UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Ciências da Motricidade
Programa de Pós-Graduação

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA

TESE DE DOUTORADO

DETERMINAÇÃO DO MÁXIMO DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (MAOD) POR MEIO DE TÉCNICA DE RETRO EXTRAPOLAÇÃO EM CORREDORES

VITOR LUIZ DE ANDRADE

Rio Claro - SP

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Ciências da Motricidade
Programa de Pós-Graduação

DETERMINAÇÃO DO MÁXIMO DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (MAOD) POR MEIO DE TÉCNICA DE RETRO EXTRAPOLAÇÃO EM CORREDORES

VITOR LUIZ DE ANDRADE

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCELO PAPOTI

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do doutoramento em Ciências da Motricidade (Biodinâmica da Motricidade Humana).

Rio Claro - SP

2020

A553d

Andrade, Vitor Luiz de

Determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio (maod) por meio de técnica de retro extrapolação em corredores / Vitor Luiz de Andrade. -- Rio Claro, 2020

97 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Marcelo Papoti

1. retro extrapolação. 2. MAOD. 3. metabolismo energético. 4. esforço supramáximo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto deBiociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Rio Claro

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD) por meio de técnica de retro extrapolação em corredores

AUTOR: VITOR LUIZ DE ANDRADE
ORIENTADOR: MARCELO PAPOTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, especialidade: Biodinamica da Motricidade Humana pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO PAPOTI
Universidade de São Paulo / Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto - SP

Prof. Dr. ENRICO FUINI PUGGINA
Universidade de São Paulo / Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto - SP

Prof. Dr. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru/ SP

Prof. Dr. EDUARDO ZAPATERRA CAMPOS
UFPE / Universidade Federal de Pernambuco - Recife / PE

Prof. Dr. FLÁVIO ANTONIO DE SOUZA CASTRO
Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Porto Alegre / RS

Rio Claro, 06 de março de 2020

AGRADECIMENTO AS AGÊNCIAS DE FOMENTO:

A presente investigação teve auxílio financeiro das agências Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) / Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Processos nº: 13/15322-3 e 1783785). Agradeço a FAPESP/CAPES pela concessão das bolsas e auxílio financeiro que viabilizaram a realização deste trabalho e todas as produções científicas.

Dedico a presente tese à minha família e amigos, mas em especial ao meu avô (Eufrozino Fulgêncio de Lima – In memoriam), à minha avó (Armantina Pereira Batista de Lima – In memoriam), aos grandes amigos, Sergio Spricido (In memoriam) e Nayan Xavier Ribeiro (In memoriam) grandes motivadores desta trajetória.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Além desta, gostaria de agradecer o apoio financeiro nº 13/15322-3 da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Primeiramente a Deus, “Reconheça ao senhor em todos os seus caminhos e ele endireitará suas veredas” Provérbios 3:6, Bíblia Sagrada. Segundamente, nesta sessão não posso deixar de homenagear o Prof. Dr. Marcelo Papoti que pela capacidade de liderança sempre foi capaz de mostrar que o inconformismo não é ganância, que liderar é fazer rolar as pedras, ser água que carrega as pedras para que elas não criem mofo, ser vento para movimenta-las no cair da montanha. Desta maneira, oferece a água e o vento que nada mais são do que levar a sua versão de inconformismo para iniciar o inconformismo de outros. Assim, as pedras sempre permanecerão rolando e a liderança sempre cativará novas pessoas. O que me leva a uma citação muito importante desta trajetória e que demonstra o reconhecimento de um líder na criação do inconformismo dos outros, citação de Josh Billings “Não é o que não sabemos que nos impede de vencer, o nosso maior obstáculo é justamente o que já sabemos”. Continue professor, este é o seu legado. Ainda, ao Prof. Dr. Marcelo Papoti rendo agradecimento pela credibilidade em mim depositada ao longo deste período na Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto e na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade Humana, obrigado. Agradeço o suporte financeiro CAPES durante a execução deste projeto. A todos os voluntários e envolvidos direta e indiretamente neste estudo.

Agradecimentos especiais aos professores, Dr. Pedro Balikian Junior, Dr. Marcelo Papoti, Dr. Eduardo Zapaterra Campos, Dr. Alessandro Moura Zagatto, Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago, Dr. Ricardo Augusto Barbieri, Ms. Ronaldo Gobbi, Dr. Carlos Augusto Kalva Filho e Dr. João Paulo Loures, obrigado. Agradecimentos aos integrantes do Grupo de Estudos em Ciências Fisiológicas e Exercício (GECIFEX), Isabella Alves, Rodrigo Aquino, Bruno Bedo, Tarine Arruda, Camila Gardin, Carlos Dellavechia, Danilo Bertucci, Felipe Alves, Gabriel Pereira, Jonatan Cursiol, Júlia Andreosi, Marçal, Marcelo Porto, Matheus Norberto, Rafaela Bevillaqua, Vitor Serrano e Yan Foresti, obrigado. A estes e aos demais que porventura não estão listados, mas que fazem ou fizeram parte do grupo, quero agradecer a cada um de vocês pelo esforço e dedicação que colocam diariamente no trabalho. Obrigado! Vocês são a

prova de que o sucesso se alcança por meio de talento, determinação e trabalho duro. Todos estão de parabéns pelo excelente trabalho realizado, e pelo espírito de união e sacrifício que existe no grupo! Agradeço aos amigos e tantas amizades conquistadas nesses longos anos de trajetória e pelos tantos momentos de humor incondicional e inesquecíveis, obrigado.

Por último, mas fundamental assim como a pedra angular do portal do templo. Como na citação ao nosso Salvador, "[...] Cristo Jesus, a pedra angular; no qual todo o edifício, bem ajustado, cresce para santuário dedicado ao Senhor - Efésios 2:19-21, Bíblia Sagrada". Agradeço a minha amada família, mamãe, Janilete Lima de Andrade, papai, Celso Luiz de Andrade, irmão, Valdir Lima de Andrade, vovó, Armantina Lima (In memoriam), vovô, Eufrozino Fulgêncio de Lima (In memoriam), titia, Elizabeth Lima que estiveram comigo nesta longa estrada da vida até aqui, e que não mediram esforços para me ajudar, me motivar, me incentivar, me consolar, me confortar, me repreender e me aconselhar em quaisquer circunstâncias adversas, hostis e dilemas da vida, gostaria de agradecer, muito obrigado! Também, é impossível deixar de agradecer, aquela que surgiu durante este processo e que primeiramente, gostou de mim do jeito que eu sou, me aceitou com todos os meus defeitos e por saber elogiar as virtudes, ela me ensinou que a cada dia podemos recomeçar, ser diferente de ontem, acertar onde estava errado, e por saber que sempre poderei contar contigo, minha esposa Juliana.

Deus seja Louvado. Amém.

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram; **ESTUDO I** - analisar a influência do uso da máscara do analisador de gases no gasto energético e no tempo até a exaustão no esforço supramáximo em corredores e; **ESTUDO II** - comparar o Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio determinado de maneira convencional ($MAOD_C$) com o determinado pela técnica de retro extrapolação ($MAOD_{RETRO}$) em corredores. Para responder aos objetivos, 22 corredores iniciaram os procedimentos. Vinte e dois realizaram um teste incremental máximo para determinação da intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio (iVO_{2MAX}), 16 realizaram um esforço supramáximo (110% da iVO_{2MAX}) até a exaustão com o monitoramento contínuo do VO_2 ($tLim_C$), o $tLim_C$ foi base para definição de cinco parciais iguais (P1; P2;...) (tempo das parciais = $tLim_C$ (s) / 5) sendo sucessivamente somadas a cada monitoramento [P1 = parcial 1 completa (s); P2 = P1 + tempo da parcial 2 (s);...] seguido de mais um esforço supramáximo até a exaustão (todos na intensidade de 110% da iVO_{2MAX}) com monitoramento do consumo de O_2 apenas pós esforço ($tLim_S$), ou seja, durante o esforço, o indivíduo não era monitorado continuamente pelo analisador de gases. Nesta fase foi observada uma perda amostral de 27,3%, principalmente pelo elevado número de avaliações. Além disso, 14 foram submetidos a dez esforços submáximos (50 – 95% da iVO_{2MAX} durante 7 min). Durante os submáximos foram obtidos os valores de consumo de oxigênio (VO_2) convencionalmente e pela técnica de retro extrapolação (~3 s após o término de cada esforço) na mesma sessão. O dispêndio de tempo foi fundamental para uma perda amostral de 36,4% para esta etapa. Durante os esforços tLim foram monitoradas as trocas gasosas antes e após os esforços, além disso amostras de sangue também foram obtidas. Assim, foi possível obter a contribuição energética dos metabolismos aeróbio e anaeróbio alático e lático do $tLim_C$ e $tLim_S$. O $MAOD_C$ e $MAOD_{RETRO}$ foram determinados a partir da diferença entre o VO_2 acumulado e extrapolado respectivamente, durante o $tLim_C$ e $tLim_S$ e os valores preditos. O $tLim_C$ foi menor do que o $tLim_S$ (160,5 ± 40,6 s; 193,9 ± 65,7 s no estudo I e; 164,06 ± 36,32 s; 200,23 ± 63,78 s; $p < 0,05$ no estudo II). Em todos os esforços sem máscara, o consumo de O_2 foi medido por meio de retro extrapolação, no que restou, o monitoramento do consumo de O_2 foi contínuo. Não foram observadas diferenças entre os percentuais de contribuição energética entre as condições de $tLim_C$ e $tLim_S$, correspondendo a 68% e 68,4% de contribuição da via aeróbia, 12,5% e 10,7% da via alática e 18,3% e 20,1% advindo da via glicolítica, respectivamente. Não foram encontradas diferenças entre os valores de $MAOD_C$ e $MAOD_{RETRO}$ absolutos e relativos, entretanto, foram observadas baixas correlações intraclasse (0,26 e 0,24), elevados erros (2,03

L e 24,9 mL·kg^{-1}) e coeficientes de variação (46,2 e 48,5%) respectivamente, além disso, foi comprovada heteroscedasticidade. Assim, pode-se concluir no estudo I; que o uso da máscara do analisador de gases pode influenciar na duração do esforço supramáximo mas não no dispêndio energético total e, além disso, que no estudo II; a comparação entre o $MAOD_C$ e $MAOD_{RETRO}$ não mostrou suficientes resultados para aceitar a validade e confiabilidade do método.

Palavras chaves: retro extrapolação; MAOD; metabolismo energético; esforço supramáximo;

ABSTRACT

The aims of this investigation were to: Study 1 - analyze the influence of the use of gas analyzer mask on energy expenditure and on time to exhaustion in the supramaximal effort in runners; study 2 - compare the Maximum Accumulated Oxygen Deficit determined by the conventional method ($MAOD_C$) with that determined by the backward extrapolation technique ($MAOD_{EXTR}$) in runners. To answer the objectives, 22 runners initiated the procedures. They were submitted to a maximal incremental test to determine iVO_{2MAX}, but only 16 participants undertook a supramaximal effort (110% of iVO_{2MAX}) to volitional exhaustion with continuous monitoring of VO_2 ($tLim_C$), $tLim_C$ was the basis for the definition of five equal parts (P1; P2; ...) (time of the partial = $tLim_C$ (s)/5) being successively added to each monitoring [P1 = partial 1 complete (s); P2 = P1 + time of partial 2(s); ...] followed by a further supramaximal effort until volitional exhaustion (all at 110% intensity of iVO_{2MAX}) with VO_2 monitoring only after exertion ($tLim_{BE}$). At this stage, a sample loss of 27.3% was observed, mainly due to the high number of evaluations. In addition, 14 participants were submitted to ten submaximal efforts (50-95% of iVO_{2MAX} for 7min). During the submaximal efforts, oxygen consumption (VO_2) values were obtained conventionally and by the backward extrapolation technique (~ 3s after the end of each effort) in the same session, the expenditure of time was fundamental for a sample loss of 36.4 % for this step. During the tLim efforts gaseous exchanges were monitored before and after the each effort and blood samples were also obtained. Thus, it was possible to obtain the energetic contribution of the aerobic and anaerobic alactic and lactic metabolisms of $tLim_C$ and $tLim_{EXTR}$. The $MAOD_C$ and $MAOD_{EXTR}$ were determined from the difference between the VO_2 accumulated during $tLim_C$ and $tLim_{EXTR}$ and the predicted values. The $tLim_C$ was lower than the $tLim_{EXTR}$ (160.5 ± 40.6s, 193.9 ± 65.7s in study 1, and 164.06 ± 36.32s, 200.23 ± 63.78s; $p < 0.05$ in study 2). In all efforts without the mask, the consumption of $O_2$was measured by means of backward extrapolation technique, in what remained, the monitoring of O_2 consumption was continuous. There were no differences between the percentages of energy contribution between $tLim_C$ and $tLim_{EXTR}$ conditions, corresponding to 68% and 68.4% of the contribution of the aerobic route, 12.5% and 10.7% of the alactic pathway, and 18.3% and 20.1% coming from the glycolytic pathway, respectively. No differences were found between absolute and relative $MAOD_C$ and $MAOD_{EXTR}$ values, however, low intraclass correlations (0.26 and 0.24), high errors (2.03L and 24.9mL·kg^{-1}) were observed, and coefficients of variation (46.2 and 48.5%) respectively, in addition, heteroscedasticity was proven. Thus, it can be concluded in study 1 that the use of the gas analyzer mask may influence the duration

of the supramaximal effort, but not the total energy expenditure and, moreover, that in study 2; the comparison between $MAOD_C$ and $MAOD_{EXTR}$ did not show sufficient results to accept the validity and reliability of the method.

Keywords: backward extrapolation; MAOD; energy metabolism; supramaximal effort

LISTA DE ABREVIAÇÕES

[Gli] = concentração de glicose;

$[La^-]$ = concentração de lactato;

$[La^-]_{PICO}$ = concentração pico de lactato;

ADP = adenosina difosfato;

ATP = adenosina trifosfato;

CA = capacidade anaeróbia;

CP = creatina fosfato;

CV = coeficiente de variação;

DET = demanda energética teórica;

$EPOC_{RAP}$ = componente rápido do excesso de consumo de oxigênio pós exercício;

ET = erro típico de medida;

FC = frequência cardíaca;

IC95% = intervalo de confiança dentro de 95%;

ICC = correlação intraclasse;

iVO_{2MAX} = intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio;

MAOD = Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio;

$MAOD_{ALT}$ = Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio determinado de maneira “alternativa”;

$MAOD_C$ = Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio determinado convencionalmente;

$MAOD_{RETRO}$ = Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio determinado por meio da técnica de retro extrapolação;

QR = coeficiente respiratório;

RPE = taxa de esforço percebido;

TI = teste incremental;

tLim = tempo até a exaustão;

$tLim_C$ = tempo até a exaustão medido com máscara (convencional);

$tLim_S$ = tempo limite sem máscara;

VO_2 = consumo de oxigênio;

VO_{2MAX} = consumo máximo de oxigênio;

VO_{2PICO} = consumo pico de oxigênio;

$W_{[La-]}$ = contribuição anaeróbia lática;

W_{OXI} = contribuição aeróbia;

W_{PCr} = contribuição anaeróbia alática;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A. = O jovem fisiologista Jack Daniels realiza um teste de consumo de oxigênio em um corredor na década de 1960. Retirado de: https://www.runnersworld.com/news/a20860237/the-real-reason-old-olympians-are-still-fit/ The Real Reason Old Olympians Are Still Fit, By Jack Daniels. B. = Um jovem corredor sendo testado no protocolo de consumo de oxigênio por um equipamento sofisticado de laboratório (Quark – PFT®; Cosmed, Itália). Por Vitor L. de Andrade com permissão. C. = Um jovem jogador de basquetebol sendo testado no protocolo de consumo de oxigênio por um equipamento por telemetria (VO2000, Medgraphics ®, USA). Por Vitor L. de Andrade com permissão..... Página 23

Figura 2. A. = Ilustração do comportamento do excesso de consumo de oxigênio após o exercício. Em destaque, os primeiros 20-30s de repouso pós exercício. B. = Ilustração da transformação logarítmica dos primeiros 20 s de consumo de oxigênio no repouso após o exercício com concomitante análise de regressão linear, esta, permitindo a determinação do consumo de oxigênio ao final do esforço por meio da técnica de retro extrapolação... Página 25

Figura 3. Desenho esquemático da determinação do VO_{2PICO} em um esforço submáximo (linha contínua é o VO_2 durante o esforço e após o esforço, bolas vazias são o VO_2 dos primeiros 20 s após o esforço). A regressão obtida por meio dos primeiros 20 s após o esforço está configurada em linha contínua, a regressão obtida pela média de três pontos está representada pela linha tracejada e a regressão dos 60 s está representada na linha pontilhada..... Página 27

Figura 4. Ilustração do comportamento da demanda de oxigênio (O_2) retangular durante exercício supramáximo e a representação das relações quadráticas assumidas entre déficit O_2/O2 acumulado/tempo de exercício..... Página 29

Figura 5. A = Ilustração do comportamento de dez submáximos para estimativa do VO_2 estável para cada intensidade, a chave indica o momento (60 s finais) de estabilização dos valores de VO_2; B = Ilustração da construção da relação entre VO_2/Intensidade contendo os valores representativos de cada intensidade submáxima; C = a regressão linear com a extrapolação e determinação da DET..... Página 30

Figura 6. Composição de todos os procedimentos envolvidos na determinação do MAOD. A = teste incremental máximo; B = construção da regressão linear a partir de dez esforços submáximos para predição da DET para esforço supramáximo; C = realização de um esforço supramáximo com sobreposição do O_2 acumulado sobre a DET. O cálculo do MAOD é definido pela diferença entre a DET e o O_2 acumulado durante esforço supramáximo até a exaustão..... Página 31

Figura 7. Ilustração do comportamento do consumo de oxigênio no repouso e após o esforço supramáximo até a exaustão. A = Ilustração do modo como foi obtida a média do consumo de oxigênio antes da realização do esforço supramáximo; B = Ilustração do comportamento do excesso de consumo de oxigênio pós exercício (EPOC) e o cálculo para definição componente alático do esforço..... Página 40

Figura 8. Ilustração do comportamento da concentração de lactato durante um experimento de monitoramento das concentrações antes e após um esforço supramáximo até a exaustão e os cálculos relacionados a determinação do componente anaeróbio lático do esforço..... Página 41

Figura 9. Desenho esquemático do comportamento esperado do VO_2 durante os esforços submáximos para determinação da DET. Ao lado direito da quebra de escala, o comportamento do VO_2 durante todo o esforço, ao lado esquerdo, o comportamento do VO_2 nos primeiros 20s após o esforço..... Página 46

Figura 10. Desenho esquemático da aquisição das equações semi logarítmicas para determinação do VO_{2PICO} de cada intensidade submáxima..... Página 46

Figura 11. Comportamento do VO_2 para cada uma das intensidades submáximas. A = Relação linear entre o VO_2 determinado de maneira convencional e as intensidades submáximas. B = Relação linear entre o VO_2 determinado por meio da retro extrapolação e as intensidades submáximas..... Página 47

Figura 12. Na curva integrada, vê-se o comportamento do VO_2 monitorado continuamente. Os pontos vazios mostram os momentos em que o indivíduo realizaria esforços supramáximos e seria monitorado apenas ao final do esforço por meio da retro extrapolação. Os pontos cheios mostram o comportamento esperado do VO_2 após a reconstrução da curva VO_2/tempo..... Página 48

Figura 2. Comportamento do excesso de consumo de oxigênio (EPOC) após um esforço supramáximo até a exaustão volitiva para determinação do componente anaeróbio alático do esforço..... Página 49

Figura 14. Desenho esquemático do delineamento experimental dos Estudos 1 e 2 conduzidos para verificar as possíveis influências do uso da máscara de análise de gases no gasto energético e tempo até a exaustão em corredores e verificar a validade e confiabilidade do MAOD determinado pela técnica de retro extrapolação..... Página 54

Figura 15. Valores de consumo de oxigênio na intensidade de 110% do iVO_{2PICO} obtidos de maneira contínua ($tLim_C$) e fracionada ($tLim_S$) por intermédio da técnica de retro extrapolação..... Página 63

Figura 16. Valores das contribuições aeróbias e anaeróbias durante as condições. W_{OXI} = contribuição aeróbia e; W_{ANA} = anaeróbio total. Todos os valores foram obtidos no $tLim_C$ e no $tLim_S$ pelo método convencional e por intermédio da técnica de retro extrapolação. * representa diferença significativa ($z < 0,05$)..... Página 64

Figura 17. Demanda energética total de cada uma das condições de tLim ($tLim_C$ e $tLim_S$). Diferença estatística observada entre as condições ($z = 0,01$)..... Página 65

Figura 18. Valores de intercepção e coeficientes angular e de determinação (r^2) das regressões realizadas por meio do método convencional e retro extrapolação..... Página 69

Figura 19. Intervalo interquartil obtidos por meio dos valores absolutos e relativos nos métodos de MAOD convencional ($MAOD_C$) e pela retro extrapolação ($MAOD_{RETRO}$)..... Página 71

Figura 20. Análise de concordância (Bland & Altman) e correlação (r) como medida de validade de critério entre as variáveis absolutas (A) e relativas (B) do MAOD determinado de maneira convencional ($MAOD_C$) e pela retro extrapolação ($MAOD_{RETRO}$)..... Página 71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de glicose ([Gli]), lactacidemia ([La^-]) e VO_2 em repouso pré tLim e o tempo até a exaustão nas condições $tLim_C$ e $tLim_S$..... Página 62

Tabela 2. Valores de potência das três vias de fornecimento energético durante as condições de $tLim_C$ e $tLim_S$..... Página 63

Tabela 3. Variáveis cardiorrespiratórias do final do tLim nas duas condições obtidas por meio de monitoramento constante e por meio da retro extrapolação..... Página 66

Tabela 4. Comparação entre o VO_2 obtido para cada uma das intensidades dos submáximos pelos métodos convencional (C) e pelo método retro extrapolação (RETRO), teste t de Student (*t*), probabilidade (*p*), correlação intraclasse (ICC), erro típico (ET) e coeficiente de variação (CV)..... Página 68

Tabela 5. Comparação entre o MAOD absoluto e relativo a massa corporal determinado de maneira convencional e pela técnica de retro extrapolação e nível de confiabilidade demonstrada pelo teste t de Student (*t*), probabilidade (*p*), correlações intraclasse (ICC), erro típico (ET) e coeficiente de variação (CV)..... Página 70

SUMÁRIO

1 Introdução..... 17

2 Revisão de Literatura..... 23

2.1 *A retro extrapolação para determinação do consumo de oxigênio (VO_2)*..... 23

2.2 *Capacidade anaeróbia e o Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio (MAOD)*... 28

2.3 *Evidências da validade do MAOD*..... 32

2.4 *Evidências de confiabilidade do MAOD*..... 34

2.5 *Divergências sobre a validade e confiabilidade do MAOD*..... 36

2.6 *Desvantagens na aplicação do MAOD*..... 39

2.7 *Um método alternativo para determinação do MAOD*..... 39

3 Justificativa e pergunta central..... 44

4 Objetivos..... 50

4.1 *Objetivo geral*..... 50

4.2 *Objetivos específicos*..... 50

5 Hipóteses do estudo..... 51

6 Materiais e Métodos..... 52

6.1 *Participantes*..... 52

6.2 *Delineamento experimental*..... 53

6.3 *Detalhamento dos procedimentos do Estudo 1*..... 55

6.4 *Detalhamento dos procedimentos do Estudo 2*..... 55

6.5 *Teste incremental máximo e variáveis respiratórias*..... 56

6.6 *Tempo limite, parciais e reprodutibilidade do tempo limite sem máscara*..... 57

6.7 *Contribuição das vias energéticas*..... 58

6.8 *Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio convencional ($MAOD_C$) e determinado pela técnica de retro extrapolação ($MAOD_{RETRO}$)*..... 59

6.9 *Tratamento estatístico*..... 60

7 Resultados..... 62

7.1 *Estudo 1. Influência do uso da máscara no tLim e contribuições energéticas*.... 62

7.2 *Estudo 2. Validade e confiabilidade do $MAOD_{RETRO}$*..... 67

8 Discussão..... 72

9 Conclusões..... 80

10 Referências..... 81

11 Anexos..... 91

1 Introdução

A medida do consumo de oxigênio (VO_2) durante o exercício é essencial para avaliação tanto do metabolismo aeróbio (JALAB; ENEA; DELPECH; BERNARD, 2011) quanto anaeróbio (MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b). Esta segunda, mais especificamente, é indispensável para as medidas da avaliação da capacidade anaeróbia (CA), principalmente por meio do Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio (MAOD) (MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b). Este tem sido considerado o método mais aceito e praticamente mais acessível para determinação da CA (BANGSBO, 1992; GASTIN, 1994; JACOBS; BLEUE; GOODMAN, 1997; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010; NOORDHOF; SKIBA; DE KONING, 2013). Esse método fundamenta-se na estimativa da demanda teórica (DET) do VO_2 por meio de uma relação linear entre VO_2/Intensidade (MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b). Uma extrapolação do VO_2 é realizada para uma intensidade supramáxima e o MAOD é determinado pela diferença entre o VO_2 acumulado durante o exercício e o predito pela DET (DE ANDRADE; KALVA-FILHO; CAMPOS; PAPOTI, 2018; MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010; NOORDHOF; SKIBA; DE KONING, 2013). O MAOD foi considerado um método válido em determinar a quantidade de ATP produzida pelo metabolismo anaeróbio (GREEN; DAWSON; GOODMAN; CAREY, 1996; MEDBO; TABATA, 1993). Além disso, parece refletir o atual conceito da CA que pode ser definido como, a máxima quantidade de adenosina trifosfato (ATP) que pode ser ressintetizada pela via anaeróbia (ou seja, fosfagênios e glicolítica) durante uma tarefa específica até a exaustão (BAR-OR, 1987; MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010; NUMMELA; ALBERTS; RIJNTJES; LUHTANEN *et al.*, 1996; VANHATALO; DOUST; BURNLEY, 2007; ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a).

A sua avaliação no processo do treinamento é consideravelmente necessária, principalmente pela sua relação com índices fisiológicos que caracterizam a contribuição anaeróbia (i.e., concentração pico de lactato) (ANDRADE; ZAGATTO; KALVA; MENDES *et al.*, 2015; BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010) e a performance (CRAIG; MORGAN, 1998; DUFFIELD; DAWSON; GOODMAN, 2004; RAMSBOTTOM; NEVILL; NEVILL; NEWPORT *et al.*, 1994). O MAOD também tem sido utilizado como referência na validação de diferentes protocolos de avaliação anaeróbia (ANDRADE; ZAGATTO; KALVA; MENDES *et al.*, 2015; BERTUZZI; FRANCHINI;

UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010; MAXWELL; NIMMO, 1996; MINAHAN; CHIA; INBAR, 2007; ZAGATTO; REDKVA; LOURES; KALVA FILHO *et al.*, 2011). No entanto, devido ao elevado número de avaliações necessárias para sua determinação, o MAOD apresenta-se como um método pouco aplicável para treinadores e atletas, inviabilizando assim sua aplicação frequente no contexto esportivo.

No sentido de tornar a avaliação da CA mais aplicada e eficaz, há alguns anos foi proposto um novo método para determinação do MAOD de maneira "alternativa", por meio de um único esforço supramáximo realizado até a exaustão ($MAOD_{ALT}$) (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010). Esta proposta se baseia no conceito mais aceito de capacidade anaeróbia e leva em consideração os metabolismos anaeróbios alático e lático (GREEN; DAWSON, 1993; ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a). Nesta perspectiva, a quantidade de energia advinda do metabolismo anaeróbio alático pode ser obtida por meio da análise do componente rápido do consumo excessivo de oxigênio observado após o exercício ($EPOC_{RAP}$) (BENEKE; BEYER; JACHNER; ERASMUS *et al.*, 2004; BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010; DE CAMPOS MELLO; DE MORAES BERTUZZI; GRANGEIRO; FRANCHINI, 2009; DI PRAMPERO, 1981), enquanto que a quantidade de energia obtida por meio do metabolismo anaeróbio lático é determinada pela diferença entre as concentrações de lactato no sangue pré-esforço e pico considerando mM de lactato em equivalentes de O_2 (DI PRAMPERO, 1981; DI PRAMPERO; CORTILI; MOGNONI; SAIBENE, 1976).

