



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Fernanda Cristina Mainardi de Mello

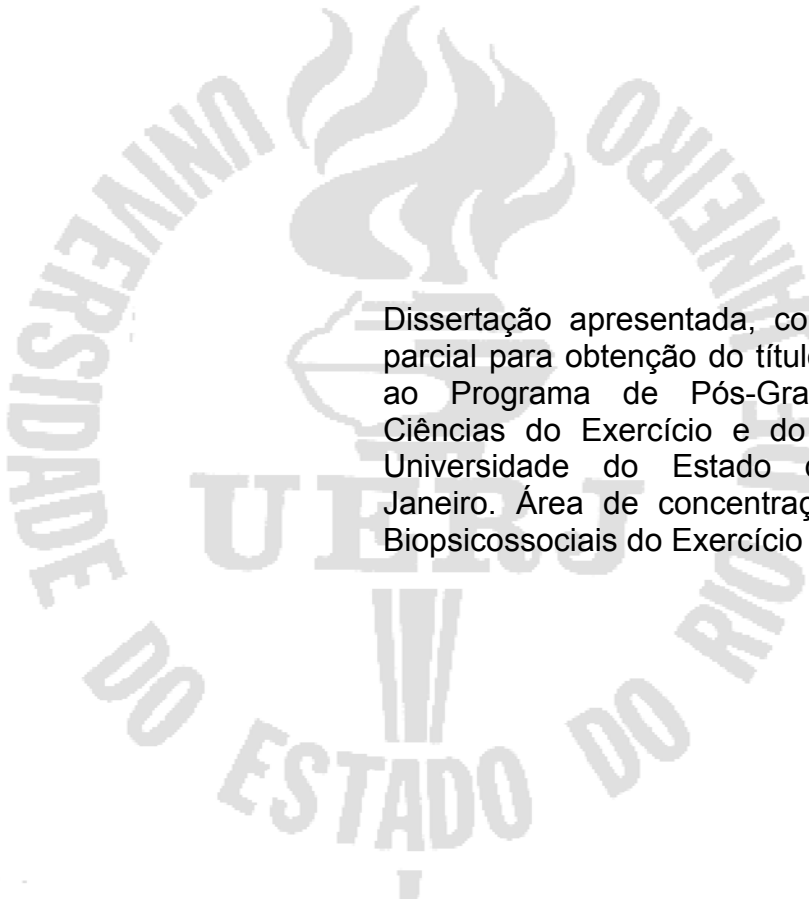
**Validade de critério concorrente e preditiva do  $VO_{2\text{máx}}$  estimado em esteira pela reserva do consumo de oxigênio e frequência cardíaca**

Rio de Janeiro

2016

Fernanda Cristina Mainardi de Mello

**Validade de critério concorrente e preditiva do  $VO_{2Máx}$  estimado em esteira pela reserva do consumo de oxigênio e frequência cardíaca**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Flávia Porto Melo Ferreira

Rio de Janeiro

2016

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

M527 Mello, Fernanda Cristina Mainardi de.  
Validade de critério concorrente e preditiva do VO<sub>2</sub>Máx estimado em esteira pela reserva do consumo de oxigênio e frequência cardíaca / Fernanda Cristina Mainardi de Mello. – 2016.  
47 f.: il.

Orientador: Tony Meireles dos Santos.  
Coorientadora: Flávia Porto Melo Ferreira.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Oxigênio – Transporte fisiológico - Teses. 2. Teste de função respiratória – Avaliação – Teses. 3. Teste de função cardíaca – Avaliação – Teses. 4. Aptidão física – Avaliação – Teses. I. Santos, Tony Meireles dos. II. Ferreira, Flávia Porto Melo. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. IV Título.

CDU [612.22+612.176]:612.766.1

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Fernanda Cristina Mainardi de Mello

**Validade de critério concorrente e preditiva do  $VO_{2máx}$  estimado em esteira pela reserva do consumo de oxigênio e frequência cardíaca**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 21 de julho de 2016.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Flávia Porto Melo Ferreira (Coorientadora)  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Andréa Camaz Deslandes  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof. Dr. Jonas Lírio Gurgel  
Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro

2016

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha mãe que sempre me apoiou em todas as decisões.  
Ao meu namorado que é meu grande incentivador.  
E a todos aqueles que acreditaram em mim, que me apoiaram em todo o processo e  
que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento acadêmico.

## AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus familiares por todos os ensinamentos durante minha caminhada. À minha mãe, Mariza, que sempre me disse que eu era forte o suficiente para suportar toda a caminhada, mesmo quando eu já não acreditava nisso, por ter sempre a palavra certa de conforto e por toda as broncas que me fizeram chegar onde estou. À minha prima Marina, que vem sendo como uma segunda mãe pra mim. Ao meu pai, Ricardo, que contribuiu na minha jornada. À minha irmã Carol, por me ensinar a perseverar. À minha irmã Rafaela, por sempre está pronta para me ouvir.

Ao meu namorado Rafael, que acompanhou todo o processo, pacientemente, sempre me apoiando e me incentivando a continuar e insistir; agradeço pelo companheirismo nos momentos difíceis, pelas palavras que eu não queria ouvir e por aquelas de conforto, por acreditar em mim, obrigada por cada momento.

À todos os professores que tive a oportunidade de conhecer na minha graduação, de alguma maneira, contribuíram para minha formação acadêmica. Em especial a Prof. Elen Furtado, por ter sido um anjo que além de transmitir o conhecimento, me ajudou de uma forma que serem sempre grata, e a Prof. Lilian Silva, por todo seu carinho e dedicação comigo durante a minha graduação.

Ao meu orientador Tony Meireles, o “culpado” por tudo isso. Obrigada por ter me apresentado ao mundo da pesquisa lá na graduação, na iniciação científica, na Universidade Gama Filho. Obrigada por continuar a insistir e acreditar que eu podia mais e por ter me incentivado a dar continuidade no mundo da pesquisa. Obrigada por toda a paciência e orientação durante toda a jornada. Tenho que agradecer também a Mariana e Yury por terem me recebido em sua casa em Recife, para a coleta de dados da pesquisa.

À minha co - orientadora Flávia Porto, por ter me acolhido no processo de transição, agradeço pelo apoio, orientação e paciência. Ao colega de curso, Renato Guerreiro, pelo apoio, paciência, pelo incentivo nas horas que mais precisava e por toda a ajuda que me deu durante todo o mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro, durante o curso de mestrado.

Aos voluntários do estudo, que se comprometeram e disponibilizaram seu tempo para que essa pesquisa fosse realizada.

Aos Pernambucanos, pelo acolhimento e total apoio recebido. Agradeço aos alunos do curso de Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) que participaram da pesquisa, em especial, Thiago, Igor, Hélder, Rhuana.

Agradeço à Universidade do Estado do Rio de Janeiro, por ter acolhido os alunos de Mestrado e Doutorado da Universidade Gama Filho (UGF).

Agradeço, também, aos meus alunos que entenderam a minha ausência em algumas situações e que me apoiaram durante o processo, e a todos aqueles que me apoiaram e que, de alguma forma, não foram mencionados, mas foram muito importantes durante todo o processo.

## RESUMO

MELLO, Fernanda Cristina Mainardi de. *Validade de critério concorrente e preditiva do VO<sub>2</sub>máx estimado em esteira pela reserva do consumo de oxigênio e frequência cardíaca*. 2016. 47f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

A estimativa do consumo máximo de oxigênio tem sido recomendada para avaliação e prescrição de exercício de não atletas devido aos custos e complexidade das medidas diretas do consumo de oxigênio. O protocolo submáximo mais consagrado dentre os disponíveis é o de Astrand e Rhyning, que foi aprimorado por Swain et al. O presente estudo tem como objetivo estabelecer a validade de critério concorrente e preditiva da estimativa do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>Máx). Participaram do estudo 34 estudantes universitários, que realizaram duas visitas. Na primeira, foi realizado um teste submáximo e familiarização ao protocolo do teste escalonado máximo. Na segunda, foi realizado novo teste submáximo e o teste máximo escalonado com dez minutos de intervalo entre eles. Para determinar a validade concorrente das estimativas do VO<sub>2</sub>Máx a partir do teste submáximo, foi utilizada uma análise de Bland - Altman com o VO<sub>2</sub>Máx\_Est e VO<sub>2</sub>Máx\_Med. Complementarmente, foi realizada uma regressão linear para a determinação do EPE. Para determinação da validade preditiva, foi utilizado como variável preditora o VO<sub>2</sub>Máx\_Est e como desfecho a vVO<sub>2</sub>Máx. Para fins de comparação, a mesma análise foi conduzida para o VO<sub>2</sub>Máx\_Med. As diferenças entre as médias do VO<sub>2</sub>Máx\_Est e o VO<sub>2</sub>Máx\_Med resultaram em um Bias de  $0,58 \pm 5,63 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Estes resultados indicam não existir tendência de sub ou superestimativa. Houve Grande correlação para relação entre o VO<sub>2</sub>Máx\_Est e o VO<sub>2</sub>Máx\_Med ( $r = 0,72$ ;  $p < 0,0001$ ) com EPE de  $5,3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Relativamente ao VO<sub>2</sub>Máx\_Med, o erro encontrado equivaleu a aproximadamente 11,0%. A validade preditiva do VO<sub>2</sub>Máx\_Est na estimativa da vVO<sub>2</sub>Máx, com resultado classificado como Quase Perfeito ( $r = 0,90$ ;  $p < 0,0001$ , EPE =  $0,87 \text{ km.h}^{-1}$ ). A mesma análise para o VO<sub>2</sub>Máx\_Med apresentou correlação classificada como Muito Grande ( $r = 0,80$ ;  $p < 0,0001$ ; EPE de  $1,2 \text{ km.h}^{-1}$ ), indicando um erro de magnitude 50% maior. Os dados do presente estudos suportam a utilização da estratégia de estimativa do VO<sub>2</sub>máx em esteira pelo método de reserva, especialmente considerando o aceitável EPE e adequado coeficiente de correlação. Deve-se, entretanto, considerar este erro da medida em aplicações futuras do método.

Palavras-chave: Exercício aeróbico. VO<sub>2</sub>Máx. VO<sub>2</sub>Máx Est. Frequência Cardíaca.

Teste submáximo.



## ABSTRACT

MELLO, Fernanda Cristina Mainardi de. *Competitive and predictive validity of VO<sub>2</sub>max predicted on treadmill by the reserve of oxygen consumption and heart rate*. 2016. 47f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

The estimate of maximal oxygen uptake (VO<sub>2Max</sub>) has been recommended for evaluation and exercise prescription for non-athletes because its low cost and complexity of direct measurements of oxygen consumption. The most devoted submaximal protocol among those available is the Åstrand and Rhyming, which has been enhanced by Swain et al. This study aims to establish the concurrent and predictive criterion validity of estimating the VO<sub>2Max</sub>. The study included 34 college students, who made two visits. In the first, a submaximal test and familiarization to the maximum graded exercise test protocol was performed. In the second submaximal test was performed again and the maximum graded exercise test with ten minute intervals between them. Bland Altman with real and estimated VO<sub>2Máx</sub> was used to determine the concurrent validity of the estimates of VO<sub>2Max</sub>. In addition, a linear regression was performed to determine the SSE. To determine the predictive validity, was used VO<sub>2Max\_Est</sub> as predictor and vVO<sub>2Max</sub> as outcome. For comparison purposes, the same analysis was conducted for the VO<sub>2Max\_Med</sub>. The differences between the means and the VO<sub>2Max\_Est</sub> vs. VO<sub>2Max\_Med</sub> resulted in a Bias of  $0.58 \pm 5.63 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . These results indicate no tendency to under- or overestimation. There was great correlation relationship between VO<sub>2Max\_Est</sub> and VO<sub>2Max\_Med</sub> ( $r = 0.72$ ;  $p < 0.0001$ ) with EPE  $5.3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Regarding the VO<sub>2Max\_Med</sub>, the error found amounted to approximately 11.0%. The predictive validity of the estimated of vVO<sub>2Max</sub> by VO<sub>2Max\_Est</sub> was Almost Perfect ( $r = 0.90$ ;  $p < 0.0001$  EPE =  $0.87 \text{ km h}^{-1}$ ). The same analysis for VO<sub>2Max\_Med</sub> was classified as Large ( $r = 0.80$ ,  $p < 0.0001$ ; EPE  $1.2 \text{ km.h}^{-1}$ ), indicating a greater error (+50%). Data from this study support the use of the estimated VO<sub>2Max</sub> strategy for treadmill, especially considering the acceptable EPE and appropriate correlation coefficient. One should, however, consider this error of measurement in future applications of the method.

