medicine**. 32 (7): 1-15, 2002.

BOUSSANA, A., MATECKI, S.; GALY, O.; HUE, O.; RAMONATXO, M. & GALLAIS, D. The effect of exercise modality on respiratory muscle performance in triathletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 33 (12): 2036-2043, 2001.

BRISWALTER, J.; HAUSSWIRTH, C; SMITH, D; VERCRUYSEN, F. & VALLIER, J.M. Energetically optimal cadence vs. freely-chosen cadence during cycling: effect of exercise duration. **Int. J. Sports Med**. 21: 60-64, 2000.



BUS, S.A. Ground reaction forces and kinematics in distance running in older-aged men.

**Medicine & Science in Sports & Exercise.** 35 (7): 1167-1175, 2003.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: princípios e aplicações.** Porto Alegre:

Artmed, 2003.

CANDOTTI, C. T. Características Fisiológicas e Biomecânicas da pedalada de ciclistas e

triatletas. *Tese de Doutorado.* PPGCMH - Universidade Federal do Rio Grande do Sul –

UFRGS, 2003.

CAVANAGH, P.R. & KRAM, R. Stride length in distance running: velocity, body

dimensions, and added mass effects. In: **Biomechanics of distance running.** Human Kinetics

Books, 1990.

CAVANAGH, P.R. **The running shoe book.** Anderson World, Inc. Mountain View, C.A.,

1980.

DENADAI, B.S. Limiar anaeróbico: considerações fisiológicas e metodológicas. **Revista**

**Brasileira de Atividade Física e Saúde.** 1 (2): 74-88, 1995.

DENGEL, D.R.; FLYNN, M.G.; COSTILL, D. L.; KIRWAN, J.P. Determinants of Success

During *Triathlon* Competition. **Research Quarterly for Exercise and Sport.** 60(3): 234-238,

1989.

DORRENBOSH, C.A.M. & SCHENAU, G. J. I. The role of mono-and bi-articular muscles during contact control leg tasks in man. **Human Movement Science**. 14: 279-300, 1995.

ELLIOT, B.; ACKLAND, T. Biomechanical Effects of Fatigue on 10.000 Meter Running Technique. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. 52(2): 160-166, 1981.

ENOKA, R M. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia**. Ed. Manole, 2ª ed., 2000.

FRAGA, C.H.W.; BLOEDOW, L.S.; CARPES, F.; TARTARUGA, L.A.P.; TARTARUGA, M. P.; FOLLMER, B.; OLIVEIRA, A.R.; GUIMARÃES, A.C.S. Proposta metodológica para verificar a influência do ciclismo nos aspectos cinemáticos na corrida do *triathlon*. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Biomecânica**, 2005.

GOTTSCHALL, J.S.; PALMER, B.M. The acute effects of prior cycling cadence on running performance and kinematics. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 34 (9): 1518-1522, 2002.

GUIDETTI, L.; RIVELLINI, G. & FIGURA, F. EMG patterns during running: intra- and inter-individual variability. **J. Electromyogr. Kinesiol**. 13 (1): 37-48, 1996.

HANON, C.; THÉPAUT-MATHIEU, C. & VANDEWALLE, H. Determination of muscular fatigue in elite runners. **European Journal Applied Physiology**. 94: 118-125, 2005.

HAUSSWIRTH, C; BRISSWALTER, J; VALLIER, J M; SMITH, D. & LEPERS, R. Evolution of electromyographic signal, running economy and perceived exertion during different prolonged exercises. **Int. J. Sports Med.** 21:429-436, 2000.

HAUSSWIRTH, C.; LEHÉNAFF, D.; DRÉANO, P. & SAVONEN, K. Effects of cycling alone or in a sheltered position on subsequent running performance during a *triathlon*. **Medicine & Science in Sports & Exercise.** 31(4): 599-604, 1998.

HAUSSWIRTH, C; BIGARD, A.X; BERTHELOT, M.; THOMAIDIS, C. & GUEZENNEC, C.Y. Variability in energy cost of running at the end of a *triathlon* and a marathon. **Journal Sports Medicine.** 17: 572-579, 1996.

HAY, J.G. **Biomecânica das técnicas desportivas.** Ed. Interamericana, 2ed, Rio de Janeiro, 1981.

HOF, A.L. The force resulting from the action of mono- and biarticular muscles in a limb. **Journal of Biomechanics.** 34: 1085-1089, 2001.

