
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**DEMANDA METABÓLICA ANAERÓBIA EM INTENSIDADES MÁXIMA E
SUPRAMÁXIMAS DE NADO: COMPARAÇÃO ENTRE DISTÂNCIAS,
MÉTODOS E SEXOS**

DANILO ALEXANDRE MASSINI

Fevereiro – 2020

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**DEMANDA METABÓLICA ANAERÓBIA EM INTENSIDADES MÁXIMA E
SUPRAMÁXIMAS DE NADO: COMPARAÇÃO ENTRE DISTÂNCIAS,
MÉTODOS E SEXOS**

DANILO ALEXANDRE MASSINI

Orientador: Prof. Dr. Dalton Müller Pessoa Filho

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

Fevereiro – 2020

M418d	Massini, Danilo Alexandre Demanda metabólica anaeróbia em intensidades máxima e supramáximas de nado: comparação entre distâncias, métodos e sexos / Danilo Alexandre Massini. -- Rio Claro, 2020 146 f. : il., tabs. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientador: Dalton Müller Pessoa Filho 1. Déficit de oxigênio. 2. Consumo de oxigênio. 3. Demanda energética. 4. Metabolismo energético. 5. Natação. I. Título.
-------	--

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DEMANDA METABÓLICA ANAERÓBIA EM INTENSIDADES MÁXIMA E SUPRAMÁXIMAS DE NADO: COMPARAÇÃO ENTRE DISTÂNCIAS, MÉTODOS E SEXO

AUTOR: DANILO ALEXANDRE MASSINI

ORIENTADOR: DALTON MULLER PESSÔA FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO

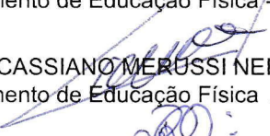
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP

Prof. Dr. BENEDITO SERGIO DENADAI

Departamento de Educação Física / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

Profa. Dra. FABIANA ANDRADE MACHADO

Departamento de Educação Física - Centro de Ciências da Saúde / Universidade Estadual de Maringá / PR



Prof. Dr. CASSIANO MERUSSI NEIVA

Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP

Prof. Dr. RENATO APARECIDO CORRÊA CARITÁ

Departamento de Educação Física / Faculdade de Americana - SP

Rio Claro, 05 de fevereiro de 2020

Dedicatória

*Dedico este trabalho aos meus pais e,
em especial à memória de minha irmã,
que descansa em paz, embora eu
saiba que sempre está ao meu lado.
Valeu Lê... o Doc é NOSSO!!!*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, aos meus pais que são exemplos de companheirismo e “Seres Humanos”, responsáveis pela minha formação ética e verdadeira, munida de conceitos e valores que sempre me engrandecem como pessoa. Também, por em todos momentos, sempre estarem prontos em atender meus chamamentos, ultrapassando muitos sacrifícios para vencerem as dificuldades e, assim proverem as condições necessárias para alcançar meus objetivos.

Ao Profº. Dr. Dalton Müller Pessôa Filho, pela amizade construída e por guiar-me nesta trajetória desde o Mestrado, com seus ensinamentos e orientações de um modo assertivo, coerente e rigoroso na construção do conhecimento. Agradeço cada aula, reunião, conversa, mensagem, enfim, todo o tempo que dedicou comigo. Sempre serei muito grato por tudo que fez!

Aos integrantes do Laboreh, pelas amizades construídas e todo companheirismo nessa trajetória.

A toda equipe de natação ABDA, tanto os nadadores quanto os treinadores. Agradeço todo esforço e dedicação para que este estudo fosse realizado. Espero retribuir-lhes de alguma forma.

RESUMO I: MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DA DEMANDA METABÓLICA ANAERÓBIA: MODELOS, RECOMENDAÇÕES E APLICAÇÕES AS PRÁTICAS ESPORTIVAS

A quantificação demanda metabólica anaeróbia fornece diretrizes relevantes para a elaboração do treinamento (REDKVA *et al.*, 2018; URSULA *et al.*, 2019) e, conseqüentemente, elaboração de estratégias de competições e predição de desempenho (ARCOVERDE *et al.*, 2017; CAMPOS *et al.*, 2017; URSULA *et al.*, 2019). Frequentemente, suas determinações são obtidas por estimativas indiretas (PANISSA *et al.*, 2018; ZIGNOLI *et al.*, 2019), devido os métodos diretos serem invasivos (biópsia muscular) (MILLER *et al.*, 1993; ZIGNOLI *et al.*, 2019) ou caros (imagem de ressonância magnética) (NOORDHOF *et al.*, 2013; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2017; ZIGNOLI *et al.*, 2019). Nesse sentido, são observados diferentes métodos de estimativa do metabolismo anaeróbio, embora ainda não há um consenso na literatura quanto a equidade desses métodos. Assim, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão de literatura sistemática para identificar os métodos de quantificação da demanda metabólica anaeróbia e, em seguida analisar estatisticamente somente os estudos que compararam esses métodos quanto as suas similaridades fisiológicas. A revisão sistemática seguiu as recomendações do PRISMA (MOHER *et al.*, 2009) e as buscas foram realizadas nas bases de dados da PubMed e ScienceDirect. A metanálise foi realizada através da *Forest-plot* e sua inconsistência (I^2) de acordo com Higgins *et al.* (2003). Verificou-se o risco de viés pelo *Funnel-plot* e sua significância estatística pelos testes de Begg-Mazumdar (BEGG & MAZUMDAR, 1994) e Egger (EGGER *et al.*, 1997). O nível de significância foi estabelecido em $\alpha \leq 0,05$. Foram elegíveis 25 estudos, com predominância da quantificação da demanda metabólica anaeróbia pelos métodos do déficit acumulado de O_2 (AOD) e do débito alático e láctico de O_2 (E_{An}) que apresentaram similaridades entre os métodos nas intensidades de maior ativação anaeróbia (110 a 115% $\dot{V}O_{2max}$) e nível de treinamento das populações analisadas, como também uma relação direta entre o metabolismo anaeróbio e massa muscular ativa ao confrontar o ciclismo com a corrida. A metanálise aplicada em 5 estudos considerou 7 comparações metodológicas e com base no modelo de efeitos aleatórios ($I^2 = 86,5\%$; $p < 0,001$) não houve efeito do método ($MD = 0,0027$; $IC_{95\%} = -0,2793 - 0,2848$; $z = 0,02$; $p = 0,985$) sobre a determinação da demanda anaeróbia, como

também não houve viés de publicação de acordo com os testes de Begg-Mazumdar ($p = 0,652$) e de Egger (Intercepto = $-0,22$; $t_{[5]} = 0,11$; $p = 0,917$). Dessa forma, observa-se uma equidade fisiológica com suporte estatístico entre os métodos de quantificação da demanda metabólica anaeróbia para as modalidades e intensidades analisadas.

Palavras-chave: Déficit de oxigênio, Demanda metabólica anaeróbia, Natação.

RESUMO II: COMPARAÇÃO DA DEMANDA ANAERÓBIA NA NATAÇÃO EM INTENSIDADES MÁXIMA E SUPRAMÁXIMAS: EFEITO DOS MÉTODOS, DISTÂNCIAS E SEXOS

Está bem estabelecido que na natação a contribuição alática alcança sua maior contribuição próximos aos 50m e a glicolítica anaeróbia é predominante nos 100 m (OGITA *et al.*, 2003). No entanto, pouco se sabe se as demandas de cada metabolismo apresentam respostas diferentes entre diferentes intensidades de nado e sexos. Assim, o presente estudo comparou os métodos do déficit acumulado de oxigênio (AOD) com o débito alático de oxigênio e resposta lactacidêmica (E_{An}) nas distâncias de 50, 100 e 200 metros e nos sexos, mais precisamente quanto as diferenças na composição corporal. Foram avaliados 13 nadadores homens ($16,7 \pm 1,9$ anos, $178,4 \pm 8,8$ cm e $70,8 \pm 10,6$ kg) e 13 nadadoras ($15,5 \pm 2,8$ anos, $162,9 \pm 7,6$ cm e $55,9 \pm 7,0$ kg). Todos foram submetidos a análise da composição corporal pelo método DXA, também realizaram o desempenho máximo de 50, 100 e 200 metros para determinação do acumulado de O_2 e um teste incremental máximo para a avaliação do $\dot{V}O_{2max}$ e obtenção da relação $\dot{V}O_2$ vs. velocidade em intensidades submáximas. A estimativa de AOD foi realizada pela comparação entre demanda e oferta de O_2 em cada distância. A curva de recuperação do O_2 , após cada distância de nado, estimou a contribuição alática. Enquanto que o equivalente de O_2 para a variação da resposta do lactato sanguíneo foi utilizada para reconstruir a demanda anaeróbia láctica. O teste *t-Student* comparou as médias de AOD e E_{An} para todo o grupo em cada distância. A ANOVA de duas vias conjugada ao teste Bonferroni comparou o perfil anaeróbio e metabolismos alático (E_{Al}) e láctico ($E_{[La^-]}$) entre os sexos para cada distância e cada método. A relação entre os métodos, metabolismo alático e os parâmetros massa (massa corpórea) da composição corporal (massa muscular corporal = $MM_{Corporal}$; massa muscular do tronco = MM_{Tronco} ; massa muscular do membro superior = MM_{MS} ; massa muscular do membro inferior = MM_{Mi} ; índice muscular corporal = IM e; índice muscular apendicular = IA) foram determinadas pelo coeficiente de Pearson. O nível de significância foi estabelecido em $\alpha \leq 0,05$. O $\dot{V}O_{2max}$ foi $57,9 \pm 6,6$ mL O_2 ·kg $^{-1}$ ·min $^{-1}$ nos homens e $55,6 \pm 6,6$ mL O_2 ·kg $^{-1}$ ·min $^{-1}$ nas mulheres. A demanda anaeróbia para o grupo todo, apresentou diferenças ao comparar o AOD e E_{An} nas distâncias de 50, 100 e 200m tanto em mL O_2 ·kg $^{-1}$ ($p = 0,000$ para todas distâncias), como também em percentual de

contribuição ($p = 0,000$ para todas distâncias). Quando comparados, os métodos em cada sexo, foram verificados para os homens diferenças nos 50m ($19,6 \pm 2,4$ vs. $50,4 \pm 7,0$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; $p = 0,000$; respectivamente), 100m ($29,6 \pm 6,9$ vs. $58,7 \pm 13,3$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; $p = 0,000$; respectivamente) e 200m ($43,23 \pm 9,07$ vs. $59,1 \pm 9,4$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; $p = 0,000$; respectivamente). Do mesmo modo, isso foi mantido para as mulheres nos 50m ($24,9 \pm 5,5$ vs. $47,7 \pm 7,5$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; $p = 0,000$; respectivamente) e 100m ($35,9 \pm 7,7$ vs. $53,6 \pm 11,2$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; $p = 0,000$; respectivamente), exceto para os 200m ($52,52 \pm 11,60$ vs. $55,7 \pm 7,6$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; $p = 0,406$; respectivamente). Ao comparar os sexos por método, encontraram-se diferenças para o AOD nos 50m ($p = 0,341$), 100m ($p = 0,301$) e 200m ($p = 0,318$) com maiores valores nas mulheres comparados aos homens, decorrente do maior tempo de esforço para cada distância nas mulheres. Quanto ao método E_{An} , não foram observadas diferenças nos 50m ($p = 0,004$), 100m ($p = 0,040$) e 200m ($p = 0,032$) ao comparar os sexos e valores superiores foram verificados em homens. O E_{Ai} diferiu entre as distâncias de 50m e 200m ($p = 0,006$), porém não entre os 100m em relação aos 50m ($p = 1,000$) e 200m ($p = 0,245$). Quando analisado isoladamente para cada sexo, este diferiu nos homens entre 50m e os 200m ($p = 0,040$), mas não entre os 100m comparados aos 50m ($p = 1,000$) e aos 200m ($p = 0,758$). Quanto as mulheres, não observaram-se diferenças entre os 50m em relação aos 100m ($p = 1,000$) e aos 200m ($p = 0,107$), com também entre os 100m e 200m ($p = 0,525$). Por fim, verificou-se diferenças entre os sexos nos 200m ($p = 0,043$), embora não nos 50m ($p = 0,75$) e nos 100m ($p = 0,130$). O $E_{[La^+]}$ para todo o grupo diferiu entre os 50m com os 100m ($p = 0,000$) e com os 200m ($p = 0,004$), como também entre os 100m e 200m ($p = 0,033$). Quanto analisado isoladamente para cada sexo, verificou-se diferença entre os 50m e 100m para os homens ($p = 0,000$) e para as mulheres ($p = 0,000$). Quando comparados os 50m e 200m, não verificou-se para os homens ($p = 0,066$), mas sim para as mulheres ($p = 0,034$). Para os 100m e 200m, não houve diferença para os homens ($p = 0,085$), tampouco para as mulheres ($p = 0,388$). Por fim, não observaram diferenças entre os sexos nos 50m ($p = 0,402$), 100m ($p = 0,730$) e 200m ($p = 0,298$). As correlações inversas entre o AOD com a composição corporal ponderada pelo sexo (MC , $MM_{Corporal}$, MM_{Tronco} , MM_{MS} , MM_{MI} , IM e IA) nas distâncias 50 (r : -0,65; -0,63; -0,62; -0,57; -0,63; -0,58; -0,58; respectivamente), 100m (r : -0,51; -0,48; -0,46; -0,40; -0,46; -0,40; -0,40; respectivamente) e 200m (r : -0,52; -0,64; -0,50; -0,46; -0,53; -0,43; -0,45; respectivamente) refletiram que a quantidade de massa magra

implica em um menor AOD, independentemente da distância de nado. Para o método E_{An} , relação do 200m com o MM_{Tronco} (r : 0,34), MM_{MS} (r : 0,35) e IM (r : 0,36), como também desses parâmetros (MM_{Tronco} , MM_{MS} e IM) além do MM_{MI} e IA com E_{AI} nessa mesma distância de nado (r : 0,41; 0,44; 0,39; 0,40; 0,36; respectivamente), caracterizam a dependência do desempenho em evento com predomínio aeróbio com a massa muscular e, deste por sua vez, com a reservas de fosfocreatina muscular. Desse modo, verificou-se na natação que há efeito do método sobre a demanda anaeróbia nas intensidades analisadas para ambos os sexos, como também isoladamente por sexo, exceto para as mulheres nos 200m. As diferentes intensidades de nado analisada por sexo apresentaram efeitos sobre o AOD. Porém, para o E_{An} , verificou-se efeito somente entre os 50m e 200m, sendo que os 100m não diferiram das demais distâncias em ambos os sexos. Por fim, o sexo apresentou efeito sobre o AOD, porém não sobre o E_{An} , independente da intensidade de nado avaliada.

Palavras-chave: Déficit de oxigênio, Consumo de oxigênio, Demanda energética, Lactato sanguíneo, Natação.

ABSTRACT I: QUANTIFICATION METHODS OF ANAEROBIC METABOLIC DEMAND: MODELS, RECOMMENDATIONS AND APPLICATIONS SPORTS PRACTICES

Anaerobic metabolic demand quantification provides relevant guidelines for the training's elaboration (REDKVA *et al.*, 2018; URSULA *et al.*, 2019) and, consequently, the elaboration of competition strategies and performance prediction (ARCOVERDE *et al.*, 2017; CAMPOS *et al.*, 2017; URSULA *et al.*, 2019). Frequently, their determinations are obtained by indirect estimates (PANISSA *et al.*, 2018; ZIGNOLI *et al.*, 2019), because direct methods are invasive (muscle biopsy) (MILLER *et al.*, 1993; ZIGNOLI *et al.*, 2019). or expensive (magnetic resonance imaging) (NOORDHOF *et al.*, 2013; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2017; ZIGNOLI *et al.*, 2019). In this sense, different methods of anaerobic metabolism's estimation are observed, although there is still no consensus in the literature regarding the equity of these methods. Thus, the aim of the present study was to conduct a systematic review to identify methods for quantifying anaerobic metabolic demand and then to statistically analyze only those studies that compared these methods for their physiological similarities. The systematic review followed PRISMA recommendations (MOHER *et al.*, 2009) and searches were performed in the PubMed and ScienceDirect databases. The meta-analysis was performed by Forest-plot and its inconsistency (I^2) according to Higgins *et al.* (2003). The risk of bias was analyzed by Funnel-plot and its statistical significance were verified by the Begg-Mazumdar (BEGG & MAZUMDAR, 1994) and Egger (EGGER *et al.*, 1997) tests. The level of significance was set at $\alpha \leq 0.05$. Twenty-five studies were eligible, with predominance of the quantification of anaerobic metabolic demand by the accumulated O_2 deficit (O_2D) and lactic and lactic O_2 debt (E_{An}) methods that showed similarities between the methods in the intensities of higher anaerobic activation (110 to 115% $\dot{V}O_{2max}$) and training level of the analyzed populations, as well as a direct relationship between anaerobic metabolism and active muscle mass when confronting cycling with running. The meta-analysis applied in 5 studies considered 7 methodological comparisons and based on the random effects model ($I^2 = 86.5\%$; $p < 0.001$) there was no effect of the method ($MD = 0.0027$; $CI_{95\%} = -0.2793 - 0.2848$; $z = 0.02$; $p = 0.985$) on the determination of anaerobic demand, as well as no publication bias according to the Begg-Mazumdar ($p = 0.652$) and Egger (Intercept = -0.22 ; $t_{[5]} =$

0.11; $p = 0.917$). Thus, there is a physiological equity with statistical support between the methods of quantifying anaerobic metabolic demand for the modalities and intensities analyzed.

Keywords: Oxygen deficit, Anaerobic metabolic demand, Swimming.

ABSTRACT II: COMPARISON OF THE ANAEROBIC DEMAND IN SWIMMING AT MAXIMUM AND SUPRAMAXIMUM INTENSITIES: EFFECT OF METHODS, DISTANCES AND SEXES

It is well established that in swimming the alactic contribution reaches its highest contribution close to 50m and anaerobic glycolytic is predominant at 100m (Ogita et al., 2003). However, little is known if the demands of each metabolism present different responses between different swimming intensities and sexes. Thus, the present study compared the methods of accumulated oxygen deficit (AOD) with alactic O₂ debt and lactacidemic response (E_{An}) at distances of 50, 100 and 200 meters and in the sexes, more precisely as to differences in body composition. Thirteen male swimmers (16.7 ± 1.9 years, 178.4 ± 8.8 cm and 70.8 ± 10.6 kg) and 13 female swimmers (15.5 ± 2.8 years, 162.9 ± 7.6 cm and 55.9 ± 7.0 kg). All underwent body composition analysis by the DXA method, they also performed the maximum performance of 50, 100 and 200 meters to determine the accumulated O₂ and a maximum incremental test to evaluate the $\dot{V}O_{2max}$ and obtain the $\dot{V}O_2$ vs. velocity relationship at submaximal intensities. The estimate of AOD was performed by comparing demand and supply of O₂ at each distance. The O₂ recovery curve after each swimming distance estimated the alactic contribution. While the O₂ equivalent for blood lactate response variation was used to reconstruct lactic anaerobic demand. Student's t-test compared the means of AOD and E_{An} for the entire group at each distance. Two-way ANOVA combined with the Bonferroni test compared anaerobic profile and alactic (E_{Al}) and lactic ($E_{[La]}$) metabolism between sexes for each distance and each method. The relationship between methods, alactic metabolism and body mass (BM) and composition parameters (body muscle mass = MM_{Body} ; trunk muscle mass = MM_{Trunk} ; upper limb muscle mass = MM_{UL} ; lower limb muscle mass = MM_{LL} ; body muscle index = MI e; appendicular muscle index = AI) were determined by Pearson's coefficient. The level of significance was set at $\alpha \leq 0.05$. The $\dot{V}O_{2max}$ was 57.9 ± 6.6 mL O₂·kg⁻¹·min⁻¹ in men and 55.6 ± 6.6 mL O₂·kg⁻¹·min⁻¹ in women. Anaerobic demand for the whole group showed differences when comparing AOD and E_{An} at distances of 50, 100 and 200m in mL O₂·kg⁻¹ ($p = 0.000$ for all distances), as well as in percentage of contribution ($p = 0.000$ for all distances). When compared, the methods in each sex, differences were found for men in the 50m (19.6 ± 2.4 vs. 50.4 ± 7.0 mL O₂·kg⁻¹; $p = 0.000$; respectively), 100m (29.6 ± 6.9

vs. $58.7 \pm 13.3 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$; $p = 0.000$; respectively) and 200m (43.23 ± 9.07 vs. 59.1 ± 9 , $4 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$; $p = 0.000$, respectively). Similarly, this was maintained for women at 50m (24.9 ± 5.5 vs. $47.7 \pm 7.5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$; $p = 0.000$; respectively) and 100m (35.9 ± 7.7 vs. $53.6 \pm 11.2 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$; $p = 0.000$, respectively), except for the 200m (52.52 ± 11.60 vs. $55.7 \pm 7.6 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$; $p = 0.406$; respectively). When comparing the sexes by method, differences were found for AOD at 50m ($p = 0.341$), 100m ($p = 0.301$) and 200m ($p = 0.318$) with higher values in women compared to men, due to longer effort time for each distance in women. Regarding the E_{An} method, no differences were observed at 50m ($p = 0.004$), 100m ($p = 0.040$) and 200m ($p = 0.032$) when comparing the sexes and higher values were found in men. The E_{Ai} differed between the distances of 50m and 200m ($p = 0.006$), but not between the 100m compared to 50m ($p = 1.000$) and 200m ($p = 0.245$). When analyzed separately for each sex, it differed in men between 50m and 200m ($p = 0.040$), but not between 100m compared to 50m ($p = 1.000$) and 200m ($p = 0.758$). As for women, there were no differences between 50m in relation to 100m ($p = 1.000$) and 200m ($p = 0.107$), as well as between 100m and 200m ($p = 0.525$). Finally, there were differences between sexes at 200m ($p = 0.043$), although not at 50m ($p = 0.75$) and 100m ($p = 0.130$). The $E_{[La]}$ for the whole group differed between 50m with 100m ($p = 0.000$) and 200m ($p = 0.004$), as well as between 100m and 200m ($p = 0.033$). When analyzed separately for each sex, there was a difference between 50m and 100m for men ($p = 0.000$) and for women ($p = 0.000$). When comparing the 50m and 200m, it was not found for men ($p = 0.066$), but for women ($p = 0.034$). For the 100m and 200m, there was no difference for men ($p = 0.085$), nor for women ($p = 0.388$). Finally, there were no differences between sexes at 50m ($p = 0.402$), 100m ($p = 0.730$) and 200m ($p = 0.298$). The inverse correlations between AOD and sex-weighted body composition (BM, MM_{Body} , MM_{Trunk} , MM_{UL} , MM_{LL} , MI and AI) at distances 50 (r : -0.65; -0.63; -0.62; -0.57; -0.63; -0.58; -0.58; respectively), 100m (r : -0.51; -0.48; -0.46; -0.40; -0.46; -0.40; -0.40; respectively) and 200m (r : -0.52; -0.64; -0.50; -0.46; -0.53; -0.43; -0.45; respectively) reflected that the amount of lean mass implies a lower AOD, regardless of swimming distance. For the E_{An} method, 200m relationship with MM_{Trunk} (r : 0.34), MM_{UL} (r : 0.35) and MI (r : 0.36), as well as these parameters (MM_{Trunk} , MM_U and MI) besides the MM_{LL} and AI with E_{Ai} at this same swimming distance (r : 0.41; 0.44; 0.39; 0.40; 0.36, respectively) characterize the dependence of performance on aerobic predominance event with muscle mass. and this in turn with the muscle

phosphocreatine reserves. Thus, it was verified in swimming that there is an effect of the method on the anaerobic demand in the analyzed intensities for both sexes, as well as separately by sex, except for women in 200m. The different swimming intensities analyzed by sex had effects on AOD. However, for E_{An} , there was an effect only between 50m and 200m, and 100m did not differ from the other distances in both sexes. Finally, sex had an effect on AOD, but not on E_{An} , regardless of the swimming intensity evaluated.

Keywords: Oxygen deficit, Oxygen consumption, Energy demand, Blood lactate, Swimming.

LISTA DE ABREVIATURAS

Lista de abreviaturas empregadas no texto, descritas em ordem alfabética

Sigla	Descrição	Sigla	Descrição
% Δ (delta)	diferença % entre o $\dot{V}O_2$ no LL e o $\dot{V}O_{2max}$ ($\Delta\dot{V}O_{2LL} - \dot{V}O_{2max}$)	ICC	coeficiente de correlação intraclasse
%G	percentual de gordura	IM	índice muscular corporal
[La ⁻]	concentração de lactato	i $\dot{V}O_{2max}$	intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio
[La ⁻] _{pico}	concentração de lactato pico	J	joule
[La ⁻] _{rep}	concentração de lactato em repouso	k	quilo
Δ [La ⁻]	concentração líquida de lactato	kg	quilogramas
$\cong$	Aproximadamente igual	L	litros
A	amplitude	LL	limiar de lactato
A ₁	amplitude da assíntota do componente rápido da resposta do $\dot{V}O_2$	LO ₂	litros de oxigênio
A ₂	amplitude da assíntota do componente lento da resposta do $\dot{V}O_2$	LPG	limiar de permuta gasosa
ADP	difosfato adenosina	m	metro
AMP	monofosfato de adenosina	MAF	força aeróbia máxima
AOD	déficit acumulado de oxigênio	MC	massa corpórea
ATP	trifosfato de adenosina	MCV	máxima contração voluntária
Ca ⁺²	cálcio	MG	massa gorda
CK	creatina quinase	MAOD	máximo acumulado déficit de O ₂
CL $\dot{V}O_2$	componente lento do $\dot{V}O_2$	MAOD _{ALT}	(A _{10ff} · T _{10ff}) + Δ [La ⁻]
CT	corpo todo	MI	membro inferior
CV	Coeficiente de variação	min	minuto
E _[La⁻]	componente láctico em Eq. de O ₂	mL	mililitro
E _{Al}	componente alático de O ₂	mLO ₂	mililitro de oxigênio
E _{An}	demanda energética anaeróbia	mm	milímetro
EE $\dot{V}O_2$	consumo de O ₂ ao final do exercício	MM	massa magra
Eq. O ₂	equivalentes de oxigênio	MM _{corporal}	massa magra corporal sem osso
g	gramas	MM _{MS}	massa magra sem osso do membro superior
Hg	mercúrio	MO	massa óssea
IA	índice muscular apendicular	MRT	tempo médio de resposta
IC	Intervalo de confiança	MS	membro superior

MT	massa total	v100m	velocidade respectiva ao desempenho máximo em 100 metros no nado livre
N	Newtons	v200m	velocidade respectiva ao desempenho máximo em 200 metros no nado livre
O ₂	oxigênio	v50m	velocidade respectiva ao desempenho máximo em 50 metros no nado livre
O ₂ D	déficit de oxigênio	VC	velocidade crítica
PC	potência crítica	s	segundo
PCr	creatina fosfato	$\dot{V}O_2$	consumo pulmonar de oxigênio
Pi	fosfato inorgânico	$\dot{V}O_{2Ac}$	consumo de oxigênio acumulado durante o exercício
Pmax	potência máxima	$\dot{V}O_{2base}$	consumo de oxigênio do início do exercício ou recuperação
t	tempo	$\dot{V}O_{2max}$	consumo máximo de oxigênio
TD	tempo de atraso na resposta (time delay)	$v\dot{V}O_{2max}$	velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio
TD ₁	início do componente rápido da cinética do $\dot{V}O_2$	W	Watts (unidade de potência)
TD ₂	início do componente lento da cinética do $\dot{V}O_2$	τ	constante de ajuste temporal
TIE	teste incremental escalonado	τ_1	constante de ajuste temporal do componente rápido da resposta do $\dot{V}O_2$
t _{Lim}	tempo de exaustão	τ_2	constante de ajuste temporal do componente lento da resposta do $\dot{V}O_2$

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1.** Exemplo do déficit de O_2 em Eq. de O_2 durante exercício de 7 minutos no domínio severo. Parâmetros temporais e de amplitude da cinética do $\dot{V}O_2$ foram obtidos por ajuste monoexponencial a partir do início do esforço .. 27
- Figura 2.2.** Painel A: relação entre intensidade do exercício e demanda de O_2 . Painel B: Déficit acumulado de O_2 é calculado como a diferença entre a demanda de O_2 e o O_2 consumido 31
- Figura 2.3.** Exemplo do E_{An} em Eq. de O_2 durante exercício no domínio severo. Parâmetros temporais e de amplitude da cinética do $\dot{V}O_2$ foram obtidos por ajuste biexponencial a partir do início da recuperação. MC = 55,0 kg; $\Delta[La^-] = 8,11 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; $1,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} [La^-]$ equivale à $2,72 \text{ mL}O_2\cdot\text{kg}^{-1}$ 37
- Figura 6.1.** Diagrama de fluxo de estudo do PRISMA 56
- Figura 6.2.** Valores da demanda anaeróbia (média e $IC_{95\%}$). ^A110%, ^B112,5%, ^C115% e ^D120% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ e $i\dot{V}O_{2\text{max}}$. A linha tracejada representa a mediana dos estudos 74
- Figura 6.3.** *Forest plot* demanda anaeróbia através da diferença das médias. Cada ponto representa a diferença da média e $IC_{95\%}$ dos métodos E_{An} e AOD de uma comparação. A linha vertical representa ausência de efeito. IC = intervalo de confiança 75
- Figura 6.4.** *Funnel plot* das diferenças das médias versus o erro padrão para cada comparação dos métodos E_{An} e AOD 76
- Figura 7.1.** Delineamento experimental. **Painel A – Protocolo I:** Teste de 200m para determinação da velocidade média dos 200m. **Painel B – Protocolo II:** Teste Incremental Escalonado máximo (TIE). **Painel C – Protocolo III:** Testes de desempenho de nado nas distâncias de 50, 100 e 200 metros 88

Figura 7.2. Perfil do $\dot{V}O_2$ respiração-a-respiração durante o TIE (Painel A) e pelo ajuste linear da resposta do $\dot{V}O_2$ em cada patamar de esforço (Painel B), de uma nadadora (#18). Para o grupo, o ajuste realizado mostrou-se satisfatório, de acordo com os valores de R^2 (H: $0,99 \pm 0,01$; M: $1,00 \pm 0,00$), com a duração dos estágios empregados (H: $243,3 \pm 13,6$ a $198,1 \pm 11,7$ s; M: $273,2 \pm 12,4$ a $219,4 \pm 9,8$ s), e intensidade do exercício (H: $79,5 \pm 4,4$ a $97,5 \pm 3,3$ % $\dot{V}O_{2max}$; M: $55,9 \pm 2,4$ a $91,5 \pm 4,0$ % $\dot{V}O_{2max}$) 95

Figura 7.3. Perfil do AOD e E_{An} para as distâncias de 50 metros (Painel A e B), 100 metros (Painel C e D) e 200 metros (Painel E e F), em uma nadadora (#18); AOD = Déficit Acumulado de O_2 ; E_{An} = Eq. de O_2 para contribuição anaeróbia 96

Figura 7.4. Valores de AOD e E_{An} em $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ (Painel A) e fração anaeróbia (Painel B) nas distâncias de 50, 100 e 200 metros. Valores em média $\pm$ DP. AOD = Déficit Acumulado de O_2 . E_{An} = Eq. de O_2 para contribuição anaeróbia. Detalhes da análise estatística estão no texto 97

Figura 7.5. Valores de AOD e E_{An} em $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ por métodos, distâncias e sexos. Valores em média $\pm$ DP. AOD = Déficit Acumulado de O_2 . E_{An} = Eq. de O_2 para contribuição anaeróbia; $\dagger$ diferenças entre métodos ($p < 0,05$); # diferenças entre as distâncias ($p < 0,05$); * diferenças entre os sexos ($p < 0,05$). Detalhes da análise estatística estão no texto 99

Figura 7.6. Valores do E_{Al} e $E_{[La^-]}$ em $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ nas distâncias para todo o grupo (Painel A e C) e por sexo (Painel B e D). Valores em média $\pm$ DP. E_{Al} = Débito alático de O_2 . $E_{[La^-]}$ = Eq. de O_2 para a contribuição láctica. * diferenças entre as distâncias ($p < 0,05$); # diferenças entre os sexos ($p < 0,05$). Detalhes da análise estatística estão no texto 101

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1: Qualidade metodológica dos estudos incluídos	57
Tabela 6.2: Quantificação anaeróbia no ciclismo pelo método E_{An}	58
Tabela 6.3: Quantificação anaeróbia na corrida pelo método E_{An}	62
Tabela 6.4: Quantificação anaeróbia em diferentes modalidades pelo método E_{An}	66
Tabela 6.5: Quantificação anaeróbia em diferentes modalidades pelo método AOD	68
Tabela 6.6: Quantificação anaeróbia em diferentes modalidades pela cinética do $\dot{V}O_2$ no início do exercício pelo método do O_2D	71
Tabela 7.1. Valores de dispersão e amplitude para a determinação de AOD e E_{An} em $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ e percentual de contribuição anaeróbia nas distâncias de 50, 100 e 200 metros	98
Tabela 7.2. Valores de dispersão e amplitude para a determinação de AOD e E_{An} em $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ por sexo nas distâncias de 50, 100 e 200 metros	100
Tabela 7.3. Valores de dispersão e amplitude para a estimativa do E_{Al} e $E_{[La^-]}$ em $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ por sexo e grupo todo nas distâncias de 50, 100 e 200 metros	102
Tabela 7.4. Matriz de correlação linear de Pearson ponderada pelo sexo entre os parâmetros da composição corpórea vs. os métodos de determinação da demanda anaeróbia (AOD e E_{An}) e metabolismos anaeróbios alático (E_{Al}) e láctico ($E_{[La^-]}$) nas distâncias de 50, 100 e 200 metros	104

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1. METABOLISMO ANAERÓBIO	25
2.1.1. IMPORTÂNCIA DO METABOLISMO ANAERÓBIO NA NATAÇÃO .	26
2.2. DÉFICIT DE OXIGÊNIO (O ₂ D)	26
2.3. DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (AOD)	29
2.4. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DO DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (AOD)	30
2.4.1. DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (AOD) NA NATAÇÃO	33
2.5. MÉTODO DO DÉBITO DE O ₂ ALÁTICO E LÁCTICO	36
2.5.1. VALIDADE DO DÉBITO DE O ₂ ALÁTICO E LÁCTICO	38
2.5.2. DÉBITO DE O ₂ ALÁTICO E LÁCTICO NA NATAÇÃO	40
2.6. COMPOSIÇÃO CORPORAL	41
2.6.1. DIFERENÇAS DA COMPOSIÇÃO CORPORAL ENTRE OS SEXOS	42
3. JUSTIFICATIVA	48
4. OBJETIVOS	50
4.1. Objetivo Geral	50
4.2. Objetivos específicos	50
5. HIPÓTESES	51
6. ESTUDO I	52
6.1. INTRODUÇÃO	52
6.2. MÉTODOS	53

6.2.1. Critérios de Seleção dos artigos	54
6.2.2. Extração dos dados	54
6.2.3. Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés	54
6.2.4. Seleção dos artigos	55
6.5.5. Metanálise	55
6.3. RESULTADOS	72
6.4. DISCUSSÃO	76
6.4.1. Déficit acumulado de oxigênio (AOD) em desempenhos máximos e supramáximos	77
6.4.2. Componentes alático e láctico em equivalentes de oxigênio durante desempenhos máximos e supramáximos	78
6.4.3. Equivalência entre os métodos AOD e E_{An} de determinação da demanda anaeróbia durante esforço supramáximo	80
6.4.4. Considerações metodológicas sobre a determinação da demanda anaeróbia pelos métodos AOD e E_{An}	80
6.4.5. Limitações do Estudo	83
6.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
7. ESTUDO II	85
7.1. INTRODUÇÃO	85
7.2. MÉTODOS	86
7.2.1. Participantes	86
7.2.2. Delineamento Experimental	87
7.2.3. Composição Corporal Total	89
7.2.4. Parâmetros Fisiológicos	89
7.2.5. Teste Incremental Escalonado (TIE) e determinação do $\dot{V}O_{2max}$	90
7.2.6. Teste de Desempenho	90

7.2.7. Determinação da contribuição aeróbia e déficit acumulado de O ₂ (AOD)	90
7.2.8. Modelagem da cinética da curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_2$ <i>Off-Transients</i>)	91
7.2.9. Modelagem da demanda energética anaeróbia em equivalente de O ₂	92
7.2.10. Tratamento Estatístico	93
7.3. RESULTADOS	94
7.4. DISCUSSÃO	105
7.4.1. Efeito do método de determinação sobre a demanda anaeróbia em diferentes intensidades de nado	105
7.4.2. Efeito do sexo sobre a determinação da demanda metabólica anaeróbia em diferentes intensidades de nado	111
7.4.2.1. Efeito do sexo sobre o método AOD	112
7.4.2.2. Efeito do sexo sobre o método E_{An}	114
7.4.3. Limitações do Estudo	117
7.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	118
8. REFERÊNCIAS	119
9. ANEXO	141
ANEXO I. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	141
ANEXO II. TERMO DE ASSENTIMENTO	143

1. INTRODUÇÃO

A produção de trifosfato de adenosina (ATP) ocorre por vias anaeróbias (alática e láctica) e aeróbia (BARKER *et al.*, 2010; BARCLAY, 2017). Predominantemente, no início da atividade são consumidos os estoques musculares de ATP e PCr em conjunto com as reservas sanguíneas (hemoglobina e mioglobina) de O₂ (KROG & LINDHARD, 1920; BARSTOW *et al.*, 1993; DI PRAMPERO & FERRETTI, 1999; GASTIN, 2001; ROSSITER *et al.*, 2003; BARKER *et al.*, 2010; BROOK, 2012; BARCLAY, 2017). No entanto, o metabolismo alático apresenta redução significativa após $\cong 15$ s de atividade (BANGSBO *et al.*, 2001; BAKER *et al.*, 2010; BARCLAY, 2017). Em seguida, o metabolismo glicolítico através da glicólise anaeróbia reduz uma molécula de glicose à piruvato (PILEGAARD *et al.*, 1999; BARKER *et al.*, 2010; BARCLAY, 2017), e este por sua vez, sob alta e imediata demanda é reduzido a ácido láctico por via anaeróbia ou caso a necessidade seja mais lenta, o piruvato segue a via aeróbia, que é mais eficiente comparada a anaeróbia (BARKER *et al.*, 2010).

A contribuição anaeróbia quantificada relativamente à demanda energética total, apresenta predomínio em esforços com duração menor de $\cong 1$ min (SERRESSE *et al.*, 1988; ZAMPARO *et al.*, 2000; GASTIN, 2001; OGITA *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2010a; PEYREBRUNE *et al.*, 2012), sendo corroborados na natação por Figueiredo *et al.* (2011) e Campos *et al.* (2017). No entanto, sua maior contribuição bruta ocorre em eventos entre 2 – 3 min (MEDBO *et al.*, 1988; REIS *et al.*, 2010a; MIYAGI *et al.*, 2017; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2016; CAMPOS *et al.*, 2017; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2017), caracterizado na natação, no desempenho em distâncias de 50, 100 e 200m (OGITA *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2010a; KALVA-FILHO *et al.*, 2016; CAMPOS *et al.*, 2017). Quanto a equidade anaeróbia-aeróbia, Ogita *et al.*, (2003) e Campos *et al.* (2017) verificaram sua ocorrência em esforços de $\cong 1$ min de duração.

Para sua quantificação são observados diferentes métodos (DI PRAMPERO, 1981; MEDBO *et al.*, 1988; DEMARLE *et al.*, 2001). O déficit acumulado de O₂ (AOD), estima a participação anaeróbia pela diferença algébrica entre a demanda prevista e o consumo de O₂ para uma intensidade (MEDBO *et al.*, 1988). Outros dois métodos utilizam parâmetros temporais e de magnitudes da cinética do $\dot{V}O_2$ (BARSTOW *et al.*, 1993; BEARDEN & MOFFATT, 2000; DEMARLE *et al.*, 2001; REYBROUCK *et al.*, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003): (1) o déficit de O₂ (O₂D), que

em indivíduos saudáveis, refere-se ao tempo de ajuste do sistema oxidativo alcançar a demanda metabólica em um exercício constante (SAHLIN *et al.*, 1988; BARSTOW *et al.*, 1993; BEARDEN & MOFFATT, 2000; DEMARLE *et al.*, 2001; WHIPP *et al.*, 2002; REYBROUCK *et al.*, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003), e (2) o débito de O₂ alático e láctico (E_{An}) (MARGARIA *et al.*, 1933), que são quantificados separadamente, sendo o débito alático de O₂ (E_{Al}) obtido pelo componente rápido da cinética de recuperação da curva de O₂ (ROBERTS & MORTON, 1978; BENEKE *et al.*, 2002; GUIDETTI *et al.*, 2008) e o láctico pelo produto da concentração líquida de lactato e um coeficiente de conversão em Eq de O₂ (MARGARIA *et al.*, 1963; CERRETELLI *et al.*, 1964; CERRETELLI *et al.*, 1967; MARGARIA *et al.*, 1971; GLADDEN & WELCH, 1978; DI PRAMPERO & FERRETTI, 1999).

Valores da capacidade anaeróbia máxima determinados pelo AOD (t_{Lim} entre 120 – 180s) apresentam dependência da modalidade, com valores superiores demonstrados por Medbo *et al.* (1988) Scott *et al.* (1991) na corrida entre 56 – 78 mL O₂·kg⁻¹, similares no cicloergômetro encontrados por Gardner *et al.* (2003) de 52,3 + 11,7 mL O₂·kg⁻¹ e por Muniz-Pumares *et al.* (2017) em 53,65 ± 11,86 mL O₂·kg⁻¹. Do mesmo modo, verificam-se valores superiores em homens comparados às mulheres, no cicloergômetro (53 – 59 vs. ≈39 mL O₂·kg⁻¹, respectivamente) (MEDBO & TABATA, 1989; WEYAND *et al.*, 1993) como também na natação 53,3 vs. 42,7 mL O₂·kg⁻¹, respectivamente (OGITA *et al.*, 1996). Essa tendência de resultado, também é verificada no método E_{An}, como demonstrado por Redkva *et al.* (2018) ao encontrar valores na corrida superiores aos do ciclismo (54,0 ± 6,0 vs. 49,2 ± 6,1 mL O₂·kg⁻¹, respectivamente). Embora isso é esperado, devido os estudos de Bertuzzi *et al.* (2010) e Miyagi *et al.* (2017) no cicloergômetro e de Zagatto *et al.* (2016a) na corrida, não encontraram diferenças aos comparar esses métodos. Desse modo, pode-se inferir que a capacidade anaeróbia é dependente da quantidade de massa muscular ativa, como demonstrado ao alterar o padrão mecânico (inclinação da esteira) (SLONIGER *et al.*, 1997), confrontar modalidades (HILL & VILGREN, 2014; REDKVA *et al.*, 2018) ou comparar os sexos (WEBER & SCHNEIDER, 2002; DE POLI *et al.*, 2019b).

Nesse sentido, surge a necessidade de esclarecimentos de dois questionamentos sobre a quantificação da demanda anaeróbia: (i) se há equivalência estatística entre os métodos AOD e E_{An} em diferentes modalidades esportivas, sob diferentes intensidade de ativação metabólica e estados de

treinamento e; (ii) se há efeito do sexo, sobretudo dos parâmetros da composição corporal (MM_{Corporal} , MM_{MS} ; IM e IA) sobre esses métodos. Para a questão metodológica independente do sexo, recentemente de Poli *et al.* (2019a) ratificaram os resultados de Zagatto *et al.* (2016a) em homens na corrida à 115% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ ao verificarem semelhanças entre MAOD e o E_{An} . No entanto, esse estudo não analisou essa semelhança metodológica sob diferentes sexos e intensidades de esforço. Quanto a comparação entre os sexos, de Poli *et al.* (2019b) verificaram na corrida à 115% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ que a quantidade de massa muscular ativa apresenta efeito sobre E_{An} , embora não analisaram nenhum parâmetro da composição corporal, como também outras intensidades ou ainda esse efeito do sexo sobre o AOD. Quanto aos parâmetros da composição corporal, Siders *et al.* (1993) verificaram na natação correlações inversas entre o desempenho em 100 jardas e a massa magra corporal em homens (r : -0,72) e mulheres (r : -0,65), para 200 jardas Lowensteyn *et al.* (1994) afirmaram que a variação da massa gorda explica $\cong 41$ da variação do tempo e, Pessoa Filho *et al.* (2016) verificaram correlações da v200m como massa magra corporal (r : 0,74) e regional do tronco (r : 0,75), membro superior (r : 0,76) e inferior (r : 0,69).

