

**Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa  
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física**

**VALIDADE DO CUSTO DE FC EM ESTIMAR INTENSIDADES  
ASSOCIADAS AO VO<sub>2</sub>MÁX EM LABORATORIO E PISTA EM  
CORREDORES RECREACIONAIS**

**Autor: Prof. Rafael dos Reis Vieira Olher  
Orientador: Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões**

**Brasília - DF  
2014**

**RAFAEL DOS REIS VIEIRA OLHER**

**VALIDADE DO CUSTO DE FC EM ESTIMAR INTENSIDADES ASSOCIADAS  
AO VO<sub>2</sub>MÁX EM LABORATORIO E PISTA EM CORREDORES  
RECREACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (UCB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação Física.

**Orientador:** Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões

BRASÍLIA – DF

2014

## **Dedicatória**

Dedico esse trabalho a meus pais (Odair e Marli), que sempre acreditaram em mim, e em nenhum momento foram contrários às minhas escolhas, sempre me ajudando a trilhar os caminhos do sucesso e pela excelente educação que me deram. Aos meus irmãos (Thais e Felipe), por sempre estarem ao meu lado, me apoiando e energizando para que as coisas “rolem”.

Para meus amigos (meu tesouro inesgotável), Q.S., Acampa (+ agregados), Faculdade, Mogi, etc. Porém, em especial ao brother Rafael Palmeira (Trezinho), talvez sem o teu apoio não estivesse realizando mais este sonho.

Ao professor Milton Rocha de Moraes, por acreditar no meu potencial, e ter apostado algumas fichas no jogo da minha vida. Serei eternamente grato por ter/estar aprendendo (aprendendo) com um dos melhores.

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradeço a Deus e a toda corte celestial, por iluminar e guiar o meu caminho, me trazendo a força espiritual necessária para me manter em pé mesmo quando a pancada for forte.

Agradeço a meus familiares, pais, irmãos, tios(as), primos(as), tanto da Família Reis quanto da Família Olher (sem citar nomes, pois é muita gente) que sempre me apoiam e acreditam nos meus esforços.

Um salve especial para os parceiros da Q.S. (Diogão, Minero, Bola e Hélio), sinceramente sem vocês hoje eu seria uma pessoa muito mais normal, obrigado por existirem e pela motivação, sempre. Aproveitando agradeço a galera do Acampa que apesar da distância nunca deixaram de acompanhar meus passos (Carol Sampaio, Ana Catarina, Alinão – salvou minha vida nunca vou esquecer...kkkk... – Brunão, McJVK, Ana Paula Sella, Sérgio (Thunder), Cacá, Fernanda, Eliza (Pipi), Fábio, Arthur (cabeça), Carol (Ovelha), Pauline (Pau), Vini, certeza que esqueci alguém. E claro, para todos os acampantes), um obrigado especial para a Ieda e Tio Adilson que foram um dos maiores motivadores para eu ingressar no mundo da educação física.

Não posso deixar de agradecer à Turma de Educação física de 2006 da UMC, ao quarteto R, Rafael (13), Rafael (Roma), Ronaldo (Ximba), parceria sempre. Aos grandes amigos que fiz nessa turma sensacional (Sabrina, Zé Didi, Zé Roberto, Aline, Lu Romão, Tati maior, Tati menor, Cid (Senpai), Marcelão (Véio), Dudu (Sta. Branca), Du Barriga, Carolzinha, Diego (Ursinho), Fabião, Tamires (Flor), Lucia, Anna Carol). Aos mestres com carinho, Fafá (Fessora), Luizão, Pudo, Tom, Ritsue, Rosemi, Zenon, Adriano, Margareth, Shiguemi e todos os demais professores que compartilhou conosco seus conhecimentos. Ainda em Mogi das Cruzes, agradeço aos sagazes (Cibele, Carol e Kinha), Tia Paula, Ricardo, Jé, Duda e Kenji, Maria Paula e a galera da academia (Carlão, Dani, Cleitinho e Audrey), obrigado pela amizade.

Aos mais recentes amigos, primeiramente ao Ricardo Asano (Kiu), que me recebeu de braços abertos desde o processo seletivo até a chegada definitiva, serei eternamente grato. Aos companheiros da República Fukushima (José Fernando, Luquinhas, Ricardo Lira, Lira – Corpinho, Irineu, João – djow,

Junior – Man, Valmir, Zé Fernando, Bahia e Carlão), amigos que aprendi não só saberes acadêmicos, mas muita sabedoria de vida, obrigado pela companhia. Aos estimados que tenho a honra de conviver na UCB, Macelão e Zé Fernando, agradeço pelas conversas descompromissadas e sempre produtivas e ricas (em risadas). A Lilian (Lili), que me deu apoio de mãe quando cheguei a Brasília. Ao Rafa Sotero por todo acompanhamento durante o mestrado. Ao Rodrigo Browne (Pexada), Denis, Vitor, Lais, Rafaello, Raiane, Jennifer, Stéphaney, Marcela, Isabela (Belinha), Jesser, Najara, Vinícius (Laboratório), Laila, Pedro (Farol) e Ramires agradeço pelos bons momentos de convivência e aprendizado. Ao Bibiano Madrid e pessoal do LAFIT e LEFES pelo apoio imprescindível durante a coleta de dados (Dani, Fernanda, Carlos Ernesto, Dr. Benford e Alessandra). Principalmente aos voluntários, sem vocês essa pesquisa não se concretizaria e a Todos os funcionários atuantes no bloco G.

Aos mestres (mais uma vez) com carinho, Profs. Jonato Prestes, Daniel Boullosa, Tânia Mara, Gislane Melo, Nanci Maria, Luis Otávio, Flavio Pires, Rinaldo Wellerson, Carmem Campbell, Claudio Córdova e principalmente ao Prof. e Orientador Herbert, agradeço de coração por ter aceitado me orientar, pelas oportunidades e orientações não somente acadêmica, mas por ser também exemplo de vida.

Por fim, aos (ex) estudantes e hoje amigos e companheiros de profissão, que me acompanham e torcem por mim, aos amigos Ubiratan (Bira), Wesley, Régia, Cinthya, Daniel (Tavares e Veloso), Andreza e todos os companheiros de trabalho, em especial ao Rafael Cunha (Rafilks), sem seu apoio esse trabalho não seria o mesmo, obrigado pela força, pelos roles, conversas infinitas e pelo conhecimento, você é monstro!

A todos os supracitados e não citados, meu mais sincero **MUITO OBRIGADO!**

*“Irmão! Você ainda não percebeu que é o único representante dos seus sonhos na face da terra? Se isso não fizer você correr, chapa. Eu não sei o que vai.”*

***Emicida***

## Resumo

Parâmetros de avaliação aeróbia são importantes para a prescrição do exercício físico. Dentre eles podemos destacar o Limiar de Lactato (LL), Limiar Ventilatório (LV) e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), mas sua determinação acaba se tornando dispendiosa e muitas vezes inacessível para a maioria dos treinadores e atletas. Contudo a resposta da frequência cardíaca (FC) é uma opção para prescrição do exercício. A FC responde de forma similar ao  $VO_2$ , o acesso é mais facilitado e pode ser utilizado em protocolos indiretos para a avaliação aeróbia. A proposta do estudo foi investigar a validade do custo de FC (CFC) em estimar a  $V_{max}$  de corredores em pista de atletismo e comparar com os resultados obtidos em teste de laboratório e verificar as relações existentes entre LV, Lactato Mínimo de determinada  $V_{max}$  obtido por diferentes métodos. Para isso participaram do estudo 16 corredores recreacionais, praticantes de corrida a pelo menos um ano ( $30,25 \pm 8,0$  anos;  $79,26 \pm 7,2$  kg;  $1,78 \pm 0,1$  m;  $25,01 \pm 1,8$  kg/m<sup>2</sup>;  $23,49 \pm 6,8$  % Gordura;  $46,20 \pm 3,2$  ml.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). Os voluntários foram submetidos a 2 testes um em esteira ergométrica e outro em pista de atletismo. Anterior ao teste de esteira foi realizado uma corrida submáxima de 6 minutos, com velocidade ajustada de acordo com o nível de PSE do voluntário que deveria permanecer entre os escores 12 e 13 da escala de Borg, a fim de obter o CFC. Na sequência foi realizado um teste incremental máximo (incrementos de 0,5km.h<sup>-1</sup> a cada 3 minutos) para determinação do  $VO_{2max}$  e  $V_{max}$ . Após o teste incremental foram realizadas mais três séries de corrida de 3 min com velocidades de 70, 85 e 100% da  $V_{max}$  a fim de obter o Lactato Mínimo (LM) (LM<sub>3pEst</sub>). Para o teste de pista o protocolo para obtenção do CFC foi o mesmo aplicado no teste de esteira, com a velocidade ajustada pelo voluntário (PSE 12-13 na escala de Borg). Posteriormente foi realizado o teste de 3000m e 3 séries de 800 metros a 70, 85 e 100% da velocidade média atingida no teste de 3000m (V3km) para obtenção do LM (LM<sub>3pPista</sub>). O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados, seguido da Split-Plot ANOVA para comparação das  $V_{max}$  e por fim One Way ANOVA para as velocidades associadas aos Limiares. As velocidades obtidas no momento de exaustão no teste incremental de laboratório e a velocidade média na corrida de 3km foram consideradas como velocidades associadas ao  $VO_{2max}$ . Os valores de  $V_{max}$  e V3km e das velocidades estimadas pelo CFC ( $V_{maxp}$  e V3km) foram: ( $13,5 \pm 0,8$ ;  $13,9 \pm 1,2$ ;  $13,6 \pm 1,1$ ;  $13,8 \pm 0,9$  km.h<sup>-1</sup>) para  $V_{max}$ ;  $V_{maxp}(220-i)$ ;  $V_{maxp}(Tanaka)$  e  $V_{maxp}(FCmax)$  respectivamente e os valores encontrados no teste de Pista foram (  $13,6 \pm 1,0$ ;  $13,6 \pm 1,1$ ;  $13,3 \pm 1,0$ ;  $13,6 \pm 0,9$  km.h<sup>-1</sup>) para V3km;  $V3kmp(220-i)$ ;  $V3kmp(Tanaka)$ ;  $V3kmp(FCmax)$  respetivamente. Onde não houve diferença estatística entre os grupos ( $V_{max}$  e V3km). E as velocidades associadas ao LV e LL ( $12,1 \pm 0,9$ ;  $11,4 \pm 0,9$ ;  $11,2 \pm 0,8$  km.h<sup>-1</sup> respectivamente) representando 90; 84; 82% da  $V_{max}$ , havendo diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre o LV em relação ao LM<sub>3pEst</sub> e LM<sub>3pPista</sub>. Porém não houve diferença

estatística entre  $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$ . Portanto concluímos que o CFC foi eficiente em estimar a  $V_{max}$  no teste de pista de atletismo e no teste de esteira no laboratório.

**Palavras Chave:** Avaliação aeróbia; Custo de Frequência Cardíaca;  $V_{máx}$ ; Lactato Mínimo; Corredores.

## Abstract

Parameters of aerobic evaluation are important to evaluate and prescribe physical exercise. Among these parameters, lactate threshold (LT), ventilatory threshold (VT), and maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) are emphasized, however, their determination are costly and sometimes inaccessible for most coaches and athletes. On the other hand, heart rate (HR) responses are an option for exercise prescription. HR responds similarly to  $VO_2$ , is more easily accessed and can be used in indirect protocols for aerobic evaluation. Therefore, the aim of the present study was to investigate the validity of HR cost (HRC) in the estimation of  $V_{max}$  of runners in an athletics track, to compare it with results obtained in a laboratory test, and to verify any existing relations between VT and lactate minimum (LM) of a determined  $V_{max}$  obtained by different methods. In order to do so, 16 recreational runners, practicing for at least one year ( $30.25 \pm 8.0$  years;  $79.26 \pm 7.2$  kg;  $1.78 \pm 0.1$  m;  $25.01 \pm 1.8$  kg/m<sup>2</sup>;  $23.49 \pm 6.8$  %body fat;  $46.20 \pm 3.2$  ml.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) participated in the study. The subjects underwent two tests in a treadmill and one in an athletics track. Prior to the treadmill tests, a 6-minute submaximal run was performed, with its speed adjusted by a rate of perceived exertion (RPE) level between 12 and 13 in the Borg Scale, in order to obtain HRC. Afterwards a maximal incremental test was performed (increments of 0.5km.h<sup>-1</sup> every 3 minutes) for  $VO_{2max}$  and  $V_{max}$  determination. After the incremental test, three other running session of 3 minutes were performed, at the intensities of 70, 85 and 100% of  $V_{max}$  in order to obtain Lactate Minimum (LM) (LM<sub>3pEst</sub>). In the athletics track test, the same protocol as the treadmill test, to obtain HRC was used, with the speed adjusted by the volunteer (RPE level 12 – 13 in Borg's Scale). Afterwards, the 3000m test and 3 sets of 800 meters at 70, 85 and 100% of the mean speed achieved at the 3000m test ( $V_{3km}$ ), to obtain ML (LM<sub>3pPista</sub>) was performed. Shapiro-Wilk's test was used to verify data normality, followed by a Split-Plot ANOVA to compare the different  $V_{max}$ , and a One-Way ANOVA to compare the speeds associated with the thresholds. The speeds obtained at the moment of exhaustion in the laboratory incremental test and the mean speed at the 3km running test were considered the speeds associated to  $VO_{2max}$ . The values of  $V_{max}$  and  $V_{3km}$  and of the speeds estimated by HRC ( $V_{maxp}$  and  $V_{3kmp}$ ) were: ( $13.5 \pm 0.8$ ;  $13.9 \pm 1.2$ ;  $13.6 \pm 1.1$ ;  $13.8 \pm 0.9$  km.h<sup>-1</sup>) for  $V_{max}$ ;  $V_{maxp}(220-age)$ ;  $V_{maxp}(Tanaka)$  e  $V_{maxp}(HRmax)$ , respectively, and the results found in the athletics track test were ( $13.6 \pm 1.0$ ;  $13.6 \pm 1.1$ ;  $13.3 \pm 1.0$ ;  $13.6 \pm 0.9$  km.h<sup>-1</sup>) for  $V_{3km}$ ;  $V_{3kmp}(220-age)$ ;  $V_{3kmp}(Tanaka)$ ;  $V_{3kmp}(HRmax)$ , correspondingly, showing significant differences were found between groups ( $V_{max}$  and  $V_{3km}$ ). However, the speeds associated to VT and LT ( $12.1 \pm 0.9$ ;  $11.4 \pm 0.9$ ;  $11.2 \pm 0.8$  km.h<sup>-1</sup>, respectively) representing 90, 84 and 82% of  $V_{max}$  were statistically different ( $p < 0.05$ ) for VT between LM<sub>3pEst</sub> and LM<sub>3pPista</sub>. However, no differences were found between LM<sub>3pEst</sub> and LM<sub>3pPista</sub>. Therefore, it is possible to conclude that

HRC was efficient in estimating  $V_{max}$  in an athletics track test and in a laboratory treadmill test.

**Keywords:** Aerobic evaluation; Heart Rate Cost;  $V_{max}$ ; Minimum Lactate; Runners.

## Lista de Abreviações

CFC = Custo da FC

CO<sub>2</sub> = dióxido De Carbono

CVO<sub>2</sub> = Custo de O<sub>2</sub>

DC = Débito Cardíaco

FC = Frequência Cardíaca

FC<sub>max</sub> = Frequência Cardíaca Máxima

FR = Frequência Respiratória

IAT = Limiar Anaeróbio Individual

Lac = Lactato

LAn = Limiar Anaeróbio

LL = Limiar De Lactato

LM = Lactato Mínimo

MEEL = Máximo Estado Estável De Lactato

MET = Equivalente Metabólico

OBLA = *Onset of Blood Lactate Accumulation* –

SC = Sistema Cardiovascular

VE = Ventilação Pulmonar

V<sub>max</sub>/V<sub>3km</sub> = Velocidade Associada Ao VO<sub>2max</sub>

VO<sub>2max</sub> = Consumo Máximo De Oxigênio

V<sub>máxp<sub>220-i</sub></sub> = Velocidade máxima predita pela equação 220-idade

V<sub>máxp<sub>tanaka</sub></sub> = Velocidade máxima predita pela equação de Tanaka

V<sub>máxp<sub>FCmáx</sub></sub> = Velocidade máxima predita pela FC máxima

VO<sub>2</sub> = Consumo De Oxigênio

VS = Volume Sistólico

## Lista de Tabelas

**Tabela 1.** Características Físicas da amostra estudada (n 16).

**Tabela 2** – Valores médios de FCmax e FCmax predita pelas formulas de Tanaka e 220-idade dos participantes.

**Tabela 3** – Valores médios de custo de FC, custo de  $VO_2$  e PSE referente à corrida submáxima de 6 minutos para determinação da Vmax.

**Tabela 4** – Valores de Vmax obtidos diretamente em teste de esteira, indiretamente pelo custo de  $VO_2$  ( $V_{maxp_{CVO_2}}$ ) e indiretamente pelos custos de FCmax ( $V_{maxp_{FCmax}}$ ), Tanaka ( $V_{maxp_{Tanaka}}$ ) e 220-idade ( $V_{maxp_{220-i}}$ ).

**Tabela 5** – Valores de V3km obtidos no teste de pista e indiretamente pelos custos de FCmax ( $V_{3kmp_{FCmax}}$ ,  $V_{3kmp_{Tanaka}}$  e  $V_{3kmp_{(220-i)}}$ ).

**Tabela 6** – Comparação entre os valores médios de Vmax e V3KM, pelos valores estimados pelo CFC em teste de esteira ( $V_{maxp_{FCmax}}$ ;  $V_{maxp_{Tanaka}}$  e  $V_{maxp_{(220-i)}}$ ). e teste de pista ( $V_{3kmp_{FCmax}}$ ;  $V_{3kmp_{Tanaka}}$  e  $V_{3kmp_{(220-i)}}$ ).

**Tabela 7** – Correlação entre as velocidades máximas (Vmax e V3km) e as velocidades estimadas pelo CFC.

**Tabela 8** – Valores médios do LV e  $LM_{3p}$  em teste de esteira e teste de pista.

**Tabela 9** - Correlação entre as velocidades associadas ao LV,  $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$ .

**Tabela 10** – Correlação entre as velocidades máximas (Vmax e V3KM) e as velocidades associadas ao LV,  $LM_{3p.Est}$  e  $LM_{3p.Pista}$ .

## Lista de Figuras

**Figura 1** - Escala de Borg 6-20 para Percepção Subjetiva de Esforço (PSE).

**Figura 2** - Limites de concordância entre  $V_{max}$  e  $V_{maxp_{FCmax}}$ .

**Figura 3** - Limites de concordância entre  $V_{max}$  e  $V_{maxp_{Tanaka}}$ .

**Figura 4** - Limites de concordância entre  $V_{max}$  e  $V_{maxp_{(220-i)}}$ .

**Figura 5** - Limites de concordância entre  $V_{max}$  e  $V_{maxp_{VCO2}}$ .

**Figura 6** - Limites de concordância entre  $V_{max}$  e  $V_{3km}$ .

**Figura 7** - Limites de concordância entre  $V_{max}$  e  $V_{3kmp_{FCmax}}$ .

**Figura 8** - Limites de concordância entre  $V_{max}$  e  $V_{3kmp_{Tanaka}}$ .

**Figura 9** - Limites de concordância entre  $V_{max}$  e  $V_{3kmp_{(220-i)}}$ .

**Figura 10** - Limites de concordância entre LV e  $LM_{3pEst}$ .

**Figura 11** - Limites de concordância entre LV e  $LM_{3pPista}$ .

**Figura 12** - Limites de Concordância entre  $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$ .

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	17
3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	18
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
4.1. Sistema Cardiovascular e Exercício (FC e DC em repouso e exercício).....	19
4.2. Ventilação e Exercício.....	24
4.3. Velocidade de Corrida Associada ao VO <sub>2</sub> máximo.....	27
4.4. Limiar Anaeróbio e Limiar de Lactato.....	30
4.5 Custo de VO <sub>2</sub> e Custo de FC.....	34
5. MÉTODOS.....	37
5.1. Amostra.....	37
5.2 Critérios de Inclusão no Estudo.....	38
5.3. Critérios de Exclusão no Estudo.....	38
5.4. Procedimentos Experimentais.....	39
5.5. Teste para identificação do Custo de FC na esteira.....	39
5.6. Determinação do CFC.....	40
5.7. Determinação da Vmax.....	40
5.8. CFC no teste de Pista.....	41
5.9. Teste de 3000 metros.....	41
5.10. Percepção subjetiva de esforço (PSE) .....	41
5.11 Determinação do Limiar Ventilatório.....	42
5.12. Teste incremental para determinação do Lactato Mínimo 3 pontos (LM3p) .....	43
5.13. Coleta de Sangue Capilarizado.....	43
5.14. Análise Estatística.....	44
6. RESULTADOS.....	45
7. DISCUSSÃO.....	58
8. CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	87

## 1. Introdução

Na literatura podemos encontrar diferentes estudos que sugerem protocolos de avaliação funcional tanto para determinação de parâmetros da aptidão aeróbia quanto para estimar intensidades de esforço físico associadas a eles (Silva et al, 2005; Svedahl, McInosh, 2003). Dentro desta temática, destacam-se os testes de campo, pelo seu baixo custo, simplicidade metodológica e por atingir resultados próximos à realidade das cargas de trabalho apropriadas para a prescrição do exercício (Sotero et al, 2009; Almeida et al., 2010; Sotero et al., 2012). Um teste de campo muito utilizado é o teste de 3000 metros, que possui uma predominância aeróbia quanto a sua contribuição energética (Duffield et al., 2005; 2006) e se correlaciona positivamente com o limiar anaeróbio, velocidade crítica (Simões et al., 2005), economia de corrida (Bragada E Barbosa, 2007), consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) e velocidade associada ao  $VO_{2max}$  ( $V_{máx}$ ) (Yamaji et al., 2008).

Por sua vez, a frequência cardíaca (FC) é um dos parâmetros fisiológicos mais utilizados para avaliação e prescrição de intensidades de exercício físico pelo baixo custo financeiro, por possuir características não invasivas, por ser de fácil mensuração e possibilita a determinação indireta de parâmetros de aptidão aeróbia (Conconi et al., 1982; Moreno, 2007; Wicks et al., 2012; Haller, 2013). As respostas da FC apresentam uma relação linear com o aumento das cargas de trabalho em esforços incrementais (Sales et al., 2011; Simões et al., 2003) o que permite o cálculo do custo de frequência cardíaca para uma determinada tarefa e a estimativa da  $V_{máx}$  (Moreno, 2007).

A  $V_{máx}$  tem sido correlacionada positivamente com o  $VO_{2max}$  e com a velocidade crítica (Moreno, 2007) tanto para corredores fundistas (Hill e

Rowell, 1997) como para sujeitos fisicamente ativos (Silva et al., 2005), e vem sendo sugerida como uma intensidade de exercício ideal para a melhora do  $VO_{2\text{máx}}$ ,  $V_{\text{máx}}$  e consequentemente do desempenho de corredores fundistas (Smith; Coombers; Gerathy., 2003, Moreno, 2007; Ferley et al., 2013).