Keywords: Aerobic exercise. VO<sub>2</sub>max. VO<sub>2</sub>max Est. Heart rate. Submaximal test.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Esquemática das visitas.....	21
Figura 2 -	Representação de Bland - Altman entre o $VO_{2Máx\_Med}$ e o $VO_{2Máx\_Est}$ .....	25
Tabela 1 -	Caracterização da amostra .....	25
Figura 3 -	Predição da $VO_{2Máx\_Med}$ e $VO_{2Máx\_Est}$ por regressão linear...	26
Figura 4 -	Predição da $vVO_{2Máx}$ pelo $VO_{2Máx\_Med}$ (A) e $VO_{2Máx\_Est}$ (B) por regressão linear para o cálculo do EPE e coeficiente de determinação.....	27
Figura 5 -	<i>Forrest plot</i> com a comparação da correlação intra classe de Person ( $\pm IC_{95\%}$ ) na predição da $vVO_{2Máx}$ a partir do $VO_{2Máx\_Med}$ e $VO_{2Máx\_Est}$ .....	28

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1-	Equação de Fick.....	12
Equação 2 -	Estimativa do $VO_{2Máx}$ calculada pela proposta de Swain et al e adaptada para esteira.....	22
Equação 3 -	Equação derivada do modelo preditivo investigado.....	24

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM	AMERICAN COLLEGE OF SPORTS AND MEDICINE
CCI	Coefficiente de correlação intraclasse
EPE	Erro padrão da estimativa
ETM	Erro típico da medida
FC	Frequência cardíaca
FC <sub>carga</sub>	Frequência cardíaca da carga do teste, ou seja, a frequência atingida em uma determinada velocidade em um determinado tempo
FC <sub>Máx</sub>	Frequência cardíaca máxima
FC <sub>Rep</sub>	Frequência cardíaca de repouso
FC <sub>Res</sub>	Frequência cardíaca de reserva. É calculada subtraindo da FC <sub>Máx</sub> o seu valor de repouso
IC	Intervalo de Confiança
PSE	Percepção subjetiva de esforço
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio
VO <sub>2Máx</sub>	Consumo máximo de oxigênio
VO <sub>2Máx_Est</sub>	Consumo máximo de oxigênio estimado a partir de equação preditiva
VO <sub>2Máx_Med</sub>	Consumo máximo de oxigênio medido em protocolo escalonado máximo
VO <sub>2Res</sub>	Consumo de oxigênio de reserva. É calculado subtraindo do VO <sub>2Máx</sub> , o seu valor de repouso (3,5)
vVO <sub>2Máx</sub>	Velocidade aeróbia máxima

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
1	<b>ESTUDO 1 - VALIDADE DE CRITÉRIO CONCORRENTE E PREDITIVA DO VO<sub>2</sub>Máx ESTIMADO EM ESTEIRA PELA RESERVA DO CONSUMO DE OXIGÊNIO E FREQUÊNCIA CARDÍACA</b> .....	18
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	33
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	34
	<b>ANEXO A</b> - Questionário de estratificação de risco .....	38
	<b>ANEXO B</b> - Escala de percepção de esforço .....	39
	<b>ANEXO C</b> - Formulário de coleta de dados .....	40
	<b>ANEXO D</b> - Dados brutos .....	44
	<b>ANEXO E</b> - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....	45
	<b>ANEXO F</b> - Artigo publicado na Revista Brasileira de Medicina do Esporte (RBME) .....	47

## INTRODUÇÃO

O consumo de oxigênio é definido como capacidade de absorver, transportar e utilizar o oxigênio seja em repouso, quantidade estabelecida em  $3,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , em atividades submáximas ou máxima. O  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$  apresenta íntima relação com o sistema cardiorrespiratório, sendo determinado pela equação de Fick<sup>1</sup> (Equação 1).

Equação 1

$$\text{VO}_2 = (\text{VS} \times \text{FC}) \times (\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2)$$

Sendo:

VS - como volume sistólico

FC - frequência cardíaca

CaO<sub>2</sub>- conteúdo de O<sub>2</sub> no sangue arterial

CvO<sub>2</sub> - conteúdo de O<sub>2</sub> no sangue venoso misto

A medida direta do consumo máximo de oxigênio ( $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ ) através da análise das trocas gasosas respiratórias é considerada a variável “padrão ouro” de avaliação da aptidão aeróbia, sendo utilizada para avaliação de aptidão física, prescrição de exercícios e prognóstico cardíaco<sup>2</sup>. Entretanto, esse procedimento se restringe a aplicações específicas, tais como ambientes laboratoriais orientados à pesquisa, clínicas especializadas em cardiologia e/ou medicina do exercício, demandando pessoal especializado para a utilização dos equipamentos e um maior tempo para a condução do teste<sup>2; 3; 4</sup>.

Para a medição direta do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ , são utilizados equipamentos para contabilizar a concentração dos gases expirados durante tarefas físicas específicas, geralmente com característica progressiva até o esforço máximo. Desde a proposição original desta estratégia a partir de coletas manuais utilizando a bolsa de Douglas<sup>5</sup>, diversos equipamentos foram desenvolvidos, com o intuito de facilitar e melhorar a medida do  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ , porém somente alguns apresentam validade e confiabilidade conhecida<sup>5</sup>. Dentre os equipamentos mais utilizados para a medição do  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$  no Brasil, o  $\text{VO}_{2000}$  possui sua validade e confiabilidade conhecida. O equipamento em sua versão original (TEEM 100) possui validade conhecida ( $r = 0,96$ ) para a utilização no repouso e em exercícios com intensidade de moderada a alta em cicloergômetro<sup>6</sup>. Os autores sugerem que mais estudos devem ser feitos,

sobre sua validade, principalmente para uso em altos fluxos ventilatórios e taxas de consumo de oxigênio, onde se encontra um erro de até 9% em relação aos fluxos ventilatórios mais baixos.

Por vezes, essas limitações apontadas e as baixas confiabilidade da medida dos equipamentos<sup>7</sup>, ameaçam a utilização método direto. Numa perspectiva crítica, dado o seu custo vs. benefício, o uso desta estratégia poderia ser contra indicada para a prescrição e exercícios para a população em geral.

Diferentes estratégias estão disponíveis para a predição do  $VO_{2Máx}$ , tendo sido recentemente sumarizadas por Sartor et al.<sup>4</sup>. As estimativas do  $VO_{2Máx}$  podem ser realizadas por questionários<sup>8</sup> ou a partir de testes de exercício, tanto máximos quanto submáximos. Geralmente, as equações preditivas do  $VO_{2Máx}$  se utilizam da potência aeróbia máxima ( $W_{Máx}$ )<sup>3; 9</sup> ou submáxima<sup>10</sup> para estimar o  $VO_{2Máx}$ , a partir de equações de regressão únicas ou pela combinação de diferentes equações, como nos procedimentos recomendados pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM)<sup>11</sup> ou sugeridos por Swain et al.<sup>10</sup>.

Algumas variáveis como idade, sexo e nível de atividade física podem influenciar na estimativa do  $VO_{2Máx}$ . Araújo et al.<sup>12</sup> citam que as medidas estimativas do  $VO_{2Máx}$  tende a apresentar erros de 15 a 20% para utilização em prognósticos médicos, gerando errôneas interpretações dos resultados clínicos.

Apesar de sofrer críticas quanto a sua precisão<sup>12</sup>, as estratégias indiretas de estimativa do  $VO_{2Máx}$  são recomendadas pelo ACSM quando direcionadas a população em geral. Os métodos submáximos de estimativa do  $VO_{2Máx}$  em comparação aos máximos possuem algumas vantagens metodológicas para a população em geral<sup>4</sup>. Por exemplo, Sartor et al.<sup>4</sup>, e Evans et al.<sup>13</sup> argumentam que a não dependência da motivação do testado e uma menor incidência de complicações médicas garantem a essa estratégia importantes diferenciais metodológicos. Testes indiretos possibilitam um cenário mais atrativo e seguro para a realização de testes em indivíduos com perfil não competitivo e com baixa experiência em administrar esforços de alta intensidade<sup>4</sup>, e até para idosos e indivíduos com doenças coronarianas, onde expor esta população ao um esforço máximo não seria interessante<sup>3</sup>. Além disso, quando se pretende analisar modalidades esportivas dependentes do metabolismo aeróbio, a medida indireta tem maior relação com desempenho<sup>14; 15; 16</sup>.

Parece haver uma superioridade nos testes que se utilizam da esteira para mensurar o  $VO_{2Máx}$ . Estima-se que o  $VO_{2Máx}$  seja de 5 a 10% maior do que em cicloergômetro, por utilizar uma maior quantidade de massa muscular<sup>1</sup>. Entretanto, compreende-se hoje que o  $VO_{2Máx}$  seja atividade dependente, sendo necessário muitas vezes múltiplos testes quando múltiplas atividades são realizadas.

Nos testes de exercício realizados em estado de equilíbrio (carga retangular), o ACSM recomenda o uso de suas equações para diferentes modalidades na predição do  $VO_2$  submáximo com posterior projeção ao  $VO_{2Máx}$ <sup>11; 16</sup>. Além da equação do ACSM, é necessário o uso de equações preditivas da  $FC_{Máx}$  quando esta não estiver disponível<sup>13</sup>.

Complementarmente, cabe considerar a adequada escolha do ergômetro a ser utilizado para a realização do teste submáximo, observando as possíveis limitações da população avaliada, o tempo de duração do teste, o objetivo da avaliação, nível e tipo de monitorações realizadas e a atividade alvo que se pretende atender<sup>4</sup>. Todos estes fatores, se não levados em consideração, podem gerar resultados ou interpretações inadequadas<sup>4</sup>.

Dentre os aspectos psicométricos do teste selecionado, dois merecem destacada relevância: a validade e confiabilidade<sup>4; 15</sup>. Uma medida válida deve fornecer com precisão o que se propõe a medir, enquanto uma adequada confiabilidade deve fornecer resultados precisos ao longo de diferentes medidas intra (consistência interna) e inter (estabilidade) dias<sup>17</sup>. Dentre os tipos de validade, a de critério é subdividida em concorrente, onde uma determinada medida guarda adequada precisão com aquela originária de um método consagrado, denominado “padrão ouro”. E preditiva, que estabelece o poder preditivo de uma determinada medida em explicar um desempenho a ela relacionado<sup>15</sup>.

Apesar de inúmeros estudos terem se dedicado a estabelecer a validade de critério das estimativas do  $VO_{2Máx}$ , apenas dois estudos do nosso grupo<sup>14; 16</sup> foram identificados investigando a validade preditiva do  $VO_{2Máx}$  estimado na corrida de rua e no ciclismo pela equação de corrida do ACSM, como proposto por Swain et al.<sup>10</sup> O primeiro estudo<sup>14</sup>, trabalhou com corredores de rua e para a determinação do  $VO_{2Máx}$ , utilizou o protocolo adaptado para pista a partir da proposta para cicloergômetro de Swain, et al.<sup>10</sup>. A distância da pista era de 252,5 m, os sujeitos foram orientados a realizar dois estímulos de corrida, um com intensidade “muito leve” e “leve” de acordo com a percepção subjetiva de esforço (PSE) e outro com



intensidade classificada como “moderada” de acordo com a PSE. O objetivo desse teste foi estabelecer a associação entre a FC e velocidade de corrida entre 70 a 85%  $FC_{Res}$ . Provas de 10km, 21km, em terrenos planos e 3,6km em terreno inclinado, tiveram seus tempos registrados. O  $VO_{2Máx}$  estimado ( $VO_{2Máx\_Est}$ ) foi indiretamente a melhor variável com associação ao desempenho ( $r$  entre 0,93 e 0,96). O segundo estudo<sup>16</sup>, trabalhou com atletas de mountain bike cross-contry, onde o  $VO_{2Máx}$  foi determinada através de um teste progressivo máximo em um cicloergômetro eletrônico e para a estimativa da  $VO_{2Máx}$  foram utilizadas de quatro equações preditivas, com objetivo de validar de forma preditiva as diferentes estratégias indiretas investigadas. Foi apresentado que as estimativas do  $VO_{2Máx}$  apresentaram associações entre Muito Grande e Quase Perfeita com o desempenho ( $r = 0,70$  a  $0,89$ ;  $r \geq 0,90$ ). Estes achados possuem uma importante aplicabilidade prática para técnicos e praticantes de corrida de rua, modalidade que por sua vez vem crescendo nos últimos anos<sup>14; 18</sup>, assim como para atletas de ciclismo.

A menor velocidade capaz de elevar o consumo de oxigênio a seu valor máximo, é definida como a velocidade aeróbia máxima ( $vVO_{2Máx}$ )<sup>19</sup>, geralmente esta variável é determinada através de protocolos máximos em esteiras com o auxílio de um analisador de gases<sup>20; 21</sup>. A  $vVO_{2Máx}$ , é a variável melhor relacionada ao desempenho<sup>22; 23</sup>, além de apresentar importante aplicabilidade para a prescrição de programas de exercícios.

Um dos protocolos submáximos mais difundidos para predição do  $VO_{2Máx}$  é, provavelmente, o de Astrand e Rhyning<sup>24</sup> para teste no banco ou em cicloergômetros. Os autores encontraram erros percentuais de 6,7% e 9,4% para homens e mulheres, respectivamente, tais erros também foram observado em estudo posterior que validou o nomograma utilizando a medida direta em cicloergômetro, encontrando um erro padrão da estimativa foi de  $0,42 L \cdot min^{-1}$ <sup>25</sup>.

Swain et al.<sup>10</sup> aprimoraram o protocolo de Astrand e Rhyning<sup>24</sup> incorporando o cálculo de reserva da FC ( $FC_{Res}$ ) e do  $VO_2$  ( $VO_{2Res}$ ), além de incorporar uma fase de aquecimento ao teste a fim de melhorar a determinação da potência associada à fase de estabilização do teste. O procedimento proposto pelos autores consistia em uma fase de aquecimento com aumento gradual da intensidade, a cada minuto, até que o avaliado atingisse a faixa de 55 a 65%  $FC_{Res}$ . Após o alcance desta intensidade, a potência era estabilizada por seis minutos (fase principal), com o objetivo de ultrapassar 75%  $FC_{Res}$ . A correlação entre a estimativa do  $VO_{2Máx}$  pelo

método proposto e a medida direta do  $VO_{2Máx}$  foi de 0,89 ( $p < 0,001$ ), com um erro padrão de estimativa de  $4,0 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para o grupo investigado.

Santos et al.<sup>18</sup> adaptaram o método de Swain et al.<sup>10</sup> para esteira, verificando a sua reprodutibilidade da medida<sup>18</sup>. Foi reportado um coeficiente de correlação intraclasse (CCI) de 0,89 com um erro típico da medida (ETM) de 5%. Apesar, da confiabilidade ter sido estabelecida, a adaptação para a esteira não teve sua validade concorrente verificada.