Todavia, tanto a diversidade de métodos para a determinação da demanda anaeróbia, quanto de procedimentos adotados para a avaliação do AOD e E_{An} são observados na natação (REIS *et al.*, 2010a; FIGUEIREDO *et al.*, 2011; PEYREBRUNE *et al.*, 2012; SOUSA *et al.*, 2013; KALVA-FILHO *et al.*, 2016; CAMPOS *et al.*, 2017). Somado as variações de abordagens metodológicas, também são verificados uma diversidade de contextos de nado (canal de nado, nado-atado, nado-livre) (OGITA *et al.*, 2003; KALVA-FILHO *et al.*, 2016; CAMPOS *et al.*, 2017), diferentes tecnologias de amostragem gasosa (mistura ventilatória vs. respiração-a-respiração) e determinação do $\dot{V}O_2$ (circuito aberto vs. fechado) (OGITA *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2010b; FIGUEIREDO *et al.*, 2011; PEYREBRUNE *et al.*, 2012; SOUSA *et al.*, 2013; KALVA-FILHO *et al.*, 2016; CAMPOS *et al.*, 2017). Tudo isso contribui para questionamentos das informações sobre a demanda anaeróbia, seja da estimativa do E_{An} relacionados aos procedimentos matemáticos do débito alático de O_2 (MARGARIA *et al.*, 1933; STIRLING *et al.*, 2005) e coeficientes estequiométricos de conversão de lactato em equivalentes de O_2 (GLADDEN & WELCH, 1978; DI PRAMPERO & FERRETTI, 1999), como também do AOD, na construção da relação linear entre $\dot{V}O_2$ –velocidade (GREEN &

DAWSON, 1995; NOORDHOF, *et al.*, 2010; HILL & VILGREN, 2011; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2018), já que na natação, essa relação é dependente da hidrodinâmica (arrasto ativo) em diferentes velocidades, condições (PENDERGAST *et al.*, 2003) e contextos de nado (PESSOA FILHO *et al.*, 2012), além do estado de treinamento do atleta (TOUSAIN & BEEK, 1992; TROUP *et al.*, 1992).

Sobretudo, diante da divergência entre diferentes métodos de quantificação do metabolismo anaeróbio em diferentes modalidades, verificou-se também a necessidade dessa comparação na natação. Embora as informações provenientes da demanda anaeróbia fornecem diretrizes relevantes para elaboração de treinamentos e parametrização de desempenho (ZIGNOLI *et al.*, 2019), ainda necessitam informações se essas demandas tendem a respostas diferentes entre os sexos pela interferência da massa muscular. Desta forma, o presente estudo identificou e comparou os diferentes métodos de quantificação do metabolismo anaeróbio através de uma revisão de literatura sistemática e uma metanálise. A partir daí, também averiguou a validade de diferentes métodos na natação que são aplicáveis às intensidades máxima e supramáximas e em ambos os sexos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. METABOLISMO ANAERÓBIO

O processo de síntese e ressíntese do trifosfato de adenosina (ATP) ocorre pela ação de três sistemas bioenergéticos: (1) o fosfagênio (ATP-PCr), (2) o sistema glicolítico que fornece energia a partir da quebra da glicose em piruvato, e, caso necessite de uma demanda adicional de ATP, este sistema pode seguir tanto por via anaeróbia, reduzindo o piruvato à ácido láctico, como também por via aeróbia que é, (3) a respiração mitocondrial (BARKER *et al.*, 2010; BARCLAY, 2017). No início da atividade, a hidrólise do ATP-PCr (anaeróbio alático) é a via energética predominante, que a partir das reservas musculares de ATP e PCr (creatina fosfato) libera energia de três formas: quebra do ATP estocado e duas reações enzimaticamente mediadas pela creatina quinase (CK) e adenilato quinase, onde a primeira transporta um fósforo da molécula da PCr à molécula de difosfato adenosina (ADP) e a segunda transfere um fósforo de uma molécula de ADP a outra de ADP, resultando em ATP e um AMP (monofosfato de adenosina) (GASTIN, 2001; BARKER *et al.*, 2010; BROOK, 2012). Este sistema energético é superior aos demais quanto a sua frequência de ativação, porém inferior quanto a capacidade de produção, sendo majoritário em exercícios de poucos segundos, 5 – 6s (GREENHAFF & TIMMONS, 1998) e dependente das reservas de PCr (BAKER *et al.*, 2010). Sobretudo, a literatura é inconclusiva quanto sua contribuição sob diferentes intensidades e durações de esforço, contudo há um consenso que sua participação reduz significativamente após $\cong 15s$ (BANGSBO *et al.*, 2001; BAKER *et al.*, 2010; BARCLAY, 2017).

Com a continuidade da atividade, o ATP é produzido a partir do metabolismo glicolítico (glicose e glicogênio) (PILEGAARD *et al.*, 1999; BARKER *et al.*, 2010) que é ativado pelo aumento da concentração de cálcio (Ca^{+2}) livre e fosfato inorgânico (Pi), concomitante ao aumento de consumo muscular de glicose (GREENHAFF; TIMMONS, 1998). Tanto a taxa de produção da glicose-6-fosfato a partir da glicogenólise como o aumento do consumo de glicose, mecanismo responsável por uma série de oito de reações que transformam a glicose-6-fosfato em piruvato, esta cascata de reações é denominada glicólise e fornece uma fonte rápida de combustível (BARKER *et al.*, 2010; BARCLAY, 2017). Esse processo ocorre no citoplasma celular e, a partir de uma molécula de glicose, são formadas duas de piruvato e fornecidas rapidamente 2 ATPs em condição anaeróbia. Sob alta e

imediate necessidade energética, o piruvato segue a via anaeróbia sendo reduzido à ácido láctico, caso a necessidade seja mais lenta, o piruvato segue a via mitocondrial, que é mais eficiente em relação a anaeróbia (BARKER *et al.*, 2010).

2.1.1. IMPORTÂNCIA DO METABOLISMO ANAERÓBIO NA NATAÇÃO

O metabolismo anaeróbio, quando quantificado relativo à demanda energética total (% de contribuição) é predominante em eventos com duração ≤ 1 min (SERRESSE *et al.*, 1988; ZAMPARO *et al.*, 2000; GASTIN, 2001; OGITA *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2010a; PEYREBRUNE *et al.*, 2012), como confirmado na natação por Figueiredo *et al.* (2011) e Campos *et al.* (2017) ao encontrarem predomínio anaeróbio nos 50m nado livre. Porém, sua maior contribuição bruta (LO_2) é verificada em esforços entre 2 e 3 min (MEDBO *et al.*, 1988; MIYAGI *et al.*, 2017; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2016 e 2017), que são intervalos de tempos observados nos 50, 100 e 200m da natação (OGITA *et al.*, 2003; KALVA-FILHO *et al.*, 2016; CAMPOS *et al.*, 2017). Esses dados foram corroborados por Ogita *et al.* (2003), utilizando o método AOD no canal de nado em exercícios exaustivos, que estimaram valores anaeróbios para tempos de 15s a 10 minutos, encontrando equidade entre anaeróbio e aeróbio por volta de 1 minuto e valores máximos de contribuição anaeróbia nos tempos de 2 a 3 minutos, que seriam tempos relativos aos 100 e 200m no nado-livre, respectivamente.

Para verificar a relação entre vias metabólicas e desempenho, Capelli (1999) observou em modelo teórico, que tanto a capacidade anaeróbia como a potência aeróbia máxima estão inversamente relacionados com o desempenho (menor tempo). Quanto ao custo energético de locomoção, este está diretamente relacionado ao desempenho (menor tempo). Contudo, a eficiência do nado livre também é dependente de aspectos morfológicos, como demonstrado por Zamparo *et al.* (2000) ao verificarem correlação em velocidades até $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ entre custo de nado e torque submerso (tendência dos membros inferiores a afundar), sendo obtido pelo produto do custo energético e da força com a qual o pé do nadador tende a afundar pela distância do pé até o centro de volume dos pulmões.

2.2. DÉFICIT DE OXIGÊNIO (O_2D)

No início da atividade, os subprodutos provenientes da hidrólise dos fosfatos de alta energia (ATP e PCr) em conjunto com lactato e os elétrons resultantes da

glicólise anaeróbia (BARSTOW *et al.*, 1993; WHIPP *et al.*, 2002; ROSSITER *et al.*, 2003) são *feedforward* do maquinário oxidativo para que o sistema mitocondrial supere a inércia metabólica e alcance a demanda energética da atividade (GRASSI, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003; GRASSI *et al.*, 2005), uma vez que, esse processo não é limitado nem pelo fluxo sanguíneo (débito cardíaco) como também pela oferta de O_2 (GRASSI *et al.*, 1996; VAN BEEKVELT *et al.*, 2001; JONES *et al.*, 2012). Contudo, esse alcance ocorre em intensidades submáximas e máximas (BURNLEY & JONES, 2016), entre 2 – 3 min (DI PRAMPERO *et al.*, 1981) no domínio de intensidade moderado ($< LL$) e mais tardiamente (3 – 6 min) nos domínios pesado (entre LL e a PC ou VC) e severo ($> PC$ ou VC) (BEARDEN & MOFFATT, 2000; CARTER *et al.*, 2000a; DEMARLE *et al.*, 2001), não ocorrendo em eventos supramáximos de curta duração (< 2 min) (domínio severo) (BURNLEY & JONES, 2007).

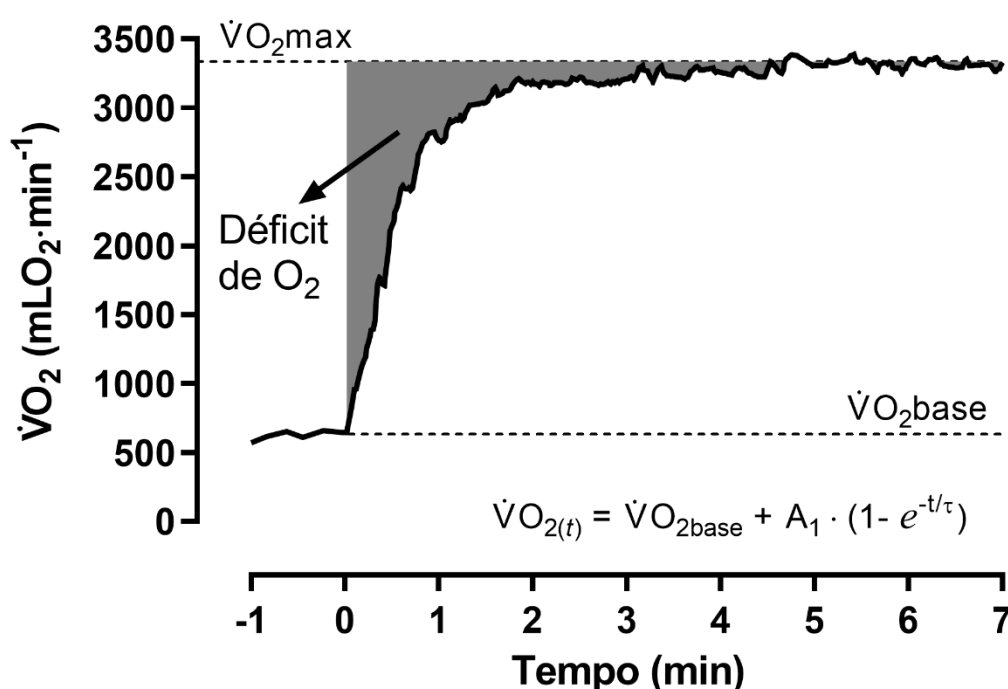


Figura 2.1. Exemplo do déficit de O_2 em Eq. de O_2 durante exercício de 7 minutos no domínio severo. Parâmetros temporais e de amplitude da cinética do $\dot{V}O_2$ foram obtidos por ajuste monoexponencial a partir do início do esforço.

Desse modo, o O_2D refere-se em equivalentes de O_2 (Eq. O_2), ao total de energia provenientes outras fontes (ATP, PCr e reservas de O_2) (KROG & LINDHARD, 1920; DI PRAMPERO *et al.*, 1981; BARSTOW *et al.*, 1993; DI

PRAMPERO & FERRETTI, 1999; ÖZYENER *et al.*, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003), e em indivíduos saudáveis, é caracterizado pelo atraso da estabilização do $\dot{V}O_2$ a partir do início de um exercício de intensidade constante (DI PRAMPERO *et al.*, 1981; SAHLIN *et al.*, 1988; BARSTOW *et al.*, 1993; BEARDEN & MOFFATT, 2000; DEMARLE *et al.*, 2001; WHIPP *et al.*, 2002; ÖZYENER *et al.*, 2003; REYBROUCK *et al.*, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003) (FIGURA 2.1). Sua quantificação é obtida através dos parâmetros temporais e de magnitudes da resposta primária da cinética do $\dot{V}O_2$ (BARSTOW *et al.*, 1993; BEARDEN & MOFFATT, 2000; DEMARLE *et al.*, 2001; ÖZYENER *et al.*, 2003; REYBROUCK *et al.*, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003), desse modo, fica vulnerável aos erros resultantes dos atrasos das respostas instrumentais e processamentos metodológicos e matemáticos durante análises das trocas gasosas pulmonares (LAMARRA *et al.*, 1987; STIRLING *et al.*, 2005; ZIGNOLI *et al.*, 2019).

A obtenção dos parâmetros de amplitudes e das constantes temporais está diretamente relacionada ao perfil da resposta do $\dot{V}O_2$ durante o exercício, ou seja, nos domínios moderado e severo por uma função monoexponencial (Eq. 2.1) (Figura 2.1) e, no domínio pesado por ajuste biexponencial (BEARDEN & MOFFATT, 2000; DEMARLE *et al.*, 2001; ÖZYENER *et al.*, 2001; SCHEUERMANN *et al.*, 2001; ROSSITER *et al.*, 2003) conforme o exemplo da equação 2.2 (ÖZYENER *et al.*, 2001; SCHEUERMANN *et al.*, 2001).

$$\dot{V}O_2 = A_1 \left[1 - e^{-(t-TD_1)/\tau_1} \right] \quad [2.1]$$

$$\dot{V}O_2 = A_1 \left[1 - e^{-(t-TD_1)/\tau_1} \right] + A_2 \left[1 - e^{-(t-TD_2)/\tau_2} \right] \quad [2.2]$$

onde, “1” e “2” denotam os componentes primário e secundário, “A” é a amplitude, “t” é o tempo de exercício, “TD” é constante de atraso da resposta do $\dot{V}O_2$ e, “ τ ” é constante de ajuste temporal do alcance da respectiva amplitude (definida em 63% da respectiva amplitude) para cada componente (ÖZYENER *et al.*, 2001; SCHEUERMANN *et al.*, 2001). Diante disso, o O_2D é obtido através da equação 2.3 (ajuste sem TD) e 2.4 (ajuste com TD) (BARSTOW *et al.*, 1993; DEMARLE *et al.*, 2001; ÖZYENER *et al.*, 2001; ÖZYENER *et al.*, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003).

$$O_2D = \tau_1 \cdot A_1 \quad [2.3]$$

$$O_2D = MRT \cdot A_1 \quad [2.4]$$

onde, “*MRT*” é tempo médio de resposta do $\dot{V}O_2$, obtido pelo somatório da TD_1 e τ_1 (DEMARLE *et al.*, 2001; ÖZYENER *et al.*, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003).

Para quantificar do O_2D no domínio pesado, Bearden & Moffatt (2000) verificaram no cicloergômetro durante 8 minutos de exercício, a necessidade de excluir o volume de O_2 (A_2) antes do início da resposta tardia do $\dot{V}O_2$ (TD_2), por superestimarem significativamente os valores do O_2D tanto à 25% Δ ($2,36 \pm 0,91$ vs. $1,71 \pm 0,70$ LO_2 , respectivamente) como também à 50% Δ ($4,03 \pm 1,01$ vs. $2,89 \pm 0,79$ LO_2 , respectivamente), por este novo método não diferir da integral da curva de recuperação para as duas intensidades ($1,74 \pm 0,63$ e $2,63 \pm 0,80$ LO_2 , respectivamente). Quanto a sua sensibilidade aos efeitos do treinamento, Demarle *et al.* (2001) após 8 semanas de treinamentos na corrida verificaram no O_2D reduções significativas em relação ao início do treinamento ($2269,0 \pm 264,0$ mLO_2), tanto na mesma intensidade absoluta ($1486,0 \pm 70,0$ mLO_2), como também na relativa ($1524,0 \pm 62,0$ mLO_2). Esses autores verificaram correlações muito fortes entre a variação do O_2D e t_{Lim} ($r = 0,911$; $p = 0,01$). Contudo, sob efeito da administração de dicloroacetato, Rossiter *et al.* (2003) não encontraram reduções no O_2D comparado à condição controle ($0,86 \pm 0,37$ vs. $0,87 \pm 0,38$ LO_2 , respectivamente).

A limitação deste método reside em intensidades supramáximas, decorrente da exaustão anteceder a estabilização do $\dot{V}O_2$, o que não permite a determinação da demanda energética (STIRLING *et al.*, 2005). Isto tornou-se a base do conceito do máximo acumulado déficit de O_2 (MEDBO *et al.*, 1988).

2.3. DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (AOD)

O conceito do déficit de O_2 foi proposto inicialmente por Krogh & Lindhard (1920) referindo-se a diferença entre a curva do consumo de O_2 no início do esforço até e o momento do alcance de sua estabilização (SAHLIN *et al.*, 1988; BARSTOW *et al.*, 1993; BEARDEN & MOFFATT, 2000; DEMARLE *et al.*, 2001; WHIPP *et al.*, 2002; REYBROUCK *et al.*, 2003; ÖZYENER *et al.*, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003; HILL & VILGREN, 2011). Posteriormente, Hermansen (1969) quantificou o déficit de O_2 como a diferença algébrica entre a curva da demanda de O_2 (estado estável) e o

consumo de O_2 , denominando isso de déficit acumulado de O_2 (AOD). Em seguida, os estudos buscaram analisar o déficit de O_2 em situações de máximas e supramáximas (KARLSSON, 1971; HERMANSEN, MEDBO 1984; MEDBO *et al.*, 1988; MEDBO & TABATA, 1989). Sobretudo, Medbo *et al.* (1988) utilizaram esse protocolo para analisar a capacidade anaeróbia, isto é, a maior contribuição anaeróbia possível e a denominaram de máximo acumulado déficit de O_2 (MAOD). Dessa forma, estabeleceram alguns requisitos que seriam necessários para se calcular o MAOD: (1) é preciso chegar até exaustão; (2) independência do consumo máximo de O_2 e (3) concordância com métodos já existentes, por exemplo, pela $[La^-]$. Ainda nesse estudo, os autores chamam a atenção para a composição do AOD, que seria: (1) estoques de O_2 sanguíneos e musculares, lactato transferido para o sangue e fluídos extracelulares, estoque de ATP muscular e lactato muscular. Dessa forma, é preciso levar em consideração todos esses parâmetros na hora de determinar o metabolismo anaeróbio.

2.4. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DO DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (AOD)

O AOD consiste em estimar uma demanda energética ($\dot{V}O_2$) para cargas supramáximas através da progressão linear da relação construída entre $\dot{V}O_2$ e intensidade do exercício ($\dot{V}O_2$ –intensidade). Medbo *et al.* (1988) propuseram que se construísse uma equação linear com vários testes submáximos, e, a partir dela, estimar o $\dot{V}O_2$ para cargas supramáximas, definindo, então, o AOD como sendo o $\dot{V}O_2$ estimado menos o $\dot{V}O_2$ obtido, como mostra o gráfico a seguir (Figura 2.2).

Diante disso, o método AOD tornou-se muito utilizado e com ampla variação metodológica (BICKHAM *et al.*, 2002; NHOORDHOF *et al.*, 2010; HILL & VILGREN, 2011; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2018). Para a construção da relação $\dot{V}O_2$ –intensidade, Medbo *et al.* (1988) propuseram um mínimo de 20 esforços submáximos. Posteriormente, Noordhof *et al.* (2010) em sua revisão de literatura, concluíram que 10 esforços já seriam o suficiente para construir uma relação robusta. Porém, Bickham *et al.* (2002) sugeriram aplicações práticas de 4 testes submáximos ao não reportarem diferenças quando comparado com 11 esforços ao determinarem a regressão de corredores treinados. Quanto a reprodutibilidade do método, Gastin (1994) encontrou um coeficiente de reprodutibilidade de 0,98, e

Weber & Schneider (2001) mostraram um coeficiente de correlação intraclass (ICC) de 0,95 e 0,97 para 110 e 120% do $\dot{V}O_2\text{max}$, respectivamente.

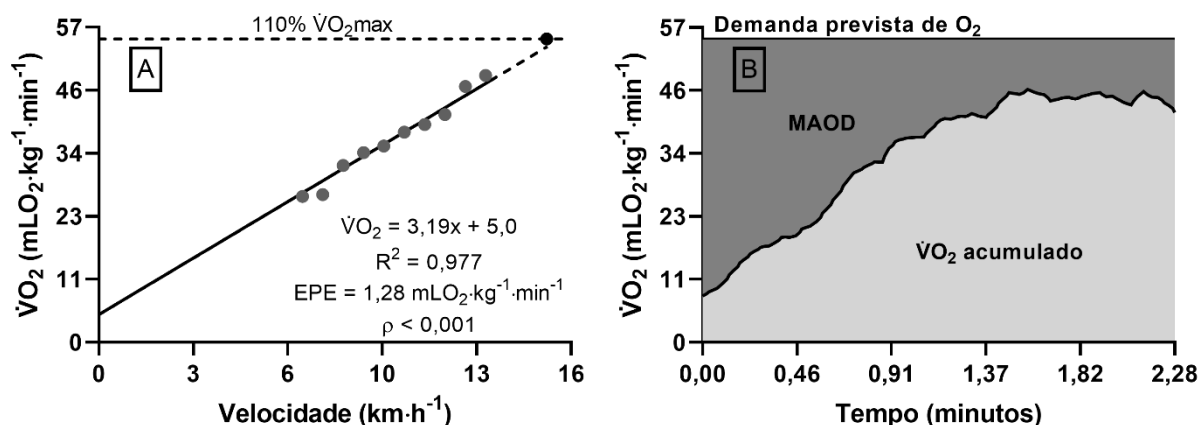


Figura 2.2. Painel A: relação entre intensidade do exercício e demanda de O_2 . Painel B: Déficit acumulado de O_2 é calculado como a diferença entre a demanda de O_2 e o O_2 consumido.

Entretanto, a limitação deste método, está no fato se a eficiência mecânica permanece constante com o aumento da intensidade (GREEN & DAWSON, 1995; STIRLING *et al.*, 2005; HILL & VILGREN, 2011), e se a relação $\dot{V}O_2$ –intensidade é linear, devido a presença do componente lento do $\dot{V}O_2$ presente em esforços acima do limiar de lactato (LL) (GREEN & DAWSON, 1995; ÖZYENER *et al.*, 2001; SCHEUERMANN *et al.*, 2001; ÖZYENER *et al.*, 2003; STIRLING *et al.*, 2005; PESSOA FILHO *et al.*, 2012). Nesse sentido, Özyener *et al.* (2003), recomendam a utilização de esforços com duração de até 3 minutos durante a construção do modelo do AOD, uma vez que não sofreriam influência do componente lento do $\dot{V}O_2$ independente da intensidade. A linearidade da demanda energética foi analisada por Green & Dawson (1995) onde verificaram o aumento no coeficiente angular de 14% em ciclistas e 6% em indivíduos não treinados em esforços acima do limiar de lactato. Mais tarde, Hill & Vilgren (2011) verificaram em homens e mulheres ativos que a demanda energética é linear no ciclismo, porém na corrida a relação $\dot{V}O_2$ –intensidade mostrou-se exponencial.

Valores estimados da capacidade anaeróbia pelo MAOD, foram apresentados por Medbo *et al.* (1988) e Medbo & Tabata (1989) na esteira e cicloergômetro, em exercícios com duração de 2 a 3 minutos uma contribuição relativa de 60, 50 e 35%

para os 30, 60 e 120s, respectivamente. Esses resultados não diferem do estudo de Withers *et al.* (1991), que durante esforços 30, 60 e 90s em ciclistas no cicloergômetro, observaram contribuições anaeróbias de 72, 51 e 64%, respectivamente, pelo AOD e sem diferenças significativas comparados à biópsia muscular. Serresse *et al.* (1988) empregando o método de constantes universais de conversão energética, encontraram em corredores e ciclistas no cicloergômetro valores similares de 72 e 54% para os 30 e 90 segundos respectivamente.

Resultados similares foram apresentados por Muniz-Pumares *et al.* (2017) avaliando ciclistas e triatletas construíram a relação $\dot{V}O_2$ –intensidade no cicloergômetro em 10 estágios com 3 minutos de duração partindo de 50% Δ e incrementos de 10% do Limiar de Permuta Gasosa (LPG) até a intensidade de 140% LPG. Seus resultados apresentaram contribuições anaeróbias de 45,0 e 37,8% para 91 e 123s, respectivamente. Em remadores, Li *et al.* (2018) utilizaram o teste incremental (4 a 6 estágios de 5 minutos de duração com incrementos de 15W partindo de 40W) para obterem a relação $\dot{V}O_2$ –intensidade e reportaram contribuição de 40,9% durante 120s. Contudo, os trabalhos citados corroboram com Gastin (2001), onde verificou em estudos que utilizaram o método tradicional do MAOD, contribuição anaeróbia de 37,0% e aeróbia de 63,0% durante esforços máximos em torno de 120s independente do tipo de exercício.

A demanda energética é dependente da especificidade do treinamento, Nummela & Rusko (1995) encontraram uma contribuição anaeróbia significativamente maior em corredores velocistas comparados aos fundistas ($62,9 \pm 5,2$ vs. $54,4 \pm 4,2\%$, respectivamente) durante esforço de 49s e, que o AOD é sensível ao tipo de treinamento ($53,9 \pm 6,7$ vs. $43,1 \pm 3,0$ mL O_2 ·kg $^{-1}$, respectivamente). Outro aspecto que interfere no AOD é o padrão mecânico de movimento, conforme mostrado por Bangsbo *et al.* (1993) em remadores com valores de AOD na esteira e ergômetro de remo ($47,3 \pm 6,3$ vs. $64,1 \pm 4,4$ mL O_2 ·kg $^{-1}$). Nesse estudo, os autores também verificaram se capacidade anaeróbia tem relação com as características musculares, para isso avaliaram ciclistas (AOD: $56,5 \pm 8,4$ mL O_2 ·kg $^{-1}$), corredores (AOD: $51,9 \pm 3,8$ mL O_2 ·kg $^{-1}$) e jogadores de futebol (AOD: $49,5 \pm 3,0$ mL O_2 ·kg $^{-1}$). Seus resultados não mostraram relação entre [La] sanguíneo e AOD, a capacidade anaeróbia não teve relação com variáveis musculares (tipo de fibra), mas sim com quantidade de massa muscular ativa, que justificaria um AOD maior na remada em relação à corrida e ao cicloergômetro,

como também, os valores inferiores de AOD na corrida com inclinação de 5% deste estudo comparados aos de Medbo *et al.* (1988) que utilizaram 10,5%. Esses resultados foram corroborados por Hill & Vilgren (2011) ao encontrarem valores superiores de MAOD na corrida comparado com o ciclismo ($78,0 \pm 8,0$ vs. $59,0 \pm 6,0$ mL O_2 ·kg $^{-1}$, respectivamente).

O efeito da massa muscular ativa sobre a capacidade anaeróbia, foi demonstrado por Sloniger *et al.* (1997) que ao inclinarem em 10,0% a esteira elevaram em 9,0% o volume muscular ativo em relação à horizontal com um aumento de 21% no MAOD ($49,0 \pm 6,0$ vs. $41,0 \pm 7,0$ mL O_2 ·kg $^{-1}$, respectivamente). Esses resultados de que a quantidade de massa muscular ativa, pode-se explicar diferenças entre perfis metabólicos foram corroborados e, sobretudo, verificado entre os sexos por Hill & Vilgren (2014) ao encontrem valores de MAOD 22% maior na corrida em relação ao ciclismo e 32% maior nos homens em relação as mulheres, como também a $[La^-]$ e o $\dot{V}O_{2max}$, porém sem diferenças quanto a tolerância de esforços entre os sexos. Os autores apresentaram uma sustentação teórica desses resultados, devido a corrida apresentar maior ativação muscular que o ciclismo e, homens maiores concentração de hemoglobina e massa muscular que as mulheres.

Por fim, a diferença da capacidade anaeróbia entre os sexos em diferentes estados de treinamento foi reportada por Weber & Schneider (2002) onde determinaram em homens e mulheres o MAOD a 120% $\dot{V}O_{2max}$ com cadência de 120 rpm antes ($3,93 \pm 0,22$ vs. $2,75 \pm 0,17$ LO $_2$, respectivamente) e após oito semanas de treinamento intervalado de alta intensidade. Seus resultados mostraram após treinamento, aumentos estatisticamente iguais do MAOD para mulheres ($19,6 \pm 3,1\%$) e homens ($21,9 \pm 6,3\%$), tendo estes valores superiores tanto pré como pós-treinamento.

2.4.1. DÉFICIT ACUMULADO DE OXIGÊNIO (AOD) NA NATAÇÃO

Esses estudos iniciaram com Troup *et al.* (1992) onde quantificaram no *flume* o nado livre (100, 200 e 400m) a contribuição anaeróbia e tempo de ajuste do $\dot{V}O_2$ em 64 atletas do sexo masculino separados em dois grupos, os de alto desempenho (AD, n = 34) e os de baixo desempenho (BD, n = 30) de acordo com desempenho nos 200m (AD: $1,69 \pm 0,02$ m·s $^{-1}$ e BD: $1,58 \pm 0,02$ m·s $^{-1}$). Seus resultados mostraram diferença significativa nos 100, 200 e 400m, com uma maior a contribuição anaeróbia absoluta e relativa para os AD (3,0 LO $_2$, 3,0 LO $_2$ e 3,5 LO $_2$, e

$\cong 45\%$, $\cong 26\%$ e $\cong 13\%$, respectivamente), com um tempo de ajuste menor em relação aos BD ($2,5 \text{ LO}_2$ nas três distâncias e $\cong 50\%$, $\cong 35\%$ e $\cong 20\%$, respectivamente). Sendo assim, atletas com melhor desempenho apresentam maior capacidade anaeróbia e usam o metabolismo aeróbio com melhor eficiência, demonstrando diferenças nos sistemas energéticos entre indivíduos altamente treinados e, que o AOD, apresentou capacidade de evidenciar diferença sob situação muito sensível.

Todavia, estudos posteriores apresentaram variações metodológicas na determinação do AOD no número de esforços submáximos (OGITA *et al.*, 1996 e 2003; REIS *et al.*, 2010a; PEYREBRUNE *et al.*, 2012; KALVA-FILHO *et al.*, 2016), intercepto-y livre (PEYREBRUNE *et al.*, 2012) e intensidade dos testes submáximos (PEYREBRUNE *et al.*, 2012; KALVA-FILHO *et al.*, 2016) e máximos (OGITA *et al.*, 2003; PEYREBRUNE *et al.*, 2012; KALVA-FILHO *et al.*, 2016).

Mais tarde, Ogita *et al.* (1996) também analisaram a contribuição anaeróbia pelo AOD em atletas universitários (2 homens e 4 mulheres). Os autores utilizaram o método da bolsa de Douglas para análise do $\dot{V}\text{O}_2$, entre 6 a 10 esforços submáximos (Troup *et al.* (1992) realizaram 4 testes) com 6 minutos de duração para construir a relação $\dot{V}\text{O}_2$ -intensidade e testes supramáximos entre 2 a 3 minutos de tolerância. Seus resultados mostraram valores de MAOD para corpo todo (CT) de $2,99 \pm 0,52 \text{ LO}_2$, membro superior (MS) de $2,15 \pm 0,31 \text{ LO}_2$ (78,2% CT) e membro inferior (MI) de $2,52 \pm 1,08 \text{ LO}_2$ (91,0% CT). Diante disso, observaram valores significativamente maiores do MAOD quando somados MS e MI comparados ao CT, concluindo que na natação não dá para separar o desempenho por segmentos corporais.

No trabalho de Ogita *et al.* (2003), avaliaram 6 homens altamente treinados em 6 tempos exaustivos, onde determinaram o AOD com mínimo de sete testes submáximos e encontraram nos tempos de 15 e 30s no nado só MI uma contribuição anaeróbia superior que as outras duas condições, ou seja, 85% (15s; AOD = $1,73 \pm 0,45 \text{ LO}_2$) e 71% (30s; AOD = $2,28 \pm 0,38 \text{ LO}_2$), enquanto que, para o CT verificaram 82% (15s) e 67% (30s). A maior contribuição anaeróbia (MAOD) foi verificada nos esforços entre 2 a 3 minutos de exaustão, em acordo com Ogita *et al.* (1996), porém com valor superior ($3,23 \pm 0,51 \text{ LO}_2$) que pode ser explicado pela diferença de massa muscular presente entre os sexos, comparado ao anterior onde avaliaram também mulheres. A equidade entre o metabolismo anaeróbio e aeróbio ocorreu no tempo de 1 minuto ($50,1 \pm 7,3\%$; AOD = $2,78 \pm 0,99 \text{ LO}_2$) e não foram presenciadas

diferenças significativas entre 30s, 60s e 2 a 3 minutos. Por fim, seus resultados diferem de Medbo *et al.* (1988) na corrida e corrobora com di Prampero (1981) ao mostrar uma demanda metabólica na natação diferente da corrida.

Em condições de nado-livre atado (FTS) e semiatado (STS), Peyrebrune *et al.* (2012) construíram a relação $\dot{V}O_2$ -intensidade sob 4 ou 5 testes submáximos (44 – 81% $\dot{V}O_{2max}$) e intercepto-y livre obtendo uma contribuição anaeróbia no FTS em teste máximo de 30s ($165 \pm 20\%$ da força do $\dot{V}O_{2max}$) de 67% ($50,9 \pm 9,6 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$). Para o STS, foram avaliados 4 esforços de 30s (intervalo de 30s entre os esforços) com contribuições anaeróbias de 75% ($48,3 \pm 8,4 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$), 53% ($47,2 \pm 8,5 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$), 51% ($47,4 \pm 8,3 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) e 48% ($45,6 \pm 6,8 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) do primeiro ao quarto esforço, respectivamente. A força programada para o primeiro esforço foi 132 N (95% da força no FTS) e reduziu significativamente para 129 N na segunda, 130 N na terceira e 126 N na quarta. Os valores subestimados de MAOD foram justificados pelos autores em função de poucos testes submáximos e intercepto-y livre, embora com menores erro de estimativas comparados ao intercepto-y fixo. Sobretudo, os autores concluem que no FTS, a contribuição anaeróbia é condizente com Ogita *et al.* (2003).

Também em condição atada, visando analisar a reprodutibilidade de todo o método, ou seja, esforços submáximos e máximos, Kalva-Filho *et al.* (2016), determinaram em homens e mulheres o MAOD em 6 testes submáximos de 7 minutos cada com intensidades entre 50 a 90% da força aeróbia máxima (MAF) e supramáximos a 100% MAF. O tempo de exaustão (t_{Lim}) e valor do MAOD foram $268,9 \pm 78,2$ e $241,7 \pm 55,1$ s e $45,3 \pm 14,0$ e $45,2 \pm 12,6 \text{ mL}O_2 \cdot \text{Kg}^{-1}$ no teste e reteste, respectivamente. Diante desses resultados, verificaram uma correlação moderada para o t_{Lim} ($r = 0,50$) e alto nível de reprodutibilidade para o MAOD ($ICC = 0,89$), confirmando resultados de que o MAOD permanece inalterado sob diferentes intensidades máximas.

Analisando o AOD no nado livre, além do estudo de Troup *et al.* (1992) citado anteriormente, temos o de Reis *et al.* (2010a) que avaliaram em piscina de 25 metros 29 homens nadadores com 9 a 12 sessões de treinamentos semanais ($\dot{V}O_{2max}$: $59,46 \pm 7,00 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) nas distâncias de 100, 200 e 400m, porém com cada nadador realizando apenas uma das 3 distâncias. A relação $\dot{V}O_2$ -intensidade foi obtida a partir dos desempenhos nos 4 estágios (5 a 6,5 minutos de duração) do teste incremental, tempo este justificado devido a necessidade do $\dot{V}O_2$

alcançar sua estabilização para a construção da relação linear. Seus resultados mostraram valores de AOD e contribuição relativa nos 100m ($20,55 \pm 7,41 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ e 31%, respectivamente), 200m ($17,53 \pm 13,53 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ e 13%, respectivamente) e nos 400m ($11,91 \pm 14,72 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ e 5%, respectivamente). Esses resultados diferem da literatura, sendo inferiores aos reportados por Troup *et al.* (1992) e Zamparo *et al.* (2000). Os autores justificaram tal diferença com a idade maior de seus participantes e fase do treinamento, que suas avaliações ocorreram após o período competitivo e o de Zamparo *et al.* (2000) foram realizados antes do período competitivo.

Em outro estudo, também utilizando o método AOD, onde analisaram o estilo peito, Reis *et al.* (2010b) encontraram nos 100 e 200m valores de contribuição energética de 27 e 14%, respectivamente, demonstrando uma participação anaeróbia muito parecida com Reis *et al.* (2010a), porém em estilo de nado diferente. Contudo, como nos trabalhos de Reis *et al.* (2010a) e Reis *et al.* (2010b), os participantes realizaram desempenho máximo somente uma distância, não se permite, então, comparar a contribuição anaeróbia do mesmo atleta em outro desempenho, como também não normalizaram em relação à massa magra.

2.5. MÉTODO DO DÉBITO DE O₂ ALÁTICO E LÁCTICO

O débito de oxigênio, originalmente apresentado por Margaria *et al.* (1933) é composto pelo débito de oxigênio alático e láctico (Figura 2.3). Dessa forma, o método consiste em determina-los separadamente: o componente alático é obtido através da fase rápida da curva de recuperação de O₂ pós-exercício, e o componente láctico ($E_{[La^-]}$), estimado a partir da concentração líquida de lactato ($\Delta[La^-]$), ou seja, diferença algébrica entre a concentração de lactato pico ($[La^-]_{\text{pico}}$) atingida durante o exercício e a concentração de lactato em repouso ($[La^-]_{\text{rep}}$) (DI PRAMPERO, 1981). Para definir o coeficiente estequiométrico de 1,0 mmol de lactato, os autores basearam-se nos estudos de Margaria *et al.* (1963), Cerretelli *et al.* (1964), Cerretelli *et al.* (1967) Margaria *et al.* (1971) e di Prampero & Ferretti (1999), que apresentaram valores de equivalência energética de 2,7 a 3,3 $\text{mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$, embora Gladden & Welch (1978) apresentaram valores superiores de 5,2 $\text{mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$. Na natação, tem-se observados trabalhos utilizando três valores diferentes: 2,7, 3,0 e 3,3 $\text{mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ (ZAMPARO *et al.*, 2000; FIGUEIREDO *et al.*,

2011; KALVA-FILHO *et al.*, 2015b), embora di Prampero & Ferretti (1999) apresentaram valores de $2,72 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ na natação.

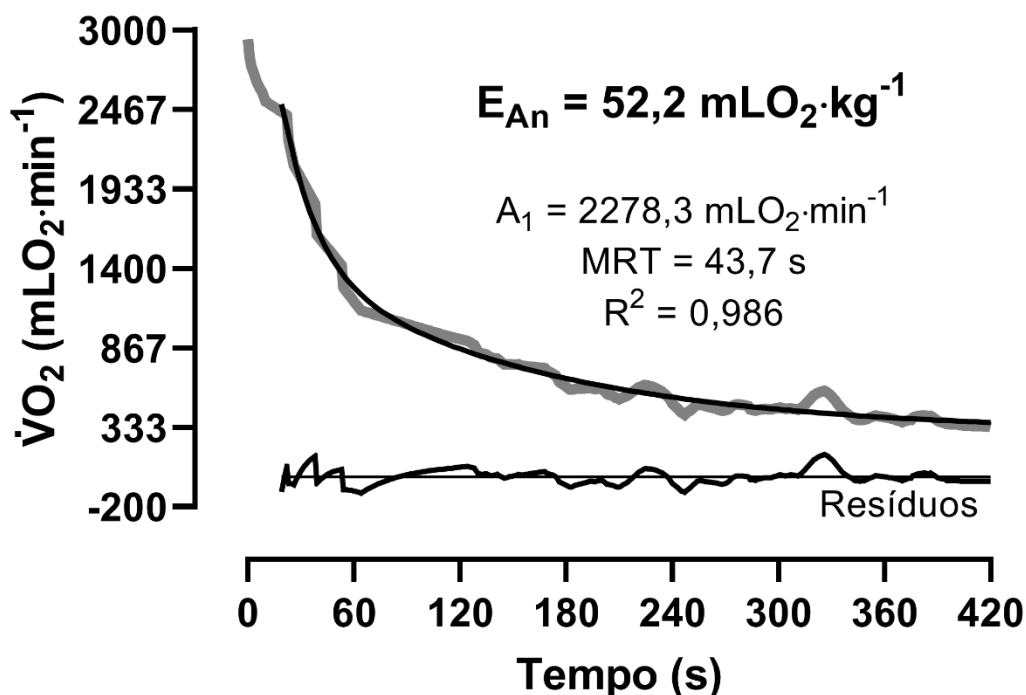


Figura 2.3. Exemplo do E_{An} em Eq. de O_2 durante exercício no domínio severo. Parâmetros temporais e de amplitude da cinética do $\dot{V}O_2$ foram obtidos por ajuste biexponencial a partir do início da recuperação. MC = 55,0 kg; $\Delta[La^-] = 8,11 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; $1,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} [La^-]$ equivale à $2,72 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$.

A contribuição alática a partir do componente alático de O_2 (E_{Al}) tem se mostrado uma medida confiável (ROBERTS & MORTON, 1978; SAWKA *et al.*, 1980), uma vez que a fase rápida da curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ tem sido relacionado a taxa de ressíntese da PCr no músculo quadríceps em humanos (HULTMAN *et al.*, 1967) e ao tempo de ressíntese de fosfato em músculo gastrocnêmico canino (PIIPER & SPILLER, 1970). Para quantificar a contribuição alática, é necessário seu ajuste pela cinética da curva de recuperação do $\dot{V}O_2$, que pode-se utilizar uma equação biexponencial (ÖZYENER *et al.*, 2001; SCHEUERMANN *et al.*, 2001; GUIDETTI *et al.*, 2008; LI *et al.*, 2018) ou monoexponencial (DE CAMPOS MELLO *et al.*, 2009; FIGUEIREDO *et al.*, 2011) e, a partir do produto entre a amplitude do componente rápido e o tempo médio de

resposta (MRT) da fase rápida, obtém-se o valor do metabolismo alático (BENEKE *et al.*, 2002; GUIDETTI *et al.*, 2008).

No entanto, a literatura apresenta divergências em relação a contribuição láctica (GREEN & DAWSON, 1993), sendo a limitação desse método a relação estequiométrica entre lactato e síntese de ATP (BERTUZZI *et al.*, 2010; ZAGATTO *et al.*, 2016a). Enquanto estudos mostram que o lactato pode representar contribuição anaeróbia (DI PRAMPERO, 1981; MERO, 1988; LACOUR *et al.*, 1990; CAMUS & THYS, 1991), outros questionam seus valores (BELCASTRO & BONEN, 1975; JACOBS, 1987; FOXDAL *et al.*, 1990; KOZIRIS & MONTGOMERY, 1991), decorrente da influência de muitos fatores sobre os valores do lactato (JONES *et al.*, 2019) como, por exemplo, local de coleta (FORSYTH & FARRALLY, 2000; YAMAGATA *et al.*, 2018), momento da coleta, exercício prévio (BAILEY *et al.*, 2009a; JONES *et al.*, 2019), além do valor sanguíneo não representar o valor intramuscular (FERGUSSON *et al.*, 2018), erro de analisadores ($0,2 - 0,4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) (BONAVENTURA *et al.* 2015; JONES *et al.*, 2019) e combinando com variações biológicas representam em exercícios submáximos variações entre 11 e 52% (SAUNDERS *et al.* 2004; JONES *et al.*, 2019).