Contudo Moreno (2007) ao observar o paralelo existente entre FC e a intensidade de esforço, analisou a razão entre essas variáveis, sendo assim possível calcular o custo ou trabalho da FC. Partindo do princípio que durante o teste incremental máximo com uma razão de cargas constante, o comportamento linear do Custo da FC (CFC) seria observado, sendo assim possível estimar a intensidade máxima de esforço a partir do CFC submáxima e FC máxima predita pela idade, usando as seguintes equações, onde  $CFC = FC_{\text{submáx}} \times Vel_{\text{submáx}}^{-1}$  e  $V_{\text{máx}} = FC_{\text{máxpreditada}} \times C_{FC\text{submáx}}^{-1}$ . Ao compararem a Intensidade máxima atingida durante o teste e a máxima predita não foram encontradas diferenças estatísticas. Embora o CFC tenha possibilitado estimar a intensidade associada à FC máxima, estudos demonstram quem o comportamento da FC não é linear e sim curvilíneo durante testes de cargas progressivas (Costa et al., 2007; Rumenig et al., 2007).

Em proposta de DiPrampero (1996, 1999) que observou que como o Custo de  $VO_2$  ( $CVO_2$ ) permanece relativamente estável com o aumento da intensidade do exercício, é possível se estimar a  $V_{\text{máx}}$  dividindo-se o  $VO_{2\text{máx}}$  pelo  $CVO_2$ , sendo provável que o  $C_{FC}$  também permaneça estável com o aumento da intensidade do exercício e que o resultado da divisão da frequência cardíaca máxima ( $FC_{\text{máx}}$ ) pelo CFC também resulte na  $V_{\text{máx}}$ . Considerando-se que a  $V_{\text{máx}}$  também está relacionada com limiar anaeróbio, é relevante que sejam realizados estudos que verifiquem a possibilidade de se

estimar intensidades associadas ao  $VO_{2max}$  e a partir do CFC, e a relação entre a  $V_{máx}$  estimadas com outros parâmetros de aptidão aeróbia, bem como a possibilidade de se estimar intensidade do limiar anaeróbio a partir de uma  $V_{máx}$  estimada (Moreno, 2007) tanto em testes laboratoriais quanto em testes de pista.

No entanto, diversos outros estudos utilizam-se de testes incrementais por estágio e observam que os valores de FC ao final de cada estágio apresentam um comportamento linear em relação à carga de trabalho (Sales et al., 2011; Simões, 2002; Simões et al., 2003). Embora em estudos anteriores tenhamos evidenciado a possibilidade de se estimar a  $V_{máx}$  a partir do CFC (Moreno, 2007; Rodrigues et al., 2010; Sotero et al., 2010; 2012), assumindo que a FC apresente resposta linear, estudos são necessários para analisar a validade deste procedimento. Em adicional, conhecendo-se a intensidade associada à aptidão aeróbia máxima, teoricamente é possível prever outros parâmetros, como o próprio  $VO_{2máx}$  e o limiar anaeróbio. Estes parâmetros tem-se tornado importantes para avaliação funcional e prescrição de exercício para diferentes populações como indivíduos sedentários, fisicamente ativos, patológicos, idosos e atletas.

## **2. Objetivos**

O Objetivo do estudo foi analisar a possibilidade de se estimar a  $V_{\text{máx}}$  de corredores em pista de atletismo a partir do Custo da CF e comparar com resultados obtidos em laboratório.

Como objetivo secundário, verificar as relações existentes entre limiar ventilatório e Lactato Mínimo de uma determinada  $V_{\text{máx}}$  obtidos por diferentes métodos.

### 3. Justificativa e Relevância

Atualmente a identificação de parâmetros de aptidão aeróbia é de grande importância para os profissionais de educação física tanto para os que atuam em prol da saúde quanto os que atuam em prol do desempenho.

Contudo com o avanço das pesquisas a avaliação aeróbia tem se tornado bastante facilitada pela elaboração de testes indiretos ou testes de campo submáximos que pressupõe esforços máximos, contribuindo para que possa se determinar cargas relativas trabalho como  $VO_{2máx}$  ou limiar anaeróbio de grupos especiais, atletas e não atletas. Onde muitas vezes o acesso a testes laboratoriais (ergoespirometria e lactacidemia) ainda é restrito para muitos grupos de pesquisa ou equipes esportivas.

A FC por ser uma variável conhecida pela maioria dos profissionais da área da saúde e ser de fácil mensuração e a FCmax pode ser identificada por meio de teste máximo ou por equações de predição. Existe também sua relação com outros parâmetros como a linearidade com o consumo de  $O_2$  durante a realização de uma série de exercício físico, com o débito cardíaco que atua como um limitador do  $VO_{2máx}$ . Avaliando o comportamento do CFC é provável que seja possível estimar  $Vmáx$  e  $VO_{2máx}$  em corredores recreacionais.

Pelo fato do  $C_{FC}$  possuir alta relação com outros parâmetros aeróbios e ser um teste de grande e fácil aplicação prática, torna-se de grande importância o estudo do  $C_{FC}$  com corredores recreacionais para oferecer um novo método de prescrição de treinamento e por ser um método de baixo custo e que ainda não foi investigado com esta população.

## 4. Revisão de Literatura

### 4.1 *Sistema Cardiovascular e Exercício (FC e DC em repouso e exercício)*

O sistema cardiovascular (SC) é composto por vasos (veias, artérias, arteríolas e capilares) e por uma bomba muscular (coração) que juntos e conectados criam a pressão necessária para promover a circulação de sangue, transportando nutrientes para todos os tecidos do organismo (Guyton, 1996).

Agrega-se ao corpo como um sistema que proporciona aos músculos e demais sistemas orgânicos fluxo e alimentação contínua de nutrientes e oxigênio, a fim de manter um nível excelente de transferência de energia. Proporcionando também a remoção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de co-produtos provenientes do metabolismo do local de liberação de energia, quando em exercício essa demanda pode aumentar em até 25 vezes quando requerido pela musculatura ativa (Mc Ardle; Katch; Katch, 2011).

O trabalho realizado pelo sistema muscular demanda um aumento do aporte energético para manutenção do esforço físico (DiPrampero et al., 2009). Para isso SC demonstra uma capacidade muito importante, que é a de se expandir, ou seja, as veias e vasos possuem a capacidade de conduzir uma quantidade de sangue que é de três a quatro vezes que a capacidade de bombeamento normal do coração, com isso atender as demandas nutricionais e de oxigênio do organismo durante o exercício (Rowell, 1994) e também manter os níveis de líquidos corporais adequados a fim de evitar a desidratação (Wilmore e Costill, 2005).

Fatores neuroquímicos regulam a FC e a vasodilatação dos vasos sanguíneos. Um ótimo nível de regulação cardiovascular proporciona um rápido controle da função cardíaca e melhor e mais efetiva distribuição do fluxo sanguíneo por todo o corpo. Por exemplo quando uma pessoa está em estado de repouso, aproximadamente 5% dos 5L de sangue (considerando um homem de estrutura padrão) bombeados pelo coração a cada minuto se dirigem para a pele. Isso se diferencia de acordo com a situação do sujeito, onde com o exercício em um ambiente quente e úmido, até 20% do fluxo sanguíneo total

são desviados para a superfície corporal para que ocorra a dissipação do calor (McArdle; Katch; Katch, 2011).

A regulação do SC é feita pelo sistema nervoso autônomo subdividido entre simpático e parassimpático. No bulbo onde é encontrado o centro vasomotor, inervações surgem para os órgãos (coração) e para as redes periféricas que irrigam os demais músculos e sistemas. No coração, os nervos simpáticos provenientes da medula espinhal o inervam podendo estimulá-lo ao liberarem em suas terminações a noradrenalina, aumentando a FC e força de contração do miocárdio. Os nervos parassimpáticos ou conhecidos como nervos vagos, também derivados do bulbo realizam trabalho antagônico ao liberarem acetilcolina em suas terminações nervosas resultando em diminuição da FC e consequentemente diminuição na força de contração do miocárdio (Williamson et al., 2006).

O controle desse complexo sistema nervoso é feito por meio do *feedback* dos barorreceptores que são receptores sensíveis a variação da pressão, encontrados no seio carotídeo e no arco da aorta, que informarão ao centro de controle vasomotor o quanto necessário será estimular os nervos simpático e/ou parassimpático. Também associado a esse sistema de *feedback* existem os quimioceptores, que são receptores químicos, que são responsáveis por levar a informação ao centro vasomotor a necessidade de estimular o SC, quando é identificado baixa concentração de oxigênio, excesso de dióxido de carbono ou excesso de íons de hidrogênio (Rowell e O'leary, 1990).

O trabalho do SC pode ser analisado a partir do volume que o coração consegue bombear para todo o corpo por minuto, essa função é conhecida como Débito Cardíaco (DC) resultante do produto da FC pelo Volume Sistólico (VS) (Guyton e Hall, 1998).

O DC se refere à quantidade que o coração bombeia de sangue durante o período de 1 minuto. O valor máximo para o DC reflete a capacidade funcional do SC de atender as demandas do organismo tanto em repouso quanto durante a prática da atividade física. O rendimento do coração se assemelha com o trabalho de qualquer bomba, depende de sua velocidade de bombeamento (FC) e da quantidade de sangue ejetada com cada golpe (VS).

Sendo o DC calculado pelo produto da FC pelo VS ( $DC = FC \times VS$ ) (Powers e Howley, 2009; McArdle; Katch; Katch, 2011).

O DC varia consideravelmente em repouso. Para uma pessoa sedentária comum em repouso, com uma FC média de 75 bpm permite manter habitualmente o DC de 5L, podendo aumentar de 6 a 8 vezes alcançando valores de até 40 L/min em situações de exercício máximo entretanto para mulheres esse valor é em média 25% mais baixo, essa diferença se dá pelo tamanho médio do corpo da mulher com relação ao homem (Tortora, 2000; McArdle; Katch; Katch, 2011).

O treinamento de *endurance* coloca o nóculo sinusal do coração sob uma maior influência da acetilcolina, o hormônio parassimpático que torna mais lenta a FC (Seals et al., 1994). Ao mesmo tempo, a atividade simpática em repouso diminui. Essa adaptação ao treinamento explica em parte as FC de repouso mais baixas de muitos atletas de *endurance*. Entretanto os períodos de treinamentos relativamente curtos exercem pouco efeito redutor sobre a FC de repouso (Wilmore, et al., 1996; Carter; Banister; Blaber, 2003). As FC de repouso de atletas sadios podem chegar a 50bpm com relatos de FC inferior a 30bpm (McArdle; Katch; Katch, 2011).

Durante a realização de esforço físico dinâmico, modulações em diferentes variáveis do SC sofrem mudanças para estabelecer o aporte energético adequado para o principal grupamento muscular recrutado, sendo influenciada pela intensidade e volume de exercício (Alonso et al., 1998; Brum et al., 2004; Fritzsche et al., 1999).

Durante o esforço físico, a musculatura envolvida no trabalho exige que o SC sofra ajustes que assegurem um DC apropriado para atender a demanda metabólica da atividade, provocando aumento da FC, VS, resistência vascular periférica, e Pressão Arterial (Powers e Howley, 2009) (Quadro 1).

**Quadro 1** – Modulações agudas do sistema cardiovascular ao esforço físico

Exercício	FC	VS	DC	RVP	PA PAS / PAD	Mecanismo
Dinâmico	▲	▲	▲	▼	▲ / — ou ▼	Mecanorreceptores musculares e comando central e aumento na atividade simpática

FC = Frequência cardíaca; VS = Volume Sistólico; DP = Debito Cardíaco; RVP = Resistência vascular periférica; PA = Pressão arterial; PAS = PA Sistólica; PAD = PA Diastólica. (Adaptado de BRUM et al., 2004).

Durante a prática do exercício físico existem fatores centrais e periféricos que influenciam o sistema nervoso autônomo, ajustando o DC. A principal variável do DC a sofrer aumento devido o maior estímulo nervoso é a FC (Brum et al., 2004). No esforço, a atividade da musculatura envolvida, a mecânica respiratória, a contração e a dilatação dos vasos sanguíneos desempenham papel fundamental para ajuste do DC, facilitando o retorno venoso e assim regulando a pressão arterial diastólica e aumentando o retorno venoso ou volume diastólico (Williamson et al., 2006). Quanto maior o aumento do volume sanguíneo nas cavidades cardíacas, maior será a força de contração do miocárdio e pressão arterial sistólica (Rowell e O'leary, 1990).

A FC é a maior responsável pelo aumento do DC durante o exercício, tanto em atletas quanto em sujeitos destreinados, o aumento do DC decorrente do treinamento ocorre, sobretudo devido a modificações morfofuncionais no músculo cardíaco e na volemia, resultando em maior retorno venoso e maior volume sistólico fenômeno conhecido como lei de Frank-Starling (Zavorsky, 2000).

Em estudos anteriores realizados por Conconi et al., (1982) e Spurr et al., (1998) têm sugerido a importância da FC na avaliação funcional e na prescrição da intensidade do exercício físico por meio da estimativa de parâmetros de aptidão aeróbia, pode servir também como instrumento prático

para a adaptação da formação e acompanhamento diário do atleta/aluno sem a necessidade de realizar um teste de corrida máxima em condições de laboratório (Vesterinen, et al., 2013). Alguns autores têm proposto modelos que permitem identificar a FCmax de forma indireta, sem a necessidade de se empregar sessões de exercício máximo, possibilitando assim a prescrição de intensidades de exercício utilizando-se de intensidades submáximas à FCmax (Sotero, et al., 2010, Moreno, 2007).

Um dos modelos indiretos mais conhecidos e utilizados para a predição da FCmax dá-se a partir da equação:  $FC_{max} = 220 - \text{idade}$ . Apesar desse método ser mundialmente conhecido e citado na literatura corrente, segundo Robergs Landwehr (2002) a eficácia e autoria desse modelo ainda é pouco esclarecida. Porém, a autoria desta equação tem sido frequentemente atribuída a Karvonen et al., (1957).

Em estudo realizado por Londeree e Moeschberger (1982) onde verificaram a validade da equação supostamente proposta por Karvonen em estimar a FCmax real, verificando que a FCmax não difere entre sujeitos de diferente gênero e raça, e possivelmente a FCmax seria relativamente limitada e de difícil modificação, possibilitando a utilização da equação para estimar a FCmax sem a necessidade de ajustes para o gênero ou nível de treinamento. Porém Sheffield et al., (1978), evidencia que a FCmax pode variar de acordo com gênero e idade.

Contudo, com o intuito de ajustar essa variação de gênero, idade, condição física, Tanaka et al., (2001) propuseram uma equação com ajustes matemáticos levando em consideração idade, nível de condicionamento físico e outros parâmetros que, teoricamente, seriam capazes de predizer a FCmax de forma mais confiável. Tanaka et al. (2001) propuseram três equações diferentes: para sedentários:  $FC_{max} = 211 - (0,8 * \text{Idade (anos)})$ ; para fisicamente ativos:  $FC_{max} = 207 - (0,7 * \text{Idade (anos)})$ ; para atletas de endurance:  $FC_{max} = 206 - (0,7 * \text{Idade (anos)})$ ; As três equações propostas demonstraram ter uma correlação forte e positiva ( $r=0,81$ ) entre os valores reais e os preditos.

Apesar de existir diversas propostas de equação de predição para  $FC_{max}$  e de forma que algumas não levam em consideração o nível de condicionamento físico da pessoa (Astrand, 1961; Lambert, 1998), contudo a

FC conforme citado no paragrafo anterior com o treinamento de *endurance* realizado cronicamente pode resulta na redução de 3 a 6 bpm em estado de repouso e de 10 a 20 bpm no exercício submáximo em indivíduos praticantes de exercício aeróbio(Brooks, 1995; Weir et al., 1997; Benson, 1998; Carter; Banister; Blaber, 2003).

Contudo, ainda não está claro se a prática do exercício físico regular pode melhorar a função do SNA em favor da redução da FC. Algumas dessas alterações no controle da FC em repouso e nos níveis submáximos decorrentes exercício podem ser consequência de adaptações próprias do nódulo sinusal ou da decorrência de outras modificações fisiológicas como aumento do retorno venoso e do volume sistólico e melhora da contratilidade do miocárdio, como melhora diferença arteriovenosa de oxigênio ou da captação e uso do O<sub>2</sub> para gerar mais trabalho, resultando em diminuição da FC para a situação de repouso e quando demandam menos esforço (submáximo) (Campagnole-Santos e Haibara, 2001).

#### 4.2 Ventilação e Exercício

A ventilação pulmonar (VE) depende de atividades mecânicas dos músculos inspiratórios e expiratórios, que promovem diferença de pressão entre o ambiente externo e os pulmões (Guyton e Hall, 1998). As ações dos músculos inspiratórios e expiratórios definem o volume de ar que entra e sai das vias aéreas através da expansão e compressão do tórax a cada ciclo respiratório denominado volume corrente. A quantidade de ciclos por minuto é chamada de frequência respiratória (FR). Em um indivíduo normal o volume corrente é de 500 ml e a FR é de 12 ciclos.min<sup>-1</sup>, resultando em uma VE de repouso de aproximadamente 6 L.min<sup>-1</sup> (Guyton e Hall, 1998).

Apesar da VE em condições de esforços máximos alcançarem valores em torno de 110 L.min<sup>-1</sup>, esses valores refletem em média 65% do que seria a capacidade ventilatória máxima (150 a 170 L.min<sup>-1</sup>), entretanto, mesmo não atingindo a capacidade máxima, essa condição representa um aumento de 20 vezes em relação aos valores basais (Guyton e Hall, 1998; McArdle; Katch; Katch, 2011).

Com a função de garantir um melhor transporte de  $O_2$ , o aumento de até 90% do DC e concomitante aumento de até 65% da capacidade máxima da VE, possibilita uma melhor e maior velocidade de captação de  $O_2$ . Independentemente da não linearidade entre DC e VE, sugere-se que a diminuição da oferta de  $O_2$  para a musculatura determinada pelo DC pode ser o maior limitante no Consumo de  $O_2$  (Guyton e Hall, 1998; DiPrampo, 1999; Powers e Howley, 2009; Azevedo et al., 2010).

Para atender as necessidades metabólicas do organismo o trabalho do SC, seja em estado de repouso ou durante o exercício físico, não conseguiria atuar de forma isolada, tendo fundamental importância o trabalho do sistema respiratório, responsável pelas trocas gasosas entre o  $O_2$  e  $CO_2$ , bem como de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) mantendo suas concentrações adequadas para o bom funcionamento do organismo (Guyton, 1996; Bruce e White, 2012).

A respiração é controlada pelo centro respiratório localizado no bulbo e na ponte por meio de quimioceptores sensíveis as concentrações de  $CO_2$  e  $H^+$ , e a concentração de  $O_2$  serão acompanhadas pelos quimioceptores localizados no seio carotídeo e arco da aorta que por sua vez transmitem sinais ao centro respiratório. Além disso, durante o esforço físico a transmissão de impulsos colaterais oriundos de estímulos centrais superiores do cérebro para contração muscular e estímulos proprioceptores articulares, são os responsáveis pelo aumento da ventilação pulmonar (Bruce e White, 2012).

Em um sujeito considerado saudável, o volume médio de oxigênio metabolizado que representa o equivalente metabólico (MET), unidade de consumo de oxigênio necessária para manter as funções orgânicas em estado de repouso ( $1 \text{ MET} = 3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  é igual ao consumo de repouso de um homem saudável de 70 kg). Apesar de esse volume ser relativamente baixo quando comparado aos valores obtidos em situação de exercício (Ainsworth et al., 1993).

As respostas ventilatórias (consumo máximo de  $O_2$ ) são importantes indicadores associados tanto ao nível quanto preditor de aptidão aeróbia de sujeitos fisicamente ativos (Hollman, 2001; Svedahl e Macintosh, 2003). Estudos também sugerem que um elevado nível de aptidão aeróbia é de grande importância para alcançar o sucesso em esportes de *endurance* (Basset e Howley, 2000; Akalan et al., 2004).

O consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ) representa a capacidade integrada dos sistemas pulmonar, cardiovascular e muscular para captação, transporte e metabolização do  $\text{O}_2$  (Basset e Howley, 2000; Poole; Wilkerson; Jones, 2008), nos seres humanos a capacidade de metabolizar  $\text{O}_2$  é de fundamental importância, seja em condições normais, como na realização de tarefas de vida diária e manutenção do metabolismo basal, seja em situações que exigem maiores demandas de  $\text{O}_2$ , como as encontradas na prática do exercício em domínio submáximo e/ou máximo ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) (Tortora, 2000, Hill; Poole; Smith, 2002).

Observa-se que o consumo de  $\text{O}_2$  aumenta de forma linear com relação à carga implantada, ou seja, quanto maior a carga de exercício maior será o consumo de  $\text{O}_2$  pela pessoa até que ela chegue a níveis próximos à tolerância máxima da carga do exercício, a partir do qual, por mais que a pessoa suporte mais carga de exercício o  $\text{VO}_2$  se mantém constante podendo se chamar de  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), uma importante maneira de se definir a capacidade aeróbia de uma pessoa (Neder; Nery, 2002). Além de ser considerado como padrão ouro de avaliação da capacidade máxima do sistema cardiorrespiratório e do metabolismo muscular aeróbio a mais de um século (Hill e Lupton 1923 ; Howley 2007).

O consumo máximo de oxigênio é um parâmetro muito importante nos esportes e na prática clínica por sua correlação positiva com o desempenho do coração (Arena et al., 2007), permite também a avaliação da capacidade funcional e diagnóstica do SC (Guazzi; Myers; Arena, 2005) e é essencial não só na medicina esportiva (Sartor et al., 2013) quanto na prescrição do exercício físico (Billat et al., 1999; ACSM, 2005).

Para os atletas, o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  fornece informações importantes sobre a sua capacidade aeróbia. No cenário clínico, fornece informações de diagnóstico e prognóstico valiosos em várias populações clínicas, como pacientes com doença arterial coronária ou insuficiência cardíaca e também para avaliar a aptidão de adultos assintomáticos (Sartor et al. 2013).

No entanto, ainda muitos profissionais que trabalham tanto com o esporte quanto com a análise clínica não têm acesso fácil a analisadores de gases (Schmitz et al, 2005; Fudge et al, 2007), o que pode justificar a tentativa

de validar outros métodos para estimar e avaliar este parâmetro (Almeida et al., 2010; Sotero et al., 2009).

Com isso, Devido a grande participação percentual do DC no  $VO_{2max}$ , a FC também apresenta uma relação linear com o  $VO_2$  (Achten e Jeukendrup, 2003; Haller et al., 2013), tanto em animais (Brosh, 2007; Halsey et al., 2008) quanto em humanos (Hiilloskorpi et al., 1999; Garet et al., 2005). Portanto, diversos protocolos (Balke e Ware, 1959; Ellestad et al., 1969; Bruce, 1971; Astrand e Rodahl, 1986) utilizam-se da FC associada a uma determinada carga de exercício para estimar o  $VO_{2max}$  utilizando-o como parâmetro de avaliação da capacidade aeróbia (Almeida, 2010; Robergs e Roberts, 2002).

A FC apresenta um papel de destaque devido sua fácil mensuração de forma não invasiva e com equipamentos acessíveis (Achten e Jeukendrup, 2003; Conconi et al., 1982), entretanto conforme supracitado a mensuração do  $VO_2$  requer equipamento sofisticados e de alto custo (Guimaraes, 2003; Yazbek et al., 1998; Wicks et al., 2011).

Na literatura são encontrados relatos demonstrando que a cinética da FC, se comporta de forma semelhante ao  $VO_2$ , durante o teste de esforço progressivo apresentando um paralelo aumento conforme o incremento das cargas de trabalho (Alonso et al., 1998; Reis; Tillaar; Marques, 2011; Wicks et al., 2011; Haller et al., 2013).