Uma adaptação deste protocolo para caminhada foi previamente investigada. Em estudo com pacientes com transtorno de humor e doença de Parkinson, Oliveira et al.<sup>26</sup> investigaram a validade concorrente da estimativa do  $VO_{2Máx}$ . Para a medida direta do  $VO_2$ , foi utilizado um protocolo de rampa e o analisador de gases  $VO_{2000}$ , e para a medida indireta foi proposto o protocolo submáximo adaptado para esteira<sup>18</sup> com objetivo de atingir 65% a 70%  $FC_{Res}$  na fase de estabilização do teste. Os autores encontraram EPE de  $0,26 \text{ L.min}^{-1}$  ( $3,7 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), com análise de Bland-Altman apresentando boa concordância entre os dois métodos ( $BIAS = - 3,70 \pm 3,63 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). Os autores concluíram que a predição do  $VO_{2Máx}$  pelo método submáximo, apresenta validade de critério satisfatória.

Em uma recente revisão sistemática, Evans et al.<sup>13</sup> apresentaram protocolos que se utilizaram de estratégia indiretas para a predição do  $VO_{2Máx}$ . A revisão aponta 19 estudos, dentre eles 3 utilizando a esteira. As equações são baseadas na FC e na percepção subjetiva de esforço (PSE). Os autores argumentaram que o uso dessas variáveis na equação preditiva apresenta vantagens e desvantagens. Por exemplo, as equações que se utilizam da FC como base para a predição do  $VO_{2Máx}$ , apresentam a vantagem de não requerer uma familiarização com o procedimento de medida, entretanto, equações secundárias para o cálculo da  $FC_{Máx}$  são utilizadas, o que acrescenta um maior erro na estimativa do  $VO_{2Máx}$ . Equações que se utilizam da PSE, já necessitam de uma familiarização para a adequada ancoragem das percepções, uma vez que o avaliado deve saber utilizar corretamente a escala para minimização do erro preditivo. Os autores concluíram que apesar de haver uma variedade de protocolos em diferentes ergômetros, aquele que apresentou melhor precisão preditiva foi em esteira.

## JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Pode-se observar que aplicabilidade prática da estimativa do  $VO_{2Máx}$  é importante para prescrição de exercícios, apesar de já ter sido apresentada a reprodutibilidade<sup>18</sup>, a validade preditiva para teste de pista<sup>14</sup> e ciclismo<sup>(15)</sup>, validade concorrente para caminhada em idosos<sup>26</sup>, até o momento, não se encontrou estudo que tenha estabelecido a validade de critério concorrente e preditiva da estimativa para corrida em esteira, limitando assim sua utilização. Mesmo que a proposta original<sup>10</sup> tenha se dedicado à validação do conceito de predição do  $VO_{2Máx}$  utilizando  $VO_{2Res}$  e  $FC_{Res}$ , não se sabe se a precisão observada no teste em bicicleta seria a mesma daquela observada no teste de corrida na esteira, como sugerido por Santos et al.<sup>18</sup>, uma vez que aspectos biomecânicos poderiam interferir nessa relação.

### Lacuna

Este cenário apresenta-se como uma importante lacuna de conhecimento para usuários e profissionais de atividades físicas que se valem da corrida como estratégia de treinamento, além de pesquisadores que podem se utilizar deste procedimento em estudos que se utilizam do  $VO_{2Máx}$  como variável secundária.

### Objetivo

Estabelecer a validade de critério concorrente e preditiva da estimativa do  $VO_{2Máx}$  utilizando a equação da corrida do ACSM e a relação  $VO_{2Res}$  vs.  $FC_{Res}$  em protocolo baseado na proposta de Swain et al.<sup>10</sup> e adaptado para esteira<sup>18</sup>.

## 1 ESTUDO 1 - VALIDADE DE CRITÉRIO CONCORRENTE E PREDITIVA DO VO<sub>2</sub>Máx ESTIMADO EM ESTEIRA PELA RESERVA DO CONSUMO DE OXIGÊNIO E FREQUÊNCIA CARDÍACA

### INTRODUÇÃO

Muito provavelmente, o protocolo submáximo mais consagrado dentre os disponíveis é o de Astrand e Rhyming<sup>24</sup>. Os autores desenvolveram um nomograma de estimativa do VO<sub>2</sub>Máx orientado para os testes em cicloergômetro e banco. O percentual do erro entre a estimativa do VO<sub>2</sub>Máx pelo nomograma e a medida direta em cicloergômetro foi de 6,7% e 9,4% para homens e mulheres, respectivamente, quando a potência utilizada para a predição do VO<sub>2</sub> situava-se em intensidades mais elevadas (900 a 1200 kgm.min<sup>-1</sup>). Em potências mais baixas (600 a 900 kgm.min<sup>-1</sup>), o percentual do erro aumentava para 10,4% nos homens e 14,4% nas mulheres. Cink e Thomas<sup>25</sup> validaram o nomograma de Astrand e Rhyming<sup>24</sup> em um teste máximo para cicloergômetro e observaram um erro padrão da estimativa de 0,42 L.min<sup>-1</sup>.

Mais recentemente, Swain et al.<sup>10</sup> aprimoraram o teste original de Astrand e Rhyming<sup>24</sup> possibilitando o ajuste mais preciso da potência utilizada na fase de 6 min de estabilização da potência de exercício orientada ao alcance do estado de equilíbrio cardiorrespiratório em intensidade superior a 75% FC<sub>Res</sub>. Os autores reportaram uma alta validade concorrente em relação à medida direta do VO<sub>2</sub>Máx ( $r = 0,89$ ,  $p < 0,001$ ) e um erro padrão de estimativa (EPE) de 4,0 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, não observando sub ou superestimativa do VO<sub>2</sub>Máx<sup>10</sup>. O estudo não estabeleceu a validade preditiva da estimativa do VO<sub>2</sub>Máx.

Adaptações do protocolo proposto por Swain et al.<sup>10</sup> para corrida já foram realizadas para pista<sup>14</sup> e para a esteira<sup>18</sup>. Na pista, o método preditivo do VO<sub>2</sub>Máx utilizando a equação de corrida do ACSM e as equações de reserva para frequência cardíaca (FC) e VO<sub>2</sub> possibilitaram satisfatórias associações com as distâncias em provas competitivas de 3,6 km de subida ( $r = - 0,83$ ;  $p < 0,001$ ); 10 km ( $r = - 0,95$ ;  $p < 0,01$ ) e 21,1 km ( $r = - 0,96$ ;  $p < 0,01$ ). Na versão para a esteira, Santos et al.<sup>18</sup> encontraram resultados satisfatórios (ICC = 0,89; ETM = 5%) para a confiabilidade inter dias (estabilidade).

Até o momento, nenhum estudo estabeleceu a validade concorrente e preditiva da estimativa do  $VO_{2Máx}$  para esteira para indivíduos jovens fisicamente ativos, limitando a sua ampla utilização, apesar da validade preditiva da estimativa do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2Máx}$ ) já ter sido estabelecida para o desempenho competitivo<sup>14; 16</sup>. Tradicionalmente, esta modalidade de teste tem sido recomendada para avaliação e prescrição de exercício em não atletas<sup>24</sup>, onde os custos e complexidade das medidas diretas do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) não são econômica e eticamente justificados. Destaca-se que em estudo anterior já foi estabelecida a validade concorrente deste método para um teste de caminhada em idosos<sup>26</sup>.

Mesmo que a proposta original<sup>10</sup> tenha se dedicado à validação do conceito de predição do  $VO_{2Máx}$  utilizando  $VO_{2Res}$  e  $FC_{Res}$ , não se sabe se a precisão observada no teste em bicicleta seria a mesma daquela observada no teste de corrida na esteira, como sugerido por Santos et al.<sup>18</sup>. Este cenário apresenta-se como uma importante lacuna de conhecimento para usuários e profissionais de atividades físicas que se valem da corrida como estratégia de treinamento, além de pesquisadores que podem se utilizar deste procedimento em estudos onde o  $VO_{2Máx}$  como variável secundária. Desta maneira, o presente estudo tem como objetivo estabelecer a validade concorrente e preditiva da estimativa do  $VO_{2Máx}$  utilizando a equação da corrida do ACSM e a relação  $VO_{2Res}$  vs.  $FC_{Res}$  em protocolo baseado na proposta de Swain et al.<sup>10</sup> adaptado para esteira<sup>18</sup>.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Participantes**

A seleção da amostra foi feita através de ampla divulgação por cartazes fixados nos quadros de avisos do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Como critérios de inclusão, foram selecionados aqueles que possuíam risco baixo de acordo com o questionário de estratificação de risco do ACSM<sup>11</sup> e se declaravam capazes de correr em esteira a uma velocidade mínima de 8 km.h<sup>-1</sup>. Foram excluídos os indivíduos que faziam uso de algum tipo de medicamentos e que possuíam algum tipo de limitação física que restringisse sua capacidade para correr na esteira rolante.

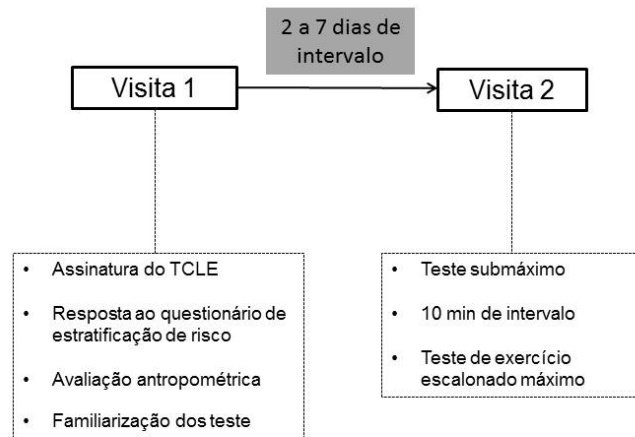
Foram selecionados 37 estudantes da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), sendo 14 do sexo feminino e 23 do sexo masculino, com 22 ± 4 anos, 66,0 ± 9,6 kg, 171,5 ± 8,8 cm e 12,6 ± 7,0 %G. O protocolo do estudo foi previamente aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (protocolo # 553.851) e todos os indivíduos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

### **Delineamento experimental**

O estudo, de corte transversal, foi realizado em duas visitas. O intervalo entre as visitas foi de no mínimo dois e no máximo sete dias. A Figura 1 demonstra a esquematização das visitas.

Na primeira, após assinatura do termo de consentimento e aplicação do questionário de estratificação de risco<sup>11</sup>, foi realizada avaliação antropométrica e uma sessão de familiarização ao testes. Na segunda visita foi realizado o teste submáximo como proposto por Santos et al.<sup>18</sup> e após intervalo de 10 min, o teste de exercício máximo em protocolo escalonado foi conduzido com monitoração dos gases expirados.

Figura 1 - Esquematização das visitas



## PROCEDIMENTOS

**Antropometria.** Para fins de caracterização da amostra, os sujeitos foram submetidos a uma bateria de medidas antropométricas que seguiram as normas da International Society for Advancement of Kinanthropometry - ISAK<sup>26; 27</sup>. Foram determinadas as medidas de massa corporal, estatura e dobras cutâneas de tórax, abdômen e coxa, para os homens e tríceps, suprailíaca e coxa, para as mulheres. A densidade corporal e o percentual de gordura foram estimados a partir das equações de Jackson e Pollock<sup>28; 29</sup> e Siri<sup>30</sup>, respectivamente.

**Protocolo Submáximo.** Foi realizado um teste submáximo em esteira rolante (Super ATL, ImbraSport, Brasil) como proposto por Santos et al<sup>18</sup>. Após repouso de 5 min, foi aferida a frequência cardíaca de repouso ( $FC_{Rep}$ ). Em seguida, o teste foi iniciado com velocidade de 4,5 e 5,5  $km.h^{-1}$  com inclinação fixa durante todo o teste de 1%, e incrementos de 1  $km.h^{-1}$  a cada minuto. Após foi realizado um incremento para 8,5  $km.h^{-1}$  por três minutos visando o alcance de 65%  $FC_{Res}$ . Ao atingir esta intensidade, a velocidade era estabilizada por 6 min de modo a permitir a

estabilização da FC a uma intensidade mínima de 75%  $FC_{Res}$  e máxima de 85%  $FC_{Res}$ . Caso a FC não alcançasse 65%  $FC_{Res}$  nesta fase inicial, novos incrementos de 1  $km.h^{-1}$  por minuto eram administrados. A FC foi monitorada durante todo o teste pelo monitor cardíaco (Polar RS800), a percepção subjetiva de esforço (PSE)<sup>31</sup> foi registrada nos 10 segundos finais de cada minuto, utilizando a escala CR10<sup>32</sup>. A estimativa do  $VO_{2Máx}$  foi calculada como proposto Swain et al.<sup>10</sup>, adaptada para esteira<sup>18</sup> (Equação 2). A temperatura do laboratório foi mantida a 22° C e a umidade relativa do ar encontrava-se entre 40 e 60%.

Equação 2

$$VO_{2máx} = [(0,2 \times \text{velocidade}) + (0,9 \times \text{velocidade} \times \text{inclinação})] / [(\text{FC}_{\text{carga}} - \text{FC}_{\text{rep}}) / (\text{FC}_{\text{máx}} - \text{FC}_{\text{rep}})] + 3,5$$

Sendo:

$VO_{2Máx}$  - consumo máximo de oxigênio em  $mL.kg^{-1}.min^{-1}$

0,2 - Custo metabólico em  $mL.kg^{-1}.m^{-1}$  em se deslocar horizontalmente a massa corporal

Velocidade - velocidade em  $m.min^{-1}$  da atividade em estado de equilíbrio

0,9 - Custo metabólico em  $mL.kg^{-1}.m^{-1}$  em se deslocar verticalmente a massa corporal

$FC_{Carga}$  - média da FC entre o 5 e 6 min em estado estável

$FC_{Rep}$  - FC medida durante o repouso

$FC_{Máx}$  - maior FC atingida no teste progressivo máximo.