2.5.1. VALIDADE DO DÉBITO DE O_2 ALÁTICO E LÁCTICO

Estudos comparando o método débito de oxigênio alático e láctico e AOD foram realizados no cicloergômetro (BERTUZZI *et al.*, 2010; MIYAGI *et al.*, 2017) e na corrida (ZAGATTO *et al.*, 2016a; DE POLI *et al.*, 2019a). Inicialmente, Bertuzzi *et al.* (2010) utilizando cicloergômetro, determinaram o MAOD a partir da relação $\dot{V}\text{O}_2$ –intensidade em 6 testes com 10 minutos de duração (40, 50, 60, 70, 80 e 90% P_{max}) e um supramáximo a 110% P_{max} ($t_{\text{Lim}} = 154,0 \pm 38,0\text{s}$), que também foi utilizado para calcular o débito alático e láctico (MAOD_{ALT}) a partir da curva de $\dot{V}\text{O}_2$. Ao comparar o MAOD ($2,82 \pm 0,45 \text{ LO}_2$) com MAOD_{ALT} ($2,77 \pm 0,37 \text{ LO}_2$) não verificaram diferenças significativas e os métodos apresentaram forte correlação ($r = 0,78$; $p = 0,014$).

Mais tarde, ZAGATTO *et al.* (2016a) ao determinaram na corrida, o MAOD com 10 testes submáximos de 10 minutos de duração (entre 30 a 80% $i\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$) e um supramáximo a 110% $i\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ ($t_{\text{Lim}} = 197,0 \pm 12,0\text{s}$). Os autores não encontraram diferenças entre MAOD ($55,0 \pm 2,2 \text{ mL}\text{O}_2\cdot\text{kg}^{-1}$) e MAOD_{ALT} ($53,1 \pm 1,6 \text{ mL}\text{O}_2\cdot\text{kg}^{-1}$). No cicloergômetro, Miyagi *et al.* (2017) determinaram o MAOD com 10

esforços submáximos de 10 minutos de duração (entre 30 a 80% $\dot{V}O_{2\max}$) e um supramáximo à 110% $\dot{V}O_{2\max}$ ($t_{\text{Lim}} = 3,66 \pm 0,46$ min). Seus resultados não mostraram diferenças significativas entre o MAOD e o MAOD_{ALT} ($3,99 \pm 0,64$ vs. $3,53 \pm 0,52$ LO₂, respectivamente), foram moderadamente correlacionados ($r = 0,66$; $p = 0,01$) e ratificaram os resultados de Bertuzzi *et al.* (2010).

Recentemente, na corrida de Poli *et al.* (2019a) ratificaram os resultados de Zagatto *et al.* (2016a) ao não verificaram diferenças no MAOD comparado com o MAOD_{ALT} determinado à 115% $\dot{V}O_{2\max}$ tanto antes ($3,35 \pm 0,65$ vs. $3,66 \pm 0,79$ LO₂; respectivamente) como após suplementação de creatina ($20\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$) durante cinco dias ($3,39 \pm 0,79$ vs. $3,82 \pm 0,85$ LO₂; respectivamente). Os autores encontraram correlações moderadas antes ($r = 0,68$; $p = 0,008$) e fortes após ($r = 0,72$; $p = 0,003$) a administração de creatina. Na corrida atada, Zagatto *et al.* (2017a) encontraram correlações moderadas para o MAOD_{ALT} ($3,87 \pm 0,71$ LO₂) determinado à 115% $\dot{V}O_{2\max}$ e *all-out* 30s para o trabalho total ($r = 0,57$; $p = 0,03$) e potência média ($r = 0,58$; $p = 0,03$). Correlações fortes foram obtidas com a força média ($r = 0,79$; $p = 0,001$) e, também para intervalos de 5s do MAOD_{ALT} e valores de força ($r: 0,75 - 0,84$).

A sensibilidade do MAOD_{ALT} em identificar diferentes estados de treinamento foi demonstrada por Zagatto *et al.*, (2017b) na corrida durante esforço à 115% $\dot{V}O_{2\max}$. A classificação dos estados de treinamentos foi realizada em minutos de treinamento por semana, desse modo agrupou os participantes em pouco treinado ($\text{PT} \leq 149$ min·sem⁻¹, $\dot{V}O_{2\max} = 48,6 \pm 4,5$ mL O₂·kg⁻¹·min⁻¹), moderadamente treinado ($150 \leq \text{MT} \leq 200$ min·sem⁻¹, $\dot{V}O_{2\max} = 50,0 \pm 5,1$ mL O₂·kg⁻¹·min⁻¹), corredores de *endurance* ($\text{ET} \cong 200$ min·sem⁻¹ para $37,1 \pm 11,6$ km, $\dot{V}O_{2\max} = 55,9 \pm 4,9$ mL O₂·kg⁻¹·min⁻¹) e jogadores de rúgbi ($\text{JR} 845 \pm 122$ min·sem⁻¹, tempo de treinamento $11,8 \pm 6,3$ anos, $\dot{V}O_{2\max} = 48,2 \pm 3,3$ mL O₂·kg⁻¹·min⁻¹) e verificaram valores de $49,9 \pm 4,5$; $53,8 \pm 5,3$; $56,8 \pm 5,4$; $64,4 \pm 12,1$ mL O₂·kg⁻¹, respectivamente, com diferenças significativas entre JR comparados aos PT e MT.

Hill & Vilgren (2014) corroboraram os resultados de Sloniger *et al.* (1997) sobre o efeito da massa muscular ativa sobre a capacidade anaeróbia. Desse modo Redkva *et al.* (2018) mostraram a sensibilidade do MAOD_{ALT} (115% $\dot{V}O_{2\max}$) na corrida e no ciclismo ($t_{\text{Lim}} = 155,4 \pm 43,2$ vs. $175,9 \pm 22,0$ s, respectivamente) para este efeito ao verificarem diferenças entre as modalidades analisadas ($54,0 \pm 6,0$ vs. $49,2 \pm 6,1$ mL O₂·kg⁻¹, respectivamente). Também foi encontrado diferença para a

participação anaeróbia alática ($22,6 \pm 2,2$ vs. $17,7 \pm 3,2$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente), porém não para a láctica ($31,4 \pm 6,3$ vs. $31,6 \pm 5,0$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente). A explicação dos autores para a E_{AI} seria que quanto maior a quantidade de massa muscular ativa melhor seria a utilização da PCr armazenada e que a ausência de diferenças para a $E_{[La]}$ seria a maior capacidade de remoção na corrida e o maior t_{Lim} no ciclismo. Recentemente, de Poli *et al.* (2019b) ao compararem homens e mulheres ativos ($\dot{V}O_{2max}$: $42,18 \pm 3,15$ vs. $41,43 \pm 2,51$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) verificaram na corrida (115% $i\dot{V}O_{2max}$) o efeito da massa muscular ativa (25,71%) determinada pelo $MAOD_{ALT}$ ($49,0 \pm 5,0$ vs. $37,0 \pm 9,5$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$; respectivamente).

2.5.2. DÉBITO DE O_2 ALÁTICO E LÁCTICO NA NATAÇÃO

Na natação, estudos recentes utilizaram o método débito de O_2 alático e láctico (SOUSA *et al.*, 2013; KALVA-FILHO *et al.*, 2015; CAMPOS *et al.*, 2017). Kalva-Filho *et al.*, (2015) e Campos *et al.*, (2017) aplicaram técnica de retro-extrapolação para obtenção do $\dot{V}O_{2max}$, já no trabalho de Sousa *et al.* (2013), o $\dot{V}O_2$ foi mensurado respiração-a-respiração, sendo assim, a técnica de nado foi mantida pelos atletas nos dois primeiros estudos, porém no último não foi possível devido ao uso do snorkel.

Em relação a demanda energética estimada, Campos *et al.* (2017) observaram para o débito alático valores significativamente menores nos 50m ($1,4 \pm 0,4$ LO_2) em relação aos 100m ($1,9 \pm 0,8$ LO_2), 200m ($2,3 \pm 0,8$ LO_2) e 400m ($2,0 \pm 0,9$ LO_2), também foi verificada diferença entre os 100m com os 200m e 400m. Para o metabolismo láctico, não verificaram diferença significativa entre as distâncias 50m ($1,7 \pm 0,6$ LO_2), 100m ($1,8 \pm 0,5$ LO_2), 200m ($2,2 \pm 1,0$ LO_2) e 400m ($2,1 \pm 0,6$ LO_2). Quando somado as duas vias, não observaram diferença entre os 100, 200 e 400m, $55,12 \pm 12,6$; $65,7 \pm 16,18$ e $58,80 \pm 16,5$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente. Quando comparado aos outros estudos, o resultado de débito alático de Campos *et al.* (2017) foi similar ao estudo de Kalva-Filho *et al.* (2015), onde verificaram nos 400m contribuição anaeróbia equivalentes ($\cong 4,7$ vs. $4,7$ LO_2 , respectivamente). Quanto ao valor significativamente maior que o observado por Sousa *et al.* (2013) nos 200m ($2,32$ vs. $1,55$ LO_2 , respectivamente), a diferença pode ser explicada por adotarem valores fixos da constante temporal e concentrações da PCr muscular. Os participantes analisados nos três trabalhos eram atletas, isto é, com idade média de

18,5 anos no estudo de Campos *et al.* (2017) e de 20,0 anos nos outros dois trabalhos. Quanto aos sexos avaliados, Sousa *et al.* (2013) analisaram apenas homens, já os estudos de Kalva-Filho *et al.* (2015) e Campos *et al.* (2017) avaliaram homens e mulheres, porém não compararam os sexos.

2.6. COMPOSIÇÃO CORPORAL

A relação entre o desempenho de nado com os parâmetros da composição corpórea tem-se demonstrado dependente da duração do evento como também do padrão mecânico presente em cada estilo de nado (PYNE & SHARP, 2014). De um modo geral, o volume muscular implica diretamente sobre a produção de força (TOUSSAINT & VERVOORN, 1990; MOROUÇO *et al.*, 2012), como também na contribuição energética (OGITA *et al.*, 1996; GIROLD *et al.*, 2007) e o tecido adiposo exerce influência na flutuabilidade (LOWENSTEYN *et al.*, 1994), o que contextualiza sua importância na hidrodinâmica corporal (PESSÔA FILHO *et al.*, 2016). Sendo assim, tanto a influência da hidrodinâmica corporal (LOWENSTEYN *et al.*, 1994), da elevada capacidade metabólica (glicolítica e/ou oxidativa) (TOUSSAINT & VERVOORN, 1990; LÄTT *et al.*, 2010) e da economia de nado tendem a ser os principais determinantes do desempenho em eventos de curta e/ou longa duração (LÄTT *et al.*, 2010).

As relações entre a quantidade de tecido muscular metabolicamente ativo com o desempenho foram analisadas por Siders *et al.* (1993) em ambos os sexos isoladamente, e verificaram nas 100 jardas para os homens fortes correlações inversas ($t_{Lim} \cong 54s$; $r: -0,72$). Da mesma forma, as mulheres demonstraram moderadas relações inversas ($t_{Lim} \cong 61s$; $r: -0,65$). Para a distância de 200m, Pessoa Filho *et al.* (2016) verificaram correlações da velocidade média ($t_{Lim}: 132,2 \pm 9,7s$) como massa magra isenta de gordura corporal ($r: 0,74$) e regional do tronco ($r: 0,75$), membro superior ($r: 0,76$) e inferior ($r: 0,69$). Para o tecido adiposo, Lowensteyn *et al.* (1994) verificaram uma moderada associação ($r: 0,64$) entre a variação da gordura corporal artificial com o tempo com de 200 jardas. Contudo, os autores afirmaram que a variação da massa gorda explica $\cong 41\%$ da variação do tempo.

Independente da impossibilidade na natação de separar o desempenho por segmentos corporais, como demonstrado por Ogita *et al.* (1996) nos valores de MAOD regionais (braços e pernas) quando somados serem superiores ao corporal, é necessário ressaltar a importância metabólica da massa magra regional e corporal,

pelo fato de que a quantidade de massa muscular ativa nos membros superiores e inferiores tende a ser mais contundente em esforços de alta intensidade com duração entre 2 a 3 minutos, ao considerar a capacidade de ressíntese energética (anaeróbia e anaeróbia). Sendo assim, a quantidade de massa muscular envolvida nas ações isoladas de braços e pernas durante o nado foi um determinante do MAOD, sendo que isso demonstra um ajuste compensatório da limitação central quanto oferta de O_2 durante o esforço de alta intensidade realizado por nadadores com grande massa muscular regional, especialmente nos braços.

A relação entre o MAOD determinado na corrida a 110% $\dot{V}O_{2max}$ com valores normalizado pelos parâmetros da composição corporal com a demanda anaeróbia pelo método do E_{An} estimado em vários esforços entre 110 a 150% $\dot{V}O_{2max}$ foi apresentada por Zagatto *et al.* (2016a) onde, somente verificaram entre o E_{An} a 115% $\dot{V}O_{2max}$ forte correlação com MAOD relativo a massa corpórea (r : 0,77; $p < 0,001$) e moderada quando o MAOD foi normalizado pela massa magra (r : 0,65; $p < 0,01$). Por fim, Miyagi *et al.* (2017) no ciclismo verificaram correlação entre os métodos da demanda metabólica anaeróbia com a MAOD obtido a 110% $\dot{V}O_{2max}$ e normalizado pela massa corpórea, massa magra e massa magra dos membros inferiores com o E_{An} determinado em várias intensidades (entre 100 a 150% $\dot{V}O_{2max}$). A única moderada correlação verificada pelos autores foi entre o MAOD normalizado pela massa magra dos membros inferiores com o E_{An} a 115% $\dot{V}O_{2max}$ (r : 0,55, $p < 0,05$).

2.6.1. DIFERENÇAS DA COMPOSIÇÃO CORPORAL ENTRE OS SEXOS

Diferenças entre os sexos são dependentes das características antropométricas (HEYWARD *et al.*, 1986; NINDL *et al.*, 1995; JANSSEN *et al.*, 2000; HEGGE *et al.*, 2015; ALTAVILLA *et al.*, 2017), morfológicas (ESBJÖRNSSON *et al.*, 1993; MILLER *et al.*, 1993; NINDL *et al.*, 1995; HUNTER, 2014; HEGGE *et al.*, 2015) e fisiológicas (TANAKA *et al.*, 1993; HEGGE *et al.*, 2015; ALTAVILLA *et al.*, 2017) que certamente, se traduzem em diferenças tanto no processo de adaptação ao treinamento (SPARLING, 1980; HUNTER, 2016), como também no desempenho esportivo (MAUD & SHULTZ, 1986; ESBJÖRNSSON *et al.*, 1993; VAN DEN TILLAAR & ETTEMA, 2004; WEBER *et al.*, 2006; HEGGE *et al.*, 2015).

A quantidade de massa muscular é maior nos homens em relação as mulheres tanto total (TANAKA *et al.*, 1993; MILLER *et al.*, 1993; JANSSEN *et al.*,

2000; WEBER *et al.*, 2006; HUNTER, 2014; HEGGE *et al.*, 2015) quanto regional (NINDL *et al.*, 1995; JANSSEN *et al.*, 2000; WEBER *et al.*, 2006), que é favorecida pela capacidade de produção de testosterona (PAGE *et al.*, 2005), cujo nível é superior nos homens (ALTAVILLA *et al.*, 2017). Quanto a valores da massa muscular regional, Janssen *et al.* (2000) reportaram maiores valores tanto nos membros superiores dos homens comparados as mulheres ($14,1 \pm 2,6$ vs. $8,4 \pm 1,8$ kg; respectivamente), como também nos membros inferiores ($18,1 \pm 3,1$ vs. $12,2 \pm 2,5$; respectivamente). Do mesmo modo, quando analisado proporcionalmente essa relação é mantida (HEGGE *et al.*, 2015), com valores médios relativo à massa corpórea total nos homens de 38 a 45% e nas mulheres de 31 a 36% (JANSSEN *et al.*, 1993; MILLER *et al.*, 1993; ALTAVILLA *et al.*, 2017).

Quanto ao diâmetro das fibras musculares, Miller *et al.* (1993) (H: n = 8; 23 anos, 74 kg e 1,77m; M: n = 8; 25 anos; 64 kg e 1,66m) verificaram valores superiores na musculatura do bíceps dos homens nas fibras tipos I e II (4597 ± 396 vs. 8207 ± 1832) μm^2 ; respectivamente) comparado as mulheres (3483 ± 339 vs. 4306 ± 556 μm^2 ; respectivamente). Do mesmo modo, no vasto lateral também verificaram valores superiores dos homens nas fibras tipos I e II (6142 ± 747 vs. 7700 ± 799 μm^2 ; respectivamente) em relação as mulheres (4040 ± 618 vs. 4531 ± 806 μm^2 ; respectivamente). Nessa mesma musculatura, Esbjörnsson *et al.* (1993) (H: n = 18; 25 anos; 76 kg e 1,79m; M: n = 16; 24 anos; 61 kg e 1,67 m) também encontraram diferenças nos tipos de fibras I, IIA e IIB dos homens (4750 ± 768 ; 6036 ± 1318 e 5229 ± 1427 μm^2 ; respectivamente) quando confrontadas com as das mulheres (3683 ± 677 ; 3961 ± 833 e 2982 ± 590 μm^2 ; respectivamente). Quanto a distribuição dos tipos de fibras musculares entre os sexos, Miller *et al.* (1993) no bíceps não observaram diferenças entre homens e mulheres nas fibras tipo II ($57,0 \pm 1,7$ vs. $56,5 \pm 3,3\%$; respectivamente). No entanto, verificaram no vasto lateral para esse mesmo tipo de fibra ($61,9 \pm 2,2$ vs. $50,2 \pm 3,1\%$; respectivamente). Porém, Esbjörnsson *et al.* (1993) não encontram diferenças nos tipos de fibras I, IIA, IIB e IIC do vasto lateral de homens (47 ± 13 ; 35 ± 9 ; 13 ± 10 e $5 \pm 4\%$; respectivamente) em relação as mulheres (50 ± 15 ; 33 ± 10 ; 15 ± 10 e $2 \pm 3\%$; respectivamente).

O padrão de recrutamento das unidades motoras é dependente da duração e intensidade do esforço (HENNEMAN *et al.*, 1965) e independente do sexo (TRAPPE *et al.*, 2003; HUNTER, 2016; ALTAVILLA *et al.*, 2017), tanto na estimulação cortical

quanto na atividade do nervo motor (HUNTER, 2016) no início do exercício de intensidade máxima (HUNTER *et al.*, 2006; KELLER *et al.*, 2011). Entretanto, a ativação voluntária pode apresentar variações regionais (HUNTER *et al.*, 2006; MARTIN & RATTEY, 2007; KELLER *et al.*, 2011) entre os sexos (HUNTER, 2016) com similaridades nos membros superiores (HUNTER, 2006; YOON *et al.*, 2007) como demonstrado por Keller *et al.* (2011) nos flexores do cotovelo com reduções da máxima contração em homens e mulheres ($41,3 \pm 10,0$ vs. $43,1 \pm 10,3\%$; respectivamente). Contudo, nos membros inferiores maiores reduções são observadas nos homens em relação as mulheres (RUSS & KENT-BRAUN, 2003; HUNTER, 2016) como demonstrado por Martin & Rattey (2007) no vasto lateral com declínios nos homens de $\cong 22\%$ e nas mulheres de $\cong 9\%$. A redução do *drive* neural nos homens pode ser explicada pelo grande acúmulo de metabólitos durante contrações musculares intensas (RUSS & KENT-BRAUN, 2003; HUNTER, 2016) e subsequente *feedback* inibitório dos neurônios sensoriais dos grupos III e IV (HUNTER & ENOKA 2001; MARTIN *et al.*, 2008; HUNTER, 2016).

As diferenças na perfusão muscular entre os sexos acarretam implicações para a fadiga e desempenho (HUNTER, 2014; HUNTER, 2016), mas esses mecanismos são dependentes do grupo muscular e atividade (CALBET *et al.*, 2005; PARKER *et al.*, 2007; SAITO *et al.*, 2008), onde as mulheres apresentam melhor fluxo sanguíneo muscular devido a uma menor compressão mecânica sobre o leito vascular decorrente da menor força durante contrações isométricas (HUNTER, 2014), somado a maior densidade capilar das mulheres comparado aos homens (435 ± 32 vs. 355 ± 17 capilar por mm^2) (ROEPSTORF *et al.*, 2006). Hunter & Enoka (2001) durante esforço de flexão do cotovelo de baixa intensidade (20% MCV), verificaram menores valores da pressão arterial média das mulheres em relação aos homens (121 ± 5 vs. 150 ± 6 mmHg; respectivamente). As diferenças no fluxo sanguíneo da artéria braquial normalizado pelo volume do antebraço e pressão arterial média foi demonstrada por Saito *et al.* (2008), onde relataram valores superiores das mulheres comparados aos dos homens nos minutos 1,0 ($0,66 \pm 0,04$ vs. $0,56 \pm 0,04$ $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$; respectivamente), 1,5 min ($0,73 \pm 0,03$ vs. $0,60 \pm 0,03$ $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$; respectivamente), 3,0 ($0,76 \pm 0,03$ vs. $0,65 \pm 0,06$ $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$; respectivamente). Outro aspecto interveniente é a diferença da resposta vasodilatadora mediada pela atividade simpática (ESBJÖRNSSON-LILJEDAHL *et al.*, 2002; ZOUHAL *et al.*, 2008; HUNTER, 2014), onde Gratas-Delamarche *et al.*

(1994) verificaram no teste Wingate maiores valores dos homens em relação as mulheres tanto para a adrenalina ($4,7 \pm 1,9$ vs. $2,0 \pm 1,3$ ng·mL⁻¹; respectivamente), como também para a noradrenalina ($9,6 \pm 4,3$ vs. $7,2 \pm 3,3$ ng·mL⁻¹; respectivamente). Posteriormente, Esbjörnsson-Liljedahl *et al.* (2002) corroboraram esses resultados durante três testes Wingate consecutivos separados por vinte minutos de recuperação, com valores coletados nove minutos após o terceiro teste. Os autores verificaram valores superiores dos homens quando confrontados aos das mulheres tanto para a adrenalina ($\cong 4,5$ vs. $\cong 2,5$ mmol·L⁻¹; respectivamente), como também para a noradrenalina ($\cong 22,0$ vs. $\cong 12,0$ mmol·L⁻¹; respectivamente).

Essas diferenças na atividade das catecolaminas (ESBJÖRNSSON-LILJEDAHL *et al.*, 2002; ZOUHAL *et al.*, 2008; HUNTER, 2014), somada as diferenças nas atividades enzimáticas (ESBJÖRNSSON *et al.*, 1993; RUSS *et al.*, 2005) implicarão diretamente sobre o perfil metabólico nos sexos (HUNTER, 2014). Gratas-Delamarche *et al.* (1994) encontraram no teste Wingate maiores valores da [La] sanguíneo dos homens quando confrontado com as mulheres ($14,9 \pm 2,4$ vs. $11,4 \pm 3,0$ mmol·L⁻¹; respectivamente). Nesse mesmo teste, Esbjörnsson-Liljedahl *et al.* (1999) verificaram valores superiores da [La] sanguíneo dos homens comparados as mulheres ($\cong 11,5$ vs. $\cong 9,2$ mmol·L⁻¹; respectivamente). Mais tarde Esbjörnsson-Liljedahl *et al.* (2002) encontraram após nove minutos de três teste Wingate separados por vinte minutos, valores superiores da [La] sanguíneo dos homens em relação as mulheres ($\cong 14,5$ vs. $\cong 12,0$ mmol·L⁻¹; respectivamente). Essas diferenças da [La] sanguíneo estão relacionadas a menor atividade glicolítica das mulheres dado que a capacidade oxidativa são similares (RUSS *et al.*, 2005; HUNTER, 2014).

Russ *et al.*, (2005) analisaram a atividade glicolítica entre os sexos durante MCV isométrica durante 60s e verificaram valores superiores dos homens comparado as mulheres tanto em valores médios ($0,398 \pm 0,074$ vs. $0,226 \pm 0,043$ mM; respectivamente), como também em valores picos ($1,042 \pm 0,152$ vs. $0,596 \pm 0,052$ mM; respectivamente). Para a capacidade oxidativa, os autores não verificaram diferenças entre homens e mulheres ($1,20 \pm 0,09$ vs. $1,27 \pm 0,94$ mM ATP·s⁻¹; respectivamente). Quanto ao metabolismo oxidativo, as mulheres apresentam maiores capacidade em metabolizar lipídeos e menos carboidratos em relação aos homens em exercícios de moderada a alta intensidade (RUSS *et al.*, 2005; ROEPSTORF *et al.*, 2006; HUNTER, 2014). Esses resultados foram

corroborados por Roepstorf *et al.* (2006) ao verificaram no ciclismo a 60% $\dot{V}O_{2max}$ durante 90 minutos maior oxidação de lipídeos relativos à massa muscular nas mulheres em relação aos homens ($\cong 0,45$ vs. $\cong 0,28$ $\text{kJ}\cdot\text{kg}\cdot\text{MM}_{\text{Corporal}}\cdot\text{min}^{-1}$; respectivamente) e menor atividade glicolítica ($[\text{La}^-]$: $4,9 \pm 1,0$ vs. $7,5 \pm 2,0$ $\text{mmol}\cdot\text{MM}_{\text{Corporal}}^{-1}$; respectivamente). Essa melhor capacidade de oxidação lipídica das mulheres está relacionada a presença do estrógeno (HUNTER, 2014).

Evidentemente, essas diferenças antropométricas (NINDL *et al.*, 1995; ALTAVILLA *et al.*, 2017), morfológicas (MILLER *et al.*, 1993; HUNTER, 2014) e fisiológicas (TANAKA *et al.*, 1993; HEGGE *et al.*, 2015) tanto centrais (HUNTER *et al.*, 2006; MARTIN *et al.*, 2008) como periféricas (RUSS *et al.*, 2005; HUNTER, 2014) acarretarão diferenças relacionadas ao desempenho esportivo (ALTAVILLA *et al.*, 2017). Quanto a potência aeróbia máxima, diferenças entre os sexos são independentes do estado de treinamento, onde as mulheres treinadas apresentam um $\dot{V}O_{2max}$ entre 15 a 20% e não treinadas entre 15 a 30% menores comparados aos homens para mesmo nível de condicionamento físico (SPARLING *et al.*, 1980; ALTAVILLA *et al.*, 2017). Em valores absolutos, Weber & Schneider (2002) observaram o $\dot{V}O_{2max}$ superiores nos homens em relação as mulheres tanto pré ($3,85 \pm 0,19$ vs. $2,58 \pm 0,10$ LO_2 ; respectivamente) quanto pós treinamento ($3,85 \pm 0,17$ vs. $2,62 \pm 0,08$ LO_2 ; respectivamente). Quando normalizado pela massa magra corporal, Sparling (1980) encontrou em sua metanálise valores 15% maiores nos homens. Essas diferenças estão relacionadas ao fato dos homens possuírem maior massa muscular (HUNTER, 2014; HEGGE *et al.*, 2015), volume sanguíneo (ALTAVILLA *et al.*, 2017), concentração de hemoglobina (SPARLING *et al.*, 1980; HEGGE *et al.*, 2015; ALTAVILLA *et al.*, 2017), câmaras cardíacas (ALTAVILLA *et al.*, 2017) e menor percentual de gordura em relação as mulheres, haja vista que a normalização por tecido magro reduz as diferenças (SPARLING *et al.*, 1980; HEGGE *et al.*, 2015).

Quanto as diferenças da potência muscular relacionadas ao sexo (MAUD & SHULTZ, 1986; NINDL *et al.*, 1995; HEGGE *et al.*, 2015), são observados em valores absolutos, maiores potência pico nos homens comparados as mulheres no teste Wingate, como demonstrado por Maud & Shultz (1986) ($562,7 \pm 66,5$ vs. $380,8 \pm 56,4$ W; respectivamente), em adolescentes por Nindl *et al.* (1995) tanto nos membros inferiores ($694,0 \pm 77,3$ vs. $442,0 \pm 77,3$ W; respectivamente) como também nos membros superiores ($494,0 \pm 82,3$ vs. $309,6 \pm 41,9$ W;

respectivamente) e corroborado nos membros superiores por Hegge *et al.* (2015) durante *all-out* 30s de (329 ± 35 vs. 158 ± 24 W; respectivamente). No entanto, quando normalizado pela região motora principal, essa diferença reduz de acordo com Hegge *et al.* (2015) ao parametrizar os resultados pela massa dos membros superiores ($7,0 \pm 0,8$ vs. $4,3 \pm 0,5$ W; respectivamente), como também pela massa magra dos membros superiores ($7,8 \pm 0,9$ vs. $5,7 \pm 0,7$ W; respectivamente).

Porém, esses resultados divergiram de Nindl *et al.* (1995) ao não verificarem diferenças entre homens e mulheres quando normalizaram os resultados pela massa magra tanto dos membros inferiores ($10,9 \pm 1,4$ vs. $10,2 \pm 1,2$ W; respectivamente), como também para os membros superiores ($7,7 \pm 1,0$ vs. $7,2 \pm 1,0$ W; respectivamente). Do mesmo modo, Maud & Shultz (1986) não verificaram diferenças quando os resultados foram normalizados pela massa magra corporal ($8,11 \pm 0,82$ vs. $7,96 \pm 0,88$ W·MM_{Corporal}⁻¹; respectivamente).

3. JUSTIFICATIVA

A ausência de um consenso em relação ao método com maior validade para a quantificação do metabolismo anaeróbio durante exercício demanda, consequentemente, novos estudos para subsidiar um método, com maior validade sobre os demais para a quantificação da contribuição anaeróbia e ativação de seus componentes alático e láctico (Li *et al.*, 2018). Adicionalmente, a natação apresenta uma limitação quanto a ecologia da avaliação (adoção de procedimentos com especificidade contextual), uma vez que a tecnologia atual disponível limita a condição real de nado (CAMPOS *et al.*, 2017). Estudos vêm mostrando a confiabilidade e reprodutibilidade do método AOD (MEDBO *et al.* 1988; NHOORDHOF *et al.*, 2010) e do débito de oxigênio alático e láctico na quantificação da capacidade anaeróbia, como demonstrado no remo por Li *et al.* (2018), na corrida por Zagatto *et al.* (2016) e de Poli *et al.* (2019a), no ciclismo por Bertuzzi *et al.* (2010) e Miyagi *et al.* (2017) ao não reportarem diferenças quando esses métodos são comparados, evidenciando a validade de ambos para mensurar o metabolismo anaeróbio.

Porém, na natação, existem poucos trabalhos analisando a demanda anaeróbia e, sobretudo, ainda não existe a caracterização da demanda anaeróbia por esses dois métodos em diferentes velocidades supramáximas de nado. Os trabalhos de Sousa *et al.* (2013) e Kalva-Filho *et al.* (2015) analisaram pelo método do débito de O₂, o primeiro em condição livre e o segundo em condição atada. Utilizando o método AOD, Reis *et al.* (2010a) avaliaram o nado-livre nas distâncias de 100, 200 e 400m, porém os participantes realizaram testes somente em uma distância, o que não possibilitou analisar o metabolismo anaeróbio nas diferentes condições. Quanto à comparação entre os sexos, nenhum estudo abordou esta temática na natação, porém a capacidade anaeróbia tem se mostrado dependente da quantidade de massa muscular ativa, como verificado no método do E_{An} por de Poli *et al.* (2019b) ao comparar homens e mulheres na corrida e, pelo AOD no estudo de Weber & Schneider (2002) no ciclismo, bem como pelo estudo de Sloniger *et al.* (1997) ao modificar o nível de esforço na esteira e, por Hill & Vilgren (2014) ao compararem as modalidades corrida e ciclismo. Esses resultados da influência da massa muscular foram corroborados por Redkva *et al.* (2018) na corrida e ciclismo, utilizando o método do débito de O₂ alático e láctico.

Dessa forma, é necessário analisar o metabolismo anaeróbio por um protocolo que seja adequado à especificidade do esporte, isto é, válido ao contexto do nado-livre. Sobretudo, é fundamental normalizar a demanda anaeróbia pela massa corpórea, com a finalidade de comparar o efeito do sexo, uma vez que há diferenças entre homens e mulheres quanto à composição corporal.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral:

Identificar os diferentes métodos de quantificação do metabolismo anaeróbio e averiguar a validade dos métodos aplicáveis na natação, considerando o efeito do sexo e da intensidade de nado.

4.2. Objetivos Específicos:

- 1) Realizar uma Revisão de Literatura Sistemática para identificação dos diferentes métodos de determinação do metabolismo anaeróbio e, a partir daí, buscar um direcionamento para uma metodologia consensual entre os estudos. Para os estudos que realizaram comparações entre os métodos AOD e E_{An} , aplicar uma metanálise para verificar a similaridade entre ambos.
- 2) Comparar a demanda metabólica anaeróbia relativa à massa corpórea determinada pelos métodos AOD e E_{An} nas distâncias 50, 100 e 200 metros desempenhadas por ambos os sexos.
- 3) Verificar o efeito da intensidade de nado nas distâncias de 50, 100 e 200 metros desempenhados por homens e mulheres sobre o metabolismo anaeróbio e participação alática e láctica determinado pelos métodos AOD e E_{An} .
- 4) Analisar o efeito do sexo e dos parâmetros da composição corporal sobre a demanda anaeróbia e metabolismos alático e láctico normalizada pela massa corpórea, determinada por diferentes metodologias em diferentes intensidades máxima e supramáximas de nado.

5. HIPÓTESES

H_0 = O metabolismo anaeróbio não difere entre os métodos, nas distâncias analisadas, para ambos os sexos;

H_1 = Há efeito da distância de nado sobre a demanda anaeróbia e metabolismo láctico para ambos os sexos;

H_2 = Há efeito das diferenças entre os sexos nos parâmetros da composição corporal quanto à demanda anaeróbia e metabolismo láctico em cada distância de nado.

6. ESTUDO I

MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DA DEMANDA METABÓLICA ANAERÓBIA: MODELOS, RECOMENDAÇÕES E APLICAÇÕES AS PRÁTICAS ESPORTIVAS

6.1. INTRODUÇÃO

O processo de síntese e ressíntese de ATP se dá pelos metabolismos anaeróbios (alático e láctico) e aeróbio (BARKER *et al.*, 2010; BARCLAY, 2017), onde sua equidade relativa à demanda energética total ocorre em esforços com durações próximas de 60s (OGITA *et al.*, 2003; CAMPOS *et al.*, 2017), e o predomínio anaeróbio em eventos com menores durações (GASTIN, 2001; REIS *et al.*, 2010a). Quanto a participação aeróbia, maiores contribuições são verificadas em atividades com tempo superiores a um minuto (GASTIN, 2001; OGITA *et al.*, 2003; CAMPOS *et al.*, 2017). Dessa forma, o entendimento da bioenergética humana possibilita quantificações mais fidedignas de condicionamento físico, como também prescrever programas de treinamentos e elaborar estratégias de competição (ZIGNOLI *et al.*, 2019).

Diferentes métodos de determinação da demanda metabólica anaeróbia são verificados (ROSSITER *et al.*, 2002; ZIGNOLI *et al.*, 2019) seja por medidas diretas invasivas como a biópsia muscular (ESBJÖRNSSON *et al.*, 1993; ZIGNOLI *et al.*, 2019) ou não invasivas, porém de alto investimento financeiro como a tomografia computadorizada (MILLER *et al.*, 1993) ou a ressonância nuclear magnética (ROSSITER *et al.*, 2002; ZIGNOLI *et al.*, 2019). Outro modo de quantificação do metabolismo anaeróbio é por estimativa indireta (ZIGNOLI *et al.*, 2019) como, por exemplo, medidas do consumo de oxigênio e lactato (GREEN & DAWSON, 1995), a qual é dependente de capital humano especializado, equipamentos tecnológicos sofisticados (LOUHEVAARA *et al.*, 1985) e de procedimentos metodológicos adotados (LI *et al.*, 2018; ZIGNOLI *et al.*, 2019).

Através de mensurações do consumo de oxigênio Krog & Lindhard (1920) identificaram o conceito do Déficit de O₂ (O₂D), que é caracterizado pelo atraso do $\dot{V}O_2$ em alcançar a demanda energética da atividade a partir do início de um exercício constante, sendo essa energia provenientes outras fontes (ATP, PCr e reservas de O₂) (ÖZYENER *et al.*, 2003; ROSSITER *et al.*, 2003). No entanto, esse método é limitado a intensidades supramáximas, decorrente da exaustão anteceder

a estabilização do $\dot{V}O_2$ e não permitir a quantificação do metabolismo anaeróbio (STIRLING *et al.*, 2005). Mais tarde, Medbo *et al.* (1988) propuseram uma solução para o método do O_2D , onde a demanda energética seria determinada por extrapolação do ajuste linear do consumo de O_2 durante vinte esforços submáximos e a capacidade anaeróbia seria obtida pela diferença entre a demanda e o consumo de O_2 acumulado. Posteriormente, muitos estudos foram realizados para verificar tanto a validade (NOORDHOOF *et al.*, 2010), como também ajustes metodológicos (REIS *et al.*, 2010a; LI *et al.*, 2018). Contudo, a limitação desse método encontra-se na linearidade da demanda energética (GREEN & DAWSON, 1995; HILL & VILGREN, 2011).

Outro método foi apresentado por Margaria *et al.* (1933) e denominado débito alático e láctico de O_2 (E_{An}), onde o componente alático é obtido através da fase rápida da curva de recuperação de O_2 pós-exercício e, o componente láctico ($E_{[La^-]}$) estimado da concentração líquida de lactato ($\Delta[La^-]$), ou seja, diferença algébrica entre a concentração de lactato pico ($[La^-]_{pico}$) atingida durante o exercício e a concentração de lactato em repouso ($[La^-]_{rep}$) multiplicado por um coeficiente estequiométrico. A limitação desse método encontra-se no fator de conversão lactato oxigênio (BERTUZZI *et al.*, 2010; ZAGATTO *et al.*, 2016a). Sobretudo, até o presente momento não existe um método considerado padrão ouro para determinação da demanda metabólica anaeróbia (SCOTT *et al.*, 2006; BERTUZZI *et al.*, 2010) e, ao mesmo tempo não se sabe se há uma equidade entre os diferentes métodos para estimar a participação anaeróbia.

Dessa forma, realizou-se uma Revisão de Literatura Sistemática para identificação dos diferentes métodos de determinação do metabolismo anaeróbio e, a partir daí, buscou um direcionamento para uma metodologia consensual entre os estudos. Para os estudos que realizaram comparações entre os métodos AOD e E_{An} , realizou uma metanálise para verificar a hipótese de que há uma equidade entre os métodos de estimativa da demanda metabólica anaeróbia.

6.2. MÉTODOS

Esta revisão de literatura sistemática foi conduzida de acordo com as recomendações do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (MOHER *et al.*, 2009) e as buscas computadorizadas foram realizadas: (i) nas bases de dados eletrônicas ScienceDirect

(<https://www.sciencedirect.com/>) e PubMed (National Center for Biotechnology Information, www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed) com estudos publicados até 30 de março de 2019 usando os seguintes descritores: “Energy Metabolism” (G03.295) AND “Exercise” (G11.427.410.698.277) AND “Health” (SP4.001) AND “Anaerobiosis” (G02.111.062) OR “Lactic Acid” (D02.241.511.459.450) OR “Phosphocreatine” (D12.125.373.603) OR “Oxygen Consumption” (G03.680). Também foram realizadas busca manual nas referências dos artigos selecionados para adicionar títulos relevantes. Por fim, foram feitas tentativas de contato com autores dos artigos selecionados para solicitar qualquer falta de informação relevante.

6.2.1. Critérios de Seleção dos artigos

Foram incluídos nesta revisão sistemática estudos que apresentaram métodos de inferência da demanda metabólica anaeróbia aplicados as práticas esportivas. Os critérios de inclusão adotados foram: (i) estudos completos realizados em seres humanos; (ii) publicados em língua inglesa; (iii) nos últimos 20 anos. Os critérios de exclusão adotados foram: (i) estudos que não quantificaram o metabolismo anaeróbio; (ii) estudos de caso, revisões de literaturas (revisão narrativa, sistemática e metanálise) e; (iii) estudos publicados em outro idioma.

6.2.2. Extração dos dados

As principais características dos estudos selecionados encontram-se nas Tabelas 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6: 1) identificação do autor e ano de publicação; 2) modalidade avaliada, metodologia utilizada; 3) características dos participantes (idade, estatura, massa corpórea, $\dot{V}O_{2\max}$ e tempo de treinamento); 4) intensidade e duração do(s) testes(s); 5) parâmetros utilizados para determinação do metabolismo anaeróbio e; 6) quantificação do metabolismo anaeróbio.

6.2.3. Avaliação da qualidade metodológica e risco de viés

Foi determinada a partir da Escala PEDro de 11 pontos (Physiotherapy Evidence Database) (MAHER *et al.*, 2003) que foi validada por de Morton (2009), a qual atribui 1 ponto ao artigo se o critério foi satisfeito ou 0 se não (CROWLEY *et al.*, 2017). Como o critério 1 diz respeito a validade externa não foi considerado na pontuação total, do mesmo modo, os critérios 5, 6 e 7 foram retirados devido a impossibilidade em estudos de intervenções com exercício físico de alocar às cegas

os grupos dos participantes, como também, raramente os investigadores agem às cegas (KÜMMEL *et al.*, 2016). Com a remoção desses itens, o máximo valor da escala PEDro é de 7 pontos, com classificações ajustadas variando de 6 a 7 sendo "excelente qualidade", 5 sendo "boa qualidade", 4 sendo "qualidade moderada" e 0 – 3 sendo "pobre qualidade" (Tabela 6.1) (KÜMMEL *et al.*, 2016; GRGIC *et al.*, 2017). Estudos que apresentaram valores menores que 4 pontos foram excluídos dessa revisão sistemática (KÜMMEL *et al.*, 2016).

6.2.4. Seleção dos artigos

Do total de 1400 artigos após a remoção dos duplicados, 1150 foram eliminados baseado no título e resumo, 128 por serem estudo de caso, metanálise ou revisão de literatura, 96 por falta de dados, adotarem concentrações fixas para estimativas ou não quantificarem o metabolismo anaeróbio. Por fim, foram selecionados 26 estudos de forma independente por dois revisores (Figura 6.1).

6.2.5. Metanálise

A partir das buscas realizadas, foram incluídos os estudos que apresentaram comparação entre os métodos AOD e E_{An} de determinação da demanda metabólica anaeróbia. Inicialmente, os dados foram analisados por meio de estatística descritiva. As estimativas de prevalência (diferença entre as médias) e seus respectivos intervalos de confiança foram obtidos a partir do tamanho amostral e o número de condições (intensidades) avaliadas para cada estudo incluído. A heterogeneidade (I^2) entre os estudos incluídos foi averiguada pela combinação do teste Q da Conchrane com o teste de Higgins (HIGGINS & THOMPSON, 2002) e classificada em: $0\% < I^2 \leq 25\%$ = inexistente; $25\% < I^2 \leq 50\%$ = baixa; $50\% < I^2 \leq 75\%$ = média e; $I^2 > 75\%$ = alta heterogeneidade (SU *et al.*, 2019). O efeito do viés de publicação da metanálise foi determinado através da combinação de uma avaliação de um gráfico de funil com correção de Duval & Tweedie (DUVAL & TWEEDIE, 2000) e sua significância estatística foi verificada pelos testes de Begg-Mazumdar (BEGG & MAZUMDAR, 1994) e Egger (EGGER *et al.*, 1997).