Contudo esse tipo de investigação ainda é escasso quando se trata do treinamento esportivo de alto rendimento (Vella e Robergs, 2005), principalmente se tratando de corredores de *endurance* (Reis; Tillaar; Marques, 2011).

#### 4.3 Velocidade de Corrida associado ao $VO_2$ máximo ( $V_{máx}$ )

A velocidade de corrida associada ao  $VO_{2max}$  denominado  $V_{máx}$ , está relacionada a variável da intensidade de treinamento e pode ser determinada em um teste de corrida progressiva (direto e indireto) e a partir da prática do treinamento utilizando esta variável é possível levar a maiores melhorias no  $VO_{2max}$  por meio de uma variedade de meios, incluindo o aumento da

densidade mitocondrial e maior remoção de lactato (Billat, 2001; Enoksen; Shalfawi; Tonnessen, 2011).

A  $V_{m\acute{a}x}$  pode ser utilizada como sugestão de ajustar de forma correta a intensidade de exercício a ser trabalhada a fim de obter melhores resultados de  $VO_{2max}$  nas sessões de treinamento para melhorar a cinética do  $O_2$ , o próprio  $VO_{2max}$ , e o  $T_{max}$  com principal intuito de melhorar o desempenho atlético (Billat et al., 1999; Smith et al., 1999; Smith et al., 2003).

Por possuir relação com intensidade e volume de treinamento, a fim de buscar o estímulo mais adequado evitando ineficiência no programa de treinamento ou até mesmo evitar situação de *overtraining*. Por essa razão, alguns indicadores de intensidade do exercício, como a  $V_{m\acute{a}x}$  e o tempo máximo que pode ser mantido na  $V_{m\acute{a}x}$  ( $T_{max}$ ), têm sido empregados e sugeridos como referência na avaliação e prescrição de intensidade de exercício físico (Billat et al., 1999).

O  $T_{max}$  é definido como o tempo que o indivíduo suporta correndo a 100% da sua  $V_{m\acute{a}x}$  e tem-se utilizado este parâmetro para definir o volume a ser trabalhado na  $V_{m\acute{a}x}$  (intensidade). Na tentativa de maximizar tanto o tempo gasto no  $VO_{2max}$  e o trabalho total concluído no  $VO_{2max}$ , estudos anteriores sugerem que as séries a 60% da  $T_{max}$  sejam mais eficazes (Hill e Rowell, 1996; Hill; Willians; Burt, 1997; Smith; Coombes; Gerathy, 2003; Ferley et al., 2013).

Outro aspecto relevante é que a velocidade média obtida em provas de meia distância (3000m – V3km) correlacionam-se e não diferem estatisticamente da  $V_{m\acute{a}x}$  tanto para corredores de provas longas (Hill e Rowell, 1997) como também para indivíduos fisicamente ativos (Silva et al., 2005). De tal modo que a V3km tem sido sugerida como um indicador de desempenho e um parâmetro para prescrição de intensidades de treinamento, além de ser de fácil aplicação em testes de pista (Smith et al., 1999; Smith et al., 2003;).

Outro aspecto relevante da V3km e  $V_{m\acute{a}x}$  é a forte correlação com a velocidade do limiar de lactato (LL). O LL é um parâmetro que pode analisar quantitativamente a aptidão aeróbia da pessoa e também tem relação com o consumo de  $O_2$ . Em um estudo realizado por Simões et al. (2005) com corredores de nível nacional, a V3km apresentou uma correlação forte positiva

( $r=0,91$ ) com o LL, correspondendo a aproximadamente 92% da V3km. Silva et al. (2005) também encontraram uma correlação positiva entre  $V_{\text{máx}}$ , V3km e LL em fisicamente ativos, correspondendo a aproximadamente 86% da  $V_{\text{máx}}/V3\text{km}$ .

Ainda sim, pesquisas anteriores destacam o papel do metabolismo aeróbio (medida pelo  $\text{VO}_2$ ) durante provas de corrida de meia distância (Spencer e Gastin. 2001). A proporção dominante de energia é fornecida pelo metabolismo aeróbio para provas acima de 800 metros ou com duração superior a 50 segundos (Gastin, 2001). Além disso, estudo de Duffield, Dawson, Goodman (2005) relatam uma associação entre o desempenho na corrida e tanto na % de corrida relacionado com o  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  quanto na velocidade da resposta do  $\text{VO}_2$  durante na pista, os testes de corrida de meia-distância.

Também é importante investigar as possíveis aplicações práticas desses dados para o desempenho do exercício máximo, esta área ainda está pouco explorada. Apesar do interesse nas características da resposta do  $\text{VO}_2$  principalmente para exercícios de alta intensidade, poucos estudos investigaram a relação entre a resposta  $\text{VO}_2$  e desempenho do exercício em intensidade aeróbia máxima (Duffield e Bishop, 2008).

Provas de corrida de meia distância, possuem uma certa peculiaridade, pois do ponto de vista fisiológico, eles provocam o metabolismo aeróbio à sua potência máxima e metabolismo anaeróbio para sua capacidade máxima (Billat et al. 2009). Com isso sugere-se que os corredores de meia distância são caracterizados por possuírem sistemas tanto o sistema aeróbio quanto anaeróbio superiores quando comparados com corredores de provas isoladas (fundo e velocidade) (Ferri et al., 2012).

Ainda que o sistema anaeróbio tenha um papel fundamental na otimização do desempenho de meia distância, a contribuição do metabolismo aeróbio ainda é predominante (cerca de 84% do total) (Spencer e Gastin 2001). Sugerindo que as variáveis aeróbias podem ser utilizadas como preditores de desempenho de corrida de meia distância (Ferri et al., 2012). Nos estudos de Ferri et al. (2012) e Sartor et al. (2013) mostraram que o sucesso nas provas de meia distância está amplamente relacionada a um alto consumo de  $\text{O}_2$ . Mas, sozinho o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  não pode explicar a *performance* da corrida em atletas com variáveis níveis de  $\text{VO}_{2\text{max}}$  e/ou similares níveis de resistência (Noakes ,

1988). Outras variáveis que estão correlacionadas com as provas de meia distância devem ser levadas em consideração como a economia (Weston et al., 2000; Saunders et al., 2004; Ingham et al 2008), e tempo de exaustão na  $V_{m\acute{a}x}$  (Billat et al. , 1996). Além disso, outros estudos sugerem que a  $V_{m\acute{a}x}$  parece ser o melhor preditor de sucesso na execução de provas de meia distância (Lacour et al 1990; Billat et al 1996; Hanon et al. 2008).

#### 4.4 *Limiar Anaeróbio e Limiar de Lactato*

Para se obter sucesso dentro do âmbito do treinamento de modalidades esportivas que requerem um bom desempenho aeróbio. É de grande importância levar em consideração parâmetros fisiológicos para predição e melhor planejamento de intensidades de corrida para treinamento e competição pode ser um dos elementos chave na elaboração do programa de treinamento com sua utilização bem aceita por pesquisadores, fisiologistas e técnicos desportivos e médicos.

Os parâmetros fisiológicos sugeridos em estudos anteriores que mais se associam com desempenho são o  $VO_{2max}$ , a  $V_{m\acute{a}x}$ , a economia de movimento, e limiar anaeróbio (LAn) mensurados pelas respostas ventilatórias ou lactacidêmicas durante exercícios submáximos (Fabre et al., 2008; Jacobs et al., 2011).

Os métodos mais utilizados para determinação do LAn são a análises das cinéticas do lactato sanguíneo (Simões et al., 2010a, 2010b), da ventilação (Edwards; Clark; Macfadyen, 2003) e da glicemia (Simões et al., 1998; 1999).

O LAn é definido como o momento onde há um aumento exponencial do lactato (Lac) no sangue em uma determinada carga de trabalho em relação aos níveis de repouso ou o momento onde a intensidade de exercício físico na qual a produção de energia pelo metabolismo anaeróbio é superior em relação ao metabolismo aeróbio, causando um aumento na concentração de Lac no sangue e gerando alterações na razão Lac/piruvato no músculo ou no sangue (Wasserman et al., 1974; Wasserman et al., 1999).

O aumento das concentrações de Lac ocorre quando sua cinética passa de um crescimento linear para um crescimento exponencial quando se

atinge determinada carga de exercício e isso ocorre devido a uma maior utilização da via glicolítica para ressíntese de adenosina tri fosfato e pela diminuição da capacidade de remoção do Lac sanguíneo durante a execução do exercício, gerando desproporção na relação de produção e remoção do Lac (Svedahl e Macintosh, 2003).

“Transição aeróbia/anaeróbia” termo introduzido por Kindermann et al., (1979) sugeriram que no momento onde a concentração de Lac atingir entre 2 e 4 mM seria o ponto de transição entre o limiar aeróbio, momento onde ocorre o primeiro aumento do Lac e o limiar anaeróbio, onde há o aumento exponencial das concentrações de Lac.

Contudo em estudo de Spencer e Gastin (2001), após análise da cinética do O<sub>2</sub> em exercícios correspondentes a distâncias de 800 m, mostraram que nos melhores tempos (1' 50") ainda sim teriam maior contribuição do metabolismo aeróbio que do anaeróbio, sendo que a velocidade atingida pelos voluntários eram superiores às velocidades designadas pelo LL ou LAn. Sugerindo que a proposta de Kindermann et al., (1979) (transição aeróbia/anaeróbia) não deva ser utilizada como parâmetro para demarcação de zonas de treinamento sobre metabolismo aeróbio e anaeróbio.

Porém ainda sim o LL é considerado um importante e fidedigno marcador de capacidade aeróbia e parâmetro para referência de manipulação de intensidade de exercício em pesquisas científicas (Pardono, 2008; Simões et al., 2010a; 2010b), em atividades clínicas (Hollmann, 1985) e na elaboração e prescrição de exercícios para atletas (Oliveira; Gagliardi; Kiss, 1994).

A cinética do Lac é o método que mais se destaca na determinação do LAn. Os protocolos mais utilizados são a velocidade de corrida associada à concentração fixa de 4 mM (*Onset of Blood Lactate Accumulation* - OBLA) (Heck et al., 1985), o limiar anaeróbio individual (Stegmann; Kindermann; Schnabel, 1981), o ponto de equilíbrio entre produção e remoção de lactato observado durante teste incremental após a realização de exercício de alta intensidade denominado como lactato mínimo (Tegtbur, Busse e Braumann, 1993) e a máxima fase estável do lactato (Beneke e Von Duvillard, 1996), sendo esta última considerada como padrão ouro na determinação do LL.

O OBLA é definido como a intensidade de exercício que corresponde à concentração de 4 mM obtidos durante teste incremental máximo, onde assume-se que o LAn ocorre na intensidade de exercício onde atingi-se a concentração de 4 mM (Heck et al., 1985).

Em estudo realizado por Stegmann et al (1981) encontraram valores diferentes de Lac na identificação da máximo estado estável de lactato (MEEL) em teste de cargas progressivas que variaram entre 1,4 e 7,5 mM devido a essa grande variação nos resultados encontrados, os autores introduziram o termo limiar anaeróbio individual (IAT), O IAT corresponde a uma intensidade de exercício identificada a partir de um teste com cargas incrementais (estágios de três minutos) até exaustão voluntária do indivíduo, caracterizada para identificação do ponto de inflexão da curva de lactato, pela utilização dos valores da lactato obtidos pós-exercício. O LAn é identificado a partir de uma reta que tem origem na curva de recuperação e tangencia a curva de lactato apresentada durante o teste incremental. Logo, o IAT seria mais válido do que os protocolos que utilizam concentrações fixas de lactato, pois neste protocolo, leva-se em consideração a cinética individual de lac durante o teste incremental.

MEEL é definida como a carga máxima de exercício onde a concentração de Lac permanece praticamente estável. A MEEL é considerada como padrão ouro na determinação da capacidade aeróbia e intensidade de exercício correspondente ao LAn, sendo que essa intensidade de exercício apresenta alta sensibilidade aos efeitos do exercício crônico (Kindermann et al., 1979), tornando seu uso tão comum quanto a utilização do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (Campbell; Simões; Denadai, 1999; Carter; Jones; Doust; 1999). Contudo devido ao alto dispêndio de tempo necessário para a realização dos testes (Séries de 30 minutos de exercício em uma carga constante), além de poder levar vários dias, essa situação tem estimulado a realização de estudos com o intuito de desenvolver protocolos que possam estimar a intensidade de exercício correspondente a MEEL em apenas uma sessão de exercício (Bacon e Kern, 1999; Carter; Jones; Doust, 1999; 2000; Beneke; Hutler; Leithauser, 2001) sendo uma proposta utilizar o método do lactato mínimo (LM) (Carter; Jones; Doust, 2000; Beneke; Hutler; Leithauser. 2001; Sotero et al., 2009, Sotero et al., 2011).

Proposto por Tegtbur et al. (1993) LM consiste em um protocolo de cargas progressivas, que se realiza após uma prévia indução de acidose láctica por meio de exercício anaeróbio máximo, com o aumento expressivo do lac, o protocolo de exercício com cargas progressivas é iniciado de forma que a intensidade inicial seja de tal forma que a remoção do lac seja maior que a produção, de forma que o lac que ao início do protocolo estava em altas concentrações no sangue é removido e suas concentrações vão diminuindo. Entretanto com o aumento da carga e determinado ponto a produção de lac passa a ser novamente superior a remoção voltando a aumentar as concentrações de lac no sangue. Portanto no momento onde a curva se inverte seria considerado o LM. Este protocolo tem sido utilizado como referência da MEEL em humanos (Simões et al., 1999; Svedahl e Macintosh, 2003; Silva et al., 2005).

Estudos sobre LM, MEEL relacionados ao desempenho têm sido realizados principalmente em atletas de alto rendimento (Tegtbur; Busse; Braunmann, 1999; Macintosh; Esau; Svedahl, 2002; Simões et al., 2005), contudo ainda há poucos estudos sobre a validação desses protocolos em indivíduos fisicamente ativos e corredores recreacionais. Uma vez que espera-se que LM e MEEL ocorram em intensidades de exercício semelhantes (Tegtbur; Busse; Braunmann, 1999; Macintosh; Esau; Svedahl, 2002; Svedahl e Macintosh, 2003) e os resultados foram bem correlacionados em testes de pista de meia distância (Simões et al., 1999; 2005; Sotero et al., 2009).

O LAn pode ser identificado também pelo limiar ventilatório (Stegmann et al. 1981) considerado o aumento desproporcional entre a ventilação pulmonar e o consumo de  $O_2$  ( $VE/VO_2$ ) em relação à ventilação pulmonar e a produção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) ( $VE/VCO_2$ ) (Koyal et al., 1976). Esse fenômeno ocorre em razão do aumento nos íons  $H^+$  circulantes estimulando o centro respiratório bulbar gerando o aumento da ventilação. O  $CO_2$  e a queda do pH somados a intensidades acima do LAn estimulam quimioceptores e somados a ação dos íons  $H^+$ , que atravessam a barreira hematocefálica, estimulam os centros respiratórios ocasionando o aumento desproporcional da  $VE/VO_2$  (Mc Ardle; Katch; Katch, 2011; Svedahl e Macintosh, 2003).

Conconi et al (1982) sugerem a identificação do LAn a partir da resposta da FC ao exercício. Os autores averiguaram que durante um teste

incremental a linearidade da FC se altera em uma dada carga de exercício ocorrendo um ponto de deflexão que corresponderia ao LAn.

Entretanto os custos de equipamentos laboratoriais e técnicos que lidam com a coleta de sangue e análises são elevados, deste modo é importante a elaboração de testes indiretos para a avaliação funcional tanto de atletas quanto de pessoas fisicamente ativas e esportistas recreacionais. Sendo bastante útil para os formadores que não têm os recursos para análises de lactato sanguíneo ou  $VO_{2max}$ .

#### 4.5 *Custo de $VO_2$ e Custo de FC*

Atualmente os estudos na área da avaliação funcional têm como proposta o uso de diferentes protocolos onde utilizando das respostas fisiológicas em seres humanos, para propor modelos matemáticos preditivos dessas respostas (Moreno, 2007; Pardono et al., 2008; Sotero et al., 2007, 2009; Almeida et al., 2010; Simões et al., 2010; Zagatto et al., 2012). Outras propostas publicadas na literatura possibilitam minimizar os riscos associados à exposição do avaliado a testes esforço físico máximo (grupos patológicos), utilizando testes submáximos (Moreno, 2007; Puga et al., 2012; Sales et al., 2011), redução de custos referente a material, equipamentos e de mão de obra especializada, bem como praticidade na aplicação dos testes (Almeida et al., 2010; Simões et al., 2009; Sotero et al., 2009), diminuir o tempo de execução da avaliação (Sotero et al., 2007, 2011), bem como a precisão na identificação de parâmetros fisiológicos (Di Prampero, 1986; Gobatto et al., 2008; Pardono et al., 2008; Sotero et al., 2009).

As equações preditivas usam diversas variáveis fisiológicas que sofrem alterações conforme a aplicação da carga durante o esforço físico. Destacam-se o  $VO_{2max}$  (Astrand e Saltin, 1961; Robergs e Roberts, 2002, Almeida et al., 2010), a  $FC_{max}$  (Tanaka et al., 2001; Robergs e Landwehr, 2002) e a predição de intensidade do esforço (Conconi et al., 1982; Sotero et al., 2009).

Estudos referentes ao desempenho físico geralmente associam os parâmetros aeróbios com o desempenho atlético, porém nem todos os indivíduos mais vitoriosos são os que possuem melhores índices de  $VO_{2max}$ .

Essa distinção entre as pessoas que possuem mesmo nível de  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , mas possuem diferentes níveis de desempenho pode ser explicada pela eficiência mecânica, eficiência metabólica, economia de corrida ou pelo custo de  $\text{O}_2$  ( $\text{CVO}_2$ ) (Coyle, 1995; Di Prampero et al., 1986; 1999)

Vale salientar que atletas tornam-se mais econômicos quando comparados com pessoas não treinadas e que uma das sugestões referente a essas diferenças entre corredores de elite e os recreacionais podem, em parte, ser explicadas pela variação das demandas aeróbias e entre elas o custo (Morgan et al., 1995).

Os fatores que interferem no custo podem ser de origem morfofisiológicas como tipos de fibras, potência aeróbia máxima e temperatura corpórea, mecânica de movimento, temperatura climática (Kyröläinen et al. 2001) e até mesmo fatores antropométrico (Pate et al. 1992). Alguns fatores que também devem ser levados em consideração, como a captação de  $\text{O}_2$  pelo sistema respiratório, o transporte do  $\text{O}_2$  via sistema cardiovascular (70%) e capacidade mitocondrial, perfusão e difusão nos capilares do sistema muscular (30%) (Di Prampero, 2009).

Ainda sim, estudos utilizam o  $\text{CVO}_2$  para estimar a  $\text{V}_{\text{máx}}$  de corredores (Silva et al. 2005; Pacheco et al. 2006). No entanto, a  $\text{V}_{\text{máx}}$  originalmente é determinada a partir da medida de  $\text{VO}_2$  em aplicação de teste incremental máximo. Porém, existe a possibilidade de determinar a  $\text{V}_{\text{máx}}$  por meio do  $\text{CVO}_2$  de uma carga submáxima que é definido pela razão entre o  $\text{VO}_2$  e sua respectiva intensidade de exercício ( $\text{CVO}_2 = \text{VO}_2 / \text{velocidade}_{\text{submáx}}$ ) e posteriormente, para a obtenção da  $\text{V}_{\text{máx}}$ , dividi-se o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  pelo  $\text{CVO}_2$  ( $\text{V}_{\text{máx}} = \text{VO}_{2\text{máx}} / \text{CVO}_2$ ), conforme proposto por Di Prampero (1986, 1999).

O  $\text{CVO}_2$  tem sido utilizado por diversos autores da área de avaliação funcional, entretanto, a sua aplicabilidade depende de equipamentos que realizem análise gasosa e ergômetros, recursos que podem inviabilizar o acesso por parte da maioria, mediante a isso modelos paralelos são requeridos a fim de facilitar o acesso dessas pessoas (Moreno, 2007).

Para isso, a FC pode ser uma boa sugestão por ser uma variável de fácil monitoramento e por existir relação com o  $\text{VO}_2$ , devido ao aumento do DC durante a prática do exercício, pois o DC depende principalmente da atuação da FC e o DC máximo é o principal determinante do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ . Mediante a isso

pode-se utilizar a FC para quantificar intensidades de exercício apenas com o uso de um frequencímetro (Achten & Jeukendrup, 2003).

Como o  $\text{CVO}_2$  pode ser utilizado para estimar a  $\text{Vmáx}$  através da divisão do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  pelo  $\text{CVO}_2$ , devido a essa relação do  $\text{VO}_2$  com a FC, pode-se dizer que podemos estimar a  $\text{Vmáx}$  por meio do CFC, tornando-se importantes ferramentas preditivas de parâmetros aeróbios (Moreno, 2007).

O sistema cardiovascular como grande responsável pelo transporte do oxigênio capitado no meio, sendo analisado seu trabalho a partir do DC. Sendo assim, Baseando-se na proposta de DiPrampo (1986), Moreno (2007) propôs a equação de predição da  $\text{Vmáx}$  a partir da FC em teste submáximo onde:

$$\text{Custo da FC} = \text{FC}_{\text{submáx}} \cdot \text{Velocidade submax}^{-1}$$

E

$$\text{Vmáx} = \text{FC}_{\text{max}} \cdot \text{Custo de FC}_{\text{submax}}^{-1}$$

ou

$$\text{Vmáx} = \text{FC}_{\text{max}} \cdot \text{Estimada pela idade} \cdot \text{Custo de FC}_{\text{submax}}^{-1}$$

Estudo recentes evidenciaram não haver diferenças da velocidade máxima real com a predita pelo custo da FC, bem como, pela predita por equações de estimativa da  $\text{FC}_{\text{max}}$  pela idade (Rodrigues et al., 2010; Sotero et al., 2010, 2012).

A identificação dessa intensidade de esforço proporciona um maior domínio e dinâmica das cargas de trabalho na busca de melhores adaptações associadas ao desempenho físico, sendo assim é importante a elaboração de modelos de estimativa da intensidade de trabalho a partir da variável FC em testes submáximo.

## 5. Métodos

A metodologia aplicada na realização do presente estudo foi inicialmente analisada pelo Comitê de Ética de Pesquisas em seres humanos sob o protocolo 556.068/2014.

### 5.1 Amostra

Este estudo contou com a participação de 16 voluntários do sexo masculino, todos praticantes de corrida e participantes provas de corridas de rua (5, 10 e 15km) a pelo menos um ano. Para fins de caracterização da amostra foram feitas avaliações antropométricas: massa corporal (kg), estatura (m), Índice Massa Corporal – IMC [ $\text{kg} \cdot (\text{m}^2)^{-1}$ ] e dobras cutâneas por meio do protocolo de sete dobras sugerido por Jackson e Pollock (1978) e consumo máximo de oxigênio ( $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ).

A amostra foi recrutada por conveniência, que foi formada por corredores recreacionais. Após receberem informações pertinentes sobre o projeto e quanto a eventuais riscos e benefícios da participação no estudo, os voluntários que concordaram em participar do estudo assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Anexo 1). Os participantes do estudo foram submetidos a uma detalhada anamnese, onde foi investigado seu histórico esportivo, médico e nutricional (Anexo 2). O presente projeto obedeceu às exigências da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde do Brasil (Brasil 2012).