HUE, O.; GALLAIS, D. LE & PRÉFAUT, C. Specific pulmonary responses during the cycle-run succession in triathletes. **Scand J Med Sci Sports.** pp. 1-7, 2001.

HUE, O.; GALLAIS, D. LE; CHOLLET, D. & PRÉFAUT C. Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake in present triathletes. **Can. J. Appl. Physiol.** 25(2): 102-113, 2000.

HUE, O.; LE GALLAIS, D.; CHOLLET, D.; BOUSSANA, A.; PRÉFAUT, C. The influence of prior cycling on biomechanical and cardiorespiratory response profiles during running in triathletes. **European Journal Applied Physiology**. 77: 98-105, 1998.

KOVRT, W.M.; O'CONNOR, J.S. & SKINNER, J.S. Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 21(5): 569- 575, 1989.

KOMI, P.V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of Biomechanics**. 33: 1197-1206, 2000.

KOLLMITZER, J.; EBENBICHLER, G.R. & KOPF, A. Reliability of surface electromyographic measurements. **Clinical Neurophysiology**. 110: 725-734, 1999.

KREIDER, R.B.; BOONE, T; THOMPSON, W.R.; BURKES, S. & CORTES, C.W. Cardiovascular and thermal responses of *triathlon* performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 20 (4): 385-390, 1988.

KYRÖLÄINEN, H.; AVELA, J. & KOMI, P.V. Changes in muscle activity with increasing running speed. **Journal of Sports Sciences**. 23 (10): 1101-1109, 2005.

LEPERS, R.; HAUSSWIRTH, C.; MAFFIULETTI, N.; BRISSWALTER, J. & VAN HOECKE, J. Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 32 (11): 1880-1886, 2000.

LEPERS, R.; BRENIÈRE, Y. & MATON, B. Changes to the gait initiation programme following a running exercise in human subjects. **Neuroscience Letters**, 260: 69-73, 1999.

LUCIA, A., SANCHÉZ, O., CARVAJAL, A., CHICHARRO, J.L. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. **Br. J. Sports Med.** 33: 178-185, 1999.

MARINO, G.W. & GOEGAN, J. Work-energy analysis of triathletes running under bike/run and run only conditions in HAMILL, J.; DERRICK, T.R. & ELLIOT, E.H. (eds.) **Biomechanics in Sport XI**. Amherst: Proceeding of the XIth Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport, 86-89, 1993.

MARTIN, P.E. & SANDERSON, D.J., Biomechanics of walking and running. in GARRET, W. E. & KIRKENDAL, D. (eds.) **Exercise and Sport Science**. Philadelphia: Lippincot Willians & Wilkins, 639-659, 2000.

MERLETTI, R. Standards for reporting EMG data. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 7: 1-2, 1997.

MILLET, G.Y. & LEPERS, R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. **Sports Medicine**. 34 (2): 105-116, 2004.

MILLET, G.Y.; LEPERS, R.; MAFFIULETTI, N.A.; BABAULT, N.; MARTIN, V. & LATTIER, G. Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon. **Journal Applied Physiology**. 92: 486-492, 2002.

MILLET, G.P.; VLECK, V.E. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic *triathlon*: review and practical recommendations for training. **Br. J. Sports Med.** 34: 384-390, 2000.

MIURA, H.; KITAGAWA, K.; ISHIKO, T. Economy During a Simulated Laboratory Test *Triathlon* is Highly Related to Olympic Distance *Triathlon*. **Journal Sports Medicine.** 18: 276-280, 1997.

NEPTUNE, R.R.; KAUTZ, S.A.; HULL, M.L. The effect of pedaling rate on coordination in cycling. **Journal of Biomechanics.** 30: 1051-1058, 1997.

PECHAR, G.S.; McARDLE, W.D.; KATCH, FI; MAGEL, JR & DE LUCA, J. Specificity of cardiorespiratory adaptation to bicycle and treadmill training. **Journal of Applied Physiology.** 36(6), 1974.

RIBEIRO, P. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metodológicos. **Arq. Bras. Cardiol.** 64(2), 1995.

ROWLANDS, D.S; DOMNEY, B. **Physiology of Triathlon. Exercise and Sport Science** (chapter 59): 919-939. Philadelphia, 2000.

SCHABORT, E.J.; KILLIAN, S.C.; GIBSON, A. ST. C.; HAWLEY, J.A. & NOAKES, T.D. Prediction of *triathlon* race time from laboratory testing in national triathletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise.** 32 (4): 844-849, 2000.