Desse modo, o $MAOD_{ALT}$ pode ser determinado a partir da soma das quantidades de energia advindas dos metabolismos anaeróbios alático e lático além de proporcionar, de acordo com as medidas aeróbias, a medida total do gasto energético aeróbio e anaeróbio para uma tarefa específica até a exaustão (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010). Assim, teoricamente seria possível determinar a CA por meio de um único esforço supramáximo, facilitando a avaliação da CA sem interferência na rotina de treinamento.

A possibilidade de se estimar a máxima contribuição anaeróbia por meio da utilização de um único esforço supra máximo, é considerada uma ferramenta atraente ao contexto esportivo (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010; MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988a; ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016b).

Entretanto, assim como o MAOD convencional, a medida do MAOD alternativo necessariamente depende de equipamentos sofisticados e, assim sendo, outras dificuldades na

aplicação do MAOD e $MAOD_{ALT}$ durante o processo de treinamento podem ser apontadas. Sendo algumas delas, o dispêndio de tempo para conclusão de todas as etapas com a garantia de um padrão confiável na determinação do MAOD; a estrutura, ou seja, serão necessários equipamentos como, analisador de gases, ergômetro específico e lactímetro; a organização, para avaliação de uma equipe esportiva serão necessários avaliadores experientes e tempo muito bem delimitado para evitar ao máximo retirar o atleta de suas atividades normais, bem como, aplicar conscientemente as avaliações para não enviesar os resultados e; o controle alimentar, pretende-se garantir o controle de ingestão alimentar durante todos os dias de avaliação para evitar mudanças indesejadas na cinética do consumo de oxigênio e lactato (BERGMAN; BROOKS, 1999; FERREIRA; OSIECKI; LIMA-SILVA; DE ANGELIS-PEREIRA *et al.*, 2014; LEE; STERRETT; GUTH; KONOPKA *et al.*, 2011; LIMA-SILVA; PIRES; BERTUZZI; LIRA *et al.*, 2011; MURAKAMI; SAKURAGI; UEMURA; MENDA *et al.*, 2012).

Além disso, outros cuidados devem ser tomados principalmente em relação ao MAOD convencional como, a escolha do protocolo incremental que deve ser escolhido principalmente de acordo com a especificidade do atleta, haja vista as possíveis influências sobre a intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007); a escolha do tempo dos submáximos que devem garantir um estado estável do consumo de oxigênio que caracterize a intensidade escolhida (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010) e; escolha da intensidade do esforço supramáximo que deverá ter uma duração aproximada entre 2-3 min (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

Os protocolos que determinam tanto o MAOD ou $MAOD_{ALT}$ utilizam do VO_2 para determinação dos seus parâmetros, além disso, usam de exercícios de intensidade fixa e constante obrigando o atleta a sustentar o esforço durante um tempo estabelecido ou até a exaustão (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010; MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b). Todavia, o método não reproduz os procedimentos realizados pelos atletas durante a competição, na qual determinada distância deve ser completada em menor tempo (FOSTER; DE KONING; HETTINGA; LAMPEN *et al.*, 2003; HETTINGA; DE KONING; BROERSEN; VAN GEFFEN *et al.*, 2006). Uma alternativa para a análise do VO_2 e VO_{2MAX} em diferentes modalidades esportivas como a corrida, ciclismo e natação é a técnica de retro extrapolação (COSTILL; KOVALESKI; PORTER; KIRWAN *et al.*, 1985; JALAB; ENEA; DELPECH; BERNARD, 2011; JURIMAE; HALJASTE;

CICCHELLA; LATT *et al.*, 2007; LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980; ZAMPARO; BONIFAZI; FAINA; MILAN *et al.*, 2005), proposta inicialmente por di Prampero et al. (DI PRAMPERO; CORTILI; MOGNONI; SAIBENE, 1976).

Resumidamente essa técnica consiste de uma regressão semi logarítmica da relação entre o VO_2 e o tempo. Tradicionalmente, esta técnica considera um *delay* do fim do exercício entre 2 – 4 segundos (s) para a primeira captação do VO_2 (LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980; ZAMPARO; BONIFAZI; FAINA; MILAN *et al.*, 2005), assim, é possível determinar tanto VO_2 durante esforços submáximos (SLEIVERT; MACKINNON, 1991; ZAMPARO; BONIFAZI; FAINA; MILAN *et al.*, 2005) e máximos (BICKHAM; LE ROSSIGNOL; GIBBONS; RUSSELL, 2002; COSTILL; KOVALESKI; PORTER; KIRWAN *et al.*, 1985; LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980), como provavelmente, supramáximos por meio da referida técnica.

Dessa maneira, por se tratar de um método válido (LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980; SLEIVERT; MACKINNON, 1991) e amplamente utilizado (COSTILL; KOVALESKI; PORTER; KIRWAN *et al.*, 1985; JALAB; ENEA; DELPECH; BERNARD, 2011; JURIMAE; HALJASTE; CICCHELLA; LATT *et al.*, 2007; ZAMPARO; BONIFAZI; FAINA; MILAN *et al.*, 2005; ZAMPARO; CAPELLI; CAUTERO; DI NINO, 2000), a retro extrapolação parece ser uma boa alternativa para determinação do VO_2 em testes de campo e laboratório, diminuindo os riscos de imprecisão. Além disso, possibilita, por meio de um uso consciente e planejado, mais avaliações em menor tempo, sendo classificada como uma técnica "tempo eficiente" para determinação dos parâmetros aeróbios. Principalmente porque sugere um monitoramento do EPOC apenas nos primeiros 20-30 s de recuperação para determinar o VO_2 (COSTILL; KOVALESKI; PORTER; KIRWAN *et al.*, 1985; JALAB; ENEA; DELPECH; BERNARD, 2011; JURIMAE; HALJASTE; CICCHELLA; LATT *et al.*, 2007; LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980; ZAMPARO; BONIFAZI; FAINA; MILAN *et al.*, 2005).

Observando estas possibilidades, o uso da técnica de retro extrapolação para determinar o VO_2 durante testes supramáximos até a exaustão do atleta poderia trazer luz a uma nova perspectiva no que diz respeito a validade do monitoramento constante do VO_2. Principalmente porque evidências mostram que o pico de velocidade no teste incremental é maior quando o atleta não usa a máscara do analisador de gases (CAPUTO; GRECO; DENADAI, 2005), além disso, em intensidades submáximas, o uso da máscara mostrou aumentar os valores de frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço (CAPUTO; GRECO; DENADAI, 2005).

Considerando que o esforço supramáximo (ou seja, acima de 100% iVO_{2MAX}) é um pré-requisito para a estimativa da máxima contribuição anaeróbia (ou seja, $MAOD_{ALT}$),

importantes diferenças poderiam ser observadas com a adição da máscara durante os esforços, o que pode se tornar uma potencial limitação dos resultados em sua aplicabilidade. Além disso, o uso dos equipamentos do analisador de gases durante a avaliação poderia estar relacionado às possíveis alterações nos padrões de movimento e desconfortos. O que não ocorreria se as avaliações pudessem ter uma aproximação maior à validade ecológica, conseguida teoricamente por meio do uso da retro extrapolação.

Assim sendo, para determinação do $MAOD_{ALT}$ a partir da retro extrapolação o participante seria monitorado apenas antes do esforço (lactacidemia e VO_2), em momentos específicos durante o esforço supramáximo (VO_2) e o EPOC que poderia ser fracionado nos primeiros 20 s para determinação do VO_2 (retro extrapolação) e o EPOC total para determinação da contribuição alática do esforço. Consequentemente, seria possível determinar as três vias energéticas do esforço, bem como o "estado para o trabalho anaeróbio" ou capacidade anaeróbia caracterizado pela soma das vias anaeróbias.

Por outro lado, na determinação do MAOD convencional por meio da retro extrapolação, o participante realizaria todas as etapas da avaliação sem o uso da máscara de gases e no seu próprio ambiente de treinamento. O teste incremental dispensa o uso do analisador de gases, no entanto, poderia ser usado para determinar o VO_{2PICO} após o término do teste por meio da retro extrapolação. Adicionalmente, em todos os esforços submáximos o monitoramento do VO_2 seria realizado apenas ao final do exercício (20 – 30s) com intuito de determinar o VO_{2PICO} para cada intensidade. Ao final da realização dos submáximos uma regressão linear entre VO_2/Intensidade determinaria a DET a partir do consumo de oxigênio obtida em cada intensidade por meio da retro extrapolação.

Desta maneira, com a determinação dos parâmetros anaeróbios relacionados ao $MAOD_{ALT}$ e MAOD convencional por meio da retro extrapolação, vantagens poderiam ser apontadas como realizar um teste incremental no ambiente natural de treinamento, sendo este específico e assertivo; a realização dos esforços submáximos e supramáximos livres da máscara de análise de gases durante os esforços e assim, determinar as demandas energéticas com maior aproximação da realidade dos treinamentos; o dispêndio de tempo porque durante o mesmo espaço de tempo poderiam ser realizados mais testes, considerando o tempo de análise de apenas 20-30s (COSTILL; KOVALESKI; PORTER; KIRWAN *et al.*, 1985; JALAB; ENEA; DELPECH; BERNARD, 2011; JURIMAE; HALJASTE; CICCHELLA; LATT *et al.*, 2007; LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980; ZAMPARO; BONIFAZI; FAINA; MILAN *et al.*, 2005); estrutura e organização, apenas um analisador de gases poderia realizar muitas avaliações em um único dia e em qualquer ambiente de treinamento atlético; tempos e

intensidade dos esforços submáximos e supramáximos, em todos os casos pode ser considerado mais assertivo usar o próprio ambiente de treinamento para avaliação. Isto garantiria em muitos aspectos, principalmente o gesto motor, o gasto energético e a possível estratégia de corrida para garantir sempre o melhor desempenho.

Assim, sabendo que há possibilidade de melhorar a aplicabilidade das técnicas de avaliação anaeróbia no processo de treinamento aproximando ainda mais os resultados da realidade. Investigar as implicações de usar ou não usar a máscara do analisador de gases durante esforços supramáximos, bem como a validade e confiabilidade da determinação da capacidade anaeróbia por meio da técnica de retro extrapolação parecem promissoras nesta tarefa. Além disso, são fundamentais para reavaliar as implicações da validade ecológica dos testes bem como, a aproximação entre o laboratório e o ambiente de treinamento.

2 Revisão de literatura

2.1 *A retro extrapolação para determinação do consumo de oxigênio (VO_2)*

O desempenho competitivo em esportes cíclicos depende do nível de potência metabólica (aeróbia e anaeróbia) e o custo de energia para executar uma tarefa específica (RODRIGUEZ; CHAVERRI; IGLESIAS; SCHULLER *et al.*, 2017). Portanto, um consumo máximo de oxigênio (VO_{2MAX}) ótimo é considerado indispensável para um bom desempenho e, além disso expressa a potência aeróbia máxima. Neste sentido, a avaliação do VO_2 durante o exercício é essencial para avaliação dos sistemas orgânicos de fornecimento e restabelecimento de ATP (JALAB; ENEA; DELPECH; BERNARD, 2011; MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b). Entretanto, ao longo do tempo muitas dificuldades foram observadas em determinar o VO_2 durante o exercício (SMITH; NORRIS; HOGG, 2002; SOUSA; FIGUEIREDO; PENDERGAST; KJENDLIE *et al.*, 2014).

Primariamente, esta avaliação era realizada por meio de uma bolsa cheia de ar expirado (DI PRAMPERO; CORTILI; MOGNONI; SAIBENE, 1976), no entanto, caso houvesse um exercício de alta intensidade, a resistência da bolsa cheia de ar poderia ser um problema (LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980) (Figura 1.A.). Mais à frente do seu tempo, válvulas e máscaras faciais foram implementadas a equipamentos muito mais sofisticados que foram desenvolvidos para aumentar a precisão e a viabilidade da medida de VO_2 (Figura 1.B.-C.).

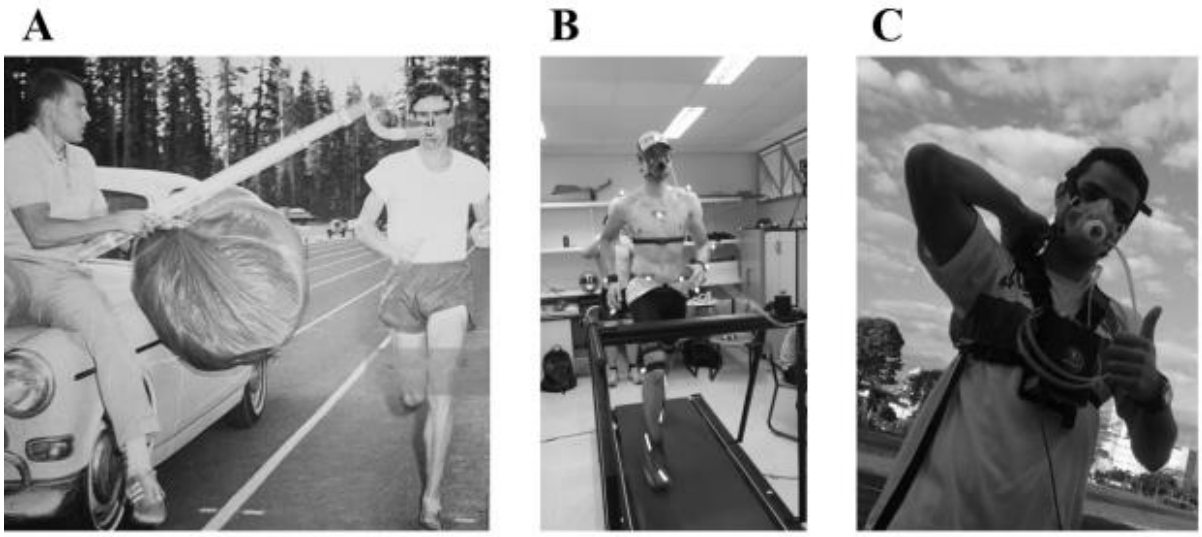


Figura 1. A. = O jovem fisiologista Jack Daniels realiza um teste de consumo de oxigênio em um corredor na década de 1960. Retirado de:

https://www.runnersworld.com/news/a20860237/the-real-reason-old-olympians-are-still-fit/ The Real Reason Old Olympians Are Still Fit, By Jack Daniels. B. = Um jovem corredor sendo testado no protocolo de consumo de oxigênio por um equipamento sofisticado de laboratório (Quark – PFT®; Cosmed, Itália). Por Vitor L. de Andrade com permissão. C. = Um jovem jogador de basquetebol sendo testado no protocolo de consumo de oxigênio por um equipamento por telemetria (VO2000, Medgraphics ®, USA). Por Vitor L. de Andrade com permissão.

No entanto, ainda hoje, autores tentam mesmo em testes de laboratório, diminuir a possível influência de respirar por meio de um sistema de válvula ou máscara que poderia ser irritante, particularmente para os sujeitos sedentários menos confiantes e que gostariam de se comunicar com o avaliador. Além disso, para os atletas mais caprichosos que não gostam de se exercitar em condições artificiais esta afirmação também poderia ser verdade. Assim sendo, havia a necessidade de um teste sem equipamento respiratório durante o exercício e isto foi percebido como uma vantagem real (LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980).

Pensando em superar algumas destas dificuldades, estudos foram realizados utilizando apenas as amostras pós exercício (Figura 2.A.), di Prampero et al. (DI PRAMPERO; CORTILI; MOGNONI; SAIBENE, 1976) realizaram a medida de 20 s do VO_2 após um esforço moderado na patinação de velocidade, após este estudo, outros (CARRE; DASSONVILLE; BEILLOT; PRIGENT *et al.*, 1994; LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980; MORGAN; DANIELS; CARLSON; FILARSKI *et al.*, 1991) utilizaram este método no ciclismo e corrida testando sua confiabilidade e validade. O método consiste de uma regressão semi logarítmica da relação entre o VO_2 e o tempo para determinar tanto VO_2 durante esforços submáximos (SLEIVERT; MACKINNON, 1991; ZAMPARO; BONIFAZI; FAINA; MILAN *et al.*, 2005) e máximos (BICKHAM; LE ROSSIGNOL; GIBBONS; RUSSELL, 2002; COSTILL; KOVALESKI; PORTER; KIRWAN *et al.*, 1985; LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980) após a realização dos esforços (Figura 2.B.).

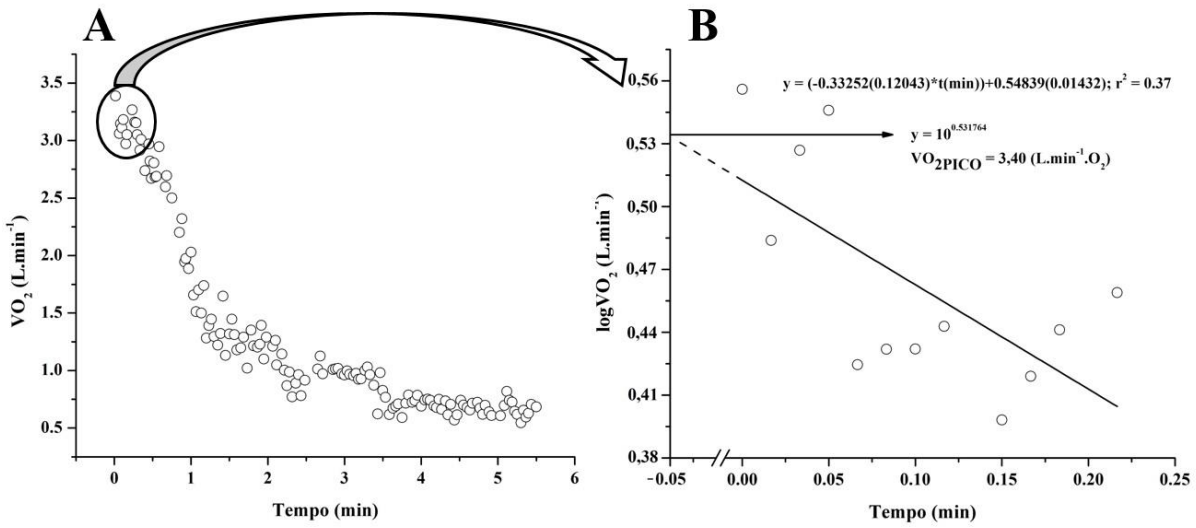


Figura 2. A. = Ilustração do comportamento do excesso de consumo de oxigênio após o exercício. Em destaque, os primeiros 20-30s de repouso pós exercício. B. = Ilustração da transformação logarítmica dos primeiros 20 s de consumo de oxigênio no repouso após o exercício com concomitante análise de regressão linear, esta, permitindo a determinação do consumo de oxigênio ao final do esforço por meio da técnica de retro extrapolação.

Montpetit et al. (MONTPETIT; LEGER; LAVOIE; CAZORLA, 1981) compararam os valores de VO_2 durante um esforço máximo de 400 m nadando usando técnicas convencionais (i.e. snorquel) e a retro extrapolação e não observaram diferença significante entre os métodos (3,81 ± 0,59 L·min^{-1} e 3,79 ± 0,66 L·min^{-1}, respectivamente). Além disso, os autores observaram que o VO_2 obtido após um esforço máximo de 400m foi maior do que o mensurado em esteira (3,37 ± 0,77 L·min^{-1} e 3,23 ± 0,59 L·min^{-1}, respectivamente). Assim, concluíram que a retro extrapolação durante o nado pode ser feito em condições reais com boa acurácia e sem equipamentos. Por outro lado, já foram apontados alguns possíveis problemas como, I) tempo necessário para acoplar o sujeito à máscara; II) a possibilidade de vazamento de ar; e III) erros potenciais na análise de respiração-respiração (SOUSA; FIGUEIREDO; PENDERGAST; KJENDLIE *et al.*, 2014).

Zamparo et al. (ZAMPARO; CAPELLI; CAUTERO; DI NINO, 2000) utilizaram uma análise linear dos primeiros 120 segundos de recuperação para determinar tanto o VO_2 após esforço quanto o componente alático do esforço supramáximo observando o componente monoexponencial do $EPOC_{RAP}$ após um esforço máximo de 400 m em nadadores. Entretanto,

parece que o VO_2 durante os primeiros 20 segundos ainda é a melhor forma de estimar o metabolismo aeróbio durante o nado (SOUSA; FIGUEIREDO; PENDERGAST; KJENDLIE *et al.*, 2014). Mais recentemente, Rodriguez et al. (RODRIGUEZ; CHAVERRI; IGLESIAS; SCHULLER *et al.*, 2017) verificaram diferentes alternativas de determinação do VO_2 pela retro extrapolação considerando os erros de estimativa. Foram estudadas cinco formas diferentes de determinação do VO_2 usando os valores de 20 s, 30 s, 4 x 20 s, 3 x 20 s e média de 4 x 20 s pós exercício. Além disso, consideraram três métodos de cálculo, o tradicional, obtido por meio de uma regressão linear, uma regressão linear sem logarítmica e um modelamento matemático obtido por meio de interpolação de dados e médias considerando a relação frequência cardíaca/VO_2.

Rodriguez et al. (RODRIGUEZ; CHAVERRI; IGLESIAS; SCHULLER *et al.*, 2017) não encontraram diferenças estatísticas entre os métodos de determinação do VO_2 retro extrapolado para as séries de esforço em 200 m "*all-out*", entretanto, para o modelo linear considerando 30 s após o esforço, foi relatada uma diferença significativa no VO_{2PICO} após um esforço máximo de 400 m. Essa diferença correspondia a uma média de 13,9% em relação ao valor de critério. Não foram encontradas diferenças quando considerados os métodos de determinação (ou seja, linear, semi logarítmico e modelamento), além disso, foram correlacionados em todos os casos. Entretanto, os autores consideraram que os valores modelados matematicamente (0 – 20 s) previram com maior precisão os valores de VO_{2PICO} (0,1 – 1,6%).

Adicionalmente, também foram mostrados valores de determinação da regressão linear simples (20 s) que subestimaram o VO_{2PICO} de critério em 4,5% para o 200 m e 1,3% para o 400 m. Inversamente, quando tratados os valores obtidos por meio da regressão semi logarítmica (20 s) o VO_{2PICO} foi superestimado em 4,7% para o 200 m e 11% para o 400 m, entretanto, sem diferenças significativas entre o método e o critério e, além disso, as correlações foram maiores que r = 0,77, exceto a regressão semi logarítmica considerada no esforço de 400 m (r = 0,44) (RODRIGUEZ; CHAVERRI; IGLESIAS; SCHULLER *et al.*, 2017). Portanto, os autores mostram a evidência de que o modelamento matemático foi o mais preciso para a avaliação do VO_{2PICO} na natação nos esforços de 200 e 400 m "*all-out*". Os autores argumentam que o atraso da resposta cinética do VO_2 pós exercício nas medições lineares e semi logarítmicas podem ser os fatores mais importantes para os erros de estimativa. Isto significa que o tempo entre o término do exercício e a colocação da máscara para a primeira medição

válida é fator determinante nas técnicas lineares e semi logarítmicas (46). No estudo de Rodriguez et al. (46) este tempo correspondeu a aproximadamente 10 s em média.

Na presente tese, os dados relacionados a retro extrapolação para determinação do VO_{2PICO} foram realizados por meio de regressão semi logarítmica em 20 s após o término do esforço. Assim, os dados foram analisados com base em estudos ao qual os objetivos eram relacionados a locomoção em terra e água e não mostraram diferenças entre as medidas e os critérios (CARRE; DASSONVILLE; BEILLOT; PRIGENT *et al.*, 1994; DI PRAMPERO; CORTILI; MOGNONI; SAIBENE, 1976; LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980; MORGAN; DANIELS; CARLSON; FILARSKI *et al.*, 1991; RODRIGUEZ; CHAVERRI; IGLESIAS; SCHULLER *et al.*, 2017). Para isto os erros residuais de três critérios foram considerados, média em três pontos em 60 s após o esforço, 20 s após o esforço e 60 s após o esforço (Figura 3.).

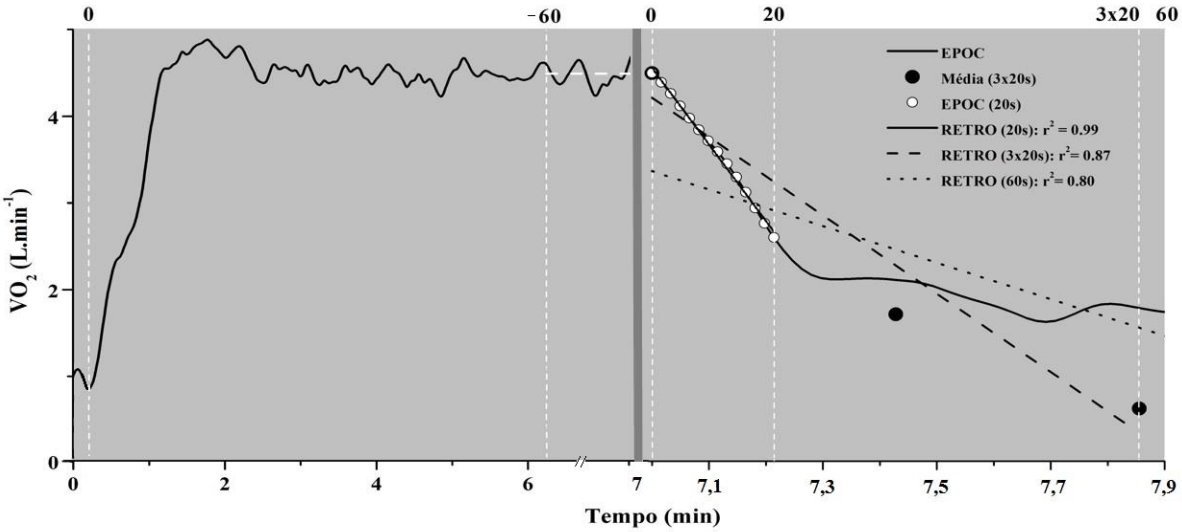


Figura 3. Desenho esquemático da determinação do VO_{2PICO} em um esforço submáximo (linha contínua é o VO_2 durante o esforço e após o esforço, bolas vazias são o VO_2 dos primeiros 20 s após o esforço). A regressão obtida por meio dos primeiros 20 s após o esforço está configurada em linha contínua, a regressão obtida pela média de três pontos está representada pela linha tracejada e a regressão dos 60 s está representada na linha pontilhada.

Dessa forma, considerando os erros de inclinação e intercepto dos três modelos (0,57 e 5,49 U.A. para a média dos três pontos (r = 0.87), 0,08 e 0,78 U.A. nos primeiros 20 s após o esforço (r = 0,99) e 0.28 e 0,57 U.A. para 60 s (r = 0,80)), a técnica se mostra promissora para ser utilizada em diferentes modalidades, principalmente para os primeiros 20 s após o esforço,

porém ainda são necessários mais estudos que demonstrem sua eficácia em mensurar o VO_2 executado durante o esforço livre e independente na corrida.

2.2 *Capacidade anaeróbia e o Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio (MAOD)*

Inicialmente, para caracterizar de modo direto a CA, o meio considerado padrão ouro e capaz de determinar os valores reais acerca do conteúdo anaeróbio utilizado é a biópsia muscular (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). A biópsia é capaz de definir com precisão a quantidade total de energia transferida pelos metabolismos anaeróbios durante a execução de exercícios de alta intensidade, determinando desta maneira a CA (GASTIN, 1994; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

O metabolismo anaeróbio e, mais objetivamente, a CA só pode ser determinada quando a energia advinda do metabolismo anaeróbio alático não muda substancialmente durante o final um exercício intenso (ou seja, com duração superior a 120 s) e, também, em situações em que o metabolismo glicolítico não sustenta o exercício intenso por muito tempo (GASTIN, 1994; MEDBO; TABATA, 1993). Neste contexto, a CA só poderia ser determinada em um esforço até a exaustão e de intensidade supramáxima (MEDBO; TABATA, 1993; ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a).

Com o acúmulo de conhecimento desde o final do século XIX e até o final do XX sobre o déficit de oxigênio (BALDWIN, 2005), ao final da década de 1980, Medbo et al. (MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b) empregaram os conceitos que diziam respeito ao déficit de oxigênio por meio de um constructo retangular do comportamento entre déficit de oxigênio/oxigênio acumulado/tempo de exercício supramáximo (Figura 4.). Os autores teorizavam que a diferença entre o déficit de oxigênio e o oxigênio acumulado durante o exercício supramáximo poderia traduzir o uso das fontes anaeróbias de energia.