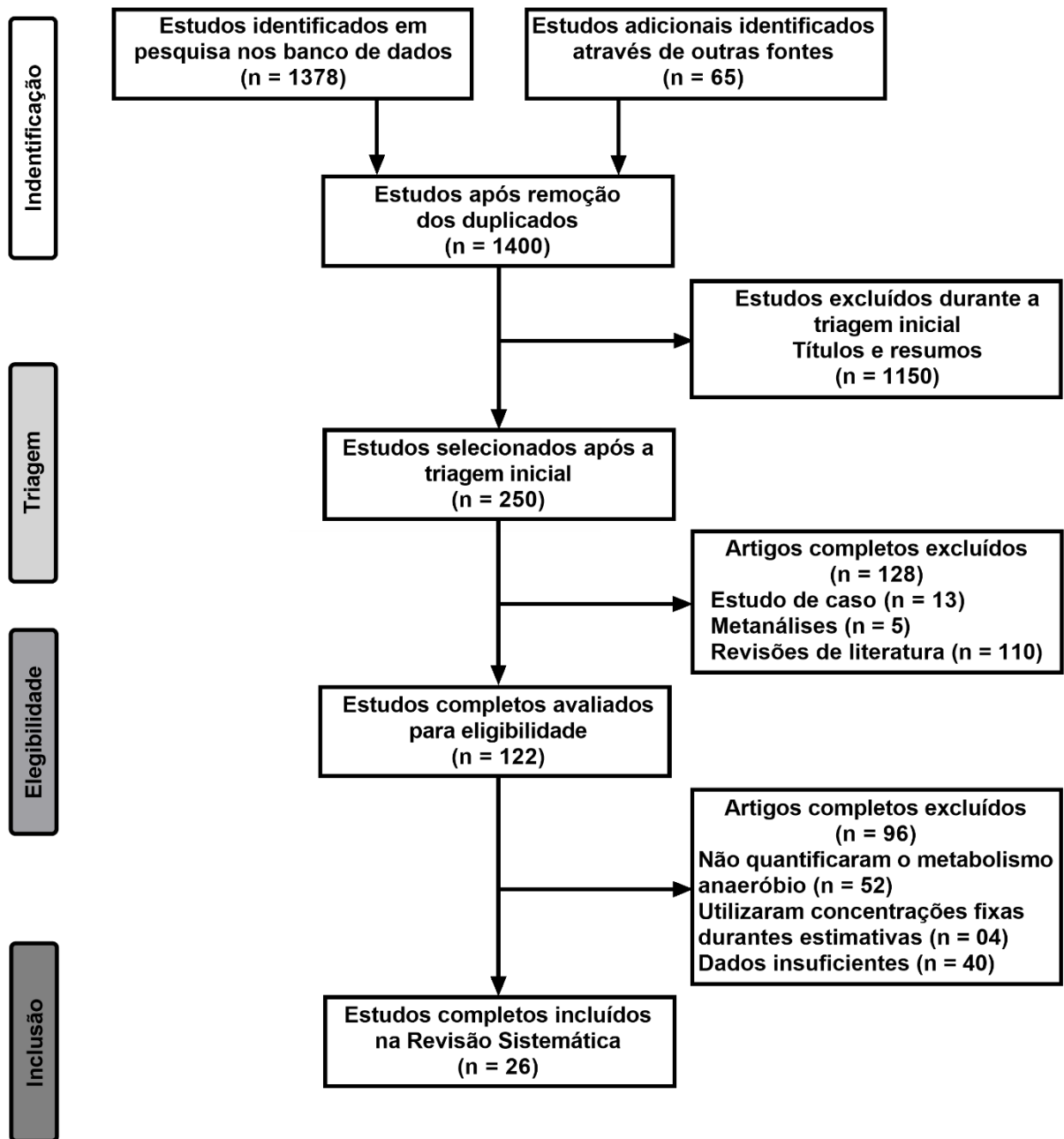


Figura 6.1. Diagrama de fluxo de estudo do PRISMA.

Tabela 6.1. Qualidade metodológica dos estudos incluídos.

Estudo (Métodos)	Critérios								Pontos	Classificação
	1	2	3	4	8	9	10	11		
E _{An}										
Ciclismo										
Miyagi <i>et al.</i> , 2018	1	0	1	0	1	1	1	1	5	Boa
Redkva <i>et al.</i> , 2018	0	1	0	0	1	1	1	1	5	Boa
Silveira <i>et al.</i> , 2018	1	1	0	0	1	1	1	1	5	Boa
Zagatto <i>et al.</i> , 2018	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Arcoverde <i>et al.</i> , 2017	0	1	1	0	1	1	1	1	6	Excelente
Miyagi <i>et al.</i> , 2017	0	0	0	0	1	1	1	1	5	Boa
Beneke <i>et al.</i> 2007	0	0	0	1	1	1	1	1	5	Boa
Beneke <i>et al.</i> 2002	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Corrida										
Redkva <i>et al.</i> , 2018	0	1	0	0	1	1	1	1	5	Boa
Zagatto <i>et al.</i> 2017a	1	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Zagatto <i>et al.</i> 2017b	0	0	0	1	1	1	1	1	5	Boa
de Poli <i>et al.</i> 2016	1	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Malta <i>et al.</i> 2016	1	0	1	0	1	1	1	1	5	Boa
Brisola <i>et al.</i> 2015	0	1	0	0	1	1	1	1	5	Boa
Outros										
Campos <i>et al.</i> 2017	1	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Kalva-Filho <i>et al.</i> , 2015a	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Guidetti <i>et al.</i> 2008	1	0	1	1	1	1	1	1	6	Excelente
AOD										
Muniz-Pumares <i>et al.</i> , 2017	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Kalva-Filho <i>et al.</i> , 2016	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Muniz-Pumares <i>et al.</i> , 2016	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Peyrebrune <i>et al.</i> 2012	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Bertuzzi <i>et al.</i> , 2010	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Gardner <i>et al.</i> , 2003	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Weber <i>et al.</i> , 2002	0	0	0	1	1	1	1	1	5	Boa
O ₂ D										
Sousa <i>et al.</i> , 2014	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Rossiter <i>et al.</i> , 2003	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada
Bearden <i>et al.</i> , 2000	0	0	0	0	1	1	1	1	4	Moderada

Tabela 6.2. Quantificação anaeróbia no ciclismo pelo método E_{An} .

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2max}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	Intensidade	Duração (s)	A_1 ($mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	τ (min)	$\Delta[La^-]$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	E_{AI} ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	$E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	$E_{An} = E_{AI} + E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)
Miyagi <i>et al.</i> , 2018	Ciclismo (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)} + A_1 [e^{-(t/\tau_1)}] + A_2 [e^{-(t/\tau_2)}]$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[La^-] \cdot 3,0 mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	15 Homens	115% $i\dot{V}O_{2max}$							
		(<i>Mountain Bikers</i> ; tempo de treinamento > 1,0 ano)	Cafeína (6,0 $mg \cdot kg^{-1}$)	186,6 $\pm$ 29,8	21,1 $\pm$ 6,5	1,03 $\pm$ 0,54	11,6 $\pm$ 1,3	1,45 $\pm$ 0,42 L (* $\cong$ 19,80)	2,55 $\pm$ 0,51 L (* $\cong$ 34,80)	4,00 $\pm$ 0,76 L ou 54,6 $\pm$ 5,4
		30,0 $\pm$ 6,0	Placebo	173,3 $\pm$ 25,3	21,8 $\pm$ 4,4	0,98 $\pm$ 0,21	11,4 $\pm$ 1,6	1,53 $\pm$ 0,34 L (* $\cong$ 20,90)	2,53 $\pm$ 0,59 L (* $\cong$ 34,56)	4,06 $\pm$ 0,83 L ou 55,2 $\pm$ 5,7
		73,2 $\pm$ 11,4	Dextrose (6,0 $mg \cdot kg^{-1}$)							
Redkva <i>et al.</i> , 2018	Ciclismo (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)} + A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\} + A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[La^-] \cdot 3,0 mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	14 Homens Ativos	115% $i\dot{V}O_{2max}$							
		26 $\pm$ 9	Ciclismo	175,9 $\pm$ 22,0	19,3 $\pm$ 2,2	0,91 $\pm$ 0,10	10,5 $\pm$ 1,7	17,7 $\pm$ 3,2	31,6 $\pm$ 5,0	49,2 $\pm$ 6,1
		72,9 $\pm$ 10,8								
		174,1 $\pm$ 4,9								
		44,7 $\pm$ 5,7								

Continua...

Tabela 6.2. Continuação.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2max}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	Intensidade	Duração (s)	A_1 ($mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	τ (min)	$\Delta[La^-]$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	E_{AI} ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	$E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	$E_{An} = E_{AI}$ + $E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)
Silveira <i>et al.</i> 2018	Ciclismo	11 Homens Ativos	80% Δ							
	(ajuste	26,6 $\pm$ 5,3	Cafeína (5,0	400,0 $\pm$ 87,5	1,40 $\pm$ 0,73 L	0,83 $\pm$ 0,11	8,84 $\pm$ 0,98	1,10 $\pm$ 0,44 L	1,94 $\pm$ 0,25 L	3,04 $\pm$ 0,33 L
	biexponencial:	74,0 $\pm$ 5,3	mg $\cdot$ kg ⁻¹)		(* $\cong$ 18,91)			(* $\cong$ 14,86)	ou $\cong$ 26,21	ou (* $\cong$ 41,08)
	$\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)}$ + $A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\}$ + $A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[La^-] \cdot 3,0$ $mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	173,0 $\pm$ 10,0 40,6 $\pm$ 5,8	Placebo Celulose	298,3 $\pm$ 71,3	1,42 $\pm$ 0,69 L (* $\cong$ 19,18)	0,87 $\pm$ 0,23	9,15 $\pm$ 1,20	1,14 $\pm$ 0,50 L (* $\cong$ 15,40)	2,01 $\pm$ 0,34 L (* $\cong$ 27,16)	3,15 $\pm$ 0,65 L (* $\cong$ 42,56)
Zagatto <i>et al.</i> , 2018	Ciclismo	11 Homens Ativos	All-out 3 min	180	24,41 $\pm$ 6,60	0,61 $\pm$ 0,11	12,96 $\pm$ 2,14	1,18 $\pm$ 0,48 L	2,89 $\pm$ 0,50 L	3,97 $\pm$ 1,15 L
	(ajuste	28,1 $\pm$ 4,0								
	biexponencial:	74,8 $\pm$ 11,9	115% i $\dot{V}O_{2max}$	187,4 $\pm$ 63,1	27,75 $\pm$ 7,40	0,62 $\pm$ 0,13	11,34 $\pm$ 1,41	1,45 $\pm$ 0,54 L	2,52 $\pm$ 0,27 L	4,07 $\pm$ 1,11 L
	$\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)}$ + $A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\}$ + $A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[La^-] \cdot 3,0$ $mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	175,1 $\pm$ 4,2 40,7 $\pm$ 7,3								

Continua...

Tabela 6.2. Continuação.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2max}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	Intensidade	Duração (s)	A_1 ($mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	τ (min)	$\Delta[La^-]$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	E_{Al} ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	$E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	$E_{An} = E_{Al}$ + $E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)
Arcoverde <i>et al.</i> 2017	Ciclismo (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)}$ + $A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\}$ + $A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[La^-] \cdot 3,0$ $mLO_2 \cdot kg^{-1}$) Eq. O_2 20,9 $kJ \cdot L^{-1}$	9 Homens Ativos	120% $\dot{V}O_{2max}$							
		26,8 ± 5,9	Cafeína (5,0 $mg \cdot kg^{-1}$)	131,3 ± 21,9	1,0 ± 0,1 $L \cdot min^{-1}$	54,9 ± 8,8s	8,4 ± 1,6	18,4 ± 2,7 kJ (*≅0,38 L)	38,1 ± 7,1 kJ (*≅0,79 L)	(*≅56,5 kJ ou ≅1,18 L)
		74,1 ± 7,0								
		173,0 ± 9,0	Placebo Celulose	130,8 ± 20,8	1,1 ± 0,1 $L \cdot min^{-1}$	49,8 ± 8,5s	8,3 ± 1,6	19,1 ± 5,1 kJ (*≅0,39 L)	37,7 ± 7,1 kJ (*≅0,78 L)	(*≅56,8 kJ ou ≅1,18 L)
Miyagi <i>et al.</i> , 2017	Ciclismo Débito Alático (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)}$ + $A_1 [e^{-t/\tau_1}] + A_2 [e^{-t/\tau_2}]$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[La^-] \cdot 3,0$ $mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	Estudo A: 14 Homens Ativos	100% $i\dot{V}O_{2max}$	313,2 ± 59,4	19,3 ± 3,0	0,92 ± 0,11	10,5 ± 2,0	1,28 ± 0,20 L	2,30 ± 0,47 L	3,58 ± 0,54 L
			105% $i\dot{V}O_{2max}$	254,4 ± 15,6	19,3 ± 2,7	0,90 ± 0,16	10,5 ± 1,7	1,26 ± 0,22 L	2,32 ± 0,52 L	3,58 ± 0,63 L
		26,0 ± 6,0	110% $i\dot{V}O_{2max}$	219,6 ± 27,6	18,0 ± 4,1	1,01 ± 0,42	10,3 ± 1,1	1,24 ± 0,28 L	2,28 ± 0,35 L	3,53 ± 0,54 L
		73,8 ± 10,8	115% $i\dot{V}O_{2max}$	189,0 ± 39,6	18,6 ± 3,5	0,94 ± 0,19	10,0 ± 1,9	1,26 ± 0,29 L	2,22 ± 0,54 L	3,48 ± 0,72 L
		172,4 ± 5,4	120% $i\dot{V}O_{2max}$	164,4 ± 33,6	18,3 ± 2,3	0,90 ± 0,09	10,5 ± 1,9	1,21 ± 0,27 L	2,31 ± 0,46 L	3,52 ± 0,63 L
		43,4 ± 4,9	130% $i\dot{V}O_{2max}$	125,4 ± 16,8	17,7 ± 2,4	0,93 ± 0,10	9,4 ± 1,6	1,21 ± 0,27 L	2,11 ± 0,52 L	3,32 ± 0,72 L
			140% $i\dot{V}O_{2max}$	109,8 ± 15,6	17,9 ± 2,6	0,95 ± 0,12	10,0 ± 1,8	1,25 ± 0,28 L	2,21 ± 0,50 L	3,46 ± 0,72 L
			150% $i\dot{V}O_{2max}$	95,4 ± 13,2	17,4 ± 2,0	0,93 ± 0,13	9,9 ± 1,2	1,19 ± 0,29 L	2,20 ± 0,46 L	3,39 ± 0,63 L
		Estudo B: 11 Homens (<i>Mountain-Bikers</i> , tempo de treinamento > 0,5 ano)	115% $i\dot{V}O_{2max}$ (Teste)	182,1 ± 16,2	19,4 ± 3,0	1,00 ± 0,21	10,9 ± 1,7	1,64 ± 0,44 L	2,76 ± 0,56 L	4,42 ± 0,92 L ou 52,2 ± 7,5
		28,0 ± 4,0	115% $i\dot{V}O_{2max}$ (Reteste)	180,7 ± 25,2	19,6 ± 3,6	1,09 ± 0,20	11,0 ± 1,9	1,79 ± 0,51 L	2,77 ± 0,63 L	4,58 ± 0,96 L ou 54,1 ± 8,2
		85,2 ± 16,1								
		177,0 ± 5,8								
		45,5 ± 7,4								

Continua...

Tabela 6.2. Continuação.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2\max}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	Intensidade	Duração (s)	A_1 ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	τ (min)	$\Delta[\text{La}^-]$ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	E_{AI} ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{\text{An}} = E_{\text{AI}} + E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)
Beneke <i>et al.</i> 2007	Ciclismo (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(\text{Base})} + A_1 [e^{-(t/\tau_1)}] + A_2 [e^{-(t/\tau_2)}]$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico Adolescentes $\Delta[\text{La}^-] \cdot 3,0$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) Crianças ($\Delta[\text{La}^-] \cdot 3,125$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) Eq. $O_2 = 21,131$ $\text{J} \cdot \text{mLO}_2^{-1}$	20 Homens Ativos	<i>All-out</i>	30	$39,7 \pm 3,7$	$0,63 \pm 0,15$	$10,4 \pm 1,1$	$687,6 \pm 75,6$ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$	$524,4 \pm 148,2$ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$	(* $\cong 1485,8$ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)
		10 Crianças								
		$11,8 \pm 0,5$								
		$151,0 \pm 5,0$								
Beneke <i>et al.</i> 2002	Ciclismo (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(\text{Base})} + A_1 [e^{-(t/\tau_1)}] + A_2 [e^{-(t/\tau_2)}]$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[\text{La}^-] \cdot 3,0$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) Eq. $O_2 21,1$ $\text{kJ} \cdot \text{L}^{-1}$	11 Homens Atletas de Rugby	<i>All-Out</i>	30	2777 ± 445 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$	$0,7 \pm 0,2$	$12,4 \pm 1,6$	$40,2 \pm 10,6$ kJ ou 1904 ± 563 mL	(* $\cong 144,9$ kJ)	(* $\cong 185,1$ kJ)
		$21,6 \pm 3,8$								
		$82,2 \pm 12,1$								
		$178,6 \pm 6,6$								
		4220 ± 466 $\text{mLO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ (* $\cong 51,34$)								

* Dados inseridos pelos autores.

Tabela 6.3. Quantificação anaeróbia na corrida pelo método E_{An} .

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2max}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	Intensidade	Duração (s)	A_1 ($mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	τ (min)	$\Delta[La^-]$ ($mmol \cdot L^{-1}$)	E_{AI} ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	$E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	$E_{An} = E_{AI} + E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)
Redkva <i>et al.</i> , 2018	Corrida (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)} + A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\} + A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[La^-] \cdot 3,0$ $mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	14 Homens Ativos 26 $\pm$ 9 72,9 $\pm$ 10,8 174,1 $\pm$ 4,9 49,2 $\pm$ 3,8	115% $i\dot{V}O_{2max}$ Corrida	155,4 $\pm$ 43,2	20,4 $\pm$ 1,7	1,12 $\pm$ 0,13	10,5 $\pm$ 2,1	22,6 $\pm$ 2,2	31,4 $\pm$ 6,3	54,0 $\pm$ 6,0
Zagatto <i>et al.</i> 2017a	Corrida atada Débito Alático (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)} + A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\} + A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[La^-] \cdot 3,0$ $mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	14 Homens Corredores Amadores 29,0 $\pm$ 4,0 74,3 $\pm$ 8,0 177,0 $\pm$ 6,1 55,3 $\pm$ 4,5	115% $i\dot{V}O_{2max}$	109,5 $\pm$ 29,8	21,3 $\pm$ 2,4	1,00 $\pm$ 0,13	Repouso = 1,4 $\pm$ 0,5 Pico = 11,6 $\pm$ 2,0 (* Δ = 10,3 $\pm$ 1,9)	21,2 $\pm$ 2,5	30,8 $\pm$ 5,7	52,0 $\pm$ 6,8

Continua...

Tabela 6.3. Continuação.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2\max}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	Intensidade	Duração (s)	A_1 ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	τ (min)	$\Delta[\text{La}^-]$ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	E_{Al} ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{\text{An}} = E_{\text{Al}} + E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)
Zagatto <i>et al.</i> 2017b	Corrida	Pouco Treinados	115% $i\dot{V}O_{2\max}$	163,3 $\pm$ 52,4	20,1 $\pm$ 1,7	1,03 $\pm$ 0,16	9,6 $\pm$ 1,8	(* $\cong$ 20,70)	(* $\cong$ 28,8)	49,9 $\pm$ 4,5
	Débito Alático (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(\text{Base})}$ + $A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\}$ + $A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$	(n = 12) 25,0 $\pm$ 8,0 69,6 $\pm$ 9,1 173,4 $\pm$ 4,4 48,6 $\pm$ 4,5								
	Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[\text{La}^-] \cdot 3,0$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	Moderadamente Treinados (n = 12) 27,0 $\pm$ 5,0 77,2 $\pm$ 11,0 175,4 $\pm$ 7,2 50,0 $\pm$ 5,1	115% $i\dot{V}O_{2\max}$	154,8 $\pm$ 38,9	20,7 $\pm$ 2,7	1,07 $\pm$ 0,11	10,5 $\pm$ 1,4	(* $\cong$ 22,14)	(* $\cong$ 31,5)	53,8 $\pm$ 5,3
		Corredores de <i>Endurance</i> (n = 16) 27,0 $\pm$ 6,0 72,1 $\pm$ 7,5 177,9 $\pm$ 6,3 55,9 $\pm$ 4,9	115% $i\dot{V}O_{2\max}$	119,2 $\pm$ 32,8	22,2 $\pm$ 2,8	1,00 $\pm$ 0,12	10,9 $\pm$ 2,0	(* $\cong$ 22,20)	(* $\cong$ 32,7)	56,8 $\pm$ 5,4
		Jogadores de Rugby (n = 11) 24,0 $\pm$ 4,0 90,2 $\pm$ 12,0 179,9 $\pm$ 8,6 48,2 $\pm$ 3,3	115% $i\dot{V}O_{2\max}$	176,2 $\pm$ 62,5	19,1 $\pm$ 2,1	1,42 $\pm$ 0,17	12,5 $\pm$ 3,7	(* $\cong$ 27,12)	(* $\cong$ 37,5)	64,4 $\pm$ 12,1

Continua...

Tabela 6.3. Continuação.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_2\text{max}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	Intensidade	Duração (s)	A_1 ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	τ (min)	$\Delta[\text{La}^-]$ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	E_{Al} ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{\text{An}} = E_{\text{Al}} + E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)
de Poli <i>et al.</i> 2016	Corrida (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(\text{Base})} + A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\} + A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Lático ($\Delta[\text{La}^-] \cdot 3,0$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	18 Homens	115% $\dot{V}O_2\text{max}$							
		Corredores	Cafeína ($6,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$130,2 \pm 24,5$	$22,5 \pm 2,2$	$1,0 \pm 0,1$	$11,5 \pm 2,7$	$22,3 \pm 3,6$	$34,5 \pm 8,1$	$56,9 \pm 7,0$
		Amadores								
		29,0 $\pm$ 7,0	Placebo	$118,8 \pm 24,9$	$21,9 \pm 1,9$	$1,1 \pm 0,2$	$10,7 \pm 2,7$	$24,0 \pm 4,6$	$32,2 \pm 8,0$	$56,2 \pm 9,0$
Malta <i>et al.</i> 2016	Corrida (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(\text{Base})} + A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\} + A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Lático ($\Delta[\text{La}^-] \cdot 3,0$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	15 Homens	115% $\dot{V}O_2\text{max}$							
		Corredores	LED terapia	$154,6 \pm 36,0$	$19,9 \pm 2,2$	$1,1 \pm 0,2$	Pico = $12,6 \pm 2,1$ (* $\Delta = \cong 11,46$)	$22,4 \pm 4,1$	$34,4 \pm 6,4$	$55,8 \pm 7,3$
		Amadores								
		25,1 $\pm$ 4,4	Placebo	$155,5 \pm 37,0$	$19,9 \pm 4,2$	$1,2 \pm 0,3$	Pico = $13,0 \pm 2,6$ (* $\Delta = 11,80$)	$22,8 \pm 4,4$	$35,4 \pm 8,0$	$57,9 \pm 8,4$
		177,3 $\pm$ 7,0								
		50,4 $\pm$ 3,9								

Continua...

Tabela 6.3. Continuação.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_2\text{max}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	Intensidade	Duração (s)	A_1 ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	τ (min)	$\Delta[\text{La}^-]$ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	E_{Al} ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{\text{An}} = E_{\text{Al}} + E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)
Brisola <i>et al.</i> 2015	Corrida (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(\text{Base})} + A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\} + A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[\text{La}^-] \cdot 3,0$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	15 Homens Ativos 23,0 $\pm$ 4,0 71,4 $\pm$ 9,6 174,9 $\pm$ 6,5 50,6 $\pm$ 6,1	110% $i\dot{V}O_2\text{max}$ NaHCO_3 (0,3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	163,0 $\pm$ 39,8	1,4 $\pm$ 0,2 L	63,8 $\pm$ 10,4s	(* $\Delta = \cong 10,0$) R = 1,1 $\pm$ 0,4 P = 11,1 $\pm$ 0,7	21,7 $\pm$ 4,5	29,8 $\pm$ 5,3	51,5 $\pm$ 5,7
			Placebo Dextrose (0,3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	171,7 $\pm$ 40,5	1,4 $\pm$ 0,2 L	63,9 $\pm$ 11,8	(* $\Delta = \cong 11,5$) R = 1,0 $\pm$ 0,4 P = 12,5 $\pm$ 2,6	21,5 $\pm$ 4,3	34,4 $\pm$ 7,9	55,9 $\pm$ 8,2

* Dados inseridos pelos autores, R = repouso, P = pico.

Tabela 6.4. Quantificação anaeróbia em diferentes modalidades pelo método E_{An}.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) V̇O ₂ max (mLO ₂ ·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Intensidade	Duração (s)	A ₁ (mLO ₂ ·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	τ (min)	Δ[La ⁻] (mmol·L ⁻¹)	E _{AI} (mLO ₂ ·kg ⁻¹)	E _[La⁻] (mLO ₂ ·kg ⁻¹)	E _{An} = E _{AI} + E _[La⁻] (mLO ₂ ·kg ⁻¹)
Campos <i>et al.</i> 2017	Nado livre	14 (7 Homens e	50m	28,7 ± 2,6	2,0 ± 0,8 L·min ⁻¹	0,7 ± 0,1	8,4 ± 0,6	1,4 ± 0,4 L	1,7 ± 0,6 L	3,4 ± 1,0 L
	(piscina de 25m)	7 Mulheres)	100m	64,3 ± 4,8	2,9 ± 0,9 L·min ⁻¹	0,6 ± 0,1	9,1 ± 2,1	1,9 ± 0,8 L	1,8 ± 0,5 L	4,5 ± 1,2 L
	Débito Alático	(tempo de	200m	137,2 ± 10,7	2,9 ± 0,7 L·min ⁻¹	0,8 ± 0,2	10,6 ± 3,3	2,3 ± 0,8 L	2,2 ± 1,0 L	4,7 ± 1,4 L
	(ajuste	treinamento > 4,0	400m	292,1 ± 18,8	3,0 ± 1,1 L·min ⁻¹	0,6 ± 0,2	10,0 ± 3,4	2,0 ± 0,9 L	2,1 ± 0,6 L	4,8 ± 1,4 L
	biexponencial:	anos)	800m	604,9 ± 45,6	2,9 ± 0,9 L·min ⁻¹	0,6 ± 0,1	6,3 ± 2,5	1,3 ± 0,4 L	1,8 ± 0,7 L	3,9 ± 1,1 L
	V̇O _{2(t)} = V̇O _{2(Base)} + A ₁ {e ^{-[(t-TD₁)/τ₁]} + A₂ {e^{-[(t-TD₂)/τ₂]} Débito Alático (A₁·τ₁) e Láctico (Δ[La⁻]·3,0 mLO₂·kg⁻¹)}}	18,85 ± 3,18 69,05 ± 12,3								
Kalva-Filho <i>et al.</i> , 2015a	Nado livre	22 Nadadores	400m	278,9 ± 17,6	3,0 ± 1,3 L	0,9 ± 0,3	7,9 ± 2,9	(*≅2,7 L)	(*≅2,0 L)	4,7 ± 1,5 L
	(piscina de 25m)	15 Homens e								
	(ajuste	7 Mulheres								
	biexponencial:	(tempo de								
	V̇O _{2(t)} = V̇O _{2(Base)} + A ₁ {e ^{-[(t-TD₁)/τ₁]} + A₂ {e^{-[(t-TD₂)/τ₂]} Débito Alático (A₁·τ₁) e Láctico (Δ[La⁻]·3,0 mLO₂·kg⁻¹)}}	treinamento > 5,0 anos) 19,1 ± 1,5 71,2 ± 10,2 173,9 ± 10,0 4,5 ± 1,3 L·min ⁻¹								

Continua...

Tabela 6.4. Continuação.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2\max}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	Intensidade	Duração (s)	A_1 ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	τ (min)	$\Delta[\text{La}^-]$ ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	E_{Al} ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	$E_{\text{An}} = E_{\text{Al}} + E_{[\text{La}^-]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)
Guidetti et al. 2008	Balé (ajuste biexponencial: $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(\text{Base})} + A_1 \{e^{-[(t-TD_1)/\tau_1]}\} + A_2 \{e^{-[(t-TD_2)/\tau_2]}\}$ Débito Alático ($A_1 \cdot \tau_1$) e Láctico ($\Delta[\text{La}^-] \cdot 3,0$ $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	25 Bailarinas	<i>Grand adage</i> (música 72 bpm)							
		13 Baixa técnica 14,2 ± 1,4 50,2 ± 3,1 163,0 ± 5,0 38,1 ± 1,9	Movimentos: <i>plie's,</i> <i>de'veloppe's,</i> <i>de'gage's,</i> <i>grand rond de</i> <i>jambe, rond de</i> <i>jambe en l'air,</i> <i>coupe's,</i> <i>battements</i> <i>tendus,</i> <i>attitudes,</i> <i>arabesques,</i> <i>preparations for</i> <i>pirouettes, and</i> <i>pirouettes.</i>	210	30,8 ± 7,0	39,0 ± 10,9s	3,2 ± 0,3	19,0 ± 2,0	17,0 ± 2,0	(*≅36,0)
		12 Alta técnica 13,7 ± 1,0 45,2 ± 6,8 161,0 ± 4,0 46,2 ± 2,1		210	33,6 ± 8,7	31,0 ± 5,8s	1,3 ± 0,2	10,0 ± 1,0	4,0 ± 1,0	(*≅14,0)

* Dados inseridos pelos autores.

Tabela 6.5. Quantificação anaeróbia em diferentes modalidades pelo método AOD.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2max}$ (mLO ₂ ·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Intensidade	Duração (s)	Demanda de O ₂ (mLO ₂ ·kg ⁻¹)	Consumo de O ₂ (mLO ₂ ·kg ⁻¹)	AOD (mLO ₂ ·kg ⁻¹)
Muniz-Pumares <i>et al.</i> , 2017	Ciclismo AOD = $\dot{V}O_{2predito}$ - $\dot{V}O_{2consumido}$	21 Triatletas e Ciclistas	112,5% $\dot{V}O_{2max}$	164 ± 46	14,08 ± 4,14 L	9,90 ± 3,46 L	4,18 ± 0,95 L
		40,0 ± 6,0	All out	180	15,55 ± 2,14 L	11,87 ± 1,48 L	3,68 ± 0,98 L
		79,8 ± 7,5					
		181,0 ± 8,0					
Kalva-Filho <i>et al.</i> , 2016	Nado atado (piscina de 25m) AOD = $\dot{V}O_{2predito}$ - $\dot{V}O_{2consumido}$	5 Homens e 4 Mulheres (Mínimo de 5 anos em competições de nível nacional)	100% MAF (Teste)	268,9 ± 78,2	15,0 ± 4,0 L	12,1 ± 3,7 L	2,9 ± 1,1 L ou 45,3 ± 14,0
		18,0 ± 2,0	100% MAF (Reteste)	241,7 ± 55,1	14,0 ± 2,9 L	11,2 ± 2,7 L	2,9 ± 1,0 L ou 45,2 ± 12,6
		167,6 ± 10,1	(Força Aeróbia Máxima)				
		62,3 ± 8,7					
Muniz-Pumares <i>et al.</i> , 2016	Ciclismo AOD = $\dot{V}O_{2predito}$ - $\dot{V}O_{2consumido}$	21 Ciclistas	105% $\dot{V}O_{2max}$	267 ± 78	21,28 ± 6,69 L	17,40 ± 6,02	3,84 ± 1,11 L
		Triatletas	112,5% $\dot{V}O_{2max}$	173 ± 48	14,81 ± 4,37 L	10,55 ± 3,62	4,23 ± 0,96 L
		41,0 ± 7,0	120% $\dot{V}O_{2max}$	123 ± 31	11,15 ± 2,95 L	7,03 ± 2,21	4,09 ± 0,87 L
		79,6 ± 7,5	127,5% $\dot{V}O_{2max}$	91 ± 20	8,83 ± 2,10 L	4,88 ± 1,33	3,93 ± 0,89 L
		182,0 ± 8,0	112,5% $\dot{V}O_{2max}$ (Teste)	168 ± 44	($\cong$ 14,30 L)	10,11 ± 3,37 L	4,19 ± 0,99 L
		57,0 ± 6,0					
			112,5% $\dot{V}O_{2max}$ (Reteste)	160 ± 49	($\cong$ 13,65 L)	9,56 ± 3,47 L	4,09 ± 0,98 L

Continua...

Tabela 6.5. Continuação.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_2\text{max}$ (mLO ₂ ·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Intensidade	Duração (s)	Demanda de O ₂ (mLO ₂ ·kg ⁻¹)	Consumo de O ₂ (mLO ₂ ·kg ⁻¹)	AOD (mLO ₂ ·kg ⁻¹)
Peyrebrune <i>et al.</i> , 2012	Nado atado	8 Nadadores de elite	Atado				
	Semi atado	(t _{Lim} 50m _{Crawl} : 53,92 ± 1,38s)	All out	30	50,9 ± 9,6	16,6 ± 3,6	34,3 ± 9,0
	(piscina de 25m)	20,3 ± 2,5					
	AOD = $\dot{V}O_{2\text{predito}}$ -	75,0 ± 7,1	Semi atado	240			
	$\dot{V}O_{2\text{consumido}}$	182,0 ± 5,9	4 x 30	1º: 30	48,3 ± 8,4	12,2 ± 2,1	36,1 ± 7,2
		56,1 ± 3,9	(30s de recuperação)	2º: 30 3º: 30 4º: 30	47,2 ± 8,5 47,4 ± 8,3 45,6 ± 6,8	21,6 ± 2,5 22,8 ± 1,8 23,5 ± 2,0	25,5 ± 8,7 24,6 ± 8,2 22,1 ± 7,3
Bertuzzi <i>et al.</i> , 2010	Ciclismo	9 Homens Saudáveis	110% i $\dot{V}O_2\text{max}$	154,0 ± 38,0	8,8 ± 1,8 L	5,6 ± 1,7 L	2,82 ± 0,45 L
	AOD = $\dot{V}O_{2\text{predito}}$ -	23,0 ± 4,0					
	$\dot{V}O_{2\text{consumido}}$	71,7 ± 8,4					
		175,0 ± 5,5					
		41,3 ± 6,0					
Gardner <i>et al.</i> , 2003	Ciclismo	10 Homens Ciclistas	115% $\dot{V}O_2\text{max}$	112,7 ± 22,9	9,89 L	6,11 L	3,79 L
	AOD = $\dot{V}O_{2\text{predito}}$ -	25,0 ± 6,0			ou (*≅134,45)	ou (*≅83,12)	ou 52,3 ± 11,7
	$\dot{V}O_{2\text{consumido}}$	73,5 ± 8,5					
		183,0 ± 4,0					
		59,0 ± 4,0					

Continua...

Tabela 6.5. Continuação.

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2\max}$ (mLO ₂ ·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Intensidade	Duração (s)	Demanda de O ₂ (mLO ₂ ·kg ⁻¹)	Consumo de O ₂ (mLO ₂ ·kg ⁻¹)	AOD (mLO ₂ ·kg ⁻¹)
Weber & Schneider, 2002	Ciclismo AOD = $\dot{V}O_{2\text{predito}}$ - $\dot{V}O_{2\text{consumido}}$	14 Participantes Saudáveis	120% $\dot{V}O_{2\max}$				
		7 Homens	Pré-Treino	175 ± 16	(*≅12,68 L)	8,75 ± 0,99 L	3,93 ± 0,22 L
		23,7 ± 1,6					
		80,8 ± 2,3	Pós-Treino	303 ± 42	(*≅12,66 L)	8,95 ± 0,95 L	3,71 ± 0,28 L
		177,1 ± 1,7					
		3,58 ± 0,19 (*≅44,3)					
		7 Mulheres	Pré-Treino	166 ± 14	(*≅8,63L)	5,88 ± 0,64 L	2,75 ± 0,17 L
		22,7 ± 2,6					
		64,3 ± 1,6	Pós-Treino	259 ± 18	(*≅8,63 L)	5,93 ± 0,60 L	2,70 ± 0,21 L
		168,7 ± 1,8					
		2,55 ± 0,11 (*≅39,6)					

* Dados inseridos pelos autores; AOD = Déficit acumulado de O₂.

Tabela 6.6. Quantificação anaeróbia em diferentes modalidades pela cinética do $\dot{V}O_2$ no início do exercício pelo método do O_2D .

Estudo	Modalidade Método	Participantes Idade (anos) Massa corpórea (kg) Estatura (cm) $\dot{V}O_{2max}$ (mLO ₂ ·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Intensidade	Duração (s)	TD ₁ (min)	τ (min)	A ₁ (mLO ₂ ·min ⁻¹)	O ₂ D (LO ₂)
Sousa et al., 2014	Nado livre (ajuste monoexponencial) $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)} + A_1 [e^{-(t-TD/\tau)}] + A_2 [e^{-(t-TD/\tau)}]$ $O_2D = A_1 \cdot \tau$	12 Nadadores	95% $\dot{V}O_{2max}$	344,1 ± 63,6	11,3 ± 4,0s	14,8 ± 4,0s	2568,3 ± 384,2	0,60 ± 0,12
		18,2 ± 4,1	100% $\dot{V}O_{2max}$	194,2 ± 47,8	8,6 ± 2,5s	18,1 ± 3,1s	2402,6 ± 327,8	0,77 ± 0,24
		70,5 ± 5,8	105% $\dot{V}O_{2max}$	122,6 ± 20,1	8,0 ± 3,5s	16,4 ± 3,8s	2628,2 ± 410,3	0,74 ± 0,19
		179,4 ± 6,5 4,21 ± 0,61 LO ₂ ou (*≈59,71)						
Rossiter et al., 2003	Extensão do Joelho (ajuste monoexponencial) $\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2(Base)} + A_1 [e^{-(t-TD/\tau)}]$ $O_2D = MRT \cdot A_1$ onde $MRT = TD + \tau$	6 Homens Ativos	87 ± 16 W	10 – 12 min	24,0 ± 7,0s	44,3 ± 8,2s	0,77 ± 0,20 LO ₂ ·min ⁻¹	0,86 ± 0,37
		23,7 (20,0 – 28,0) 92,7 (81,0 – 104,0) 185,0 (180,0 – 192,0)	Dicloroacetato (25 mg·mL ⁻¹ ; pH 7,0) Placebo		16,0 ± 7,0s	45,5 ± 7,9s	0,84 ± 0,21 LO ₂ ·min ⁻¹	0,87 ± 0,38
Bearden et al., 2000	Ciclismo Cinética On O_2D (ajuste biexponencial) $O_2D = 8(B\dot{V}O_2 + A_1 + A_2) \cdot \int_0^8$ $O_2D_{New} = O_2D - (A_2 \cdot TD_2)$ onde $TD_2 = TD_1$	6 Homens e 1 Mulher	25% Δ	8 min	25% Δ	25% Δ	25% Δ	2,36 ± 0,91
		27,1 ± 5,3	50% Δ		22,81 ± 2,93	19,35 ± 3,23	1,20 ± 0,29 LO ₂ ·min ⁻¹	4,03 ± 1,01
		79,4 ± 12,7					(A ₂ = 0,62 ± 0,25)	
		177,7 ± 7,0 49,2 ± 6,5					(B $\dot{V}O_2$ = 0,82 ± 0,12)	
		($\Delta = \dot{V}O_{2max} - LPG$)	25% Δ		50% Δ	50% Δ	50% Δ	1,71 ± 0,70
			50% Δ		22,68 ± 3,68	20,11 ± 6,28	1,36 ± 0,34 LO ₂ ·min ⁻¹	2,89 ± 0,79
							(A ₂ = 1,05 ± 0,43)	
							(B $\dot{V}O_2$ = 0,81 ± 0,11)	

* Dados inseridos pelos autores.

6.3. RESULTADOS

Dentre os 26 estudos incluídos na revisão sistemática, 62% foram publicados nos últimos 5 anos, 12% entre 5 a 10 anos, 8% entre 10 a 15 anos e 18% entre 15 a 20 anos. Para os locais de publicação, 54% foram em países europeus, 46% nos EUA e 4% no Canadá, com qualidade metodológica de $4,5 \pm 0,6$ (Moderada qualidade). No total foram incluídos 413 participantes (88% homens e 12% mulheres) sendo considerados ativos ou levemente treinados (59%) e atletas (41%) com faixa etária entre $11,8 \pm 5,0$ e $40,0 \pm 6,0$ anos. Quanto as modalidades avaliadas, 52% foram realizadas no ciclismo, 22% na corrida, 18% na natação, 4% na dança e 4% extensão do joelho.

A quantificação da demanda anaeróbia foi realizada por três métodos diferentes, destacando-se o método E_{An} (Tabelas 6.2, 6.3, 6.4) que foi empregado em 63% dos estudos, cujo procedimento é ilustrado na Figura 2.3. Os demais métodos, AOD (Tabela 6.5) (Figura 2.2) e O_2D (Tabela 6.6) (Figura 2.1), configuram-se respectivamente em 26% e 11% dos estudos realizados. Quanto as intensidade e duração dos esforços empregados nas estimativas, cerca de 58% dos estudos empregaram intensidade relativa de 115% $\dot{V}O_{2max}$ para um tempo-limite do exercício entre 2 a 3 minutos.

Nos estudos que aplicaram o método E_{An} a demanda metabólica anaeróbia foi obtida pela soma algébrica simples das contribuições dos metabolismos alático e láctico, que são determinados separadamente em unidades equivalentes de O_2 . A participação alática tem sido frequentemente determinada pelo produto da amplitude primária (A_1) e constante temporal (τ), ambas obtidas após ajuste biexponencial da cinética do $\dot{V}O_2$ durante a recuperação. Quanto a participação láctica, tem se aplicado o coeficiente estequiométrico ($3,0 \text{ mL } O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ para cada $1,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) para conversão da concentração líquida de lactato ($\Delta[\text{La}^-] = [\text{La}^-]_{\text{pico}} - [\text{La}^-]_{\text{rep}}$) em equivalentes de O_2 .

O método AOD estima a contribuição anaeróbia a partir da subtração algébrica entre a demanda prevista de $\dot{V}O_2$ para o exercício e o valor medido do $\dot{V}O_2$ neste exercício. A demanda prevista de $\dot{V}O_2$ refere-se à extrapolação linear da relação $\dot{V}O_2$ -intensidade durante esforços submáximos para prever a demanda de O_2 em esforços supramáximos. O O_2D estima a contribuição anaeróbia pelo déficit de O_2 ao início do exercício, calculado como o produto entre a constante temporal

(τ_1) e magnitude de ajuste da resposta primária (A_1) do $\dot{V}O_2$. Sobretudo, esses métodos não apresentam as frações quanto aos perfis alático e láctico.