**Teste de Exercício Escalonado Máximo.** O  $VO_{2Máx}$  foi determinado através de um protocolo escalonado máximo em esteira rolante com monitoração direta das variáveis de troca gasosa respiratória ( $VO_2$ ,  $VCO_2$  e VE) através do analisador de gases  $VO_{2000}$  (Sensor Medics Instruments, USA). O equipamento era calibrado antes de cada teste com base nas instruções do fabricante. O protocolo de exercício em esteira (Super ATL, ImbraSport, Brasil) teve início com velocidade de 4,5 e 5,5  $km.h^{-1}$  por 2 min e 1 min, respectivamente, e inclinação fixa em todo teste de 1%. A velocidade foi ajustada então para 8,5  $km.h^{-1}$ , quando a cada 2 min foram feitos incremento de 1,2  $km.h^{-1}$  até a exaustão voluntária máxima. A temperatura do



laboratório foi mantida a 22° C e a umidade relativa do ar encontrava-se entre 40 e 60%.

Foram adotados como critério de interrupção do teste pelo avaliador daqueles sugeridos pelo ACSM para teste sem fins diagnósticos. O teste foi considerado máximo quando interrompido pelo testado motivado por manifestações severas de fadiga. Secundariamente, eram considerados indicadores indiretos comumente utilizados na literatura, a saber: quociente respiratório maior que 1,1, frequência cardíaca máxima alcançada maior que 85% da máxima prevista ou a escala PSE estivesse igual ou acima de nove<sup>33</sup>.

### **Análise Estatística**

As características dos sujeitos foram apresentadas pela média, desvio padrão e IC<sub>95%</sub>. Após verificação dos pressupostos estatísticos para análise paramétrica, para determinar a validade concorrente das estimativas do  $VO_{2Máx}$  a partir do teste submáximo, foi utilizada uma análise de Bland - Altman com o  $VO_{2Máx\_Est}$  e  $VO_{2Máx\_Med}$ . Complementarmente, foi realizada com as mesmas variáveis uma regressão linear para a determinação do EPE e confecção de equação orientada à correção de eventual erro preditivo.

Para determinação da validade preditiva, foi utilizado como variável preditora o  $VO_{2Máx\_Est}$  no protocolo submáximo e como desfecho a  $vVO_{2Máx}$ . Para fins de comparação, a mesma análise foi conduzida para o  $VO_{2Máx\_Med}$ . Todas as análises foram feitas através do software GraphPad Prism versão 5.01, e foi adotado o nível de significância de  $p < 0,05$ .

## **RESULTADOS**

Dos 37 sujeitos recrutados para o presente estudo, três indivíduos foram excluídos por apresentarem resultados no teste progressivo máximo não compatíveis com esforço verdadeiramente máximo (baixo PSE). Na Tabela 1 destacamos a caracterização dos sujeitos, que encontram classificados nos percentis 70 a 90% nas normas de percentual de gordura e com nível de condicionamento classificados no percentil 75 a 80% pelo ACSM<sup>11</sup>. As diferenças

entre as médias do  $VO_{2Máx\_Est}$  e o  $VO_{2Máx\_Med}$  estão representadas pela análise de Bland - Altman na Figura 2, com a média das diferenças (Bias) de  $0,58 \pm 5,63 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Estes resultados indicam não existir tendência de sub ou superestimativa entre os valores previstos e estimados do  $VO_{2Máx}$ . Além disso, a distribuição das diferenças ao longo das médias de  $VO_{2Máx}$  indica uma característica homocedástica dos resultados.

Houve Grande<sup>34</sup> correlação para relação entre o  $VO_{2Máx\_Est}$  e o  $VO_{2Máx\_Med}$  ( $r = 0,72; p < 0,0001$ ) com EPE de  $5,3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Essa relação é demonstrada na Figura 3. Esses resultados indicam que 51,8% da medida do  $VO_{2Máx}$  pode ser prevista pelo protocolo submáximo investigado no presente estudo. Relativamente ao  $VO_{2Máx\_Med}$ , o erro encontrado equivaleu a aproximadamente 11,0%. A Equação 3 foi derivada do modelo preditivo investigado.

Equação 3

$$VO_{2Máx\_Med\_Corrigido} = VO_{2Máx\_Est} \times 0,7155 + 13,70$$

Sendo:

$VO_{2Máx\_Med\_Corrigido}$  - consumo máximo de oxigênio em  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  corrigido pela equação de regressão

$VO_{2Máx\_Est}$  - consumo máximo de oxigênio estimado no teste submáximo em esteira

A Figura 4 apresenta a validade preditiva do  $VO_{2Máx\_Est}$  na estimativa da  $vVO_{2Máx}$ , com resultado classificado como Quase Perfeito<sup>34</sup> ( $r = 0,90; p < 0,0001$ , EPE =  $0,87 \text{ km.h}^{-1}$ ). A mesma análise utilizando o  $VO_{2Máx\_Med}$  apresentou correlação classificada como Muito Grande<sup>34</sup> ( $r = 0,80; p < 0,0001$ ; EPE de  $1,2 \text{ km.h}^{-1}$ ), indicando um erro de magnitude 50% maior. Como pode ser observado, a predição da  $vVO_{2Máx}$  pela medida direta do  $VO_{2Máx}$  apresentou superior dispersão e conseqüente maior erro preditivo daquele observado para a estimativa do  $VO_{2Máx}$ . A representação gráfica de *Forrest Plot* contendo os valores de correlação e os  $IC_{95\%}$  encontra-se na Figura 5. Observa-se maior magnitude e menor dispersão para a correlação com o  $VO_{2Máx\_Est}$  quando comparado ao  $VO_{2Máx\_Med}$ .

Tabela 1- Caracterização da amostra (n = 34)

Variáveis	Média ± DP	IC 95%	Teste de Normalidade
Idade (anos)	22 ± 4	21; 23	< 0.0001
Peso (kg)	66,0 ± 9,6	60,7; 67,3	0,8646
Altura (cm)	171,5 ± 8,8	167,8; 173,7	0,7332
% Gordura (%)	12,6 ± 7,0	11,0; 15,7	0,1921
FC <sub>Rep</sub> (bpm)	65,0 ± 10,0	64,6; 71,4	0,4114
FC <sub>Máx</sub> (bpm)	193,0 ± 6,8	190,9; 195,1	0,6008
VO <sub>2Máx_Med</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	47,8 ± 8,5	44,0; 49,0	0,6198
VO <sub>2Máx_Est</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	46,3 ± 7,6	43,7; 48,8	0,1429
vVO <sub>2Máx</sub> (km.h <sup>-1</sup> )	13,8 ± 2,0	13,1; 14,4	0,1178

FC<sub>Rep</sub> - frequência cardíaca de repouso; FC<sub>Máx</sub> - frequência cardíaca máxima medida em teste progressivo máximo; VO<sub>2Máx\_Med</sub>- consumo máximo de oxigênio medido em teste de exercício escalonado máximo; VO<sub>2Máx\_Est</sub> - consumo máximo de oxigênio estimado através da equação proposta; vVO<sub>2Máx</sub> - velocidade máxima em que se alcançou o VO<sub>2Máx</sub>

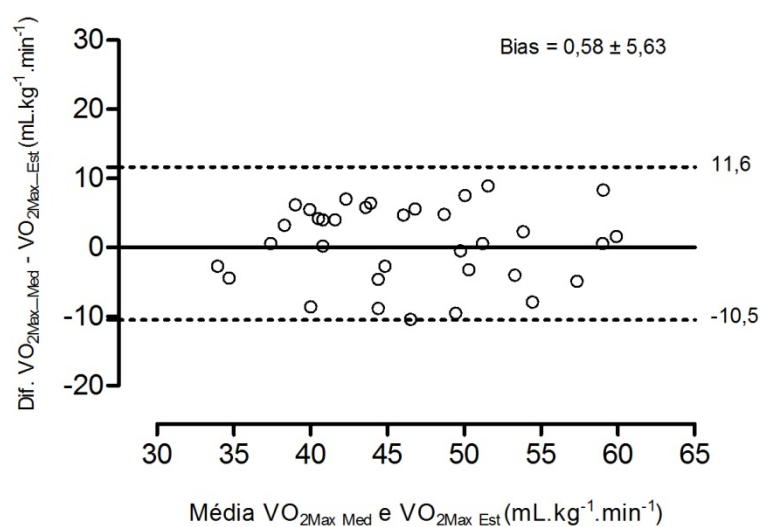
Figura 2 - Representação de Bland - Altman entre VO<sub>2Máx\_Med</sub> e VO<sub>2Máx\_Est</sub>

Figura 3- Predição da  $VO_{2Máx\_Med}$  e  $VO_{2Máx\_Est}$  por regressão linear para o cálculo do EPE e coeficiente de determinação

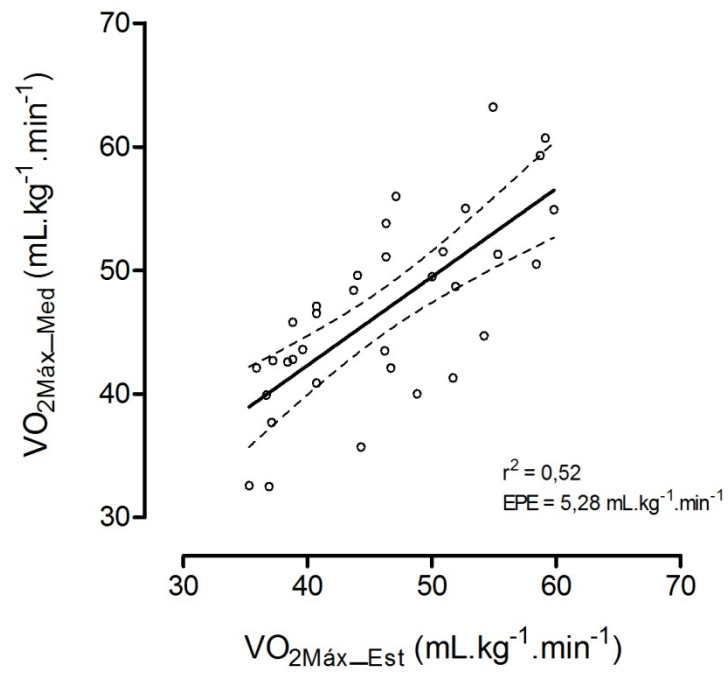


Figura 4- Predição da  $v\text{VO}_{2\text{Máx}}$  pelo  $\text{VO}_{2\text{Máx\_Med}}$  (A) e  $\text{VO}_{2\text{Máx\_Est}}$  (B) por regressão linear para o cálculo do EPE e coeficiente de determinação

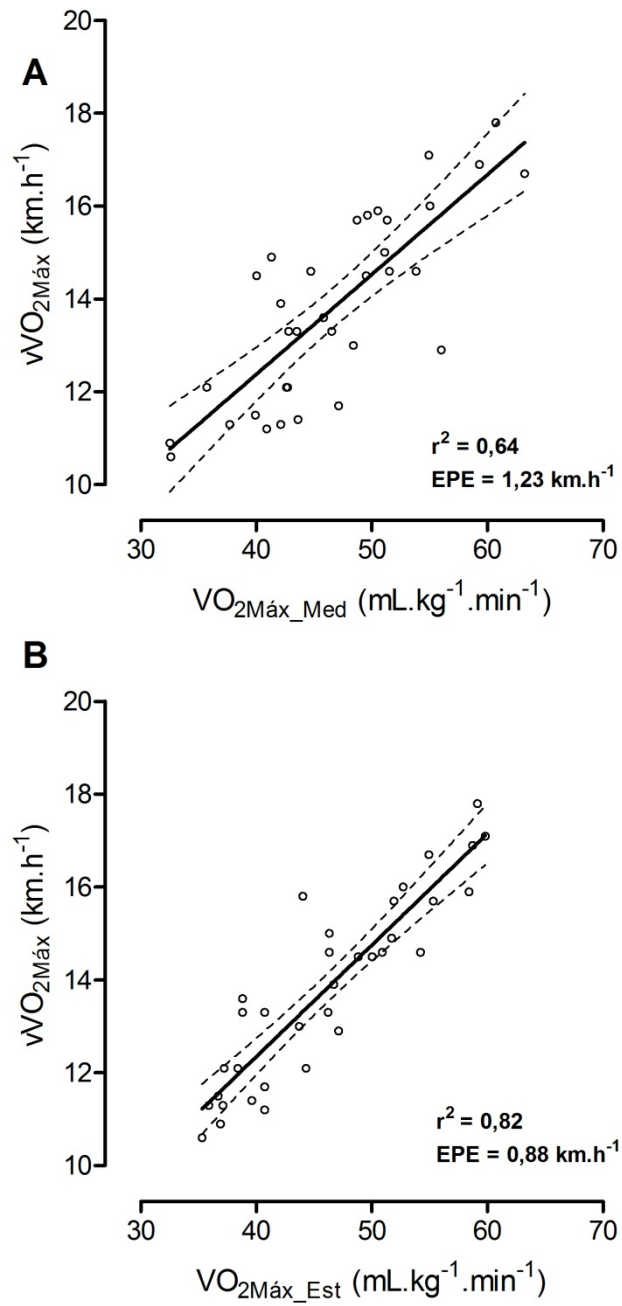
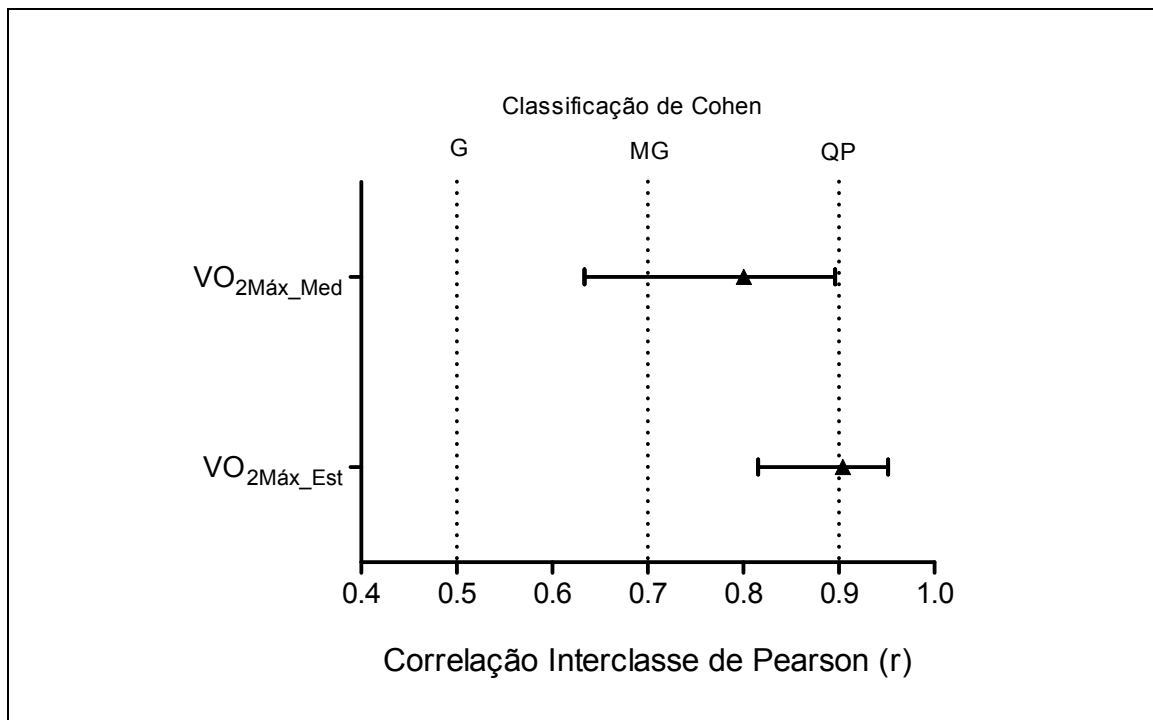