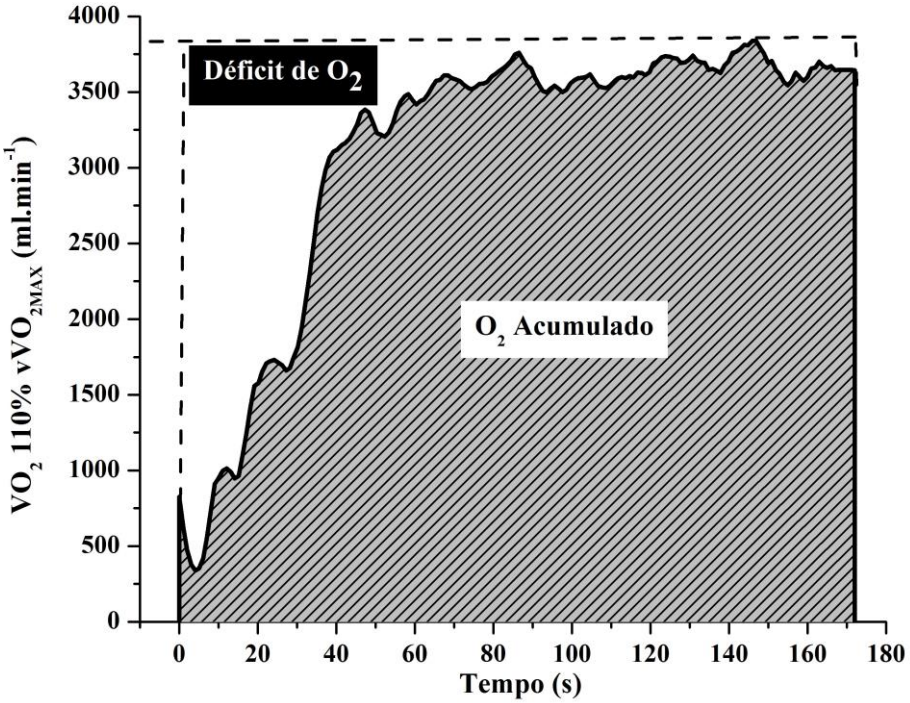


Figura 4. Ilustração do comportamento da demanda de oxigênio (O_2) retangular durante exercício supramáximo e a representação das relações quadráticas assumidas entre déficit O_2/O2 acumulado/tempo de exercício.

Entretanto, para isso era necessário entender e quantificar quanta energia seria utilizada em intensidades supramáximas até a exaustão. Assim, embora o déficit de O_2 para intensidades abaixo da iVO_{2MAX} fosse considerado pequeno (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), é considerado determinante para atingir o estado estável do VO_2. Deste modo, assumindo o estado estável de VO_2 como a demanda energética aeróbia para as intensidades, foi possível construir uma relação entre o consumo de oxigênio e as intensidades de exercício.

No entanto, para isto os autores precisavam de diversas intensidades diferentes para construir esta relação. Assim, consideraram o uso de no mínimo dez esforços de intensidade constante submáxima com duração de dez minutos para estimar com precisão o VO_2 requerido em cada esforço (MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b). Com a relação entre o VO_2 e a intensidade, foi possível estimar a partir de uma regressão linear, a demanda energética teórica para uma intensidade supramáxima (MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b) (Figura 5).

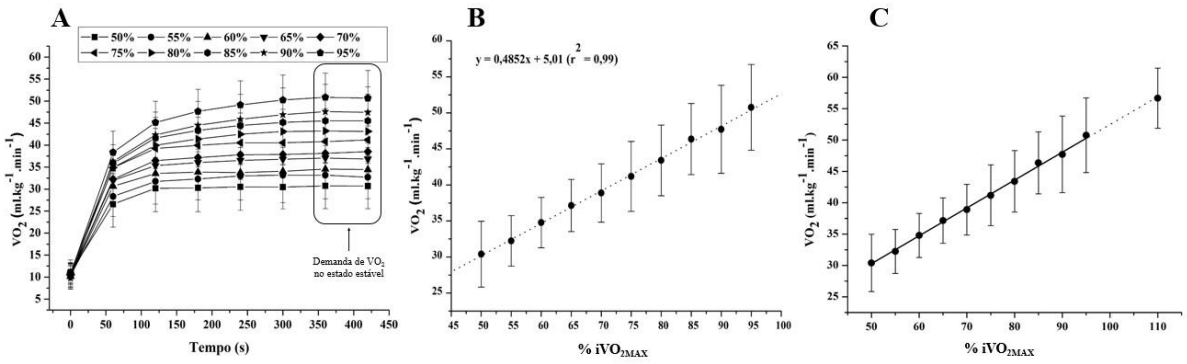


Figura 5. A = Ilustração do comportamento de dez esforços submáximos para estimativa do VO_2 estável para cada intensidade, a chave indica o momento (60 s finais) de estabilização dos valores de VO_2; B = Ilustração da construção da relação entre VO_2/Intensidade contendo os valores representativos de cada intensidade submáxima; C = a regressão linear com a extrapolação e determinação da DET.

Com a construção da regressão linear obtida da relação VO_2/Intensidade, era possível estabelecer um valor hipotético de gasto energético aeróbio para qualquer intensidade acima da iVO_{2MAX}. No sentido de quantificar o metabolismo anaeróbio, era necessário submeter o indivíduo a um esforço em intensidade supramáxima até a exaustão com duração superior a 120s. Assim, seria possível determinar o consumo total de oxigênio durante o teste.

Com a demanda energética teórica (DET) obtida por meio da regressão linear da relação VO_2/Intensidade e o consumo de oxigênio obtido durante o teste supramáximo seria possível determinar o que conhecemos hoje como Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio (MAOD). O MAOD é calculado pela subtração do VO_2 acumulado durante um esforço supramáximo (ou seja, acima da iVO_{2MAX}) da DET (MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b). Em todos os casos, as intensidades tanto das submáximas (no caso, entre 50-95% da iVO_{2MAX}) quanto das supramáximas (ou seja, acima da iVO_{2MAX}, no caso 110%) são sempre relativas a um teste incremental máximo realizado previamente (MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b) (Figura 6.).

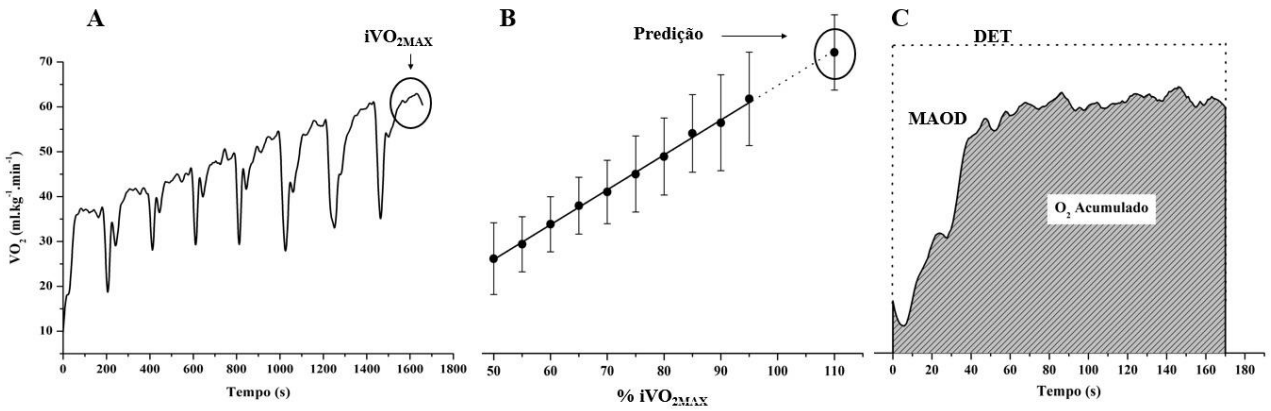


Figura 6. Composição de todos os procedimentos envolvidos na determinação do MAOD. A = teste incremental máximo; B = construção da regressão linear a partir de dez esforços submáximos para predição da DET para esforço supramáximo; C = realização de um esforço supramáximo com sobreposição do O_2 acumulado sobre a DET. O cálculo do MAOD é definido pela diferença entre a DET e o O_2 acumulado durante esforço supramáximo até a exaustão.

O MAOD foi, inicialmente, um método muito bem aceito pela comunidade científica porque foi considerado dentro dos padrões de avaliação anaeróbia, ou seja, avaliava a CA em um esforço supramáximo com duração adequada (1-3 min) e descriminava toda e qualquer participação aeróbia durante o esforço (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010; NOORDHOF; SKIBA; DE KONING, 2013). Além disso, ao longo dos anos continua sendo um método aceito, principalmente porque foi considerado consistente entre sexos (NAUGHTON; CARLSON; BUTTIFANT; SELIG *et al.*, 1997; WEBER; SCHNEIDER, 2000), níveis de treinamento (MEDBO; BURGERS, 1990), tipos de treinamento (PIZZA; NAGLIERI; HOLTZ; MITCHELL *et al.*, 1996; WEBER; SCHNEIDER, 2000), níveis de ingestão de cafeína (BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001; DOHERTY, 1998), níveis de creatina (JACOBS; BLEUE; GOODMAN, 1997) e atividade da massa muscular ativa (BANGSBO; MICHALSIK; PETERSEN, 1993; KACZOR; ZIOLKOWSKI; POPINIGIS; TARNOPOLSKY, 2005; MEDBO; BURGERS, 1990). Também está relacionado à produção de lactato (ANDRADE; ZAGATTO; KALVA; MENDES *et al.*, 2015; BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010), sensível à depleção de glicogênio (LACOMBE; HINCHCLIFF; GEOR; LAUDERDALE, 1999), pode ser afetado pela hora do dia (HILL; LEIFERMAN; LYNCH; DANGELMAIER *et al.*, 1998) e pela idade cronológica do indivíduo (DE ANDRADE; KALVA-FILHO; CAMPOS; PAPOTI, 2018).

2.3 *Evidências da validade do MAOD*

Considerando os critérios de validade adotados para aceite ou recusa de um teste, um método é valido quando mede exatamente aquilo que se pretende medir (HOPKINS, 2000; ROBERTS; PRIEST; TRAYNOR, 2006), além disso, predispõe três tipos de validade, I) validade de conteúdo (grau em que o conteúdo de um instrumento reflete adequadamente o constructo que está sendo medido)(POLIT, 2015); II) validade de critério (comparação dos resultados do instrumento avaliado com o considerado padrão-ouro para avaliação do constructo atribuído) (64) e; III) validade de constructo (extensão em que um conjunto de variáveis realmente representa o constructo a ser medido) (KIMBERLIN; WINTERSTEIN, 2008).

O conceito de validade de conteúdo e critério indica que para ser válido, o MAOD deveria primeiramente avaliar quantitativamente os metabolismos anaeróbios, ou seja, sem a influência de possíveis variáveis aeróbias. Neste sentido, o MAOD recebe muita credibilidade principalmente porque está fundamentado em um constructo muito fiel e bem solidificado, o déficit de oxigênio, ou seja, avalia isoladamente o anaeróbio, sem interferência do metabolismo aeróbio (BALDWIN, 2005; MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010; NOORDHOF; SKIBA; DE KONING, 2013; ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a). Além disso, deveria ser exposto a testes comparando-o ao padrão-ouro. Bangsbo et al. (BANGSBO; GOLLNICK; GRAHAM; JUEL *et al.*, 1990) avaliaram a validade do MAOD durante esforço supramáximo em uma única perna com extensão dinâmica de joelho, durante este procedimento apenas o quadríceps estava ativo e, por meio de biópsia muscular, as mudanças nas concentrações de ATP muscular, creatina fosfato (CP) e concentração de lactato foram obtidas. Nesta conjuntura, os valores obtidos por meio da biópsia muscular e o MAOD se mostraram intimamente relacionados, ou seja, a liberação de energia anaeróbia obtida por meio das reduções de concentração de ATP, CP e produção de lactato no músculo são semelhantes ao rendimento energético obtido pelo MAOD na musculatura isolada (BANGSBO; GOLLNICK; GRAHAM; JUEL *et al.*, 1990).

Green et al. (GREEN; DAWSON; GOODMAN; CAREY, 1996) avaliaram em ciclistas bem treinados a validade do MAOD comparando–o com os valores obtidos por meio de biópsia muscular no *vastus lateralis*. Foram avaliadas as mudanças nas concentrações de ATP,

adenosina difosfato (ADP), CP e lactato antes e após um esforço supramáximo até a exaustão. Os autores (GREEN; DAWSON; GOODMAN; CAREY, 1996) utilizaram uma equação preditiva para determinar a quantidade de ATP que era ressintetizada pelo metabolismo anaeróbio e encontraram uma pequena relação entre o MAOD e o ATP ressintetizado anaerobiamente (r = -0,38) (GREEN; DAWSON; GOODMAN; CAREY, 1996). Mesmo considerando os possíveis erros de medida ocorridos durante a aplicação do MAOD, os autores (GREEN; DAWSON; GOODMAN; CAREY, 1996) defenderam a validade do MAOD apoiando-se principalmente em Medbo & Tabata (MEDBO; TABATA, 1993) que encontraram uma correlação muito forte (r=0,94) entre o MAOD e a produção anaeróbia de ATP, ou seja, defenderam a validade do MAOD para estimar a produção anaeróbia de ATP.

A validade de constructo pressupõe testes de hipótese, ou seja, avaliar por outros instrumentos ou hipóteses a sensibilidade de um método (SOUZA; ALEXANDRE; GUIRARDELLO, 2017). Assim, alguns estudos podem ser tratados como fundamentais para este critério. Naughton et al. (NAUGHTON; CARLSON; BUTTIFANT; SELIG *et al.*, 1997) avaliaram o MAOD nos diferentes sexos e, encontraram maior MAOD em homens, bem como, maiores concentrações de lactato plasmático e amônia caracterizando a maior anaerobiose em homens quando comparado a mulheres (NAUGHTON; CARLSON; BUTTIFANT; SELIG *et al.*, 1997). Pizza et al. (PIZZA; NAGLIERI; HOLTZ; MITCHELL *et al.*, 1996) e Weber & Schneider (WEBER; SCHNEIDER, 2002) testaram a hipótese de sensibilidade do MAOD ao tipo de treinamento, neste contexto o MAOD foi sensível ao treinamento de caráter anaeróbio (treinamento de 3 vezes/semana durante 8 semanas | 3·2 min/6 min pausa, começando a 82,5% da iVO_{2MAX} + 2,5%/semana) (MAOD pré = 3,93 ± 0,22 L; MAOD pós 4,82 ± 0,46 L; $p < 0.01$). Bell et al. (BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001) testaram a hipótese da sensibilidade do MAOD com o uso de recursos ergogênicos como cafeína e efedrina. Os autores relataram um aumento do MAOD principalmente quando utilizada a efedrina mas não no combinado entre efedrina e cafeína e este aumento foi atribuído a estimulação do sistema nervoso central pela efedrina (BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001).

Como a via glicolítica é uma via acessada pelo MAOD, espera-se que a concentração de lactato ou sua mudança após um esforço supramáximo seja ao menos correlacionada com o MAOD, hipótese que foi confirmada por alguns estudos (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010; DE ANDRADE; KALVA-FILHO; CAMPOS; PAPOTI, 2018). Além disso, é de considerar que adultos tem as respostas de enzimas

glicolíticas completamente desenvolvidas, além de naturalmente ter uma concentração aumentada de hormônios como a adrenalina, que participa com importância no metabolismo anaeróbio alático e lático (MIKULIC, 2011; ODOOM; KEMP; RADDA, 1996; PULLINEN; MERO; MACDONALD; PAKARINEN *et al.*, 1998). Por isso, também esperava-se que o MAOD fosse maior em indivíduos de mais idade (adultos jovens) quando comparado com jovens (menores de 16 anos) (DE ANDRADE; KALVA-FILHO; CAMPOS; PAPOTI, 2018). Esta hipótese foi aceita recentemente também por Andrade et al. (DE ANDRADE; KALVA-FILHO; CAMPOS; PAPOTI, 2018) que encontraram a sensibilidade do MAOD referente a idade cronológica. A suplementação de creatina também foi uma hipótese testada, acreditou-se que uma saturação de creatina por intermédio de suplementação deveria aumentar o MAOD, principalmente por aumentar o estoque anaeróbio alático (JACOBS; BLEUE; GOODMAN, 1997). O tempo até a exaustão em esforço supramáximo e o MAOD foram maiores no grupo que suplementou (de 130 ± 7 para 141 ± 7 s e; de 4,04 ± 0,31 para 4,41 ± 0,34 L; $p<0,01$), mostrando a sensibilidade do MAOD à saturação de creatina (JACOBS; BLEUE; GOODMAN, 1997).

Além disso, o MAOD foi considerado um bom índice de predição do desempenho em curta distância e na manutenção da intensidade do exercício para alcançar o VO_{2MAX} e VO_{2PICO} mostrando-se relevante e determinante para os tempos nas distâncias de 300 m (39%) e índices aeróbios de alta intensidade (DE ANDRADE; KALVA-FILHO; CAMPOS; PAPOTI, 2018; GORDON; HOPKINS; KING; KEILLER *et al.*, 2011; SCOTT; ROBY; LOHMAN; BUNT, 1991). Embora algumas críticas possam ser feitas sobre estes estudos (BANGSBO, 1996; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), até a atualidade, o MAOD é considerado um método válido para estimativa da CA e preenche os três critérios de validade previamente citados.

2.4 *Evidências de confiabilidade do MAOD*

A confiabilidade de um instrumento de avaliação pode ser definida como, a capacidade do instrumento de reproduzir um resultado de forma consistente no tempo, no espaço ou a partir de diferentes observadores (SOUZA; ALEXANDRE; GUIRARDELLO, 2017). Dentre os aspectos de confiabilidade, podem ser destacados três critérios mínimos para considerar um instrumento confiável: I) estabilidade (grau em que resultados semelhantes são obtidos em dois

momentos diferentes) (POLIT, 2015); II) consistência interna (indica que todas as subpartes de um instrumento medem o mesmo constructo) (STREINER, 2003); III) equivalência (grau de concordância entre dois ou mais avaliadores) (POLIT, 2015), menos relevante para o aspecto deste documento, principalmente porque os resultados do instrumento avaliado (MAOD) não são obtidos por meio de uma avaliador (exemplo, questionários) mas sim de ferramentas e cálculos previamente estabelecidos (analisador de gases e métodos previamente bem delimitados).

A confiabilidade de um instrumento depende, incisivamente, de sua reprodutibilidade e/ou da sua replicação (SOUZA; ALEXANDRE; GUIRARDELLO, 2017). Doherty et al. (DOHERTY; SMITH; SCHRODER, 2000) verificaram a reprodutibilidade do MAOD em exercício supramáximo até a exaustão (3·125% da iVO_{2MAX} correndo em indivíduos saudáveis ativos) e avaliaram a correlação intraclasse (0,91; 0,87) e o coeficiente de variação (6,8%; 5,0%), baseando-se nestas medidas, o consideraram um método confiável. Jacobs et al. (JACOBS; BLEUE; GOODMAN, 1997) também avaliaram a confiabilidade do MAOD por meio de correlação entre teste-e-reteste (2·125% da iVO_{2MAX} no cicloergômetro em indivíduos que treinavam regularmente), encontraram uma forte correlação entre as repetições (r = 0,97). Weber & Schneider (WEBER; SCHNEIDER, 2001) avaliaram a confiabilidade do MAOD em diferentes intensidades do teste supramáximo (2·110 e 120% da iVO_{2MAX} no cicloergômetro em indivíduos destreinados), avaliaram as possíveis diferenças entre as repetições (2,62 ± 0,17 L e 2,54 ± 0,19 L; p > 0,05 para 110% e 2,64 ± 0,21 L e 2,63 ± 0,19 L; p > 0,05 para 120%) e os coeficientes de correlação intraclasse (0,95 para 110% e 0,97 para 120% da iVO_{2MAX}), o que permitiu a conclusão de elevada reprodutibilidade dos resultados do MAOD. O conjunto destes resultados mostram que o MAOD possui estabilidade aceitável quando medida dentro dos limites estabelecidos em cada estudo (GASTIN, 1994).

Sobre a consistência interna do instrumento, considerando que todas as subpartes da ferramenta são baseadas na medida do VO_2 para determinação da DET e posterior subtração da mesma excluindo qualquer medida aeróbia na determinação do MAOD. Verifica-se elevada consistência interna da ferramenta em discriminar e separar o aeróbio do anaeróbio (DE ANDRADE; KALVA-FILHO; CAMPOS; PAPOTI, 2018; MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b; NOORDHOF; SKIBA; DE KONING, 2013) proporcionando a sua confiabilidade. Além disso, a aceitação da ferramenta para avaliação da capacidade de outras ferramentas em caracterizarem de modo indireto a capacidade anaeróbia também é fator

considerável para a elevada crença na consistência da ferramenta (ANDRADE; ZAGATTO; KALVA; MENDES *et al.*, 2015; GASTIN, 1994; MAXWELL; NIMMO, 1996; MINAHAN; CHIA; INBAR, 2007; RAMSBOTTOM; NEVILL; NEVILL; NEWPORT *et al.*, 1994; SCOTT; ROBY; LOHMAN; BUNT, 1991). Portanto, ainda que hajam críticas sobre os estudos que avaliaram sua confiabilidade, e que serão abordados na próxima sessão, até a atualidade, considerando os estudos supracitados, o MAOD é considerado um método capaz de ser replicado, ou seja, e preenche os critérios de confiabilidade.

2.5 *Divergências sobre a validade e confiabilidade do MAOD*

Sobre a validade do MAOD em avaliar a quantidade de ATP ressintetizada pelo metabolismo anaeróbio durante exercício supramáximo até a exaustão, Bangsbo (BANGSBO, 1996) critica os estudos de Green et al. (GREEN; DAWSON; GOODMAN; CAREY, 1996) e Medbo & Tabata (MEDBO; TABATA, 1993) pelo método indireto de determinação das quantidades de ATP ressintetizadas pelo metabolismo anaeróbio. Bangsbo (BANGSBO, 1996) acreditava que Green et al. (GREEN; DAWSON; GOODMAN; CAREY, 1996) e Medbo & Tabata (MEDBO; TABATA, 1993) desconsideravam a liberação do lactato para o sangue que é responsável por algo entre 5 e 38% da produção anaeróbia total de ATP, sendo então subestimados nos estudos supracitados.

Além disso, Bangsbo (BANGSBO, 1996) ressalta a importância da avaliação do metabolismo anaeróbio levando em consideração a massa muscular ativa no exercício, sendo esta responsável por uma elevada diferença nos valores de MAOD (BANGSBO, 1996; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). Isto foi confirmado quando avaliados exercícios de corrida horizontal e na subida, os dois exercícios tinham um percentual de massa muscular ativa diferente para a mesma atividade motora (67 e 73%, respectivamente) (SLONIGER; CURETON; PRIOR; EVANS, 1997). O que resultou em uma variabilidade (2,96 L na subida e 2,45 na horizontal) de 21% no valor de MAOD (SLONIGER; CURETON; PRIOR; EVANS, 1997).

Outra possível limitação na validade do MAOD observados nos estudos de Green et al. (GREEN; DAWSON; GOODMAN; CAREY, 1996) e Medbo & Tabata (MEDBO; TABATA, 1993) estão relacionados a elevada variabilidade dos esforços e amostra utilizados, Green et al.

(GREEN; DAWSON; GOODMAN; CAREY, 1996) utilizaram esforço supramáximo até a exaustão em ciclistas bem treinados e, embora tenham encontrado uma relação não significativa (r = -0,38) entre o MAOD e o ATP anaeróbio, ela não foi significativa (p > 0,05), os autores atribuíram esta falta de significância a possíveis erros de medida. Enquanto isso, Medbo & Tabata (MEDBO; TABATA, 1993) realizaram suas medidas em um espectro de tempo variado (30 – 180 s) com uma amostra composta de indivíduos fisicamente ativos (19 - 35 anos, 62 – 97 kg) de diferentes níveis de aptidão aeróbia (43 - 62 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) o que pode ter contribuído para observarem coeficientes de correlação elevados (r = 0,94), principalmente porque a correlação usada não discriminava os possíveis erros aleatórios adicionados, em resumo pela elevada variabilidade característica dos participantes (BANGSBO, 1996).

Além disso, a confiabilidade do MAOD também gera controvérsias, principalmente porque as críticas são contundentes em relação ao método não ser reprodutível e se basear na relação VO_2/Intensidade para determinação da DET (CRAIG; MORGAN, 1998; GREEN; DAWSON, 1993; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). Além disso, a escolha da intensidade e duração tanto dos submáximos quanto da intensidade do esforço supramáximo também parece influenciar diretamente nos valores do MAOD (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010).

No mesmo estudo que foram encontrados baixos coeficientes de variação e elevadas correlações intraclasse, Doherty et al. (DOHERTY; SMITH; SCHRODER, 2000) investigaram os limites de concordância (95%) do MAOD determinado em teste-e-reteste, encontraram uma média entre 0,80 – 1,28 $mL \cdot kg^{-1}$, ou seja, um MAOD de 70 $mL \cdot kg^{-1}$ poderia chegar a uma variação de concordância entre 56 – 90 $mL \cdot kg^{-1}$ (DOHERTY; SMITH; SCHRODER, 2000). Neste estudo, com base nos efeitos da concordância sobre os parâmetros de MAOD, os autores concluíram que o instrumento não era uma medida confiável. Doherty et al. (DOHERTY; SMITH; SCHRODER, 2000) foram os primeiros autores que mostraram a importância de avaliar os limites de concordância e a heterocedasticidade (ou seja, a variância dos resíduos gerados pela estimação entre as medidas) das medidas para avaliar a confiabilidade absoluta. O que até hoje revela-se uma importante ferramenta para estudos desta natureza.

No sentido de avaliar a relação VO_2/Intensidade, Bickhan et al. (BICKHAM; LE ROSSIGNOL; GIBBONS; RUSSELL, 2002) avaliaram a influência do número de esforços submáximos na estimativa da regressão, além disso, também avaliaram o uso ou não do intercepto-y fixo. Os autores não observaram diferença entre a DET determinada por 11, 5 ou

3 pontos fixando o intercepto-y, entretanto, verificaram que quando o erro RMS (raiz quadrada da média dos quadrados dos valores) da medida do VO_2 era introduzido, o intervalo de confiança (IC95%) aumentava (7,8 – 22 $mL \cdot kg^{-1}$) e, assim, os autores concluíram que o IC95% do MAOD era relativamente grande o que tornava a medida pouco precisa (BICKHAM; LE ROSSIGNOL; GIBBONS; RUSSELL, 2002).

Buck e McNaughton (BUCK, D.; MCNAUGHTON, L. R., 1999) também avaliaram o número de esforços submáximos, quando compararam o MAOD obtido por meio de dez pontos e com apenas dois, verificaram que o MAOD poderia variar até 83%, a correlação era forte entre as medidas (r = 0,98), entretanto, usar o instrumento com menos de 10 pontos na regressão não foi aconselhado (BUCK, D.; MCNAUGHTON, L. R., 1999). Em um outro estudo, Buck e McNaughton (BUCK, D.; MCNAUGHTON, L., 1999) estudaram a diminuição dos tempos dos esforços submáximos e verificaram que quando realizados em esforços constantes de 2 - 4 min o MAOD era significativamente menor (39,6 ± 11,6 $mL \cdot kg^{-1}$) do que quanto utilizado o protocolo convencional (53,4 ± 14,6 mL·kg; 8-10 min). O que também torna a linearidade da regressão imprecisa para determinação da DET (BUCK, D.; MCNAUGHTON, L., 1999).