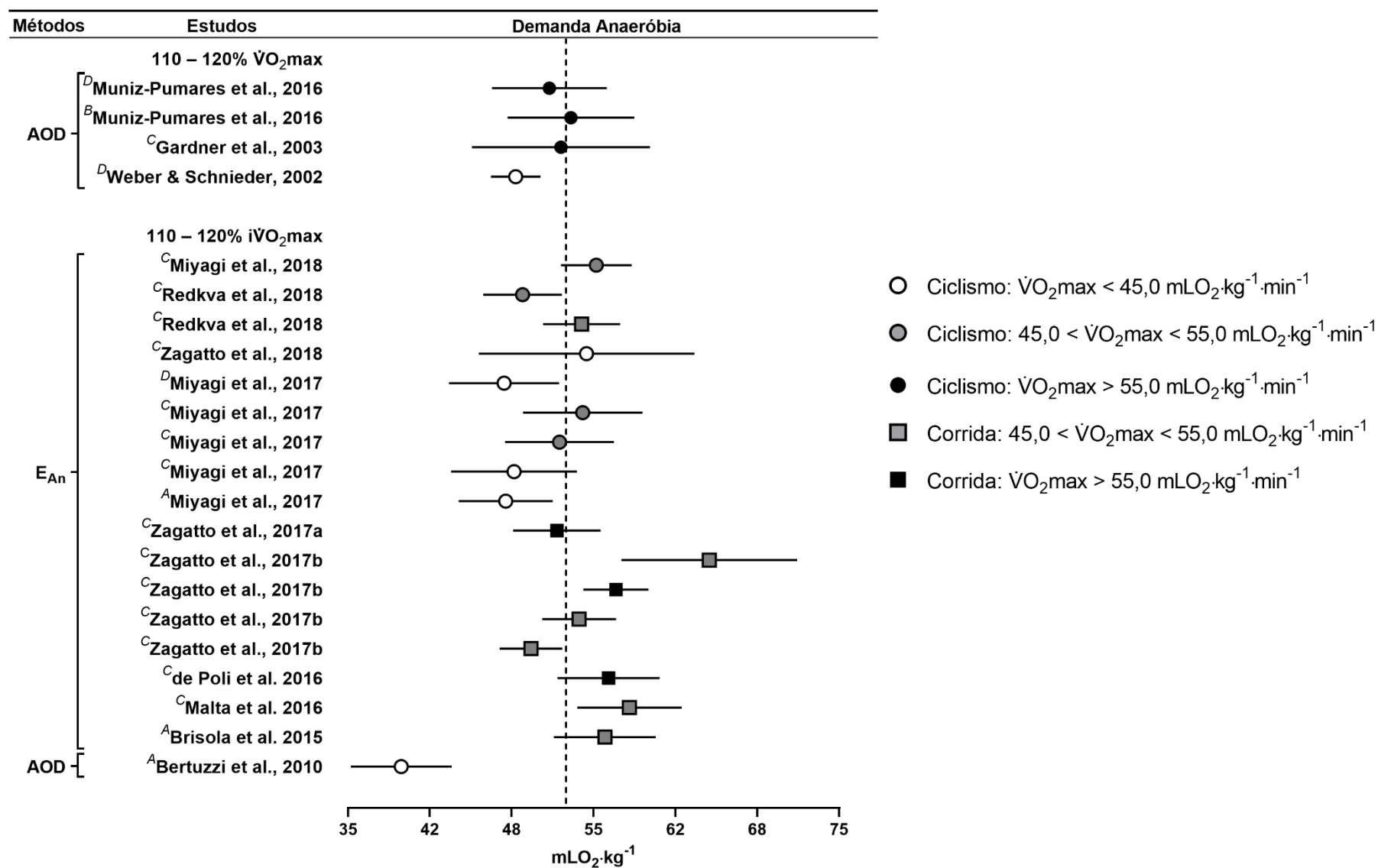


Figura 6.2. Valores da demanda anaeróbia (média e IC_{95%}). ^A110%, ^B112,5%, ^C115% e ^D120% $\dot{V}O_2\text{max}$ e $i\dot{V}O_2\text{max}$. A linha tracejada representa a mediana dos estudos.

A Figura 6.2 apresenta os resultados da demanda anaeróbia máxima entre os estudos analisados. Essa análise agrupou os estudos quanto às similaridades de procedimentos, envolvendo intensidade do esforço (110 – 120% $\dot{V}O_{2max}$ ou $i\dot{V}O_{2max}$), modalidades de exercícios (corrida ou ciclismo), nível de condicionamento cardiorrespiratório ($\dot{V}O_{2max}$) e variáveis fisiológicas empregadas no método de estimativa. Observou-se que para a faixa de intensidade do esforço abrangida na estimativa, não há efeito da intensidade do esforço sobre os valores da demanda anaeróbia máxima independente da modalidade de exercício e do método empregado na estimativa, embora são observados valores mais altos da demanda anaeróbia máxima quando a estimativa emprega esforços à 115% $i\dot{V}O_{2max}$. Quando são analisadas as modalidades na mesma intensidade (110 e 115% $i\dot{V}O_{2max}$), verificam-se valores levemente superior da corrida comparada ao ciclismo. Ao analisar o efeito do estado de condicionamento cardiorrespiratório ($\dot{V}O_{2max}$) entre os sujeitos desses estudos, notou-se que a máxima demanda anaeróbia foi maior entre sujeitos com maiores valores de $\dot{V}O_{2max}$ de acordo com a especificidade de treinamento.

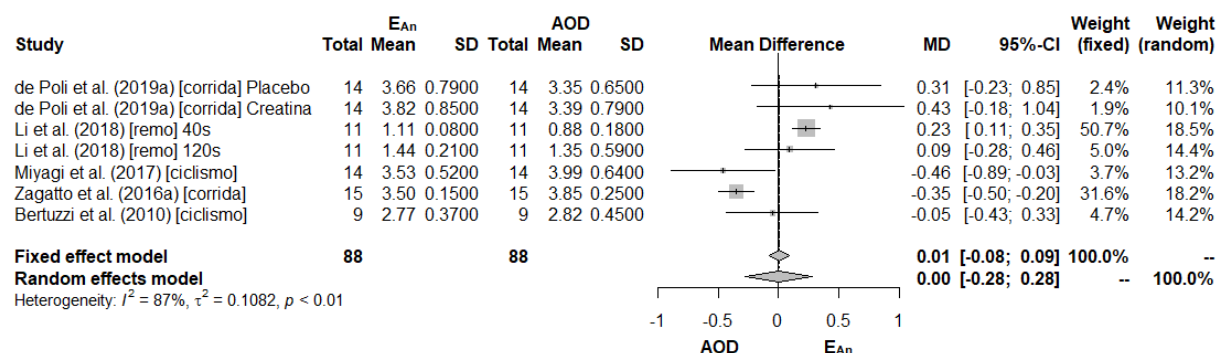


Figura 6.3. Forest plot demanda anaeróbia através da diferença das médias. Cada ponto representa a diferença da média e IC_{95%} dos métodos EAn e AOD de uma comparação. A linha vertical representa ausência de efeito. IC = intervalo de confiança.

A metanálise foi composta por 5 estudos com o total de 7 condições (intensidades) (Figura 6.3), sendo que, esta mostrou-se sob condição de alta heterogeneidade ($I^2 = 86,5\%$; $Q_{[6]} = 44,45$; $p < 0,001$) e com base no modelo de efeitos aleatórios (MD = 0,0027; IC_{95%} = -0,2793 – 0,2848; $z = 0,02$; $p = 0,985$) não

houve efeito do método sobre a determinação da demanda anaeróbia. A análise do gráfico do funil (Figura 6.4) demonstrou não haver viés de publicação e os testes de Begg-Mazumdar ($p = 0,652$) e de Egger (Intercepto = $-0,22$; $t_{[5]} = 0,11$; $p = 0,917$) não foram significativos.

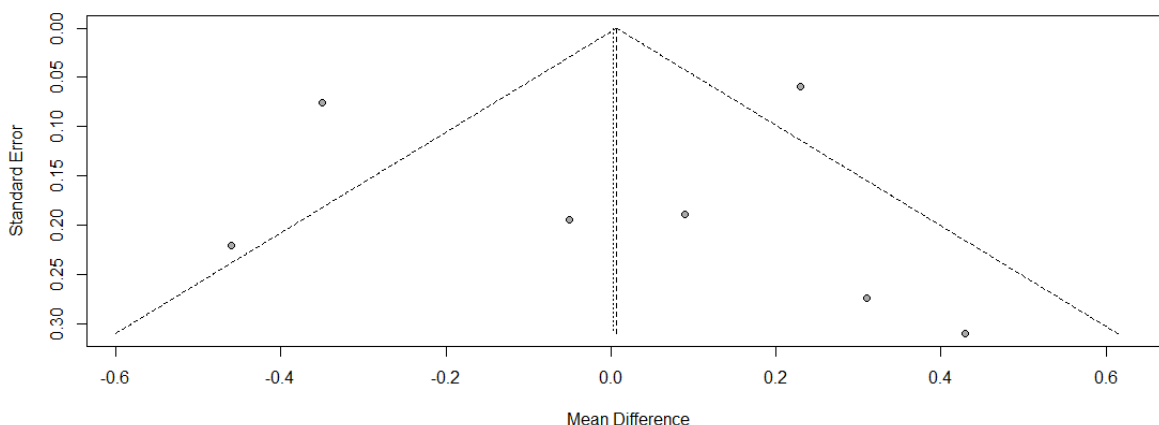


Figura 6.4. *Funnel plot* das diferenças das médias versus o erro padrão para cada comparação dos métodos EAn e AOD.

6.4. DISCUSSÃO

Esta revisão sistematizou os procedimentos envolvidos na determinação da demanda anaeróbia durante o exercício de intensidade máxima e supramáxima. A partir dessa sistematização, buscou-se também definir os procedimentos menos susceptíveis aos fatores intervenientes na estimativa da demanda anaeróbia, como o tipo de exercício (efeito da massa muscular ativa), intensidade do esforço (efeito do grau de estimulação e duração do estímulo) e o nível de condicionamento cardiorrespiratório dos sujeitos envolvidos. Cabe ainda ressaltar, que o efeito do sexo (pelas diferenças de massa muscular) não pode ser analisado, pela escassez de estudos envolvendo o sexo feminino. A relevância desta revisão sistemática está em agrupar informações sobre a convergência entre os procedimentos e resultados observados pelos métodos que, atualmente, são mais utilizados para a determinação da demanda metabólica anaeróbia.

Destacam-se, entre os estudos, três métodos que empregaram os procedimentos da (1) cinética do $\dot{V}O_2$ durante o exercício para estimar pelo déficit de O_2 (BEARDEN & MOFFATT, 2000; DEMARLE *et al.*, 2001; ROSSITER *et al.*, 2003), (2) comparação entre a resposta do $\dot{V}O_2$ durante o exercício e aquela prevista pela

atividade (MEDBO *et al.*, 1988; PEYREBRUNE *et al.*, 2012; KALVA-FILHO *et al.*, 2016; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2018) e (3) cinética do $\dot{V}O_2$ após o exercício em associação com o lactato sanguíneo (BENEKE *et al.*, 2002; GUIDETTI *et al.*, 2008; ARCOVERDE *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2018).

6.4.1. Déficit acumulado de oxigênio (AOD) em desempenhos máximos e supramáximos

Nossos resultados evidenciaram a dependência temporal do AOD ao observar seu aumento com a variação temporal do esforço, independente da modalidade (MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2018). Desta forma, o método do AOD reflete uma demanda anaeróbia crescente entre os eventos até aproximadamente 3 minutos de duração, corroborando os resultados de Medbo *et al.* (1988) e Medbo & Tabata (1989) na corrida e cicloergômetro, em exercícios com duração de 30, 60 e 120s e, na natação os estudos de Troup *et al.* (1992) e Ogita *et al.* (2003), nas distâncias de 50, 100 e 200 metros, tanto em nado-livre (em intensidades correspondentes à 140, 127 e 108% $\dot{V}O_{2max}$), como em “flume” durante esforço máximo correspondentes à 15s ($1,73 \pm 0,45 \text{ LO}_2$), 30s ($2,28 \pm 0,38 \text{ LO}_2$), 60s ($2,78 \pm 0,59 \text{ LO}_2$) e 120 a 180s ($3,23 \pm 0,51 \text{ LO}_2$).

Quanto a intensidade de esforço supramáximo, foi verificado que o AOD tende ao valor máximo limitado à uma taxa metabólica de $\cong 110\% \dot{V}O_{2max}$, como observado nos estudos de Troup *et al.* (1992) ($\cong 108\% \dot{V}O_{2max}$), Ogita *et al.* (2003) ($\cong 105 - 110\% \dot{V}O_{2max}$) e Muniz-Pumares *et al.* (2016) ($112,5\% \dot{V}O_{2max}$). Todavia, esse limite máximo é apenas uma dedução face à faixa de intensidade ($\cong 100$ a $110\% \dot{V}O_{2max}$) em que foi observado, que é coerente com tempo-limite ($\cong 2 - 3$ min) em que a demanda anaeróbia é, provavelmente, exigida em seu máximo (MEDBO *et al.*, 1988; OGITA *et al.*, 2003; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2016), devido a demanda energética total prevista (i.e.: demanda acumulada de O_2) ser, provavelmente, inferior à taxa oxidativa máxima (i.e.: $<\dot{V}O_{2max}$) (ÖZYENER *et al.*, 2003), bem como pela constatação de Medbo *et al.* (1988) sobre a estabilização do AOD em esforços superiores a 2 minutos e sobre o erro de estimativa (6%) que é baixo em esforços menores que 3 minutos. Todavia, o estudo de Weber & Schneider (2002) e Muniz-Pumares *et al.* (2016) determinaram o MAOD à $120\% \dot{V}O_{2max}$, porém os valores encontrados são similares àqueles observados para a faixa de

intensidade $\cong 105 - 115\% \dot{V}O_{2\max}$ e superiores aos valores reportados por Ogita *et al.* (2003) na natação.

6.4.2. Componentes alático e láctico em equivalentes de oxigênio durante desempenhos máximos e supramáximos

O débito alático de O_2 mostrou-se independente das intensidades de esforços entre $100 - 150\% i\dot{V}O_{2\max}$ como demonstrado por Zagatto *et al.* (2016a) na corrida e, corroborado por Miyagi *et al.* (2017) no ciclismo. Todavia, na natação Campos *et al.* (2017) verificaram diferenças entre os 50, 100 e 200m para essa faixa de intensidade. Desse modo, verifica-se nos estudos uma concordância quanto a intensidade avaliada e modalidade aplicada para o mesmo estado de treinamento tanto no ciclismo (MIYAGI *et al.*, 2018; REDKVA *et al.*, 2018; ZAGATTO *et al.*, 2018), como também na corrida (ZAGATTO *et al.*, 2017a; REDKVA *et al.*, 2018). Sobretudo, quando se comparados diferentes estados de treinamento (DE PAUW *et al.*, 2013), não são observadas diferenças no perfil alático no ciclismo (MIYAGI *et al.*, 2017; MIYAGI *et al.*, 2018), como também na corrida (ZAGATTO *et al.*, 2017a; REDKVA *et al.*, 2018), devido as diferenças decorrentes do treinamento sobre os parâmetros da cinética do $\dot{V}O_2$ (CARTER *et al.*, 2000b; DEMARLE *et al.*, 2001; BILLAT *et al.*, 2002; BERGER *et al.*, 2006; BAILEY *et al.*, 2009b; MCKAY *et al.*, 2009), o que provoca ajustes mais rápidos ($< \tau$) do metabolismo oxidativo, que por sua vez é capaz de compensar o aumento da amplitude primária (A_1) (BILLAT *et al.*, 2002) em indivíduos com valores superiores de $\dot{V}O_{2\max}$ (ZAGATTO *et al.*, 2017a; MIYAGI *et al.*, 2018). Contudo, esse método mostrou-se reprodutível para os parâmetros temporal (τ) e de magnitude (A_1) do $\dot{V}O_2$ *Off-transients* (ZAGATTO *et al.*, 2016a; MIYAGI *et al.*, 2017) e, sensível ao analisar diferentes estados e especificidade de treinamento (ZAGATTO *et al.*, 2017b), como também ao efeito da massa muscular ativa quando comparado os sexos (DE POLI *et al.*, 2019b) ou modalidades (ciclismo vs. corrida) (REDKVA *et al.*, 2018).

Para o perfil láctico, também foi observado concordância para a mesma potência mecânica ($115\% i\dot{V}O_{2\max}$) entre os estudos tanto para os valores em equivalentes de O_2 , uma vez que apresentaram concentrações líquida de lactato sanguíneo ($\Delta[La^-]$) similares e utilizaram o mesmo coeficiente estequiométrico ($3,0 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) seja no ciclismo (MIYAGI *et al.*, 2018; REDKVA *et al.*, 2018; ZAGATTO *et al.*, 2018), como na corrida (DE POLLI *et al.*, 2016; MALTA *et al.*, 2016; ZAGATTO *et al.*, 2018).

al., 2017a; REDKVA *et al.*, 2018). Quanto a natação, o desempenho dos 100m que em teoria corresponderia à intensidade de 115% $\dot{V}O_{2\max}$ (TROUP *et al.*, 1992; OGITA, 2003), foi analisada por Campos *et al.* (2017) reportando valores equivalentes àqueles da corrida e ciclismo. Sobretudo, os valores não apontaram diferenças para as distâncias entre os 50 e 400m, como também Zagatto *et al.* (2016a) na corrida e Miyagi *et al.* (2017) no ciclismo não reportaram diferenças entre as intensidades correspondentes à 100 e 150% $\dot{V}O_{2\max}$ (t_{Lim} : 52,7 – 316,9s). Dessa forma, o metabolismo láctico mostrou independente da quantidade de massa muscular ativa quando são comparadas diferentes modalidades, como apresentado por Redkva *et al.* (2018) ao não verificarem diferenças nas $[La^-]_{\text{pico}}$ e $\Delta[La^-]$ entre o ciclismo e corrida durante esforço retangular à 115% $\dot{V}O_{2\max}$, embora observado durante teste incremental ($[La^-]_{\text{pico}}$: 10,0 $\pm$ 1,5 vs. 8,8 $\pm$ 1,7 mmol·L⁻¹, respectivamente). Porém, ao comparar os sexos, de Poli *et al.* (2019b) observaram para essa mesma potência mecânica (115% $\dot{V}O_{2\max}$), valores superiores de homens em relação aos das mulheres ($[La^-]_{\text{pico}}$: 11,97 $\pm$ 0,84 vs. 8,53 $\pm$ 0,88 mmol·L⁻¹, respectivamente).

Ao analisar o efeito do estado de treinamento (DE PAUW *et al.*, 2013) sobre a demanda metabólica anaeróbia determinada para uma modalidade e mesma intensidade (115% $\dot{V}O_{2\max}$), foram observados valores equivalentes quando agrupados pelo $\dot{V}O_{2\max}$ (45,0 – 54,9 mL·O₂·kg⁻¹·min⁻¹) tanto para o ciclismo (MIYAGI *et al.*, 2017; MIYAGI *et al.*, 2018; REDKVA *et al.*, 2018), como também para a corrida (MALTA *et al.*, 2016; ZAGATTO *et al.*, 2017a; REDKVA *et al.*, 2018). Do mesmo modo, esse padrão de resultado foi verificado tanto em valores inferiores de $\dot{V}O_{2\max}$ (<45,0 mL·O₂·kg⁻¹·min⁻¹) no ciclismo (MIYAGI *et al.*, 2017; ZAGATTO *et al.*, 2018), quanto em valores superiores de $\dot{V}O_{2\max}$ (55,0 – 64,9 mL·O₂·kg⁻¹·min⁻¹) na corrida (DE POLI *et al.*, 2016; ZAGATTO *et al.*, 2017b). Quanto à natação, essa equidade também foi observada nos 400m (KALVA-FILHO *et al.*, 2015a; CAMPOS *et al.*, 2017). Sobretudo, ao analisar a demanda anaeróbia para essa mesma taxa metabólica (% $\dot{V}O_{2\max}$), evidencia a sensibilidade desse método em distinguir diferentes estados de treinamentos no ciclismo (MIYAGI *et al.*, 2017) e corrida, como também especificidade de treinamento (ZAGATTO *et al.*, 2017b).

6.4.3. Equivalência entre os métodos AOD e E_{An} de determinação da demanda anaeróbia durante esforço supramáximo

Para o AOD, maiores valores da demanda anaeróbia são verificados em esforços entre 110 – 120% $\dot{V}O_{2max}$ (BERTUZZI *et al.*, 2010; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2016; ZAGATTO *et al.*, 2016a; MIYAGI *et al.*, 2017), com alta reprodutibilidade independente do sexo (ICC = 0,95 e 0,97; respectivamente) (WEBER & SCHNIEDER, 2001), equidade estatística e alta correlação com o E_{An} na corrida como demonstrada no estudo de Zagatto *et al.* (2016a) à 115% $i\dot{V}O_{2max}$ ($r = 0,73$; $p < 0,01$) e corroborada por de Poli *et al.* (2019a) ($r = 0,72$; $p = 0,003$). No ciclismo, Bertuzzi *et al.* (2010) verificaram à 110% P_{max} fortes correlações ($r = 0,78$; $p = 0,014$), sendo ratificada por Miyagi *et al.* (2017) à 115% $i\dot{V}O_{2max}$ ($r = 0,68$; $p < 0,01$). Quanto a reprodutibilidade dos métodos, Muniz-Pumares *et al.* (2016) no AOD verificaram no ciclismo (ICC = 0,866), e pelo E_{An} , tanto o estudo de Zagatto *et al.* (2016a) na corrida (ICC = 0,87; $p < 0,01$) quanto o de Miyagi *et al.* (2017) no ciclismo (ICC = 0,96; $p < 0,01$) encontraram estimativas que se reproduzem com elevado grau de confiança à 115% $i\dot{V}O_{2max}$. No remo, Li *et al.* (2018) também verificaram em meninas (14,0 $\pm$ 1,0 anos) equivalência entre AOD e E_{An} tanto em esforços com duração de 40s (41,9 $\pm$ 8,8 vs. 52,8 $\pm$ 4,0 kJ; respectivamente) como de 120s (64,1 $\pm$ 27,9 vs. 68,2 $\pm$ 10,0 kJ; respectivamente). Porém, quando comparados em valores relativos, encontram diferenças no esforço com duração de 40s (64,0 $\pm$ 4,0 vs. 70,0 $\pm$ 4,0%; respectivamente), mas não durante 120s (39,1 $\pm$ 12,0 vs. 42,5 $\pm$ 5,0%; respectivamente).

6.4.4. Considerações metodológicas sobre a determinação da demanda anaeróbia pelos métodos AOD e E_{An}

Medbo *et al.* (1988) apresentaram valores de MAOD entre 52 – 90 mL O_2 ·kg⁻¹ a partir de uma extrapolação linear. Contudo, questionamentos sobre esse método residem sobre a linearidade da demanda energética (GREEN & DAWSON, 1995; ÖZYENER *et al.*, 2003; HILL & VILGREN, 2011), que é dependente da eficiência mecânica e reduz em esforços no domínio severo (CANNON *et al.*, 2011; MURGATROYD *et al.*, 2011; BURNLEY & JONES, 2018; ZIGNOLI *et al.*, 2019). Outro aspecto interveniente é que em esforços em intensidade a partir do limiar de lactato (domínio pesado) (BURNLEY & JONES, 2018; ZIGNOLI *et al.*, 2019), verifica-se uma estabilização tardia do $\dot{V}O_2$ sobreposta resposta primária (CL $\dot{V}O_2$)

(BILLAT *et al.*, 2002; ÖZYENER *et al.*, 2003; CANNON *et al.*, 2011; MURGATROYD *et al.*, 2011; VANHATALO *et al.*, 2016; BURNLEY & JONES, 2018), o que eleva o $\dot{V}O_2$ do esforço retangular e, com isso, torna exponencial a relação $\dot{V}O_2$ -intensidade (GREEN & DAWSON, 1995; HILL & VILGREN, 2011). Do mesmo modo, os custos de O_2 dos esforços retangulares menos intensos também podem sofrer superestimações e alterar o coeficiente angular da relação $\dot{V}O_2$ -intensidade (REGER *et al.*, 2013), como demonstrado por Hintzy-Cloutier *et al.* (2003) ao encontrarem no ciclismo valores superiores comparados ao estimados por regressão linear a partir de quatro esforços submáximos (40, 80, 120, 160 e 200W). Essa elevação na demanda energética pode ser explicada pelo aumento do trabalho interno decorrente da insuficiente adaptação neuromuscular caracterizada pela ausência de estímulos nessa faixa de intensidade (NEPTUNE & KAUTZ, 2001). Frente a problemática da linearidade da demanda energética (HINTZY-CLOUTIER *et al.*, 2003; REGER *et al.*, 2013), Green & Dawson (1995) observaram uma tendência exponencial com aumento do custo de O_2 em esforços acima do limiar de lactato independente do estado de treinamento. No entanto, Hill & Vilgren (2011) verificaram que a demanda é linear no ciclismo ao comparar três esforços (t_{Lim} : 3, 5 e 7 min) encontrando valor comum de $59,0 \pm 6,0 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$, porém na corrida mostrou-se exponencial (1,05) com valor $78,0 \pm 7,0 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ para os três esforços.

Outro fator interveniente do AOD é o t_{Lim} do esforço supramáximo (MEDBO *et al.*, 1988; MEDBO & TABATA, 1989; ZAGATTO *et al.*, 2016a; MIYAGI *et al.*, 2017), Medbo *et al.* (1988) na corrida e Medbo & Tabata (1989) no ciclismo verificaram valores crescentes da demanda anaeróbia em função do tempo até 120s, com estabilização dos resultados para esforços mais longos. Mais tarde, Zagatto *et al.* (2016a) na corrida, Campos *et al.* (2017) na natação e Miyagi *et al.* (2017) no ciclismo corroboraram esses resultados pelo E_{An} . Valores crescentes do AOD são esperados pelo fato da demanda prevista de O_2 ser obtida em função do tempo, com a condição desta ser superior em relação participação aeróbia, caso contrário o AOD será negativo (ÖZYENER *et al.*, 2003). Vanhatalo *et al.* (2010) não encontraram diferenças na depleção de substratos ([PCr]) e metabólitos ([Pi], [ADP] e pH) durante esforços com t_{Lim} entre 120 e 540s, sendo assim, o aumento do AOD se dá pelo metabolismo glicolítico e, sua estabilização após 2 – 3 min é devido a: (i) acidose metabólica que limita o maquinário enzimático da glicólise (DI PRAMPERO *et al.*, 1981) e, conseqüentemente limita as vias anaeróbia e aeróbia (JUBRIAS *et*

al., 2003), uma vez que a taxa de produção da $[La^-]$ é superior a de remoção para essa faixa de intensidade, o que implicaria em maior acúmulo da $[La^-]$ (DI Prampero *et al.*, 1981) e; (ii) aspecto matemático do AOD onde a participação aeróbia tende a se aproximar ou até sobrepor ($CL\dot{V}O_2$) a demanda energética prevista (ÖZYENER *et al.*, 2003).

Para o E_{AI} , Di Prampero *et al.* (1973) encontraram na corrida em indivíduos saudáveis ($\dot{V}O_{2max}$: 45,0 a 52,0 $mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) valores de $32,0 \pm 1,87 mLO_2 \cdot kg^{-1}$, já Roberts & Morton (1978) em indivíduos treinados, verificaram valores de $39,8 \pm 1,87 mLO_2 \cdot kg^{-1}$, que são superiores aos apresentados por Brisola *et al.* (2015), de Poli *et al.* (2016), Malta *et al.* (2016), Zagatto *et al.* (2017a), Zagatto *et al.* (2017b) e Redkva *et al.* (2018). Parte dessa diferença pode ser explicada pelo ajuste da cinética de recuperação do $\dot{V}O_2$, onde os estudos pioneiros determinaram o E_{AI} pelo produto da A_1 e MRT (DI PRAMPERO & FERRETTI; 1999; BENEKE *et al.*, 2002), enquanto os atuais estimam pela constante temporal (CAMPOS *et al.*, 2017; MIYAGI *et al.*, 2018; REDKVA *et al.*, 2018). Sobretudo, considerando os resultados da Vanhatalo *et al.* (2010) quanto a depleção da $[PCr]$, o E_{AI} deve ser constante, embora Zagatto *et al.* (2016a) encontraram variação de 2,5 $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ em esforços entre 100 e 150% $\dot{V}O_{2max}$, com valores maiores à 140% $\dot{V}O_{2max}$ ($24,3 \pm 1,2 mLO_2 \cdot kg^{-1}$). Miyagi *et al.* (2017) encontraram para essa mesma faixa de intensidade, variação de 0,9 LO_2 e Campos *et al.* (2017) verificaram valores significativamente diferentes entre as distâncias de 50m ($1,4 \pm 0,4 LO_2$), 100m ($1,9 \pm 0,8 LO_2$) e 200m ($2,2 \pm 1,0 LO_2$). Essas variações entre as intensidades estão relacionadas a dependência temporal da resposta do $\dot{V}O_2$, como demonstrado no ciclismo por Caputo & Denadai (2008) o tempo de alcance do $\dot{V}O_{2max}$ entre 2 – 3,5 min dependendo do estado de treinamento. Como o E_{AI} é diretamente proporcional a amplitude da resposta de recuperação $\dot{V}O_2$ (ROBERTS & MORTON, 1978; STIRLING *et al.*, 2005), fica clara essa limitação metodológica.

Quanto ao componente láctico, este é diretamente proporcional a $[La^-]$ sanguíneo (DI PRAMPERO *et al.*, 1981; SCOTT *et al.*, 2006), portanto dependente da capacidade produção, difusão e remoção (DI PRAMPERO *et al.*, 1981; SCOTT *et al.*, 2006; MOXNES & SANDBAKK, 2012; FERGUSON *et al.*, 2018; JONES *et al.*, 2019). Osnes & Hermansen (1972) verificaram em corredores valores da $[La^-]_{pico}$ de até 32,1 $mmol \cdot L^{-1}$ ($E_{[La^-]}$: $\cong 100,0 mLO_2 \cdot kg^{-1}$) e, Di Prampero *et al.* (1981) em indivíduos ativos, $[La^-]_{pico}$ entre 14,0 – 17,0 $mmol \cdot L^{-1}$ ($E_{[La^-]}$: $\cong 50,0 mLO_2 \cdot kg^{-1}$),

valores superiores para a mesma modalidade reportados por Brisola *et al.* (2015), Malta *et al.* (2016) e Zagatto *et al.* (2017a). Variações nas $[La^-]$ sanguíneo estão relacionadas a estados (DI PRAMPERO *et al.*, 1981; CAPUTO *et al.*, 2003; ZAGATTO *et al.*, 2017b) e tipos de treinamentos (SCOTT *et al.*, 1991; ZAGATTO *et al.*, 2017b), protocolos de coletas (FORSYTH & FARRALLY, 2000; YAMAGATA *et al.*, 2018) e procedimentos de análises das amostras sanguíneas (MEDBO *et al.*, 2000; BONAVENTURA *et al.* 2015; JONES *et al.*, 2019), o que permite diferentes concentrações musculares comparadas às sanguíneas (SCOTT *et al.*, 2006; FERGUSON *et al.*, 2018; ARCOVERDE *et al.*, 2017; JONES *et al.*, 2019). Por fim, a conversão do metabolismo glicolítico em Eq. de O_2 é dependente do coeficiente estequiométrico adotado (GLADDEN & WELCH, 1978; SCOTT *et al.*, 2006; DI PRAMPERO & FERRETTI, 1999; MIYAGI *et al.*, 2017; REDKVA *et al.*, 2018), embora observa-se que os estudos da presente revisão sistemática utilizaram $3,0 \text{ mL } O_2$ para cada $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ da $[La^-]$ sanguíneo acumulado independente da modalidade avaliada (CAMPOS *et al.*, 2017; MIYAGI *et al.*, 2018; REDKVA *et al.*, 2018). Essas variações metodológicas implicam em diferentes estimativas do $E_{[La^-]}$, o que dificulta a comparação de diferentes estudos e prejudica o entendimento do perfil láctico, consequentemente da demanda anaeróbia (SCOTT *et al.*, 2006).

6.4.5. Limitações do Estudo

As limitações da presente revisão sistemática encontram-se na falta de um padrão ouro para determinação da demanda anaeróbia (SCOOT *et al.*, 1991; SCOTT *et al.*, 2006; BERTUZZI *et al.*, 2010), no reduzido tamanho amostral de alguns estudos (BERTUZZI *et al.*, 2010; LI *et al.*, 2018), populações analisadas compostas por indivíduos ativos e atletas recreacionais predominantemente do sexo masculino, não caracterizando populações atléticas e, sobretudo em modalidades e condições circunstanciadas com predomínio do metabolismo anaeróbio (BERTUZZI *et al.*, 2010; ZAGATTO *et al.*, 2016a; REDKVA *et al.*, 2018). Tudo isso impossibilita resultados mais fidedignos e posicionamentos assertivos para uma metodologia consensual definitiva. Apesar das limitações potenciais observadas, a presente revisão fornece uma diretriz metodológica para a quantificação da máxima demanda anaeróbia em condições máximas e supramáximas. Contudo, estudos futuros devem analisar outras modalidades e confrontar os métodos de determinação da

demanda anaeróbia, considerando diferentes intensidades de esforço, sexos e populações atléticas.

6.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se um crescimento na literatura revelando a eficiente aplicação de métodos para a quantificação da demanda metabólica anaeróbia durante eventos de intensidades máximas e supramáximas. Esta revisão sistemática e metanálise demonstrou em indivíduos saudáveis uma equivalência entre os métodos AOD e E_{An} para o ciclismo, corrida e remo nas intensidades de maior ativação do metabolismo anaeróbio e nível de treinamento das populações analisadas. Sobretudo, a demanda anaeróbia apresentou melhor reprodutibilidade entre os métodos quando quantificada entre 110 a 115% $i\dot{V}O_{2max}$.

Contudo, ainda necessitam informações da demanda anaeróbia nesses métodos comparados com medidas diretas, sob diferentes condições de ativação do metabolismo anaeróbio, de populações altamente treinadas e de ambos os sexos. Por fim, independente das limitações apresentadas, a determinação da demanda anaeróbia justifica-se para treinadores e atletas com elevado potencial de aplicação na planificação e monitoramento de programas de treinamentos, como também elaboração de estratégias de competições e predição de desempenho.

7. ESTUDO II

COMPARAÇÃO DA DEMANDA ANAERÓBIA NA NATAÇÃO EM INTENSIDADES MÁXIMA E SUPRAMÁXIMAS: EFEITO DOS MÉTODOS, DISTÂNCIAS E SEXOS

7.1. INTRODUÇÃO

Atualmente pode-se observar diferentes métodos de quantificação da demanda metabólica anaeróbia durante esforços máximos e supramáximos (OGITA *et al.*, 2003; ZAGATTO *et al.*, 2016a; CAMPOS *et al.*, 2017; MIYAGI *et al.*, 2017). Quantos aos métodos mais aplicados, verifica-se o método proposto por Medbo *et al.* (1988) denominado máximo acumulado déficit de O₂ (MAOD) e o proposto por Margaria *et al.* (1933) chamado de débito alático e láctico de O₂ (E_{An}). Como ainda não existe um método considerado padrão ouro (SCOTT *et al.*, 2006; BERTUZZI *et al.*, 2010), frequentemente são observadas variações nos procedimentos de obtenção do metabolismo anaeróbio (REIS *et al.*, 2010a; LI *et al.*, 2018) ou de suas parcelas alática (BENEKE *et al.*, 2002; BERTUZZI *et al.*, 2010) e láctica (SCOTT *et al.*, 2006).

Estudos tem mostrado em intensidades que são consideradas capazes de fornecer uma medida da capacidade anaeróbia (110 – 115% $\dot{V}O_{2max}$) equivalência entre esses métodos no ciclismo (BERTUZZI *et al.*, 2010; MIYAGI *et al.*, 2017), corrida (ZAGATTO *et al.*, 2016a; DE POLI *et al.*, 2019a) e no remo (LI *et al.*, 2018). No entanto, essa similaridade entre os métodos em outra intensidade supramáxima somente foi apresentada por Li *et al.* (2018) durante esforço de 40s, o que simula a distância de 200m no remo. Na natação estudos analisaram diferentes intensidades de ativação do metabolismo anaeróbio isoladamente em cada método, Reis *et al.* (2010a) caracterizaram a demanda anaeróbia nas distâncias de 100, 200 e 400m pelo método do déficit acumulado de O₂ (AOD) e Campos *et al.* (2017) pelo método do E_{An} avaliaram as distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800m.

Quanto ao efeito da quantidade da massa muscular ativa, estudos compararam diferentes modalidades por método separadamente, Hill & Vilgren (2014) verificaram uma relação direta entre o MAOD e a quantidade de tecido muscular engajado na atividade ao comparar o ciclismo com a corrida. Para essas mesmas modalidades, Redkva *et al.* (2018) pelo método do E_{An} corroboraram os resultados de Hill & Vilgren (2014). Quanto ao efeito do sexo isoladamente em cada

método, Weber & Schneider (2002) verificaram efeito do sexo independente do estado de treinamento, com maiores valores do MAOD nos homens em relação as mulheres tanto pré quanto pós treinamento. Esses resultados foram corroborados por Hill & Vilgren (2014) com valores superiores dos homens comparados as mulheres tanto no ciclismo como também na corrida. Pelo método do E_{An} , de Poli *et al.* (2019b) verificaram na corrida valores superiores dos homens frente aos das mulheres.

Diante do exposto, verifica-se que na natação ainda não foi realizada a comparação entre diferentes métodos de determinação da demanda metabólica anaeróbia aplicáveis a intensidades máxima e supramáxima. Do mesmo modo, também não foram analisadas essas comparações em diferentes distâncias de nado, como também o efeito dos sexos e dos parâmetros da composição corporal sobre esses métodos. Dessa forma, o estudo comparou na natação os métodos AOD e E_{An} em diferentes intensidades de esforço nos diferentes sexos. As hipóteses testadas foram: H_1 = o metabolismo anaeróbio não diferiu entre os métodos, nas distâncias analisadas, para ambos os sexos; H_2 = houve efeito da distância sobre a demanda anaeróbia e metabolismo láctico para ambos os sexos e; H_3 = houve efeito das diferenças entre os sexos e dos parâmetros da composição corporal quanto à demanda anaeróbia e metabolismos alático e láctico em cada distância.

7.2. MÉTODOS

7.2.1. Participantes

O tamanho amostral foi calculado de acordo com Sheskin (2011) (equação 6.1) a partir do estudo piloto em 6 participantes (3 de cada sexo) durante o teste v200m, onde determinou-se AOD (μ_1 : $47,9 \pm 7,0$ mL O_2 ·kg $^{-1}$) e E_{An} (μ_2 : $57,1 \pm 8,4$ mL O_2 ·kg $^{-1}$). Foi adotado em 99% o nível de confiança ($Z_{\alpha/2}$: 2,576) e um poder de 95% ($Z_{1-\beta}$: 1,645) para cálculo.

$$n = \frac{\left\{ DP_1^2 + \left[\frac{DP_2^2}{\left(\frac{n_1}{n_2} \right)} \right] \right\} \cdot (Z_{\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2} \quad [6.1]$$

onde, “ n ” é o tamanho amostral, “ n_1 ” e “ n_2 ” são os participantes em cada método, “ DP ” é o desvio padrão e “ μ ” é a média. O tamanho amostral foi estimado em 26 nadadores, sendo 13 (treze) do sexo masculino (idade: $16,7 \pm 1,9$ anos, estatura:

178,4 ± 8,4 cm, massa corpórea: 70,8 ± 10,6 kg e $\dot{V}O_2\text{max}$: 57,9 ± 6,6 mL O_2 ·kg⁻¹·min⁻¹) e 13 (treze) do sexo feminino (idade: 15,5 ± 2,8 anos, estatura: 162,9 ± 7,6 cm, massa corpórea: 55,9 ± 7,0 kg e $\dot{V}O_2\text{max}$: 55,6 ± 6,6 mL O_2 ·kg⁻¹·min⁻¹). Todos os nadadores foram submetidos à testes de desempenho máximo e Teste Incremental Escalonado (TIE). Os nadadores competiam regularmente há três anos, treinavam com volume semanal de 25 km e apresentavam, na ocasião do experimento, desempenho médio para os 200 metros em 132 segundos, com velocidade de nado respectivamente a $\cong$ 16,5% abaixo do recorde mundial da categoria em piscina curta entre homens e mulheres. A realização da coleta de dados para este teve a duração de 15 dias, com os testes sempre realizados no período vespertino, seguindo a seguinte ordem: 1ºTIE, 2º v200m e 3º v100m e 4º v50m, com intervalo mínimo de 24h. Todos os participantes foram, previamente, instruídos a não treinar exaustivamente, como também não ingerir bebidas alcoólicas e/ou cafeinadas no dia anterior à avaliação e a comparecer alimentados e hidratados para realização do teste. Os atletas receberam informações sobre todos os protocolos e preencheram um Termo de Consentimento/Assentimento Livre e Esclarecido (ANEXO I, II). Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética local da Universidade, sob CAEE: 54372516.3.0000.5398.

7.2.2. Delineamento Experimental

Os participantes realizaram cinco avaliações: (1) Teste de nado em 200 metros com uso do snorkel para obtenção das intensidades utilizadas no Teste Incremental Escalonado máximo; (2) Teste Incremental Escalonado máximo (TIE), realizado após 24 horas do teste v200m; (3) Teste de desempenho de nado em 200 metros (v200m); (4) Teste de desempenho de nado em 100 metros (v100m) e; (5) Teste de desempenho de nado em 50 metros (v50m), como ilustrado na Figura 7.1. Todos os procedimentos foram realizados em piscina coberta de 25 metros, com temperatura de 28°C. Todas as avaliações foram realizadas durante o período preparatório básico da fase de periodização dos atletas, respeitando-se duas semanas de adaptação ao treinamento. Foi realizado um processo de familiarização com os instrumentos de coleta de gases (snorkel) na semana anterior ao início dos protocolos experimentais. Nesse processo, foram incluídos esforços contínuos, em diferentes graduações subjetivas de esforço, durante a rotina de treinamento semanal.

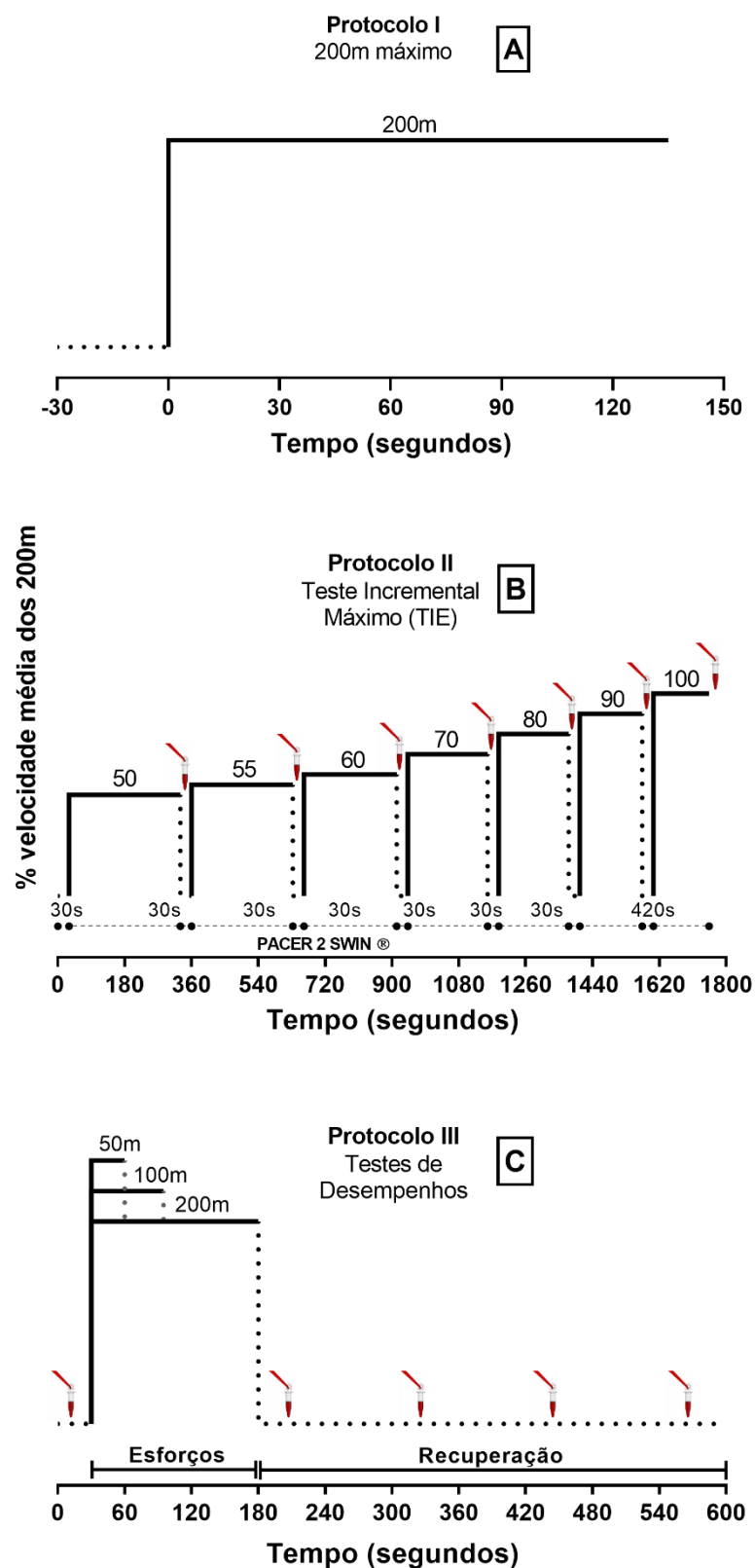


Figura 7.1. Delineamento experimental. **Painel A – Protocolo I:** Teste de 200m para determinação da velocidade média dos 200m. **Painel B – Protocolo II:** Teste Incremental Escalonado máximo (TIE). **Painel C – Protocolo III:** Testes de desempenho de nado nas distâncias de 50, 100 e 200 metros.