Os voluntários foram orientados a se manterem hidratados e bem alimentados, assim como a se apresentarem para os testes com vestimenta adequada (shorts e camiseta leves) para a prática da corrida. Os avaliados foram orientados a não realizarem esforço físico, não ingerirem bebidas alcoólicas ou estimulantes à base de cafeína ou taurina nas 48 horas antecedentes aos experimentos e manter uma dieta normal evitando alimentos de alto índice glicêmico nas 2 horas antecedentes aos testes, todas essas informações eram passadas verbalmente e por meio de informativo impresso.

## 5.2 *Critérios de inclusão no estudo:*

- 1) Ter idade entre 18 e 35 anos.
- 2) Ser corredor recreacional, participante de competições de 5, 10 e 15 km a pelo menos um ano.

## 5.3 *Critérios de exclusão do estudo:*

- 1) Fazer uso de medicação que pudesse interferir nas respostas da FC.
- 2) Apresentar doença(s)/disfunções no histórico de saúde ou outro problema que pudesse comprometer a integridade física e a execução da pesquisa.
- 3) Apresentar problemas ortopédicos que limitasse a participação em testes de esforço físico.

### 5.3.1 *Plano de Coleta de Dados*

As coletas foram conduzidas por avaliadores experientes e submetidos a um treinamento adequado para a aplicação de testes sem intercorrências, dentro dos padrões de normalidade e segurança exigidos para este fim. Os testes foram precedidos de um eletrocardiograma de repouso e entrevista com o cardiologista Dr. Ronaldo Esch Benford que acompanhou a execução dos testes, podendo diagnosticar preventivamente algum eventual problema cardiovascular que o avaliado pudesse apresentar, evitando assim o agravamento de qualquer problema clínico apresentado.

O Laboratório de Avaliação Física e Treinamento (Lafit), onde foram realizadas as avaliações iniciais e que deu suporte na execução dos testes de pista, possui material humano e aparato médico hospitalar adequado para prestar os socorros necessários (incluindo desfibriladores) e em casos extremos realizar a remoção do voluntário até o hospital mais próximo. Além disso, a pressão arterial foi monitorada durante todas as sessões de exercício, para maior segurança do participante.

Quanto as coletas de sangue capilarizado, foram realizadas por pessoal devidamente treinado e capacitado para este fim, onde foi utilizado

material esterilizado e descartável, livre de qualquer tipo de contaminação. Por sua vez, os pesquisadores e a instituição onde o estudo foi realizado se comprometeram em assumir a responsabilidade e dar assistência integral às complicações e danos decorrentes dos riscos previstos nesta pesquisa.

#### 5.4 *Procedimentos Experimentais*

##### 5.4.1 *Avaliação Antropométrica*

Na primeira visita foram coletadas as medidas de massa corporal e estatura (Balança/Estadiômetro Filizola). Os voluntários foram submetidos a dois testes sendo o primeiro encontro padrão para todos. Nesta primeira avaliação foi realizada medidas de dobras cutâneas (Lange, USA), utilizando o protocolo de 7 dobras (Axilar Media, Subescapular, Peitoral, Tricipital, Coxa, Abdominal, Suprailíaca), conforme sugerido por Jackson e Pollock (1978).

##### 5.5 *Teste para Identificação do Custo da FC (CFC) na Esteira*

Seguindo o protocolo descrito por Moreno (2007), para determinar o CFC, utilizou-se o frequencímetro por telemetria para monitorar a FC (Polar® RS800CX, Polar *Electro Oy*, Kempele, Finlândia), análise de gases expirados (*Cortex Biofysik mod. Metalyzer 3B*, Leipzig, Alemanha) e foi utilizada a esteira ergométrica (*Imbramed Millenium Super ATL*, Porto Alegre, Brasil). Os testes para identificação do CFC consistiram de uma corrida submáxima de seis minutos em esteira ergométrica em intensidade ajustada pela percepção subjetiva de esforço (PSE) (Borg, 1982) onde o voluntário deveria permanecer entre os escores 12 e 13, além disso um parâmetro secundário de controle foi média relativa de 80 a 85 % da FC máxima (estimada pela equação: 220-idade). Também houve um questionamento verbal sobre o atual nível de condição física e familiaridade com volumes e intensidades para serem utilizados na pesquisa.

Após 10 minutos recuperação deste teste de seis minutos para identificação do CFC (sendo cinco minutos de recuperação ativa caminhando a

5,0 km/h na esteira, seguido de cinco minutos de recuperação passiva sentado em uma cadeira).

#### 5.5.1 *Teste Incremental Máximo*

Os voluntários realizaram um teste de esforço até a exaustão voluntária máxima com cargas progressivas de 0,5 km.h<sup>-1</sup> a cada 3 minutos com inclinação fixa de 1%. A velocidade de corrida utilizada/ajustada no teste de CFC (Borg 12-13) na corrida submáxima de seis minutos foi subtraída em 1km.h<sup>-1</sup> cujo valor resultante foi a velocidade inicial do teste incremental máximo (Moreno, 2007).

#### 5.6 *Determinação do CFC*

O CFC foi obtido dividindo-se os valores submáximos de FC pela velocidade de corrida submáxima como segue:

$$CFC = FC_{\text{submáximo}} \cdot Vel_{\text{submáxima}}^{-1} \text{ (bpm} \cdot \text{km.h}^{-1}\text{)}$$

Para obtenção dos valores de frequência cardíaca (FC<sub>submáxima</sub>) foi considerada a média dos valores obtidos entre os 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> minutos.

#### 5.7 *Determinação da velocidade associada ao VO<sub>2max</sub> (Vmáx)*

A Vmáx foi considerada a maior velocidade atingida no teste incremental, no momento correspondente a obtenção do VO<sub>2max</sub>, e também foi determinada indiretamente. A seguir apresentaremos as formas de determinação da Vmáx no presente estudo

1) Vmáx Real (Vmáx) = maior velocidade correspondente ao VO<sub>2max</sub> obtido no teste Incremental.

2) Vmáx pelo CFC (Vmáx<sub>FC</sub>): Obtida através da divisão da frequência cardíaca máxima (FC<sub>Max</sub>) pelo CFC como segue:

$$Vmáx_{FC} = FC_{\text{max}} \cdot CFC^{-1}$$

Para o cálculo da  $V_{\max}$  a  $FC_{\max}$  foi obtida por três métodos diferentes: a)  $FC_{\max}$  real obtida no final do teste incremental máximo ( $V_{\max p_{FC_{\max}}}$ ; b) obtida indiretamente pela equação  $220 - \text{Idade}$  ( $V_{\max p_{220-i}}$ ); c) equação proposta por Tanaka et al. (2001):  $FC_{\max} = 207 - (0,7 \times \text{idade})$  ( $V_{\max p_{\text{tanaka}}}$ ).

Após terminar o teste incremental e passados dez minutos de repouso o voluntário fez mais nove minutos de corrida sendo três séries de três minutos a 70% da  $V_{\max}$ , três minutos a 85% da  $V_{\max}$  e três minutos a 100% da  $V_{\max}$  e ao final de cada três minutos foram coletados 25  $\mu\text{l}$  de sangue do lóbulo da orelha, utilizando-se de luvas de procedimento, lancetas descartáveis bem como de capilares de vidro calibrados e heparinizados.

### 5.8 *Custo da FC no teste de pista*

Os voluntários realizaram uma corrida de 6 minutos na pista de atletismo da UCB na raia de número um, com intensidade ajustada pela PSE, devendo o voluntário permanecer entre os níveis 12 e 13 da escala de Borg, ou FC (Polar®, modelo RS800CX, *Polar Electro Oy*, Kempele, Finlândia) entre 80 a 85% da  $FC_{\max}$  Real.

### 5.9 *Teste de 3000 metros*

Após os 6 minutos de corrida submáxima para determinar o  $CFC_{\text{pista}}$  o voluntário ficou 10 minutos em recuperação (cinco minutos recuperação ativa e cinco minutos recuperação passiva). Após este período foi iniciado o teste de 3000 metros, que consiste na realização do percurso no menor tempo possível, sem interrupções, com liberdade para a escolha da estratégia.

Após terminar o teste de 3000m e passados dez minutos de repouso (cinco minutos recuperação ativa e cinco minutos recuperação passiva) do teste o voluntário fez mais três séries de 800 metros de corrida a 70% da  $V_{\max}$ , 800 metros a 85% da  $V_{\max}$  e 800 metros a 100% da  $V_{\max}$  e ao final de cada 800 metros foram coletados 25  $\mu\text{l}$  de sangue do lóbulo da orelha, utilizando-se de luvas de procedimento, lancetas descartáveis bem como de capilares de vidro calibrados e heparinizados.

Para controle da velocidade o pesquisador ditou o ritmo para o avaliado por meio de estímulos sonoros com tempo pré-determinado e marcações na pista a cada 100m.

Os testes foram separados por um intervalo mínimo de 72 horas entre eles. Todos os testes foram realizados no mesmo período do dia para cada voluntário para que não houvessem interferência de diferentes ciclos circadianos (Drust et al., 2005).

#### 5.10 Avaliação da percepção subjetiva de esforço (PSE)

Para PSE foi utilizada a escala de 15 pontos de Borg (1982) (figura 1). Os escores foram obtidos no final de cada estágio do teste incremental, bem como no 4º, 5º e 6º minuto das séries para determinação do CFC. No teste de pista os escores foram obtidos a cada 400 metros no teste de 3000 metros e na 1ª e 2ª volta da serie para determinação do CFC<sub>pista</sub>.

<b>Percepção Subjetiva de Esforço</b>	
<b>6</b>	-
<b>7</b>	<b> muito fácil</b>
<b>8</b>	-
<b>9</b>	<b> fácil</b>
<b>10</b>	-
<b>11</b>	<b> relativamente fácil</b>
<b>12</b>	-
<b>13</b>	<b> ligeiramente cansativo</b>
<b>14</b>	-
<b>15</b>	<b> cansativo</b>
<b>16</b>	-
<b>17</b>	<b> muito cansativo</b>
<b>18</b>	-
<b>19</b>	<b> exaustivo</b>
<b>20</b>	-

**Figura 1-** Escala de Borg 6-20 para Percepção Subjetiva de Esforço (PSE).

### 5.11 Determinação do Limiar Ventilatório

O limiar ventilatório (LV) foi obtido por dois métodos diferentes e independentes. Primeiramente foi verificada a possibilidade de identificação do LV observando aumento da ventilação (VE) em relação ao volume de O<sub>2</sub> consumido (VO<sub>2</sub>) – VE/VO<sub>2</sub> sem o paralelo aumento da VE em relação ao volume de CO<sub>2</sub> produzido (VCO<sub>2</sub>) – VE/VCO<sub>2</sub> (Koyal et al., 1976).

Caso o LV não pudesse ser identificado por meio da cinética das curvas de VE/VO<sub>2</sub> e VE/VCO<sub>2</sub>, o LV foi considerado o ponto onde o VCO<sub>2</sub> aumenta sem o respectivo aumento do VO<sub>2</sub> (*Breakpoint* VCO<sub>2</sub> – VO<sub>2</sub>)(Ahmaidi et al., 1998).

Foram consideradas para análise das variáveis mensuradas os valores (VE, VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub>) obtidos respiração a respiração durante o protocolo incremental.

### 5.12 Teste incremental para determinação do Lactato mínimo 3 pontos (LM3p)

Para determinação da LM3p foi aplicado o protocolo do lactato mínimo modificado de Simões et al. (1998; 2003; 2005) e Sotero et al., (2007; 2009; 2011). Após os participantes terem terminado o teste de 3000m em máxima velocidade para indução a hiperlactatemia, seguido de 10 minutos de recuperação foram realizadas 3 séries incrementais de 800m nas intensidades de 70, 85 e 100% da V3km.

As velocidades desenvolvidas durante os testes incrementais (LMp3) foram controladas por estímulo sonoro a cada 100m.

### 5.13 Coletas de Sangue Capilarizado

Após assepsia do local com álcool foi realizada punção do lóbulo da orelha, utilizando luvas e lanceta descartáveis. A primeira gota de sangue será desprezada, para evitar contaminação da amostra com suor e, em seguida serão coletados 25 µl de sangue capilarizado, por meio de capilares de vidro descartáveis heparinizados e previamente calibrados. As amostras serão

acondicionadas em microtubos do tipo Eppendorf<sup>®</sup>, contendo 50 µl de fluoreto de sódio (NaF) a 1% e mantidas em gelo para posterior dosagem em um analisador eletroenzimático (YSI 2700 Select, Yellow Springs, OH, USA).

#### 5.14 *Análise Estatística*

Os dados foram expressos em média e ( $\pm$ ) desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Havendo distribuição normal para todas as variáveis, os dados foram expressos em média e ( $\pm$ ) desvio padrão. Para comparação das velocidades associadas ao VO2max (pista e esteira) entre e intra-sessão ( $V_{\text{máx}}$  real,  $V_{\text{máx}_{220\text{-idade}}}$ ,  $V_{\text{máx}_{\text{Tanaka}}}$ ,  $V_{\text{máx}_{\text{FCmáx}}}$ ), Split-Plot ANOVA foi aplicada. Ademais, O teste de Mauchly foi utilizado para testar a esfericidade dos dados e, quando o teste foi violado o *épsilon* de Greenhouse-Geisser foi utilizado para estatística F. Além disso, para localizar as diferenças estatísticas intra-sessão, ANOVA para medidas repetidas seguido do Post-hoc de Scheffé foi aplicada. O nível de significância foi fixado em 5% ( $p < 0,05$ ). Adicionalmente, One Way Anova foi empregado para comparar as velocidades, FCs de limiar identificada pelos diferentes métodos (VT, LM<sub>3pPista</sub> e LM<sub>3pEst</sub>). Ademais, para as variáveis de interesse ( $V_{\text{máx}}$  pista e laboratório) o poder estatístico ( $1-\beta$ ) *a priori* foi calculado para todos os procedimentos considerando um alfa de 5% e um *effect size* de  $f=0,3$ . Para a análise do limite de concordância entre as velocidades estimadas pelos diferentes custos e velocidades associadas ao LV e LM (Pista e Esteira) foi utilizada a plotagem de Bland e Altman. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do software *Statistical Package for Social Sciences* 20.0 (SPSS 20.0).

## 6. Resultados

A apresentação dos dados foram expressos em tabelas com valores de média e desvio padrão das variáveis analisadas e figuras de correlação de Bland e Altman (1999).

Podem-se observar na tabela 1 as características biométricas da amostra, onde o teste de normalidade de Shapiro-Wilk foi aplicada em todas as variáveis tendo distribuição normal e caracterizada como homogênea.

A média do IMC aponta que os sujeitos tinham uma classificação de peso normal ( $25,01 \pm 1,8 \text{ kg/m}^2$ ), percentual de gordura considerado regular pela média de idade dos voluntários ( $23,49 \pm 6,8$ ) (Jackson e Pollock, 1978) e  $\text{VO}_2\text{max}$  de  $46,20 (\pm 3,2 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$ , o que caracteriza os voluntários com bom nível de condicionamento aeróbio (Cooper, 1977). De forma que a amostra caracteriza-se por sujeitos fisicamente ativos (Corredores recreacionais).

**Tabela 2.** Características Físicas da amostra estudada (n=16).

	<b>Idade</b>	<b>Peso</b>	<b>Estatutura</b>	<b>IMC</b>	<b>% Gordura</b>	<b>VO<sub>2</sub>max</b>
	<b>(anos)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kg/m<sup>2</sup>)</b>		<b>(mL/kg/min)</b>
<b>Média</b>	30,25	79,26	1,78	25,01	23,49	46,20
<b>(±DP)</b>	(8,0)	(7,2)	(0,1)	(1,8)	(6,8)	(3,2)

A tabela 2 apresenta os valores referentes a FCmax dos voluntários, bem como os valores de FCmax estimadas pelas equações de Tanaka et al. (2001) e a equação 220-idade. Onde houve diferença estatisticamente significativa entre as equações de Tanaka ( $185,8 \pm 5,5 \text{ bpm}$ ) ( $p < 0,05$ ) em relação a equação 220-idade ( $189,7 \pm 8,0 \text{ bpm}$ ).

**Tabela 2** – Valores médios de FCmax e FCmax predita pelas formulas de Tanaka e 220-idade dos participantes.

	<b>FCmax</b>	<b>FCmaxP(Tanaka)</b>	<b>FCmaxP(220-i)</b>
	<b>(bpm)</b>	<b>(bpm)</b>	<b>(bpm)</b>
<b>Média</b>	<b>189,2</b>	<b>185,8*</b>	<b>189,7</b>
<b>(± DP)</b>	<b>(8,4)</b>	<b>(5,5)</b>	<b>(8,0)</b>

\* p<0,05 em relação a FC(220-i) (ANOVA).

A tabela 3 apresenta os valores para caracterização da corrida submáxima de 6 minutos para determinação do CFC(14,0 ±1,1 bpm/km.h<sup>-1</sup> pista; 13,64 ±1,0 bpm/km.h<sup>-1</sup> esteira) e do CVO<sub>2</sub> (3,33 ±0,3 mL O<sub>2</sub>.Kg<sup>-1</sup>.km.h<sup>-1</sup>). Onde previamente citado os voluntários deveriam fazer seis minutos de corrida submáximo, onde foi solicitado aos voluntários que mantessem os valores de PSE (12,25 ±0,8 Pista; 12,69 ± 0,6) abaixo do escore 13 da escala de Borg, valor considerado abaixo do limiar de lactato de 4mM o que corresponde com os valores encontrados tanto nos teste de pista quanto os de esteira 3,41 ±0,6; 3,38 ±0,6 mM respectivamente.

**Tabela 3** – Valores médios de custo de FC, custo de VO<sub>2</sub> e PSE referente à corrida submáxima de 6 minutos para determinação da Vmáx.

	<b>Pista</b>		<b>Esteira</b>	
	<b>Média</b>	<b>(± DP)</b>	<b>Média</b>	<b>(± DP)</b>
<b>FC (bpm)</b>	162	13,5	155	10,1
<b>CFC (bpm/km.h<sup>-1</sup>)</b>	14,0	1,1	13,64	1,0
<b>CVO<sub>2</sub> ( mL O<sub>2</sub>.Kg<sup>-1</sup>.km.h<sup>-1</sup>)</b>	-	-	3,33	0,3
<b>PSE</b>	12,25	0,8	12,69	0,6
<b>[Lac] (mM)</b>	3,41	0,6	3,38	0,6

FC: Frequência Cardíaca; CFC: Custo de Frequência Cardíaca; CVO<sub>2</sub>: Custo de Oxigênio; PSE: Percepção subjetiva de esforço [Lac]: Concentração de lactato sanguíneo.

Podemos observar na tabela 4 os valores da V<sub>máx</sub> alcançada no teste máximo bem como os valores estimados pelo custo (FC e VO<sub>2</sub>) e pelas equações de predição de FC<sub>max</sub>. Com relação a V<sub>máx</sub> não foram encontradas diferenças significativas (intragrupo) com relação as demais variáveis (V<sub>máxp</sub><sub>220-i</sub>, V<sub>máxp</sub><sub>Tanaka</sub>, V<sub>máxp</sub><sub>FCmax</sub>, V<sub>máxp</sub><sub>CVO2</sub>). Entretanto houve diferença significativa entre as variáveis V<sub>máxp</sub><sub>Tanaka</sub> e V<sub>máxp</sub><sub>220-i</sub> ( $p < 0,05$ ),  $13,6 \pm 1,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ;  $13,9 \pm 1,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  respectivamente.

**Tabela 4** – Valores de V<sub>máx</sub> obtidos diretamente em teste de esteira, indiretamente pelo custo de VO<sub>2</sub> (V<sub>máxp</sub><sub>CVO2</sub>) e indiretamente pelos custos de FC<sub>max</sub> (V<sub>máxp</sub><sub>FCmax</sub>), Tanaka (V<sub>máxp</sub><sub>Tanaka</sub>) e 220-idade (V<sub>máxp</sub><sub>220-i</sub>).

	<b>V<sub>máx</sub></b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	V <sub>máxp</sub> <sub>220-i</sub> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	V <sub>máxp</sub> <sub>Tanaka</sub> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	V <sub>máxp</sub> <sub>FCmax</sub> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	V <sub>máxp</sub> <sub>CVO2</sub> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>
<b>Média</b>	13,5	13,9	13,6*	13,8	13,9
<b>(±DP)</b>	(0,8)	(1,2)	(1,1)	(0,9)	(1,3)

\*  $p < 0,05$  em relação a V<sub>máx</sub>(220-i) (ANOVA Split-Plot).

Observa-se na tabela 5 os valores da V3km<sub>p</sub> alcançada no teste de 3000m, bem como os valores estimados pelo CFC e pelas equações de predição de FC<sub>max</sub>. Com relação a V3km não foram encontradas diferenças significativas (intragrupo) com relação as demais variáveis V3kmp<sub>220-i</sub>, V3kmp<sub>Tanaka</sub> e V3kmp<sub>FCmax</sub>. Todavia a V3kmp<sub>Tanaka</sub> foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) quando comparado com a V3kmp<sub>(220-i)</sub>,  $13,3 \pm 1,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ;  $13,6 \pm 1,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  respectivamente.

**Tabela 5** – Valores de V3km obtidos no teste de pista e indiretamente pelos custos de FCmax ( $V3kmp_{FCmax}$ ,  $V3kmp_{Tanaka}$  e  $V3kmp_{(220-i)}$ ).

	<b>V3km</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>V3kmp<sub>(220-i)</sub></b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>V3kmp<sub>Tanaka</sub></b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>V3kmp<sub>FCmax</sub></b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>
<b>Média</b>	13,6	13,6	13,3*	13,6
<b>(±DP)</b>	(1,0)	(1,1)	(1,0)	(0,9)

\*  $p < 0,05$  em relação a  $V3KMP_{(220-i)}$  e  $V3KMP_{FCmax}$  (ANOVA Split-Plot).

Na tabela 5 os são expressos os valores comparativos entre grupos dos valores de  $V_{máx}$  estimados pelo CFC. Não foram encontradas diferenças significativas quando comparados os valores encontrados no teste de esteira ( $V_{máx}$  13,5  $\pm$ 0,8;  $V_{máxp_{(220-i)}}$  13,9  $\pm$ 1,2;  $V_{máxp_{Tanaka}}$  13,6  $\pm$ 1,1;  $V_{máxp_{FCmax}}$  13,8  $\pm$ 0,9 km.h<sup>-1</sup>) com os valores encontrados no teste de Pista ( $V3km$  13,6  $\pm$ 1,0;  $V3kmp_{(220-i)}$  13,6  $\pm$ 1,1;  $V3kmp_{Tanaka}$  13,3  $\pm$ 1,0;  $V3kmp_{FCmax}$  13,6  $\pm$ 0,9 km.h<sup>-1</sup>)

**Tabela 6** – Comparação entre os valores médios de  $V_{máx}$  e V3KM, pelos valores estimados pelo CFC em teste de esteira ( $V_{máxp_{FCmax}}$ ;  $V_{máxp_{Tanaka}}$  e  $V_{máxp_{(220-i)}}$ ). e teste de pista ( $V3kmp_{FCmax}$ ;  $V3kmp_{Tanaka}$  e  $V3kmp_{(220-i)}$ ).