Figura 5- *Forrest Plot* com a comparação das correlações interclasses de Pearson ( $\pm$  IC<sub>95%</sub>) na predição da  $vVO_{2M\acute{a}x}$  a partir do  $VO_{2M\acute{a}x\_Med}$  e  $VO_{2M\acute{a}x\_Est}$



## DISCUSSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo estabelecer a validade concorrente e preditiva da estimativa do  $VO_{2M\acute{a}x}$  utilizando a equação da corrida do ACSM e a relação  $VO_{2Res}$  vs.  $FC_{Res}$  em protocolo baseado na proposta de Swain et al.<sup>10</sup> adaptada para esteira<sup>18</sup>. Em estudo anterior do nosso grupo<sup>18</sup> os dados de confiabilidade haviam sido demonstrados, entretanto, a validade não. Os resultados do presente estudo apresentaram uma Grande<sup>34</sup> correlação entre o  $VO_{2M\acute{a}x\_Est}$  e o  $VO_{2M\acute{a}x\_Med}$ . Estes resultados assemelham-se, apesar de discretamente inferiores, aos previamente reportados por Swain et al.<sup>10</sup> quando investigaram a validade do método de reserva do  $VO_2$  para predição do  $VO_{2M\acute{a}x}$  em teste de cicloergômetro ( $r = 0,89$ ;  $P < 0,001$ ).

Swain et al.<sup>10</sup> estimaram o  $VO_{2M\acute{a}x}$  pelo método de reserva e pelo nomogramade Astrand e Rhyning<sup>24</sup>, observando que o método do  $VO_{2Res}$  apresentou as maiores correlações com o  $VO_{2M\acute{a}x\_Med}$ , sem superestimar ou subestimar  $VO_{2M\acute{a}x\_Med}$ . A utilização do nomograma de Astrand e Rhyning<sup>24</sup> resultou

em correlação discretamente mais fraca ( $r = 0,82$ ,  $P = 0,001$ ). Entretanto, o EPE foi 27,5% maior ( $5,1 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), resultando em superestimativa do  $\text{VO}_{2\text{Máx\_Med}}$ .

Achados discretamente inferiores foram reportados por Ruiz, et al.<sup>35</sup> onde a equação do ACSM foi utilizada em conjunto com a potência máxima alcançada em teste progressivo para estimar o  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ . A correlação do  $\text{VO}_{2\text{Máx\_Est}}$  e o  $\text{VO}_{2\text{Máx\_Med}}$  foi Moderada ( $r = 0,77$ ), com erro padrão da estimativa de  $6,0 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Comparado aos resultados do presente estudo, podemos observar que o EPE encontrado é  $0,7 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  menor do que no trabalho de Ruiz et al.<sup>35</sup>. Entretanto, é possível que as diferenças observadas sejam resultado do inadequado uso pelos autores das equações do ACSM, uma vez que sua utilização é orientada para a realização de cargas submáximas de exercício em condição de estado de equilíbrio (tempo > 6 min).

O presente estudo, utilizando o protocolo adaptado para esteira<sup>18</sup>, possibilitou resultados semelhantes aos observados por Swain et al.<sup>10</sup> em sua proposição original de adaptação do clássico protocolo de Astrand e Rhymin<sup>24</sup>. Considerando a validade e confiabilidade dos estudos disponíveis para predição do  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$  a partir de testes submáximos, as abordagens que fazem uso do método de reservação as com maior correlação e menor erro de estimativa, podendo ser classificadas como superiores. Comparativamente aos achados de Swain, et al.<sup>10</sup>, o EPE do presente estudo foi discretamente superior  $5,2 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  vs.  $4,0 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Complementarmente, observa-se que os resultados do presente estudo assemelham-se àqueles observados na proposição do método original de Astrand e Rhymin<sup>24</sup>.

Recentemente, Marsh<sup>36</sup> estabeleceu a precisão do uso da equação do ACSM na predição do  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ . Apesar do protocolo de teste ter sido diferente do utilizado no presente estudo, os autores encontraram resultados bem semelhantes aos aqui observados, com coeficientes de correlação entre 0,642 e 0,646 e EPE entre 4,21 e  $4,35 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , dependendo da intensidade do esforço utilizada para a predição do  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ .

Outros três estudos foram identificados validando testes submáximos para esteira utilizando a relação FC vs.  $\text{VO}_2$ <sup>37; 38; 39</sup>. Foram observadas correlações variando entre 0,84<sup>37</sup> a 0,94<sup>39</sup> entre o valor de  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$  predito e real. Considerando que os níveis de correlação em estudos de validação são uma medida tradicional, porém pouco precisa para o estabelecimento dos erros preditivos, maior ênfase

deve ser dada ao cálculo de Bias e limites de concordância pela análise de Bland Altman ou pelo EPE oriundo da regressão linear. Dos estudos encontrados, apenas dois informaram os valores de Bias, com magnitude de  $0,7 \pm 11,0 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para o estudo de Eston et al.<sup>38</sup>. e  $0,46 \pm 8,6 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para o estudo de Macsween et al.<sup>39</sup>. Quando comparado aos dados do presente estudo ( $0,58 \pm 5,63 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), observa-se razoável concordância, com discreta superioridade dos resultados aqui produzidos. Em todos os estudos encontrados, não foram observadas tendências de sub ou superestimativas do  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$  pela predição, mesmo considerando o uso de protocolos e estratégias de cálculo diferentes entre os estudos. Futuros estudos deverão comparar conjuntamente as diferentes estratégias utilizadas a fim de elucidar se existe superioridade de alguma na predição do  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ .

Em conjunto com os resultados do presente estudo, estes achados parecem dimensionar a amplitude do erro esperado quando o  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$  é previsto na esteira por protocolos submáximos baseados na relação FC vs.  $\text{VO}_2$ , apesar da variação nas técnicas utilizadas.

Mesmo considerando que a análise direta dos gases expirados é a medida “padrão ouro” para a determinação do  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ , sabe-se que os equipamentos disponíveis apresentam variada qualidade da medida e precisão<sup>5</sup>. Aparentemente, a maior limitação do presente estudo foi a utilização do equipamento  $\text{VO}_{2000}$  para análise dos gases. Já foi reportada baixa confiabilidade da medida desse equipamento<sup>7</sup>. O coeficiente de variação da medida de consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ) foi de 14,2%, com erro médio de  $-0,04 \text{ L.min}^{-1}$  (IC 95% =  $-0,41, 0,32 \text{ L.min}^{-1}$ ). Para a produção de dióxido de carbono ( $\text{VCO}_2$ ) o coeficiente de variação foi de 15,8%, com um erro médio de  $-0,02 \text{ L.min}^{-1}$  (IC 95% =  $-0,40, 0,35 \text{ L.min}^{-1}$ ). Por outro lado, alguns estudos suportam a sua utilização<sup>6</sup>. Recomenda-se que futuros estudos reproduzam o experimento aqui apresentado em equipamentos com superior precisão. Dada a conjugação de possíveis fontes de erro na predição do  $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ , é relevante identificar o nível de implicação que diferentes equipamentos utilizados influenciam os resultados aqui apresentados.

Um aspecto pouco explorado nas investigações da validade de critério, que usualmente limitam-se à abordagem concorrente, é a investigação da validade preditiva de uma medida. Já está bem estabelecido que a medida direta do consumo máximo de oxigênio e das demais variáveis ventilatórias, apesar de adequada aplicação clínica, apresenta limitada capacidade de predição do desempenho<sup>16</sup> com



consequente baixa aplicabilidade prática na orientação das cargas de treinamento em indivíduos treinados. Tal aspecto é especialmente relevante quando grupos amostrais homogêneos são investigados, tendo tal fato sido demonstrado há quase três décadas<sup>3</sup>.

Dentre as variáveis disponíveis num teste progressivo máximo, a que melhor se relaciona com o desempenho, mesmo considerando as medidas diretas dos gases expirados, é a máxima velocidade alcançada no teste ( $vVO_{2Máx}$ ), em especial quando o protocolo utilizado apresenta adequado desenho para evolução das cargas. Dada a sua relação com o desempenho ( $r > 0,90$ ), podemos considerar a  $vVO_{2Máx}$  como uma própria manifestação de desempenho.

Até onde pudemos identificar, somente dois estudos<sup>14; 16</sup>, ambos do nosso grupo, investigaram essa temática com o mesmo modelo de cálculo de predição do  $VO_{2Máx}$  aqui utilizado. No primeiro, investigando a associação entre a velocidade crítica (VC),  $vVO_{2Máx}$  e  $VO_{2Máx\_Est}$  com diferentes desempenhos competitivos, a variável que apresentou maior poder preditivo foi o  $VO_{2Máx\_Est}$  para 10km ( $r = - 0,95$ ; EPE = 1,7 min) e 21km ( $r = - 0,96$ ; EPE = 3,9 min). Para uma prova em aclave com 3,6 km, a  $vVO_{2Máx}$  se apresentou como a melhor variável para predição do desempenho ( $r = - 0,93$ ; EPE = 3,2 min)<sup>14</sup>. Mais recentemente no ciclismo, comparando diferentes estratégias de determinação do  $VO_{2Máx}$  de forma direta e indireta para a predição do desempenho de ciclistas de mountain bike cross - country, foi demonstrado uma baixa validade preditiva da medida direta do  $VO_{2Máx}$  para o desempenho, tanto na sua forma absoluta em prova simulada ( $r = - 0,36$ ; IC = 0,69; - 0,10), quanto na sua forma relativa à massa corporal em uma prova real ( $r = 0,05$ ; IC = - 0,44; - 0,52). Por sua vez, a associação do  $VO_{2Máx\_Est}$  ao desempenho, na sua forma absoluta em uma prova simulada, foi Quase Perfeita ( $r \geq 0,90$ ), e na sua forma relativa a massa corporal em prova real, essa associação foi Muito Grande ( $r = 0,70$  a  $0,89$ )<sup>16</sup>.

Acompanhando estes resultados, o presente estudo demonstrou superior capacidade preditiva do desempenho para o  $VO_{2Máx\_Est}$  quando comparado ao  $VO_{2Máx\_Med}$  (Figura 5). A magnitude das associações observadas, bem como os EPE do desempenho, podem ser considerados equivalentes entre os estudos. O EPE relativizado à média do  $VO_{2Máx}$  dos sujeitos investigados por Santos et al.<sup>14</sup> foi de  $\cong 4\%$  para as distâncias de 10 e 20 km, enquanto no ciclismo, as associações foram no mínimo duas vezes melhores<sup>16</sup>. Considerando os resultados do presente estudo,

mesmo que os valores de  $VO_{2Máx}$  derivados do protocolo submáximo carreguem um erro de aproximadamente 11%, o que para alguns pode ser considerado um aspecto proibitivo, sua utilidade na estimativa do desempenho garante uma precisão de 92% na correlação da  $vVO_{2Máx}$  com o  $VO_{2Máx\_Med}$  e 94% com o  $VO_{2Máx\_Est}$ , o que representa um dado de magnitude relevante se considerado o baixo custo da estratégia.

Este achado apresenta importante significado prático. O uso do  $VO_{2Máx}$  em programas de exercício para a aptidão física e saúde, sem fins diagnósticos, tem como propósitos: a. classificar a condição cardiorrespiratória do praticante; b. derivar a potência de exercício a ser realizada para o alcance de dada intensidade objetivada. Na corrida, este ajuste se dá, usualmente, pela modulação da velocidade e da inclinação da atividade. Apesar de uma tradicional atenção para o primeiro item apresentado, é no segundo que reside importante potencialidade desta variável na viabilização de estruturação e ajuste das cargas de treinamento.

Assim, podemos hipotetizar que, se a classificação dos resultados estimados de  $VO_{2Máx}$  pode sofrer alguma ameaça da precisão encontrada, sua aplicação para a prescrição de exercício carrega elevada precisão. Em contrapartida, valores de  $VO_{2Máx}$  derivados da medida direta dos gases expirados viabilizam satisfatória classificação do avaliado frente a tabelas de referência populacional desta variável, entretanto, limitada capacidade de ajuste das cargas de treinamento, ainda mais se considerado que este processo usualmente depende das equações preditivas do ACSM para o ajuste das intensidades do exercício. Este aspecto, pouco explorado nos estudos sobre o tema, apresenta relevante significado clínico e futuros estudos deverão investigar as argumentações aqui apresentadas a fim de melhor esclarecer a real relevância do uso dos testes indiretos para estimativa do  $VO_{2Máx}$ .