7.2.3. Composição Corporal Total

O DXA (Hologic®, QDR Discovery Wi®) foi o método utilizado para obter a composição corporal regional e total. O software de composição corporal (Hologic APEX®) forneceu os valores de massa total (MT), massa gorda (MG), massa óssea (MO), massa muscular (MM), percentual de gordura (%G), massa muscular corporal (MM_{Corporal}), massa muscular do tronco (MM_{Tronco}), massa muscular do membro superior (MM_{MS}), massa muscular do membro inferior (MM_{MI}) índice muscular corporal ($IM = MM \div \text{estatura}^2$) e índice muscular apendicular ($IA = \text{massa magra apendicular} \div \text{estatura}^2$).

O equipamento foi calibrado seguindo as recomendações de Nana *et al.* (2012) e todo o procedimento foi operado por um técnico experiente. Os participantes se apresentaram com roupas leves, sem sapatos e sem portar qualquer objeto metálico, ou acessórios junto ao corpo. Os voluntários permaneciam deitados em decúbito dorsal, com 15 centímetros de distância entre os pés, mão em posição de semi-pronação e a 3 cm do tronco ao longo da lateral do tronco. As linhas foram ajustadas pelo mesmo operador, obedecendo aos pontos anatômicos específicos determinados pelo fabricante.

7.2.4. Parâmetros Fisiológicos

A permuta gasosa pulmonar foi analisada respiração-a-respiração durante e após (420 segundos) todas avaliações (v200m, TIE, v100m e v50m) através de um analisador de gases portátil (K4b², Cosmed, Itália) validado por McLaughlin *et al.* (2001), que esteve acoplado a um snorkel específico e validado para a captura de gases na natação (new-AquaTrainer®, Cosmed, Itália) por Baldari *et al.* (2013). A calibração da unidade metabólica seguiu as recomendações do fabricante, sendo realizado antes de cada teste, os sistemas de análise de O₂ e CO₂ foram calibrados usando-se o ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas, enquanto a turbina bidirecional (medidor de fluxo e volume) foi calibrada usando-se uma seringa de 3-L (Syringe, Cosmed, Itália). O snorkel foi instalado nos nadadores, que repousaram por 10 minutos sentados na borda da piscina para a medida da linha de base do $\dot{V}O_2$, antes de cada procedimento. Amostras de sangue (25 μL) foram coletadas antes e nos instantes 1º, 3º, 5º e 7º minutos após o final dos testes

(v200m, TIE, v100m e v50m) à para a análise do lactato sanguíneo (YSI, 2300 STAT, Yellow Springs, Estados Unidos).

7.2.5. Teste Incremental Escalonado (TIE) e determinação do $\dot{V}O_2\text{max}$

O TIE foi realizado até a exaustão voluntária, em estágios progressivos e descontínuos: 6 x 250 metros e 1 x 200 metros por estágio à 50, 55, 60, 70, 80, 90 e 100% da velocidade média dos 200 metros, respectivamente. O controle da velocidade de nado, em cada estágio, foi realizado por informação visual fornecida por um circuito de LED subaquático (PACER 2 SWIM®, KulzerTEC, Portugal). Ao final de cada estágio foi realizado uma pausa passiva (30 segundos) para coleta de amostra sanguínea, que também foram realizadas nos instantes 1º, 3º, 5º e 7º minutos após termino do teste (Figura 7.1, Painel B).

Os dados de $\dot{V}O_2$ obtidos foram suavizados (filtro de 3 segundos), alinhados ao tempo para definir os intervalos de exercício e recuperação e, por fim, obtida a média móvel a cada 15 segundos de exercício (REIS *et al.*, 2012). O $\dot{V}O_2\text{max}$ foi considerado o maior valor médio atingido apesar de outros aumentos na velocidade (platô na relação $\dot{V}O_2$ -v) (POOLE & JONES, 2017). A velocidade relacionada ao $\dot{V}O_2\text{max}$ foi definida como $v\dot{V}O_2\text{max}$ e correspondeu ao estágio do protocolo onde ocorreu o $\dot{V}O_2\text{max}$.

7.2.6. Teste de Desempenho

Os participantes realizaram três testes de desempenho máximo em nado-livre nas distâncias de 50, 100 e 200 metros (Figura 7.1, Painéis C). Durante e após (420s) o teste, a permuta gasosa pulmonar foi analisada respiração-a-respiração, empregando o K4b² (Cosmed, Itália) e sistema new-AquaTrainer®. Coletas de amostra sanguínea (25 µl) foram realizadas antes e após o final do teste nos instantes 1º, 3º, 5º e 7º minutos para a análise de lactacidemia (YSL, 2300 STAT, Yellow Springs).

7.2.7. Determinação da contribuição aeróbia e déficit acumulado de O_2 (AOD)

A partir da relação $\dot{V}O_2$ velocidade ($\dot{V}O_2$ -v) obtida durante o TIE (Figura 7.1, Painel B) foi possível estabelecer, por uma função linear, a demanda de oxigênio acumulada ($\dot{V}O_2D$) para as distâncias de desempenho: 200m, 100m e 50m. Foram empregados os estágios de intensidade intermediários, excluindo-se o primeiro e

último estágio e fixando-se intercepto-y para o $\dot{V}O_2$ de repouso prévio ao TIE ($\dot{V}O_{2base}$) (Figura 7.2, Painel B). Em seguida, o $\dot{V}O_2$ foi normalizado ao tempo de desempenho para cada distância e projetada a estimativa de $\dot{V}O_{2D}$.

O $\dot{V}O_2$ respiração-a-respiração obtido durante os esforços de 200, 100 e 50 metros foram alinhados ao tempo, em seguida excluiu-se os ruídos superiores a 3 DP da média móvel de 5 pontos e, por fim interpolou-se o $\dot{V}O_2$ segundo-a-segundo (PESSOA FILHO *et al.*, 2012; RIBEIRO *et al.*, 2015). O valor da integral sob curva (Equação 6.2) forneceu o $\dot{V}O_2$ acumulado ($\dot{V}O_{2Ac}$) durante o exercício, que foi subtraído do montante de $\dot{V}O_{2base}$ para o mesmo período, que representou o $\dot{V}O_2$ acumulado e caracterizou a contribuição aeróbia durante cada distância. Conforme recomendação de Medbo *et al.* (1988), o déficit acumulado de O_2 (AOD) foi calculado pela subtração algébrica simples entre demanda acumulada de O_2 ($\dot{V}O_{2d}$) e o consumo acumulado de O_2 , em seguida foi subtraído 9% do valor obtido por representar as reservas corporais de O_2 (MEDBO *et al.*, 1988; WEBER & SCHNEIDER, 2002).

$$\dot{V}O_{2Ac} = \int_{t_0}^{t_{Lim}} \dot{V}O_2 \times dt \quad [6.2]$$

7.2.8. Modelagem da cinética da curva de recuperação do $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_2$ Off-Transients)

Os dados amostrados do $\dot{V}O_2$ respiração à respiração foram tratados conforme recomendações de Pessoa Filho *et al.* (2012): (1) alinhamento ao tempo do $\dot{V}O_2$ durante a recuperação, (2) em seguida eliminou-se os ruídos (tosse, suspiros e espirros) que foram definidos como ± 3 DP da média móvel do $\dot{V}O_2$ a cada 5 respirações e, (3) por fim os dados foram interpolados segundo à segundo (KEIR *et al.*, 2014; RIBEIRO *et al.*, 2015; BENSON *et al.*, 2017).

O $\dot{V}O_2$ Off-Transients foi ajustado por uma equação biexponencial, conforme recomendações de Scheuermann *et al.* (2001), (Equação 6.3):

$$\dot{V}O_2(t) = EE\dot{V}O_2 - A_1 \left\{ 1 - e^{-\left[(t_f - TD_1) / \tau_1 \right]} \right\} - A_2 \left\{ 1 - e^{-\left[(t_f - TD_2) / \tau_2 \right]} \right\} \quad [6.3]$$

onde “ $EE\dot{V}O_2$ ” é a linha de base do $\dot{V}O_2$ que representa o valor ao final do exercício (média dos últimos 15s do $\dot{V}O_2$). O decaimento fisiologicamente relevante do $\dot{V}O_2$ é a amplitude da fase I (A_1), ou componente “rápido” da resposta de recuperação, que deve refletir estritamente a cinética de ressíntese da fosfocreatina utilizada durante o exercício (di PRAMPERO; FERRETI, 1999). As constantes temporais de ajuste (τ_1 e τ_2) e tempo de resposta (TD_1 e TD_2) descrevem, respectivamente, a velocidade de decaimento de cada fase do débito de O_2 . A amplitude da fase II (A_2) corresponde ao componente lento da recuperação do $\dot{V}O_2$ ($CL\dot{V}O_2$) e “ t_f ” é o tempo total da recuperação do protocolo adotado. Ao início da recuperação, os primeiros 20s da resposta do $\dot{V}O_2$ foram removidos para a exclusão da fase cardiodinâmica (KROGH; LINDHARD, 1920; ÖZYENER *et al.*, 2001).

7.2.9. Modelagem da demanda energética anaeróbia em equivalente de O_2

A demanda energética anaeróbia (E_{An}) em equivalentes de O_2 (Eq. O_2) representa a participação anaeróbia durante o exercício e é composta pelas respostas alática (E_{Al}) (fosfagêno) e láctica ($E_{[La^-]}$) (glicolítico) (di PRAMPERO; FERRETI, 1999; MARGARIA *et al.*, 1933). A E_{Al} foi determinada de acordo com Engelen *et al.* (1996) e Stirling *et al.* (2005) que consideram a magnitude do $\dot{V}O_2$ a partir do tempo de atraso da resposta primária (TD_1) limitada ao tempo total da recuperação (Equação 6.4). Por fim, subtraiu-se 9% por representar as reservas corporais de O_2 (MEDBO *et al.*, 1988; WEBER & SCHNEIDER, 2002).

$$O_2^{Debit} = A_{1_{off}} \cdot \tau_1 \left\{ 1 - e^{\left[\frac{(t_f - TD_1)}{\tau_1} \right]} \right\} + A_{1_{off}} \left\{ (TD_1 - t_f) e^{\left[\frac{(t_f - TD_1)}{\tau_1} \right]} \right\} \quad [6.4]$$

A $E_{[La^-]}$ foi determinada de acordo com di Prampero; Ferreti, 1999 e Hellard *et al.* (2018). (Equação 6.5).

$$E_{[La^-]} = [(\beta \cdot \Delta[La^-]) \cdot MC] \quad [6.5]$$

onde, o parâmetro “ β ” é o equivalente de O_2 para cada $1,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} [La^-]$ de variação acima do valor de repouso correspondente à $2,72 \text{ mL}O_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ na natação (DI

PRAMPERO; FERRETI, 1999); “ $\Delta[La^-]$ ” é a variação da $[La^-]$ sanguíneo acima do valor de repouso ($\Delta[La^-] = [La^-]_{\text{pico}} - [La^-]_{\text{rep}}$); e “ MC ” é a massa corporal em kg.

7.2.10. Tratamento Estatístico

A normalidade dos dados foi averiguada pelo teste de Shapiro-Wilk ($n < 50$) (Shapiro; Wilk, 1965) e a esfericidade pelo teste de Mauchly (MAUCHLY, 1940). Adotado a normalidade dos dados, os valores obtidos foram apresentados em torno da média, desvio-padrão (DP), intervalo de confiança de 95% (IC_{95%}) e mínimos (min) e máximos (máx). Os ajustes de $\dot{V}O_2$ vs. velocidade de nado foram realizados com base no método dos quadrados mínimos, assim como a função biexponencial, com TD para a análise da cinética do $\dot{V}O_2$ na recuperação. O teste *t-Student* independente verificou para todo o grupo a diferença entre os métodos de determinação da demanda anaeróbia (AOD vs. E_{An}) relativo à massa corporal e a demanda metabólica total. Os valores da massa e composição corporal (MC, MM_{Corporal} , MM_{Tronco} , MM_{MS} , MM_{MI} , IM e IA) entre os sexos também foram verificados pelo *t-Student* independente. O efeito do sexo sobre os métodos (AOD e E_{An}), metabolismos alático (E_{Al}) e láctico ($E_{[La^-]}$) nas distâncias (50m, 100m e 200m) foram averiguadas pela análise de variância mista com medidas repetidas, sendo os métodos, metabolismos e as distâncias definidas como variáveis dependentes (intrasujeitos) e os sexos como independente (Intersujeitos). Essa análise foi complementada pelo teste de Bonferroni como *post hoc*. O tamanho do efeito para o teste *t-Student* foi calculado pelo *g* de Hedges (equação 6.6) (HEDGES, 1981) decorrente de medidas independentes e tamanho amostral reduzido ($n < 30$) (LAKENS, 2013).

$$g \text{ de Hedges} = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)DP_1^2 + (n_2 - 1)DP_2^2}{(n_1 + n_2) - 2}}} \left(1 - \frac{3}{4(n_1 + n_2) - 9} \right) \quad [6.6]$$

onde, “*g*” é o tamanho do efeito, “*M*” são as médias dos grupos, “*n*” o número de participante em cada grupo e “*DP*” é o desvio padrão. Os valores do tamanho do efeito serão interpretados como: $< 0,19$ = insignificante; $0,20 - 0,49$ = pequeno; $0,50 - 0,79$ = médio; $0,80 - 1,29$ = grande; $> 1,30$ = muito grande (ROSENTHAL, 1996). Para a Anova, eta quadrado parcial (η^2_p) (equação 6.7) (LAKENS, 2013) foi definido

como tamanho do efeito e foram interpretados como: 0,0099 = pequeno; 0,0588 = médio e 0,1379 = grande (COHEN, 1988).

$$\eta_p^2 = \frac{SQ_{efeito}}{(SQ_{efeito} + SQ_{erro})} \quad [6.7]$$

onde, η_p^2 é o tamanho do efeito, SQ são os somatórios dos quadrados do efeito e do erro associado ao efeito. As análises de correlações ponderadas pelo sexo entre os valores de AOD, E_{An} , E_{Al} e $E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$) vs. os parâmetros da massa e composição corporal (MC, $MM_{Corporal}$, MM_{Tronco} , MM_{MS} , MM_{MI} , IM e IA) foram determinadas pelo coeficiente de correlação de Pearson e classificadas como: 0,00 – 0,29 = pequena; 0,30 – 0,49 = baixa; 0,50 – 0,69 = moderada; 0,70 – 0,89 = alta e 0,90 – 1,00 = muito alta (MUKAKA, 2012). O nível de significância foi estabelecido em $\alpha \leq 0,05$.

7.3. RESULTADOS

O TIE forneceu para todo o grupo valores de $\dot{V}O_{2max}$ equivalentes a $56,8 \pm 6,6 mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (H: $57,9 \pm 6,6 mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, M: $55,6 \pm 6,6 mLO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e velocidade aeróbia máxima ($v\dot{V}O_{2max}$) correspondente a $1,25 \pm 0,08 m \cdot s^{-1}$ (H: $1,30 \pm 0,07 m \cdot s^{-1}$, M: $1,20 \pm 0,06 m \cdot s^{-1}$) A Figura 7.2 apresenta os valores da resposta do $\dot{V}O_2$ durante o TIE (Painel A) e do ajuste linear da resposta do $\dot{V}O_2$ em cada patamar de esforço para determinação da equação da demanda energética (Painel B) de uma nadadora.

Durante o desempenho nas distâncias de 50m, 100m e 200m, a velocidade de nado foi correspondente a $1,58 \pm 0,14 m \cdot s^{-1}$ ($126,6 \pm 10,1\% v\dot{V}O_{2max}$), a $1,44 \pm 0,09 m \cdot s^{-1}$ ($115,4 \pm 7,5\% v\dot{V}O_{2max}$) e a $1,24 \pm 0,08 m \cdot s^{-1}$ ($99,6 \pm 5,7\% v\dot{V}O_{2max}$), respectivamente. Para os homens foi $1,65 \pm 0,15 m \cdot s^{-1}$ ($127,0 \pm 11,8\% v\dot{V}O_{2max}$), $1,47 \pm 0,11 m \cdot s^{-1}$ ($112,9 \pm 7,5\% v\dot{V}O_{2max}$) e $1,27 \pm 0,08 m \cdot s^{-1}$ ($98,2 \pm 5,5\% v\dot{V}O_{2max}$), respectivamente. Para as mulheres foi $1,51 \pm 0,07 m \cdot s^{-1}$ ($126,1 \pm 8,5\% v\dot{V}O_{2max}$), $1,41 \pm 0,06 m \cdot s^{-1}$ ($117,9 \pm 7,0\% v\dot{V}O_{2max}$) e $1,21 \pm 0,07 m \cdot s^{-1}$ ($100,9 \pm 5,7\% v\dot{V}O_{2max}$), respectivamente.

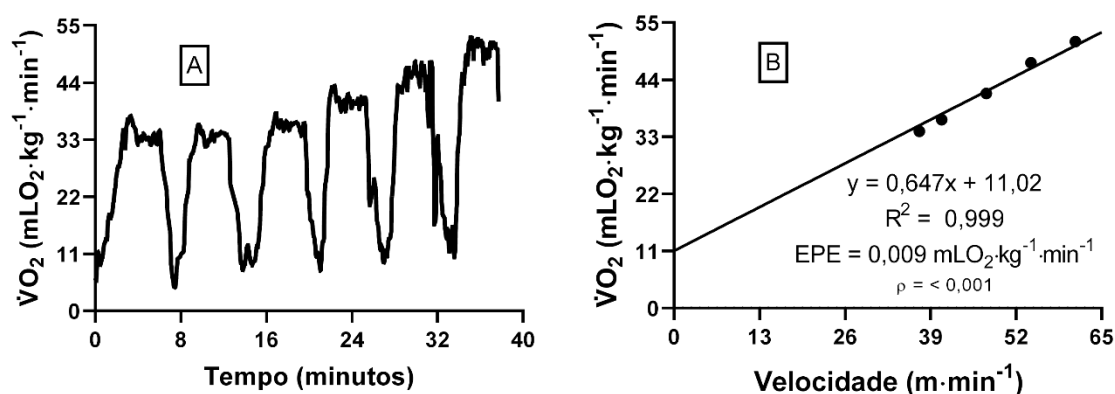


Figura 7.2. Perfil do $\dot{V}O_2$ respir  o-a-respir  o durante o TIE (Painel A) e pelo ajuste linear da resposta do $\dot{V}O_2$ em cada patamar de esforço (Painel B), de uma nadadora (#18). Para o grupo, o ajuste realizado mostrou-se satisfatório, de acordo com os valores de R^2 (H: $0,99 \pm 0,01$; M: $1,00 \pm 0,00$), com a dura  o dos estágios empregados (H: $243,3 \pm 13,6$ a $198,1 \pm 11,7$ s; M: $273,2 \pm 12,4$ a $219,4 \pm 9,8$ s), e intensidade do exercício (H: $79,5 \pm 4,4$ a $97,5 \pm 3,3$ % $\dot{V}O_{2max}$; M: $55,9 \pm 2,4$ a $91,5 \pm 4,0$ % $\dot{V}O_{2max}$).

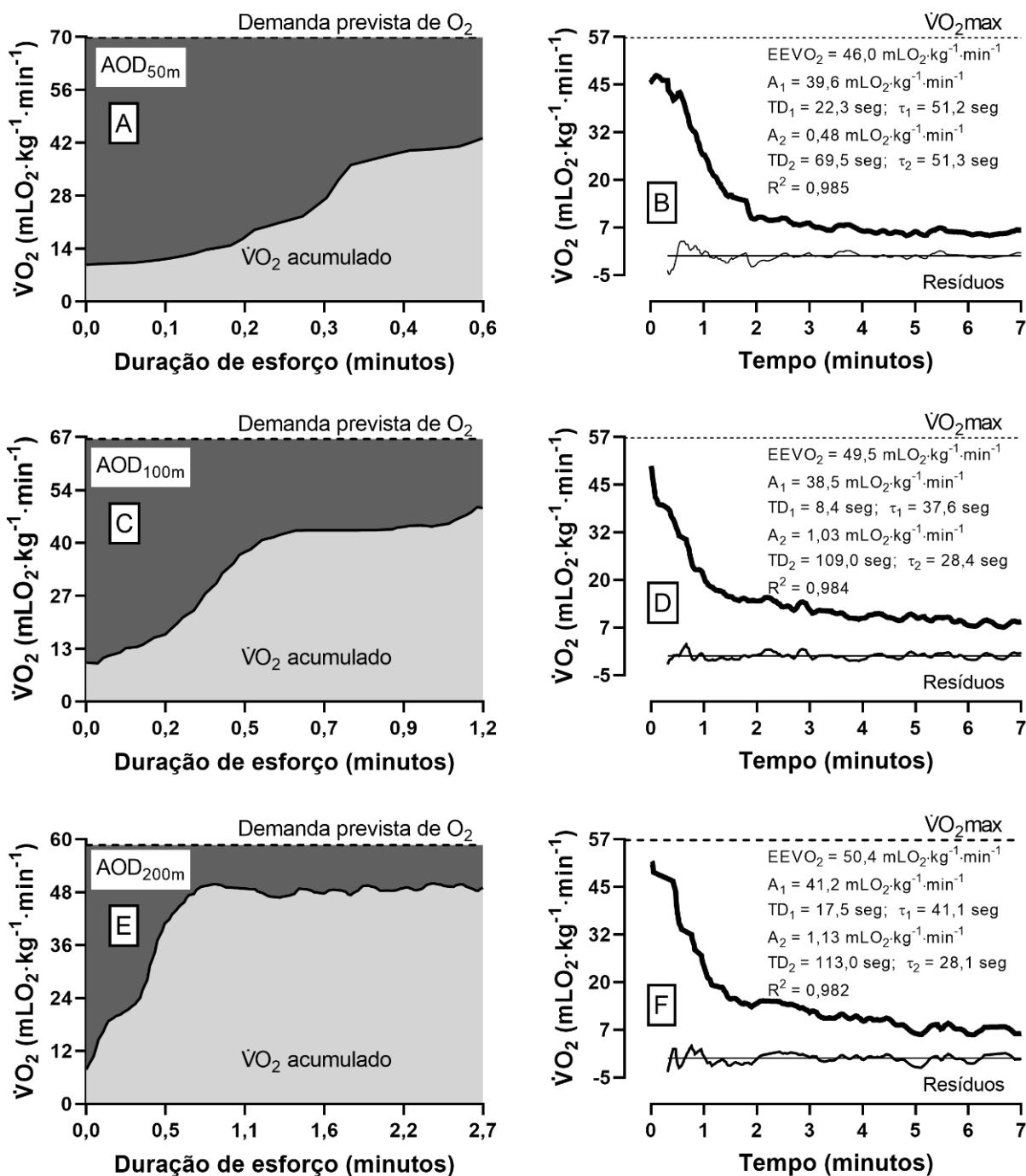


Figura 7.3. Perfil do AOD e E_{An} para as distâncias de 50 metros (Painel A e B), 100 metros (Painel C e D) e 200 metros (Painel E e F), em uma nadadora (#18); AOD = Déficit Acumulado de O₂; E_{An} = Eq. de O₂ para contribuição anaeróbia.

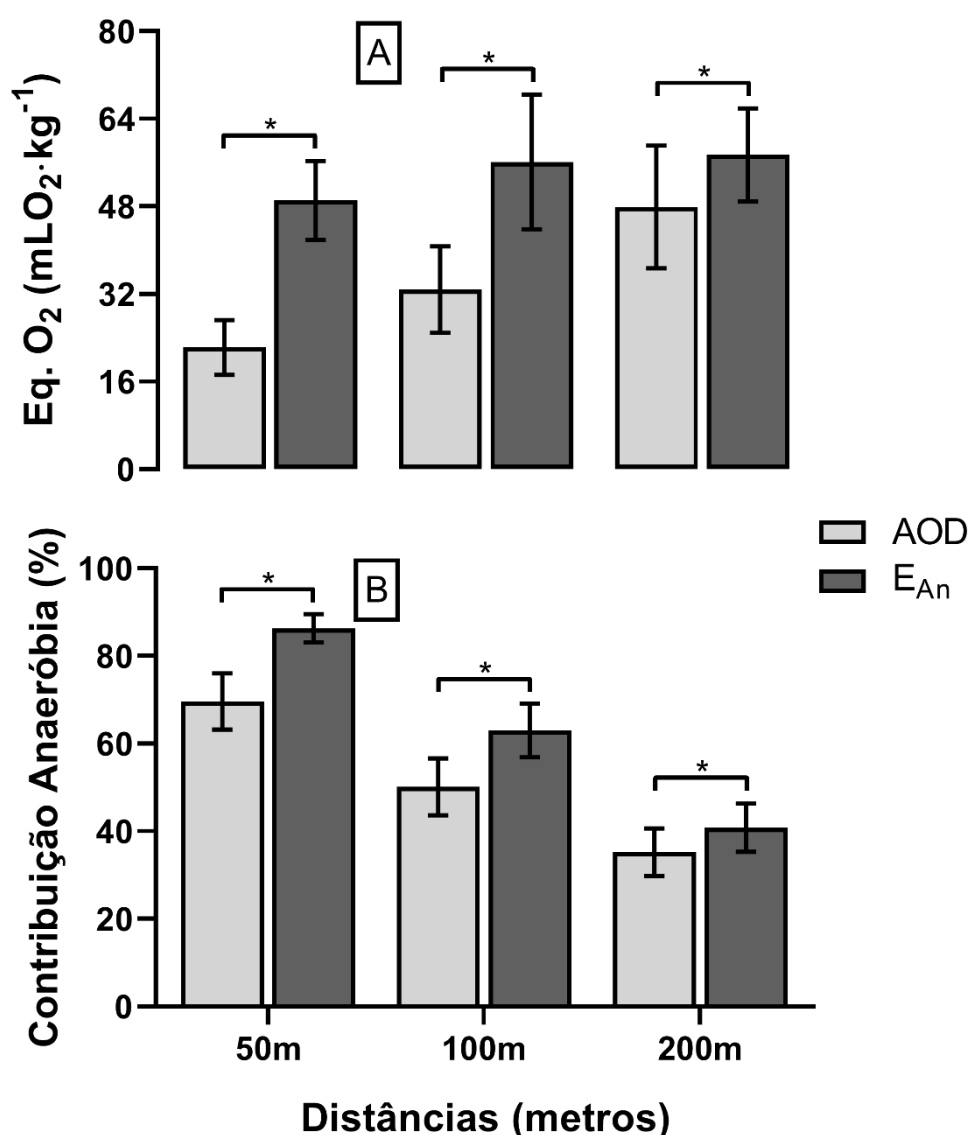


Figura 7.4. Valores de AOD e E_{An} em mL O₂·kg⁻¹ (Painel A) e fração anaeróbia nas distâncias de 50, 100 e 200 metros. Valores em média ± DP. AOD = Déficit Acumulado de O₂. E_{An} = Eq. de O₂ para contribuição anaeróbia. * diferenças entre os métodos (p < 0,05). Detalhes da análise estatística estão no texto.

A participação anaeróbia em mL O₂·kg⁻¹, estimadas pelos métodos AOD e E_{An} (Figura 7.3) negou a hipótese de que os métodos não diferiam em ambos os sexos para as distâncias de 50m ($t_{[50]} = -15,609$; p = 0,000; g = 4,26; muito grande), 100m ($t_{[50]} = -8,151$; p = 0,000; g = 2,23; muito grande) e 200m ($t_{[50]} = -3,427$; p = 0,001; g = 0,94; grande) (Figura 7.4, Painel A) (Tabela 7.1). Quando analisadas em percentual de contribuição energética total (Figura 7.4, Painel B) (Tabela 7.1), também foi negada a hipótese testada nos 50m ($t_{[50]} = -11,906$; p = 0,000; g = 3,25; muito

grande), 100m ($t_{[50]} = -7,412$; $p = 0,000$; $g = 2,03$; grande) e 200m ($t_{[50]} = -3,757$; $p = 0,000$; $g = 1,03$; pequeno).

Tabela 7.1. Valores de dispersão e amplitude para a determinação de AOD e E_{An} em $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ e percentual de contribuição anaeróbia nas distâncias de 50, 100 e 200 metros.

		Distâncias	IC 95%		Mínimo	Máximo
			L. Inferior	L. Superior		
AOD	(mLO ₂ ·kg ⁻¹)	50m	20,2	24,2	16,2	33,9
		100m	29,6	35,4	22,8	42,1
		200m	43,3	52,4	28,1	74,2
	(%)	50m	67,0	72,2	52,6	84,6
		100m	47,4	52,7	37,9	67,9
		200m	33,0	37,3	24,4	43,4
E _{An}	(mLO ₂ ·kg ⁻¹)	50m	46,1	52,0	33,3	62,8
		100m	51,1	61,1	26,4	80,3
		200m	53,9	60,8	35,6	72,9
	(%)	50m	85,0	87,6	79,7	91,3
		100m	60,5	65,4	46,2	70,4
		200m	38,6	43,0	28,6	50,3

IC = intervalo de confiança. L = limite. Mín = mínimo. Máx = máximo. AOD = Déficit Acumulado de O_2 . E_{An} = Eq. de O_2 para contribuição anaeróbia. Detalhes da análise estatística estão no texto.

As comparações realizadas pela análise de variância (Figura 7.5) (Tabela 7.2), mostraram uma concordância com os resultados apresentados por todos participantes (Figura 7.4, Painel A) entre os métodos (AOD vs. E_{An}) nos sexos ($F_{[1;24]} = 142,565$; $p = 0,000$; $\eta^2_p = 0,856$; grande), com diferenças apresentadas pelos homens nas distâncias de 50m ($p = 0,000$), 100m ($p = 0,000$) e 200m ($p = 0,000$) e para as mulheres nas distâncias de 50m ($p = 0,000$) e 100m ($p = 0,000$), exceto para os 200m ($p = 0,406$). Para a hipótese de haver diferenças entre os sexos nos métodos ($F_{[1;24]} = 0,590$; $p = 0,450$; $\eta^2_p = 0,24$; grande), verificaram-se nas distâncias de 50m, 100m e 200m confirmação da hipótese para o AOD ($p = 0,004$; $p = 0,040$; p

= 0,32; respectivamente) e natação para o E_{An} ($p = 0,341$; $p = 0,301$; $p = 0,318$; respectivamente). Por fim, a hipótese de haver efeito entre as distâncias por métodos ($F_{[2;48]} = 0,468$; $p = 0,629$; $\eta^2_p = 0,19$; grande), esta foi aceita nos 50m e 200m para homens e mulheres tanto no AOD ($p = 0,000$; $p = 0,000$; respectivamente) como no E_{An} ($p = 0,011$; $p = 0,020$; respectivamente). Para as comparações entre as distâncias de 100m e 50m nos homens e mulheres, a hipótese testada foi mantida no AOD ($p = 0,000$; $p = 0,000$; respectivamente) e negada no E_{An} ($p = 0,055$; $p = 0,246$; respectivamente). Do mesmo modo, as comparações entre os 100m e os 200m nos homens e mulheres confirmaram a hipótese para o AOD ($p = 0,000$; $p = 0,000$; respectivamente) e negaram para o E_{An} ($p = 1,000$; $p = 1,000$; respectivamente).

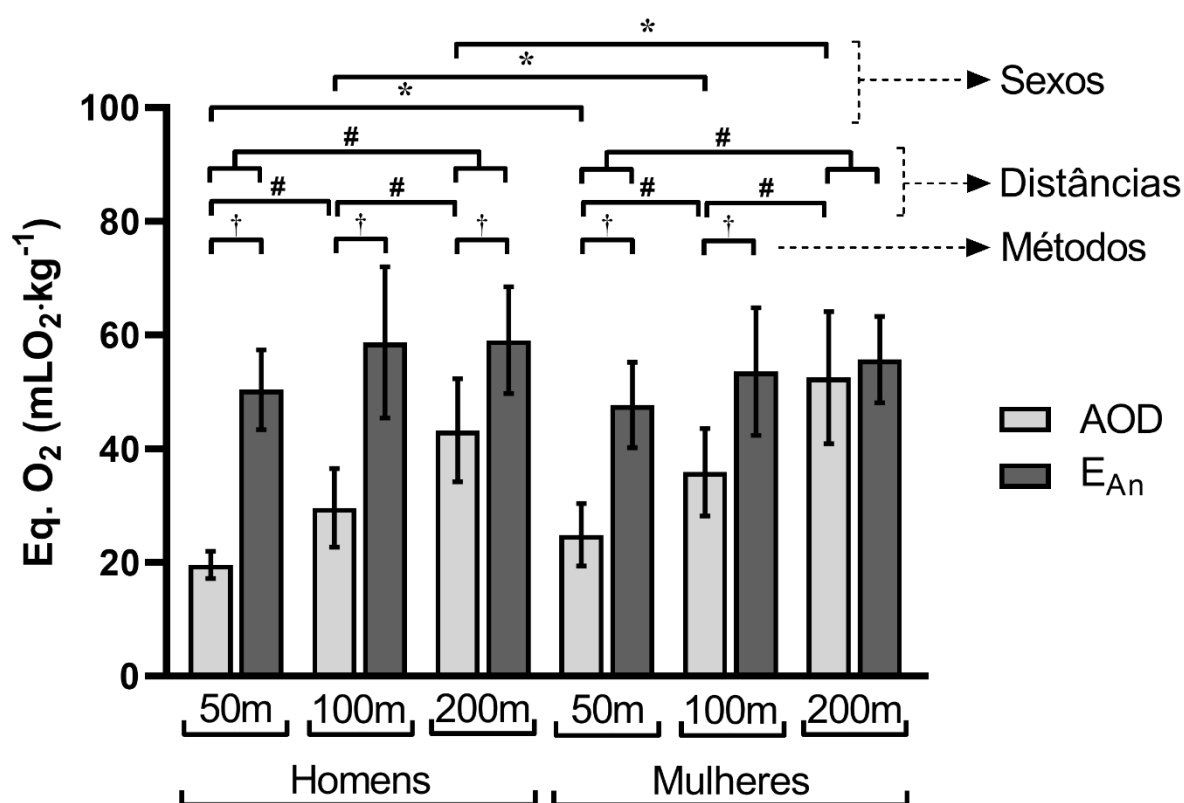


Figura 7.5. Valores de AOD e E_{An} em $\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ por métodos, distâncias e sexos. Valores em média $\pm$ DP. AOD = Déficit Acumulado de O₂. E_{An} = Eq. de O₂ para contribuição anaeróbia; † diferenças entre métodos ($p < 0,05$); # diferenças entre as distâncias ($p < 0,05$); * diferenças entre os sexos ($p < 0,05$). Detalhes da análise estatística estão no texto.

Tabela 7.2. Valores de dispersão e amplitude para a determinação de AOD e E_{An} em $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ por sexo nas distâncias de 50, 100 e 200 metros.

	Distâncias	Sexos	IC 95%		Mínimo	Máximo
			L. Inferior	L. Superior		
AOD ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	50m	Homens	18,2	21,0	16,2	24,1
		Mulheres	21,5	28,2	16,5	33,9
	100m	Homens	25,4	33,8	22,8	48,1
		Mulheres	31,2	40,6	23,0	47,0
	200m	Homens	41,5	53,5	30,9	67,9
		Mulheres	45,5	59,5	35,6	74,2
E_{An} ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	50m	Homens	46,2	54,7	36,7	62,8
		Mulheres	43,2	53,2	33,0	58,3
	100m	Homens	50,6	66,7	33,1	80,3
		Mulheres	46,8	60,3	26,4	69,7
	200m	Homens	53,4	64,7	36,0	72,9
		Mulheres	51,1	60,2	44,1	64,1

IC = intervalo de confiança. L = limite. AOD = Déficit Acumulado de O_2 . E_{An} = Eq. de O_2 para contribuição anaeróbia. Detalhes da análise estatística estão no texto.

Ao determinar metabolismo alático para todo o grupo (Figura 7.6, Painel A) (Tabela 7.3), foi verificado efeito da intensidade de nado sobre o E_{Al} ($F_{[2;48]} = 4,196$; $p = 0,021$; $\eta^2_p = 0,15$; grande) entre as distâncias de 50m e 200m ($p = 0,006$), porém não entre os 100m em relação aos 50m ($p = 1,000$) e 200m ($p = 0,245$). Quando o efeito da intensidade sobre o E_{Al} foi analisado isoladamente para cada sexo ($F_{[2;48]} = 0,094$; $p = 0,911$; $\eta^2_p = 0,004$; insignificante) (Figura 7.6, Painel B), este apresentou efeito para os homens entre os 50m e 200m ($p = 0,040$), mas não entre os 100m comparados aos 50m ($p = 1,000$) e aos 200m ($p = 0,758$). Quanto as mulheres, não foram observadas diferenças do E_{Al} nas intensidades de nado entre os 50m em relação aos 100m ($p = 1,000$) e aos 200m ($p = 0,107$), com também entre os 100m e 200m ($p = 0,525$). Por fim, confirmou-se a hipótese das diferenças entre os sexos sobre o E_{Al} ($F_{[1;24]} = 0,099$; $p = 0,911$; $\eta^2_p = 0,004$; insignificante) nos 200m ($p = 0,043$), embora está foi negada nos 50m ($p = 0,75$) e nos 100m ($p = 0,130$).

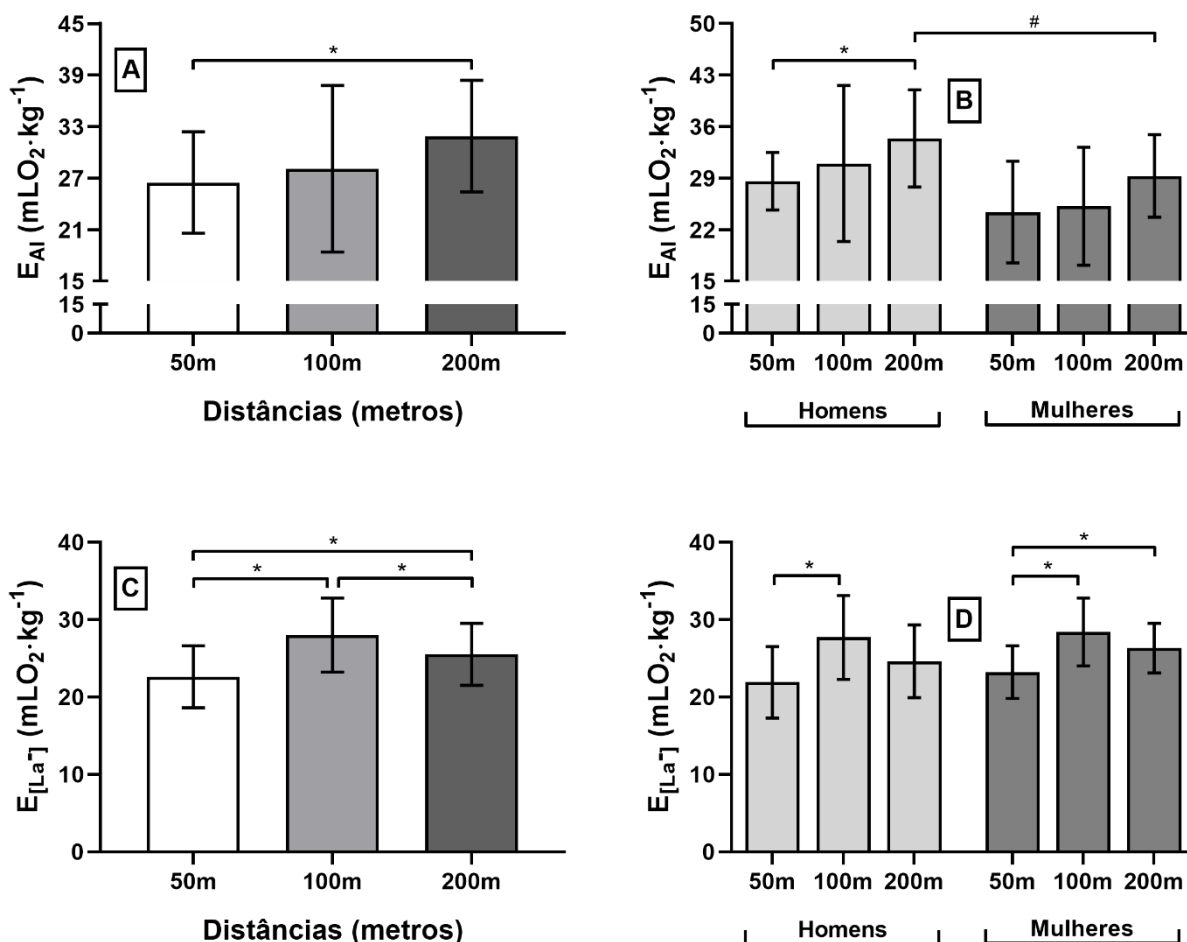


Figura 7.6. Valores do E_{AI} e $E_{[La-]}$ em $\text{mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ nas distâncias para todo o grupo (Painel A e C) e por sexo (Painel B e D). Valores em média $\pm$ DP. E_{AI} = Débito alático de O_2 . $E_{[La-]}$ = Eq. de O_2 para a contribuição láctica. * diferenças entre as distâncias ($p < 0,05$); # diferenças entre os sexos ($p < 0,05$). Detalhes da análise estatística estão no texto.

Ao estimar em Eq. de O_2 a participação do metabolismo láctico para todo o grupo (Figura 7.6, Painel C) (Tabela 7.3), confirmou-se a hipótese de que há efeito da distância de nado ($F_{[2;48]} = 22,249$; $p = 0,000$; $\eta^2_p = 0,48$; grande) entre os 50m em relação aos 100m ($p = 0,000$), como também aos 200m ($p = 0,004$). Do mesmo modo, verificou-se diferença entre os 100m e 200m ($p = 0,033$). Quanto a análise do efeito da intensidade sobre o $E_{[La-]}$ isoladamente para cada sexo ($F_{[2;48]} = 0,194$; $p = 0,824$; $\eta^2_p = 0,008$; insignificante) (Figura 7.6, Painel D), verificou-se efeito da distância entre os 50m e 100m tanto para os homens ($p = 0,000$), como também para as mulheres ($p = 0,000$). Quando comparadas as distâncias de 50m e 200m, o

$E_{[La^-]}$ não apresentou efeito para os homens ($p = 0,066$), mas sim para as mulheres ($p = 0,034$). Para os 100m e 200m, não evidenciou-se diferenças entre o $E_{[La^-]}$ para os homens ($p = 0,085$), tampouco para as mulheres ($p = 0,388$). Por fim, negou-se a hipótese das diferenças entre os sexos sobre o $E_{[La^-]}$ ($F_{[1;24]} = 0,041$; $p = 0,841$; $\eta^2_p = 0,002$; insignificante) nos 50m ($p = 0,402$), nos 100m ($p = 0,730$) e nos 200m ($p = 0,298$).

Tabela 7.3. Valores de dispersão e amplitude para a estimativa do E_{AI} e $E_{[La^-]}$ em $mLO_2 \cdot kg^{-1}$ por sexo e grupo todo nas distâncias de 50, 100 e 200 metros.