Além disso, uma outra divergência na quantificação do MAOD é que muitos estudos utilizam diferentes intensidades de exercício supramáximo para determinação do MAOD. Em resumo são utilizadas intensidades sempre iguais ou superiores à iVO_{2MAX} (BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001; BUCK, D.; MCNAUGHTON, L. R., 1999; CRAIG; NORTON; CONYERS; WOOLFORD *et al.*, 1995; DOHERTY, 1998; DOHERTY; SMITH; SCHRODER, 2000; JACOBS; BLEUE; GOODMAN, 1997; NAUGHTON; CARLSON; BUTTIFANT; SELIG *et al.*, 1997). O que torna as comparações entre estudos e métodos mais difíceis e controversas. No entanto, o aspecto mais relevante observado sobre os supramáximos são as diferenças encontradas quando o mesmo protocolo é realizado em diferentes posições corporais ou intensidades (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010; SLONIGER; CURETON; PRIOR; EVANS, 1997). Nestas situações, assim como demonstrado acima, as diferenças são significativas e manifestam diferentes opiniões dos pesquisadores.

Deste modo, embora claramente defensável do ponto de vista conceitual e o mais amplamente utilizado método para determinar e comparar a capacidade anaeróbia. O MAOD tem perdido espaço na literatura atual principalmente pelo tempo na sua aplicação e a restrição no uso de analisadores de gases e ergômetros específicos que também eleva os custos e tempo de avaliação. Entretanto, as divergentes medidas sobre a demanda energética e possíveis

influências do corpo inteiro *versus* musculatura isolada colocam em cheque a confiabilidade e a validade da medida do MAOD.

2.6 *Desvantagens na aplicação do MAOD*

A aplicação do MAOD pressupõe uma série de eventos para sua completa determinação, além disso, também carece de estrutura física para sua realização e conhecimento intelectual para sua determinação e interpretação. Atualmente, críticas metodológicas e teóricas podem ser apontadas como: I) número de testes, são necessárias pelo menos três etapas de testes que consistem em, um teste incremental, pelo menos 10 esforços submáximos e um esforço supramáximo até a exaustão; II) dispêndio de tempo, para conclusão de todas as etapas com a garantia de um padrão confiável são necessários no mínimo 5 dias; III) estrutura, em todas as possíveis modalidades, serão necessários equipamentos como, analisador de gases, esteira ou ergômetro específico; IV) organização, para avaliação de uma equipe esportiva serão necessários avaliadores experientes e tempo muito bem delimitado para evitar ao máximo retirar o atleta de suas atividades normais; V) controle alimentar, deve-se garantir o controle de ingestão alimentar durante todos os dias de avaliação para evitar mudanças indesejadas na cinética do consumo de oxigênio (BELL; JACOBS; ELLERINGTON, 2001); VI) escolha do protocolo incremental, o protocolo incremental deve ser escolhido principalmente de acordo com a especificidade do atleta, haja vista as possíveis influências sobre a intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007); VII) escolha do tempo dos submáximos, os submáximos devem garantir um estado estável de oxigênio que caracterize a intensidade escolhida (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), considerando a organização do tempo dispendido no processo; VIII) escolha da intensidade do esforço supramáximo, o esforço supramáximo deverá ter uma duração aproximada entre 2-3 min (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). Portanto, muitas são as barreiras que cercam a utilização do MAOD por técnicos, fisiologistas e/ou outrem e assim, seria apropriado agregar instrumentos que pudessem diminuir as desvantagens acerca do MAOD.

2.7 *Um método alternativo para determinação do MAOD*

A carência de métodos mais eficientes e que fossem capazes de identificar a capacidade anaeróbia numericamente se mostram evidentes e, dessa forma há alguns anos foi desenvolvido um método alternativo capaz de estimar a capacidade anaeróbia por meio de um único esforço supramáximo até a exaustão ($MAOD_{ALT}$) (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010). Este método utiliza do monitoramento do VO_2 antes, durante e após o esforço, além da quantificação das concentrações de lactato ($[La^-]$) observadas antes e após o esforço. Por meio da análise do componente rápido do consumo excessivo de oxigênio após o exercício ($EPOC_{RAP}$) (BENEKE; BEYER; JACHNER; ERASMUS *et al.*, 2004; BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010; DE CAMPOS MELLO; DE MORAES BERTUZZI; GRANGEIRO; FRANCHINI, 2009) menos os valores médios basais, é possível determinar a contribuição do metabolismo anaeróbio alático (Figura 7).

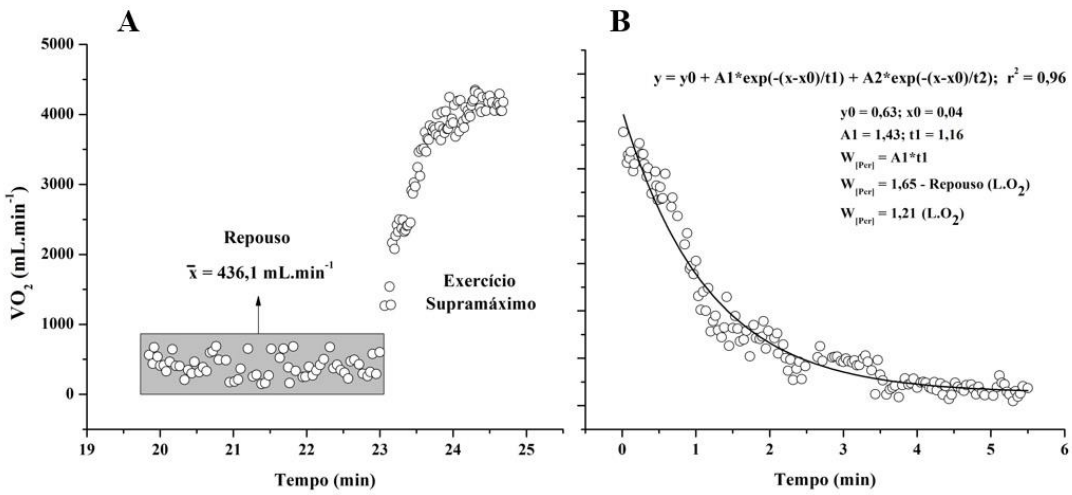


Figura 7. Ilustração do comportamento do consumo de oxigênio no repouso e após o esforço supramáximo até a exaustão. A = Ilustração do modo como foi obtida a média do consumo de oxigênio antes da realização do esforço supramáximo; B = Ilustração do comportamento do excesso de consumo de oxigênio pós exercício (EPOC) e o cálculo para definição componente alático do esforço.

Além disso, as $[La^-]$ permitem a quantificação da contribuição do metabolismo anaeróbio lático (DI PRAMPERO, 1981; DI PRAMPERO; CORTILI; MOGNONI; SAIBENE, 1976). Via que é determinada pela diferença da concentração de lactato no repouso em relação ao [La-]PICO no sangue após o esforço (BENEKE; BEYER; JACHNER; ERASMUS *et al.*, 2004; BERTUZZI; FRANCHINI; KOKUBUN; KISS, 2007; BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010). Neste caso, para todas as

medidas são consideradas que para cada 1 mM de lactato acumulado, seu equivalente em O_2 é de 3 $mL \cdot O_2 \cdot kg^{-1}$ (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999) (Figura 8).

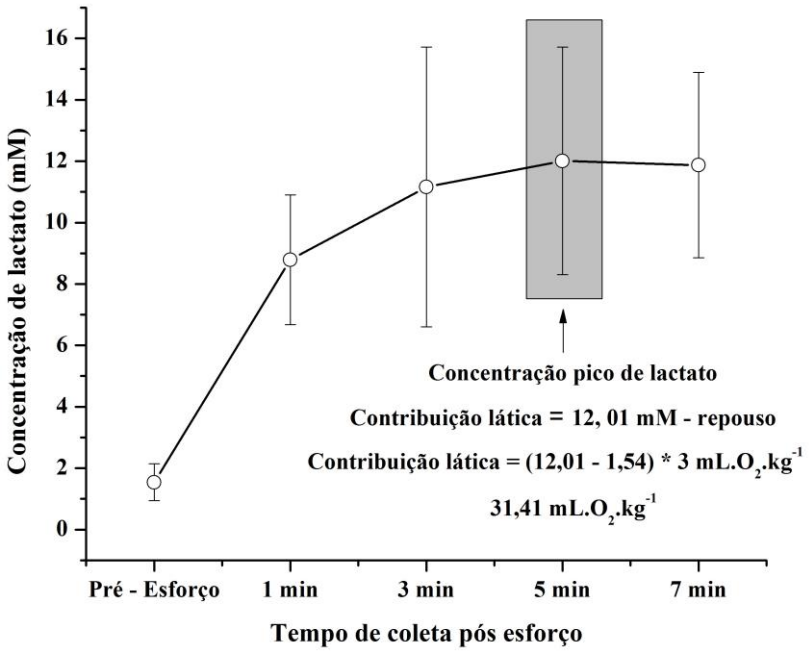


Figura 8. Ilustração do comportamento da concentração de lactato durante um experimento de monitoramento das concentrações antes e após um esforço supramáximo até a exaustão e os cálculos relacionados a determinação do componente anaeróbio lático do esforço.

Bertuzzi et al., (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010) não encontraram diferenças significativas entre o MAOD determinado convencionalmente e o $MAOD_{ALT}$, além disso, os valores foram fortemente correlacionados (r = 0,78; p = 0,01) (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010). Esta comparação proporcionou um indicativo muito forte de validade de critério do método para estimativa da capacidade anaeróbia (CA), ou seja, da quantidade de ATP ressintetizada pelo metabolismo anaeróbio indiretamente de acordo com o conceito fundamental (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010; ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a).

Pesquisadores então foram estimulados a realizar testes de hipótese, mesmo que indiretamente, para verificar a validade de constructo do instrumento. Zagatto et al. (ZAGATTO; NAKAMURA; MILIONI; MIYAGI *et al.*, 2017) aplicaram o $MAOD_{ALT}$ em indivíduos pouco treinados (PT), moderadamente treinados (MT), treinados aerobiamente (TA) e jogadores de rúgbi (JR) e testaram a sensibilidade do instrumento em discriminar

diferentes estados e especificidades de treinamento. Os autores observaram maiores valores de $MAOD_{ALT}$ no JR (64,4 ± 12,1 mL·kg^{-1}) comparados aos outros (PT = 49,9 ± 4,5 mL·kg^{-1}; MT 53,8 ± 5,3 mL·kg^{-1}; TA = 56,8 ± 5,4 mL·kg^{-1}; p<0,05). Concluíram que o $MAOD_{ALT}$ foi capaz de discriminar o estado e especificidade de treinamento (ZAGATTO; NAKAMURA; MILIONI; MIYAGI *et al.*, 2017). Bertuzzi et al. (BERTUZZI; KISS; DAMASCENO; OLIVEIRA *et al.*, 2015) testaram a correlação entre o $MAOD_{ALT}$ e o *Wingate Anaerobic Test* (composto por um esforço máximo de 30 s com resistência fixa) e observaram correlações significativas entre o componente alático e a potência pico (r = 0,71; p = 0,03) e lático com a potência média (r = 0,72; p = 0,03). Os autores concluíram que o $MAOD_{ALT}$ foi capaz de discriminar as vias anaeróbias utilizadas durante o teste e foi sensível em determinar os componentes anaeróbios durante um esforço de alta intensidade. Outros (ZAGATTO; MIYAGI; SOUSA; GOBATTO, 2017), investigaram as possíveis relações entre o $MAOD_{ALT}$ e a corrida atada (30 s), encontraram importantes correlações entre o $MAOD_{ALT}$ e a potência média (r = 0,58; p = 0,03), trabalho total (r = 0,57; p = 0,03) e a força média (r = 0,79; p = 0,001). Os autores concluíram que o $MAOD_{ALT}$ é um método capaz de determinar a capacidade anaeróbia e que tem fundamental importância na manutenção a força durante esforços com tempos reduzidos e elevadas intensidades (ZAGATTO; MIYAGI; SOUSA; GOBATTO, 2017).

O $MAOD_{ALT}$ não apresentou alteração com o uso de cafeína (POLI; MIYAGI; NAKAMURA; ZAGATTO, 2016), o tempo até a exaustão aumentou (118 – 130 s), mas não foram encontradas diferenças entre o $MAOD_{ALT}$ com cafeína (56,9 ± 7,0 mL·kg^{-1}) e o placebo (56,2 ± 9,0 mL·kg^{-1}; p = 0,68). Além disso, o $MAOD_{ALT}$ foi sensível em a suplementação de bicarbonato de sódio (4,0 ± 0,6 L com $NaHCO^3$; 3,7 ± 0,5 L com placebo; p < 0,05), sendo assim, considerado capaz de detectar mudanças nas vias de fornecimento energético anaeróbio (BRISOLA; MIYAGI; DA SILVA; ZAGATTO, 2015).

A confiabilidade do $MAOD_{ALT}$ foi recentemente colocada medida por meio de correlação intraclasse (medida de estabilidade), tamanho do efeito (medida de estabilidade), erro típico (consistência interna), limites de concordância (medida de validade de critério e equivalência) e intervalo de confiança 95% (medida de equivalência), Zagatto et al. (ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a) testaram também as possíveis correlações com o MAOD convencional e os efeitos da intensidade do esforço supramáximo adotado (100, 105 - 115, 120, 130 - 150% da iVO_{2MAX}). Os autores não encontraram diferença

entre os métodos (MAOD e $MAOD_{ALT}$), tanto nos valores absolutos quanto relativos à massa corporal e à massa magra para nenhuma das intensidades dos supramáximos utilizados (ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a). Além disso, observaram correlações entre o MAOD e o $MAOD_{ALT}$ absolutos e relativos determinados nas intensidades de 100 ($r = 0,59$; $r = 0,57$; $p < 0,05$) e 115% ($r = 0,73$; $r = 0,77$; $p < 0,05$) da iVO_{2MAX}, baixos erros típicos (100% = 0,66 L e 10,03 $mL \cdot kg^{-1}$; 115% = 0,61 L e 9,13 $mL \cdot kg^{-1}$) e tamanhos do efeito triviais ou pequenos (-0,12 até -0,41) nos dois casos (ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a). Até aqui, as comparações entre o MAOD e o $MAOD_{ALT}$ mostraram que não há diferença entre os métodos, ou seja, uma evidência de validade de critério e consistência interna, pois medem o mesmo constructo (conteúdo anaeróbio para execução da tarefa) com baixos erros e elevadas correlações (ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a). Quando avaliada a confiabilidade por meio de teste-e-resteste, os autores encontraram elevada estabilidade e equivalência (ICC = 0,87; bias = -0,009 L, ICC = 0,77; bias = -0,26 $mL \cdot kg^{-1}$ da massa corporal e ICC = 0,78; bias = -0,19 $mL \cdot kg^{-1}$ da massa magra), além de mostrar baixos erros típicos e triviais tamanhos de efeito (ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a). Os autores concluíram que o $MAOD_{ALT}$ é um método altamente repetível e confiável, principalmente quando é determinado na intensidade supramáxima de 115% da iVO_{2MAX} (ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a). Com esta breve revisão foi possível estabelecer uma relação confiável dos métodos que envolvem a determinação do $MAOD_{ALT}$, além disso, considerar sua utilização como meio para determinação dos componentes anaeróbios de esforços supramáximos.

3 Justificativa e pergunta central

Considerando que no esporte em geral procedimentos experimentais são realizados no intuito de prescrever intensidades e monitorar os efeitos dos programas de treinamento, estes devem ser condizentes com as situações de treinamento e/ou competição. O presente trabalho justifica-se pela necessidade e possibilidade de otimização dos métodos de determinação da capacidade anaeróbia e contribuições energéticas na corrida. Além de considerar a determinação da CA que é inerente ao processo do treinamento, o método considerado "padrão ouro" (MAOD) é limitado operacionalmente (MEDBO; MOHN; TABATA; BAHR *et al.*, 1988b), o que proporciona a possibilidade de determinar este instrumento de forma menos dispendiosa.

Apesar de Bertuzzi et al. (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010) demonstrarem um método otimizado de determinação do MAOD ($MAOD_{ALT}$), os atletas devem desempenhar um esforço de carga constante até exaustão e com mensuração contínua do VO_2 durante o esforço. Nesse sentido, considerando que a determinação do VO_2 em esforços submáximos já foi validada em diferentes modalidades pela técnica da retro extrapolação (CARRE; DASSONVILLE; BEILLOT; PRIGENT *et al.*, 1994; FOSTER; DE KONING; HETTINGA; LAMPEN *et al.*, 2003; SLEIVERT; MACKINNON, 1991). Juntamente com a possibilidade teórica de utilizar o comportamento médio da cinética de VO_2 também determinada por meio da técnica da retro extrapolação (JALAB; ENEA; DELPECH; BERNARD, 2011) durante esforços máximos. Acredita-se viável a determinação do MAOD tanto convencional, quanto o $MAOD_{ALT}$ durante esforços livres e independentes de equipamentos.

Entretanto, ainda há necessidade da utilização de analisador de gases durante as avaliações para determinação da CA. Principalmente porque o método de determinação indireta da CA carece de resultados obtidos por meio do analisador de gases para seu cálculo. No entanto, o que justifica a presente investigação não é a evidente dependência do método aos resultados referentes ao analisador de gases para a determinação da CA e/ou a validade e confiabilidade dos métodos de determinação da CA. Mas sim, de como eles serão obtidos e, a clara possibilidade de aproximar por meio da retro extrapolação, os valores de consumo de oxigênio do real e a validade ecológica dos esforços. Atualmente, em decorrência da necessidade de equipamentos durante a execução dos esforços máximos e supramáximos, ainda

são realizadas avaliações em ambiente controlado, de laboratório, com o indivíduo sendo limitado por uma série de equipamentos “amarrando-o” durante sua corrida.

Por consequência, o valor da capacidade anaeróbia pode não corresponder necessariamente ao real e, assim, limitar as associações entre MAOD e desempenho. Principalmente porque o indivíduo está fora do seu ambiente de treinamento e competição. Desta forma, o atleta muda parcialmente e involuntariamente o gesto motor para respeitar os princípios da avaliação sem considerar que estas mudanças poderiam afetar seu resultado final.

Assim, ao utilizar a técnica da retro extrapolação, proposta por di Prampero et al. (DI PRAMPERO; CORTILI; MOGNONI; SAIBENE, 1976) concomitantemente ao modelo utilizado por Jalab et al. (JALAB; ENEA; DELPECH; BERNARD, 2011) e Sousa et al. (SOUSA; FIGUEIREDO; PENDERGAST; KJENDLIE *et al.*, 2014) e o $MAOD_{ALT}$ (BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010; ZAGATTO; BERTUZZI; MIYAGI; PADULO *et al.*, 2016a), será possível determinar, além do VO_2 de intensidades submáximas e máximas, o próprio MAOD. Desse modo, acredita-se que se for possível determinar a CA de corredores em seu ambiente real de treinamento e competição, sem a necessidade de adição de “parafernálias” nos atletas e, portanto, sem o comprometimento do gesto motor e da estratégia de prova, poderá contribuir significativamente para a otimização das ferramentas que são frequentemente utilizadas na avaliação da capacidade anaeróbia.

Para isto, o primeiro passo seria determinar por meio de um teste incremental, a intensidade correspondente a iVO_{2MAX}. Segundamente, determinar a demanda energética teórica para determinação do MAOD. Assim, os indivíduos seriam submetidos a esforços submáximos em que seriam monitorados ao final dos esforços (Figura 9).

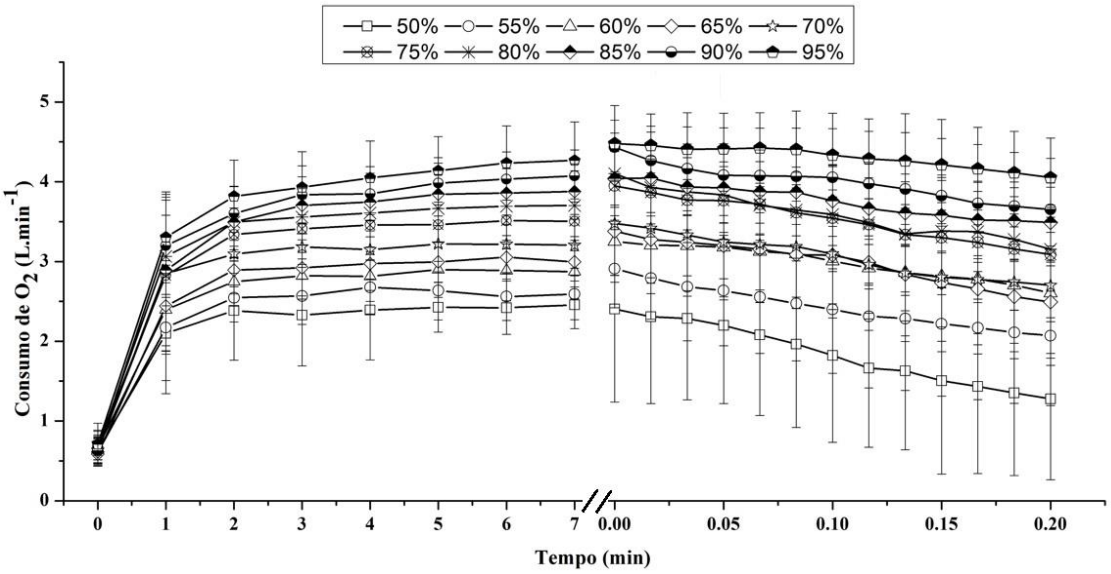


Figura 9. Desenho esquemático do comportamento esperado do VO_2 durante os esforços submáximos para determinação da DET. Ao lado direito da quebra de escala, o comportamento do VO_2 durante todo o esforço, ao lado esquerdo, o comportamento do VO_2 nos primeiros 20s após o esforço.

Para determinação, por meio da retro extrapolação, da demanda energética para cada intensidade submáxima, cada um dos resultados seriam convertidos em uma base logarítmica e plotados em função do tempo (Figura 10).

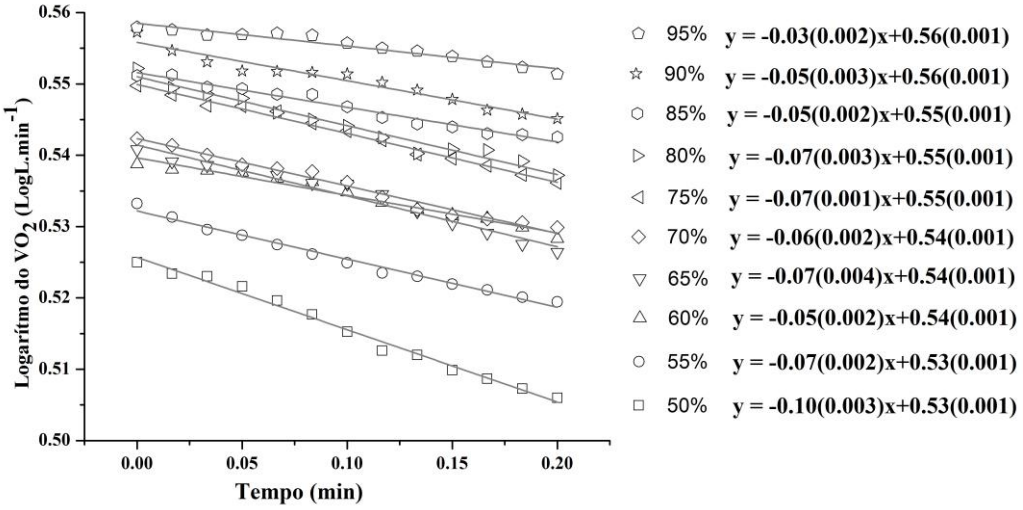


Figura 10. Desenho esquemático da aquisição das equações semi logarítmicas para determinação do VO_{2PICO} de cada intensidade submáxima.

Com a determinação do consumo de oxigênio por meio da retro extrapolação em cada um dos esforços submáximos seria possível construir a relação linear entre VO_2/Intensidade para determinar a DET (Figura 11).

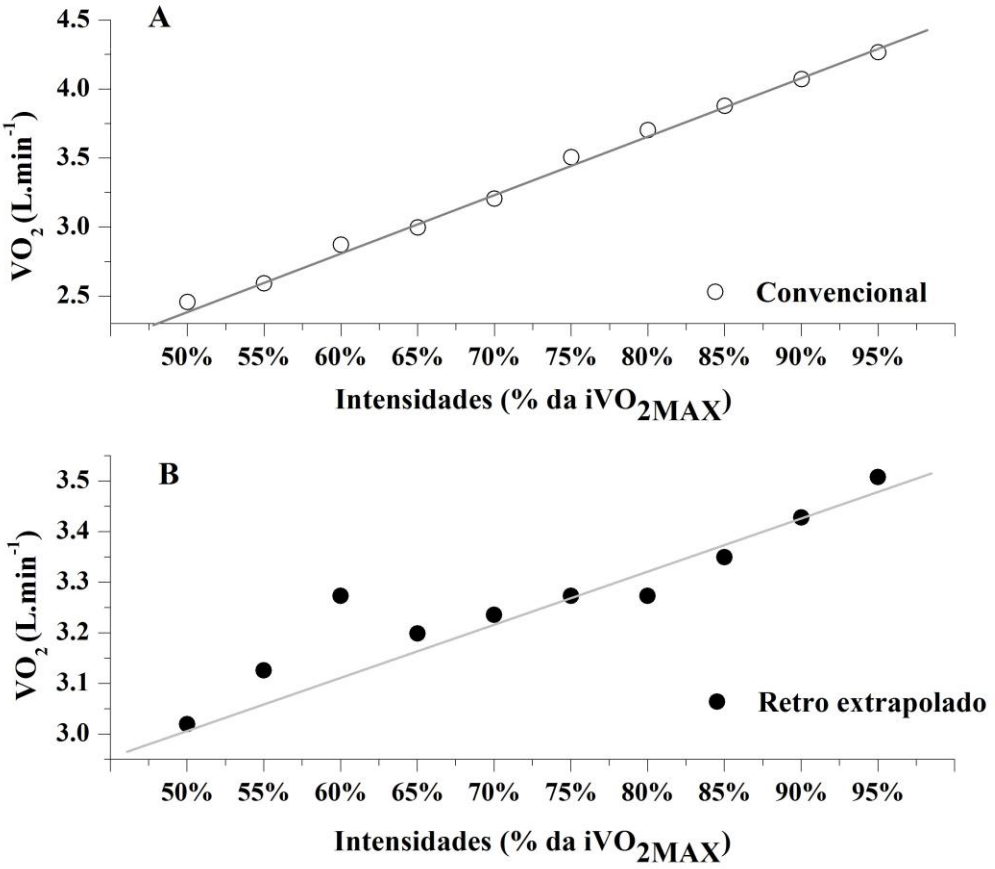


Figura 11. Comportamento do VO_2 para cada uma das intensidades submáximas. A = Relação linear entre o VO_2 determinado de maneira convencional e as intensidades submáximas. B = Relação linear entre o VO_2 determinado por meio da retro extrapolação e as intensidades submáximas.

Em terceiro lugar, o desafio seria determinar de maneira fracionada o comportamento do VO_2 durante o esforço supramáximo. Para isto, seria necessário determinar pontos chave para o fracionamento do teste. Pontos que poderiam descrever o comportamento da demanda energética aeróbia durante todo o esforço. Para atingir este objetivo, o tempo em relação à um teste anterior seria definido, principalmente no início, durante e no final para identificar o $VO2_{PICO}$ em cada ponto e reconstruir o comportamento do VO_2 durante o esforço supramáximo. O indivíduo realizaria alguns esforços de curta duração e supramáximos, sendo determinadas as respostas ventilatórias por meio da retro extrapolação (Figura 12).