SILVA, SRD E GONÇALVES, M Comportamento de variáveis eletromiográficas em teste isométrico fadigante. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Biomecânica*, 2005.

SODERBERG, G.L. & KNUTSON, L.M. A guide for use and interpretation of kinesiology electromyographic data. *Physical Therapy*. 80(5): 485-498, 2000.

TEW, G.A. The effect of cycling cadence on subsequent 10 km running performance in well-trained triathletes. *Journal of Sports Sciences and Medicine*. 4: 342-353, 2005.

VAN INGEN SCHENAU, G.J.I.; PRATT, C.A. & MACPHERSON, J.M. Differential use and control of mono- and biarticular muscles. *Human Movement Science*. 13: 495-517, 1994.

VITO, G. De; BERNARDI, M.; SPROVIERO, E.; FIGURA, F. Decrease of Endurance Performance During Olympic *Triathlon*. *Journal Sports Medicine*. 16: 24-28, 1995.

VUORIMAA, T.; VIRLANDER, R.; KURKILAHTI, P.; VASANKARI, T. & HÄKKINEN, K. *European Journal Applied Physiology*. 96: 282-291, 2006.

**ANEXO 1**



## **TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO**

Você está sendo convidado a participar de um estudo sobre o desempenho da corrida no *triathlon*, o qual pretende verificar se há influências do ciclismo no desempenho da corrida subsequente. Neste sentido, pedimos que você leia este documento e esclareça suas dúvidas antes de consentir, com sua assinatura, sua participação neste estudo.

### **Objetivo do Estudo:**

Verificar a influência do ciclismo na corrida do *triathlon* a partir da análise do consumo de oxigênio, do padrão de passada (frequência de passada e amplitude da passada) e da ativação muscular.

### **Procedimentos:**

- Participar de uma avaliação do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx.), no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola de Educação Física da UFRGS, realizada em esteira, no seu próprio ritmo, até a exaustão ou até o  $VO_2$  atingir um platô. Essa avaliação permitirá o cálculo do seu limiar ventilatório, bem como correlacionar o consumo máximo com as intensidades dos testes que serão realizados posteriormente.
- Participar de duas avaliações: (1) teste que envolverá a sucessão ciclismo-corrida da prova de *triathlon*, com 40 km de ciclismo, seguidos por 10 km de corrida; e, (2) teste de corrida prolongada, em que você deverá correr o tempo correspondente ao ciclismo (obtido no teste anterior), seguidos de mais 10 km de corrida. Durante esses testes, estarão sendo coletados (a) dados obtidos através da filmagem, (b) dados de eletromiografia dos músculos do membro inferior direito (reto femoral, vasto lateral, bíceps femoral, gastrocnêmio medial e tibial anterior) e, (c) o consumo de oxigênio. Destaca-se que essas avaliações também serão realizadas no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola de Educação Física da UFRGS.
- As avaliações serão realizadas com o intervalo mínimo de 48 horas entre elas.

### **Riscos e Benefícios do Estudo:**

Primeiro: Nenhuma das etapas da avaliação oferece nenhum risco à sua saúde, tão pouco o expõe a situações constrangedoras.

Segundo: Cada indivíduo receberá um relatório com os resultados de suas avaliações, que poderá beneficiar os atletas em seus treinos.

Terceiro: Este estudo poderá contribuir no entendimento científico dos problemas relacionados com a transição ciclismo-corrída, no *triathlon*.

Quarto: No segundo dia de teste (avaliação da sucessão ciclismo-corrída), será estabelecida uma competição do tipo contra-relógio, em que o atleta disputará uma premiação previamente divulgada.

### **Confidencialidade:**

Ficará resguardado ao pesquisador responsável e protegidas de revelação não autorizada o uso das informações recolhidas.

Os treinadores e técnicos dos atletas envolvidos receberão um relatório das avaliações realizadas.

### **Voluntariedade:**

A recusa do indivíduo em participar do estudo será sempre respeitada, possibilitando que seja interrompido a rotina de avaliações a qualquer momento, a critério do indivíduo participante.

### **Novas informações:**

A qualquer momento os indivíduos e os treinadores e/ou técnicos poderão requisitar informações esclarecedoras sobre o estudo, através de contato com o pesquisador.

Os treinadores e/ou técnicos poderão acompanhar a realização das avaliações, se assim preferirem.

### **Contatos e Questões:**

Prof.a. Carina Helena Wasem Fraga.

(51) 3316-5859 Celular - 91975287

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano.

Rua Felizardo, 750 – Bairro Jardim Botânico / POA – RS.