	Distâncias	Sexos	IC 95%		Mínimo	Máximo
			L. Inferior	L. Superior		
E_{AI} ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	50m	Homens	26,2	30,9	23,3	37,3
		Mulheres	20,2	28,6	14,6	36,5
		GT	24,1	28,9	14,6	37,3
	100m	Homens	24,5	37,4	12,5	46,1
		Mulheres	20,1	30,0	7,0	37,8
		GT	24,2	32,0	7,0	46,1
	200m	Homens	30,4	38,4	24,4	46,7
		Mulheres	26,0	32,7	20,2	37,5
		GT	29,3	34,5	20,2	46,7
$E_{[La^-]}$ ($mLO_2 \cdot kg^{-1}$)	50m	Homens	19,1	24,6	11,3	29,7
		Mulheres	21,2	25,3	16,4	27,8
		GT	20,9	24,2	11,3	29,7
	100m	Homens	24,4	31,0	18,6	35,9
		Mulheres	25,7	31,0	19,4	34,7
		GT	26,1	30,0	18,6	35,9
	200m	Homens	21,8	27,7	11,5	29,6
		Mulheres	24,4	28,2	21,9	33,9
		GT	23,8	27,1	11,5	33,9

GT = grupo todo.

Quanto a composição corporal, os nadadores homens apresentaram valores de massa muscular corporal ($56936,5 \pm 7095,7$ g), tronco ($26490,3 \pm 3612,0$),

membros superiores ($6799,3 \pm 1000,6$ g), membros inferiores ($20420,3 \pm 2628,9$ g), índice muscular corporal ($18,2 \pm 1,7$ kg/m²) e índice muscular apendicular ($8,7 \pm 1,0$ kg/m²) que se mostraram diferentes dos respectivos valores obtidos para as mulheres para MM_{Corporal} ($38421,3 \pm 11939,3$ g; $t_{[24]} = 4,661$; $p = 0,000$; $g = 1,99$; muito grande), MM_{Tronco} ($20074,4 \pm 2575,4$ g; $t_{[24]} = 5,146$; $p = 0,000$; $g = 1,80$; muito grande), MM_{MS} ($4301,8 \pm 859,9$ g; $t_{[24]} = 6,709$; $p = 0,000$; $g = 2,60$; muito grande), MM_{MI} ($13581,2 \pm 2505,0$ g; $t_{[24]} = 6,660$; $p = 0,000$; $g = 2,58$; muito grande), IM ($16,0 \pm 1,3$ kg/m²; $t_{[24]} = 4,179$; $p = 0,000$; $g = 1,43$; muito grande) e IA ($7,0 \pm 0,9$ kg/m²; $t_{[24]} = 5,305$; $p = 0,000$; $g = 1,81$; muito grande). As correlações entre os parâmetros da composição corporal com a demanda energética anaeróbia pelo método AOD e E_{An} estão apresentadas na Tabela 7.4. Destaca-se a fraca e moderada relação inversa entre a composição corporal ponderada por sexo com os valores de AOD nas distâncias 50, 100 e 200m, refletindo que a quantidade de massa muscular implica em um menor AOD, independentemente da distância de nado. Para o método E_{An}, houveram somente nos 200 metros fracas relações massa muscular do tronco, membro superior e índice muscular corporal, como também fracas associações desses parâmetros além da massa muscular do membro inferior e do índice muscular apendicular com débito alático de O₂ nessa mesma distância de nado, caracterizando a dependência do desempenho em evento com predomínio do metabolismo aeróbio com a massa muscular e, deste por sua vez, com a reservas de fosfocreatina muscular.

Tabela 7.4. Matriz de correlação linear de Pearson ponderada pelo sexo entre os parâmetros da composição corpórea vs. os métodos de determinação da demanda anaeróbia (AOD e E_{An}) e metabolismos anaeróbios alático (E_{Al}) e láctico ($E_{[La]}$) nas distâncias de 50, 100 e 200 metros.

Composição Corporal	AOD ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)			E_{An} ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)			E_{Al} ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)			$E_{[La]}$ ($\text{mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$)		
	50m	100m	200m	50m	100m	200m	50m	100m	200m	50m	100m	200m
MC (kg)	-0,651**	-0,510**	-0,522**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MM _{Corporal} (g)	-0,632**	-0,481**	-0,647**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MM _{Tronco} (g)	-0,624**	-0,460**	-0,501**	ns	ns	0,340*	ns	ns	0,412*	ns	ns	ns
MM _{MS} (g)	-0,576**	-0,405*	-0,464**	ns	ns	0,357*	ns	ns	0,444*	ns	ns	ns
MM _{MI} (g)	-0,631**	-0,468	-0,531**	ns	ns	ns	ns	ns	0,401*	ns	ns	ns
IM (g)	-0,584**	-0,406*	-0,431*	ns	ns	0,366*	ns	ns	0,393*	ns	ns	ns
IA (g)	-0,585**	-0,404*	-0,454*	ns	ns	ns	ns	ns	0,369*	ns	ns	ns

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ns = não significativa; MC = massa corpórea; MM = massa muscular; MM_{Tronco} = massa muscular do tronco; MM_{MS} = massa muscular do membro superior; MM_{MI} = massa muscular do membro inferior; IM = índice muscular corporal e; IA = índice muscular apendicular.

7.4. DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo evidenciaram dependência do método de determinação da demanda anaeróbia para todo o grupo tanto em valores relativos à massa corpórea como também em percentual da demanda energética total para as distâncias analisadas. Do mesmo modo, o efeito do método de determinação foi mantido quando confrontados os sexos isoladamente, exceto para as mulheres nos 200m. Quanto as distâncias de nado avaliadas, estas apresentaram efeitos sobre a demanda metabólica anaeróbia quando determinada pelo AOD para ambos os sexos. Porém, quando estimada pelo E_{An} , verificou-se efeito somente entre os 50 e 200m, sendo que os 100m não diferiram das demais distâncias em ambos os sexos. Por fim, o sexo apresentou efeito sobre a demanda anaeróbia quando determinada pelo AOD e não pelo E_{An} para todas as distâncias avaliadas.

7.4.1. Efeito do método de determinação sobre a demanda anaeróbia em diferentes intensidades de nado

Quando confrontados os métodos AOD vs. E_{An} , não são observadas diferenças entre ambos no ciclismo (BERTUZZI *et al.*, 2010; MIYAGI *et al.*, 2017), corrida (ZAGATTO *et al.*, 2016a; DE POLI *et al.*, 2019a) e no remo (LI *et al.*, 2018). Discordando das citações acima, os resultados apresentaram diferenças entre os métodos em todas distâncias analisadas. Todos estudos determinaram o AOD de acordo com as recomendações de Medbo *et al.* (1988), exceto o de Li *et al.* (2018) que utilizou o teste incremental para estabelecer a relação $\dot{V}O_2$ –intensidade e estimar a demanda energética. Da mesma forma, o presente estudo também utilizou o teste incremental para a construção da relação $\dot{V}O_2$ –intensidade (Reis *et al.*, 2010a) e, como Li *et al.* (2018) foram observados menores valores do AOD comparados aos do E_{An} , embora não se observa um padrão nos resultados de um método gerar menores valores em relação ao outro (ZAGATTO *et al.*, 2016a; DE POLI *et al.*, 2019a), o que pode estar relacionado a ausência de um protocolo padrão para cada método de estimativa da demanda anaeróbia (LI *et al.*, 2018).

Ausências de diferenças podem ser explicadas pela variabilidade (CV) e amplitude ($IC_{95\%}$) dos estudos (SHESKIN, 2011; GREENLAND *et al.*, 2016), como verificado por Miyagi *et al.* (2017) no ciclismo entre o AOD (CV: 16,0%; $IC_{95\%}$: 3,65 – 4,33 LO_2) e o E_{An} (CV: 14,7%; $IC_{95\%}$: 3,26 – 3,80 LO_2) uma diferença de $\cong 0,46 LO_2$. Do mesmo modo na corrida, de Poli *et al.* (2019a) observaram entre AOD (CV:

23,3%; IC_{95%}: 2,98 – 3,80 LO₂) e E_{An} (CV: 22,3%; IC_{95%}: 3,37 – 4,27 LO₂) uma diferença de $\cong 0,43$ LO₂. Para os 200m, distância que apresenta um t_{Lim} equivalente aos estudos de Miyagi *et al.* (2017) e de Poli *et al.* (2019), verificou-se entre o AOD (CV: 21,9%; IC_{95%}: 2,72 – 3,22 LO₂) e E_{An} (CV: 24,4%; IC_{95%}: 3,29 – 3,98 LO₂) uma diferença entre de 0,66 LO₂. Essa equidade estatística apresentada nos estudos (BERTUZZI *et al.*, 2010; ZAGATTO *et al.*, 2016a; MIYAGI *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2018; DE POLI *et al.*, 2019a) pode estar alicerçada sobre a variabilidade dos dados e tamanho amostral reduzido (GREENLAND *et al.*, 2016), o que aumenta a probabilidade do erro tipo I (FORSTMEIER *et al.*, 2017). Os resultados do presente estudo também geraram grande variabilidade, sobretudo quando apresentados os dados absolutos (LO₂) de ambos os sexos, enquanto os estudos de Miyagi *et al.* (2017) e de Poli *et al.* (2019a) foram realizados somente em homens. Porém, a diferença estatística significativa verificada no presente estudo, pode ser explicada pelo maior tamanho amostral, o que torna os dados mais precisos (menor amplitude) (SHESKIN, 2011; LAKENS, 2013; GREENLAND *et al.*, 2016) e, com isso demonstra a necessidade de novos estudos com populações de maior tamanho e homogeneidade para verificar a fidedignidade dessa equidade metodológica (GREENLAND *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2018).

Quanto as intensidades analisadas, os estudos avaliaram o que consideram ser a máxima demanda anaeróbia (BERTUZZI *et al.*, 2010; MIYAGI *et al.*, 2017; DE POLI *et al.*, 2019a), somente Li *et al.* (2018) analisaram um esforço com tempo limite de 40s e também não verificaram diferenças entre os métodos. Discordando de Li *et al.*, (2018), foram observadas diferença nos 50 e 100 metros. Quanto aos menores valores do AOD para as distâncias analisadas, estes podem ser explicados pela sua característica em subestimar a demanda anaeróbia (LI *et al.*, 2015; LI *et al.*, 2018), como verificado ao compará-la no cicloergômetro durante esforço de 30s nos estudos de Medbo & Tabata (1989) pelo AOD e Beneke *et al.* (2002) pelo E_{An} (69,4 vs. 81, 4%; respectivamente). Para a demanda anaeróbia em percentual da contribuição total, também foram verificadas para as três distâncias avaliadas, valores significativamente menores do AOD em relação ao E_{An}, o que está em acordo com Li *et al.* (2018) e de Poli *et al.* (2019a). Segundo Li *et al.* (2015), valores subestimados do AOD são decorrentes da: (i) redução da eficiência mecânica em esforços de alta intensidade, o que acarreta aumento do custo de O₂ da atividade (CANNON *et al.*, 2011; MURGATROYD *et al.*, 2011; BURNLEY & JONES, 2018;

ZIGNOLI *et al.*, 2019); (ii) duração dos esforços submáximos com tempo suficiente para a manifestação do $\dot{V}O_2$ (NOORDHOF *et al.* 2010) e, (iii) do ajuste linear da demanda energética (GREEN & DAWSON, 1995; HILL & VILGREN, 2011).

Os resultados obtidos na determinação de demanda anaeróbia nos 50m (t_{Lim} : $31,5 \pm 2,7s$) pelo AOD foram $1,38 \pm 0,24 LO_2$ (H: $1,39 \pm 0,26 LO_2$ e M: $1,36 \pm 0,22 LO_2$), mostrando-se inferiores em relação aos valores de Ogita *et al.* (2003) nos 30s ($2,28 \pm 0,38 LO_2$). Para os 100m (t_{Lim} : $69,2 \pm 4,6s$), os valores de AOD foram $2,04 \pm 0,52 LO_2$ (H: $2,11 \pm 0,66 LO_2$ e M: $1,97 \pm 0,34 LO_2$), sendo também inferiores quando comparados aos resultados de Troup *et al.* (1992) em nadadores considerados de alto e baixo desempenho nos 100m (3,0 e 2,5 LO_2 ; respectivamente) e de Ogita *et al.* (2003) nos 60s ($2,78 \pm 0,59 LO_2$). Porém, superiores em relação ao valor apresentado por Reis *et al.* (2010a) nos 100m ($20,55 \pm 7,41 mL O_2 \cdot kg^{-1}$). Quanto aos 200m (t_{Lim} : $2,7 \pm 0,2 min$), os resultados para o AOD foram $2,97 \pm 0,65 LO_2$ (H: $3,05 \pm 0,78 LO_2$ e M: $2,89 \pm 0,52 LO_2$), estando estes em acordo com Troup *et al.* (1992) para alto e baixo desempenho (3,0 e 2,5 LO_2 ; respectivamente), com Ogita *et al.* (1996) determinado em ambos os sexos ($2,99 \pm 0,52 LO_2$) e Ogita *et al.* (2003) em nadadores bem treinados ($3,23 \pm 0,51 LO_2$) durante esforços entre 2 e 3 min. Sobretudo, os estudos de Troup *et al.* (1992), Ogita *et al.* (1996) e Ogita *et al.* (2003) não descontaram as reservas de O_2 corporais, o que somente reduziria a amplitude das diferenças apresentadas.

A variabilidade dos resultados é dependente dos diferentes estados de treinamento (TROUP *et al.*, 1992; OGITA *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2010a), variações biológicas diárias, tipos de analisadores empregados (MCLAUGHLIN *et al.*, 2001) e ao protocolo de determinação do AOD (NOORDHOF *et al.* 2010). Outro estudo na natação que utilizou os estágios do teste incremental para a determinar a relação $\dot{V}O_2$ –intensidade foi o de Reis *et al.* (2010a) e, observaram valores inferiores do AOD comparados aos estudos de Troup *et al.* (1992), Ogita *et al.* (1996) e Ogita *et al.* (2003) que utilizaram esforços constantes. Isso pode ser explicado pelo efeito do exercício prévio (BAILEY *et al.*, 2009a; BURNLEY *et al.*, 2011) provocado durante o teste escalonado, onde Bailey *et al.* (2010a) verificaram em esforços retangulares à $70\% \Delta$ com 6 minutos de duração, redução no $EE\dot{V}O_2$ decorrente da diminuição do $CL\dot{V}O_2$ após recuperação de 3 minutos de esforços nos domínios moderado e severo. Esses resultados foram corroborados por Burnley *et al.* (2011) ao verificarem reduções no componente $CL\dot{V}O_2$ após exercício prévio no domínio pesado e severo.

Sendo assim, pode ser que a relação $\dot{V}O_2$ –intensidade foi subestimada e, portanto, geraram menores valores de AOD (LI *et al.*, 2018).

Quanto a demanda anaeróbia pelo AOD em percentual da contribuição total, os valores de 50m ($69,6 \pm 6,4\%$) estão em acordo com Ogita *et al.* (2003) nos 30s ($67,4 \pm 6,3\%$). Para os 100m ($50,1 \pm 6,5\%$), os valores estão em acordo com Troup *et al.* (1992) no alto ($\cong 45\%$) e baixo ($\cong 50\%$) desempenho, como também com Ogita *et al.* (2003) nos 60s ($50,1 \pm 7,3\%$) e superior em relação ao estudo de Reis *et al.* (2010a) nos 100m ($30,88 \pm 10,49\%$). Por fim nos 200m ($35,2 \pm 5,4\%$), os valores estão em acordo com Troup *et al.* (1992) no alto (26%) e baixo (35%) desempenho e com Ogita *et al.* (2003) em esforços com t_{Lim} entre 2 e 3 min ($30,7 \pm 4,7\%$), sendo superior ao valores de Reis *et al.* (2010a) nos 200m ($13,04 \pm 8,44\%$). Como até o presente momento nenhum estudo comparou os métodos de estimativa da demanda anaeróbia em intensidades supramáximas com medidas diretas (biópsia muscular ou ressonância nuclear magnética), o estudo de Bangsbo (1998) afirmou a partir de análises de biópsia muscular em intensidade submáxima, que o AOD não representa a demanda anaeróbia em exercício envolvendo o corpo todo.

Para o E_{An} , os valores estimados nas distâncias de 50m $3,11 \pm 0,74 LO_2$ (H: $3,55 \pm 0,62 LO_2$ e M: $2,68 \pm 0,58 LO_2$), 100m $3,54 \pm 0,91 LO_2$ (H: $4,08 \pm 0,76 LO_2$ e M: $3,01 \pm 0,75 LO_2$) e 200 m $3,63 \pm 0,89 LO_2$ (H: $4,13 \pm 0,83 LO_2$ e M: $3,14 \pm 0,64 LO_2$) são menores em relação aos apresentados por Campos *et al.* (2017) para as três distâncias ($3,4 \pm 1,0$; $4,5 \pm 1,2$ e $4,7 \pm 1,4 LO_2$; respectivamente). No entanto, são observados na natação diferentes protocolos de estimativa da demanda anaeróbia (SOUSA *et al.*, 2013), o que está diretamente ligado a grande variação metodológica de estimativas do débito alático (SOUSA *et al.*, 2014; HELLARD *et al.*, 2018) e láctico em equivalentes de oxigênio (RIBEIRO *et al.*, 2015; CAMPOS *et al.*, 2017). Figueiredo *et al.* (2011) e Figueiredo *et al.* (2013) nos 200m adotaram valores fixos para a τ de 23,4s e [PCr] de $27,75 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$, Sousa *et al.* (2013) nos 200m, Sousa *et al.* (2014a) nas intensidades de 95, 100 e 105% $\dot{V}O_{2max}$ e Ribeiro *et al.* (2015) nos 100m também utilizaram a τ de 23,4s, já Hellard *et al.* (2018) nessa mesma distância utilizaram a τ de 22,7s, o que dificulta o entendimento da bioenergética humana e o desenvolvimento de modelo robusto e fidedigno (LI *et al.*, 2018; ZIGNOLI *et al.*, 2019).

Para o débito alático de O_2 , os valores nos 50m foram $1,69 \pm 0,51 LO_2$ (H: $2,02 \pm 0,37 LO_2$ e M: $1,37 \pm 0,43 LO_2$), nos 100m $1,78 \pm 0,66 LO_2$ (H: $2,14 \pm 0,64$

LO₂ e M: $1,42 \pm 0,47$ LO₂) e nos 200m $2,04 \pm 0,62$ LO₂ (H: $2,43 \pm 0,58$ LO₂ e M: $1,65 \pm 0,36$ LO₂) que, quando comparados com Campos *et al.* (2017), foram maiores nos 50m ($1,4 \pm 0,4$ LO₂), menores nos 100m ($1,9 \pm 0,8$ LO₂) e nos 200m ($2,3 \pm 0,8$ LO₂). Porém, foi verificado diferença significativa somente entre os 50 e 200m, enquanto Campos *et al.* (2017) apresentaram diferenças entre todas as distâncias. Entretanto, Vanhatalo *et al.* (2010) demonstraram a existência de um nadir da [PCr] em esforços no domínio severo, já Fernandes *et al.* (2018) afirmaram que 30 segundos é tempo suficiente para esgotamento da energia alática e sua restauração ocorre somente após interrupção da atividade (intervalo e/ou término) (JONES *et al.*, 2008; VANHATALO *et al.*, 2010), sendo assim, é esperado uma equidade do metabolismo alático entre as distâncias de nado (FERNANDES *et al.*, 2018).

Sobretudo, essas diferenças estão alicerçadas nos aspectos metodológicos como: (i) a técnica empregada para a coleta do $\dot{V}O_2$ por Campos *et al.* (2017) foi a retro extrapolação, sendo esta severamente criticada (FERNANDES *et al.*, 2018) por ser considerada uma técnica indireta, que inclui erros derivados do atraso no início da recuperação do $\dot{V}O_2$ (PINNA *et al.*, 2012; CHAVERRI *et al.*, 2016) e provoca superestimação do $\dot{V}O_{2\text{base}}$, tudo isso somado a apneia ao final do esforço que aumenta a expiração e, com isso eleva o $\dot{V}O_2$ pós exercício, o que não representa a real linha de base (FERNANDES *et al.*, 2018) e, (ii) erros de tratamentos dos dados da cinética do $\dot{V}O_2$ e modelo matemático empregado (LAMARRA *et al.*, 1987; STIRLING *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2014b; ZIGNOLI *et al.*, 2019). Quanto a utilização do snorkel, validado por Baldari *et al.* (2013), porém este limita a velocidade de nado (CHAVERRI *et al.*, 2016) e impede tanto a virada como o mergulho (BARBOSA *et al.*, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2016; FERNANDES, *et al.*, 2018), sobretudo não provoca alterações biomecânicas e fisiológicas significativas na mesma intensidade em relação ao nado sem snorkel (PINNA *et al.*, 2012; FERNANDES, *et al.*, 2018).

No presente estudo, as amostras gasosas foram obtidas durante todo o teste (esforço e recuperação), o que não concorda com Campos *et al.* (2017) quanto a perda da validade ecológica por: (i) não haver evidências relevantes de alterações da mecânica de nado quanto à utilização do snorkel (FERNANDES, *et al.*, 2018), devido a familiarização de sua utilização previamente as avaliações (PESSOA FILHO *et al.*, 2012; RIBEIRO *et al.*, 2015), além dos atletas já utilizarem frequentemente para correções de assimetrias de braçadas do nado (SEIFERT *et*

al., 2008; FERNANDES, *et al.*, 2018) e; (ii) o nado livre frequentemente ser utilizado para análises da cinética do $\dot{V}O_2$ (SOUSA *et al.*, 2011; PESSOA FILHO *et al.*, 2012; SOUSA *et al.*, 2014; RIBEIRO *et al.*, 2015) sem a utilizações de movimentos rotacionais e ondulatórios (FERNANDES *et al.*, 2018).

Contudo, os resultados obtidos discordam da teoria da fisiologia do exercício (FERNANDES *et al.*, 2018) quanto as diferenças no débito alático entre os 50 e 200m, independente de uma explicação plausível quanto ao tempo insuficiente nos 50m comparados com os 200m para a manifestação do $\dot{V}O_2$ (CAPUTO & DENADAI, 2008), isso caracteriza uma limitação metodológica uma vez que essa diferença não é esperada (FERNANDES *et al.*, 2018), sobretudo ainda não se sabe se ela é específica da natação, uma vez que nenhum estudo analisou o E_{Al} para essa faixa de intensidade em outras modalidades. Quanto aos 100m, suas ausências de diferenças em relação as demais distâncias (50 e 200m) podem estar relacionada a grande variabilidade do E_{Al} (CV: 34,4%) (SHESKIN, 2011; GREENLAND *et al.*, 2016) que é dependente do ajuste $\dot{V}O_2$ (MRT: 26,3 – 74,0 s), sendo que Campos *et al.* (2017) também encontraram nos 100m grandes variações do E_{Al} ($\cong 42,1\%$).

Para o $E_{[La^-]}$, os resultados estão em acordo com Toussaint & Hollander (1994) com maiores contribuição da demanda láctica nos 100m, seguido pelo 200m e menores participação nos 50m. Entretanto, discordamos dos resultados de Campos *et al.* (2012), onde verificaram pico do $E_{[La^-]}$ nos 200m ($2,2 \pm 1,0 \text{ LO}_2$), seguidos pelo 100m ($1,8 \pm 0,5 \text{ LO}_2$) e 50m ($1,7 \pm 0,6 \text{ LO}_2$). Porém, os autores também não verificaram diferenças entre essas distâncias de nado, o que diverge da literatura (TOUSSAINT & HOLLANDER, 1994; FERNANDES *et al.*, 2018). Quanto ao coeficiente estequiométrico empregado, Campos *et al.* (2017) utilizaram $3,0 \text{ mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ por mmol da $[La^-]$ sanguíneo acumulado, o que explica em partes maiores valores do $E_{[La^-]}$ em relação aos resultados do presente estudo, porém as divergências já comentadas dizem respeito as diferentes concentrações líquidas de lactato sanguíneo que são dependentes da capacidade de produção, difusão e remoção (DI PRAMPERO *et al.*, 1981; SCOTT *et al.*, 2006; MOXNES & SANDBAKK, 2012; FERGUSON *et al.*, 2018; JONES *et al.*, 2019) e procedimentos metodológicos de coletas e análises sanguíneas (MEDBO *et al.*, 2000; BONAVENTURA *et al.* 2015; JONES *et al.*, 2019).

De um modo geral, tem-se observado a utilização do coeficiente estequiométrico de $3,0 \text{ mLO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ por mmol da $[La^-]$ sanguíneo acumulado

independente da modalidade avaliada, ou seja, no basquetebol (LATZEL *et al.*, 2018), ciclismo (BERTUZZI *et al.*, 2010; MIYAGI *et al.*, 2018; REDKVA *et al.*, 2018; SILVEIRA *et al.*, 2018; ZAGATTO *et al.*, 2018), corrida (MALTA *et al.*, 2016; ZAGATTO *et al.*, 2016a; PANISSA *et al.*, 2018; REDKVA *et al.*, 2018; DE POLI *et al.*, 2019), escalada (BERTUZZI *et al.*, 2007), remo (DE CAMPOS MELLO *et al.*, 2009; LI *et al.*, 2018), saltos verticais (CULAR *et al.*, 2018), box (DAVIS *et al.*, 2014), taekwondo (LOPES-SILVA *et al.*, 2015; LOPES-SILVA *et al.*, 2018), tênis de mesa (ZAGATTO *et al.*, 2016b; MILIONI *et al.*, 2018). Esse valor de conversão ($3,0 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) foi apresentado por di Prampero & Ferretti (1999) na corrida, no entanto, os autores verificaram para a natação o coeficiente estequiométrico de $2,72 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}[\text{La}^-]^{-1}$, embora outros estudos apresentaram valores diferentes ($5,2 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}[\text{La}^-]^{-1}$) (GLADDEN & WELCH, 1978), isso demonstra a necessidade de futuros estudos para elucidar essa divergência, uma vez que este coeficiente deve ser único independente da modalidade. Por fim, verificamos na natação estudos que utilizaram o conversor de $2,7 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}[\text{La}^-]^{-1}$ (FIGUEIREDO *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2011; FIGUEIREDO *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2014a; RIBEIRO *et al.*, 2015), de $3,0 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}[\text{La}^-]^{-1}$ (KALVA FILHO *et al.*, 2015a; KALVA FILHO *et al.*, 2015b; DE CARVALHO *et al.*, 2018) e de $3,0 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol}[\text{La}^-]^{-1}$ (ZAMPARO *et al.*, 2000).

7.4.2. Efeito do sexo sobre a determinação da demanda metabólica anaeróbia em diferentes intensidades de nado

Os resultados mostraram independente das distâncias de nado analisadas, que o sexo apresentou efeito pelo método AOD, porém não pelo E_{An} . Para o AOD, os resultados estão em acordo com Naughton *et al.* (1997) na corrida ao verificarem em adolescentes maiores valores do MAOD de meninos em relação as meninas ($68,6$ vs. $52,3 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ respectivamente). Mais tarde, Weber & Schneider (2002) observaram no ciclismo, diferenças no MAOD entre homens e mulheres tanto antes ($3,93 \pm 0,22$ vs. $2,75 \pm 0,17 \text{ LO}_2$; respectivamente) como após treinamento intervalado por quatro semanas ($4,82 \pm 0,46$ vs. $3,28 \pm 0,19 \text{ LO}_2$; respectivamente). Da mesma forma, Hill & Vilgren (2014) verificaram valores superiores do MAOD em homens comparados as mulheres tanto no ciclismo ($65,0 \pm 10,0$ vs. $49,0 \pm 7,0 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ respectivamente) como na corrida ($80,0 \pm 12,0$ vs. $60,0 \pm 12,0 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ respectivamente). Sobretudo, quando o MAOD é apresentado relativo à massa

magra, Weber & Schneider (2002) verificaram que as diferenças entre homens e mulheres ($46,3 \pm 2,4$ vs. $38,2 \pm 2,6$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente) não apresentaram suporte estatístico ($61,8 \pm 2,7$ vs. $55,2 \pm 3,1$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente).

No entanto, para o método do E_{An}, os resultados não apresentaram efeito do sexo na demanda anaeróbia independente da distância de nado. Desse modo, os resultados do presente estudo, não concordam com de Poli *et al.* (2019b) ao verificarem na corrida diferenças da capacidade anaeróbia entre homens e mulheres ($49,0 \pm 5,0$ vs. $37,0 \pm 9,5$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente). Ao comparar os sexos, automaticamente são comparadas diferenças entre quantidade massa muscular ativa, sendo que, alguns estudos realizam essas investigações aos analisarem diferentes modalidades (WEBER & SCHNEIDER, 2002; HILL & VILGREN, 2014; REDKVA *et al.*, 2018). Nesse sentido, verifica-se que há efeito significativo da massa muscular engajada na atividade ao comparar a corrida e ciclismo tanto no E_{An} (REDKVA *et al.*, 2018) como AOD (WEBER & SCHNEIDER, 2002), sendo esse efeito para ambos os sexos (HILL & VILGREN, 2014).

7.4.2.1. Efeito do sexo sobre o método AOD

A grande variação dos resultados do AOD em diferentes estudos ao comparar os sexos ($\cong 23 - 32\%$) são dependentes das diferenças dos protocolos empregados (NAUGHTON *et al.*, 1997; WEBER & SCHNEIDER, 2000; WEBER & SCHNEIDER, 2002; NOORDHOF *et al.*, 2010; HILL & VILGREN, 2014), o que acabam atribuindo ao método uma baixa fidedignidade e reprodutibilidade (DOHERTY *et al.*, 2000; DE POLI *et al.*, 2019b). Independente dos questionamentos metodológicos do AOD (NOORDHOF *et al.*, 2010; FERNANDES *et al.*, 2018), o efeito temporal da magnitude do AOD (MEDBO *et al.*, 1998; NAUGHTON *et al.*, 1997; OGITA *et al.*, 2003; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2016) apresenta impacto significativo quando são comparados os sexos, seja por fixar a demanda metabólica (% $\dot{V}O_{2max}$) onde são observados menores tolerância na mulheres comparadas aos homens o que implica em menores valores da demanda anaeróbia (WEBER & SCHNEIDER, 2000; WEBER & SCHNEIDER, 2002). Todavia, como no presente estudo fixou-se a distância de nado, os homens apresentaram menores tempo de desempenho em relação as mulheres para os 50m (t_{Lim} : $30,0 \pm 2,9$ vs. $33,0 \pm 1,4$ s; respectivamente; Δ : -10,0%), 100m (t_{Lim} : $67,5 \pm 5,3$ vs. $70,7 \pm 3,2$ s; respectivamente; Δ : -4,8%) e 200m (t_{Lim} : $159,3 \pm 12,3$ vs. $164,0 \pm 8,1$ s; respectivamente; Δ : -2,9%), o que contribuiu para

o aumento do AOD (NAUGHTON *et al.*, 1997), como demonstrado por Muniz-Pumares *et al.* (2016) o efeito do aumento do tempo de esforço (91 ± 20 ; 123 ± 31 e 173 ± 48 s) sobre o AOD ($49,74 \pm 10,82$; $51,90 \pm 11,14$ e $53,65 \pm 11,86$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente) e, portanto, elevando o AOD das mulheres.

Outro fator interveniente diz respeito a eficiência mecânica (custo de nado), que pode ser obtido através do coeficiente angular (reta de regressão $\dot{V}O_2$ vs. velocidade) (PENDERGAST *et al.*, 1977), onde verificamos nos homens menores valores em relação as mulheres ($0,48 \pm 0,08$ vs. $0,54 \pm 0,13$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente; Δ : -11,7%). Consequentemente, isso resultou em um menor requerimento energético da demanda prevista de O_2 nos 50m ($29,6 \pm 3,5$ vs. $33,9 \pm 6,3$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente; Δ : -14,6%), 100m ($60,9 \pm 6,9$ vs. $69,1 \pm 12,7$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente; Δ : -13,3%) e nos 200m ($129,1 \pm 13,4$ vs. $142,3 \pm 25,2$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente; Δ : -10,2%). Uma justificativa plausível para os menores valores de AOD nos homens comparados as mulheres pode estar relacionada a fatores hemodinâmicos, onde uma menor massa muscular tem menor superfície e o tempo de contato entre O_2 capilar e célula muscular, como também a capacidade de difusão do O_2 e a densidade mitocondrial (CALBET *et al.*, 2005).

Por fim, o maior consumo de O_2 nos homens comparados as mulheres (RAMSBOTTOM *et al.*, 1997; WEBER & SCHNEIDER, 2000; WEBER & SCHNEIDER, 2002; HILL & VILGREN, 2014) reduz a diferença em relação a demanda O_2 , portanto isso também justifica os menores valores do AOD nos homens. No entanto, os valores dos 100 e 200m não estão em acordo com a literatura quanto ao maior valor acumulado de O_2 nos homens em relação as mulheres (RAMSBOTTOM *et al.*, 1997; WEBER & SCHNEIDER, 2002) nos 50m ($8,1 \pm 2,7$ vs. $6,6 \pm 1,62$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente; Δ : 17,6%), 100m ($28,4 \pm 5,5$ vs. $29,6 \pm 5,6$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente; Δ : -4,4%) e nos 200m ($81,6 \pm 9,9$ vs. $84,6 \pm 16,9$ mL O_2 ·kg $^{-1}$; respectivamente; Δ : -3,7%), o que pode ser explicado pelos menores t_{Lim} dos homens e, contudo, esse aumento da duração do esforço nas mulheres contribuiu significativamente para o aumento do O_2 devido esse montante estar presente na maior manifestação do $\dot{V}O_2$ por ser ao final do esforço ($EE\dot{V}O_2$) (REIS *et al.*, 2012; SOUSA *et al.*, 2014a; LAI *et al.*, 2016). Quanto ao diferenças do $\dot{V}O_{2Ac}$ entre os sexos nas distâncias de nado, o maior tempo nos 50m das mulheres não manteve a tendência dos 100 e 200m em apresentar valores superiores aos dos homens, devido a relação do curto tempo de esforço com tempo de manifestação da

resposta do $\dot{V}O_2$ (CARTER *et al.*, 2002; CAPUTO & DENADAI, 2008) e, sobretudo, o ajuste mais lento das mulheres quanto ao dos homens (LAI *et al.*, 2016).

Desse modo, como não se verificou diferença quanto ao $\dot{V}O_{2Ac}$ entre os sexos, o menor valor do AOD nos homens justifica-se na melhor eficiência (< coeficiente angular), o que projetou a demanda de O_2 a menores valores comparados as mulheres nos 50m ($123,8 \pm 13,1$ vs. $134,1 \pm 12,7$ % $\dot{V}O_{2max}$; respectivamente; Δ : -8,3%), 100m ($115,0 \pm 13,7$ vs. $128,3 \pm 11,3$ % $\dot{V}O_{2max}$; respectivamente; Δ : -11,6%) e 200m ($105,3 \pm 12,6$ vs. $116,7 \pm 8,5$ % $\dot{V}O_{2max}$; respectivamente; Δ : -10,8%) independentemente do valor hipotético (HILL & VILGREN *et al.*, 2014) ou da fidedignidade da demanda de O_2 (GREEN & DAWSON, 1995; HILL & VILGREN, 2011; NOORDHOF *et al.*, 2010). Sendo assim, o custo de nado foi um fator determinante sobre a variação da demanda metabólica anaeróbia entre os sexos, onde as diferenças acentuam-se na taxa de desenvolvimento do déficit proporcionalmente a intensidade absoluta do esforço (velocidade de nado vs. distância de desempenho) (OGITA *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2010a; MUNIZ-PUMARES *et al.*, 2016) e independentemente das dissimilaridades entre homens e mulheres na quantidade de massa muscular metabolicamente ativa (WEBER *et al.*, 2006; HUNTER, 2014; HEGGE *et al.*, 2015). Esse menor custo nos homens também auxilia no entendimento das diferenças quanto à demanda energética total para nadar cada distância de nado (% $\dot{V}O_{2max}$ em 50, 100 e 200m, H < M), uma vez que as intensidades relativas dos esforços nestas distâncias foram similares entre homens e mulheres nos 50m ($127,0 \pm 11,7$ vs. $126,1 \pm 8,5$ %v $\dot{V}O_{2max}$; respectivamente; Δ : 0,7%), 100m ($112,9 \pm 7,4$ vs. $117,9 \pm 7,0$ %v $\dot{V}O_{2max}$; respectivamente; Δ : -4,4%) e 200m ($98,2 \pm 5,4$ vs. $100,9 \pm 5,7$ %v $\dot{V}O_{2max}$; respectivamente; Δ : -2,8%).

7.4.2.2. Efeito do sexo sobre o método E_{An}

A determinação do E_{Ai} no presente estudo não apresentou discrepâncias com a literatura de referência para homens e mulheres na corrida e ciclismo entre $\cong 24$ e $\cong 37$ mL O_2 ·kg $^{-1}$ (DIPRAMPERO & MARGARIA, 1968; ROBERTS; MORTON, 1978; BENEKE *et al.*, 2002) e na natação nos 50m $\cong 20,3$ mL O_2 ·kg $^{-1}$, 100m $\cong 27,5$ mL O_2 ·kg $^{-1}$ e nos 200m $\cong 33,3$ mL O_2 ·kg $^{-1}$ (CAMPOS *et al.*, 2017). No entanto, foram observados maiores valores dos homens comparados as mulheres (SAWKA *et al.*,

1980; DE POLI *et al.*, 2019b) para as três distâncias de nado, embora diferença significativa foi verificada somente nos 200m, o que está em acordo com Sanka *et al.* (1980) ao verificarem diferenças entre os sexos na corrida com t_{Lim} entre 3 e 5 minutos. No entanto, para os 50 e 100m não foram observadas diferenças significativas, o que concorda com de Poli *et al.* (2019b) quanto a equidade estatística na corrida entre os sexos no débito alático de O_2 (Δ : 17,28%) à 115 % $\dot{V}O_{2max}$. Sawka *et al.* (1980) atribuiu as diferenças entre sexos devido a maior massa magra dos homens (HUNTER, 2014), já Esbjörnsson *et al.* (1993) atribuíram as diferenças as propriedades metabólicas musculares como diâmetro das fibras (I, IIA e IIB) e atividade enzimática (lactato desidrogenase) (HUNTER, 2014).

Uma explicação metodológica plausível quanto as ausências de diferenças nos 50m e 100m, encontra-se na relação da dependência temporal do esforço com a manifestação do $\dot{V}O_2$ (CAPUTO & DENADAI, 2008), onde curtas distâncias não permitem que as diferenças do $\dot{V}O_2$ apresentarem suporte estatístico (GREENLAND *et al.*, 2016), sendo que para os 200m, esse tempo foi suficiente para a resposta do $\dot{V}O_2$ (CAPUTO & DENADAI, 2008). A limitação metodológica quanto a sensibilidade do aspecto temporal do esforço é evidenciado nos valores crescentes do E_{AI} nas distâncias de nado (FERNANDES *et al.*, 2018) e, sobretudo, acentuada na diferença significativa entre os 50 e 200m dos homens (CAMPOS *et al.*, 2017), o que não está em acordo fisiologia humana (VANHATALO *et al.*, 2010; FERNANDES *et al.*, 2008).

Quanto a participação glicolítica analisada pela concentração líquida de lactato sanguíneo, pode-se observar que os valores atingiram para homens e mulheres nos 50m ($8,0 \pm 1,7$ vs. $8,5 \pm 1,3$ mmol·L⁻¹; respectivamente), 100m ($10,2 \pm 2,0$ vs. $10,4 \pm 1,6$ mmol·L⁻¹; respectivamente) e 200m ($9,1 \pm 1,7$ vs. $9,7 \pm 1,2$ mmol·L⁻¹; respectivamente). Essas $\Delta[La^-]$ sanguíneo assemelham-se à referência de 8,0 – 10,0 mmol·L⁻¹ considerados máximos (MEDBO *et al.*, 1988; ZAGATTO *et al.*, 2016) e, especificamente na natação nos 50m (CAPELLI *et al.*, 1998; CAMPOS *et al.*, 2017), nos 100m (TROUP *et al.*, 1992; CAPELLI *et al.*, 1998) e nos 200m (TROUP *et al.*, 1992; CAPELLI *et al.*, 1998; CAMPOS *et al.*, 2017). Dessa forma, os valores do $E_{[La^-]}$ estão em acordo com a literatura com a maior contribuição glicolítica nos 100m em relação as demais distâncias (TROUP *et al.*, 1992; CAPELLI *et al.*, 1998) e divergindo dos resultados de Campos *et al.* (2017) ao verificarem maiores $\Delta[La^-]$ sanguíneo nos 200m, embora este estudo discorda dos demais citados (TROUP *et al.*, 1992; CAPELLI *et al.*, 1998).

Quanto as $[La^-]$ sanguíneo nas distâncias de nado, foram verificados menores valores nos homens comparados as mulheres, o que discorda da literatura (ITOH & OHKUWA, 1993; GRATAS-DELAMARCHE, 1994; NAUGHTON *et al.*, 1997; DE POLI *et al.*, 2019b). Uma explicação encontra-se no tempo de esforço (ZOUHAL *et al.*, 2008) que, no presente estudo foram maiores nas mulheres, enquanto nos estudos que fixaram a intensidade ($\%v\dot{V}O_{2max}$) são observados menores t_{Lim} nas mulheres em relação aos homens (WEBER & SCHNEIDER, 2000; WEBER & SCHNEIDER, 2002; DE POLI *et al.*, 2019b), como demonstrado por de Poli *et al.* (2019b) ($129,4 \pm 16,5$ vs. $143,0 \pm 18,1s$; respectivamente; Δ : $\cong 10,5\%$). Uma segunda possibilidade refere-se à quantidade massa muscular (SAWKA *et al.*, 1980; HUNTER *et al.*, 2014; DE POLI *et al.*, 2019b), onde as mulheres apresentam menores valores do perfil alático (DE POLI *et al.*, 2019b) e aeróbio (SAWKA *et al.*, 1980; DE POLI *et al.*, 2019b), sendo esse déficit bioenergético suprido pelo metabolismo glicolítico (DE POLI *et al.*, 2019b), como demonstrado por Gratas-Delamarche *et al.* (1994) uma forte correlação ($r = 0,73$) entre $[La^-]$ sanguíneo e a potência média no teste de Wingate. Por fim e menos expressivo, as mulheres realizaram esforços (100 e 200m) em intensidade ($\%v\dot{V}O_{2max}$) levemente acima dos homens o que contribuiu para o aumento da $[La^-]$ (REIS *et al.*, 2010a; ZAGATTO *et al.*, 2016a; IANNETTA *et al.*, 2018). Diante dos resultados do E_{Al} e $E_{[La^-]}$, os valores superiores do E_{An} para as três distâncias (50, 100 e 200m) de nado nos homens comparados as mulheres são dependentes das diferenças do perfil alático (Δ : 14,4; 18,6 e 14,8%; respectivamente), devido essas diferenças serem superiores ao metabolismo láctico (Δ : -6,2; -2,4 e -6,8%; respectivamente).

Apesar de alguns estudos relatarem não haver diferenças entre os sexos no metabolismo anaeróbio quando removidas as diferenças da composição corpórea (MAUD & SHULTZ, 1986; TANAKA *et al.*, 1993; WEBER & SCHNEIDER, 2000; WEBER *et al.*, 2006), observa-se uma maior potência anaeróbia nos homens (MAUD & SHULTZ, 1986; ESBJÖRNSSON *et al.*, 1993), mesmo quando ponderada pelo massa corpórea (HEGGE *et al.*, 2015), o que tem sido atribuída a maior massa muscular (WEBER *et al.*, 2006; HEGGE *et al.*, 2015), possíveis diferenças no padrão de distribuição dos tipos de fibras (ESBJÖRNSSON *et al.*, 1993; WEBER *et al.*, 2006; HUNTER *et al.*, 2014) e atividade enzimática (ESBJÖRNSSON *et al.*, 1993; MILLER *et al.*, 1993; WEBER *et al.*, 2006; HUNTER *et al.*, 2014) nos membros superiores em relação as mulheres (WEBER *et al.*, 2006; HUNTER *et al.*, 2014).