	<b>Esteira</b>		<b>Pista (V3km)</b>	
	<b>Média</b>	<b>(± DP)</b>	<b>Média</b>	<b>(± DP)</b>
<b><math>V_{máx}</math> (km.h<sup>-1</sup>)</b>	13,5	(0,8)	13,6	(1,0)
<b><math>V_{máxp_{(220-i)}}</math> (km.h<sup>-1</sup>)</b>	13,9	(1,2)	13,6	(1,1)
<b><math>V_{máxp_{Tanaka}}</math> (km.h<sup>-1</sup>)</b>	13,6	(1,1)	13,3	(1,0)
<b><math>V_{máxp_{FCmax}}</math> (km.h<sup>-1</sup>)</b>	13,8	(0,9)	13,6	(0,9)

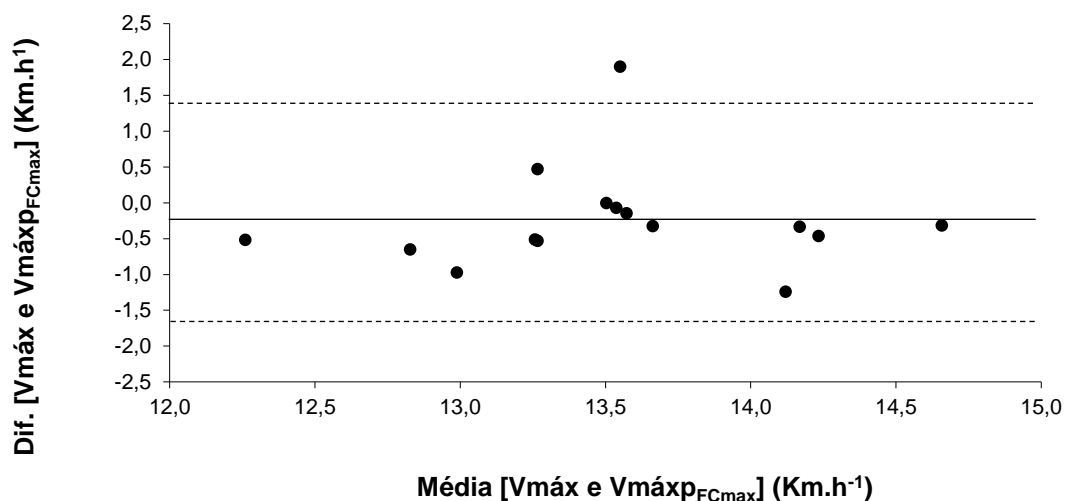
A tabela 7 mostra as correlações entre os valores de  $V_{máx}$  diretas e indiretas utilizando as diferentes propostas de estimativas pelo CFC (FCmax, 220-idade e Tanaka) e  $CVO_2$ .

**Tabela 7** – Correlação entre as velocidades máximas ( $V_{\text{máx}}$  e  $V_{3\text{km}}$ ) e as velocidades estimadas pelo CFC.

	$V_{\text{máxp}}_{\text{FCmax}}$	$V_{\text{máxp}}_{(220-i)}$	$V_{\text{máxp}}_{\text{Tanaka}}$	$V_{\text{máx}}_{(\text{Cvo2})}$	$V_{3\text{kmp}}_{\text{FCmax}}$	$V_{3\text{kmp}}_{\text{Tanaka}}$	$V_{3\text{kmp}}_{(220-i)}$	$V_{3\text{KMP}}$
$V_{\text{máx}}$	0,64	0,69	0,72	0,77	0,68	0,66	0,65	0,79
$V_{\text{máxp}}_{\text{FCmax}}$		0,87	0,88	0,24	0,56	0,46	0,49	0,60
$V_{\text{máxp}}_{(220-i)}$			0,99	0,40	0,55	0,63	0,69	0,58
$V_{\text{máxp}}_{\text{Tanaka}}$				0,44	0,57	0,65	0,69	0,64
$V_{\text{máx}}_{(\text{Cvo2})}$					0,52	0,58	0,55	0,58
$V_{3\text{kmp}}_{\text{FCmax}}$						0,90	0,88	0,87
$V_{3\text{kmp}}_{\text{Tanaka}}$							0,99	0,81
$V_{3\text{kmp}}_{(220-i)}$								0,77

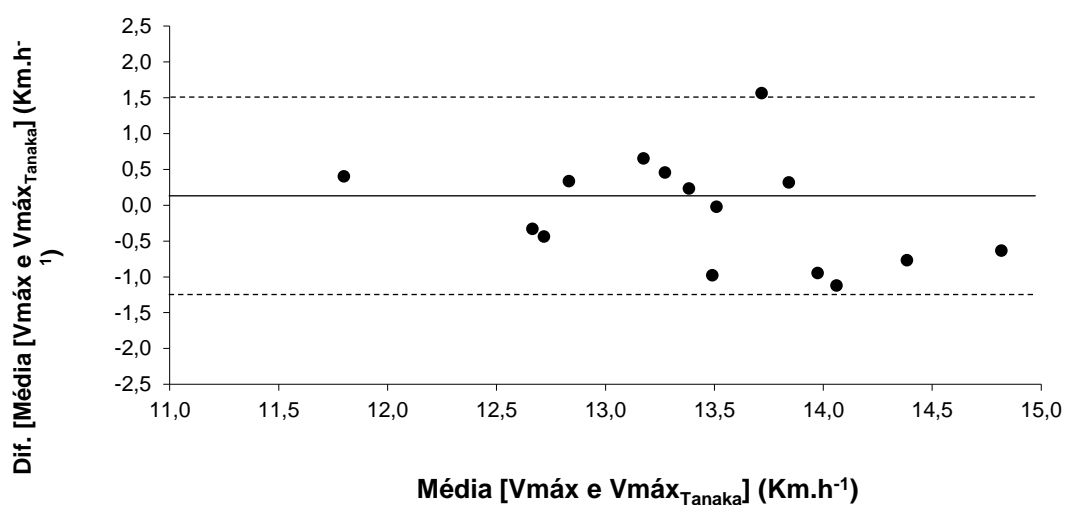
A técnica de Bland e Altman (1999) mostrou concordância entre os Valores da  $V_{\text{máx}}$ , com os valores indiretos obtidos pelo teste de pista (V3km) e os valores de  $V_{\text{máx}}$  estimados pelo CFC (Pista e Esteira) e estimado pelo  $\text{CVO}_2$  (esteira).

A média das diferenças e limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{\text{máx}}_{\text{FCmax}}$  [-0,3 (1,4; -1,6  $\text{km.h}^{-1}$ )] estão demonstrados na figura 1.



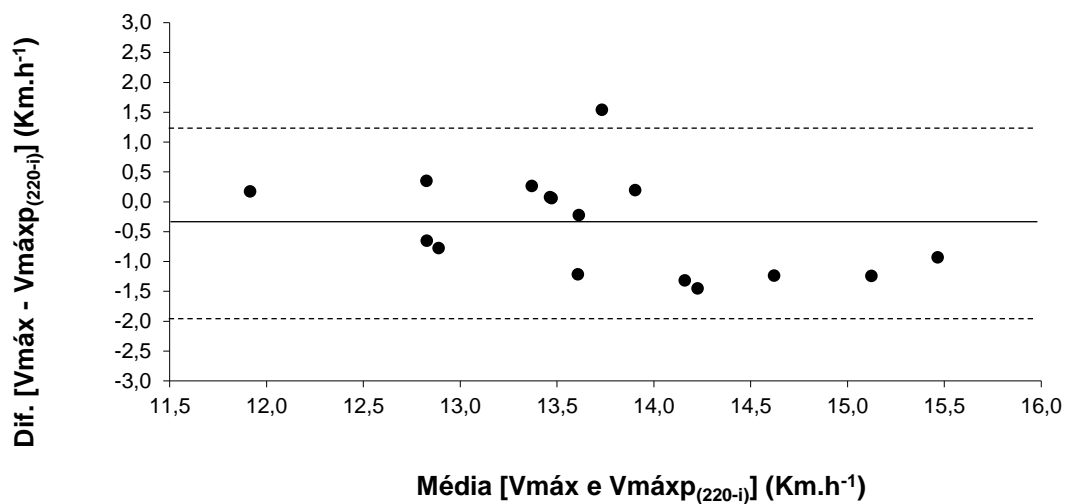
**Figura 2-** Limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{\text{máx}}_{\text{FCmax}}$ .

A média das diferenças e limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{\text{máx}}_{\text{Tanaka}}$  [0,1 (1,5; -1,4  $\text{km.h}^{-1}$ )] estão demonstrados na figura 2.



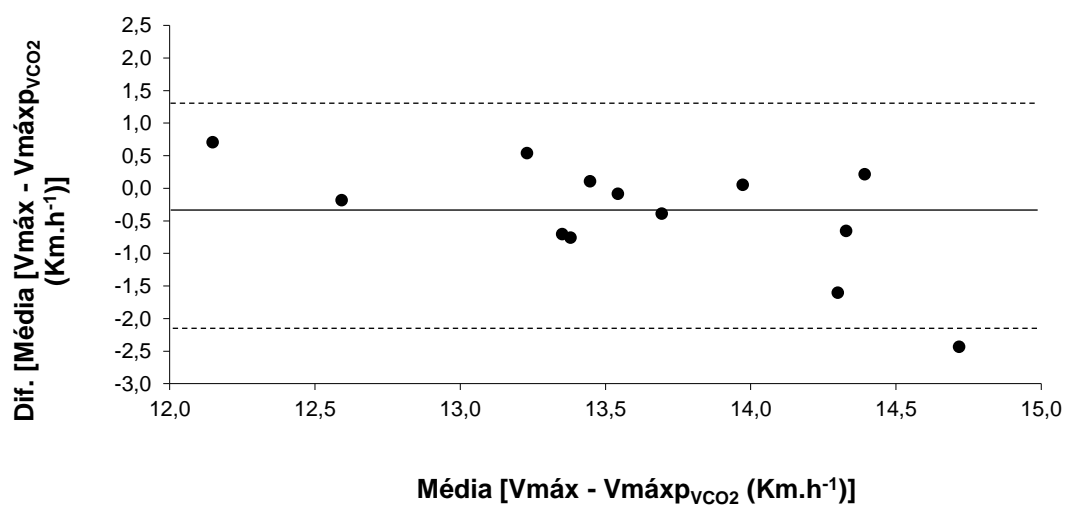
**Figura 3 -** Limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{\text{máx}}_{\text{Tanaka}}$ .

A média das diferenças e limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{\text{máxp}}_{(220-i)}$   $[-0,4 (1,2; -2,0 \text{ km.h}^{-1})]$  estão demonstrados na figura 3.



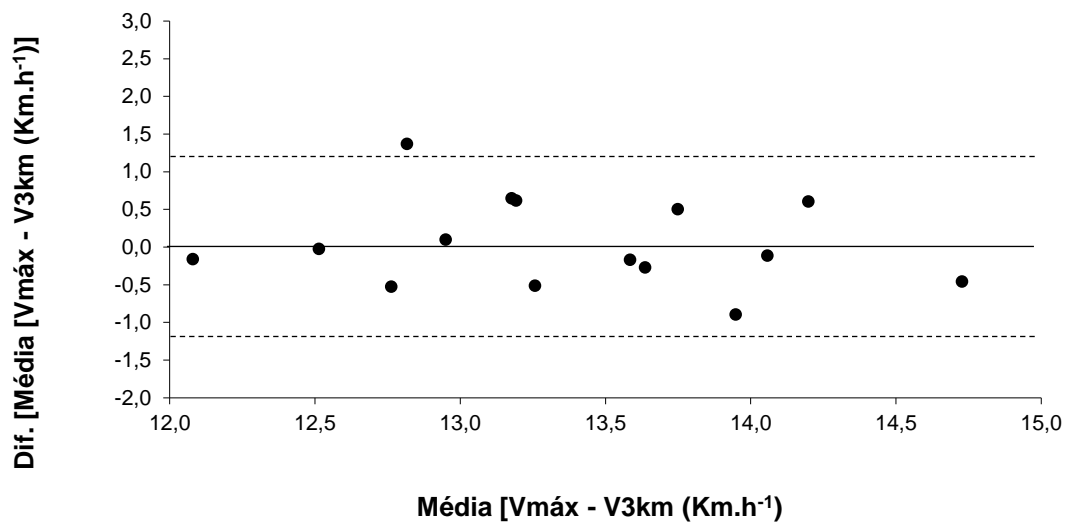
**Figura 4** - Limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{\text{máxp}}_{(220-i)}$ .

A média das diferenças e limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{\text{máxp}}_{V_{\text{CO}_2}}$   $[-0,4 (1,3; -2,2 \text{ km.h}^{-1})]$  estão demonstrados na figura 4.



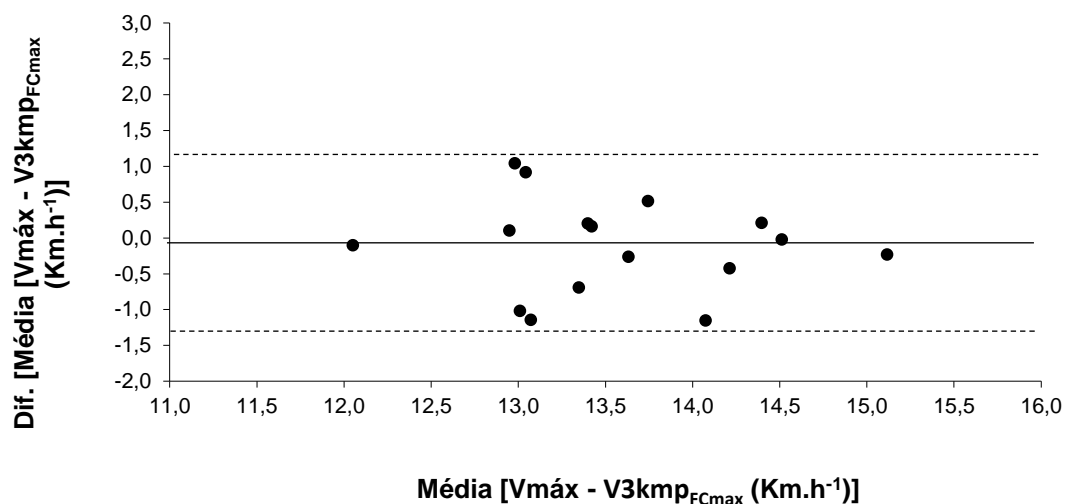
**Figura 5** - Limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{\text{máxp}}_{V_{\text{CO}_2}}$ .

A média das diferenças e limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{3\text{km}}$   $[-0,0 (1,2; -1,2 \text{ km.h}^{-1})]$  estão demonstrados na figura 5.



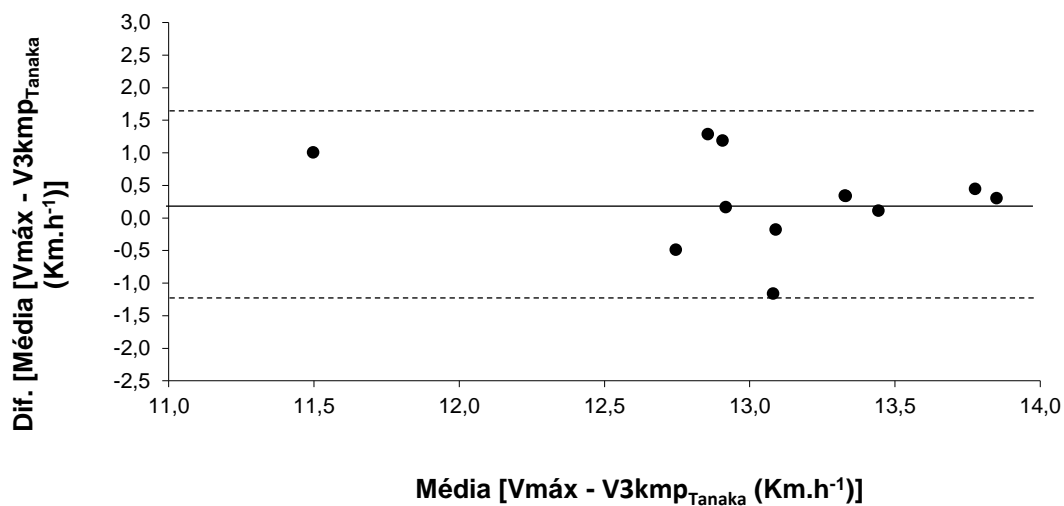
**Figura 6** - Limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{3\text{km}}$ .

A média das diferenças e limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{3\text{kmp}_{\text{FCmax}}}$   $[-0,1 (1,2; -1,4 \text{ km.h}^{-1})]$  estão demonstrados na figura 6.



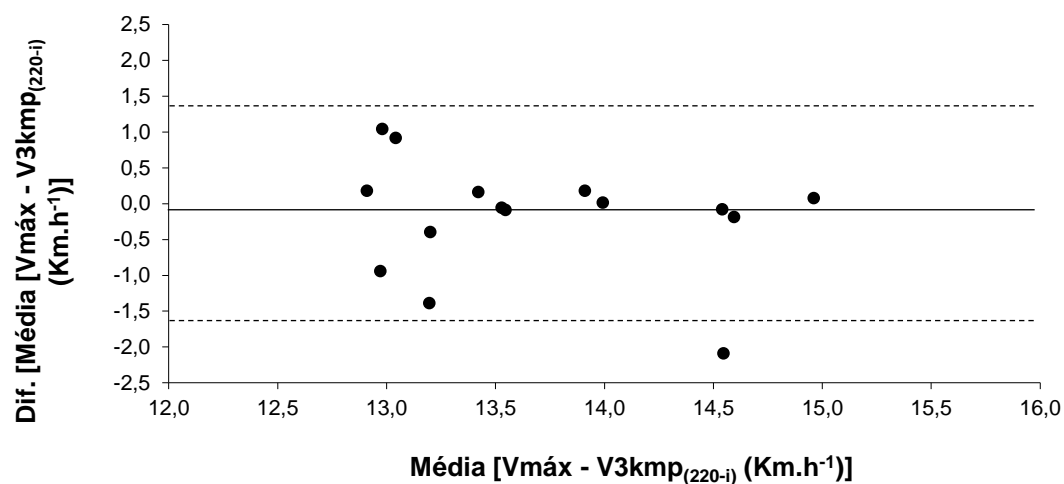
**Figura 7** - Limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V_{3\text{kmp}_{\text{FCmax}}}$ .

A média das diferenças e limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V3kmp_{\text{Tanaka}}$  [0,2 (1,6; -1,3 km.h<sup>-1</sup>)] estão demonstrados na figura 7.



**Figura 8** - Limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V3kmp_{\text{Tanaka}}$ .

A média das diferenças e limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V3kmp_{(220-i)}$  [-0,1 (1,4; -1,7 km.h<sup>-1</sup>)] estão demonstrados na figura 8.



**Figura 9** - Limites de concordância entre  $V_{\text{máx}}$  e  $V3kmp_{(220-i)}$ .

Os valores médios das velocidades associadas ao Limiar Ventilatório (LV) e limiar de Lactato Mínimo 3 pontos obtidos tanto em teste de esteira quanto em teste de pista ( $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$ ). E a porcentagem com relação a  $V_{m\acute{a}x}$ .

Quando comparada as variáveis foi constatada diferença significativa com relação as velocidades associadas ao  $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$  ( $11,4 \pm 0,9$ ;  $11,2 \pm 0,8 \text{ km.h}^{-1}$  respectivamente) com  $p < 0,05$  em relação a velocidade associada ao LV ( $12,1 \pm 0,9 \text{ km.h}^{-1}$ ) estes dados são observados na tabela 8.

**Tabela 8** – Valores médios do LV e  $LM_{3p}$  em teste de esteira e teste de pista.

	$V_{m\acute{a}x}$ ( $\text{km.h}^{-1}$ )	LV ( $\text{km.h}^{-1}$ )	$LM_{3pEst}$ ( $\text{km.h}^{-1}$ )	$LM_{3pPista}$ ( $\text{km.h}^{-1}$ )	LV (% $V_{m\acute{a}x}$ )	$LM_{3pEst}$ (% $V_{m\acute{a}x}$ )	$LM_{3pPista}$ (% $V_{m\acute{a}x}$ )
<b>Média</b>	13,5	12,1*	11,4	11,2	90	84	82
<b>(<math>\pm</math> DP)</b>	(0,9)	(0,9)	(0,9)	(0,8)	-	-	-

\*  $p < 0,05$  em relação a  $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$  (ANOVA *One way*).

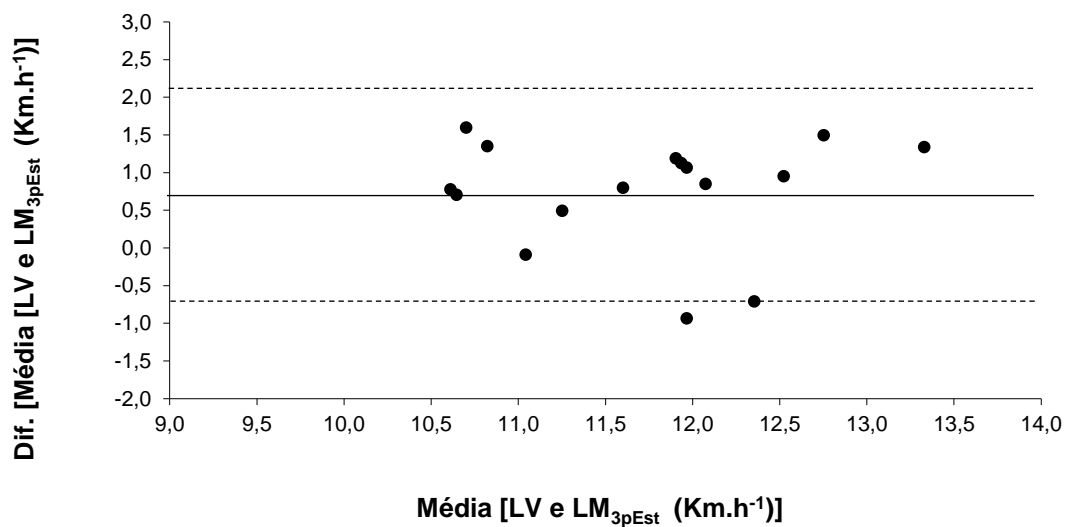
A tabela 9 mostra as correlações entre as velocidades associadas ao LV,  $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$ .

**Tabela 9** - Correlação entre as velocidades associadas ao LV,  $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$ .

	$LM_{3pEst}$	$LM_{3pPista}$
<b>VT</b>	0,66	0,64
<b><math>LM_{3pEst}</math></b>		0,63

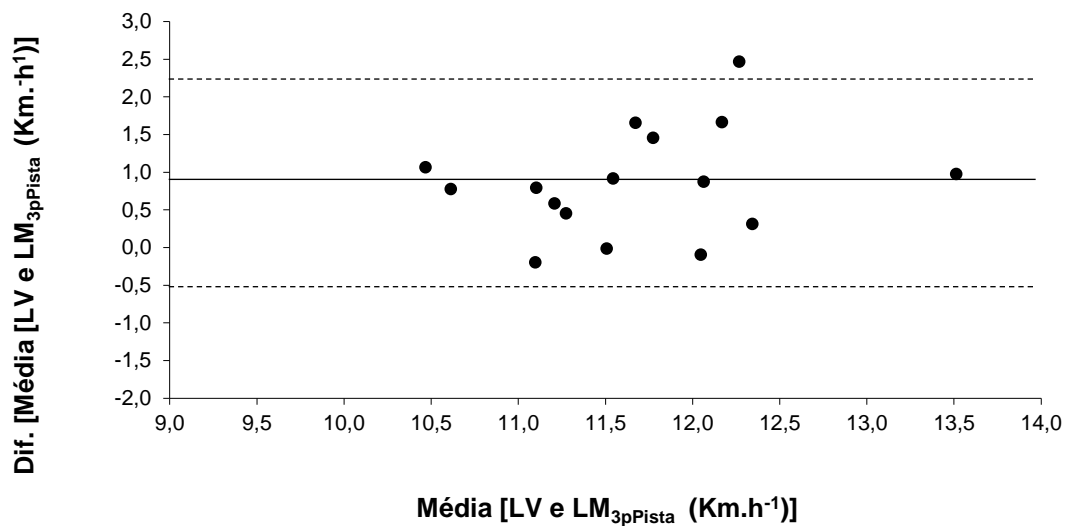
A técnica de Bland e Altman (1999) mostrou concordância entre os valores das velocidades associadas ao LV,  $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$  Figuras (10, 11 e 12).