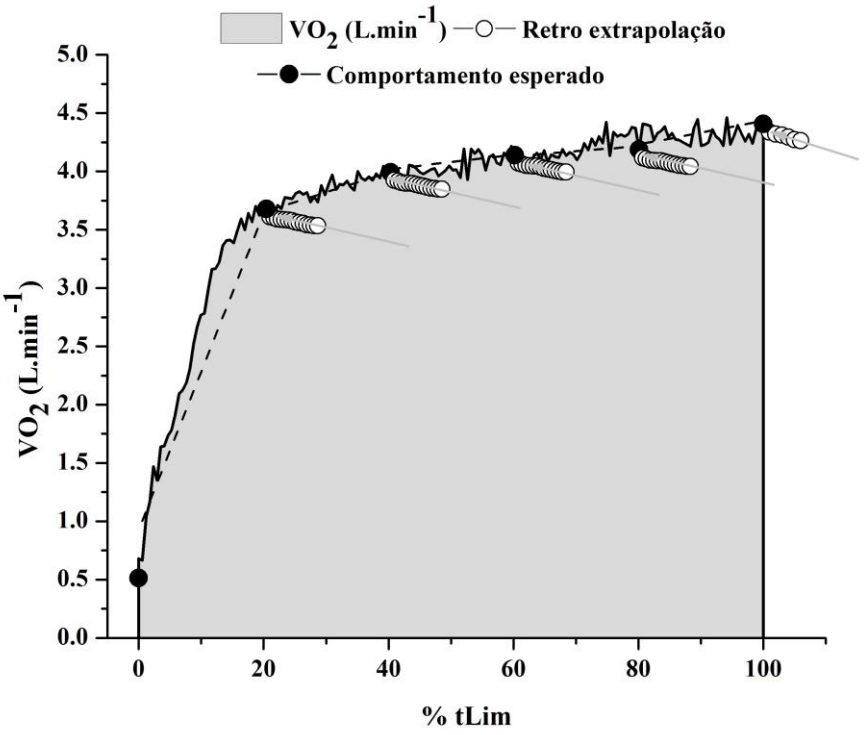


Figura 12. Na curva integrada, vê-se o comportamento do VO_2 monitorado continuamente. Os pontos vazios mostram os momentos em que o indivíduo realizaria esforços supramáximos e seria monitorado apenas ao final do esforço por meio da retro extrapolação. Os pontos cheios mostram o comportamento esperado do VO_2 após a reconstrução da curva VO_2/tempo.

Com a determinação da DET e do comportamento da curva VO_2/tempo durante o esforço supramáximo por meio da técnica de retro extrapolação fica evidente que há possibilidade de determinação do MAOD convencional por meio da referida técnica. Da mesma maneira como o convencional é calculado, o MAOD determinado de maneira extrapolada seria determinado pela diferença entre a DET e a curva VO_2/tempo reconstruída por meio do fracionamento do esforço e a retro extrapolação durante o esforço supramáximo.

Em quarto lugar, para determinação dos parâmetros anaeróbios aláticos e láticos correspondentes ao esforço supramáximo ($MAOD_{ALT}$) seriam necessárias duas ferramentas, a primeira é o monitoramento das concentrações de lactato pré e após o esforço para identificação da $[La^-]_{PICO}$ e determinação do componente lático do esforço. A segunda é o monitoramento das respostas ventilatórias após a exaustão volitiva para determinação dos parâmetros de amplitude e tau da curva bi-exponencial da relação VO_2/tempo (Figura 13).

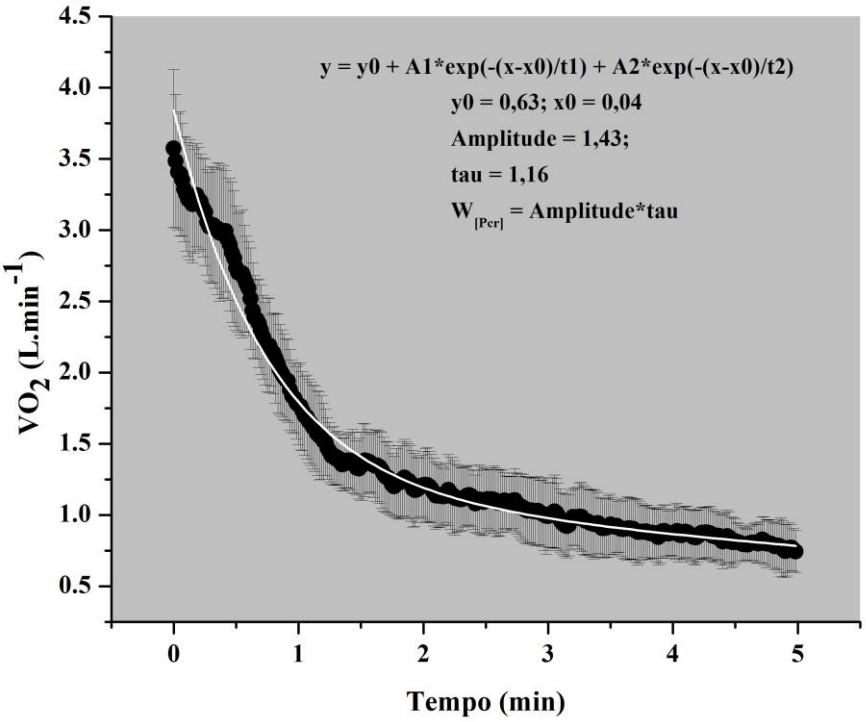


Figura 13. Comportamento do excesso de consumo de oxigênio (EPOC) após um esforço supramáximo até a exaustão volitiva para determinação do componente anaeróbio alático do esforço.

Sumariamente, seria possível determinar, por meio da retro extrapolação tanto o MAOD determinado de maneira alternativa, por meio do monitoramento das [La^-] e do VO_2 apenas em pontos específicos antes, durante e após o esforço quanto o MAOD convencional.

No entanto, a pura possibilidade não fundamenta a justificativa da aplicação destes métodos. O raciocínio correspondente a fundamentação da justificativa desta tese se baseia na obtenção de resultados que poderiam determinar a importância de como a aplicação do método avaliativo poderia influenciar nos seus resultados. Sendo assim, é importante descrever primeiramente qual o comportamento das variáveis fisiológicas obtidas pelo método convencional e retro extrapolado, bem como, avaliar a validade e confiabilidade do método alternativo (retro extrapolação) em avaliar a capacidade anaeróbia de corredores. Para isto, seria interessante responder as seguintes questões: "*Usar a máscara do analisador de gases durante o esforço supramáximo tem implicações no desempenho? "* E: "*é válido e confiável determinar a capacidade anaeróbia por meio do uso da técnica de retro extrapolação em corredores*? "

4 Objetivos

4.1 *Objetivo geral*

Desse modo o objetivo central da tese será verificar a influência do uso da máscara do analisador de gases durante um esforço supramáximo e verificar a validade e confiabilidade de um teste para determinação quantitativa do MAOD em corredores por meio da técnica de retro extrapolação.

4.2 *Objetivos específicos*

Comparar o tempo de exaustão, a contribuição aeróbia determinada pelo monitoramento contínuo das respostas respiratórias com e sem a máscara de análise de gases durante esforço supramáximo por meio da técnica de retro extrapolação e, também, determinar a possível influência da máscara sobre a contribuição anaeróbia alática e láctica do esforço.

Comparar o (MAOD) determinado de maneira convencional com o determinado pela técnica de retro extrapolação em corredores.

5 Hipóteses do Estudo

Com base nos objetivos e na literatura revisada foi elaborada uma hipótese, esta hipótese poderá ser aceita ou rejeitada dependendo dos achados da presente tese.

Hipótese alternativa: O tempo dos esforços supramáximos realizados com e sem a máscara, bem como, as respostas fisiológicas monitoradas serão diferentes entre as condições, além disso, o MAOD obtido por meio da técnica de retro extrapolação não poderá ser válido e confiável.

Hipótese nula: O tempo dos esforços supramáximos realizados com e sem a máscara, bem como, as respostas fisiológicas monitoradas não serão diferentes entre as condições, além disso, o MAOD obtido por meio da técnica de retro extrapolação poderá ser válido e confiável.

6 Materiais e Métodos

Em face da melhor compreensão além de diversos fatores organizacionais e operacionais, a presente tese será dividida em duas etapas (Estudo 1 e 2), principalmente afim de avaliar isoladamente cada um dos resultados frente aos objetivos e, assim, garantir que as interpretações serão as mais racionais e pragmáticas passíveis na aceitação ou não da hipótese inicial.

Para todas avaliações laboratoriais, o ambiente foi previamente preparado e as medidas e calibrações dos equipamentos realizados pelo menos 20 min antes da chegada de qualquer participante. Foi mantida uma temperatura de 25 ± 1,2 ºC por meio de equipamento de ar condicionado externo (Split Cassete Carrier® 24000 BTUs). A velocidade da esteira motorizada (Super ATL [Inbramed - Inbrasport®]) foi calibrada linearmente por meio de cinemetria bi-dimensional antes e após o início dos experimentos, o coeficiente de determinação das velocidades da esteira foram elevados (r^2 = 0,99 ± 0,01). Todas as medidas respiratórias foram realizadas com o analisador de gases [Quark – PFT® (Cosmed, Itália)] coletando amostras a cada respiração e calibrado conforme especificações do fabricante. As amostras de sangue (25 μL) foram coletadas do lóbulo da orelha e analisadas por meio de analisador eletroquímico (YSI 2300 Sport, Yellow Spring Instruments®, Ohio, EUA) o que permitiu quantificar as concentrações de lactato e glicose quando foi de interesse. Todas as etapas pertinentes aos procedimentos experimentais do trabalho estarão descritas detalhadamente nos próximos tópicos.

6.1 *Participantes*

Vinte dois corredores iniciaram os procedimentos experimentais. Dezesseis corredores do sexo masculino (36 ± 7,8 anos, 178,6 ± 6,7 cm e 84,4 ± 9,6 kg) participaram do Estudo 1 correspondendo a 72.7% da amostra inicial. Para o Estudo 2, quatorze corredores do sexo masculino (36,2 ± 2,1 anos, 178,6 ± 6,5 cm e 84,4 ± 8,8 kg) terminaram todos os procedimentos para realização do estudo.

Todos os atletas realizavam há pelo menos 2 anos, treinamento sistemático e participavam de competições estaduais e nacionais de triatlo ou corrida e treinavam com

frequência mínima de cinco vezes por semana. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Conselho Institucional do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (ANEXO 1) e foram conduzidos de acordo com a Declaração de Helsinki. Os atletas foram informados sobre os procedimentos e riscos experimentais e assinaram um termo de consentimento informado antes de participarem do estudo. Além disso, este estudo foi realizado de acordo com padrões éticos internacionais (HARRISS; ATKINSON, 2009).

6.2 *Delineamento experimental*

Os procedimentos experimentais para este estudo foram conduzidos durante um período de 7 dias. O intervalo mínimo de 24 horas foi adotado entre cada avaliação. No primeiro dia, os participantes foram submetidos a um teste incremental máximo (TI) para medir a velocidade mínima em que o consumo máximo de oxigênio foi atingido (iVO_{2MAX}). No segundo dia, os atletas realizavam uma corrida de 7 min a 50% da iVO_{2MAX} seguido por um esforço supramáximo na intensidade de 110% do iVO_{2MAX} até a exaustão volitiva. Durante o esforço supramáximo, todas as respostas cardiorrespiratórias foram monitoradas continuamente. A partir do tempo até a exaustão (tLim) obtido no segundo dia foram estipuladas cinco parciais iguais. Do terceiro ao sétimo dia foram realizadas intensidades entre 55-95% da iVO_{2MAX} e o esforços supramáximos com duração fixa de acordo com os tempos da parcial previamente estabelecida. Todas as parciais foram feitas sem a máscara do analisador de gases, somente depois (durante 20 s após), a máscara foi usada para determinar o VO_{2PICO} (retro extrapolação) do esforço. Após o término das cinco parciais previamente estabelecidas, mais um esforço supramáximo a 110% da iVO_{2MAX} foi realizado até a exaustão volitiva sem a máscara do analisador de gases. A retro extrapolação foi utilizada para determinar o VO_2 obtido durante o esforço (Figura 14).

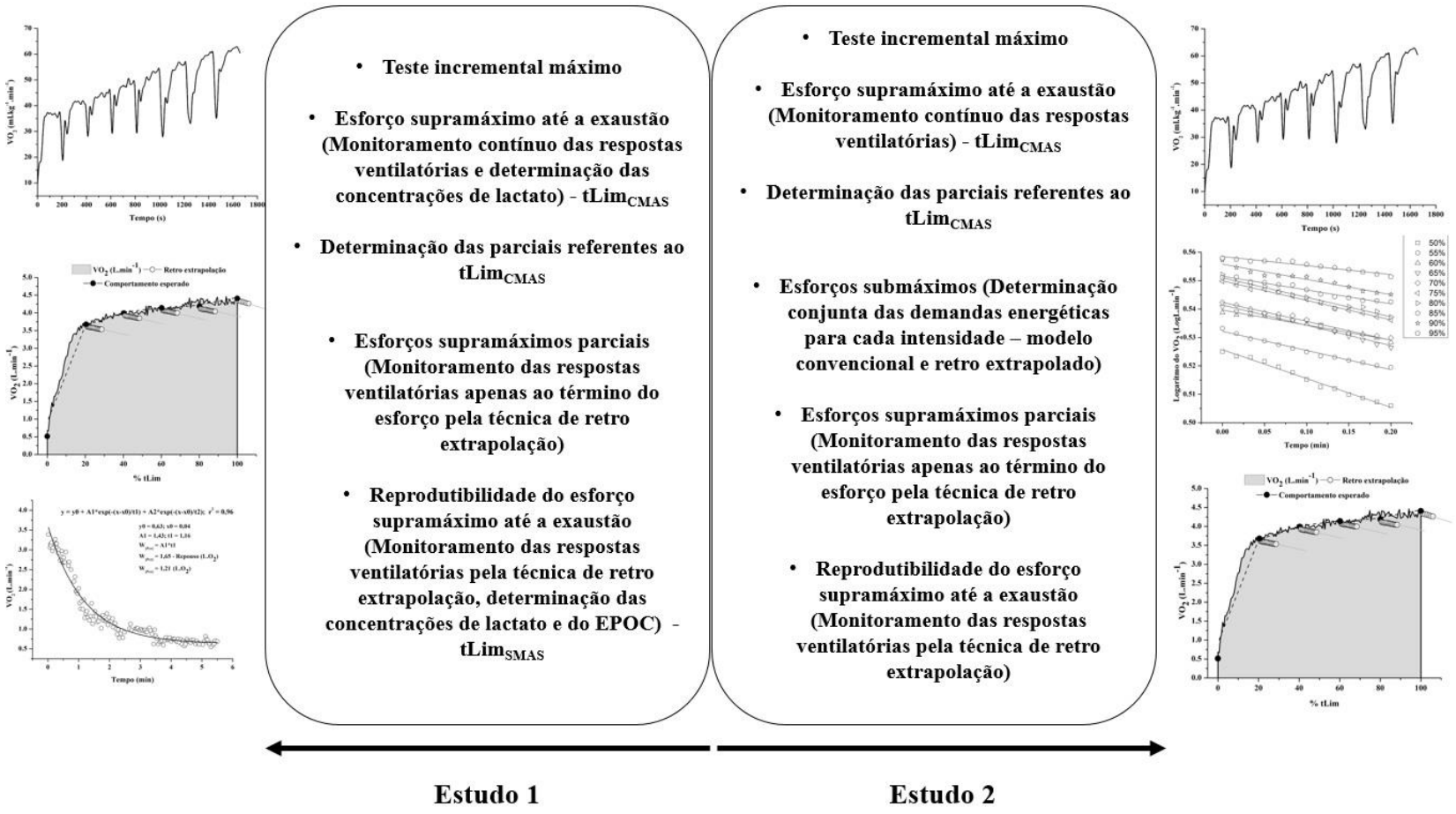


Figura 3. Desenho esquemático do delineamento experimental dos Estudos 1 e 2 conduzidos para verificar as possíveis influências do uso da máscara de análise de gases no gasto energético e tempo até a exaustão em corredores e verificar a validade e confiabilidade do MAOD determinado pela técnica de retro extrapolação.

6.3 *Detalhamento dos procedimentos do Estudo 1.*

Para aquisição dos dados do Estudo 1, os indivíduos foram submetidos a um teste incremental máximo para determinar a intensidade mínima em que o consumo de oxigênio foi obtido (iVO_{2MAX}). No segundo dia, os participantes realizaram uma corrida supramáxima a 110% da iVO_{2MAX} até a exaustão volitiva, as amostras respiratórias (monitoradas continuamente), cardíacas (monitoradas continuamente), de tempo (monitoradas continuamente) e sanguínea (monitoradas pré-esforço, 1, 3, 5, e 7 min depois) foram monitoradas. Do terceiro ao sexto dia, os participantes foram submetidos a cinco parciais iguais baseadas no tempo limite obtido no segundo dia a 110% do iVO_{2MAX} com intervalo mínimo entre cada parcial de 30 min. Todas as parciais foram feitas sem a máscara do analisador de gás, somente antes (5 min) e imediatamente após por 20 s, a máscara foi usada para determinar o VO_{2PICO} (retro extrapolação). No último dia, os participantes realizaram novamente uma corrida supramáxima a 110% de iVO_{2MAX} até a exaustão volitiva sem a máscara do analisador de gases.

Antes (5 min) e depois do esforço, a máscara foi usada para determinar tanto o VO_{2PICO} quanto a contribuição anaeróbia alática (W_{PCr}) por meio do componente rápido do excesso de consumo de oxigênio pós esforço ($EPOC_{RAP}$). A contribuição lática ($W_{[La^-]}$) foi determinada por meio da identificação do $[La^-]_{PICO}$ após a realização do esforço. Já a contribuição aeróbia (W_{OXI}) foi determinada pela integral do comportamento do VO_2/tempo obtida na reconstrução do tLim usando os valores de VO_{2PICO} obtidos nas 5 parciais e na reprodutibilidade do esforço a 110% da iVO_{2MAX} até a exaustão volitiva (retro extrapolação).

6.4 *Detalhamento dos procedimentos do Estudo 2.*

No primeiro dia, os participantes foram submetidos a um teste incremental máximo (TI) para medir a velocidade mínima em que o consumo máximo de oxigênio foi atingido (iVO_{2MAX}). No segundo dia, os atletas realizavam uma corrida de 7 min a 50% da iVO_{2MAX} seguido por um esforço supramáximo na intensidade de 110% do iVO_{2MAX} até a exaustão volitiva seguido de mais um esforço de 7 min a 70% da iVO_{2MAX}, o intervalo entre cada esforço foi de 25-35 min. Durante o esforço supramáximo, todas as respostas cardiorrespiratórias foram monitoradas continuamente. A partir do tempo até a exaustão (tLim) obtido no segundo dia

foram estipuladas cinco parciais iguais. Do terceiro ao sétimo dia foram realizadas intensidades entre 55-95% da iVO_{2MAX} e o esforços supramáximos com duração fixa de acordo com os tempos da parcial previamente estabelecida (o intervalo entre os esforços foi fixado em no mínimo 30 min). Todas as parciais foram feitas sem a máscara do analisador de gases, somente depois (20 s), a máscara foi usada para determinar o VO_{2PICO} (retro extrapolação) do esforço.

Durante as intensidades submáximas, em todos os casos o monitoramento das trocas gasosas ocorreu durante o esforço todo. Quando o tempo terminava, o indivíduo era instruído a saltar da esteira. Após o salto, a máscara era desacoplada do indivíduo e após 3 s era acoplada para o monitoramento do excesso de consumo de oxigênio pós esforço (EPOC) respiração-a-respiração. Após o término das cinco parciais previamente estabelecidas, mais um esforço supramáximo a 110% da iVO_{2MAX} foi realizado até a exaustão volitiva sem a máscara do analisador de gases. A retro extrapolação foi utilizada para determinar o VO_2 obtido durante o esforço.

6.5 *Teste incremental máximo e variáveis respiratórias*

O teste incremental máximo (TI) foi realizado para medir a velocidade mínima onde foi atingido o consumo pico e máximo de oxigênio (iVO_{2MAX}; VO_{2MAX}) respectivamente. A velocidade inicial foi de 9 $km \cdot h^{-1}$ com incrementos de 1 $km \cdot h^{-1}$ a cada 2 min até a exaustão volitiva. O VO_{2MAX} foi definido como o maior VO_2 médio dos últimos 30 s do teste, considerando-se pelo menos três critérios: exaustão volitiva; nível de lactato sanguíneo $\geq$ 8,0 mM; frequência cardíaca (FC) máxima prevista para a idade (x = 220 - idade); taxa de esforço percebido (RPE) $\geq$ 9 e; quociente respiratório $\geq$ 1,10. A iVO_{2MAX} foi considerada como a menor velocidade na qual o VO_{2MAX} foi alcançado, quando o indivíduo não sustentava a intensidade até o fim do estágio, a iVO_{2MAX} foi ajustada pela equação de Kuipers (KUIPERS; VERSTAPPEN; KEIZER; GEURTEN *et al.*, 1985).

Variáveis respiratórias e ventilatórias foram monitoradas respiração-a-respiração usando um analisador metabólico clínico (Quark – PFT® [Cosmed, Itália]). O fluxômetro usa um sistema digital bidirecional, turbina e leitor opto-elétrico e, de acordo com o fabricante, tem uma resposta linear na faixa de ventilação 0 ± 300 $L \cdot min^{-1}$. O fluxômetro está ligado a uma borracha flexível na máscara de rosto (Hans-Rudolph, Kansas City, MO) que cobre a boca e o

nariz do sujeito. Na máscara há um selo de borracha mais flexível colocado sobre o perímetro da máscara, acima do nariz e próximos aos zigomáticos para evitar vazamentos de ar. Percentagens instantâneas de O_2 e CO_2 são determinados usando uma média matemática de um algoritmo específico para determinar a FeO_2 e $FeCO_2$. Além disso, a frequência respiratória (FreqR), as relações entre ventilação e VO_2, bem como o VCO_2 ($VE{\cdot}VO_2^{-1}$ e $VE{\cdot}VCO_2^{-1}$), quociente respiratório (QR), tempos de expiração (T_{EXP}), inspiração (T_{INSP}) tempo total de um ciclo de inspiração e expiração (T_{TC}) e relação inspiração e expiração ($T_{INSP}{\cdot}\ T_{EXP}^{-1}$) foram determinados. Uma rotina de pré-teste, especificada pelo fabricante foi usada para estabelecer uma calibração previamente a cada esforço usando amostras de gás conhecidas e o espirômetro foi calibrado de acordo com as especificações do fabricante usando uma seringa de 3 L (Hans Rudolf 5530). Além disso, durante todos os esforços, a frequência cardíaca foi monitorada continuamente usando uma interface do analisador de gases.

6.6 *Tempo limite, parciais e reprodutibilidade do tempo limite sem máscara (tLim$_S$)*

Os participantes ficaram com os pés na borda da esteira até atingir a velocidade individualmente determinada e, em seguida, o indivíduo começou sua corrida até a exaustão volitiva. O tempo limite foi medido desde o primeiro toque do pé na lona até o salto da esteira e o esforço foi definido em 110% do iVO_{2MAX} como obtido no TI. Antes, durante e após o primeiro teste de tempo limite (tLim) os participantes foram monitorados com a máscara do analisador de gases ($tLim_C$) constantemente. A partir do tempo obtido, cada indivíduo foi submetido a cinco parciais na mesma intensidade sem a máscara do analisador de gases. O tempo das parciais foi fixado e o participante foi forçado a saltar da esteira quando o avaliador solicitou. Em todas as parciais, ao final do esforço (~3 s) depois, a máscara do analisador de gases foi acoplada ao indivíduo para determinação do VO_{2PICO} do esforço. Quando as cinco parciais terminaram, os indivíduos reproduziram o exercício supramáximo na mesma intensidade previamente estabelecida e o tempo foi obtido quando o participante atingiu a exaustão volitiva sem a máscara do analisador de gases (tLim$_S$). Antes (5 min) e depois (7 min) do esforço, os dados respiratórios foram monitorados continuamente para determinação do componente aeróbio e anaeróbio alático do esforço, além das amostras de sangue para determinação da $[La^-]_{PICO}$.

6.7 *Contribuição das vias energéticas*

A contribuição da via do anaeróbia alática (W_{PCr}) foi determinada a partir do componente rápido da cinética do VO_2 ($EPOC_{RAP}$) em cada esforço (BENEKE; POLLMANN; BLEIF; LEITHAUSER *et al.*, 2002; BERTUZZI; FRANCHINI; KOKUBUN; KISS, 2007; BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010). Para determinar a cinética dos componentes rápidos e lentos, utilizou-se um método bi-exponencial (Origin 8.5, Microcal, Massachusetts, EUA) (Eq. 1 e 2).

$$VO_2\,(t) = VO_{2base} + A1\,[e^{-}\,(t-\delta\,/\,\tau)\,1] + A2\,[e^{-}\,(t-\delta\,/\,t2)]$$

Eq. (1)

$$W_{PCr} = A \cdot \tau$$

Eq. (2)

Onde VO_2 (t) é o consumo de oxigênio no momento (t); VO_{2base} é o consumo de oxigênio em repouso; A é amplitude, τ é tau (componente de decaimento em segundos). O W_{PCr} foi determinado pelo produto da equação dois.

A contribuição da via glicolítica ($W_{[La-]}$) foi determinada pela diferença da concentração de lactato no repouso em relação ao $[La^{-}]_{PICO}$ no sangue após cada esforço (BENEKE; BEYER; JACHNER; ERASMUS *et al.*, 2004; BERTUZZI; FRANCHINI; KOKUBUN; KISS, 2007; BERTUZZI; FRANCHINI; UGRINOWITSCH; KOKUBUN *et al.*, 2010). Em todas as medidas, foi considerado que para cada 1 mM de lactato acumulado, seu equivalente em O_2 foi de 3 $mL \cdot O_2 \cdot kg^{-1}$ (DI PRAMPERO; FERRETTI, 1999). A soma das vias anaeróbias também foi determinada (W_{ANA}).

A fosforilação oxidativa (W_{OXI}) foi estabelecida utilizando os valores obtidos pelo método convencional respiração a respiração e por meio dos primeiros 20 s de recuperação, utilizando a técnica de retro extrapolação (CAZORLA, 1980; LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980; MONTPETIT; LEGER; LAVOIE; CAZORLA, 1981; SLEIVERT; MACKINNON, 1991). Ajustes matemáticos foram realizados para o eventual atraso entre o final do esforço e a primeira respiração dentro da máscara. Os valores de consumo de oxigênio determinados pela retro extrapolação foram log-transformados e linearmente ajustados em

função do tempo. Análises semelhantes foram usadas por Jürimäe et al. (JURIMAE; HALJASTE; CICCHELLA; LATT *et al.*, 2007). Os valores de VO_2 obtidos pelo retro extrapolação do intercepto y da regressão linear (JURIMAE; HALJASTE; CICCHELLA; LATT *et al.*, 2007; MONTPETIT; LEGER; LAVOIE; CAZORLA, 1981) foram ajustados em relação ao tempo das parciais e do $t\text{Lims}^{MAS}$ e o W_{OXI} foi obtido por meio da integral pelo método trapezoidal desta relação (Origin 8.5, Microcal, Massachusetts, EUA) (Eq 3).

$$W_{OXI} = \int_{t0}^{t1} f(x)dx$$

Eq. (3)

6.8 *Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio convencional ($MAOD_C$) e determinado pela técnica de retro extrapolação ($MAOD_{RETRO}$)*

Para determinação do $MAOD_C$ e $MAOD_{RETRO}$ foram utilizados dez esforços submáximos realizados durante 7 min. Cada esforço foi realizado em intensidades entre 50 - 95% da iVO_{2MAX} (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). Em cada sessão de avaliação, dois esforços submáximos foram realizados com uma recuperação passiva de 25 – 35 min entre elas para permitir que o VO_2 retornasse aos níveis de repouso. O VO_2 médio durante o último minuto de cada esforço foi assumido como estado estável de VO_2 para o $MAOD_C$. Para o $MAOD_{RETRO}$ o valor correspondente ao VO_{2PICO} obtido por meio da retro extrapolação foi assumido como estado estável para cada velocidade correspondente. Nos dois casos, foi realizada a construção da relação VO_2/Intensidade e determinada uma regressão linear que pudesse predizer a demanda energética aeróbia teórica para a intensidade de 110% da iVO_{2MAX} usando os dez esforços submáximas (DET_C e DET_{RETRO}). O modelo de regressão linear foi construído fixando-se o intercepto-y nos valores basais de consumo de oxigênio individualmente de acordo com a média dos valores basais antes (~2 min) dos esforços submáximos.