## CONCLUSÃO

Os dados do presente estudos suportam a utilização da estratégia de estimativa do  $VO_{2máx}$  em esteira pelo método de reserva, especialmente considerando aceitável erro padrão da estimativa (EPE) e adequado coeficiente de correlação. Deve-se, entretanto, considerar o EPE das medidas obtidas por esse teste, com magnitude de  $5,28 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para a estimativa do  $VO_{2Máx}$  e  $0,82 \text{ km.h}^{-1}$  para estimativa da  $vVO_{2Máx}$ .

O protocolo estimado adaptado para esteira<sup>18</sup> apresentou validade concorrente semelhante, porém discretamente inferior ao estudo de Swain et al.<sup>10</sup> para bicicleta. Entretanto, a alta validade preditiva do protocolo apresentado garante a sua utilização para fins de prescrição do exercício em população semelhante à aqui investigada, uma vez que relevância do  $VO_{2Máx}$  é maior para a orientação das cargas de treinamento, conectando avaliação - prescrição - reavaliação, do que meramente classificando os resultados encontrados.

## REFERÊNCIAS

- 1 ALBOUAINI, K. et al. Cardiopulmonary exercise testing and its application. **Postgrad Med J**, v. 83, n. 985, p. 675-82, Nov 2007. ISSN 1469-0756 (Electronic)0032-5473 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17989266>>.
- 2 SANTOS, T. M. et al. Comparação Entre as Modalidades de Caminhada e Corrida na Predição do Consumo Máximo de Oxigênio. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v. 14, n. 5, p. 412-415, 2008. ISSN 1517-8692 (versão impressa) 1806-9940 (versão online).
- 3 NOAKES, T. D. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. **Med Sci Sports Exerc**, v. 20, n. 4, p. 319-30, Aug 1988. ISSN 0195-9131 (Print) 0195-9131 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3050352> >.
- 4 SARTOR, F. et al. Estimation of maximal oxygen uptake via submaximal exercise testing in sports, clinical, and home settings. **Sports Med**, v. 43, n. 9, p. 865-73, Sep 2013. ISSN 1179-2035 (Electronic)0112-1642 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23821468>>.
- 5 MACFARLANE, D. J. Automated metabolic gas analysis systems: a review. **Sports Med**, v. 31, n. 12, p. 841-61, 2001. ISSN 0112-1642 (Print)0112-1642 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11665912> >.
- 6 NOVITSKY, S. et al. Validity of a new portable indirect calorimeter: the AeroSport TEEM 100. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 70, n. 5, p. 462-7, 1995. ISSN 0301-5548 (Print)0301-5548 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7671883>>.
- 7 CROUTER, S. E. et al. Accuracy and reliability of the ParvoMedics TrueOne 2400 and MedGraphics VO2000 metabolic systems. **Eur J Appl Physiol**, v. 98, n. 2, p. 139-51, Sep 2006. ISSN 1439-6319 (Print)1439-6319 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16896734> >.
- 8 MARANHÃO NETO, G. D. A. F.; FARINATTI, P. T. V. Equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem testes de exercício e sua aplicabilidade em estudos epidemiológicos: revisão descritiva e análise dos estudos. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v. 9, n. 5, p. 304-314, 2003. ISSN 1517-8692 (Print Version)1806-9940 (On-line version)
- 9 HAWLEY, J. A.; NOAKES, T. D. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 65, n. 1, p. 79-83, 1992. ISSN 0301-5548 (Print)0301-5548 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1505544>>.

- <sup>10</sup> SWAIN, D. P. et al. Validation of a new method for estimating VO<sub>2</sub>max based on VO<sub>2</sub> reserve. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 8, p. 1421-6, Aug 2004. ISSN 0195-9131 (Print)0195-9131 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15292752>>.
- <sup>11</sup> MEDICINE, A. C. O. S. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. **Lippincott Williams & Wilkins**, 2013. ISBN 1469826666.
- <sup>12</sup> ARAUJO, C. G.; HERDY, A. H.; STEIN, R. Maximum oxygen consumption measurement: valuable biological marker in health and in sickness. **Arq Bras Cardiol**, v. 100, n. 4, p. e51-3, Apr 2013. ISSN 1678-4170 (Electronic)0066-782X (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23681215>>.
- <sup>13</sup> EVANS, H. J. L. et al. A systematic review of methods to predict maximal oxygen uptake from submaximal, open circuit spirometry in healthy adults. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 18, n. 2, p. 183-188, ISSN 1440-2440. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.03.006>>. Acesso em: 07/07/2016.
- <sup>14</sup> SANTOS, T. M. et al. VO<sub>2</sub>máx estimado e sua velocidade correspondente predizem o desempenho de corredores amadores. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desenvolvimento Humano**, v. 14, n. 2, p. 192-201, 2012. ISSN 1980-0037.
- <sup>15</sup> CURRELL, K.; JEUKENDRUP, A. E. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. **Sports Med**, v. 38, n. 4, p. 297-316, 2008. ISSN 0112-1642 (Print)0112-1642 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18348590>>.
- <sup>16</sup> MAINARDI, F.; POMPEU, F. A. S.; SANTOS, T. M. Validade preditiva da medida e estimativa do VO<sub>2</sub>Máx no desempenho de Mountain Bikers. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21 n. 01, p. 44-48, 2015.
- <sup>17</sup> HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Med**, v. 30, n. 1, p. 1-15, Jul 2000. ISSN 0112-1642 (Print)0112-1642 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10907753>>.
- <sup>18</sup> SANTOS, T. M.; VIANA, B. F.; SÁ FILHO, A. S. Reprodutibilidade do VO<sub>2</sub>Máx estimado na corrida pela frequência cardíaca e consumo de oxigênio de reserva. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 26, p. 29-36, 2012. ISSN 1807-5509. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1807-55092012000100004&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-55092012000100004&nrm=iso)>.
- <sup>19</sup> BILLAT, V. et al. Times to exhaustion at 90,100 and 105% of velocity at VO<sub>2</sub> max (Maximal aerobic speed) and critical speed in elite longdistance runners. **Archives of physiology and biochemistry**, v. 103, n. 2, p. 129-135, 1995. ISSN 1381-3455.

- <sup>20</sup> CAPP, D. et al. The relationship between an athlete's maximal aerobic speed determined in a laboratory and their final speed reached during a field test (UNCa Test). **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 54, n. 4, p. 424-431, 2014. ISSN 0022-4707.
- <sup>21</sup> LACOUR, J. et al. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 62, n. 2, p. 77-82, 1991. ISSN 0301-5548.
- <sup>22</sup> MORGAN, D. et al. Ten kilometer performance and predicted velocity at VO<sub>2</sub>max among well-trained male runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 21, n. 1, p. 78-83, 1989. ISSN 0195-9131.
- <sup>23</sup> NOAKES, T. D.; MYBURGH, K. H.; SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the V O<sub>2</sub> max test predicts running performance. **Journal of sports sciences**, v. 8, n. 1, p. 35-45, 1990. ISSN 0264-0414.
- <sup>24</sup> ASTRAND, P. O.; RYHMING, I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. **J Appl Physiol**, v. 7, n. 2, p. 218-21, Sep 1954. ISSN 0021-8987 (Print)0021-8987 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13211501>>.
- <sup>25</sup> CINK, R. E.; THOMAS, T. R. Validity of the Astrand-Ryhming nomogram for predicting maximal oxygen intake. **Br J Sports Med**, v. 15, n. 3, p. 182-5, Sep 1981. ISSN 0306-3674 (Print)0306-3674 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7272663>>.
- <sup>26</sup> OLIVEIRA, N. A. D. et al. Assessment of cardiorespiratory fitness using submaximal protocol in older adults with mood disorder and Parkinson's disease. **Archives of Clinical Psychiatry (São Paulo)**, v. 40, n. 3, p. 88-92, 2013. ISSN 0101-6083.
- <sup>27</sup> ROSS, W.; CARR, R.; CARTER, J. **Anthropometry Illustrated** [CD Rom]. Vancouver, BC: Turnpike Electronic Publications Inc, 2000.
- <sup>28</sup> JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. 1978. **Br J Nutr**, v. 91, n. 1, p. 161-8, Jan 2004. ISSN 0007-1145 (Print) 0007-1145 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14748950>>.
- <sup>29</sup> JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med Sci Sports Exerc**, v. 12, n. 3, p. 175-81, 1980. ISSN 0195-9131 (Print) 0195-9131 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7402053>>.
- <sup>30</sup> SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. **Nutrition**, v. 9, n. 5, p. 480-91; discussion 480, 492, Sep-Oct 1993. ISSN 0899-9007 (Print) 0899-9007 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8286893>>.

- <sup>31</sup> SWANK, A. M. et al. Development of a Branching Submaximal Treadmill Test for Predicting Vo<sub>2</sub>max. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 15, n. 3, p. 302-308, 2001. ISSN 1064-8011. Disponível em: <[http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2001/08000/Development\\_of\\_a\\_Branching\\_Submaximal\\_Treadmill.7.aspx](http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2001/08000/Development_of_a_Branching_Submaximal_Treadmill.7.aspx)>.
- <sup>32</sup> BORG, E.; KAIJSER, L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. **Scand J Med Sci Sports**, v. 16, n. 1, p. 57-69, Feb 2006. ISSN 0905-7188 (Print) 0905-7188 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16430682>>.
- <sup>33</sup> BROOKS, G. A.; FAHEY, T. D.; WHITE, T. P. **Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications**. [S.l.]: Mayfield publishing company, 1996. ISBN 1559343656.
- <sup>34</sup> COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavior science**. [S.l.]: Lawrence Erlbaum Association, 1988.
- <sup>35</sup> RUIZ, A.; SHERMAN, N. An Evaluation of the Accuracy of the American College of Sports Medicine Metabolic Equation for Estimating the Oxygen Cost of Running. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, n. 3, p. 219-33, 1999.
- <sup>36</sup> MARSH, C. E. Evaluation of the American College of Sports Medicine submaximal treadmill running test for predicting VO<sub>2</sub>max. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 2, p. 548-54, Feb 2012. ISSN 1533-4287 (Electronic) 1064-8011 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22262016>>.
- <sup>37</sup> COLEMAN, A. E. **Validation of a quick, submaximal test of maximal oxygen intake**. [S.l.]: DTIC Document. 1972
- <sup>38</sup> ESTON, R. et al. A perceptually regulated, graded exercise test predicts peak oxygen uptake during treadmill exercise in active and sedentary participants. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 10, p. 3459-3468, 2012. ISSN 1439-6319.
- <sup>39</sup> MACSWEEN, A. The reliability and validity of the Astrand nomogram and linear extrapolation for deriving VO<sub>2</sub> (2max) from submaximal exercise data. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 41, n. 3, p. 312, 2001. ISSN 0022-4707.

## ANEXO A - Questionário de estratificação de risco

Questionário do AHA/ACSM para Estratificação Pré-participação em Programas de Atividades Físicas	
Para avaliar a sua condição de saúde, assinale todas as afirmativas que são verdadeiras:	
<p><b>Histórico</b>            Você tem ou já teve:  <input type="checkbox"/> Um ataque cardíaco.  <input type="checkbox"/> Uma cirurgia cardíaca.  <input type="checkbox"/> Uma cateterização cardíaca.  <input type="checkbox"/> Uma angioplastia coronária.  <input type="checkbox"/> Um implante de marcapasso.  <input type="checkbox"/> Uma desfibrilação ou distúrbio de ritmo cardíaco.  <input type="checkbox"/> Uma doença da válvula cardíaca.  <input type="checkbox"/> Um colapso cardíaco.  <input type="checkbox"/> Um transplante cardíaco.  <input type="checkbox"/> Uma doença cardíaca congênita.</p> <p><b>Sintomas</b>  <input type="checkbox"/> Você já experimentou desconforto no peito com o esforço.  <input type="checkbox"/> Você já experimentou uma falta de ar súbita.  <input type="checkbox"/> Você já experimentou tonturas, desmaios ou perda de sentidos.  <input type="checkbox"/> Você usa ou já usou medicações para o coração.</p>	<p><b>Outras Questões de Saúde</b>  <input type="checkbox"/> Você tem diabetes.  <input type="checkbox"/> Você possui asma ou outra doença pulmonar.  <input type="checkbox"/> Você já sentiu queimação ou câimbras em seus membros inferiores ao caminhar distâncias curtas.  <input type="checkbox"/> Você tem algum problema músculo-esquelético que limite sua prática de atividade física.  <input type="checkbox"/> Você tem preocupações quanto a segurança de se exercitar.  <input type="checkbox"/> Você tem alguma prescrição para medicação(ões).  <input type="checkbox"/> Se do sexo feminino, você está grávida.  <input type="checkbox"/> Você possui alguma doença da tireóide, dos rins ou do fígado.</p> <p style="text-align: right;"><b>CONCLUSÃO 1</b></p> <p>Se você marcou qualquer um dos itens nesta seção, consulte o seu médico ou outro profissional de saúde antes de se engajar em um programa de exercícios. Você pode necessitar de uma estrutura que disponha de supervisão médica especializada.</p>
<p><b>Fatores de Risco Cardiovasculares</b>            Se homem:  <input type="checkbox"/> Você tem 45 anos ou mais.            Se mulher:  <input type="checkbox"/> Você tem 55 anos ou mais ou já fez histerectomia ou está em pós-menopausa.            Para todos:  <input type="checkbox"/> Você fuma ou parou de fumar há menos de 6 meses.  <input type="checkbox"/> Sua <b>pressão</b>:            - <b>sistólica</b> é maior ou igual a 140 mmHg e/ou <b>diastólica</b> é maior ou igual a 90 mmHg, ou;            - é controlada por alguma medicação, ou;            - é desconhecida por você.  <input type="checkbox"/> Seu <b>colesterol</b> sanguíneo:            - <b>total</b> é maior que 200 mg/dL, ou;            - <b>LDL</b> é maior do que 130 mg/dL, ou;            - <b>HDL</b> é menor do que 40 mg/dL, ou;            - é desconhecido por você.  <input type="checkbox"/> O seu pai ou irmão (antes dos 55 anos) ou mãe e irmã (antes dos 65 anos), teve/tiveram um ataque</p>	<p>cardíaco ou fez/fizeram uma cirurgia cardíaca.  <input type="checkbox"/> Seu <b>açúcar sanguíneo</b>:            - apresenta níveis acima de 100 mg/dL, ou;            - é desconhecido por você.  <input type="checkbox"/> Você faz menos que 120 min por semana de atividades físicas moderadas (que levem a um discreto aumento da respiração).  <input type="checkbox"/> Você está mais que 9 kg acima do seu peso.</p> <p style="text-align: right;"><b>CONCLUSÃO 2</b></p> <p>Se você marcou mais do que um item nesta seção, consulte o seu médico ou outro profissional de saúde antes de se engajar em um programa de exercícios. Você pode se beneficiar pela utilização de uma estrutura de atividades físicas que disponibilize supervisão profissional qualificada para orientar seu programa de exercícios.</p>
<p><b>Outros</b>  <input type="checkbox"/> Nenhuma das afirmativas nos itens <b>Histórico</b>, <b>Sintomas</b> ou <b>Outras Questões de Saúde</b> e no máximo um item em <b>Fatores de Risco Cardiovasculares</b>.</p>	<p style="text-align: right;"><b>CONCLUSÃO 3</b></p> <p>Você está apto a iniciar seu programa de exercícios sem consultar o seu médico ou outro profissional de saúde em um programa auto-orientado ou em quase todos os centros de atividades físicas que atendam às suas necessidades para um programa de exercícios.</p>