A média das diferenças e limites de concordância entre LV e  $LM_{3pEst}$  [0,7 (2,2; -0,7 km.h<sup>-1</sup>)] estão demonstrados na figura 12.



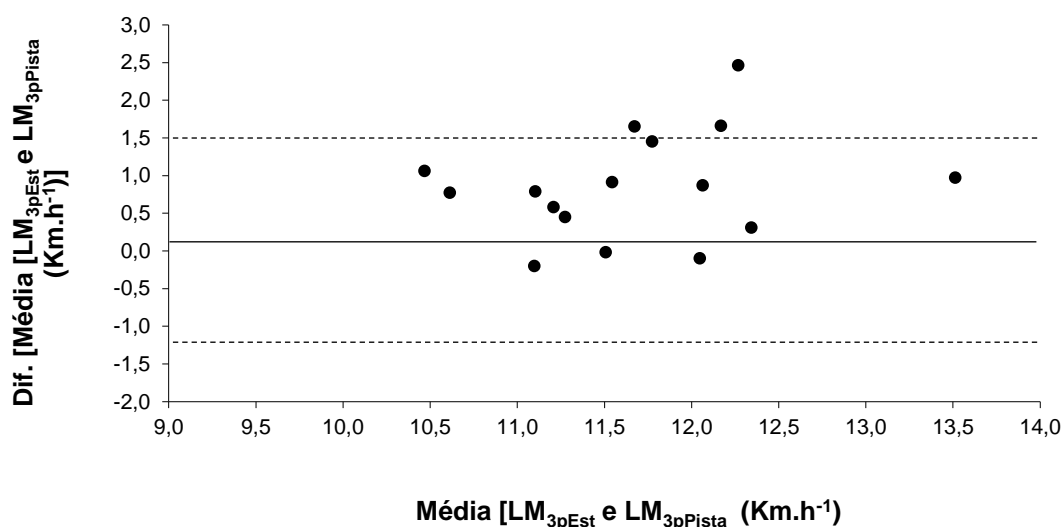
**Figura 10** - Limites de concordância entre LV e  $LM_{3pEst}$

A média das diferenças e limites de concordância entre LV e  $LM_{3pPista}$  [0,9 (2,2; -0,5 km.h<sup>-1</sup>)] estão demonstrados na figura 13.



**Figura 11** - Limites de concordância entre LV e  $LM_{3pPista}$

A média das diferenças e limites de concordância entre  $LM_{3pPista}$  e  $LM_{3pEst}$  [0,1 (1,5; -1,3 km.h<sup>-1</sup>)] estão demonstrados na figura 14.



**Figura 12-** Limites de Concordância entre  $LM_{3pEst}$  e  $LM_{3pPista}$

A tabela 10 mostra as correlações entre os valores de  $V_{máx}$  diretas e indiretas utilizando as diferentes propostas de estimativas pelo CFC (FCmax, 220-idade e Tanaka) e os valores das velocidades associadas ao LV, LM 3 pontos (Esteira e Pista).

**Tabela 10** – Correlação entre as velocidades máximas ( $V_{máx}$  e  $V_{3KM}$ ) e as velocidades associadas ao LV,  $LM_{3p.Est}$  e  $LM_{3p.Pista}$ .

	VT	$LM_{3p.Est}$	$LM_{3p.Pista}$
<b><math>V_{máx}</math></b>	0,84	0,87	0,81
<b><math>V_{máxp_{FCmax}}</math></b>	0,84	0,37	0,62
<b><math>V_{máxp_{(220-idade)}}</math></b>	0,78	0,54	0,51
<b><math>V_{máxp_{Tanaka}}</math></b>	0,78	0,55	0,59
<b><math>V_{máxp_{CVO2}}</math></b>	0,40	0,82	0,69
<b><math>V_{3kmp_{FCmax}}</math></b>	0,66	0,40	0,69
<b><math>V_{3kmp_{Tanaka}}</math></b>	0,54	0,46	0,58
<b><math>V_{3kmp_{(220-i)}}</math></b>	0,58	0,46	0,52
<b><math>V_{3km}</math></b>	0,71	0,54	0,85

## 7. Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar a possibilidade de se estimar a  $V_{m\acute{a}x}$  a partir do CFC em corredores recreacionais tanto em teste de esteira (laboratorial – ergoespiometria) quanto em teste de pista (teste de 3000m). Comparar a estimativa da  $V_{m\acute{a}x}$  por meio do CFC utilizando diferentes equações de predição de  $FC_{max}$  (Tanaka e Karvonen).

Os principais achados do presente estudo apontam que o CFC é útil e eficaz na predição da  $V_{m\acute{a}x}$  tanto em teste de laboratório quanto em teste de pista, sendo que a utilização de equações de predição de  $FC_{max}$  também são válidas para se estimar a  $V_{m\acute{a}x}$  por meio do CFC.

A utilização da  $V_{m\acute{a}x}$  na avaliação e prescrição de exercício tem sido sugerida por diversos autores (Hill et al., 1997, Billat et al., 2000; Simões et al., 2005., Ferley et al., 2013). Tem sido sugerido, por exemplo, séries de exercício baseados na  $V_{m\acute{a}x}$ , em esforços com duração de pelo menos 60% do tempo que o indivíduo consegue permanecer na  $V_{m\acute{a}x}$  até que a exaustão ocorra ( $T_{max}$ ). Assim o praticante realizaria de 3 a 5 séries na  $V_{m\acute{a}x}$ , a 60% da  $T_{max}$  com 1:1 ou 1:2 de relação esforço e pausa (Hill e Rowell, 1996; Hill; Willians; Burt, 1997; Billat et al., 1999; 2009; Smith; Coombes; Gerathy, 2003; Simões et al., 2005; Ferley et al., 2013).

Das equações para estimativa da  $FC_{max}$ , provavelmente a equação 220-idade é a mais utilizada tanto pela comunidade científica quanto pelos profissionais da área da saúde. Robergs e Landwehr (2002) relataram que não há registros de pesquisas publicadas para essa equação, e que ela é erroneamente atribuída a Karvonen et al. (1957), entretanto a proposta para este fim foi realizada por Fox, Naughton e Haskell (1971). Contudo estudos demonstraram que essa equação tende a superestimar a  $FC_{max}$  em até 10 bpm em jovens e adultos jovens (<40 anos) (Barbosa et al., 2004; Silva et al., 2007; Tibana et al., 2008) e a subestimar no caso de idosos (Policarpo e Fernandes Filho, 2004). Contudo o presente estudo contraria os achados supracitados onde não houve diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) quando se compara a  $FC_{max}$  atingida pelos indivíduos (adultos jovens) no teste

ergométrico máximo e a FCmax estimada pela equação 220-idade  $189,2 \pm 8,4$  e  $189,7 \pm 8,0$  bpm respectivamente (tabela 2).

Outra equação frequentemente utilizada para predição da FCmax é o modelo de regressão proposto por Tanaka et al. (2001) ( $208 - (0,7 \times \text{idade})$ ), que de acordo com Barbosa et al. (2004); Camarda et al. (2008), sugerem que a equação apresenta valores de FCmax menores do que as estimadas pela equação 220-idade. Contudo, os dados obtidos no presente estudo vai de encontro aos resultados supracitados, onde o valor de FCmax predito pela equação de Tanaka subestimou os valores e teve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) comparado com a equação 220-idade ( $185,8 \pm 5,5 \text{ b.min}^{-1}$  e  $189,7 \pm 8,0 \text{ b.min}^{-1}$ , respectivamente) (Tabela 2).

Apesar disso, é importante salientar que em todas elas existe um erro padrão de estimativa, que pode produzir uma margem de erro na predição da FCmax (Almeida, 2007). Por isso existem conflitos na literatura sobre a aplicação ou não das equações para predição da FCmax, de forma que alguns autores demonstram boa correlação com a FCmax medida, outros, fraca correlação (Camarda et al., 2008).

Como uma das propostas do estudo foi a de elaborar um protocolo padrão e eficaz para a aplicação do teste de CFC para predição da Vmáx, alguns cuidados foram tomados, principalmente no quesito de controle da velocidade de corrida submáxima (individual) que seriam realizadas nas baterias de testes, principalmente no teste de pista onde o próprio voluntário controlava a sua velocidade diferente do teste de esteira onde o avaliador poderia controlar a velocidade de corrida do voluntário.

Baseando-se no estudo de Moreno (2007), que sugere que nos-testes, a intensidade de realização do CFC deve estar abaixo, porém próximo à intensidade do LAn (concentração abaixo de 4mM de lactato). Para tanto, previamente aos testes foi explicado minuciosamente para cada voluntário que a PSE nortearia a definição da intensidade e que a mesma deveria estar em valores abaixo do escore 13, uma vez que Borg (1985) sugeriu valores entre 12 – 13 como sendo o LAn e Moreira et al., (2007), confirmaram essa possibilidade.

A PSE é uma técnica não invasiva e de fácil aplicabilidade proposta por Borg (1982), considerada uma ferramenta útil para prescrição, avaliação e

controle da intensidade do exercício aeróbio (Green et al., 2005) e como variável confiável para a quantificação de carga de treinamento (Nakamura; Moreira; Aoki, 2010) e da fadiga durante teste de exercício progressivo (ACSM, 2005).

No presente estudo a PSE média dos escores obtidos (tabela 3), para obtenção do CFC, foi de  $12,69 \pm 0,6$  no teste de esteira e  $12,25 \pm 0,8$  no teste de pista não havendo diferença estatística entre as duas médias, valores que atendem ao método proposto por estarem estreitamente abaixo dos valores sugeridos de PSE para o LAn.

Analisando os resultados mencionados, observa-se que a PSE encontrada corroboram com os valores sugeridos por BORG (1982) PSE  $12,69 \pm 0,6$  no teste de esteira e PSE de  $12,25 \pm 0,8$  no teste de pista.

Além da PSE, outro parâmetro que pode refletir a intensidade em que foi realizado o custo é a concentração de lactato sanguíneo ([lac]). No teste de esteira a [lac] ficou com valor médio de  $3,38 \pm 0,6$  mM e  $3,41 \pm 0,6$  mM para o teste de pista (Tabela 3), esses dados apoiam com os encontrados por Scherr et al., (2013) em um estudo com grupo variado de pessoas de ambos os sexos (n=2560) que realizaram teste em ergômetro (esteira) encontram valores referente a relação entre a PSE e o LL fixo entre 3 e 4 mM, onde foi encontrado uma média entre  $12,8 \pm 2,1$  e  $14,1 \pm 2,0$ , resultado semelhante aos nossos achados.

Esses resultados mostram que a intensidade em que foi realizado o CFC gerou concentrações baixas de lactato deixando claro que o exercício foi submáximo e abaixo do LM.

A hipótese principal do estudo que foi verificar a utilização do CFC na previsão da  $V_{\text{máx}}/V_{3\text{km}}$  em ambos os protocolos de teste (pista e esteira). Vale salientar que a  $V_{\text{máx}}$  é uma intensidade na qual o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  pode ser atingido, e tem sido associada com a velocidade média empregada em corrida de 3.000m ( $V_{3\text{km}}$ ) (Hill e Rowell, 1997; Smith; McNaughton; Marshall, 1999; Silva, 2005). A boa precisão em prever a  $V_{\text{máx}}/V_{3\text{km}}$  nos dois testes reforça a sua validade. Contanto podemos sugerir a utilização de séries de corrida de seis minutos em ritmo constante e abaixo das condições de estado estável, tornando-se uma avaliação de simples aplicação de baixo custo e que supostamente pode ser aplicado em pessoas de diversos níveis atléticos. Com

isso esse método se torna muito importante quanto sua aplicabilidade especialmente para atletas e corredores amadores que não tem acesso frequente a testes laboratoriais e também àqueles que não possuem uma boa tolerância a testes de esforço máximo. Portanto, torna-se importante estimar a  $V_{\text{máx}}$  pelo cálculo do CFC por meio da aplicação de uma corrida submáxima de velocidade constante, apenas com a utilização da  $FC_{\text{max}}$ , seja ela obtida em teste laboratorial, ou utilizando equações de predição.

Esse comportamento de crescimento tanto da FC quanto do consumo de  $O_2$  está de acordo com os resultados observados na literatura (Alonso et al., 1998; Billat 2006) e vem sendo atribuído as respostas que ocorrem durante a demanda energética exigida pelo exercício (Wicks et al., 2011; Haller et al., 2013).

Como resultado dessa congruência entre a ação dessas variáveis, no presente estudo, foi possível, estimar a  $V_{\text{máx}}$  por meio das respostas da FC perante o exercício submáximo, conforme sugerido por Moreno (2007), baseado no já fundamentado  $CVO_2$  (DiPrampero et al., 1986, 1999), que vem sendo utilizado como parâmetro em outras pesquisas (Coyle, 1995; Pacheco et al., 2006; Helgerud; Støren; Hoff, 2010; Sotero et al., 2012).

Outros estudos apontam a praticidade do uso da FC para cálculo de taxa metabólica e com isso a proposta de estimativa de  $VO_{2\text{max}}$  a partir da FC, Wicks et al. (2011) sugerem que a  $FC_{\text{índice}}$  ( $FC_{\text{absoluta}}/FC_{\text{rep}}$ ) pode ser utilizado para prever o gasto energético, dessa forma, supõe-se que o valor linear e constante do  $CVO_2$  bem como o também aumento proporcional da FC, simultâneo a um gasto energético até pontos máximos ( $VO_{2\text{max}}$ ), neste ponto também atingir-se-á a  $FC_{\text{max}}$ , confirmando a possibilidade de estimar valores de  $VO_{2\text{max}}$  pela FC.

Os resultados do presente estudo, demonstram que a  $V_{\text{máx}}$  foi, em média, de  $13,5 \pm 0,8 \text{ km.h}^{-1}$ , não diferindo estatisticamente da  $V_{\text{máx}}$  estimada pela  $V_{\text{máx}}_{(220-i)}$ ,  $V_{\text{máx}}_{(\text{Tanaka})}$ ,  $V_{\text{máx}}_{(FC_{\text{max}})}$ , e  $V_{\text{máx}}_{(CVO_2)}$ , ( $13,9 \pm 1,2$ ;  $13,6 \pm 1,1$ ;  $13,8 \pm 0,9$ ;  $13,9 \pm 1,3 \text{ km.h}^{-1}$ , respectivamente), havendo diferença significativa entre a  $V_{\text{máx}}_{(\text{Tanaka})}$  ( $P < 0,05$ ) em relação a  $V_{\text{máx}}_{(220-i)}$  e  $V_{\text{máx}}_{(CVO_2)}$  para o teste de esteira (Tabela 4). Entretanto, apesar de nenhum dos resultados derivados dos métodos utilizados para obtenção da  $V_{\text{máx}}$  serem diferentes, a  $V_{\text{máx}}_{(220-i)}$  foi a que mais se aproximou da  $V_{\text{máx}}$ .

Pelo fato da  $V_{\text{máx}}$  estar intimamente associada ao  $\text{VO}_{2\text{max}}$  a utilização de métodos alternativos para se avaliar este parâmetro aeróbio, a V3000 tem sido sugerida como um indicador de desempenho e um parâmetro para prescrição de intensidades de treinamento, além de ser de fácil aplicação em testes de pista (Smith et al., 1999; Smith et al., 2003).

Outro objetivo deste estudo foi verificar a validade do CFC em estimar a V3km em teste de pista e os resultados que a V3km foi em média  $13,6 \pm 1,0 \text{ km.h}^{-1}$  e não foram encontradas diferenças significativas com relação aos valores de V3km preditas pelo CFC,  $V3\text{km}_{(220-i)}$  e  $V3\text{km}_{\text{Tanaka}}$  e  $V3\text{km}_{\text{FCmax}}$  ( $13,6 \pm 1,1$ ;  $13,3 \pm 1,0$ ;  $13,6 \pm 0,9 \text{ km.h}^{-1}$  respectivamente) havendo diferença significativa entre a  $V3\text{km}_{\text{Tanaka}}$  ( $P < 0,05$ ) em relação a  $V3\text{km}_{(220-i)}$  para o teste de pista (Tabela 5). Todavia para o teste de pista a equação de Tanaka não se mostrou eficiente, subestimando os valores médios  $V3\text{km}_{\text{Tanaka}}$  mesmo não tendo diferença significativa em relação a V3km.

Essa diferença perante a FCmax predita pela equação de Tanaka et al., (2001) pode se dar ao fato de os sujeitos da pesquisa não são semelhantes ao do estudo realizado pelo autor onde a equação utilizada ( $207 - (0,7 \times \text{idade})$ ) predita para sujeitos fisicamente ativos, apesar da presente amostra atender a esse requisito, talvez o nível atlético dos sujeitos da pesquisa de Tanaka sejam superiores ao da presente amostra.

Ademais quando observamos a Tabela 6, quando comparado os valores obtidos em teste de esteira e teste de pista não houve nenhuma diferença significativa entre os valores obtidos direta e indiretamente, mostrando a eficácia do CFC em estimar os valores de  $V_{\text{máx}}$  e V3km.

No entanto, do ponto de vista prático, a  $V_{\text{máx}}$ /V3km estimada por meio do CFC utilizando a equação (220-i) demonstra grande validade e aplicabilidade, tendo em vista que, nesse procedimento, a  $V_{\text{máx}}$ /V3km pode ser obtida indiretamente utilizando-se de recursos de fácil acesso e relativo baixo custo, como, por exemplo, um frequencímetro, o que torna um atrativo mais interessante para a população comum e atletas amadores, visto que não é necessário um protocolo de exercício máximo.

Contudo, ainda é desconhecido como a predição da  $V_{\text{máx}}$  pode ser afetado por outras variáveis se elas podem influenciar nas respostas do  $\text{CVO}_2$  e do CFC, por exemplo, no presente estudo todos os voluntários eram homens

adultos jovens, fisicamente ativos, porém não atletas. Não se sabe até que ponto a idade pode influenciar no CFC, uma vez que quanto mais idade o sujeito possui geralmente menores os valores de FCmax e dependendo do nível atlético menor economia de corrida. Portanto, outros estudos devem ser feitos a fim de validar essa proposta de equação de predição de V<sub>máx</sub> com outras populações.

A descrição do protocolo LM foi publicada pela primeira vez por Tegtbur et al. (1993). Desde então, o protocolo de LM tem atraído a atenção de vários pesquisadores, a maioria deles fazendo estudos relacionados ao desempenho (Carter; Jones; Doust, 1999; Macintosh; Esau; Svedahl, 2002; Dantas De Luca et al., 2003) , cinética de lactato sanguíneo ( Denadai e Higino, 2004), e diversas variações metodológicas do teste LM (Ribeiro et al., 2003) , tanto para os atletas (Ribeiro et al., 2003; Denadai e Higino, 2004; Simões et al., 2005) e para os sujeitos não atleta ( Simões et al., 2003; Sotero et al., 2007; 2011).

O protocolo para identificação LM consiste em uma indução prévia de hiperlactatemia, alguma série de exercício que exija esforço máximo realizado antes do teste incremental, posteriormente inicia-se um protocolo progressivo onde ao final de cada estágio coleta-se o sangue para posterior análise e identificação de um ponto de equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato sanguíneo ( Tegtbur et al., 1993; Simões et al., 2005).

A aplicação do teste de LM é importante, por ser um teste válido e reprodutível que estima a MEEL, além da vantagem de se exigir apenas um dia de avaliação (Fernandes et al. de 2011; MacIntosh et al, 2002;. Pardono et al, 2008;.. Ribeiro et al, 2003;. Sotero et al, 2009), uma vez que a velocidade de corrida associada ao LM está sendo bem empregada como ferramenta de prescrição de exercício e não exigir equipamentos dispendiosos (Sotero, 2009; Simões et al., 2005) e pode ser bem empregada para estimativa de velocidade associada ao LAn de corredores de médias distâncias (1000 a 5000m) sejam eles atletas ou não (Laursen, et al., 2007).

Sotero et al.(2009; 2011) propuseram o protocolo de LM em pista de atletismo com redução do teste para três incrementos, escolhendo diferentes combinações de estágios onde não encontraram diferenças entre velocidades de LM e a identificação da velocidade associada a MEEL.

No presente estudo o LM ocorreu entre 82 e 84% da  $V_{m\acute{a}x}$  (Pista e Esteira) e o LV ocorreu a aproximadamente 90% da  $V_{m\acute{a}x}$ , com diferença entre o LV e o LM. A identificação das velocidades correspondentes ao LM associadas ao % da  $V_{m\acute{a}x}$  pode ser de importante aplicação. Diversos estudos do nosso grupo tem demonstrado equivalência entre as velocidades de LM e MEEL (Simões et al., 2005; Sotero et al., 2007; 2009; 2011). No entanto uma limitação do presente estudo foi a não realização o teste para determinação da MEEL, que por sua vez, exige muito do voluntário tanto fisicamente quanto temporalmente, pois necessita de 3 a 5 sessões de testes retangulares, em dias distintos e com pelo menos 48h entre eles. Assim optou-se pela técnica de Sotero et al., (2009; 2011) para aplicação do teste de LM de três estágios.

A relação entre LM e  $V_{m\acute{a}x}$  observada no presente estudo tem sido relatado de forma similar em outros trabalhos, como o de Pacheco et al. (2006), apesar de ter utilizado protocolo de Simões et al.,(2003) diferente da do presente estudo que utilizou o LM de 3 pontos sugerido por Sotero et al., (2009;2011), com indivíduos fisicamente ativos, verificaram que o LAn ocorreu em velocidade equivalente a 87,8% da  $V_{m\acute{a}x}$  e Silva et al. (2005), encontrou velocidade associada ao Lan equivalente a 86,6%, resultados próximos aos encontrados no presente estudo, em que a velocidade do LM ocorreu a 82% e 84% da  $V_{m\acute{a}x}$  no teste de pista ( $LM_{3pPista}$ ) e esteira ( $LM_{3pEst}$ ) respectivamente (tabela 8). Porém, nos estudos realizados por Simões et al., (2003; 2005), apesar da amostra ser diferente (atletas), constatou-se, que o LM ocorreu em uma velocidade de 90 a 93% da  $V_{3km}$ , resultados que diferem dos nossos. Tal diferença provavelmente se deve em função da amostra estudada, pois sujeitos mais treinados possuem uma tolerância maior ao acúmulo de lactato sanguíneo e os limiares se aproximam mais da  $V_{m\acute{a}x}$  (Basset Junior et al. 1995).