Nos dois modelos, os indivíduos foram submetidos primeiramente a um esforço supramáximo na intensidade correspondente a 110% da iVO_{2MAX} até a exaustão volitiva ($tLim_C$). O $MAOD_C$ foi assumido como a diferença entre a área do DET_C (estimada pelo produto entre o DET_C pelo $tLim_C$) e o VO_2 acumulado por meio da integral trapezoidal do VO_2 observado durante o $tLim_C$. A partir do $tLim_C$, foram calculadas 5 parciais iguais. Os indivíduos realizaram as parciais aleatoriamente durante todo o experimento com o monitoramento do

VO_2 apenas ao final do esforço pela retro extrapolação. Ao final da quinta parcial, os indivíduos foram obrigados a saltar da esteira pelo avaliador. Por isso, foi realizado um novo esforço na mesma intensidade até a exaustão volitiva do indivíduo ($tLim_S$). O $MAOD_{RETRO}$ foi assumido como a diferença entre a área do DET_{RETRO} (estimada pelo produto do DET_{RETRO} pelo $tLim_S$) e o VO_2 extrapolado determinado pela integral trapezoidal do VO_2 observado durante o $tLim_S$ (obtido por meio da relação entre VO_2 determinado pela retro extrapolação em cada parcial e no $tLim_S$).

6.9 *Tratamento estatístico*

A normalidade e homogeneidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk e Levene respectivamente. Os dados com efeito descritivo serão apresentados em média e (±) desvio padrão. Quando foram identificados dados não normais (Estudo 1), os resultados comparativos foram descritos em medianas e intervalos interquartis (Mediana (quartil 25, quartil 75)). As possíveis diferenças entre os tempos de cada esforço ($tLim_C$; $tLim_S$) e contribuições energéticas (W_{PCr}, $W_{[La^-]}$, W_{OXI} e W_{ANA}) foram avaliadas usando um teste de Wilcoxon Signed Rank Test.

Quando a normalidade e homogeneidade foram confirmadas (Estudo 2), a utilização de testes paramétricos e a apresentação dos dados por meio de média ± desvio padrão foram possíveis. A confiabilidade dos dados foi testada pelo teste t de Student para amostras pareadas e coeficiente de correlação intraclasse (ICC) para efeito de estabilidade, erro típico (ET) e coeficiente de variação (CV%) para efeito de consistência interna. O ET correspondia ao desvio padrão das diferenças entre as variáveis do teste padrão ($MAOD_C$) e o determinado pela técnica de retro extrapolação ($MAOD_{RETRO}$) dividida pela constante de $1.42\sqrt{n}$ (HOPKINS, 2000). O CV% foi assumido como a razão entre ET e a média de todos os valores observados. Esses procedimentos para confiabilidade foram propostos Hopkins (HOPKINS, 2000).

Como medida de validade de critério, a concordância entre as duas medidas foi obtida por meio de análise gráfica proposta por Bland & Altman e coeficiente de correlação de Pearson obtido entre as médias das diferenças entre os dois métodos e suas diferenças absolutas ($MAOD_C$; $MAOD_{RETRO}$) (GIAVARINA, 2015). Para ambas análises do estudo, os coeficientes de correlação foram classificados como, muito fraco (0,0 – 0,2), fraco (0,2–0,4), moderado (0,4

a 0,7), forte (0,7 a 0,9) ou muito forte (0,9 a 1,0) (D., 1991). Quando necessária foi feita a análise gráfica de amplitude interquartil para avaliar o grau de espalhamento dos dados em torno da medida de centralidade. Todas as análises foram conduzidas por meio de um pacote estatístico SPSS versão 20.0 (IBM®, Armonk, NY). O nível de significância foi estabelecido em score $z < 0,05$ para o Estudo 1 e $p < 0,05$ para o Estudo 2.

7 Resultados

Os resultados serão apresentados em tópicos, de acordo com os procedimentos de cada estudo (Estudo 1 e 2), principalmente para facilitar a organização e compreensão dos resultados.

7.1 *Estudo 1 - Influência do uso da máscara no tLim e contribuições energéticas*

O TI atingiu todos os critérios para aceitação da exaustão volitiva ($[La^-]$ = 9,4 ± 3,0 mM, %FC = 97,4 ± 6,6%, QR = 1,14 ± 0,05 U.A., RPE = 9,5 ± 0,8 U.A.). A iVO_{2MAX} foi de 15,9 ± 1,7 $km \cdot h^{-1}$. A intensidade correspondente a 110% da iVO_{2MAX} foi de 17,3 ± 2,0 $km \cdot h^{-1}$.

Os valores basais de glicose não foram diferentes entre as condições. A $[La^-]$ de repouso também não foi diferente, bem como o VO_2 de repouso. O tempo de exaustão foi diferente entre as duas situações (Tabela 1.)

Tabela 1. Valores de glicose ([Gli]), lactacidemia ($[La^-]$) e VO_2 em repouso pré tLim e o tempo até a exaustão nas condições $tLim_C$ e $tLim_S$.

	$tLim_C$			$tLim_S$			
	Mediana	Quartil 25	Quartil 75	Mediana	Quartil 25	Quartil 75	z
[Gli] ($mg \cdot dL^{-1}$)	83,6	73,02	89,76	81,7	73,03	93,77	0,81
$[La^-]$ (mM)	1,55	0,98	1,91	1,5	1,19	1,91	0,50
VO_2 ($L \cdot min^{-1}$)	0,49	0,42	0,55	0,49	0,42	0,56	0,55
tLim (s)	160,5	138,4	191,55	187,2	152,5	212,25	0,01

Nota 1. [Gli] = concentração de glicose venosa; $[La^-]$ = concentração de lactato lobular; VO_2 = consumo de oxigênio em repouso; tLim = tempo até a exaustão

O comportamento da cinética do consumo de oxigênio pôde ser determinado durante os $tLim_C$ e $tLim_S$ (Figura 15).

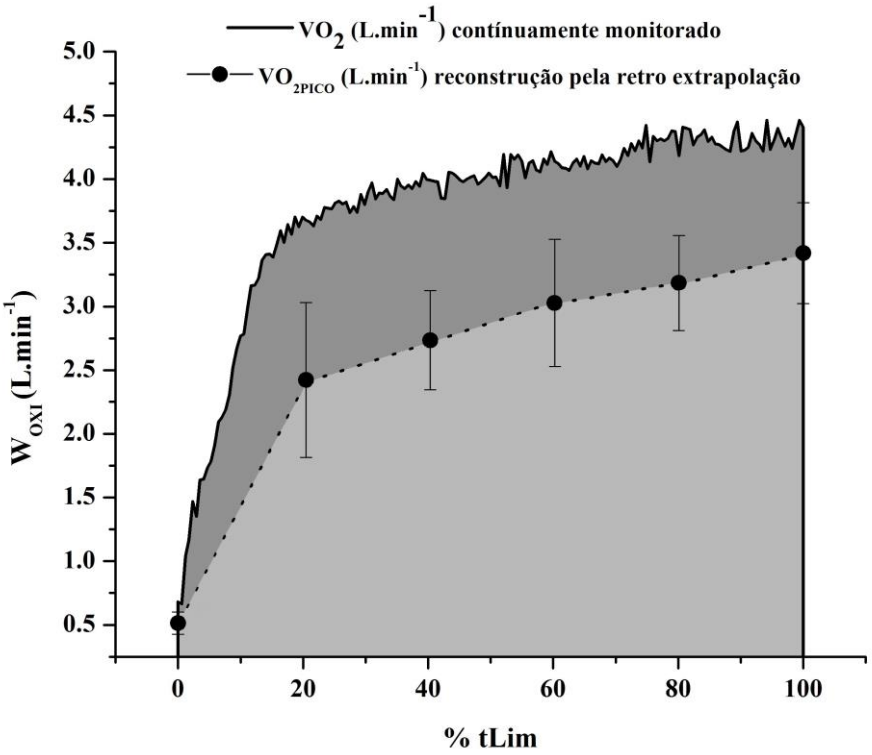


Figura 15. Valores de consumo de oxigênio na intensidade de 110% do iVO_{2PICO} obtidos de maneira contínua ($tLim_C$) e fracionada ($tLim_S$) por intermédio da técnica de retro extrapolação.

A W_{OXI} foi diferente entre as condições de tLim. Os valores de W_{Pcr} não foram diferentes entre as condições. Além disso, a $W_{[La-]}$ também não foi diferente (Tabela 2). Entretanto, a W_{ANA} foi diferente entre as condições (4,68 (3,76 – 5,51) $L \cdot O_2^{-1}$ no $tLim_C$ e 3,88 (3,49 – 4,41) $L \cdot O_2^{-1}$ no $tLim_S$; z <0,01) (Figura 16).

Tabela 2. Valores de potência das três vias de fornecimento energético durante as condições de $tLim_C$ e $tLim_S$.

	$tLim_C$			$tLim_S$			
	Mediana	Quartil 25	Quartil 75	Mediana	Quartil 25	Quartil 75	z
W_{OXI} ($L \cdot O_2^{-1}$)	9,37	7,26	12,13	8,58	7,27	10,23	0,04
W_{Pcr} ($L \cdot O_2^{-1}$)	1,77	1,62	2,14	1,44	1,27	1,56	0,08
$W_{[La^-]}$ ($L \cdot O_2^{-1}$)	2,68	2,45	3,27	2,53	2,19	2,88	0,20

Nota 2. W_{OXI} = contribuição oxidativa, W_{Pcr} = contribuição anaeróbia alática e $W_{[La-]}$ = contribuição anaeróbia lática.

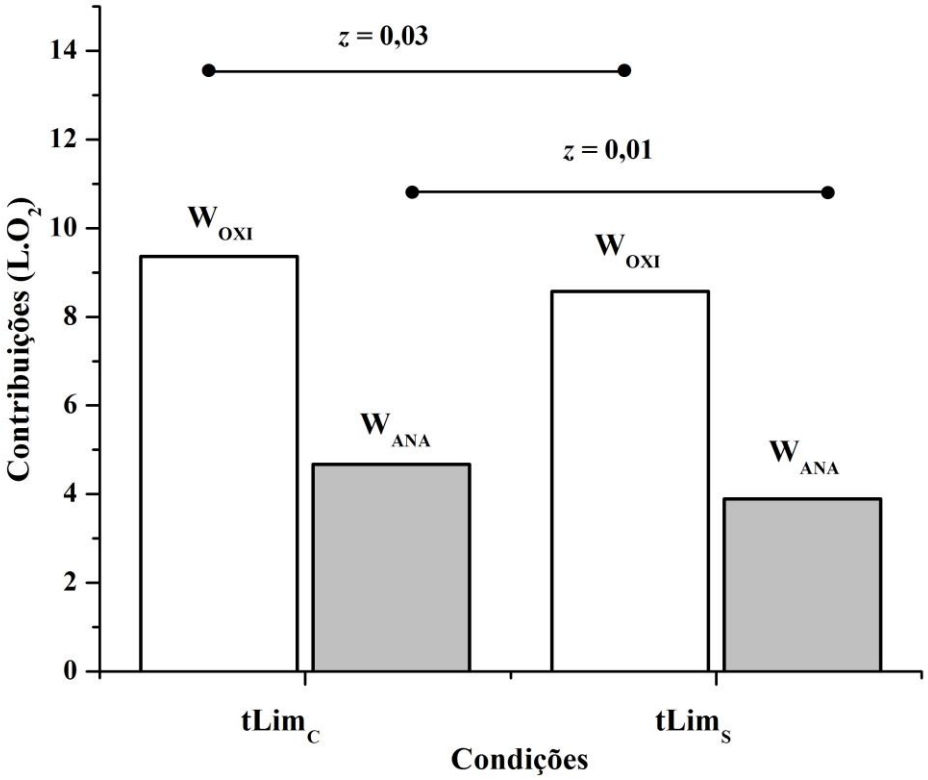


Figura 16. Valores das contribuições aeróbias e anaeróbias durante as condições. W_{OXI} = contribuição aeróbia e; W_{ANA} = anaeróbio total. Todos os valores foram obtidos no $tLim_C$ e no $tLim_S$ pelo método convencional e por intermédio da técnica de retro extrapolação. * representa diferença significativa ($z < 0,05$).

Quando somadas as contribuições aeróbias e anaeróbias de cada uma das condições de tLim, e, verificada as possíveis diferenças entre elas, foram encontradas diferenças significativas entre a demanda energética total para as condições de $tLim_C$ e $tLim_S$ ($z = 0,01$) (Figura 17).

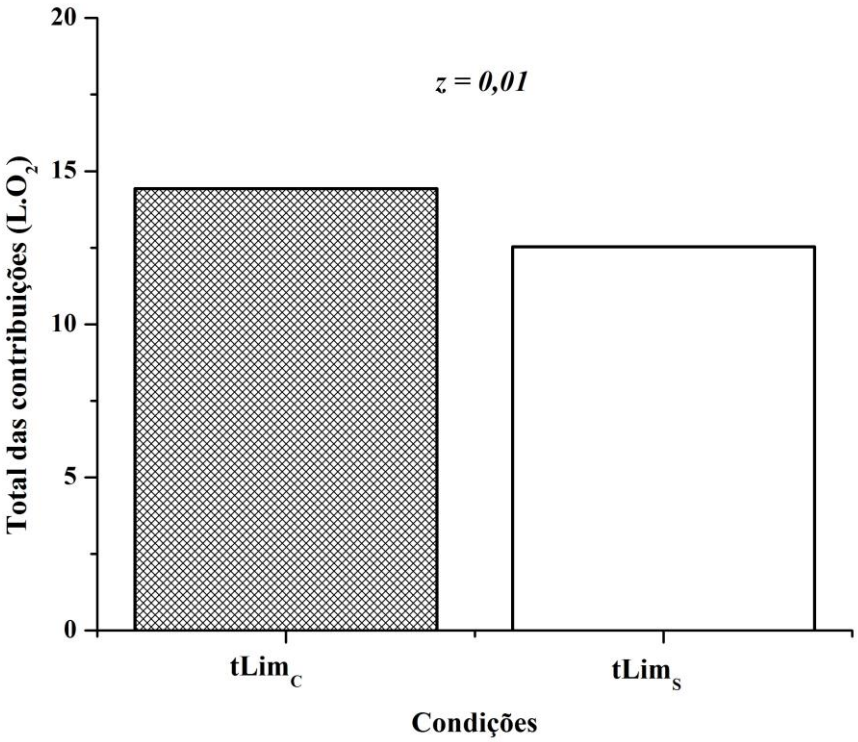


Figura 17. Demanda energética total de cada uma das condições de tLim ($tLim_C$ e $tLim_S$). Diferença estatística observada entre as condições (z = 0,01).

Não foram observadas diferenças entre os percentuais de contribuição energética entre as condições, correspondendo a 68% (57,13 – 74,26) no $tLim_C$ e 68,4% (64,4 – 72,17) para o $tLim_S$ de contribuição da via aeróbia, 12,5% (9,45 – 16,68) no $tLim_C$ e 10,7% (9,28 – 12,37) no $tLim_S$ advindo da via alática e 18,3% (15,94 – 22,14) no $tLim_C$ e 20,1% (17,41 – 23,46) para o $tLim_S$ advindo da via glicolítica nas condições.

Quando verificadas as respostas cardiorrespiratórias relacionadas às condições de tLim, a frequência cardíaca em percentual relativa ao máximo obtida no teste incremental foi diferente entre as condições, o VO_{2PICO} entre as condições também foi diferente. A frequência respiratória foi maior no $tLim_S$. A fração inspirada de CO_2 foi maior na condição $tLim_S$. O tempo de inspiração e tempo total do ciclo respiratório foram maiores no $tLim_S$ comparadas ao $tLim_C$ (Tabela 3).

Tabela 3. Variáveis cardiorrespiratórias do final do tLim nas duas condições obtidas por meio de monitoramento constante e por meio da retro extrapolação.

	*t*Lim$_C$			*t*Lim$_S$			
	Mediana	Quartil 25	Quartil 75	Mediana	Quartil 25	Quartil 75	z
FCmax (%)	93,9	93,2	96,69	95,56	94,14	97,42	0,01
PSE	9	9	10	9	9	10	0,76
VO_2 ($ml \cdot min^{-1}$)	4041,7	3761,88	4390,6	3101,7	1795,6	4241,4	0,01
VE ($L \cdot min^{-1}$)	141,3	134,97	145,84	135,87	120,03	169,74	0,53
$VE \cdot VO_2^{-1}$	35,79	31,63	38,5	34,84	31,73	39,78	0,64
$VE \cdot VCO_2^{-1}$	31,24	27,78	32,85	32,31	36,15	47,74	0,23
FreqR (respirações$\cdot s^{-1}$)	0,97	0,87	1,06	1,02	0,94	1,2	0,01
QR	1,14	1,09	1,23	1,07	1,03	1,16	0,25
FeO_2 (%)	16,91	16,69	17,3	16,56	16,34	17,30	0,25
$FeCO_2$ (%)	4,33	4,01	4,94	4,52	4,10	4,80	0,91
FiO_2 (%)	20,89	20,79	20,93	20,84	19,41	21,54	0,95
$FiCO_2$ (%)	0,14	0,11	0,19	0,56	0,30	1,31	0,01
T_{INSP} (s)	0,50	0,45	0,59	0,61	0,52	0,68	0,03
T_{EXP} (s)	0,58	0,50	0,65	0,69	0,60	0,78	0,7
T_{TC} (s)	1,11	0,95	1,18	1,34	1,14	1,39	0,04
$T_{INSP} \cdot T_{EXP}^{-1}$	0,46	0,45	0,5	0,48	0,44	0,49	0,86

Nota 3. FCmax (%) = percentual da frequência cardíaca máxima, PSE = percepção subjetiva de esforço, VO_2 ($ml \cdot min^{-1}$) = consumo de oxigênio, VE ($L \cdot min^{-1}$) = ventilação, $VE \cdot VO_2^{-1}$ = razão entre ventilação e consumo de oxigênio, $VE \cdot VCO_2^{-1}$ = razão entre ventilação e produção de dióxido de carbono, FreqR (respirações$\cdot s^{-1}$) = frequência respiratória, QR = coeficiente respiratório, FeO_2 (%) = fração expirada de oxigênio, $FeCO_2$ (%) = fração expirada de dióxido de carbono, FiO_2 (%) fração inspirada de oxigênio, $FiCO_2$ (%) = fração inspirada de dióxido de carbono, T_{INSP} (s) = tempo de inspiração, T_{EXP} (s) = tempo de expiração, T_{TC} (s) = tempo total de um ciclo respiratório, $T_{INSP} \cdot T_{EXP}^{-1}$ = razão entre tempo de inspiração e tempo de expiração.

7.2 *Estudo 2 - Validade e confiabilidade do $MAOD_{RETRO}$*

O TI atingiu todos os critérios para aceitação da exaustão volitiva ($[La^-]$ = 9,0 ± 3,1 mM, %FC = 97,5 ± 7,1%, QR = 1,14 ± 0,06 U.A., RPE = 9,7 ± 0,6 U.A.). A iVO_{2MAX} foi de 15,9 ± 1,7 $km \cdot h^{-1}$. A intensidade correspondente a 110% da iVO_{2MAX} foi de 17,4 ± 2,05 $km \cdot h^{-1}$. Durante a etapa de realização dos submáximos, apenas o VO_2 referente a intensidade de 85% foi diferente entre as determinações pelo método convencional e pela retro extrapolação, entretanto, foi observada correlação entre elas (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação entre o VO_2 obtido para cada uma das intensidades dos submáximos pelos métodos convencional (C) e pelo método retro extrapolação (RETRO), teste t de Student (*t*), probabilidade (*p*), correlação intraclasse (ICC), erro típico (ET) e coeficiente de variação (CV).

	Velocidades	Submáximos (C)	Submáximos (RETRO)	*t*	*p*	ICC	ET	CV
	$Km \cdot h^{-1}$	$L \cdot min^{-1}$	$L \cdot min^{-1}$			Alpha	$L \cdot min^{-1}$	%
50 %	8,30 ± 0,91	2,50 ± 0,28	2,36 ± 0,61	0,84	0,42	0,27	0,44	18,16
55 %	9,06 ± 0,98	2,64 ± 0,31	2,56 ± 0,51	0,72	0,49	0,70§	0,29	11,08
60 %	9,85 ± 1,06	2,85 ± 0,32	2,97 ± 0,49	-1,28	0,22	0,78§	0,25	8,58
65 %	10,62 ± 1,14	3,05 ± 0,33	3,08 ± 0,55	-0,25	0,81	0,75§	0,29	9,47
70 %	11,39 ± 1,21	3,25 ± 0,35	3,05 ± 0,59	1,87	0,08	0,80§	0,28	8,88
75 %	12,16 ± 1,33	3,52 ± 0,35	3,65 ± 0,62	-0,99	0,34	0,73§	0,33	9,26
80 %	12,92 ± 1,42	3,71 ± 0,43	3,59 ± 0,43	0,80	0,44	0,28	0,40	10,84
85 %	13,66 ± 1,50	3,93 ± 0,38	3,64 ± 0,56*	2,25	0,04	0,65§	0,35	9,16
90 %	14,44 ± 1,55	4,12 ± 0,31	3,91 ± 0,68	1,18	0,26	0,35	0,48	11,83
95 %	15,23 ± 1,65	4,27 ± 0,47	4,29 ± 0,59	-0,21	0,84	0,90§	0,23	5,28

Nota 4. * = diferença observada; § = correlação intraclasse significativa ($p < 0,05$).

Os valores residuais de intercepção (b) e inclinação (a) bem como o coeficiente de determinação (r^2) da regressão foram obtidos no método convencional e no método retro extrapolação (Figura 18). Os coeficientes da equação de regressão (b, a) não foram diferentes (p>0,4), além disso, não foram correlacionados (r de a = 0,50 p = 0,06; r de b = 0,45 p = 0,10). Entretanto, quando avaliada a inclinação das regressões, a retro extrapolação apresentou um coeficiente de variação de 192% correspondendo a um ET de 0,59 L enquanto na convencional observou-se 18%, o que corresponde a um ET de 0,04 L. A diferença entre os coeficientes de determinação foi evidenciada (p < 0,001).

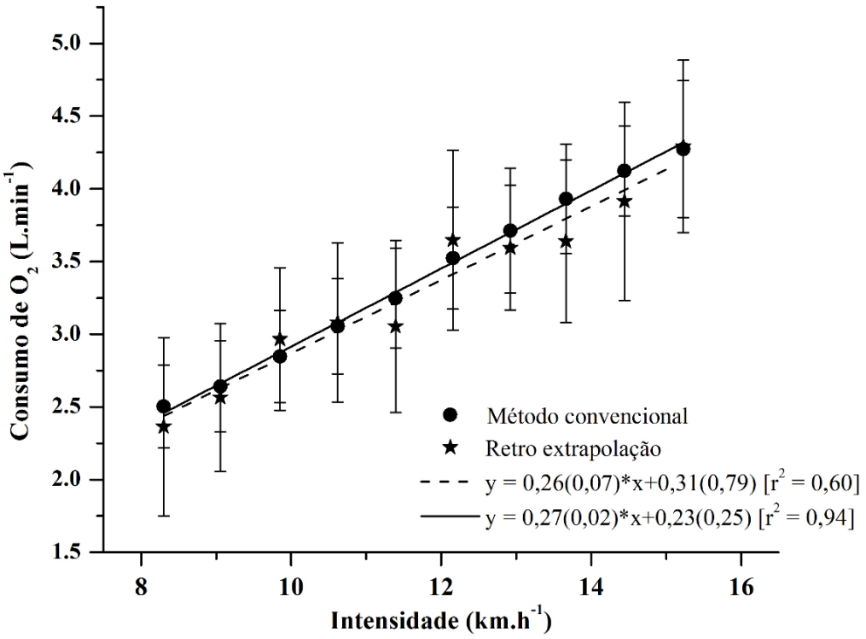


Figura 18. Valores de intercepção e coeficientes angular e de determinação (r^2) das regressões realizadas por meio do método convencional e retro extrapolação

O $tLim_C$ (164,06 ± 36,32 s) foi menor do que o $tLim_S$ (200,23 ± 63,78 s), entretanto, foi fortemente correlacionado (ICC = 0,85; p < 0,05). A DET_C (14,28 ± 3,9 L) não foi diferente da DET_{RETRO} (13,86 ± 4,25 L), além disso, foi fortemente correlacionada (ICC = 0,97; p < 0,05) e obteve baixo erro típico e coeficiente de variação (ET = 1,0 L; CV = 7,15 %).

Os valores prévios de [Gli] não foram diferentes entre as situações ($tLim_C$ = 85,01 ± 12,27 mg/dL; $tLim_S$ = 85,99 ± 15,62 mg/dL; p = 0,77). Além disso, os valores de $[La^-]_{PICO}$ também não foram diferentes entre as situações ($tLim_C$ = 12,98 ± 4,7 mM; $tLim_S$ = 11,83 ± 2,55 mM; p = 0,20) mas obtiveram elevados CV (18,5 %). O VO_2 acumulado durante o $tLim_C$

(10,26 ± 3,46 L·min) e o VO_2 extrapolado correspondente ao $tLim_S$ (9,09 ± 2,39 L·min) não foram diferentes, foram fortemente correlacionadas e obtiveram alto coeficiente de variação (p = 0,09; ICC = 0,80; p < 0,05; CV = 17%). Não foram encontradas diferenças entre os valores de MAOD absolutos ou relativos entre os métodos convencional e pela técnica de retro extrapolação, entretanto, foram observadas baixas correlações intraclasse, elevados erros típicos e coeficientes de variação (Tabela 5).

Tabela 5. Comparação entre o MAOD absoluto e relativo a massa corporal determinado de maneira convencional e pela técnica de retro extrapolação e nível de confiabilidade demonstrada pelo teste t de Student (*t*), probabilidade (*p*), correlações intraclasse (ICC), erro típico (ET) e coeficiente de variação (CV).

	Média	Desvio Padrão	*t*	*p*	ICC	ET	CV (%)
$MAOD_C$ (L)	4,02	0,85	---	---	---	---	---
$MAOD_{RETRO}$ (L)	4,77	2,98	-0,99	0,34	0,26	2,03	46,2
$MAOD_C$ ($mL \cdot kg^{-1}$)	47,98	10,45	---	---	---	---	---
$MAOD_{RETRO}$ ($mL \cdot kg^{-1}$)	56,78	36,14	-0,95	0,36	0,24	24,9	47,5

As análises gráficas de intervalo interquartil foram aplicadas entre os valores de MAOD absolutos e relativos obtidos pelo método convencional e retro extrapolado (Figura 19).

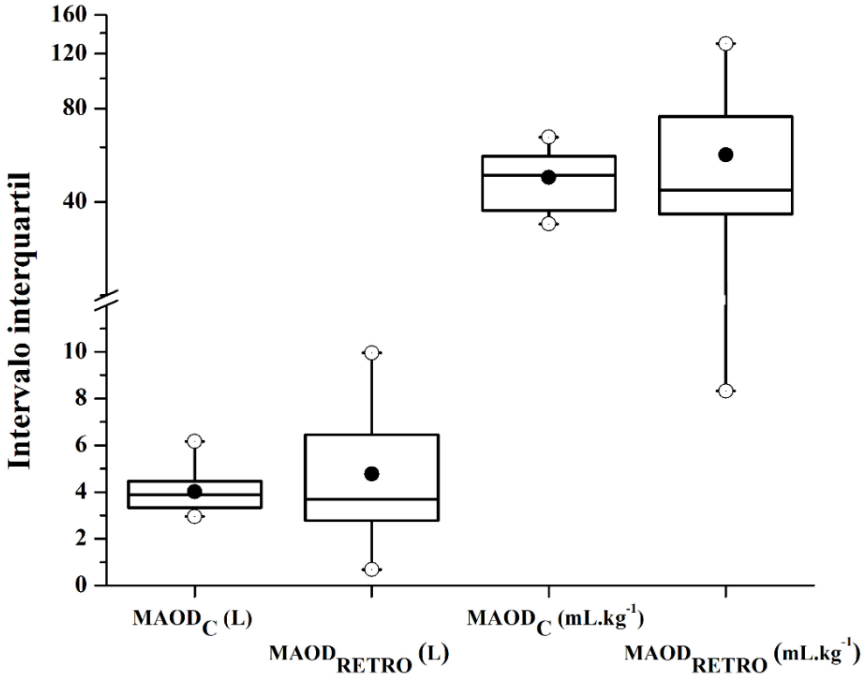


Figura 19. Intervalo interquartil obtidos por meio dos valores absolutos e relativos nos métodos de MAOD convencional ($MAOD_C$) e pela retro extrapolação ($MAOD_{RETRO}$).