Orientador: Dr. Antônio Carlos Stringhini Guimarães.

---

---

**DECLARAÇÃO**

Eu \_\_\_\_\_ tendo lido as informações oferecidas anteriormente, e tendo sido esclarecido das questões referentes ao estudo, concordo em participar livremente do presente estudo.

**Assinatura** \_\_\_\_\_ **Data** \_\_\_\_\_

**ANEXO 2**

## Questionário para cadastramento dos dados:

1. Nome: \_\_\_\_\_
2. Idade: \_\_\_\_\_
3. Tempo de prática no *triathlon*: \_\_\_\_\_
4. Frequência de treino por semana (em horas): \_\_\_\_\_
5. Frequência de treino por semana em corrida (em horas): \_\_\_\_\_
6. Quantas competições participou no último ano? Quais? Qual a classificação?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. Qual a sua especificidade de treinamento?  
  
Triathlon       short  
                   olímpico  
                   longa distância
8. Você sente dor após os treinos?  não     sim, onde?  
 costas     joelho     coxa     tornozelo     cervical     panturrilha  
 outra \_\_\_\_\_
9. Você já ficou afastado dos treinos devido alguma lesão?  sim     não  
Qual? \_\_\_\_\_

**ANEXO 3**

**Rotinas de processamento do sinal EMG, utilizadas no sistema SAD32:**

Primeira rotina de processamento do sinal EMG, para obtenção dos valores de pico, utilizada para normalização no eixo vertical.

```
//tibial
//gastroc
//biceps
//reto femoral
//vasto
//gluteo
//sinc

NomeCurva (0, "Tibial");
NomeCurva (1, "Gastroc");
NomeCurva (2, "Biceps");
NomeCurva (3, "Reto");
NomeCurva (4, "Vasto");
NomeCurva (5, "Gluteo");
NomeCurva (6, "Sinc");

RemoveDC (0..5);

RecortaX (0..5, 26, 33.7);
ApagaCurva (5..0);

FiltroButterworth_FFT (1..6, 10, 500, 5);
ApagaCurva (6..1);

EnvelopeRMS (1..6, 80, Hamming);
ApagaCurva (6..1);
```

Rotina completa de processamento do sinal EMG:

```
//tibial
//gastroc
//biceps
```

```
//reto femoral
//vasto
//gluteo
//sinc

NomeCurva (0, "Tibial");
NomeCurva (1, "Gastroc");
NomeCurva (2, "Biceps");
NomeCurva (3, "Reto");
NomeCurva (4, "Vasto");
NomeCurva (5, "Gluteo");
NomeCurva (6, "Sinc");

RemoveDC (0..5);

RecortaX (0..5, 26, 33.7);
ApagaCurva (5..0);

FiltroButterworth_FFT (1..6, 10, 500, 5);
ApagaCurva (6..1);

EnvelopeRMS (1..6, 80, Hamming);
ApagaCurva (6..1);

EscalaY (1, 461.6805);
EscalaY (2, 670.2412);
EscalaY (3, 330.1419);
EscalaY (4, 632.1112);
EscalaY (5, 697.8367);
EscalaY (6, 619.5786);

RecortaX (1, 26, 26.7);
RecortaX (1, 27.4, 28.1);
RecortaX (1, 28.1, 28.8);
RecortaX (1, 28.8, 29.5);
RecortaX (1, 29.5, 30.2);
RecortaX (1, 30.2, 30.9);
RecortaX (1, 30.9, 31.6);
RecortaX (1, 31.6, 32.3);
RecortaX (1, 32.3, 33);
RecortaX (1, 33, 33.7);
```



RecortaX (2, 26, 26.7);  
RecortaX (2, 27.4, 28.1);  
RecortaX (2, 28.1, 28.8);  
RecortaX (2, 28.8, 29.5);  
RecortaX (2, 29.5, 30.2);  
RecortaX (2, 30.2, 30.9);  
RecortaX (2, 30.9, 31.6);  
RecortaX (2, 31.6, 32.3);  
RecortaX (2, 32.3, 33);  
RecortaX (2, 33, 33.7);

RecortaX (3, 26, 26.7);  
RecortaX (3, 27.4, 28.1);  
RecortaX (3, 28.1, 28.8);  
RecortaX (3, 28.8, 29.5);  
RecortaX (3, 29.5, 30.2);  
RecortaX (3, 30.2, 30.9);  
RecortaX (3, 30.9, 31.6);  
RecortaX (3, 31.6, 32.3);  
RecortaX (3, 32.3, 33);  
RecortaX (3, 33, 33.7);