Outro parâmetro que pode ser associado à  $V_{m\acute{a}x}$  é o limiar ventilatório (LV). O LV vem sendo demonstrado pela literatura (Koyal et al., 1976; Stegmann et al. 1981) como um fenômeno que ocorre na mesma intensidade do LL, e que tal comportamento está associado a ligação metabólica que existe entre os dois fenômenos (Svedahl e Macintosh, 2003, Simões et al., 2005; Moreno, 2007). Contudo no presente estudo os resultados encontrados

referente ao LV – 90% da  $V_{\text{máx}}$ , diferiu estatisticamente dos valores obtidos referente ao LM 82 e 84% da  $V_{\text{máx}}$  ( $LM_{3p\text{Pista}}$  e  $LM_{3p\text{Est}}$  respectivamente).

Com isso, baseado nos dados obtidos, devido ao fato da não realização do padrão ouro para determinação do LL (MEEL), sugere-se a utilização de valores próximos a 82 e 84% da  $V_{\text{máx}}$  por também estarem altamente correlacionados à  $V_{\text{máx}}$  e evitar a prescrição de carga de trabalho de forma errônea.

## 8. Conclusão

Conclui-se que o protocolo (corrida de seis minutos) utilizado no estudo para a obtenção do CFC foi eficiente para estimar a  $V_{m\acute{a}x}$ , tanto no teste em pista de atletismo quanto no teste de esteira em laboratório, confirmando a hipótese do estudo. Ademais, sugere-se que a equação 220-idade seja mais eficiente na utilização no modelo para a estimativa da  $V_{m\acute{a}x}$  pelo CFC em corredores recreacionais.

Além disso, outro resultado foi a relação entre as velocidades associadas aos limiares (LM e LV) que apesar do LV (90% da  $V_{m\acute{a}x}$ ) ter sido diferente do LM na população do estudo, existiu uma correlação positiva com a  $V_{m\acute{a}x}$  e houve concordância entre eles. Contudo não houve diferença entre o LM obtido tanto do teste de laboratório (84% da  $V_{m\acute{a}x}$ ) quanto no teste de pista (82% da  $V_{m\acute{a}x}$ ). Logo sugere-se a prescrição das sessões de corrida entre 82 e 84% da  $V_{m\acute{a}x}$  que são valores que em tese representam intensidade de exercício sustentável, e em fase estável de lactato, o que seria de importante aplicação prática.

## Referências Bibliográficas

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart rate monitoring: applications and limitations. **Sports medicine**, v. 33, n. 7, p. 517-538, 2003.

ACSM. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**, 7th ed. Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia; 2005.

AINSWORTH, B. E. et. al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 25, n. 1, p. 71- 80, Jan.1993.

AKALAN, C.; KRAVITZ, L.; ROBERGS, R.A. VO<sub>2</sub>max.: Essentials of the most widely used test in exercise physiology. **Health & Fitness Journal**. v. 8, n. 3, p. 5-9, 2004.

ALMEIDA J. A.; CAMPBELL, C.S.G; PARDONO, E.; SOTERO, R.C.; MAGALHÃES, G.; SIMÕES, H.G. Validade de equações de predição em estimar o VO<sub>2</sub>max de Brasileiros jovens a partir do desempenho em corrida de 1.600m. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, p. 57-60, 2010.

ALMEIDA, M.B. Frequência cardíaca e exercício: uma interpretação baseada em evidências. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 9, p. 196- 202, 2007.

ALONSO D.O., FORJAZ, C.L.M., REZENDE, L.O., BRAGA, A.M.F.W., BARRETTO, A.C.P.B., NEGRÃO, C.A., RONDON, M.U.P.B. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, vol.71, n.6, pp. 787-792, 1998.

AHMAIDI, S. et. al. Effects of interval training at the ventilatory threshold on clinical and cardiorespiratory responses in elderly humans. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 78, n. 2, p. 170-176, Jul. 1998.

ALTMAN DG, BLAND JM BLAND JM, ALTMAN DG. "Measuring agreement in method comparison studies". **Statistical Methods in Medical Research** 8 (2): 135–60, 1999.

ARENA R., MYERS J., WILLIAMS M.A., GULAT, M., KLIGFIELD, P., BALADY, G.J., COLLINS, E., FLETCHER, G.; American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Cardiovascular Nursing. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. **Circulation**. V.116, N.3, 329–43, 2007.

ASTRAND, P. O., RYHMING, I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. **Journal of Applied Physiology** V. 7, 218–22, 1954.

ASTRAND, P.O.; RODAHL, K. **Textbook of work physiology**. New York: McGraw-Hill, 1986. p.331-356.

ASTRAND, P.O.; SALTIN, B. Oxygen uptake during the first minutes of heavy muscular exercise. **Journal of applied physiology**, v.16, p. 971-976, Nov. 1961.

AZEVEDO, P.H.S.M., ARAÚJO, C.G.S., CAPUTO, F., REIS, V.M. Biomotricity roundtable - consumo máximo de oxigênio. **Brazilian Journal of Biomotricity**, v. 4, n. 1, p. 3-13, 2010

BACON, L. AND KERN, M. Evaluating a test protocol for predicting maximum lactate steady state. **Journal of Sports Medicine Physiology and Fitness** V.39, 300–308, 1999.

BALKE, B; WARE, R. W. An experimental study of physical fitness of air force personnel. **Armed forces medical journal**, v. 10, n. 6, p. 675-688, Jun. 1959.

BARBOSA, F. P.; OLIVEIRA, H. B.; FERNANDES, P. R.; FERNANDES, F. J. Estudo Comparativo de Equações de Estimativa da FC Máxima. **Fitness and Performance Journal**, v. 3, p. 108-114, 2004.

BASSET, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Sciences in Sports and Exercise**, v. 32, n. 1, p. 70-84, 2000.

BENEKE R.; VON DUVILLARD S. P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine science and sports exercise**, v.28 , p.241–246, 1996.

BENEKE, R, HUTLER, M, AND LEITHAUSER, RM. Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. **British Journal of Sports Medicine**35: 192–196, 2001.

BENSON, R. Running. In: BURKE, E. R. (Ed.). Precision heart rate training. Champaign, IL: **Humam Kinetics**, 1998. p. 68-69.

BILLAT, V., HAMARD, L., KORALSZTEIN, J.P., MORTON, R.H. Differential modelling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1,500-m run. **Journal of Applied Physiology**, 107:478–487, 2009.

BILLAT, V.L., FLECHET, B., PETIT, B., MURIAUX, G., KORALSZTEIN, J.P. Interval training at VO<sub>2</sub>max: effects on aerobic performance and overtraining markers. **Medicine and science in sports and exercise**. v. 30, n. 1, p. 156-163, Jan. 1999.

BILLAT, V. Interval training for performance: A scientific and empirical practice—Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. **Sports Medicine**. 31: 13–31, 2001.

BILLAT, V.L., SLAWINSKI, J., BOCQUET, V., DEMARLE, A., LAFITTE, L., CHASSAING, P., KORALSZTEIN, J.P. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal

oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. **European Journal of Applied Physiology**. 81: 188–196, 2000.

BORG., G. A. V. Psycophysical bases of perceived exertion. **Medicine and science in sports and exercise**, v.14, p. 377-381, 1982.

BRAGADA, J.A.; BARBOSA, T.M. Estudo da relação entre variáveis fisiológicas, biomecânicas e o rendimento de corredores portugueses de 3000 metros. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 7, n. 3, p. 291-298, 2007.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde do Brasil. Resolução n.º 196, 1996.

Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br>>. Acesso em: 25 abr. 2012.

BROOKS, G. A.; FAHEY, T. D.; WHITE, T. D. The heart. In: \_\_\_\_\_. **Exercise physiology: human bioenergetics and its applications**. 2. ed. Mountain View, CA: Mayfield, 1995. p; 243- 259.

BROSH A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: a review. **Journal of Animal Science** 85, 1213-1227, 2007.

BRUCE R. M, WHITE, M. J. Muscle afferent activation causes ventilatory and cardiovascular responses during concurrent hypercapnia in humans. **Experimental Physiology**, vol. 97, n. 2, p. 208-218, 2012.

BRUCE, R. A. Exercise testing of patients with coronary heart disease. **Annals of clinical research**, v.3, p. 323-330, 1971.

BRUM, P.C.; FORJAZ, C.L.M.; TINUCCI, T.; NEGRÃO, C.E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.18, n.especial, p.21-31, 2004.

CAMARDA, S.R.A.; TEBXRENI, A.S.; PÁFARO, C.N. SASAI, F.B. TAMBEIRO, V.L.; JULIANO, Y.; NETO, T.L.B. Comparação da Frequência Cardíaca Máxima

Medida com as Fórmulas de Predição Propostas por Karvonen e Tanaka. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 91, p. 311-314, 2008.

CAMPAGNOLE-SANTOS, M.J., HAIBARA, A.S. Reflexos cardiovasculares e hipertensão arterial **Revista Brasileira de Hipertensão** 8: 30-40, 2001.

CAMPBELL, C.S.G., SIMÕES, H.G., DENADAI, B.S. Reprodutibilidade do limiar anaeróbio individual e lactato mínimo determinados em teste de pista. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde** 3: 24–31, 1999.

CARTER H, PRINGLE JSM, BARSTOW TJ, DOUST JH. Oxygen uptake kinetics during supraVO<sub>2</sub>max treadmill running in humans. **International Journal of Sports Medicine**; 27: 149–157, 2006.

CARTER, H, JONES, AM, AND DOUST, JH. Changes in blood lactate and pyruvate concentrations and the lactate-to-pyruvate ratio during the lactate minimum speed test. **Journal of Sports Science** 18: 213–225, 2000.

CARTER, H, JONES, AM, AND DOUST, JH. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Medicine science and sports exercise** 31: 837–845, 1999.

CARTER, HJ, JONES, AM, AND DOUST, JH. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. **Journal of Sports Science** 17: 957–967, 1999.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P.G.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive test in runners. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.52, p.862-73, 1982.

COSTA V. P., LIMA J. R. P., DE-OLIVEIRA F. R. Identificação de limiares metabólicos em curvas de frequência cardíaca ajustadas. **Revista brasileira Educação Física e Esportes**, v.21, n.3, p.219-27, 2007.

COYLE, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 23, p.25-63, 1995.

DANTAS DE LUCA, R, ROCHA, R, BURINI, RC, COELHO GRECO, C, AND DENADAI, BS. The lactate minimum test protocol provides valid measures of cycle ergometer VO<sub>2</sub>peak. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness** 43: 279–284, 2003.

DENADAI, B.S. **Avaliação aeróbia**: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. Rio Claro: Motrix, 2003.

DENADAI, B.S. AND HIGINO, W.P. Effect of the passive recovery period on the lactate minimum speed in sprinters and endurance runners. **Journal Science Medicine and Sports** 7: 488–496, 2004.

DI PRAMPERO, P. E. The energy cost of human locomotion on land and in water. **International journal of sports medicine**, v. 7, p. 55-72, 1986.

DI PRAMPERO, P. E. A brief comment on the factors limiting maximal oxygen consumption in humans. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 80, n. 5, p. 516-517, 1999.

DI PRAMPERO P. E., SALVADEGO, D., FUSI, S., GRASSI, B. A simple method for assessing the energy cost of running during incremental tests. **Journal Applied Physiology**, n.107, p.1068–1075, 2009.

DRUST B, WATERHOUSE J, ATKINSON G, EDWARDS B, REILLY T. Circadian rhythms in sports performance - an update. **Chronobiology International**. 22:21-44, 2005.

DUFFIELD R, BISHOP D, DAWSON B. Comparison of the VO<sub>2</sub> response to 800-m, 1500-m and 3000-m track running events. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**; 46: 353–360, 2006.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. **Journal of Sports Science**, v. 23, n. 10, p. 993-1002, 2005.

DUFFIELD, R., BISHOP, D. VO<sub>2</sub> Responses to Running Speeds Above VO<sub>2</sub>max **International Journal Sports Medicine**. 29: 494–499, 2008.

ELLESTAD, M.H., ALLEN, W., WAN, M.C., KEMP, G.L. Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. **Circulation**. 39:517–522, 1969.

ENOKSEN, E, SHALFAWI, S, AND TØNNESSEN, E. The effect of high- vs. low-intensity training on aerobic capacity in well-trained male middle-distance runners. **Journal of Strength & Conditioning Research** 25: 812–818, 2011.

FABRE N, PASSELERGUE P, BOUVARD M, PERREY, PERREY S. Comparison of heart rate deflection and ventilatory threshold during a Field cross-country roller-skiing test. **Journal of Strength & Conditioning Research**. 22(6):1977-84, 2008.

FERLEY, D.D., OSBORN, R.W., VUKOVICH, M.D. The effects of uphill vs. level-grade high-intensity interval training on VO<sub>2</sub>max, V<sub>máx</sub>, V(LT), and T<sub>max</sub> in well-trained distance runners. **Journal of Strength & Conditioning Research**. Jun;27(6):1549-59, 2013.

FERRI, A.; ADAMO, S.; LA TORRE, A.; MARZORATI, M.; BISHOP, D.J.; MISEROCCHI, G. Determinants of performance in 1,500-m runners. **European Journal Applied Physiology** v.112; 3033–3043; 2012.

FRITZSCHE, R.G., T.W. SWITZER, B.J. HODGKINSON, AND E.F. COYLE. Stroke volume decline during prolonged exercise is influenced by the increase in heart rate. **Journal of Applied Physiology** 86:799–805, 1999.

FOX, S.M., NAUGHTON, J.P., HASKELL, W.L. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. **Annals of clinical research**. V.3: 404-32, 1971.

FUDGE, B.W., WILSON, J., EASTON, C., IRWIN, L., CLARK, J., HADDOW, O., KAYSER, B., PITSILADIS, Y.P. Estimation of oxygen uptake during fast running using accelerometry and heart rate. **Medicine and Science in Sports and Exercise** 39, 192-198, 2007.

GARET, M., BOUDET, G., MONTAURIER, C., VERMOREL, M., COUDERT, J. AND CHAMOUX, A. Estimating relative physical workload using heart rate

monitoring: a validation by whole-body indirect calorimetry. **European Journal of Applied Physiology**. 94, 46-53, 2005.

GOBATTO, C.A., MELLO, M.A.R., GOBATTO, F.B.M., PAPOTI, M, VOLTARELLI, F.A., CONTARTEZE, R.V.L., ARAUJO, G.G. Avaliações fisiológicas adaptadas à roedores: aplicações ao treinamento em diferentes modelos experimentais. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 7, p. 137-147, 2008.

GREEN JM, MCLESTER JR, CREWS TR, WICKWIRE PJ, PRITCHETT RC, REDDEN A. RPE-lactate dissociation during extended cycling. **European Journal of Applied Physiology**; 94:145-50, 2005.

GUAZZI M, MYERS J, ARENA R. Cardiopulmonary exercise testing in the clinical and prognostic assessment of diastolic heart failure. **American College of Cardiology Foundation**, 46:1883-90, 2005.

GUIMARÃES, J.I., STEIN, R., VILAS-BOAS, F. Normatização de técnicas e equipamentos para realização de exames em ergometria e ergoespirometria. **Arquivos Brasileiro de Cardiologia**, vol.80, n.4, p. 457-464, 2003.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**, 9ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1996.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Fisiologia humana e mecanismos das doenças**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1998.

HALSEY, L.G., SHEPARD, E.L., HULSTON, C.J., VENABLES, M.C., WHITE, C.R., JEUKENDRUP, A.E. AND WILSON, R.P. Acceleration versus heart rate for estimating energy expenditure and speed during locomotion in animals: tests with an easy model species, **Homo sapiens. Zoology (Jena)** 111, 231-241, 2008.

HANON C, LEVEQUE JM, THOMAS C, VIVIER L. Pacing strategy and VO2 kinetics during a 1,500-m race. **International Journal of Sports Medicine** 29:206–211, 2008.

HALLER, J.M., FEHLING, P.C., BARR, D.A., STORER, T.W., COOPER, C.B., SMITH, D.L. Use of the HR index to predict maximal oxygen uptake during different exercise protocols **Physiological Reports** Vol 1, N. 5, 1 – 9, 2013.

HECK H, MADER A, HESS G, MÜCKE S, MÜLLER R, HOLLMANN W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.6, n.3, p. 117-30, 1985.

HELGERUD J, STOREN O, HOFF J. Are there differences in running economy at different velocities or well-trained distance runners? **European Journal of Applied Physiology**. 108(6): 1099-105, 2010.

HIILLOSKORPI, H., FOGELHOLM, M., LAUKKANEN, R., PASANEN, M., OJA, P., MÄNTTÄRI, A. AND NATRI, A. Factors affecting the relation between heart rate and energy expenditure during exercise. **International Journal of Sports Medicine** 20, 438-443, 1999.

HILL, AV, LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. **Quarterly journal of medicine**, 16:135–171, 1923.

HILL, D. W.; ROWELL, A. L. Running velocity at VO<sub>2</sub>max. **Medicine science and sports exercise** 28: 114–119, 1996.

HILL, D. W.; ROWELL, A. L. Responses to exercise at the velocity associated with VO<sub>2</sub>max. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 29, n. 1, p. 113-116, Jan. 1997.

HILL, D, WILLIAMS, C, AND BURT, S. Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with VO<sub>2</sub>max. **International Journal of Sports Medicine** 18: 325–329, 1997.

HILL, D.W., POOLE, D.C., SMITH, J.C. The relationship between power and the time to achieve VO<sub>2</sub>max. **Medicine science and sports exercise**. 34:709-14, 2002.

HOLLMANN, W. 42 years ago: development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. **Sports medicine**, v. 31, p. 315-320, 2001.

HOWLEY, E.T. VO<sub>2</sub>max and the plateau—needed or not? **Medicine science and sports exercise** 39:101–102, 2007.

INGHAM, S.A., WHYTE, G.P., PEDLAR, C., BAILEY, D.M., DUNMAN, N., NEVILL, A.M. Determinants of 800-m and 1,500-m running performance using allometric models. **Medicine science and sports exercise**, 40(2):345–350, 2008

JACOBS, R.A., RASMUSSEN, P., SIEBNMANN, C., DIAZ, V., GASSMANN, M., PESTA, D. Determinants of time trial performance and maximal incremental exercise in highly trained endurance athletes. **Journal of Applied Physiology**. 111(5):1422-30, 2011.

JACKSON AS, POLLOCK ML. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition** 1978; 40:497-504.

JAMES B. CARTER, ERIC W. BANISTER, ANDREW P. BLABER. Effect of Endurance Exercise on Autonomic Control of Heart Rate. **Sports Medicine** January, Volume 33, Issue 1, pp 33-46, 2003.

KARVONEN, M. J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. **Annales medicinae experimentalis et biologiae Fenniae**, v. 35, n. 3, p. 307-315, 1957.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic determination of work load intensities during endurance training. **European journal of applied physiology**, v. 42, p. 25-34, 1979.

KOYAL, S.N., WHIPP, B.J., HUNTSMAN, D., BRAY, G.A., WASSERMAN, K. Ventilatory responses to the metabolic acidosis of treadmill and cycle ergometry. **Journal of applied physiology**, v. 40, p. 864-867, 1976.

KYROLAINEN, H.; BELLI, A.; KOMI, P. V. Biomechanical factors affecting running economy. **Medicine and science in sports and exercise**. v. 33, p. 1330-1337, 2001.

LAMBERT, M. I.; MBAMBO, Z. H.; GIBSON, A. S. C. A. Heart rate during training and competition for long-distance running. **Journal of sports sciences**, v. 16, s. 1, p. S85-S90, May 1998.

LACOUR, J.R., PADILLA-MAGUNACELAYA, S., BARTHÉLÉMY, J.C., DORMOIS, D. The energetics of middle-distance running. **European Journal of Applied Physiology Occup Physiol** 60(1):38–43, 1990.

LAURSEN, PB, FRANCIS, GT, ABBISS, CR, NEWOTON,MJ, AND NOSAKA, K. Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. **Medicine science and sports exercise** 39: 1374–1379, 2007.

LONDEREE, B. R.; MOESCHBERGER, M. L. Effect of age and other factors on maximal heart rate. **Research quarterly for exercise and sport**, v. 53, p. 297-303, 1982.

MACINTOSH BR, ESAU S, SVEDAHL K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. **Canadian Journal of Applied Physiology**. Jun;27(3):232-49, 2002.

MARGARIA, R., P. AGHEMO, AND E. ROVELLI. Indirect determination of maximal O<sub>2</sub> consumption in man. **Journal of Applied Physiology** 20:1070–1073, 1965.

McARDLE, W.D., KATCH, F.I., KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício - Energia, nutrição e desempenho humano**. 7a. ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2011.

MOREIRA, S.R., SIMÕES, G.C., HIYANE, W.C., CAMPBELL, C.S.G., SIMÕES, H.G. IDENTIFICAÇÃO DO LIMAR ANAERÓBIO EM INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO-2 SEDENTÁRIOS E FISICAMENTE ATIVOS **Revista brasileira de fisioterapia**, São Carlos, v. 11, n. 4, p. 289-296, jul./ago. 2007.

MOREIRA, S. R., SIMÕES, G.C., MORAES, J.F., MOTTA, D.F., CAMPBELL, C.S., SIMÕES, H.G. Blood glucose control for individuals with type-2 diabetes:

acute effects of resistance exercise of lower cardiovascular-metabolic stress. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2012.

MORENO J. R. Comparação entre o custo de vo2 e o custo de frequência cardíaca, e validade do cfc em estimar a velocidade de corrida associada ao vo2máx em atletas e não atletas. **Dissertação (Mestrado) - UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM EDUCAÇÃO FÍSICA**, 2007.

MORGAN DW, BRANSFORD DR, COSTILL DL, DANIELS JT, HOWLEY ET, KRAHENBUHL GS. Variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 27, p. 404-409, 1995.

NAKAMURA, F.Y., MOREIRA, A., AOKI, M.S. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **Revista da Educação Física/UEM**, v.21, n.1, p.1-11, 2010.

NEDER, J.A., NERY, E. Teste de Exercício Cardiopulmonar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia** 28(Supl 3) – outubro de 2002.

NOAKES, T.D. Implication of exercise testing for the prediction of athletic performance: a contemporary perspective. **Medicine science and sports exercise** 4:319–330, 1988.

OLIVEIRA, F.R.; GAGLIARD, J.F.L.; KISS, M.A.P.D. Proposta de referência para prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de média e longa duração. **Revista Paulista de Educação Física**, v.8, n.2, p.68-76, 1994.

PACHECO, M. E.; SILVA, L. G. M.; BALDISSERA, V.; CAMPBELL, C. S. G.; LIBERTI, E. A.; SIMÕES, H. G. Relação entre velocidade crítica, limiar anaeróbio, parâmetros associados ao VO2 max, capacidade anaeróbia e custo de O2 submáximo. **Motriz**, v. 12, n. 2, p.103-111, 2006.

PARDONO, E., SOTERO, R.C., HIYANE, W., MOTA, M.R., CAMPBELL, C.S., NAKAMURA, F.Y., SIMÕES, H.G. Maximal lactate steady state prediction through quadratic modeling of selected stages of the lactate minimum test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 9, 2008.

PATE, R.R., MACERA, C.A., BAILEY, S.P., BARTOLI, W.P., POWELL, K.E. Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy. **Medicine and science in sports and exercise**. v. 10, p. 1128-1133, 1992.

POLICARPO, F.B., FERNANDES FILHO, J. Usar ou não a equação de estimativa “220 - idade?”. **Revista Brasileira de Ciencia e Movimento**; 12: 77-9, 2004.