**ANEXO B** - Escala de percepção de esforçoEscala de esforço

0	NENHUMA
0,3	
0,5	EXTREMAMENTE LEVE
0,7	
1	MUITO LEVE
1,5	
2	LEVE
2,5	
3	MODERADA
4	
5	FORTE
6	
7	MUITO FORTE
8	
9	EXTREMAMENTE FORTE
10	
11	
•	MÁXIMO ABSOLUTO

## ANEXO C – Formulário de coleta de dados

**FORMULÁRIO PROJETO**  
Validade de critério do consumo máximo de oxigênio estimado em esteira pela relação entre o consumo máximo de oxigênio de reserva e frequência cardíaca de reserva

Visita  #

Identificação					
Nome:					
Data Nascimento:		Idade:		anos Data:	
Telefone:			Email:		
Endereço:					
Bairro:				CEP:	
Cidade:				Estado:	

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #f4a460;"> <th colspan="2">A Check List</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Anamnese Inicial</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Estratificação de Risco</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Termo de Consentimento</td></tr> </tbody> </table>	A Check List		<input type="checkbox"/>	Anamnese Inicial	<input type="checkbox"/>	Estratificação de Risco	<input type="checkbox"/>	Termo de Consentimento	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #f4a460;"> <th colspan="2">B FC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="text"/></td><td>FCRep (bpm):</td></tr> <tr><td><input type="text"/></td><td>FCMáx (bpm):</td></tr> <tr><td><input type="text"/></td><td>FCRes (bpm):</td></tr> </tbody> </table>	B FC		<input type="text"/>	FCRep (bpm):	<input type="text"/>	FCMáx (bpm):	<input type="text"/>	FCRes (bpm):	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #f4a460;"> <th colspan="2">D Familiarização Testes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Teste de exercício escalonado</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Teste de exercício rampa</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>Prova de desempenho de 5 km</td></tr> </tbody> </table>	D Familiarização Testes		<input type="checkbox"/>	Teste de exercício escalonado	<input type="checkbox"/>	Teste de exercício rampa	<input type="checkbox"/>	Prova de desempenho de 5 km
A Check List																										
<input type="checkbox"/>	Anamnese Inicial																									
<input type="checkbox"/>	Estratificação de Risco																									
<input type="checkbox"/>	Termo de Consentimento																									
B FC																										
<input type="text"/>	FCRep (bpm):																									
<input type="text"/>	FCMáx (bpm):																									
<input type="text"/>	FCRes (bpm):																									
D Familiarização Testes																										
<input type="checkbox"/>	Teste de exercício escalonado																									
<input type="checkbox"/>	Teste de exercício rampa																									
<input type="checkbox"/>	Prova de desempenho de 5 km																									

C Antropometria - Homem					Antropometria - Mulher				
Massa (kg):		Estatura (cm):			Massa (kg):		Estatura (cm):		
Dobras Cutâneas (mm)					Dobras Cutâneas (mm)				
Localização	Med 1	Med 2	Med 3	Média	Localização	Med 1	Med 2	Med 3	Média
Tórax					Tríceps				
Abdômen					Suprailíaca				
Coxa					Coxa				

Visita

<b>A</b>	Prova de Desempenho de 5 km	
	Tempo (min):	<input type="text"/>
	PSE:	<input type="text"/>

	Visita
--	--------

Teste Aeróbio Submáximo										A
FCRes (bpm)		Aquecimento								
65 %R		Estágio Aquecim.	Tempo min	Velocidade		Inclinação %	FC bpm	PSE	ES	Tempo de Sincron. Gases:
75 %R				km/h	m/min					
85 %R		1	1	4,5	75,0	1				
90 %R		2	1	5,5	91,7	1				
Estado de Equilíbrio		3	3	8,5	141,7	1				
Velocidade (km/h):		4	1	9,5	158,3	1				
Inclinação (%):		5	1	10,5	175,0	1				
Tempo min	FC bpm	PSE	ES	6	1	11,5	191,7	1		
7	1			12,5	208,3	1				
1				8	1	13,5	225,0	1		
2				9	1	14,5	241,7	1		
3				10	1	15,5	258,3	1		
4				11	1	16,5	275,0	1		
5				12	1	17,5	291,7	1		
6				13	1	18,5	308,3	1		

Teste Aeróbio Máximo - Protocolo Escalonado										B
Estágio	Tempo		Velocidade		Inclinação %	FC bpm	ESE	ES	Demanda Metabólica mL/kg/min	
	P_min	T_min	km/h	m/min						
Aquec 1	2	2	4,5	75,0	1				12,4	
Aquec 2	1	3	5,5	91,7	1				14,3	
1	2	5	8,5	141,7	1				33,1	
2	2	7	9,7	161,7	1				37,3	
3	2	9	10,9	181,7	1				41,5	
4	2	11	12,1	201,7	1				45,6	
5	2	13	13,3	221,7	1				49,8	
6	2	15	14,5	241,7	1				54,0	
7	2	17	15,7	261,7	1				58,2	
8	2	19	16,9	281,7	1				62,4	
9	2	21	18,1	301,7	1				66,5	
10	2	23	19,3	321,7	1				70,7	
Razão	---	---	1,2	20,0	---	---	---		4,2	

Método de Término	Ataxia?
	Limitação em MMII?
	Limitação cardiopulmonar?
Observações:	

Indicações para a interrupção de um teste submáximo (ACSM, 2014)	Limiar de angina ou sintomas semelhantes ao de angina
	PAS: ↓ (10 mmHg) ou ↔ com o ↑ da intensidade do esforço
	PAS > 260 mmHg ou PAD > 115 mmHg
	Palidez, confusão, ataxia, cianose, náusea, frio e pele úmida
	FC ↔ mesmo com o aumento da intensidade do exercício
	Notável mudança no ritmo cardíaco
	Solicitação do testado para interrupção do teste
	Manifestações físicas ou verbais de fadiga severa
	Falha no equipamento de teste
	Término do Protocolo

Visita	
--------	--

Teste Aeróbio Subáximo										A			
FCRes (bpm)				Aquecimento						Tempo de Sincron.	Gases:		
65 %R				Estágio Aquecim.	Tempo min	Velocidade		Inclinação %	FC bpm			PSE	ES
75 %R				1	1	4,5	75,0	1					
85 %R				2	1	5,5	91,7	1					
90 %R				3	3	8,5	141,7	1					
Estado de Equilíbrio				4	1	9,5	158,3	1					
Velocidade (km/h):				5	1	10,5	175,0	1					
Inclinação (%):				6	1	11,5	191,7	1					
Tempo min	FC bpm	PSE	ES	7	1	12,5	208,3	1					
1				8	1	13,5	225,0	1					
2				9	1	14,5	241,7	1					
3				10	1	15,5	258,3	1					
4				11	1	16,5	275,0	1					
5				12	1	17,5	291,7	1					
6				13	1	18,5	308,3	1					

Teste Aeróbio Máximo - Protocolo Rampa										B		
Estágio	Tempo		Velocidade		Inclinação %	FC bpm	ESE	ES	Demanda Metabólica mL/kg/min	Tempo de Sincron.	Gases:	
	P_min	T_min	km/h	m/min								
Aquec 1	2	2	4,5	75,0	1			12,4				
Aquec 2	1	3	5,5	91,7	1			14,3				
1	2	5	8,5	141,7	1			33,1				
2	2	7	9,7	161,7	1			37,3				
3	2	9	10,9	181,7	1			41,5				
4	2	11	12,1	201,7	1			45,6				
5	2	13	13,3	221,7	1			49,8				
6	2	15	14,5	241,7	1			54,0				
7	2	17	15,7	261,7	1			58,2				
8	2	19	16,9	281,7	1			62,4				
9	2	21	18,1	301,7	1			66,5				
10	2	23	19,3	321,7	1			70,7				
Razão	---	---			---	---	---	3,7				

Modulos P/ Término	Ataxia?
	Limitação em MMII?
	Limitação cardiopulmonar?

Observações:

Indicações para a interrupção de um teste submáximo (ACSM, 2014)	Limiar de angina ou sintomas semelhantes ao de angina
	PAS: ↓ (10 mmHg) ou ↔ com o ↑ da intensidade do esforço
	PAS > 260 mmHg ou PAD > 115 mmHg
	Palidez, confusão, ataxia, cianose, náusea, frio e pele úmida
	FC ↔ mesmo com o aumento da intensidade do exercício
	Notável mudança no ritmo cardíaco
	Solicitação do testado para interrupção do teste
	Manifestações físicas ou verbais de fadiga severa
	Falha no equipamento de teste
	Término do Protocolo

Visita

Teste Aeróbio Subáximo										A	
FCRes (bpm)		Aquecimento									
65 %R		Estágio Aquecim.	Tempo	Velocidade		Inclinação	FC	PSE	ES	Tempo de Simón.	Gases:
75 %R			min	km/h	m/min	%	bpm				
85 %R		1	1	4,5	75,0	1				Tempo de Repouso	FC (bpm):
90 %R		2	1	5,5	91,7	1					
Estado de Equilíbrio		3	3	8,5	141,7	1					
Velocidade (km/h):		4	1	9,5	158,3	1					
Inclinação (%):		5	1	10,5	175,0	1					
Tempo	FC	6	1	11,5	191,7	1					
min	bpm	7	1	12,5	208,3	1				Variáveis de Repouso	FC (bpm):
1		8	1	13,5	225,0	1					
2		9	1	14,5	241,7	1					
3		10	1	15,5	258,3	1					
4		11	1	16,5	275,0	1					
5		12	1	17,5	291,7	1					
6		13	1	18,5	308,3	1					PA (mmHg):