A análise de concordância e correlação entre o $MAOD_C$ e $MAOD_{RETRO}$ absolutos (desvio padrão das diferenças = 2,85 L) e relativos (desvio padrão das diferenças = 34,86 $mL \cdot kg^{-1}$) podem ser observados na Figura 20.

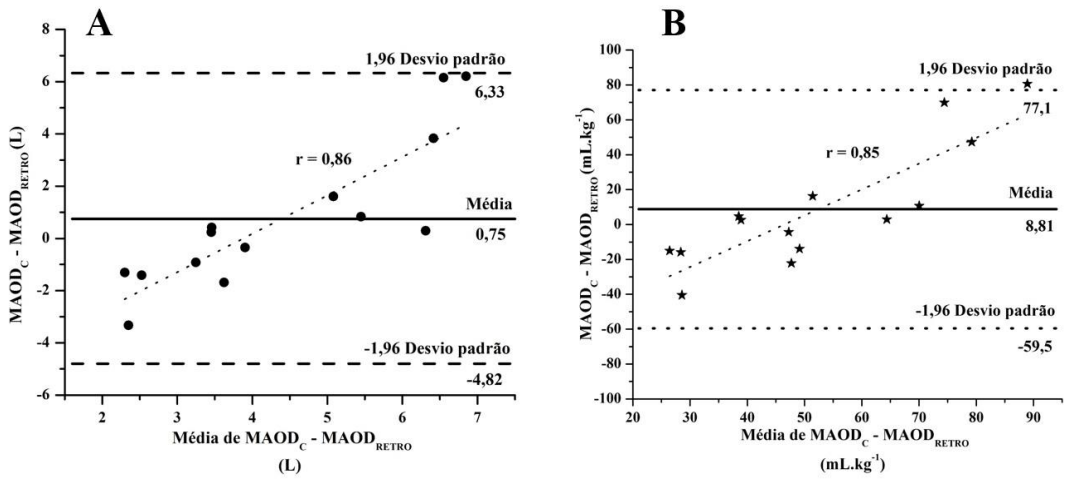


Figura 20. Análise de concordância (Bland & Altman) e correlação (r) como medida de validade de critério entre as variáveis absolutas (A) e relativas (B) do MAOD determinado de maneira convencional ($MAOD_C$) e pela retro extrapolação ($MAOD_{RETRO}$).

8 Discussão

O objetivo central da presente tese foi, primeiramente, verificar a influência do uso da máscara do analisador de gases durante um esforço supramáximo e, segundamente, verificar a validade e confiabilidade de um teste para determinação quantitativa do MAOD em corredores por meio da técnica de retro extrapolação. Mais especificamente, comparar o tempo de exaustão, a contribuição aeróbia, anaeróbia alática e lática determinada pelo monitoramento contínuo das respostas respiratórias e por meio da retro extrapolação sem a máscara de análise de gases durante esforço supramáximo e depois, comparar o (MAOD) determinado de maneira convencional com o determinado pela técnica de retro extrapolação em corredores.

Esta discussão está diretamente ligada à importante tarefa de aproximar os conhecimentos adquiridos em ambientes acadêmicos para ambientes de treinamento e prática corrente de esportes, mais especificamente da corrida. Portanto, a presente tese tem a importância relativa de identificar as possíveis influências do uso das “parafernalhas” durante os processos de avaliação, mais estritamente às avaliações anaeróbias.

Tais identificações, bem como as interpretações dos resultados geram conhecimento que viabilizam o entendimento de quais protocolos poderiam gerar mais precisão para obtenção de resultados assertivos no processo de avaliação, monitoramento e prescrição do treinamento. Sendo assim, é importante monitorar as respostas fisiológicas impostas pelo exercício e saber como aspectos adaptativos individuais podem modular as respostas fisiológicas para se adaptarem ao ambiente e às condições.

Dito isso, quando avaliadas as diferentes condições de aplicação do tLim, ou seja, com máscara e sem máscara do analisador de gases (Estudo 1), os principais achados foram em primeiro lugar, que o $tLim_C$ e o $tLim_S$ foram diferentes e, na mesma intensidade, o $tLim_S$ foi maior (16,6%). Em segundo lugar foi observada diferença em relação ao VO_2 monitorado constantemente e sem o uso da máscara de análise dos gases. Em terceiro lugar, o uso da máscara mudou a contribuição anaeróbia total, sendo maiores na condição de $tLim_C$, sendo assim, a condição de $tLim_S$ mais econômica. Ainda, em quarto lugar, mesmo o $tLim_S$ sendo mais econômico metabolicamente, quando avaliados os percentuais de contribuição energética para cada via, não foram observadas diferenças entre as condições de $tLim_C$ e de $tLim_S$.

Com relação aos principais achados sobre a validade e confiabilidade do MAOD determinado por meio da técnica de retro extrapolação (Estudo 2), foram encontrados resultados que mostram a ineficiência do $MAOD_{RETRO}$ em avaliar a capacidade anaeróbia de corredores. Por outro lado, o VO_2 correspondente às intensidades submáximas determinadas pela técnica de retro extrapolação se mostraram confiáveis considerando a ausência de diferenças a partir dos valores determinados convencionalmente. A partir disso, embora o coeficiente de determinação obtido por meio da regressão construída da relação VO_2/Intensidade tenha se apresentado baixo ($r^2 = 0,60$), as DET obtidas por meio da relação VO_2/Intensidade para os dois métodos não foram diferentes. Semelhantemente como apresentado no Estudo 1, o $tLim_S$ foi maior (16%) quando comparado ao convencional e o VO_2 acumulado e extrapolado não foi diferente entre os métodos, mas obteve elevado coeficiente de variação.

Dado o panorama geral dos principais achados da presente tese, para todos os efeitos, a discussão específica de cada um dos resultados do Estudo 1 e 2 serão apresentados separadamente, de acordo com seus procedimentos, principalmente para facilitar a organização e compreensão das interpretações.

Estudo 1. Influência do uso da máscara no tLim e contribuições energéticas

Embora, de acordo com os procedimentos para elaboração da presente tese, ou seja, a definição do tema, estrutura, introdução e revisão não tenham sido encontrados estudos que realizaram algo especificamente semelhante ao proposto, toda a discussão e conclusão da presente tese será diretamente vinculada a literatura específica direcionada ao tema abordado.

Portanto, de acordo com os principais achados do presente estudo, as possíveis explicações para o aumento do tempo até a exaustão no $tLim_S$ podem estar relacionadas a algumas hipóteses plausíveis; I) diminuição da resistência vascular pulmonar; II) a máscara pode limitar o fluxo de ar inspirado aumentando a resistência do fluxo e limitando a resposta ventilatória; III) a diminuição da responsividade ventilatória com a máscara pode aumentar as sensações de fadiga (FIORE JUNIOR; PAISANI; FRANCESCHINI; CHIAVEGATO *et al.*, 2004; GOLDSTEIN; YOUNG; REBUCK, 1982; JOHNSON, 2016).

A diminuição da resistência vascular pulmonar, embora não medida diretamente, quando usada a frequência respiratória no final do esforço, e, mais atentamente nos tempos de inspiração, expiração e total, foi observada uma resposta aumentada no T_{INSP} e T_{TC} na condição sem máscara. Esta diferença pode significar diminuição do fluxo respiratório no *t*Lim_S. Esta informação pode ser interpretada como uma diminuição de resistência nas inspirações, proporcionando possivelmente um maior estresse respiratório na condição *t*Lim_C. Entretanto, a $FiCO_2$ se mostrou aumentada no *t*Lim_S aumentando o estresse cardiovascular revelada pelo aumento do percentual da frequência cardíaca máxima no *t*Lim_S.

Adicionalmente, a fração inspirada de O_2 não foi diferente entre o *t*Lim_S e *t*Lim_C, provavelmente porque o acesso do ar não é limitado pela máscara de gases. No entanto, quando observadas as diferenças entre as contribuições aeróbias, foram encontradas diferenças, tanto na contribuição total (W_{OXI}) quanto no VO_2 do final dos esforços. Estas foram menores na condição *t*Lim_S. Supostamente, esta diferença pode ser explicada pelo aumento da $FiCO_2$. Além disso, nós não consideramos e nem determinamos a possível alteração que poderia ser gerada no contexto de mudança abrupta de medição do equipamento quando anexamos a máscara após o exercício. Não consideramos esta possibilidade principalmente porque o próprio algoritmo do software retira possíveis anomalias detectadas internamente.

Entretanto, na condição sem máscara o *t*Lim_S foi maior. Assim, outras duas hipóteses podem estar atreladas a resposta desta questão.

A primeira, de acordo com da Silva et al. (SILVA; NAKAMURA; MACHADO, 2016) que encontraram uma sensação de fadiga perceptual e a frequência cardíaca menores em intensidades submáximas sem máscara facial. Entretanto, avaliaram que o aumento da atividade de vigília e do desconforto propiciado pela máscara facial pode aumentar a resposta fisiológica, bem como, poderia ter elevado a contribuição anaeróbia (W_{ANA}) na condição *t*Lim_C encontrada em nosso estudo. Adicionalmente, o aumento de prótons, lactato e ATP no sangue e a perfusão intramuscular destes poderiam promover o aumento das sensações de fadiga e da dor possibilitando que os neurônios aferentes sejam ativados e consequentemente, diminuir o *t*Lim (ISHII; NISHIDA, 2013; OU; LIN; HUA; JIANG *et al.*, 2017; POLLAK; SWENSON; VANHAITSMA; HUGHEN *et al.*, 2014).

A segunda poderia estar relacionada a restrição de comprimento das ferramentas de análise de gases (cabos e cânulas) bem como a posição corporal do indivíduo na esteira pelo

uso dos equipamentos que poderiam representar um desconforto adicional. Possivelmente traduzido em um aumento do gasto energético que poderia desencadear um estado para o trabalho anaeróbio maior, aumentando também a sensação de fadiga (ISHII; NISHIDA, 2013; OU; LIN; HUA; JIANG *et al.*, 2017). Como relatado pelos atletas durante a realização das avaliações, é mais confortável não utilizar a máscara.

A partir da determinação do componente aeróbio do exercício por meio da técnica de retro extrapolação foi possível observar que houve diferença significativa em relação ao medido convencionalmente. Isto permite especular que quando o indivíduo realiza a tarefa livremente, há uma maior economia das fontes de ressíntese energética, sento esta traduzida em um maior tempo até a exaustão. Ainda, mesmo com o conjunto de respostas fisiológicas indicando um estresse aeróbio menor do sistema cardiorrespiratório no $t\text{Lim}_S$, não houve alterações nas respostas das contribuições anaeróbia alática e lática isoladamente. O que torna evidente que o uso da técnica de retro extrapolação para determinação da contribuição alática do esforço não altera a responsividade dessa via. Além disso, quando avaliadas as contribuições percentuais, não foram encontradas quaisquer diferenças entre as condições para as três vias de fornecimento energético, por isso, destaca-se que foi possível determinar por meio da retro extrapolação as variáveis bioenergéticas dos esforços acima da iVO_{2MAX} e, aliás, não só foi possível determinar como também identificar que a não utilização da máscara durante a avaliação alterou positivamente o tLim.

Outro destaque nesta perspectiva é que o uso desta ferramenta (retro extrapolação) em ambientes de treinamento é viável, cômoda e tempo eficiente, tornando assim as aplicações de avaliações aeróbias e anaeróbias, mas próximas ao contexto de treinamento.

Além das diferenças encontradas na contribuição aeróbia do esforço, também foram observadas diferenças no anaeróbio total (W_{ANA}). Sendo a W_{ANA} maior na condição de $tLim_C$. Este resultado mostra mais uma vez que há, de acordo com o supracitado um possível maior desconforto relacionado ao uso da máscara, bem como, a maior economia de energia para a mesma intensidade e gesto motor sem o uso da máscara do analisador de gases.

Entretanto, algumas limitações podem explicar os resultados relacionados ao metabolismo anaeróbio como, não controlar diretamente a dieta durante os experimentos, embora tenha sido recomendado que as pessoas não mudassem suas dietas e não consumissem qualquer estimulante antes das avaliações e as concentrações pré esforço de glicose e lactato

não terem se mostrado diferentes. Adicionalmente, para este tipo de esforço (esforço supramáximo até a exaustão) não foram encontradas diferenças quando utilizados recursos ergogênicos e dieta restrita de carboidratos (COSTILL; KOVALESKI; PORTER; KIRWAN *et al.*, 1985; JALAB; ENEA; DELPECH; BERNARD, 2011; JURIMAE; HALJASTE; CICCHELLA; LATT *et al.*, 2007; LEGER; SELIGER; BRASSARD, 1980; ZAMPARO; BONIFAZI; FAINA; MILAN *et al.*, 2005). Além disso, outra limitação pode estar ligada a não controlar o ar do ambiente durante o experimento, embora todas as calibrações tenham sido realizadas de acordo com os requisitos do fabricante e obtido sempre valores dentro das faixas de análises e, não avaliar o trabalho miocárdico, o fluxo sanguíneo e a resposta neuromuscular durante e após todas as avaliações.

Portanto, na qualidade descritiva e de interpretações dos resultados, o presente mostrou que avaliar por meio do tLim sem a utilização da máscara do analisador de gases (retro extrapolação) os metabolismos aeróbios e anaeróbios têm efeito positivo no desempenho de corredores.

Estudo 2. Validade e confiabilidade do $MAOD_{RETRO}$

De acordo com os resultados do Estudo 1 da presente tese, avaliar por meio da retro extrapolação o desempenho de corredores pareceu promissor do ponto de vista acadêmico e profissional. No entanto, ainda é necessário verificar a possibilidade do método em avaliar a capacidade anaeróbia de corredores.

Em corredores, acredita-se que este é o primeiro estudo que viabiliza a comparação entre métodos de determinação do VO_2 em intensidades submáximas e supramáximas. Considerando os achados de Chaverri et al. (CHAVERRI; IGLESIAS; SCHULLER; HOFFMANN *et al.*, 2016) e Rodriguez et al. (RODRIGUEZ; CHAVERRI; IGLESIAS; SCHULLER *et al.*, 2017), todos os procedimentos adotados neste estudo tentam minimizar os erros de medida desta técnica. Por isso, acredita-se que a técnica de retro extrapolação pode ser considerada confiável e estável para determinar o VO_2 nestas intensidades em corredores. Principalmente porque de dez intensidades submáximas aplicadas neste estudo, em nove, não foram encontradas diferenças entre os métodos e, além disso, foram observados erros típicos e

coeficientes de variação embora limítrofes (até 10%), aceitáveis (ATKINSON; NEVILL, 1998).

Entretanto, o baixo coeficiente de determinação obtida pela retro extrapolação (r^2 = 0,60), bem como o elevado nível de variação (CV% = 192%), condicionalmente pode ser atribuído principalmente ao aumento do erro aleatório na determinação da equação o que dificulta o uso do método em estimar a DET (SOUZA; ALEXANDRE; GUIRARDELLO, 2017).

O aumento do tempo até a exaustão quando não utilizada a máscara de análise de gases pode ter impacto direto no cálculo do MAOD. Anteriormente, ficou estabelecido que para o cálculo confiável do MAOD, o esforço supramáximo deveria durar entre 2 – 3 min (BANGSBO; GOLLNICK; GRAHAM; JUEL *et al.*, 1990; NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010). Principalmente porque conforme o tLim aumenta, aumenta também o MAOD (22, 76). Quando avaliado o VO_2 correspondente a 110% da iVO_{2MAX} de maneira fracionada, objetivou-se reconstruir o comportamento do VO_2 extrapolado para intensidade. O VO_2 acumulado e extrapolado durante os dois métodos, embora não diferentes e com forte correlação intraclasse, tiveram um elevado ET e CV (1.7 $L{\cdot}O_2$ e 17,7%) respectivamente. Mostrando que mesmo sendo válidos e com estabilidade, o VO_2 extrapolado obtido por meio da técnica de retro extrapolação não obteve consistência interna suficiente para aceitação, ou seja, as frações para determinação do comportamento de VO_2 de fato parecem não mostrar homogeneidade entre os métodos de determinação convencional e retro extrapolado (SOUZA; ALEXANDRE; GUIRARDELLO, 2017).

Quando avaliado de maneira fracionada, sem o uso da máscara de análise de gases constantemente, o aumento do $tLim_S$ poderia ser explicado pelo acesso irrestrito ao ar ambiente e a menor sensação de fadiga. Enquanto no $tLim_C$, o próprio uso da máscara durante o $tLim_C$ pode, teoricamente, inviabilizar o acesso ao O_2 ou retirada de CO_2 conforme a necessidade, aumentando a sensação de fadiga pelo aumento do estresse cardiorrespiratório e/ou metabólico (i.e., elevado CV = 18,5% do $[La^-]_{PICO}$) (ISHII; NISHIDA, 2013; OU; LIN; HUA; JIANG *et al.*, 2017; POLLAK; SWENSON; VANHAITSMA; HUGHEN *et al.*, 2014; SILVA; NAKAMURA; MACHADO, 2016). Dessa maneira, fica mais claro que o aumento do $tLim_S$ (mais de 3 min) com a baixa homogeneidade da medida de VO_2 extrapolado podem ter influenciado diretamente o cálculo do $MAOD_{RETRO}$ adicionando erros aleatórios (baixos e

insignificantes ICC) e baixa homogeneidade na amostra (elevados ET e CV), comprometendo sua confiabilidade.

O $MAOD_C$ e o $MAOD_{RETRO}$ quando comparados não apresentam diferenças entre si, entretanto, não há correlações que suportem a validade do método, além disso, embora tenha uma forte correlação entre a média das diferenças e a diferença absoluta (r = 0,86 e r = 0,85), isso pode induzir a heterocedasticidade, ou seja, a incorporação da medida dos erros residuais obtidos por meio das diferenças absolutas e relativas. Assim, considerando o estudo de Doherty et al. (DOHERTY; SMITH; SCHRODER, 2000) que calcularam a probabilidade de erro, principalmente quando foram adicionados os erros residuais e as medidas de heterocedasticidade, foi encontrada uma possível variação de MAOD equivalente a 40 $mL \cdot kg^{-1}$ poderia chegar a 67.7 $mL \cdot kg^{-1}$. Estes dados indicam a elevada variabilidade vista por meio da análise gráfica interquartil e a baixa viabilidade de validade entre os métodos.

Adicionalmente, embora a confiabilidade do $MAOD_C$ já tenha sido testada anteriormente por Jacobs et al. (JACOBS; BLEUE; GOODMAN, 1997) e Weber & Schneider (WEBER; SCHNEIDER, 2001) que mostraram elevados níveis de confiabilidade do teste. Doherty et al. (DOHERTY; SMITH; SCHRODER, 2000) mostra que o MAOD determinado a 125% da iVO_{2MAX} não foi reprodutível, caracterizando a controvérsia existente entre a confiabilidade do método. Neste sentido, considerando as limitações existentes acerca do método e sua confiabilidade, quando comparado o mesmo método determinado de maneira diferente, os resultados mostram-se variados o que caracteriza a baixa validade e confiabilidade do $MAOD_{RETRO}$.

Desconsiderando as limitações referentes à aplicação do MAOD convencional como já citado durante a escrita da presente tese, outras limitações, principalmente metodológicas relacionadas ao uso da retro extrapolação para determinação do $MAOD_{RETRO}$ podem ser descritas. A primeira está relacionada ao uso dos próprios esforços submáximos monitorados constantemente para a determinação da DET_{RETRO}. Quando foram realizados estes esforços, o indivíduo não repetiu todas as intensidades e após os esforços foram coletas amostras ventilatórias e sim, o indivíduo ao final dos esforços (7 min) foi desacoplado à máscara do analisador de gases e foi instruído a saltar da esteira para posterior monitoramento pela retro extrapolação há aproximadamente 3 s até 23 s após. Embora não se saiba a possível implicação deste método esta pode ser uma limitação considerável. Outra limitação possível está relacionada aos momentos de aplicação da retro extrapolação nos esforços supramáximos,

foram determinados tempos de cinco parciais iguais, desconsiderando os momentos iniciais do esforço onde o comportamento do VO_2 é crescente. Esta escolha pode ser considerada uma limitação pela base do cálculo do MAOD onde é assumida a cinética retangular entre o VO_2 e o tempo. Assim, o comportamento inicial pode definir o aumento ou a diminuição da fase crescente do VO_2 o que poderia influenciar nos cálculos de VO_2 extrapolado e consequentemente no $MAOD_{RETRO}$. Mesmo assim, esta estratégia possibilitou um número menor de avaliações e consequentemente uma maior retenção dos participantes.

Portanto, a partir dos resultados do presente exposto, as interpretações mostram que a regressão da relação VO_2/Intensidade obtida por meio da retro extrapolação é pouco confiável, bem como, o $MAOD_{RETRO}$ que, por conta da elevada variabilidade e heterocedasticidade não pode ser considerado um método válido e confiável para estimativa da capacidade anaeróbia de corredores**.**

9 Conclusões

Para concluir, primeiramente, os achados do presente estudo suportam que o tempo até a exaustão no exercício supramáximo a 110% da iVO_{2MAX} em corredores foi maior sem o uso da máscara do analisador de gases. As contribuições aeróbias e anaeróbias relacionadas ao tLim foram diferentes e mostram-se menores quando não utilizada a máscara do analisador de gases. Alterações no comportamento das variáveis cardiorrespiratórias e o desconforto relacionado ao uso da máscara podem ter influenciado no desempenho do tLim quando utilizada a máscara facial.

Segundamente, pode-se concluir que quando comparado o $MAOD_C$ com o $MAOD_{RETRO}$, o $MAOD_{RETRO}$ não pode ser considerado um método válido para estimativa da capacidade anaeróbia de corredores, consequentemente, é um método pouco confiável.

Desse modo, de acordo com as hipóteses iniciais da presente tese, pode-se concluir que a hipótese alternativa foi aceita a hipótese nula foi rejeitada. As provas da hipótese alternativa, mostraram que o tempo dos esforços supramáximos realizados com e sem a máscara, bem como, as respostas fisiológicas monitoradas foram diferentes entre as condições, além disso, o MAOD obtido por meio da técnica de retro extrapolação não pôde ser considerado válido e confiável.

10 Referências

ANDRADE, V. L.; ZAGATTO, A. M.; KALVA, C. A.; MENDES, O. C. *et al*. Running-based Anaerobic Sprint Test as a Procedure to Evaluate Anaerobic Power. **International Journal of Sports Medicine**, 36, n. 14, p. 1156-1162, Dec 2015.

ATKINSON, G.; NEVILL, A. M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. **Sports Med**, 26, n. 4, p. 217-238, Oct 1998.

BALDWIN, K. M. Comments on classical papers. **J Appl Physiol (1985)**, 99, n. 4, p. 1241-1242, Oct 2005.

BANGSBO, J. Is the O2 deficit an accurate quantitative measure of the anaerobic energy production during intense exercise? **J Appl Physiol (1985)**, 73, n. 3, p. 1207-1209, Sep 1992.

BANGSBO, J. Oxygen deficit: a measure of the anaerobic energy production during intense exercise? **Can J Appl Physiol**, 21, n. 5, p. 350-363; discussion 364-359, Oct 1996.

BANGSBO, J.; GOLLNICK, P. D.; GRAHAM, T. E.; JUEL, C. *et al.* Anaerobic energy production and O2 deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. **J Physiol**, 422, p. 539-559, Mar 1990.

BANGSBO, J.; MICHALSIK, L.; PETERSEN, A. Accumulated O2 deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. **Int J Sports Med**, 14, n. 4, p. 207-213, May 1993.

BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. **Sports Med**, 4, n. 6, p. 381-394, Nov-Dec 1987.

BELL, D. G.; JACOBS, I.; ELLERINGTON, K. Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance. **Med Sci Sports Exerc**, 33, n. 8, p. 1399-1403, Aug 2001.

BENEKE, R.; BEYER, T.; JACHNER, C.; ERASMUS, J. *et al.* Energetics of karate kumite. **European Journal of Applied Physiology**, 92, n. 4-5, p. 518-523, Aug 2004.

BENEKE, R.; POLLMANN, C.; BLEIF, I.; LEITHAUSER, R. M. *et al.* How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? **Eur J Appl Physiol**, 87, n. 4-5, p. 388-392, Aug 2002.

BENTLEY, D. J.; NEWELL, J.; BISHOP, D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. **Sports Med**, 37, n. 7, p. 575-586, 2007.

BERGMAN, B. C.; BROOKS, G. A. Respiratory gas-exchange ratios during graded exercise in fed and fasted trained and untrained men. **J Appl Physiol (1985)**, 86, n. 2, p. 479-487, Feb 1999.

BERTUZZI, R.; KISS, M. A.; DAMASCENO, M.; OLIVEIRA, R. S. *et al.* Association between anaerobic components of the maximal accumulated oxygen deficit and 30-second Wingate test. **Braz J Med Biol Res**, 48, n. 3, p. 261-266, Mar 2015.

BERTUZZI, R. C. D.; FRANCHINI, E.; KOKUBUN, E.; KISS, M. A. P. D. Energy system contributions in indoor rock climbing. **European Journal of Applied Physiology**, 101, n. 3, p. 293-300, Oct 2007.

BERTUZZI, R. C. M.; FRANCHINI, E.; UGRINOWITSCH, C.; KOKUBUN, E. *et al.* Predicting MAOD Using Only a Supramaximal Exhaustive Test. **Int J Sports Med**, 31, n. 7, p. 477-481, Jul 2010.

BICKHAM, D.; LE ROSSIGNOL, P.; GIBBONS, C.; RUSSELL, A. P. Re-assessing accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **J Sci Med Sport**, 5, n. 4, p. 372-382, Dec 2002.

BRISOLA, G. M.; MIYAGI, W. E.; DA SILVA, H. S.; ZAGATTO, A. M. Sodium bicarbonate supplementation improved MAOD but is not correlated with 200- and 400-m running performances: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study. **Appl Physiol Nutr Metab**, 40, n. 9, p. 931-937, Sep 2015.

BUCK, D.; MCNAUGHTON, L. Maximal accumulated oxygen deficit must be calculated using 10-min time periods. **Med Sci Sports Exerc**, 31, n. 9, p. 1346-1349, Sep 1999.

BUCK, D.; MCNAUGHTON, L. R. Changing the number of submaximal exercise bouts effects calculation of MAOD. **Int J Sports Med**, 20, n. 1, p. 28-33, Jan 1999.

CAPUTO, F.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Effects of the state and specificity of aerobic training on the %VO2max versus %HRmax ratio during cycling. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 84, p. 20-23, 2005.

CARRE, F.; DASSONVILLE, J.; BEILLOT, J.; PRIGENT, J. Y. *et al.* Use of oxygen uptake recovery curve to predict peak oxygen uptake in upper body exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 69, n. 3, p. 258-261, 1994.

CAZORLA, G. Backward extrapolation of VO2max values from the O2 recovery curve. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 12, n. 1, p. 24-27, Spring 1980.

CHAVERRI, D.; IGLESIAS, X.; SCHULLER, T.; HOFFMANN, U. *et al.* Estimating peak oxygen uptake based on postexercise measurements in swimming. **Appl Physiol Nutr Metab**, 41, n. 6, p. 588-596, Jun 2016.

COSTILL, D. L.; KOVALESKI, J.; PORTER, D.; KIRWAN, J. *et al.* Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. **Int J Sports Med**, 6, n. 5, p. 266-270, Oct 1985.

CRAIG, I. S.; MORGAN, D. W. Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Med Sci Sports Exerc**, 30, n. 11, p. 1631-1636, Nov 1998.

CRAIG, N. P.; NORTON, K. I.; CONYERS, R. A.; WOOLFORD, S. M. *et al.* Influence of test duration and event specificity on maximal accumulated oxygen deficit of high performance track cyclists. **Int J Sports Med**, 16, n. 8, p. 534-540, Nov 1995.

D., R. **Statistics without tears - A primer for Non-mathematicians**. London/England: 1991.

DE ANDRADE, V. L.; KALVA-FILHO, C. A.; CAMPOS, E. Z.; PAPOTI, M. Maximal accumulated oxygen deficit is influenced by chronological age and is related to intensity of VO2PEAK. **Sport Sciences for Health**, 2018/09/17 2018.