POOLE, D.C., WILKERSON, D.P., JONES, A.M. Validity of criteria for establishing maximal O<sub>2</sub> uptake during ramp exercise tests. **European Journal of Applied Physiology**. 102:403–410, 2008.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício**: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 6. ed. São Paulo: Manole, 2009.

PUGA, G.M., KOKUBUN, E., SIMÕES, H.G., NAKAMURA, F.Y., CAMPBELL, C.S. Aerobic Fitness Evaluation during Walking Tests Identifies the Maximal Lactate Steady State. **The Scientific World Journal**, 2012.

REIS, V.M., TILLAAR, R.V.D., MARQUES, M. Higher precision of heart rate compared with VO<sub>2</sub> to predict exercise intensity in endurance-trained runners. **Journal of Sports Science and Medicine**. 10, 164-168, 2011.

RIBEIRO, L, BALIKIAN, P, MALACHIAS, P, AND BALDISSERA, V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness** 43: 312–318, 2003.

ROBERGS R. A., ROBERTS, S. O. **Princípios fundamentais de fisiologia do exercício**: para aptidão, desempenho e saúde. São Paulo, SP: Phorte, 2002.

ROBERGS, R. A.; LANDWEHR, R. The surprising history of the “hrmax=220-age” equation. **Journal of exercise physiology** online, v. 5, n. 2, p. 1-10, 2002.

RODRIGUES, F. L. S., et al., Comparação entre o custo de VO<sub>2</sub> e o custo de FC em estimar a V<sub>máx</sub>, utilizando duas equações para predição de FC<sub>max</sub>. III **Congresso Internacional de Educação Física e Qualidade de Vida - Tendência e Inovações**, 2010.

ROWELL, L.B., **Human Cardiovascular control**. Cary, NC; Oxford University Press, 1994

ROWELL, L.B., O'LEARY, D.S. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. **Journal of Applied Physiology**, v.69, n.2, p.407-18, 1990.

RUMENIG, E., BERTUZZI, R.C.M., NAKAMURA, F.Y., FRANCHINI, E. Cinética e variabilidade da frequência cardíaca mediante exercício físico predominantemente aeróbio: influência da intensidade e do tempo de análise. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**., v.21, n.3, p.205-18, 2007.

SALES, M.M., CAMPBELL, C.S., MORAIS, P.K., ERNESTO, C., SOARES-CALDEIRA, L.F., RUSSO, P., SIMÕES, H. G. Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2 diabetes. **Diabetology and metabolic syndrome**, v. 12, p.1-11, 2011.

SAUNDERS, P.U., PYNE, D.B., TELFORD, R.D., HAWLEY, J.A. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Medicine** 34:465–485, 2004.

SARTOR, S., VERNILLO. G., MORREE, H.M., BONOMI. A.G., LA TORRE, A., KUBIS, H.P. VEICSTEINAS, A., Estimation of Maximal Oxygen Uptake via Submaximal Exercise Testing in Sports, Clinical, and Home Settings. **Sports Medicine**. Sep;43(9):865-73, 2013.

SCHMITZ, K.H., TREUTH, M., HANNAN, P., MCMURRAY, R., RING, K.B., CATELLIER, D. AND PATE, R. Predicting energy expenditure from accelerometry counts in adolescent girls. **Medicine and Science in Sports and Exercise** 37, 155-161, 2005.

SEALS, D.R., TAYLOR, J.A., NG, A.V., ESLER, M.D. Exercise and aging: autonomic control of the circulation. **Medicine and Science in Sports and Exercise** 26(5):568-576, 1994.

SCHERR, J., WOLFARTH, B., CHRISTLE, J.W., PRESSLER, A., WAGENPFEIL, S., HALLE, M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity **European Journal of Applied Physiology** January 2013, Volume 113, Issue 1, pp 147-155.

SHEFFIELD LT, MALOOF JA, SAWYER JA, ROITMAN D. Maximal heart rate and treadmill performance of healthy woman in relation to age. **Circulation**, v. 57, p. 79-84, 1978.

SILVA, L.G.M., Pacheco, M.E., Campbell, C.S.G., Baldissera, V., Simões, H.G. Comparison between direct and indirect protocols of aerobic fitness evaluation in physically active individuals. **Revista brasileira de medicina do esporte**, v. 11, n. 4, 2005.

SILVA, V.A.P.; BOTTARO, M. JUSTINO, M.A.; RIBEIRO, M.M.; LIMA, R.M. OLIVEIRA, R.J. Frequência cardíaca máxima em idosas brasileiras: uma comparação entre valores medidos e previstos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 88, p. 314-20, 2007.

SIMÕES, H.G., DENADAI, B.S., BADISSERA, V., CAMPBELL, C.S., AND HILL, D.W. Relationships and significance of lactate minimum, critical velocity, heart rate deflection and 3000m track-tests for running. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 45: 441–451, 2005.

SIMÕES, H.G., CAMPBELL, C.S.G., KOKUBUN, E., DENADAI, B.S., BALDISSERA, V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **European Journal of Applied Physiology Occup Physiol** 80: 34–40, 1999.

SIMÕES, H.G.; HIYANE, W. .; BENFORD, R.E.; MADRID, B.; PRADA, F.A.; MOREIRA, S.R.; NAKAMURA, F.Y.; OLIVEIRA, R.J.; CAMPBELL, C.S.G Lactate threshold prediction by blood glucose and rating of perceived exertion in

people with type 2 diabetes. **Perceptual and Motor Skills**, v.111, p.365–378, 2010.

SIMÕES, H.G., DENADAI, B.S., BALDISSERA, V., CAMPBELL, C.S.G. Relationship and significance of lactate minimum, critical velocity, heart rate, deflection and 3000m track tests for running. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 45, 2005.

SIMÕES, H.G.; MOREIRA, S.R.; MOFFATT, R.J., CAMPBELL, C.S. G. Métodos para identificar o limiar anaeróbio em indivíduos com diabetes tipo 2 e em indivíduos não-diabéticos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.94, p.71–78, 2010.

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

SIMÕES, H.G., HIYANE, W., SOTERO, R.C., PARDONO, E., PUGA, G.M., LIMA, L.C., CAMPBELL, C.S.G. Polynomial modeling for the identification of lactate minimum velocity by different methods. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 49, p.14-22, 2009.

SMITH, T.P., MCNAUGHTON, L.R., MARSHALL, K.J. Effects of 4-wk training using  $V_{\max}$ /  $T_{\max}$  on  $VO_{2\max}$  and performance in athletes. **Medicine science and sports exercise**, 31: 892-6, 1999.

SMITH, P. S.; COOMBERS, J. S.; GERAGHTY, D. P. Optimising high-intensity treadmill training using running speed at maximal  $O_2$  uptake and the time for which this can be maintained. **European journal of applied physiology**, v. 89, p. 337-343, 2003.

SOTERO, R.C., CARVALHO, C.V.N, MADRID, B., SALES, M.M., MOREIRA, S.R., SIMÕES, H.G. Identificação do lactato mínimo de corredores adolescentes em teste de pista de três estágios incrementais. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, p. 119-122, 2011.

SOTERO, R.C., PARDONO, E., CAMPBELL, C.S.G., SIMÕES, H.G. Indirect assessment of lactate minimum and maximal blood lactate steady state intensity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, p. 847-853, 2009.

SOTERO, R.C, CAMPBELL, C.S.G., PARDONO, E., PUGA, G.M., SIMOES, H.G. Polynomial adjustment as a new technique for determination of lactate minimum velocity with reduced blood sampling. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 4, p. 321-326, 2007.

SOTERO, R. C., et al. Comparação entre o custo do consumo de oxigênio e do custo da frequência cardíaca em estimar a velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio. **III Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício**, 2010.

SOTERO, R. C., et al. Determinação indireta da V<sub>máx</sub> e VO<sub>2</sub>máx em esteira ergométrica a partir de teste submáximo. **IV Congresso Brasileiro de metabolismo, nutrição e exercício**, v.4, p.127-127, 2012.

SPENCER, M.R., GASTIN, P.B. Energy system contribution during 200 to 1500m running in highly trained athletes. **Medicine science and sports exercise**. 33: 157–162, 2001.

SPURR, G. B. et. al. Energy expenditure from minute-by-minute heart-rate recording: comparison with indirect calorimetry. **The american journal of clinical nutrition**. v. 24, p. 559-559, 1998.

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

STEIN, R., MORAES, R.S., CAVALCANTI, A.V., FERLIN, E.L., ZIMERMAN, L.I., Ribeiro JP. Atrial automaticity and atrioventricular conduction in athletes: contribution of autonomic regulation. **European Journal of Applied Physiology**.;82:155-7, 2000.

SVEDAHL K.; MACINTOSH B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.28, p. 299-323, 2003.

TANAKA, H.; MONAHAN, K. G.; SEALS, D. S. Age: predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 37, p. 153-156, 2001.

TEGTBUR, U; BUSSE, MW; BRAUMANN, KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine Science and Sports Exercise**, v. 25, n.5, p. 620-627, 1993.

TIBANA, R.A, BARROS, E, SILVA, P.B., SILVA, R.A.S., BALSAMO, S., OLIVEIRA, A.S. comparação da frequência cardíaca máxima e estimada por diferentes equações. **Brazilian Journal of Biomotricity**, v. 3, n. 4, p. 359-365, 2009.

TORTORA, G. J. **Corpo humano: fundamentos de anatomia e fisiologia**. 4. ed. Porto Alegre,RS: Artmed, 2000.

VELLA, C.A. AND ROBERGS, R.A. Non-linear relationships between central cardiovascular variables and VO<sub>2</sub> during incremental cycling exercise in endurance-trained individuals. **Journal of Sports Medicine & Physical Fitness** 45, 452-459, 2005.

VESTERINEN, V, HOKKA, L, HYNYNEN, E, MIKKOLA, J, HÄKKINEN, K, NUMMELA, A. Heart Rate - Running Speed-index May Be an Efficient Method of Monitoring Endurance Training Adaptation. **Journal of Strength & Conditioning Research**, 2013.

WASSERMAN, K., HANSEN, J.E., SUE, D., WHIPP, B.J., CASABURI, R. Principles of exercise testing & interpretation: including pathophysiology and clinical applications. 3 ed. Philadelphia: **Lippincott Williams & Wilkins**, 1999.

WASSERMAN, K., Whipp, B.J., Koyl, S.N., Beaver, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal Applied Physiology**, v.35, p.236-245, 1973.

WEIR L. L., WEIR, J.P., HOUSH, T.J., JOHNSON, G.O. Effect of an aerobic training program on physical working capacity at heart rate threshold. **European journal of applied physiology**, v. 75, p. 351-356, 1997.

WESTON, A.R., MBAMBO, Z., MYBURGH, K.H. Running economy of African and Caucasian distance runners. **Medicine science and sports exercise** 32:1130–1134, 2000.

WICKS, J. R., N. B. OLDRIDGE, L. K. NIELSEN, AND C. E. VICKERS. HR index-a simple method for the prediction of oxygen uptake. **Medicine science and sports exercise Exerc.** 43:2005–2012.

WILLIAMSON, J. W., FADEL, P. J., MITCHELL, J. H. New insights into central cardiovascular control during exercise in humans: a central command update. **Experimental Physiology**, vol. 91, n. 1, p51–58, 2006.

WILMORE JH, COSTILL DL. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2ª ed. São Paulo: Manole; 2005.

WILMORE JH, STANFORTH PR, GAGNON J, LEON AS, RAO DC, SKINNER JS, BOUCHARD C. Endurance exercise training has a minimal effect on resting heart rate: the HERITAGE Study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 28(7):829-835, 1996.

YAMAJI, K.; IGARASHI, M.; IGUCHI, F.; et al. Running Speed at Predicted Maximal Heart Rate as an Assessment of Maximal Aerobic Capacity in Trained Teenaged Runners. **J-Stage**, v. 6, p. 154-161, 2008.

YAZBEK J. P., et al. Ergoespirometria. Teste de esforço cardiopulmonar, metodologia e interpretação. **Arquivos Brasileiro de Cardiologia**, vol.71, n.5, p. 719-724, 1998.

ZAGATTO, A. M., GOBATTO, C. A. Relationship between anaerobic parameters provided from MAOD and critical power model in specific table tennis test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, p. 613-620, 2012.

ZAVORSKY, G S. Evidence end possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. Sports medicine, v. 29, n. 1, p. 13-26, Jan. 2000.

## ANEXO 1

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Este é um convite para você participar da pesquisa intitulada “VALIDADE DO CFC EM ESTIMAR A VELOCIDADE DE CORRIDA ASSOCIADA AO VO<sub>2</sub>MÁX EM TESTE LABORATORIAL E TESTE DE CAMPO EM CORREDORES RECREACIONAIS”.

O Objetivo do estudo foi analisar a possibilidade de se estimar a V<sub>máx</sub> de corredores em pista de atletismo a partir do Custo de CF e comparar com resultados obtidos em laboratório.

Como objetivo secundário, verificar as relações existentes entre limiar ventilatório e Lactato Mínimo de uma determinada V<sub>máx</sub> obtidos por diferentes métodos.

A sua participação será através de testes físicos que serão realizadas no Laboratório de Avaliação Física e Treinamento (Lafit) da Universidade Católica de Brasília (UCB), localizado no Campus Taguatinga, Bloco G, Sala 120.

O senhor receberá os resultados de uma avaliação física completa, onde terá acesso a informações quanto a sua composição corporal, intensidade e FC em que alcançou o limiar anaeróbio, VO<sub>2max</sub>,  $\dot{V}$ VO<sub>2max</sub>, frequência cardíaca máxima e comportamento da frequência cardíaca durante o teste máximo. Caso tenha interesse, receberá informações de como utilizar estas variáveis para maximização dos seus treinamentos, após a conclusão das coletas. Além do já relatado, o avaliado receberá uma avaliação cardiológica ao ser submetido a um teste de esforço, com laudo cardiológico emitido pelo Dr. Ronaldo Esch Benford.

Este estudo não envolve gastos aos participantes e todos os materiais e equipamentos necessários para os testes serão providenciados pelos pesquisadores. No caso de aceitar fazer parte do estudo após ter esclarecido todas as suas dúvidas, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra ficará de posse do pesquisador responsável. Sua participação é voluntária e poderá ser interrompida a qualquer momento sem precisar alegar qualquer motivo. Ao participar da pesquisa o senhor estará contribuindo para o avanço da ciência na área da fisiologia do exercício e do treinamento desportivo. Além de contribuir para a formação de recursos humanos, haja vista que os resultados desta pesquisa irão compor uma defesa de mestrado e uma de doutorado em Educação Física.

Para aceitar o convite, você deverá atender aos seguintes critérios:

- 1) Ter idade entre 20 e 40 anos.

2) Ser corredor recreacional, participante de competições de 5, 10 e 15 km a pelo menos um ano.

#### Critérios de exclusão do estudo:

- 1) Fazer uso de medicação que possa causar alteração da FC.
- 2) Apresentar doença(s)/disfunções no histórico de saúde ou outro problema que possa comprometer a integridade física e a execução da pesquisa.
- 3) Apresentar problemas ortopédicos que limite a participação em testes de esforço físico.

#### Avaliações pré-teste

O senhor terá que responder algumas perguntas que compõe o exame de anamnese, estas perguntas investigarão seu histórico de doenças e de treinamento, é de suma importância que nos relate estas informações com o máximo de precisão possível. Após, responder este questionário o senhor será submetido a uma avaliação antropométrica para obtermos informações referentes a sua composição corporal (quantidade de gordura e de músculos). Este procedimento é feito de forma tradicional, através de um protocolo de dobras cutâneas. Onde pinçaremos sua gordura subcutânea em locais previamente determinados anatomicamente. A região pode ficar avermelhada após este procedimento, contudo não trará maiores consequências e na maioria das vezes isto não ocorre.

#### Teste Incremental Máximo (laboratório):

O senhor irá correr em uma intensidade de esforço moderada por 6 minutos na esteira ergométrica. Após este período, irá descansar por 15 minutos. A partir de então, iniciaremos um teste incremental, com velocidade individualizada para o seu nível de condicionamento e incrementos de  $0,5 \text{ km.h}^{-1}$  até o seu máximo e quando não for mais possível continuar, o teste será interrompido. Neste teste o senhor utilizará uma máscara que irá auxiliar na coleta de todos os gases expirados durante o teste. Este procedimento é importante para mensurarmos o seu nível de condicionamento físico.

#### Teste de 3000 metros:

Este teste será realizado duas vezes e será precedido da ETCC ou da situação placebo (sham) durante 20 minutos. Após este período iremos para o teste propriamente dito, que será realizado na pista de atletismo da UCB, composto também por dois momentos distintos: a) corrida de 6 minutos a uma

intensidade moderada. b) Após 15 minutos de recuperação, correr 3000 metros no menor tempo possível.

#### Coletas de Sangue Capilarizado

Antes, durante e após os testes será coletada uma amostra de sangue, através de uma punção no lóbulo da orelha. Esta punção é feita através de uma lanceta e pode produzir um pouco de dor no momento da perfuração. Todo o material utilizado deverá ser esterilizado e descartável. As amostras serão acondicionadas em microtubos para posterior dosagem em um analisador eletroenzimático. Este procedimento é necessário para verificarmos que modificações aconteceram no seu metabolismo durante a execução dos testes.

Pesquisadores Responsáveis: Prof. Rafael Olher, Prof. MsC. Bibiano Madrid e Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões.

Telefones para contato: (61) 82893441 – Rafael, (61) 8555-1245 – Bibiano.

Email: [rflolher@gmail.com](mailto:rflolher@gmail.com), [bibiano.madrid@gmail.com](mailto:bibiano.madrid@gmail.com) e [hgsimoes@gmail.com](mailto:hgsimoes@gmail.com)

Pesquisador participante: Prof. MsC. Rafael Cunha.

Estou ciente que devo fazer a refeição que antecede o teste no mínimo 2h antes, além de manter-me hidratado, não realizar esforço físico intenso e ingerir bebidas alcoólicas e cafeína 24h antes do esforço. Por sua vez, os pesquisadores e a instituição onde o estudo será realizado se comprometem em assumir a responsabilidade e dar assistência integral às complicações e danos decorrentes dos riscos previstos nesta pesquisa.

Eu entendo que poderei interromper minha participação sem que haja prejuízo, penalidade ou multas, e poderei parar a execução de um exercício em qualquer momento do teste.

Declaro que li e compreendi este termo de consentimento.

Nome: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Telefone para contato em caso de emergência: \_\_\_\_\_

Assinatura do voluntário: \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

## ANEXO 2 - Anamnese

Nome: \_\_\_\_\_

Data de Nasc: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Idade:

Endereço:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_

Cep: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_

Por favor, responda as perguntas a seguir:

1- Você faz exercícios freqüentemente? ( ) Sim ( ) Não

Há quanto tempo (anos) você pratica atividades físicas? \_\_\_\_\_

2- Com que freqüência semanal você pratica exercícios?

( ) 1 ou 2 vezes ( ) 2 ou 3 vezes ( ) 3 ou 4 vezes ( ) 4 ou mais vezes

3- Marque o tipo de exercício que você geralmente faz (marque mais de uma se necessário).

( ) corrida ( ) ciclismo ( ) basquete ( ) natação ( ) futebol

( ) ginástica ( ) caminhada ( ) outros (especifique):

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4- Quanto tempo (horas/ minutos) você gasta com suas sessões de atividade física por dia?

Mínimo: \_\_\_\_\_ Máximo: \_\_\_\_\_

5- Você faz exercícios com assistência ou orientação de algum profissional?

( ) Sim ( ) Não

6- Você tem alguma restrição que possa impedir a realização de algum tipo de exercício?

( ) Sim ( ) Não

Se a resposta for sim, por favor, escreva mais detalhes sobre essa restrição:

---

---

7- Escreva a hora que você geralmente dorme e acorda diariamente:

Hora que dorme: \_\_\_\_\_ Hora que acorda: \_\_\_\_\_

8- Qual é a hora usual que você faz as refeições?

Café da manhã: \_\_\_\_\_

Almoço: \_\_\_\_\_

Lanche da tarde: \_\_\_\_\_

Jantar: \_\_\_\_\_

9- Você dorme depois do almoço? ( ) Sim ( ) Não

Quantas vezes por semana? \_\_\_\_\_

Quanto tempo? \_\_\_\_\_

10 – Indique com um X se alguma dessas questões se aplica a você.

- ☐ Tem hipertensão
- ☐ Tem pessoas na família com histórias de problemas cardíacos
- ☐ Tem alguma doença cardíaca
- ☐ Tem diabetes – Tipo I ( ) ou Tipo II ( )
- ☐ Tem algum problema ortopédico
- ☐ Fuma cigarro ou outro produto que contém tabaco
- ☐ Tem asma ou outros problemas respiratórios
- ☐ Apresentou recentemente algum mal estar ou distúrbios gastrointestinais
- ☐ Apresenta alguma disfunção renal
- ☐ Apresenta algum outro problema de saúde não listado aqui. Qual?

\_\_\_\_\_

11- Se você faz uso de algum medicamento, liste o que está sendo usado por você diariamente.

\_\_\_\_\_

12- Eu certifico que as respostas dadas por mim para responder esse questionário são todas verdadeiras, precisas e completas.

Data: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## ANEXO – 3 Fichas de Coleta

### TESTE ERGOESPIROMÉTRICO

NOME:

DATA:

HORÁRIO:

NASC:

IDADE:

MCT:

ESTAT:

IMC:

PA:

FC<sub>REP</sub>FC<sub>MAX</sub>FC<sub>REAL</sub>FC<sub>85%</sub>

AQUECIMENTO (CFC)	FC	PSE	VEL	VO2
4'				
5'				
6'				

### TESTE INCREMENTAL

ESTÁGIO	VEL	FC	PSE	VO2	VCO2	R	VE
0'							
3'							
6'							
9'							
12'							
15'							
18'							
21'							
24'							
27'							
30'							

### LACTATO 3 PONTOS

ESTÁGIO	FC	PSE	VEL	EPPENDORF
70%				
85%				
100%				

### AMOSTRAS DE SANGUE

MOMENTO	EPPENDORF
REPOUSO	
PÓS AQUECIMENTO	
PRÉ INCREMENTAL	
PÓS INCREMENTAL	
PRÉ 3 PONTOS	

## TESTE DE 3000 METROS

NOME:

TEMPERATURA:

UR:

MCT:

ESTAT:

IMC:

 $FC_{REP}$  $FC_{MAX}$  $FC_{REAL}$  $FC_{85\%}$ 

### TESTE 3KM ETCC

DATA:

HORÁRIO:

PA:

AQUECIMENTO (CFC)	FC	PSE	TEMPO
1 VOLTA			
2 VOLTA			
FINAL			

ESTÁGIO	200	400 (1)	400 (2)	400 (3)	400 (4)	400 (5)	400 (6)	400 (7)
FC								
PSE								
TEMPO								

TEMPO FINAL:

### TESTE 3KM SHAM

DATA:

HORÁRIO:

PA:

AQUECIMENTO (CFC)	FC	PSE	TEMPO
1 VOLTA			
2 VOLTA			
FINAL			

ESTÁGIO	200	400 (1)	400 (2)	400 (3)	400 (4)	400 (5)	400 (6)	400 (7)
FC								
PSE								
TEMPO								

TEMPO FINAL:

### AMOSTRAS DE SANGUE

MOMENTO	EPPENDORF
REPOUSO	
PÓS ETCC	
PÓS AQUECIMENTO	
PRÉ INCREMENTAL	
PÓS INCREMENTAL	
PRÉ 3 PONTOS	