## ANEXO D – Dados brutos

# Identificação	Nome	CARACTERÍSTICAS					SUBMÁXIMO				ESCALONADO			
		Idade	Sexo	Peso	Altura	% Gordura	FC repouso	FC Média 5-6'	Velocidade de estabilização	VO2Max_Sub	VO2max_R_Escalonado	Fcmáx_R_Escalonado	vVO2máx_Escalonado	wVO2máx_Escalonado
1 1	BRUNO SERAFIM	24	M	68,4	172,5	8,9	47,0	154,5	11,5	54,9	63,2	185	16,7	278,3
1 2	BRUNO HENRIQUE	29	M	72,2	171,5	10,9	60	175	11,5	50,0	49,5	193	14,5	241,7
1 3	CRISTIANE FARIAS	26	F	63,0	164,0	21,2	68,0	169,0	10,5	46,2	43,5	186	13,3	221,7
1 4	DOUGLAS MOURA	23	M	75,2	169,0	6,0	55,0	164,0	12,5	59,8	54,9	196	17,1	285,0
1 5	THAISSA CAMPOS	22	F	70,0	164,0	26,0	70,0	181,0	8,5	37,1	37,7	196	11,3	188,3
1 6	CARLOS EDUARDO MARQUES	22	M	75,0	175,0	5,4	58,0	165,0	11,5	51,7	41,30	185	14,9	248,3
1 7	DIOGENES MARINHO	20	M	64,0	172,0	6,9	64,0	173,0	11,5	50,9	51,5	193	14,6	243,3
1 9	DANILO EDSON SOUZA	27	M	70,0	177,0	7,8	70,0	164,5	10,5	54,2	44,7	201	14,6	242,5
1 10	MARISA BRAGA	20	F	67,5	169,5	19,5	83,0	176,0	8,5	36,9	32,5	188	10,9	181,7
1 11	RENATO SOUZA	23	M	76,3	172,5	19,4	61,0	171,0	10,5	46,7	42,1	191	13,9	231,7
1 12	HILQUIAS JORGE	21	M	61,0	175,0	18,2	76,0	164,5	11,5	58,7	59,3	198	16,9	281,7
1 14	EVELYN DA SILVA	23	F	57,5	161,0	13,9	85,0	166,0	9,5	48,8	40,0	196	14,5	241,7
1 15	ELIAN BEMVINDO	25	F	61,5	155,0	25,8	88,0	177,0	8,5	38,8	42,8	194	13,3	221,7
1 19	ELAINE DA SILVA	20	F	43,4	149,0	17,0	56,0	178,0	8,5	39,6	43,60	204	11,4	190,0
1 21	ALESSANDRA SANTOS	23	F	52,7	165,0	12,9	64,0	162,0	10,5	51,9	48,7	193	15,7	261,7
1 22	MARIANE SILVA	20	F	60,5	166,5	25,4	69,0	182,0	8,5	35,3	32,6	190	10,6	176,7
1 23	VITOR MARINHO	22	M	61,2	170,0	6,3	53,0	157,5	10,5	55,3	51,3	201	15,7	261,7
1 24	LUIZ ROBERTO	22	M	69,0	167,5	17,6	68,0	175,5	8,5	40,7	46,5	203	13,3	221,7
1 26	LORENA CARVALHO	21	F	59,0	164,0	28,8	69,0	189,0	8,5	36,7	39,9	191	11,5	191,7
1 27	TAINÁ BARBOSA	20	F	56,0	160,0	16,7	60,0	170,0	8,5	38,4	42,60	189	12,1	201,7
1 28	FELIPE DE SOUZA	22	M	90,0	172,0	5,4	69,0	166,0	8,5	40,7	40,90	191	11,2	186,7
1 29	FERNANDO AUGUSTO	30	M	80,0	177,0	8,1	68,0	156,0	12,5	58,4	50,50	179	15,9	264,5
1 30	AMANDA DIAS	18	F	61,0	170,0	18,3	73,0	168,0	9,5	44,3	35,70	190	12,1	201,7
1 32	MATHEUS RODRIGUES	18	M	68,3	174,5	19,4	77	171	10,5	46,3	51,1	187	15,0	249,7
1 37	LUCAS TEMISTOCLES	22	M	64,0	178,0	8,2	68,0	179,0	10,5	46,3	53,8	198	14,6	243,3
1 38	ISABELLA LAIME	22	F	62,0	168,6	16,5	50,0	172,0	8,5	37,2	42,7	189	12,1	201,7
1 41	FRANCISCO FERNANDES	20	M	83,0	177,5	16,8	63	176	8,5	40,7	47,1	205	11,7	195,0
1 44	ALTAMIR BERTINO	22	M	62,3	180,0	9,4	70	165	8,5	43,7	48,4	199	13,0	216,7
1 48	HEBERT THOMAZ	20	M	61,0	176,0	6,7	61	154	11,5	59,1	60,7	190	17,8	296,7
1 49	JUAREZ INACIO	19	M	80,0	187,5	4,4	61	160	11,5	52,7	55,00	182	16,0	266,7
1 50	DIEGO FRANCISCO	20	M	72,0	185,5	5,5	61	173	9,5	44,0	49,6	198	15,8	263,3
1 51	RUBEM FLAVIO	36	M	79,0	186,3	14,6	82	170	9,5	47,1	56,0	198	12,9	215,3
1 52	JULIA MEIRA	24	F	52,0	158,5	12,6	65,0	169,0	8,5	38,8	45,8	189	13,6	226,7
1 53	MARIA LUIZA MEIRA	24	F	58,0	157,0	18,3	88,0	189,0	8,5	35,9	42,1	198	11,3	188,3

## ANEXO E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA



**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**  
(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_  
E-mail: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Convidamos o(a) Sr.(a) para participar como voluntário(a) da pesquisa *"Validade de critério do consumo máximo de oxigênio estimado em esteira pela relação entre o consumo máximo de oxigênio de reserva e frequência cardíaca de reserva"*, que está sob a responsabilidade do pesquisador Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos, com endereço Av. Jornalista Anibal Fernandes, s/n, CDU, CEP: 50670-901 – Recife – PE/ (81) 2126-8506 (inclusive ligações a cobrar) / e-mail: [tony.meireles@ufpe.br](mailto:tony.meireles@ufpe.br). Também participam desta pesquisa: Prof. Esp. Fernanda Mainardi, Telefones: (21) 983356034 e Prof. Thiago Barbosa Lima, Telefones: (81) 86483348.

Este Termo de Consentimento pode conter alguns tópicos que o(a) senhor(a) não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte a pessoa a quem está lhe entrevistando, para que o(a) senhor(a) esteja totalmente esclarecido(a) sobre tudo que está respondendo. Após os esclarecimentos, caso aceite em fazer parte do estudo, rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa o(a) Sr.(a) não será penalizado(a) de forma alguma. Também garantimos que o(a) Senhor(a) tem o direito de retirar o consentimento da sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalidade.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

O objetivo desta pesquisa é estabelecer a validade de um protocolo de teste de esforço para determinar o consumo máximo de oxigênio na corrida em esteira ergométrica. Serão realizadas quatro visitas: na primeira serão coletados seus dados como: peso, altura, percentual de gordura, frequência cardíaca de repouso, aplicação de um questionário de avaliação de risco de saúde e realização da familiarização com os testes que serão aplicados nas visitas seguintes em ordem sorteadas. Você será submetido a um teste máximo e um submáximo de esforço. Ambos os testes serão realizados em esteira. Na última visita você realizará um teste de desempenho de 5 km em pista, onde deverá terminar a prova no menor tempo possível. As visitas terão um intervalo de 2 a 7 dias dependendo da sua disponibilidade de horários, estimando-se que a pesquisa terá duração aproximadamente de 30 dias.

Em testes desta natureza existe a possibilidade, mesmo que remota, de: (1) sensação de desconforto durante e/ou após o teste (como tonteira, náuseas, vômitos, desmaios etc); (2) dor muscular entre 24 e 48 horas após o teste; (3) lesão dos grupamentos musculares envolvidos, sendo de total responsabilidade dos pesquisadores o suporte a intercorrências, acompanhamento do caso e pagamento de eventuais despesas geradas.

Os resultados do presente estudo possibilitarão que este teste submáximo possa ser utilizado como ferramenta para a prescrição dos exercícios. Ao final dos procedimentos, você receberá um laudo com informações relativas aos seus resultados e poderá utilizá-los para monitoração de sua saúde cardiorrespiratória ou desempenho físico.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (questionário de estratificação de risco, TCLE e dados dos testes), ficarão armazenados em pastas e no computador pessoal, sob a responsabilidade dos pesquisadores, no endereço acima informado pelo período de mínimo 5 anos.





UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA



O(a) senhor(a) não pagará nada para participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação). Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (Avenida da Engenharia s/n - 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 - e-mail: cepccs@ufpe.br).

Pesquisador Responsável: \_\_\_\_\_  
(Prof. Dr. Tony Meireles dos Santos)

Pesquisador Colaborador: \_\_\_\_\_  
(Prof. Thiago Barbosa Lima)

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)**

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, após a leitura deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo "*Validade de critério do consumo máximo de oxigênio estimado em esteira pela relação entre o consumo máximo de oxigênio de reserva vs. Frequência cardíaca de reserva.*", como voluntário (a). Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo(a) pesquisador(a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data: \_\_\_\_\_

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar.

Testemunha 1: \_\_\_\_\_ CPF: \_\_\_\_\_

Testemunha 2: \_\_\_\_\_ CPF: \_\_\_\_\_



## ANEXO F – Artigo publicado na Revista Brasileira de Medicina do Esporte (RBME)

## VALIDADE PREDITIVA DA MEDIDA E ESTIMATIVAS DO $VO_{2MAX}$ NO DESEMPENHO DE MOUNTAIN BIKERS

PREDICTIVE VALIDITY OF  $VO_{2MAX}$  MEASUREMENT AND ESTIMATES IN MOUNTAIN BIKERS' PERFORMANCE

VALIDEZ PREDITIVA DE LA MEDIDA Y ESTIMATIVAS DEL  $VO_{2MAX}$  EN EL DESEMPEÑO DE MOUNTAIN BIKERS



ARTIGO ORIGINAL

Fernanda Matwand<sup>1</sup> (Educação Física)  
 Allan Inoue<sup>2,3</sup> (Educação Física)  
 Fernando Augusto de Sabota Pompeu<sup>4</sup> (Educação Física)  
 Tony Meireles Santos<sup>4</sup>  
 (Educação Física)

1. Universidade Garra Filho (UGF), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
2. Universidade Estadual de São (UNESA), Nova Friburgo, RJ, Brasil.
3. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
4. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil.

### Correspondência:

Tony Meireles dos Santos,  
 Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Campus Recife, Departamento de Educação Física, Av. Jornalista Anibal Fernandes, s/n. 50670-901  
 tony.meireles@ufpe.br

### RESUMO

**Introdução:** considerando o racional para a utilização das equações preditivas na estimativa do  $VO_{2max}$  em atletas, nenhum estudo estabeleceu sua validade para o desempenho no mountain bike cross-country (XCCO). **Objetivo:** comparar diferentes estratégias de determinação do  $VO_{2max}$ , de forma direta ou indireta, para a predição do desempenho em uma prova real e outra simulada. **Métodos:** 20 atletas de XCCO do sexo masculino ( $31,6 \pm 6,8$  anos;  $68,1 \pm 6,5$  kg;  $175,5 \pm 5,7$ cm;  $64,9 \pm 4,4$  mL  $\cdot$  kg<sup>-1</sup>  $\cdot$  min<sup>-1</sup>), foram submetidos a três sessões experimentais. A primeira visita consistiu na estratificação de risco, avaliação antropométrica e teste progressivo máximo. Na segunda, foi realizada a prova simulada e, na terceira, foi realizada a competição de XCCO. **Resultados:** a correlação entre a prova simulada e as equações preditivas do  $VO_{2max}$  de forma absoluta alcançaram relação quase perfeita ( $r \geq 0,9$ ). As correlações entre a competição real e as estimativas de  $VO_{2max}$  relativizadas à massa corporal alcançaram resultados classificados como muito altos ( $r = 0,7-0,89$ ). As associações entre a medida direta do  $VO_{2max}$  e a simulação apresentaram uma classificação baixa para valores relativos à massa corporal ( $r = 0,10$ ,  $CI_{95\%} -0,35$  a  $0,51$ ). Para o desempenho real, a classificação foi moderada ( $r = 0,48$ ,  $CI_{95\%} 0,009$  a  $0,78$ ). **Conclusão:** o presente estudo foi o primeiro a demonstrar a validade preditiva das estimativas do  $VO_{2max}$  para o desempenho simulado e real de MTB. Em complemento, confirmou a baixa validade preditiva da medida direta do  $VO_{2max}$  para o mesmo propósito.

**Palavras-chave:** reprodutibilidade dos testes, esportes, desempenho atlético, exercício.

### ABSTRACT

**Introduction:** considering the rationale for the use of predictive equations to estimate  $VO_{2max}$  in athletes, no study has established its validity for performance in mountain bike cross-country (XCCO). **Objective:** the aim was to compare different strategies for determining  $VO_{2max}$ , directly or indirectly, for predicting performance in a simulated and in a real competition. **Methods:** 20 XCCO male athletes ( $31.6 \pm 6.8$  anos;  $68.1 \pm 6.5$  kg;  $175.5 \pm 5.7$ cm;  $VO_{2max} 64.9 \pm 4.4$  mL  $\cdot$  kg<sup>-1</sup>  $\cdot$  min<sup>-1</sup>), were submitted to three experimental sessions. In the first visit, there were risk stratification, anthropometric evaluation and maximum progressive test. In the second, a simulated race was performed and, in the third session, a XCCO competition was performed. **Results:** the correlation between the simulated competition and the predictive equations of  $VO_{2max}$  in absolute values reached an almost perfect relationship ( $r \geq 0.9$ ). The correlations between the real competition and estimated  $VO_{2max}$  relativized to body mass achieved results classified as very high ( $r = 0.7$  to  $0.89$ ). The associations between the direct measurement of  $VO_{2max}$  and the simulation were classified as small for values relative to body mass ( $r = 0.10$ ,  $CI_{95\%} -0.35$  to  $0.51$ ). For the actual performance, the classification was moderate ( $r = 0.48$ ,  $CI_{95\%} 0.009$  to  $0.78$ ). **Conclusion:** this study was the first to demonstrate the predictive validity of the estimates of  $VO_{2max}$  for the simulated and real MTB performance. In addition, it confirmed the low predictive validity of direct measurement of  $VO_{2max}$  for the same purpose.

**Keywords:** reproducibility of results, sports, athletic performance, exercise.

### RESUMEN

**Introducción:** considerando el racional para el uso de las ecuaciones predictivas en la estimativa del  $VO_{2max}$  en atletas de ciclismo, ningún estudio estableció su validez predictiva para el desempeño en el mountain bike cross-country (XCCO). **Objetivo:** comparar diferentes estrategias de determinación del  $VO_{2max}$ , de forma directa o indirecta, para la predicción del desempeño en una prueba real y otra simulada. **Métodos:** veinte atletas de XCCO del sexo masculino ( $31,6 \pm 6,8$  años;  $68,1 \pm 6,5$  kg;  $175,5 \pm 5,7$ cm;  $64,9 \pm 4,4$  mL  $\cdot$  kg<sup>-1</sup>  $\cdot$  min<sup>-1</sup>), fueron sometidos a tres sesiones experimentales. La primera visita consistió en la estratificación de riesgo, evaluación antropométrica y test progresivo máximo. En la segunda, fue realizada la prueba simulada y en la tercera fue realizada la competición de XCCO. **Resultados:** la correlación entre la prueba simulada y las ecuaciones predictivas del  $VO_{2max}$ , de forma absoluta alcanzaron relación casi perfecta ( $r \geq 0,9$ ). Las correlaciones entre la competición real y las estimativas de  $VO_{2max}$  relativizada a la masa corporal alcanzaron resultados clasificados como muy grande ( $r = 0,7-0,89$ ). Las asociaciones entre la medida directa del  $VO_{2max}$  y la simulación presentaron clasificación pequeña para valores relativos a masa corporal