RecortaX (4, 26, 26.7);  
RecortaX (4, 27.4, 28.1);  
RecortaX (4, 28.1, 28.8);  
RecortaX (4, 28.8, 29.5);  
RecortaX (4, 29.5, 30.2);  
RecortaX (4, 30.2, 30.9);  
RecortaX (4, 30.9, 31.6);  
RecortaX (4, 31.6, 32.3);  
RecortaX (4, 32.3, 33);  
RecortaX (4, 33, 33.7);

RecortaX (5, 26, 26.7);  
RecortaX (5, 27.4, 28.1);  
RecortaX (5, 28.1, 28.8);  
RecortaX (5, 28.8, 29.5);  
RecortaX (5, 29.5, 30.2);  
RecortaX (5, 30.2, 30.9);  
RecortaX (5, 30.9, 31.6);

RecortaX (5, 31.6, 32.3);

RecortaX (5, 32.3, 33);

RecortaX (5, 33, 33.7);

RecortaX (6, 26, 26.7);

RecortaX (6, 27.4, 28.1);

RecortaX (6, 28.1, 28.8);

RecortaX (6, 28.8, 29.5);

RecortaX (6, 29.5, 30.2);

RecortaX (6, 30.2, 30.9);

RecortaX (6, 30.9, 31.6);

RecortaX (6, 31.6, 32.3);

RecortaX (6, 32.3, 33);

RecortaX (6, 33, 33.7);

NormalizaX (7..66);

ApagaCurva (66..7);

CompoePeriodos (7..16);

CompoePeriodos (17..26);

CompoePeriodos (27..36);

CompoePeriodos (37..46);

CompoePeriodos (47..56);

CompoePeriodos (57..66);

ApagaCurva (66..7);

NomeCurva (7, "TibialM");

NomeCurva (8, "Tibial DP");

NomeCurva (9, "GastrocM");

NomeCurva (10, "Gastroc DP");

NomeCurva (11, "BicepsM");

NomeCurva (12, "Biceps DP");

NomeCurva (13, "RetoM");

NomeCurva (14, "Reto DP");

NomeCurva (15, "VastoM");

NomeCurva (16, "Vasto DP");

NomeCurva (17, "GluteoM");

NomeCurva (18, "Gluteo DP");

Destaca-se que os valores foram alterados para cada sujeito e para cada situação.

**ANEXO 4**

### Análise Estatística:

Normalidade de distribuição dos dados - (teste de Shapiro-Wilk):

	VO <sub>2</sub>	C. P.	F. P.	B.F.	R.F.	V.M.	T.A.	G.M
CT1	0,704	0,036	0,195	0,702	0,482	0,639	0,051	0,329
CT2	0,502	0,099	0,280	0,220	0,394	0,772	0,724	0,393
CT3	0,384	0,081	0,523	0,439	0,369	0,489	0,239	0,850
CI1	0,727	0,021	0,897	0,740	0,158	0,688	0,324	0,531
CI2	0,483	0,018	0,451	0,665	0,113	0,295	0,703	0,047
CI3	0,204	0,012	0,432	0,016	0,471	0,698	0,576	0,508
CP1	0,848	0,010	0,666	0,419	0,323	0,953	0,533	0,430
CP2	0,259	0,010	0,791	0,037	0,492	0,195	0,864	0,741
CP3	0,529	0,354	0,400	0,924	0,356	0,459	0,224	0,080

Normalidade de distribuição dos dados de C. P. com aplicação de transformada logarítmica:

	CT1	CT2	CT3	CI1	CI2	CI3	CP1	CP2	CP3
C. P.	0,843	0,893	0,884	0,842	0,838	0,829	0,740	0,794	0,918

Esfericidade dos dados (teste de Mauchly):

	VO <sub>2</sub>	C. P.	F. P.	B.F.	R.F.	V.M.	T.A.	G.M
Corridas (C)	0,279	0,558 *	0,692	0,963	0,181	0,560	0,983	0,206
Intervalos (M)	0,530 *	0,216	0,459	0,798	0,183	0,715	0,716	0,975
Interação C-M	0,466 *	0,689	0,693	0,360	0,355	0,989	0,502 *	0,445

- Fator de correção Epsilon de Greenhouse-Geisser.

Normalidade de distribuição dos dados do segundo limiar ventilatório.