DE CAMPOS MELLO, F.; DE MORAES BERTUZZI, R. C.; GRANGEIRO, P. M.; FRANCHINI, E. Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. **Eur J Appl Physiol**, 107, n. 5, p. 615-619, Nov 2009.

DI PRAMPERO, P. E. Energetics of muscular exercise. **Rev Physiol Biochem Pharmacol**, 89, p. 143-222, 1981.

DI PRAMPERO, P. E.; CORTILI, G.; MOGNONI, P.; SAIBENE, F. Energy cost of speec skating and efficiency of work against air resistance. **J Appl Physiol**, 40, n. 4, p. 584-591, Apr 1976.

DI PRAMPERO, P. E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respir Physiol**, 118, n. 2-3, p. 103-115, Dec 1 1999.

DOHERTY, M. The effects of caffeine on the maximal accumulated oxygen deficit and short-term running performance. **Int J Sport Nutr**, 8, n. 2, p. 95-104, Jun 1998.

DOHERTY, M.; SMITH, P. M.; SCHRODER, K. Reproducibility of the maximum accumulated oxygen deficit and run time to exhaustion during short-distance running. **J Sports Sci**, 18, n. 5, p. 331-338, May 2000.

DUFFIELD, R.; DAWSON, B.; GOODMAN, C. Energy system contribution to 100-m and 200-m track running events. **J Sci Med Sport**, 7, n. 3, p. 302-313, Sep 2004.

FERREIRA, G. A.; OSIECKI, R.; LIMA-SILVA, A. E.; DE ANGELIS-PEREIRA, M. C. *et al.* Effect of a reduced-CHO diet on the rate of perceived exertion curve during an incremental test. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 24, n. 5, p. 532-542, Oct 2014.

FIORE JUNIOR, J. F.; PAISANI, D. d. M.; FRANCESCHINI, J.; CHIAVEGATO, L. D. *et al.* Pressões respiratórias máximas e capacidade vital: comparação entre avaliações através de bocal e de máscara facial. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, 30, p. 515-520, 2004.

FOSTER, C.; DE KONING, J. J.; HETTINGA, F.; LAMPEN, J. *et al.* Pattern of energy expenditure during simulated competition. **Med Sci Sports Exerc**, 35, n. 5, p. 826-831, May 2003.

GASTIN, P. B. Quantification of anaerobic capacity. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 4, p. 91 - 112, 1994.

GIAVARINA, D. Understanding Bland Altman analysis. **Biochemia medica**, 25, n. 2, p. 141-151, 2015.

GOLDSTEIN, R. S.; YOUNG, J.; REBUCK, A. S. Effect of breathing pattern on oxygen concentration received from standard face masks. **Lancet**, 2, n. 8309, p. 1188-1190, Nov 27 1982.

GORDON, D.; HOPKINS, S.; KING, C.; KEILLER, D. *et al.* Incidence of the plateau at V O 2max is dependent on the anaerobic capacity. **Int J Sports Med**, 32, n. 1, p. 1-6, Jan 2011.

GREEN, S.; DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. **Sports Med**, 15, n. 5, p. 312-327, May 1993.

GREEN, S.; DAWSON, B. T.; GOODMAN, C.; CAREY, M. F. Anaerobic ATP production and accumulated O2 deficit in cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, 28, n. 3, p. 315-321, Mar 1996.

HARRISS, D. J.; ATKINSON, G. International Journal of Sports Medicine - ethical standards in sport and exercise science research. **Int J Sports Med**, 30, n. 10, p. 701-702, Oct 2009.

HETTINGA, F. J.; DE KONING, J. J.; BROERSEN, F. T.; VAN GEFFEN, P. *et al.* Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials. **Med Sci Sports Exerc**, 38, n. 8, p. 1484-1491, Aug 2006.

HILL, D. W.; LEIFERMAN, J. A.; LYNCH, N. A.; DANGELMAIER, B. S. *et al.* Temporal specificity in adaptations to high-intensity exercise training. **Med Sci Sports Exerc**, 30, n. 3, p. 450-455, Mar 1998.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Med**, 30, n. 1, p. 1-15, Jul 2000. Comparative Study.

ISHII, H.; NISHIDA, Y. Effect of Lactate Accumulation during Exercise-induced Muscle Fatigue on the Sensorimotor Cortex. **Journal of Physical Therapy Science**, 25, n. 12, p. 1637-1642, 01/08

05/16/received

07/22/accepted 2013.

JACOBS, I.; BLEUE, S.; GOODMAN, J. Creatine ingestion increases anaerobic capacity and maximum accumulated oxygen deficit. **Can J Appl Physiol**, 22, n. 3, p. 231-243, Jun 1997.

JALAB, C.; ENEA, C.; DELPECH, N.; BERNARD, O. [Dynamics of oxygen uptake during a 100 m front crawl event, performed during competition]. **Appl Physiol Nutr Metab**, 36, n. 2, p. 219-225, Apr 2011.

JOHNSON, A. T. Respirator masks protect health but impact performance: a review. **Journal of Biological Engineering**, 10, p. 4, 02/09

06/16/received

02/01/accepted 2016.

JURIMAE, J.; HALJASTE, K.; CICCHELLA, A.; LATT, E. *et al.* Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. **Pediatr Exerc Sci**, 19, n. 1, p. 70-81, Feb 2007.

KACZOR, J. J.; ZIOLKOWSKI, W.; POPINIGIS, J.; TARNOPOLSKY, M. A. Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults. **Pediatr Res**, 57, n. 3, p. 331-335, Mar 2005.

KIMBERLIN, C. L.; WINTERSTEIN, A. G. Validity and reliability of measurement instruments used in research. **American Journal of Health-System Pharmacy**, 65, n. 23, p. 2276-2284, 2008.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T.; KEIZER, H. A.; GEURTEN, P. *et al.* Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **Int J Sports Med**, 6, n. 4, p. 197-201, Aug 1985.

LACOMBE, V.; HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; LAUDERDALE, M. A. Exercise that induces substantial muscle glycogen depletion impairs subsequent anaerobic capacity. **Equine Vet J Suppl**, n. 30, p. 293-297, Jul 1999.

LEE, J. D.; STERRETT, L. E.; GUTH, L. M.; KONOPKA, A. R. *et al.* The effect of pre-exercise carbohydrate supplementation on anaerobic exercise performance in adolescent males. **Pediatr Exerc Sci**, 23, n. 3, p. 344-354, Aug 2011.

LEGER, L. A.; SELIGER, V.; BRASSARD, L. Backward extrapolation of VO2max values from the O2 recovery curve. **Med Sci Sports Exerc**, 12, n. 1, p. 24-27, Spring 1980.

LIMA-SILVA, A. E.; PIRES, F. O.; BERTUZZI, R. C.; LIRA, F. S. *et al.* Low carbohydrate diet affects the oxygen uptake on-kinetics and rating of perceived exertion in high intensity exercise. **Psychophysiology**, 48, n. 2, p. 277-284, Feb 2011.

MAXWELL, N. S.; NIMMO, M. A. Anaerobic capacity: a maximal anaerobic running test versus the maximal accumulated oxygen deficit. **Can J Appl Physiol**, 21, n. 1, p. 35-47, Feb 1996. Clinical Trial

Comparative Study

Randomized Controlled Trial.

MEDBO, J. I.; BURGERS, S. Effect of training on the anaerobic capacity. **Med Sci Sports Exerc**, 22, n. 4, p. 501-507, Aug 1990.

MEDBO, J. I.; MOHN, A. C.; TABATA, I.; BAHR, R. *et al.* Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O2 deficit. **J Appl Physiol (1985)**, 64, n. 1, p. 50-60, Jan 1988a.

MEDBO, J. I.; MOHN, A. C.; TABATA, I.; BAHR, R. *et al.* Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O2 deficit. **J Appl Physiol**, 64, n. 1, p. 50-60, Jan 1988b. Research Support, Non-U.S. Gov't.

MEDBO, J. I.; TABATA, I. Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. **J Appl Physiol (1985)**, 75, n. 4, p. 1654-1660, Oct 1993.

MIKULIC, P. Development of aerobic and anaerobic power in adolescent rowers: a 5-year follow-up study. **Scand J Med Sci Sports**, 21, n. 6, p. e143-149, Dec 2011.

MINAHAN, C.; CHIA, M.; INBAR, O. Does power indicate capacity? 30-s Wingate anaerobic test vs. maximal accumulated O2 deficit. **Int J Sports Med**, 28, n. 10, p. 836-843, Oct 2007.

MONTPETIT, R. R.; LEGER, L. A.; LAVOIE, J. M.; CAZORLA, G. VO2 peak during free swimming using the backward extrapolation of the O2 recovery curve. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 47, n. 4, p. 385-391, 1981.

MORGAN, D.; DANIELS, J.; CARLSON, P.; FILARSKI, K. *et al.* Use of recovery VO2 to predict running economy. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 62, n. 6, p. 420-423, 1991.

MURAKAMI, I.; SAKURAGI, T.; UEMURA, H.; MENDA, H. *et al.* Significant effect of a pre-exercise high-fat meal after a 3-day high-carbohydrate diet on endurance performance. **Nutrients**, 4, n. 7, p. 625-637, Jul 2012.

NAUGHTON, G. A.; CARLSON, J. S.; BUTTIFANT, D. C.; SELIG, S. E. *et al.* Accumulated oxygen deficit measurements during and after high-intensity exercise in trained male and female adolescents. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 76, n. 6, p. 525-531, 1997.

NOORDHOF, D. A.; DE KONING, J. J.; FOSTER, C. The maximal accumulated oxygen deficit method: a valid and reliable measure of anaerobic capacity? **Sports Med**, 40, n. 4, p. 285-302, Apr 1 2010.

NOORDHOF, D. A.; SKIBA, P. F.; DE KONING, J. J. Determining anaerobic capacity in sporting activities. **Int J Sports Physiol Perform**, 8, n. 5, p. 475-482, Sep 2013.

NUMMELA, A.; ALBERTS, M.; RIJNTJES, R. P.; LUHTANEN, P. *et al.* Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. **Int J Sports Med**, 17 Suppl 2, p. S97-102, Jul 1996.

ODOOM, J. E.; KEMP, G. J.; RADDA, G. K. The regulation of total creatine content in a myoblast cell line. **Mol Cell Biochem**, 158, n. 2, p. 179-188, May 24 1996.

OU, Y.-e.; LIN, Z.-m.; HUA, D.-m.; JIANG, Y. *et al.* Evaluation of carbon dioxide rebreathing during exercise assisted by noninvasive ventilation with plateau exhalation valve. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, 12, p. 291-298, 01/16 2017.

PIZZA, F. X.; NAGLIERI, T. A.; HOLTZ, R. W.; MITCHELL, J. B. *et al.* Maximal accumulated oxygen deficit of resistance-trained men. **Can J Appl Physiol**, 21, n. 5, p. 391-402, Oct 1996.

POLI, R. A.; MIYAGI, W. E.; NAKAMURA, F. Y.; ZAGATTO, A. M. Caffeine Improved Time to Exhaustion But Did Not Change Alternative Maximal Accumulated Oxygen Deficit Estimated During a Single Supramaximal Running Bout. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 26, n. 6, p. 549-557, Dec 2016.

POLIT, D. F. Assessing measurement in health: Beyond reliability and validity. **International Journal of Nursing Studies**, 52, n. 11, p. 1746-1753, 2015/11/01/ 2015.

POLLAK, K. A.; SWENSON, J. D.; VANHAITSMA, T. A.; HUGHEN, R. W. *et al.* Exogenously applied muscle metabolites synergistically evoke sensations of muscle fatigue and pain in human subjects. **Exp Physiol**, 99, n. 2, p. 368-380, Feb 2014.

PULLINEN, T.; MERO, A.; MACDONALD, E.; PAKARINEN, A. *et al.* Plasma catecholamine and serum testosterone responses to four units of resistance exercise in young and adult male athletes. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 77, n. 5, p. 413-420, Apr 1998.

RAMSBOTTOM, R.; NEVILL, A. M.; NEVILL, M. E.; NEWPORT, S. *et al.* Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. **J Sports Sci**, 12, n. 5, p. 447-453, Oct 1994.

ROBERTS, P.; PRIEST, H.; TRAYNOR, M. Reliability and validity in research. **Nursing Standard**, 20, n. 44, p. 41-45, 2006. Article.

RODRIGUEZ, F. A.; CHAVERRI, D.; IGLESIAS, X.; SCHULLER, T. *et al.* Validity of Postexercise Measurements to Estimate Peak VO2 in 200-m and 400-m Maximal Swims. **Int J Sports Med**, 38, n. 6, p. 426-438, Jun 2017.

SCOTT, C. B.; ROBY, F. B.; LOHMAN, T. G.; BUNT, J. C. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. **Med Sci Sports Exerc**, 23, n. 5, p. 618-624, May 1991.

SILVA, D. F. D.; NAKAMURA, F. Y.; MACHADO, F. A. Efeitos do uso da máscara para análise de gases sobre variáveis fisiológicas e perceptuais máximas e submáximas durante um teste incremental. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, 30, p. 523-531, 2016.

SLEIVERT, G.; MACKINNON, L. T. The validation of backward extrapolation of submaximal oxygen consumption from the oxygen recovery curve. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 63, n. 2, p. 135-139, 1991.

SLONIGER, M. A.; CURETON, K. J.; PRIOR, B. M.; EVANS, E. M. Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. **J Appl Physiol (1985)**, 83, n. 1, p. 262-269, Jul 1997.

SMITH, D. J.; NORRIS, S. R.; HOGG, J. M. Performance evaluation of swimmers: scientific tools. **Sports Med**, 32, n. 9, p. 539-554, 2002.

SOUSA, A.; FIGUEIREDO, P.; PENDERGAST, D.; KJENDLIE, P. L. *et al.* Critical evaluation of oxygen-uptake assessment in swimming. **Int J Sports Physiol Perform**, 9, n. 2, p. 190-202, Mar 2014.

SOUZA, A. C.; ALEXANDRE, N. M. C.; GUIRARDELLO, E. B. Psychometric properties in instruments evaluation of reliability and validity. **Epidemiol Serv Saude**, 26, n. 3, p. 649-659, Jul-Sep 2017.

STREINER, D. L. Starting at the Beginning: An Introduction to Coefficient Alpha and Internal Consistency. **Journal of Personality Assessment**, 80, n. 1, p. 99-103, 2003/02/01 2003.

VANHATALO, A.; DOUST, J. H.; BURNLEY, M. Determination of critical power using a 3-min all-out cycling test. **Med Sci Sports Exerc**, 39, n. 3, p. 548-555, Mar 2007.

WEBER, C. L.; SCHNEIDER, D. A. Maximal accumulated oxygen deficit expressed relative to the active muscle mass for cycling in untrained male and female subjects. **Eur J Appl Physiol**, 82, n. 4, p. 255-261, Jul 2000.

WEBER, C. L.; SCHNEIDER, D. A. Reliability of MAOD measured at 110% and 120% of peak oxygen uptake for cycling. **Med Sci Sports Exerc**, 33, n. 6, p. 1056-1059, Jun 2001.

WEBER, C. L.; SCHNEIDER, D. A. Increases in maximal accumulated oxygen deficit after high-intensity interval training are not gender dependent. **J Appl Physiol (1985)**, 92, n. 5, p. 1795-1801, May 2002.

ZAGATTO, A.; REDKVA, P.; LOURES, J.; KALVA FILHO, C. *et al.* Anaerobic contribution during maximal anaerobic running test: correlation with maximal accumulated oxygen deficit. **Scand J Med Sci Sports**, 21, n. 6, p. e222-230, Dec 2011.

ZAGATTO, A. M.; BERTUZZI, R.; MIYAGI, W. E.; PADULO, J. *et al.* MAOD Determined in a Single Supramaximal Test: a Study on the Reliability and Effects of Supramaximal Intensities. **Int J Sports Med**, 37, n. 9, p. e9, Aug 2016a.

ZAGATTO, A. M.; BERTUZZI, R.; MIYAGI, W. E.; PADULO, J. *et al.* MAOD Determined in a Single Supramaximal Test: a Study on the Reliability and Effects of Supramaximal Intensities. **Int J Sports Med**, 37, n. 9, p. 700-707, Aug 2016b.

ZAGATTO, A. M.; MIYAGI, W. E.; SOUSA, F. A.; GOBATTO, C. A. Relationship between anaerobic capacity estimated using a single effort and 30-s tethered running outcomes. **PLoS One**, 12, n. 2, p. e0172032, 2017.

ZAGATTO, A. M.; NAKAMURA, F. Y.; MILIONI, F.; MIYAGI, W. E. *et al.* The sensitivity of the alternative maximal accumulated oxygen deficit method to discriminate training status. **J Sports Sci**, 35, n. 24, p. 2453-2460, Dec 2017.

ZAMPARO, P.; BONIFAZI, M.; FAINA, M.; MILAN, A. *et al.* Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. **Eur J Appl Physiol**, 94, n. 5-6, p. 697-704, Aug 2005.

ZAMPARO, P.; CAPELLI, C.; CAUTERO, M.; DI NINO, A. Energy cost of front-crawl swimming at supra-maximal speeds and underwater torque in young swimmers. **Eur J Appl Physiol**, 83, n. 6, p. 487-491, Dec 2000.

11 Anexos

USP - ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DE RIBEIRÃO PRETO DA USP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio por meio da técnica de retro extrapolação em nadadores, corredores e ciclistas.

Pesquisador: Marcelo Papoti

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 78855516.9.0000.5659

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.519.699

Apresentação do Projeto:

Devido à necessidade de otimização dos métodos de determinação da capacidade anaeróbia, o objetivo do estudo será validar o máximo déficit de acumulado de oxigênio (MAOD) e MAOD reduzido (MAODRED) por meio da técnica de retro extrapolação (MAODextr e MAODREDextr). Para isso, 45 atletas (15 nadadores, 15 corredores e 15 ciclistas) serão submetidos a três etapas. A primeira consistirá na determinação da cinética do VO2 na natação a partir da técnica de retro extrapolação. A segunda e terceira etapa consistirá, respectivamente, na determinação do MAOD e MAODRED e MAODextr e MAODREDextr. Na primeira etapa será realizado um esforço máximo de 300 s, posteriormente os atletas realizarão esforços de 15 – 120 s com incremento de 15 s e 120 – 270 s com incremento de 30 s em três dias distintos com velocidade controlada de acordo com as parciais do primeiro dia. O VO2 de cada esforço será analisado por meio da técnica de retro extrapolação e cinética do VO2 utilizando o método convencional (MC). Os dados do VO2 serão plotados em relação ao tempo e, analisados segundo um modelo de crescimento mono ou bi-exponencial. No quarto dia os atletas realizarão um esforço de 300 s com a utilização de equipamento de análise do VO2 durante todo o esforço. A segunda etapa consistirá em determinação do MAOD e MAODRED. O MAOD será determinado pela diferença entre demanda teórica e o VO2 mensurado pelo MC consumido em esforço máximo de 300 s, e o MAODRED com a análise das contribuições do metabolismo anaeróbio lático e alático através da análise do VO2 após o esforço de 300 s. O MAODextr e MAODREDextr serão determinados, contudo o VO2

durante os testes será analisado por meio da retro extrapolação. Para validação do MAODREDextr e MAODextr será utilizado a correlação de Pearson, teste t de Student e a análise gráfica de Bland & Altman. O nível de significância será de 5%.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo central do presente estudo será verificar a validade de um teste específico para determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio de nadadores, ciclistas e corredores por meio da técnica de retro extrapolação.

Para responder a pergunta central do presente projeto de pesquisa, será necessária a resolução dos seguintes problemas:

1º Determinar o MAOD utilizando protocolo convencional e por meio de um único esforço supra máximo;

2º Determinar a cinética do VO2 durante esforço supra máximo de modo convencional e por meio da técnica de retro extrapolação;

3º Determinar o MAODRED por meio da técnica de retro extrapolação (MAODextr e MAODREDextr, respectivamente) e suas possíveis relações com o MAOD determinado por meio do método convencional.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS: Os riscos de participar desse projeto são apenas aqueles que você já sente durante os treinos mais fortes que realiza (ex. náuseas e dores musculares). Para minimizar os riscos desse projeto, todos os cuidados com alimentação e descanso serão realizados. Além disso, há possíveis riscos de edema, inchaço ou até pequenos hematomas no lóbulo da orelha derivados da coleta das gotas de sangue para análise do lactato sanguíneo. Entretanto, todos os membros da equipe de avaliação estão aptos a prestar os primeiros socorros caso seja necessário.

BENEFÍCIOS: Os benefícios dessa pesquisa estão relacionados à possibilidade de avaliações mais simples da capacidade anaeróbia e de determinação de melhores intensidades para o seu treinamento. Durante todos os procedimentos controlaremos a sua frequência cardíaca e como você estará percebendo o esforço. Para isso, você irá indicar o número em uma escala numérica de 6 a 20 referente à sensação do esforço que você realizou (de muito, muito fraco [6] até exaustivo [20]).

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Todas as recomendações solicitadas anteriormente foram corrigidas e/ou acrescentadas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as recomendações solicitadas anteriormente foram corrigidas e/ou acrescentadas. O pesquisador anexou uma carta resposta apontando todas as modificações realizadas no projeto de pesquisa e no TCLE, conforme o pedido anterior. Um novo TCLE e projeto de pesquisa foram anexados e estão de acordo com as solicitações passadas.

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto encontra-se APROVADO para execução. Pedimos atenção aos seguintes itens:

1) De acordo com a Resolução CNS n.º 466/2012, o pesquisador deverá apresentar relatórios semestrais (parciais e final, em função da duração da pesquisa);

2) Eventuais emendas (modificações) ao protocolo devem ser apresentadas, com justificativa, ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada. Neste caso, o pesquisador deve aguardar nova aprovação do CEP para realizar os procedimentos de acordo com as mudanças solicitadas;

3) Sobre o TCLE: caso o termo tenha DUAS páginas ou mais, lembramos que no momento da sua assinatura, tanto o participante da pesquisa (ou seu representante legal) quanto o pesquisador responsável deverão RUBRICAR todas as folhas, colocando as assinaturas na última página;

4) Caso haja instituição(ões) coparticipante(s) no projeto, atender a solicitação da carta n.º 0212/CONEP/CNS, de 21 de outubro de 2010;

5) GARANTIR QUE NOS MOMENTOS DE ATIVIDADE FÍSICA SEMPRE HAJA PELO MENOS UM MEMBRO DA EQUIPE DE PESQUISA APTO A PRESTAR OS SOCORROS DE URGÊNCIA, INCLUSIVE MASSAGEM CARDÍACA E USO DO DEA, CASO NECESSÁRIO.

Continuação do Parecer: 2.519.699

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_538777.pdf	11/12/2017 13:49:47		Aceito
Outros	Carta_resposta_parecer.docx	11/12/2017 13:48:56	Vitor Luiz de Andrade	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_regular_v2_CEP.pdf	11/12/2017 13:48:00	Vitor Luiz de Andrade	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	11/12/2017 13:47:37	Vitor Luiz de Andrade	Aceito
Cronograma	Cronograma_regular.pdf	04/10/2017 14:26:00	Vitor Luiz de Andrade	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	11/05/2016 15:29:02	Vitor Luiz de Andrade	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

RIBEIRAO PRETO, 28 de Fevereiro de 2018

Assinado por:
Carlos Roberto Bueno Júnior (Coordenador)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - (TCLE)
(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)

Nós, Vitor Luiz de Andrade (pesquisador participante – Programa de Pós Graduação em Ciência da Motricidade), RG: 47.104.825-2 e Marcelo Papoti (orientador – Programa de Pós Graduação em Ciência da Motricidade), o convidamos a participar desta pesquisa de Doutorado que tem como finalidade encontrar de uma maneira mais simples a capacidade anaeróbia em nadadores, corredores e ciclistas. No entanto, você será avaliado na sua modalidade específica, se por ventura você for um triatleta, nós o convidamos a participar de quais modalidades você preferir.

RESUMO: A capacidade anaeróbia é difícil de ser encontrada, pois, para isso precisa de equipamentos muito grandes e que o nadador utilize desse equipamento durante o nado. Através desse estudo, iremos tentar encontrar a sua capacidade anaeróbia sem que você nade com o equipamento. Ao aceitar participar deste estudo você permitirá que o pesquisador avalie a capacidade anaeróbia de maneira simples. Dessa forma, o teu consumo de oxigênio será analisado por uma máscara que permitirá a sua respiração normalmente. Algumas pequenas gotas de sangue serão coletadas do lóbulo da orelha por um profissional habilitado e todos os materiais utilizados serão estéreis e descartáveis. Este estudo terá duração de 10 dias, visitas diárias ao laboratório de atividades aquáticas serão necessárias para obtenção dos dados de interesse dos pesquisadores. O laboratório de atividades aquáticas fica situado no Ginásio de Ginástica da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, o laboratório dispõe acesso a todas as ferramentas utilizadas na pesquisa (esteira motorizada, ciclo-simulador de ciclismo e piscina).

RISCOS: Os riscos de participar desse projeto são apenas aqueles que você já sente durante os treinos mais fortes que realiza (ex. náuseas e dores musculares). Para minimizar os riscos desse projeto, todos os cuidados com alimentação e descanso serão realizados. Além disso, há possíveis riscos de edema, inchaço ou até pequenos hematomas no lóbulo da orelha derivados

da coleta das gotas de sangue para análise do lactato sanguíneo. Entretanto, todos os membros da equipe de avaliação estão aptos a prestar os primeiros socorros caso seja necessário.

INDENIZAÇÃO: Haverá garantia de indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa conforme Leis vigentes no país.

BENEFÍCIOS: Os benefícios dessa pesquisa estão relacionados à possibilidade de avaliações mais simples da capacidade anaeróbia e de determinação de melhores intensidades para o seu treinamento. Durante todos os procedimentos controlaremos a sua frequência cardíaca e como você estará percebendo o esforço. Para isso, você irá indicar o número em uma escala numérica de 6 a 20 referente à sensação do esforço que você realizou (de muito, muito fraco [6] até exaustivo [20]).

DESPESAS: Você não terá nenhuma despesa ou remuneração ao participar desse projeto. Haverá ressarcimento com eventuais despesas tais como transporte e alimentação, caso seja necessário. Em qualquer momento da pesquisa você poderá retirar as suas dúvidas a respeito do projeto. Além disso, você é livre para se retirar a qualquer momento do estudo, sem nenhum prejuízo a sua pessoa.

CONFIDENCIALIDADE: Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente nós (pesquisador responsável e orientador) teremos conhecimento dos dados.

PARTICIPAÇÃO: Você tem liberdade de se recusar a participar e, ainda se recusar, a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para você. Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do pesquisador responsável ou orientador do projeto e, se necessário através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.

CONSENTIMENTO: Se você se sentir suficientemente esclarecido sobre essa pesquisa, seus objetivos, eventuais riscos e benefícios e confirmar maioridade (18 anos), o (a) convidamos a assinar esse Termo, elaborado em duas vias, sendo que uma ficará com você, e outra com o pesquisador responsável.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem: Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

Consentimento Livre e Esclarecido

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa.

_____

Nome do Participante da Pesquisa

_____

Assinatura do Participante da Pesquisa

_____

Assinatura do Pesquisador

_____

Assinatura do Orientador

Título do Projeto: Determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio por meio da técnica de retro extrapolação em nadadores, corredores e ciclistas.

Pesquisador Participante: Vitor Luiz de Andrade

Instituição: Universidade Estadual Paulista – Campus Rio Claro – Instituto de Biociência

Endereço: Avenida 24 A, 1515, CEP 13506-900, Rio Claro - SP

Dados para Contato: fone 018 – 991537349 e-mail: vitor.luiz.de.andrade@gmail.com

Pesquisador Responsável: Marcelo Papoti

Cargo/função: Orientador

Instituição: Universidade de São Paulo

Endereço: Av. Bandeirantes, 3900 – Monte Alegre – CEP 14040-907, Ribeirão Preto-SP

Dados para Contato: fone 016 – 3315-0529, e-mail: mpapoti@yahoo.com.br

Contato do Comitê de Ética responsável

Comitê de Ética em Pesquisa /Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto

Instituição: Universidade de São Paulo

Endereço: Av. Bandeirantes, 3.900 –

Dados para contato: Fone: 16-3315-0494, e-mail: cep90@usp.br