2° limiar ventilatório 0,248

ANOVA para medidas repetidas em um modelo misto de dois fatores (3X3):

três corridas e três momentos:

Frequência de passada:

Fator corridas:

$$F(2, 14) = 2,313; p = 0,136; \eta^2 = 0,248$$

Fator intervalos:

$$F(2,14) = 3,246; p = 0,069; \eta^2 = 0,317$$

Interação entre os fatores corrida-intervalo:

$$F(4, 28) = 2,672; p = 0,053; \eta^2 = 0,276$$

Amplitude de passada:

Fator corridas:

$$F(1,116, 7,812) = 0,707; p = 0,441; \eta^2 = 0,092$$

Fator intervalos:

$$F(2,14) = 4,873; p = 0,025; \eta^2 = 0,410$$

Interação entre os fatores corrida-intervalo:

$$F(4, 28) = 2,056; p = 0,114; \eta^2 = 0,227$$

EMG Bíceps femoral:

Fator corridas:

$$F(2, 8) = 1,804; p = 0,226; \eta^2 = 0,311$$

Fator intervalos:

$$F(2,8) = 2,623; p = 0,113; \eta^2 = 0,396$$

Interação entre os fatores corrida-intervalo:

$$F(4, 16) = 0,598; p = 0,670; \eta^2 = 0,130.$$

EMG Reto femoral:

Fator corridas:

$$F(2, 10) = 0,467; p = 0,640; \eta^2 = 0,085$$

Fator intervalos:

$$F(2,10) = 2,219; p = 0,159; \eta^2 = 0,307$$

Interação entre os fatores corrida-intervalo:

$$F(4, 20) = 0,165; p = 0,954; \eta^2 = 0,032$$

EMG Vasto Lateral:

Fator corridas:

$$F(2, 10) = 0,948; p = 0,420; \eta^2 = 0,159$$

Fator intervalos:

$$F(2,10) = 4,338; p = 0,044; \eta^2 = 0,465$$

Interação entre os fatores corrida-intervalo:

$$F(4, 20) = 0,626; p = 0,649; \eta^2 = 0,111$$

EMG Gastrocnêmio medial:

Fator corridas:

$$F(2, 8) = 2,051; p = 0,191; \eta^2 = 0,339$$

Fator intervalos:

$$F(2,8) = 0,662; p = 0,542 \eta^2 = 0,142$$

Interação entre os fatores corrida-intervalo:

$$F(4, 16) = 0,723; p = 0,589; \eta^2 = 0,153$$

EMG Tibial anterior:

Fator corridas:

$$F(2, 6) = 0,296; p = 0,754; \eta^2 = 0,090$$

Fator intervalos:

$$F(2,6) = 0,588; p = 0,584 \eta^2 = 0,164$$

Interação entre os fatores corrida-intervalo:

$$F(2,008, 6,024) = 2,727; p = 0,143; \eta^2 = 0,476$$

VO<sub>2</sub>:

Fator corridas:

$$F(2, 14) = 0,410; p = 0,671; \eta^2 = 0,087$$

Fator intervalos:

$$F(1,060, 7,421) = 4,521; p = 0,068; \eta^2 = 0,392$$

Interação entre os fatores corrida-intervalo:

$$F(1,864, 13,048) = 0,634; p = 0,642; \eta^2 = 0,083$$

teste t de Student para dados pareados

$$CT1: t(8) = 3,134; p = 0,014;$$

$$CT2: t(8) = 3,070; p = 0,015;$$

$$CT3: t(8) = 2,132; p = 0,066;$$

$$CI1: t(8) = 3,963; p = 0,004;$$

$$CI2: t(8) = 4,086; p = 0,004;$$

$$CI3: t(8) = 3,917; p = 0,004;$$

$$CP1: t(8) = 3,852; p = 0,005;$$

$$CP2: t(8) = 3,868; p = 0,005;$$

$$CP3: t(8) = 3,5650; p = 0,009.$$

**ANEXO 5**



Premiação para o menor tempo obtido na prova do tipo contra-relógio:

1º Lugar:

Um tênis da marca Diadora;  
Uma mochila da marca Rainha;  
Uma camiseta da marca Rainha;  
Uma garrafa da marca Rainha.

2º Lugar:

Um tênis da marca Diadora;

3º Lugar:

Uma mochila da marca Rainha;  
Uma camiseta da marca Rainha;  
Uma garrafa da marca Rainha.

1º Sorteado:

Um tênis da marca Olympikus.

2º Sorteado:

Uma mochila da marca Rainha;  
Uma camiseta da marca Rainha;  
Uma garrafa da marca Rainha.