De fato, o metabolismo anaeróbio determinado pelo método AOD apresentou de fraca a moderada relação inversa (MUKAKA, 2012) com os parâmetros da composição corpórea (total e regional) e índices musculares corporal e apendicular ponderada pelo sexo para as distâncias de 50, 100 e 200 metros, refletindo a relação direta entre a quantidade de massa magra e o consumo de O_2 ($\dot{V}O_{2Ac}$) (WEBER *et al.*, 2002) e, portanto, uma menor demanda metabólica anaeróbia (LI *et al.*, 2015). Para o método E_{An} , houveram somente nos 200 metros fracas relações (MUKAKA, 2012) do tronco, membro superior e índice muscular corporal, como também fracas associações (MUKAKA, 2012) desses parâmetros além do membro inferior e índice muscular apendicular com débito alático de O_2 nessa mesma distância de nado, caracterizando a dependência do desempenho em evento com predomínio do metabolismo aeróbio com a massa muscular (TANAKA *et al.*, 1993; HEGGE *et al.*, 2015; DE POLI *et al.*, 2019b) e, deste por sua vez, com a reservas de fosfocreatina muscular (DE POLI *et al.*, 2019b). Sendo assim, as diferenças de massa muscular entre homens e mulheres parecem não afetar a atividade glicolítica (NAUGHTON *et al.*, 1997), mas a redução de fosfocreatina em exercício e a capacidade oxidativa (DE POLI *et al.*, 2019b), o que tende a diminuir a demanda sobre a produção energética pelo sistema glicolítico (WEBER *et al.*, 2002).

7.4.3. Limitações do Estudo

As diferenças relacionadas aos sexos relatadas anteriormente quanto a demanda metabólica anaeróbia (WEBER & SCHNEIDER, 2002; HILL & VILGREN, 2014; DE POLI *et al.*, 2019b) podem ser atribuídas aos procedimentos metodológicos adotados, escolha do descritor corporal (valores absolutos, relativos ao peso, massa magra, etc) (WEBER & SCHNEIDER, 2000; WEBER *et al.*, 2006) ou ao estado de treinamento do(s) grupo(s) muscular(es) comparado(s) (WEBER *et al.*, 2006). Quanto a modalidade avaliada, o que implicou na utilização do Aquatrainer® e, conseqüentemente seus efeitos sobre a mecânica do nado, o que provocou redução na velocidade de nado (CHAVERRI *et al.*, 2016) e que, supostamente por isso, permitiu uma maior contribuição do sistema energético oxidativo, reduzindo a demanda anaeróbia total (CAMPOS *et al.*, 2017). Todavia, pode-se ainda supor que ocorra redução na frequência respiratória como estratégia de melhorar o desempenho sem o Aquatrainer®, o que reduziria o consumo de O_2 e, conseqüentemente aumentaria a demanda sobre os metabolismos anaeróbios

(CAMPOS et al., 2017). No entanto, essa estratégia parece não afetar a demanda metabólica anaeróbia, ao comparar os presentes resultados com Aquatrainer® e àqueles reportados na literatura (FERNANDES et al., 2018). Porém, há uma limitação imposta pelo Aquatrainer® que é impossibilidade de assumir um desempenho máximo nas distâncias analisadas, mas apenas um esforço máximo (CHAVERRI et al., 2016). Outra limitação foi o uso de apenas uma transição em cada distância de nado para reconstrução do metabolismo alático pelo débito de O_2 , empregando o ajuste da cinética off do $\dot{V}O_2$, quando o recomendado seriam ao menos duas (ROBERGS et al., 2010; PESSOA FILHO et al., 2012; KEIR et al., 2014; BENSON et al., 2017).

7.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados do presente estudo pode-se concluir que há efeito do método de determinação da demanda metabólica anaeróbia relativa à massa corpórea ou demanda energética total nas intensidades analisadas para ambos os sexos. Quando analisado isoladamente os sexos, o efeito do método de determinação foi mantido, exceto para as mulheres nos 200m.

As diferentes intensidades de nado avaliadas isoladamente para cada sexo apresentaram efeitos sobre a demanda anaeróbia estimada pelo AOD. Porém, quando estimada pelo E_{An} , verificou-se efeito somente entre os 50m e 200m, sendo que os 100m não diferiram das demais distâncias em ambos os sexos.

Por fim, o sexo apresentou efeito sobre a demanda anaeróbia quando determinada pelo AOD e não pelo E_{An} independente da intensidade de nado avaliada.

Contudo, ainda necessitam informações da demanda anaeróbia nesses métodos comparados com medidas diretas, sob diferentes condições de ativação do metabolismo anaeróbio, de populações altamente treinadas e de ambos os sexos. Por fim, independente das limitações apresentadas, a determinação da demanda anaeróbia justifica-se para treinadores e atletas com elevado potencial de aplicação na planificação e monitoramento de programas de treinamentos, como também elaboração de estratégias de competições e predição de desempenho.

8. REFERÊNCIAS

- ALTAVILLA, G.; DI TORE, P. A.; RIELA, L.; D'ISANTO, T. Anthropometric, physiological and performance aspects that differentiate male athletes from females and practical consequences. **Journal of Physical Education and Sport**, vol. 17, n. 5, art 226, p. 2183 – 2187, 2017.
- ARCOVERDE, L.; SILVEIRA, R.; TOMAZINI, F.; SANSONIO, A.; BERTUZZI, R.; LIMA-SILVA, A. E.; ANDRADE-SOUZA, V. A. Effect of caffeine ingestion on anaerobic capacity quantified by different methods. **PLoS One**, vol. 12, n. 6, art. e0179457, 2017.
- BAILEY, S. J.; VANHATALO, A.; WILKERSON, D. P.; DIMENNA, F. J.; JONES, A. M. Optimizing the "priming" effect: influence of prior exercise intensity and recovery duration on O₂ uptake kinetics and severe-intensity exercise tolerance. **Journal of Applied Physiology**, vol. 107, n. 6, p. 1743 – 1756, 2009a.
- BAILEY, S. J.; WILKERSON, D. P.; DIMENNA, F. J.; JONES, A. M. Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. **Journal of Applied Physiology**, vol 106, n. 6, p. 1875 – 1887, 2009b.
- BAKER, J. S.; MCCORMICK, M. C.; ROBERGS, R. A. Interaction among Skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. **Journal of Nutrition and Metabolism**, vol. 2010, art. 905612, 2010.
- BALDARI, C.; FERNANDES, R.; MEUCCI, M.; RIBEIRO, J.; VILAS-BOAS, J.; GUIDETTI, L. Is the new AquaTrainer® snorkel valid for $\dot{V}O_2$ assessment in swimming? **International Journal of Sports Medicine**, vol.34, n.4, p.336 – 344, 2013.
- BANGSBO, J. Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 30, n. 1, p. 47 – 52, 1998.
- BANGSBO, J.; KRUTRUP, P.; GONZALEZ-ALONSO, J.; SALTIN, B. ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise: effect of previous exercise. **American journal of physiology. Endocrinology, metabolism**, vol. 280, n. 6, p. 956 – 964, 2001.
- BANGSBO, J.; MICHALSIK, L.; PETERSEN, A. Accumulated O₂ deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 14, n. 4, p. 207 – 213, 1993.
- BARBOSA, T.; SILVA, A. J.; REIS, A. M.; COSTA, M.; GARRIDO, N.; POLICARPO, F.; REIS, V. M. Kinematical changes in swimming front crawl and breaststroke with the AquaTrainer snorkel. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 109, n. 6, p. 1155 – 1162, 2010.
- BARCLAY, C. J. Energy demand and supply in human skeletal muscle. **Journal of muscle research and cell motility**, vol. 38, n. 2, p. 143 – 155, 2017.

- BARSTOW, T. J.; CASABURI, R.; WASSERMAN, K. O₂ uptake kinetics and the O₂ deficit as related to exercise intensity and blood lactate. **Journal of Applied Physiology**, vol. 75, n. 2, p. 755 – 762, 1993.
- BEARDEN, S. E.; MOFFATT, R. J. $\dot{V}O_2$ kinetics and the O₂ deficit in heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, vol. 88, n. 4, p. 1407 – 1412, 2000.
- BEGG, C. B.; MAZUMDAR, M. Operating characteristics of a rank correlation test for publication bias. **Biometrics**, vol. 50, n. 4, p. 1088 – 1101, 1994.
- BELCASTRO, A. N.; BONEN, A. Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. **Journal of Applied Physiology**, vol. 39, n. 6, p. 932 – 936, 1975.
- BENEKE, R.; BEYER, T.; JACHNER, C.; ERASMUS, J.; HUTLER, M. Energetics of karate kumite. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 92, n. 4 – 5, p. 518 – 523, 2004.
- BENEKE, R.; LEITHAUSER, R. M.; OCHENTEL, O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. **International journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 6, n. 1, p. 8 – 24, 2011.
- BENEKE, R.; POLLMANN, C.; BLEIF, I.; LEITHAUSER, R. M.; HUTLER, M. How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? **European Journal of Applied Physiology**, vol. 87, n. 4 – 5, p. 388 – 392, 2002.
- BENSON, A. P.; BOWEN, T. S.; FERGUSON, C.; MURGATROYD, S. R.; ROSSITER, H. B. Data collection, handling, and fitting strategies to optimize accuracy and precision of oxygen uptake kinetics estimation from breath-by-breath measurements. **Journal of Physiology**, vol. 123, n. 1, p. 227 – 242, 2017.
- BERBEN, L.; SEREIKA, S. M.; ENGBERG, S. Effect size estimation: methods and examples. **International Journal of Nursing Studies**, vol. 49, n. 8, p. 1039 – 1047, 2012.
- BERGER, N. J.; TOLFREY, K.; WILLIAMS, A. G.; JONES, A. M. Influence of continuous and interval training on oxygen uptake on-kinetics. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 38, n. 3, p. 504 – 512, 2006.
- BERTUZZI, R. C.; FRANCHINI, E.; KOKUBUN, E.; KISS, M. A. Energy system contributions in indoor rock climbing. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 101, n. 3, p. 293 – 300, 2007.
- BERTUZZI, R. C.; FRANCHINI, E.; UGRINOWITSCH, C.; KOKUBUN, E.; LIMA-SILVA, A. E.; PIRES, F. O.; NAKAMURA, F. Y.; KISS, M. A. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 31, n. 7, p. 477 – 481, 2010.

BERTUZZI, R.; KISS, M. A.; DAMASCENO, M.; OLIVEIRA, R. S.; LIMA-SILVA, A. E. Association between anaerobic components of the maximal accumulated oxygen deficit and 30-second Wingate test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, vol. 48, n. 3, p. 261 – 266, 2015.

BICKHAM, D.; ROSSIGNOL, L.; GIBBONS, C.; RUSSEL, A. P. Re-assessing accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Journal of Science and Medicine in Sport**, vol. 5, n. 4, p. 372 – 82, 2002.

BILLAT, V. L.; MILLE-HAMARD, L.; DEMARLE, A.; KORALSZTEIN, J. P. Effect of training in humans on off- and on-transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 87, n. 6, p. 496 – 505, 2002.

BONAVENTURA, J. M.; SHARPE, K.; KNIGHT, E.; FULLER, K. L.; TANNER, R. K.; GORE, C. J. Reliability and accuracy of six hand-held blood lactate analysers. **Journal of sports science and medicine**, vol. 14, n. 1, p. 203 – 214, 2015.

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. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, vol. 40, n.9, p. 931 – 937, 2015.

BROOKS, G. A. Bioenergetics of exercising humans. **Comprehensive Physiology**, vol. 2, n. 1, p. 537 – 562, 2012.

BURNLEY, M.; DAVISON, G.; BAKER, J. R. Effects of priming exercise on $\dot{V}O_2$ kinetics and the power-duration relationship. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 43, n. 11, p. 2171 – 2179, 2011.

BURNLEY, M.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **European Journal of Sport Science**, vol. 7, n. 2, p. 63 – 79, 2007.

BURNLEY, M.; JONES, A. M. Power-duration relationship: Physiology, fatigue, and the limits of human performance. **European Journal of Sport Science**, vol. 18, n. 1, p. 1 – 12, 2018.

CABRAL-SANTOS, C.; GEROSA-NETO, J.; INOUE, D. S.; ROSSI, F. E.; CHOLEWA, J. M.; CAMPOS, E. Z.; PANISSA, V. L. G.; LIRA, F. S. Physiological acute response to high-intensity intermittent and moderate-intensity continuous 5 km running performance: implications for training prescription. **Journal of Human Kinetics**, vol. 56, p. 127 – 137, 2017.

CALBET, J. A.; HOLMBERG, H. C.; ROSDAHL, H.; VAN HALL, G.; JENSEN-URSTAD, M.; SALTIN, B. Why do arms extract less oxygen than legs during exercise? **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, vol. 289, n. 5, p. R1448 – 1458, 2005.

CAMPOS, E. Z.; KALVA-FILHO, C. A.; GOBBI, R. B.; BARBIERI, R. A.; ALMEIDA, N. P.; PAPOTI, M. Anaerobic contribution determined in swimming distances: relation with performance. **Frontiers in Physiology**, vol. 8, art. 755, 2017.

CAMPOS, F. A.; BERTUZZI, R.; DOURADO, A. C.; SANTOS, V. G.; FRANCHINI, E. Energy demands in Taekwondo athletes during combat simulation. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 112, n. 4, p. 1221 – 1228, 2012.

CAMUS, G.; THYS, H. An evaluation of the maximal anaerobic capacity in man. **International Journal of Sports Medicine**, vol.12, n. 4, p. 349 – 355, 1991.

CANNON, D. T.; WHITE, A. C.; ANDRIANO, M. F.; KOLKHORST, F. W.; ROSSITER, H. B. Skeletal muscle fatigue precedes the slow component of oxygen uptake kinetics during exercise in humans. **Journal of Physiology**, vol. 589, n. 3, p. 727 – 739, 2011.

CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. R.; TERMIN, B. Energetics of swimming at maximal speeds in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, vol. 78, n. 5, p. 385 – 393, 1998.

CAPUTO, F.; DENADAI, B. S. The highest intensity and the shortest duration permitting attainment of maximal oxygen uptake during cycling: effects of different methods and aerobic fitness level. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 103, n. 1, p. 47 – 57, 2008.

CAPUTO, F.; MELLO, M. T.; DENADAI, B. S. Oxygen uptake kinetics and time to exhaustion in cycling and running: a comparison between trained and untrained subjects. **Archives of Physiology and Biochemistry**, vol. 111, n. 5, p. 461 – 466, 2003.

CARTER, H.; JONES, A. M.; BARSTOW, T. J.; BURNLEY, M.; WILLIAMS, C.; DOUST, J. H. Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. **Journal of Applied Physiology**, vol. 89, n. 5, 1744 – 1752, 2000b.

CARTER, H.; JONES, A. M.; BARSTOW, T. J.; BURNLEY, M.; WILLIAMS, C. A.; DOUST, J. H. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. **Journal of Applied Physiology**, vol. 89, n. 3, p. 899 – 907, 2000a.

CARTER, H.; PRINGLE, J. S.; JONES, A. M.; DOUST, J. H. Oxygen uptake kinetics during treadmill running across exercise intensity domains. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 86, n. 4, p. 347 – 354, 2002.

CERRETELLI, P.; BORDONI, U.; DEBIJADJI, R.; SARACINO, F. Respiratory and circulatory factors affecting the maximal aerobic power in hypoxia. **Archivio di Fisiologia**, vol. 65, n. 2, p. 344 – 357, 1967.

CERRETELLI, P.; PIIPER J.; MANGITI, F.; RICCI, B. Aerobic and anaerobic metabolism in exercising dogs. **Journal of Applied Physiology**, vol.19, n. 1, p. 25 – 28, 1964.

CHAVERRI, D.; SCHULLER, T.; IGLESIAS, X.; HOFFMANN, U.; RODRÍGUEZ, F. A. A new model for estimating peak oxygen uptake based on postexercise measurements in swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 11, n. 4, p. 419 – 424, 2016.

CULAR, D.; IVANCEV, V.; ZAGATTO, A. M.; MILIC, M.; BESLIJA, T.; SELLAMI, M.; PADULO, J. Validity and reliability of the 30-s continuous jump for anaerobic power and capacity assessment in combat sport. **Frontiers in Physiology**, vol. 9, art. 543, 2018.

DAVIS, P.; LEITHAUSER, R. M.; BENEKE, R. The energetics of semicontact 3 x 2-min amateur boxing. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 9, n. 2, p. 233 – 239, 2014.

DE CAMPOS MELLO, F.; BERTUZZI, R. C. M.; GRANGEIRO, P. M.; FRANCHINI, E. Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 107, n. 5, p. 615 – 619, 2009.

DE CARVALHO, F. G.; BARBIERI, R. A.; CARVALHO, M. B.; DATO, C. C.; CAMPOS, E. Z.; GOBBI, R. B.; PAPOTI, M.; SILVA, A. S. R.; DE FREITAS, E. C. Taurine supplementation can increase lipolysis and affect the contribution of energy systems during front crawl maximal effort. **Amino Acids**, vol. 50, n. 1, p. 189 – 198, 2018.

DE MORTON, N. A. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. **The Australian journal of physiotherapy**, vol. 55, n. 2, p. 129 – 133, 2009.

DE POLI, R. A. B.; GONZALEZ, J. A. M.; FONSATI, N.; ZAGATTO, A. M. Differences between genders in anaerobic capacity during a supramaximal effort. **Motriz**, vol. 25, n. 3, e101910, 2019b.

DE POLI, R. A. B.; RONCADA, L. H.; MALTA, E. S.; ARTIOLI, G. G.; BERTUZZI, R.; ZAGATTO, A. M. Creatine supplementation improves phosphagen energy pathway during supramaximal effort, but does not improve anaerobic capacity or performance. **Frontiers in Physiology**, vol. 10, art. 352, 2019a.

DE 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. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, vol. 26, n. 6, p. 549 – 557, 2016.

DEMARLE, A. P.; SLAWINSKI, J. J.; LAFFITE, L. P.; BOCQUET, V. G.; KORALSZTEIN, J. P.; BILLAT, V. L. Decrease of O₂ deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. **Journal of Applied Physiology**, vol. 90, n. 3, p. 947 – 953, 2001.

DI PRAMPERO, P. E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concept. **Respiration Physiology**, vol.118, n, 2 – 3, p.103–115, 1999.

DI PRAMPERO, P. E.; MARGARIA, R. Relationship between O₂ consumption, high energy phosphates and the kinetics of the O₂ debt in exercise. **Pflügers Archives**, vol. 304, n. 1, p.11 – 19, 1968.

DI PRAMPERO, P. E.; PEETERS, L.; MARGARIA, R. Alactic O₂ debt and lactic acid production after exhausting exercise in man. **Journal of Applied Physiology**, vol. 34, n. 5, p. 628 – 632, 1973.

DI-PRAMPERO, P. E. Energetics of muscular exercise. **Reviews of Physiology Biochemistry and Pharmacology**. vol. 89, p.144 – 222, 1981.

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

DORIA, C.; VEICSTEINAS, A.; LIMONTA, E.; MAGGIONI, M. A.; ASCHIERI, P.; EUSEBI, F.; FANÒ, G.; PIETRANGELO, T. Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 107, n. 5, p. 603 – 610, 2009.

DUVAL, S.; TWEEDIE, R. Trim and fill: A simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. **Biometrics**, vol. 56, n. 2, p. 455 – 463, 2000.

EGGER, M.; DAVEY SMITH, G.; SCHNEIDER, M.; MINDER, C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. **British Medical Journal**, vol. 315, n. 7109, p. 629 – 634, 1997.

ENGELN, M.; PORZASZ, J.; RILEY, M.; WASSERMAN, K.; MAEHARA, K.; BARSTOW, T. J. Effects of hypoxic hypoxia on O₂ uptake and heart rate kinetics during heavy exercise. **Journal of Physiology**, vol. 81, n. 6, p. 2500 – 2508, 1996.

ESBJÖRNSSON-LILJEDAHN, M.; SUNDBERG, C. J.; NORMAN, B.; JANSSON, E. Metabolic response in type I and type II muscle fibers during a 30-s cycle sprint in men and women. **Journal of Applied Physiology**, vol. 87, n. 4, p. 1326 – 1332, 1999.

ESBJÖRNSSON, M.; SYLVEN, C.; HOLM, I.; JANSSON, E. Fast twitch fibres may predict anaerobic performance in both females and males. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 14, n. 5, p. 257 – 263, 1993.

FERGUSON, B. S.; ROGATZKI, M. J.; GOODWIN, M. L.; KANE, D. A.; RIGHTMIRE, Z.; GLADDEN, L. B. Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 118, n. 4, p. 691 – 728, 2018.

FERNANDES, R. J.; REIS, V. M.; BUZZACHERA, C. F. Commentary: anaerobic contribution determined in swimming distances: relation with performance. **Frontiers in Physiology**, vol. 9, art. 507, 2018.

FIGUEIREDO, P.; PENDERGAST, D. R.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. Interplay of biomechanical, energetic, coordinative, and muscular factors in a 200 m front crawl swim. **BioMed Research International**, vol. 2013, art. 897232, 2013.

FIGUEIREDO, P.; ZAMPARO, P.; SOUSA, A.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. An energy balance of the 200m front crawl race. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 111, n. 5, p. 767 – 777, 2011.

FORSTMEIER, W.; WAGENMAKERS, E. J.; PARKER, T. H. Detecting and avoiding likely false-positive findings – a practical guide. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, vol. 92, n. 4, p. 1941 – 1968, 2017.

FORSYTH, J. J.; FARRALLY, M. R. A comparison of lactate concentration in plasma collected from the toe, ear, and fingertip after a simulated rowing exercise. **British Journal of Sports Medicine**, vol. 34, n. 1, p. 35 – 38, 2000.

FOXDAL, P.; SJODIN, B.; RUDSTAM, H.; OSTMAN, C.; OSTMAN, B. Lactate concentration differences in plasma, whole blood, capillary finger blood and erythrocytes during submaximal graded exercise in humans. **European Journal of Applied Physiology** vol. 61, n. 3 – 4, p. 218 – 222, 1990.

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

GIROLD, S.; MAURIN, D.; DUGUE, B.; CHATARD, J. C.; MILLET, G. Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. **Journal of Strength and Conditioning Research**, vol. 21, n. 2, p. 599 – 605, 2007.

GRASSI, B. Delayed metabolic activation of oxidative phosphorylation in skeletal muscle at exercise onset. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 37, n. 9, p. 1567 – 1573, 2005.

GRASSI, B. Oxygen uptake kinetics: old and recent lessons from experiments on isolated muscle in situ. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 90, n. 3 – 4, p. 242 – 249, 2003.

GRASSI, B.; POOLE, D. C.; RICHARDSON, R. S.; KNIGHT, D. R.; ERICKSON, B. K.; WAGNER, P. D. Muscle O₂ uptake kinetics in humans: implications for metabolic control. **Journal of Applied Physiology**, vol. 80, n. 3, p. 988 – 998, 1996.

GRATAS-DELAMARCHE, A.; LE CAM, R.; DELAMARCHE, P.; MONNIER, M.; KOUBI, H. Lactate and catecholamine responses in male and female sprinters during a Wingate test. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, vol. 68, n. 4, p. 362 – 366, 1994.

GREEN, S.; DAWSON, B. Measurement of anaerobic capacities in humans: definitions, limitations and unsolved problems. **Sports Medicine**, vol. 15, n. 5, p. 312 – 327, 1993.

GREEN, S.; DAWSON, B. T. The oxygen uptake-power regression in cyclists and untrained men: implications for the accumulated oxygen deficit. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, vol. 70, n. 4, p. 351 – 359, 1995.

GREENHAFF, P. L.; TIMMONS, J. A. Interaction between aerobic and anaerobic metabolism during intense muscle contraction. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, vol. 26, p. 1 – 36, 1998.

GREENLAND, S.; SENN, S. J.; ROTHMAN, K. J.; CARLIN, J. B.; POOLE, C.; GOODMAN, S. N.; ALTMAN, D. G. Statistical tests, p values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. **European Journal of Epidemiology**, vol. 31, n. 4, p. 337 – 350, 2016.

GUIDETTI, L.; EMERENZIANI, G. P.; GALLOTTA, M. C.; DA SILVA, S. G.; BALDARI, C. Energy cost and energy sources of a ballet dance exercise in female adolescents with different technical ability. **European Journal of Applied Physiology**, vol.103, n. 3, p. 315 – 321, 2008.

HEDGES, L. V. Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. **Journal of Educational and Behavioral Statistics**, vol. 6, n. 2, p. 107 – 128, p. 1981.

HEGGE, A. M.; MYHRE, K.; WELDE, B.; HOLMBERG, H. C.; SANDBAKK, O. Are gender differences in upper-body power generated by elite cross-country skiers augmented by increasing the intensity of exercise? **PLoS One**, vol. 10, n. 5, art. e0127509, 2015.

HELLARD, P.; PLA, R.; RODRIGUEZ, F. A.; SIMBANA, D.; PYNE, D. B. Dynamics of the metabolic response during a competitive 100-m freestyle in elite male swimmers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 13, n. 8, p. 1011 – 1020, 2018.

HENNEMAN, E.; SOMJEN, G.; CARPENTER, D. O. Excitability and inhibitability of motoneurons of different sizes. **Journal of Neurophysiology**, vol. 28, n. 3, p. 599 – 620, 1965.

HERMANSEN, L. Anaerobic energy release. **Medicine and Sport Science**, vol. 1, n. 1, p. 32 – 38, 1969.

HERMANSEN, L.; J. I. MEDBO, J. I. The relative significance of aerobic and anaerobic processes during maximal exercise of short duration. **Medicine and Sport Science**, vol.17, p. 56 – 67, 1984.

HEYWARD, V. H.; JOHANNES-ELLIS, S. M.; ROMER, J. F. Gender Differences in Strength, **Research Quarterly for Exercise and Sport**, vol. 57, n. 2, p. 154 – 159, 1986.

HIGGINS, J. P.; THOMPSON, S. G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. **Statistics in Medicine**, vol. 21, n. 11, p. 1539 – 1558, 2002.

HILL, D. W.; VINGREN, J. L. Effects of exercise mode and participant sex on measure of anaerobic capacity. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, vol. 54, n. 3, p. 255 – 263, 2014.

HILL, D. W.; VINGREN, J. L. Maximal accumulated oxygen deficit in running and cycling. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, vol. 36, n. 6, p. 831 – 838, 2011.

HINTZY-CLOUTIER, F.; ZAMEZIATI, K.; BELLI, A. Influence of the base-line determination on work efficiency during submaximal cycling. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, vol. 43, n. 1, p. 51 – 56, 2003.

HULTMAN, E.; BERGSTROM, J.; MCLENNON-ANDERSON, N. Breakdown and resynthesis of phosphorylcreatine and adenosine-triphosphate in connection with muscular work in man. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, vol. 19, n. 1, p. 56 – 66, 1967.

HUNTER, S. K. Sex differences in human fatigability: mechanisms and insight to physiological responses. **Acta Physiologica**, vol. 210, n. 4, p. 768 – 789, 2014.

HUNTER, S. K. The relevance of sex differences in performance fatigability. **Medicine and science in sports and exercise**, vol. 48, n. 11, p. 2247 – 2256, 2016.

HUNTER, S. K.; BUTLER, J. E.; TODD, G.; GANDEVIA, S. C.; TAYLOR, J. L. Supraspinal fatigue does not explain the sex difference in muscle fatigue of maximal contractions. **Journal of Applied Physiology**, vol. 101, n. 4, p. 1036 – 1044, 2006.

HUNTER, S. K.; ENOKA, R. M. Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions. **Journal of Applied Physiology**, vol. 91, n. 6, p. 2686 – 2694, 2001.

IANNETTA, D.; INGLIS, E. C.; FULLERTON, C.; PASSFIELD, L.; MURIAS, J. M. Metabolic and performance-related consequences of exercising at and slightly above MLSS. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, vol. 28, n. 12, p. 2481 – 2493, 2018.

ITOH, H.; OHKUWA, T. Blood ammonia concentration after supramaximal treadmill running in males and females. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, vol. 33, n. 3, p. 239 – 245, 1993.

JACOBS, I.; ESBJÖRNSSON, M.; SYLVEN, C.; HOLM, I.; JANSSON, E. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber type, and blood lactate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 19, n. 4, p. 368 – 374, 1987.

JANSSEN, I.; HEYMSFIELD, S. B.; WANG, Z. M.; ROSS, R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. **Journal of Applied Physiology**, vol. 89, n. 1, p. 81 – 88, 2000.

JONES, A. M.; BURNLEY, M.; BLACK, M. I.; POOLE, D. C.; VANHATALO, A. The maximal metabolic steady state: redefining the 'gold standard'. **Physiological Reports**, vol. 7, n. 10, e14098, 2019.

JONES, A. M.; KRUSTRUP, P.; WILKERSON, D. P.; BERGER, N. J.; CALBET, J. A.; BANGSBO, J. Influence of exercise intensity on skeletal muscle blood flow, O₂ extraction and O₂ uptake on-kinetics. **Journal of Physiology**, vol. 590, n. 17, p. 4363 – 4376, 2012.

JONES, A. M.; WILKERSON, D. P.; DIMENNA, F.; FULFORD, J.; POOLE, D. C. Muscle metabolic responses to exercise above and below the "critical power" assessed using ³¹P-MRS. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, vol. 294, n. 2, p. R585 – 593, 2008.

JUBRIAS, S. A.; CROWTHER, G. J.; SHANKLAND, E. G.; GRONKA, R. K.; CONLEY, K. E. Acidosis inhibits oxidative phosphorylation in contracting human skeletal muscle in vivo. **Journal of Physiology**, vol. 553, n. 2, p. 589 – 599, 2003.

KALVA-FILHO, C. A.; ARAÚJO, M. Y.; SILVA, A.; GOBATO, C. A.; ZAGATTO, A. M.; GOBBI, R. B.; PAPOTI, M. Determination of $\dot{V}O_2$ -intensity relationship and MAOD in tethered swimming. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 37, n. 9, p. 687 – 693, 2016.

KALVA-FILHO, C. A.; CAMPOS, E. Z.; ANDRADE, V. L.; SILVA, A.; ZAGATTO, A. M.; LIMA, M.; PAPOTI, M. Relationship of aerobic and anaerobic parameters with 400m front crawl swimming performance. **Biology of Sport**, vol. 32, n. 4, p. 333 – 337, 2015a.

KALVA-FILHO, C. A.; ZAGATTO, A. M.; ARAUJO, M. I.; SANTIAGO, P. R.; DA SILVA, A. S.; GOBATO, C. A.; PAPOTI, M. Relationship between aerobic and anaerobic parameters from 3-minute all-out tethered swimming and 400-m maximal front crawl effort. **Journal of Strength and Conditioning Research**, vol. 29, n. 1, p. 238 – 245, 2015b.

KARLSSON, J. Lactate in working muscles after prolonged exercise. **Acta Physiologica**, vol. 82, n. 1, p. 123 – 130, 1971.

KEIR, D. A.; MURIAS, J. M.; PATERSON, D. H.; KOWALCHUK, J. M. Breath-by-breath pulmonary O₂ uptake kinetics: effect of data processing on confidence in estimating model parameters. **Experimental Physiology**, vol. 99, n. 11, p. 1511 – 1522, 2014.

KELLER, M. L.; PRUSE, J.; YOON, T.; SCHLINDER-DELAP, B.; HARKINS, A.; HUNTER, S. K. Supraspinal fatigue is similar in men and women for a low-force fatiguing contraction. **Medicine and science in sports and exercise**, vol. 43, n. 10, p. 1873 – 1883, 2011.

KOZIRIS, L. P.; MONTGOMERY, D. L. Blood lactate concentration following intermittent and continuous cycling tests of anaerobic capacity. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 63, n. 3 – 4, p. 273 – 277, 1991.

KROGH, A.; LINDHARD, J. The changes in respiration at the transition from work to rest. **Journal of Physiology**, vol. 53, n. 6, p. 431–437, 1920.

KROGH, A.; LINDHARD, J. The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. **Journal of Physiology**, vol. 47, n. 1 – 2, p. 112 – 136, 1913.

LACOUR, J. R.; BOUVAT, E.; BARTHELEMY, J. C. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400m and 800m races. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 61, n. 3 – 4, p. 172 – 176, 1990.

LAI, N.; MARTIS, A.; BELFIORI, A.; TOLENTINO-SILVA, F.; NASCA, M. M.; STRAINIC, J.; CABRERA, M. E. Gender differences in $\dot{V}O_2$ and HR kinetics at the onset of moderate and heavy exercise intensity in adolescents. **Physiological Reports**, vol. 4, n. 18, e12970, 2016.

LAKENS, D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. **Frontiers in Psychology**, vol. 4, art. 863, p. 1 – 12, 2013.

LAMARRA, N.; WHIPP, B. J.; WARD, S. A.; WASSERMAN, K. Effect of interbreath fluctuations on characterizing exercise gas exchange kinetics. **Journal of Applied Physiology**, vol. 62, n. 5, p. 2003 – 2012, 1987.

LÄTT, E.; JÜRIMÄE, J.; MÄESTU, J.; PURGE, P.; RÄMSON, R.; HALJASTE, K.; KESKINEN, K. L.; RODRIGUEZ, F. A.; JÜRIMÄE, T. Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. **Journal of Sports Science and Medicine**, vol. 9, n. 3, p. 398 – 404, 2010.

LATZEL, R.; HOOS, O.; STIER, S.; KAUFMANN, S.; FRESZ, V.; REIM, D.; BENEKE, R. Energetic profile of the basketball exercise simulation test in junior elite players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 13, n. 6, p. 810 – 815, 2018.

LEARSI, S. K.; BASTOS-SILVA, V. J.; LIMA-SILVA, A. E.; BERTUZZI, R.; DE ARAUJO, G. G. Metformin improves performance in high-intensity exercise, but not anaerobic capacity in healthy male subjects. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, vol. 42, n. 10, p. 1025 – 1029, 2015.

LI, Y.; NIESSEN, M.; CHEN, X.; HARTMANN, U. Method-induced differences of energy contributions in women's kayaking. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 13, n. 1, p. 9 – 13, 2018.

LI, Y.; NIESSEN, M.; CHEN, X.; HARTMANN, U. Overestimate of relative aerobic contribution with maximal accumulated oxygen deficit: a review. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, vol. 55, n 5, p. 377 – 382, 2015.

LOPES-SILVA, J. P.; DA SILVA SANTOS, J. F.; ARTIOLI, G. G.; LOTURCO, I.; ABBISS, C.; FRANCHINI, E. Sodium bicarbonate ingestion increases glycolytic contribution and improves performance during simulated taekwondo combat. **European Journal of Sport Science**, vol. 18, n. 3, p. 431 – 440, 2018.

LOPES-SILVA, J. P.; SILVA SANTOS, J. F.; BRANCO, B. H.; ABAD, C. C.; OLIVEIRA, L. F.; LOTURCO, I.; FRANCHINI, E. Caffeine ingestion increases estimated glycolytic metabolism during taekwondo combat simulation but does not improve performance or parasympathetic reactivation. **PLoS One**, vol. 10, n. 11, art. e0142078, 2015.

LOUHEVAARA, V.; ILMARINEN, J.; OJA, P. Comparison of three field methods for measuring oxygen consumption. **Ergonomics**, vol. 28, n. 2, p. 463 – 470, 1985.
MARTIN, P. G.; RATTEY, J. Central fatigue explains sex differences in muscle fatigue and contralateral cross-over effects of maximal contractions. **Pflügers Archives**, vol. 454, n. 6, p. 957 – 969, 2007.

LOWENSTEYN I, SIGNORILE JF, GILTZ K. The effect of varying body composition on swimming performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, vol. 8, n. 3, p. 149 – 154, 1994.

MALTA, E. DE. S.; DE POLI, R. A.; BRISOLA, G. M.; MILIONI, F.; MIYAGI, W. E.; MACHADO, F. A.; ZAGATTO, A. M. Acute LED irradiation does not change the anaerobic capacity and time to exhaustion during a high-intensity running effort: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study : Effects of LED irradiation on anaerobic capacity and performance in running. **Lasers in Medical Science**, vol. 31, n. 7, p. 1473 – 1480, 2016.

MARGARIA, R.; AGHEMO, P.; SASSI, G. Lactic acid production in supramaximal exercise. **Pfluegers Archives**, vol. 326, n. 2, p.152 – 161, 1971.

MARGARIA, R.; CERRETELLI, P.; DI PRAMPERO, P. E.; MASSARI, C.; TORELLI, G. Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. **Journal of Applied Physiology**, vol .18, n. 2, p. 371 – 377, 1963.

MARGARIA, R.; EDWARDS, H. T.; DILL, D. B. The possible mechanism of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. **American Journal of Applied Physiology**, vol.106, p. 689 – 714, 1933.

MAUCHLY, J. W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **The Annals of Mathematical Statistics**, vol. 11, n. 2, p. 204 – 209, 1940.

MAUD, P. J.; SHULTZ, B. B. Gender comparisons in anaerobic power and anaerobic capacity tests. **British Journal of Sports Medicine**, vol. 20, n. 2, 51 – 54, 1986.

MCGRAW, K. O.; WONG, S. P. A common language effect size statistic. **Psychological Bulletin**, vo. 111, n. 2, p. 361 – 365, 2012.

MCKAY, B. R.; PATERSON, D. H.; KOWALCHUK, J. M. Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. **Journal of Applied Physiology**, vol. 107, n. 1, p. 128 – 138, 2009.

MCLAUGHLIN, J. E.; KING, G. A.; HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R., JR.; AINSWORTH, B. E. Validation of the COSMED K4b² portable metabolic system. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 22, n. 4, p. 280 – 284, 2001.

MEDBO, J. I.; MAMEN, A.; HOLT OLSEN, O.; EVERTSEN, F. Examination of four different instruments for measuring blood lactate concentration. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, vol. 60, n. 5, p. 367 – 380, 2000.

MEDBO, J. I.; TABATA, I. Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. **Journal of Applied Physiology**, vol. 67, n. 5, p. 1881 – 1886, 1989.

MERO, A. Blood lactate production and recovery from anaerobic exercise in trained and untrained boys. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 57, n. 6, p. 660 – 666, 1988.

MILIONI, F.; LEITE, J. V. M.; BENEKE, R.; DE POLI, R. A. B.; PAPOTI, M.; ZAGATTO, A. M. Table tennis playing styles require specific energy systems demands. **PLoS One**, vol. 13, n.7, art. e0199985, 2018.

MILIONI, F.; MALTA EDE, S.; ROCHA, L. G.; MESQUITA, C. A.; DE FREITAS, E. C.; ZAGATTO, A. M. Acute administration of high doses of taurine does not substantially improve high-intensity running performance and the effect on maximal accumulated oxygen deficit is unclear. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, vol. 41, n. 5, p. 498 – 503, 2016.

MILIONI, F.; ZAGATTO, A. M.; BARBIERI, R. A.; ANDRADE, V. L.; DOS SANTOS, J. W.; GOBATO, C. A.; DA SILVA, A. S. R.; SANTIAGO, P. R. P.; PAPOTI, M. Energy systems contribution in the running-based anaerobic sprint test. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 38, n.3, p. 226 – 232, 2017.

MILLER, A. E. J.; MACDOUGALL, J. D.; TARNOPOLSKY, M. A.; SALE, D. G. Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, vol. 66, n. 3, p. 254 – 262, 1993.

MIYAGI, W. E.; BERTUZZI, R. C.; NAKAMURA, F. Y.; DE POLI, R. A. B.; ZAGATTO, A. M. Effects of caffeine ingestion on anaerobic capacity in a single supramaximal cycling test. **Frontiers in Nutrition**, vol. 5, art. 86, 2018.

MIYAGI, W. E.; DE POLI, R. A.; PAPOTI, M.; BERTUZZI, R.; ZAGATTO, A. M. Anaerobic capacity estimated in a single supramaximal test in cycling: validity and reliability analysis. **Scientific Reports**, vol. 7, art. 42485, 2017.

MOROUÇO, P. G.; MARINHO, D. A.; AMARO, N. M.; PERÉZ-TURPIN, J. A.; MARQUES, M. C. Effects of dry-land strength training on swimming performance: a brief review. **Journal of Human Sport and Exercise**, vol. 7, n. 2, p. 553 – 559, 2012.

MOXNES, J. F.; SANDBAKK, O. The kinetics of lactate production and removal during whole-body exercise. **Theoretical Biology and Medical Modelling**, vol. 9, art. 7, 2012.

MUKAKA, M. M. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, vol. 24, n. 3, p. 69 – 71, 2012.

MUNIZ-PUMARES, D.; PEDLAR, C.; GODFREY, R. J.; GLAISTER, M. Accumulated Oxygen Deficit During Exercise to Exhaustion Determined at Different Supramaximal Work Rates. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 12, n. 3, p. 351 – 356, 2016.

MUNIZ-PUMARES, D.; PEDLAR, C.; GODFREY, R.; GLAISTER, M. A comparison of methods to estimate anaerobic capacity: Accumulated oxygen deficit and W' during constant and all-out work-rate profiles. **Journal of Sports Sciences**, vol. 35, n. 23, p. 2357 – 2364, 2017.

MURGATROYD, S. R.; FERGUSON, C.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J.; ROSSITER, H. B. Pulmonary O₂ uptake kinetics as a determinant of high-intensity exercise tolerance in humans. **Journal of Applied Physiology**, vol. 110, n. 6, p. 1598 – 1606, 2011.

NANA, A.; SLATER, G.J.; HOPKINS, W.G.; BURKE, L.M. Effects of daily activities on dual-energy X-ray absorptiometry measurements of body composition in active people. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, vol. 44, n. 1, p.180 – 189, 2012.

NAUGHTON, G. A.; CARLSON, J. S.; BUTTIFANT, D. C.; SELIG, S. E.; MELDRUM, K.; MCKENNA, M. J.; SNOW, R. J. Accumulated oxygen deficit measurements during and after high-intensity exercise in trained male and female adolescents. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, vol. 76, n. 6, p. 525 – 531, 1997.

NEPTUNE, R. R.; KAUTZ, S. A. Muscle activation and deactivation dynamics: the governing properties in fast cyclical human movement performance? **Exercise and Sport Sciences Reviews**, vol. 29, n. 2, p. 76 – 80, 2001.

NINDL, B. C.; MAHAR, M. T.; HARMAN, E. A.; PATTON, J. F. Lower and upper body anaerobic performance in male and female adolescent athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, vol. 27, n. 2, p. 235 – 241, 1995.

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

NOORDHOF, D. A.; SKIBA, P. F.; DE KONING, J. J. Determining anaerobic capacity in sporting activities. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 8, n. 5, p. 475 – 482, 2013.

NUMMELA, A.; RUSKO, H. Time course of anaerobic and aerobic energy expenditure during short-term exhaustive running in athletes. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 16, n. 8: p. 522 – 527, 1995.

OGITA, F.; HARA, M.; TABATA, I. Anaerobic capacity and maximal oxygen uptake during arm stroke, leg kicking and whole body swimming. **Acta Physiologica Scandinavica**, vol. 157, n. 4, p. 435 – 441, 1996.

OGITA, F.; ONODERA, T.; TAMAKI, H.; TOUSSAINT, H. M.; HOLLANDER, A. P.; WAKAYOSHI, K. Metabolic profile during exhaustive arm stroke, leg kick, and whole body swimming lasting 15s to 10 min. **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**, p. 361 – 366, 2003.

OSNES, J. B.; HERMANSEN, L. Acid-base balance after maximal exercise of short duration. **Journal of Applied Physiology**, vol. 32, n. 1, p. 59 – 63, 1972.

ÖZYENER, F.; ROSSITER, H. B.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **Journal of Physiology**, vol. 533, n. 3, p. 891 – 902, 2001.

ÖZYENER, F.; ROSSITER, H. B.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. Negative accumulated oxygen deficit during heavy and very heavy intensity cycle ergometry in humans. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 90, n. 1 – 2, p. 185 – 190, 2003.

PAGE, S. T.; AMORY, J. K.; BOWMAN, F. D.; ANAWALT, B. D.; MATSUMOTO, A. M.; BREMNER, W. J.; TENOVER, J. L. Exogenous testosterone (T) alone or with finasteride increases physical performance, grip strength, and lean body mass in older men with low serum T. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, vol. 90, n. 3, p. 1502 – 1510, 2005.

PANISSA, V. L. G.; FUKUDA, D. H.; CALDEIRA, R. S.; GEROSA-NETO, J.; LIRA, F. S.; ZAGATTO, A. M.; FRANCHINI, E. Is Oxygen Uptake Measurement Enough to Estimate Energy Expenditure During High-Intensity Intermittent Exercise? Quantification of Anaerobic Contribution by Different Methods. **Frontiers in Physiology**, vol. 9, p. 868, 2018.

PARKER, B. A.; SMITHMYER, S. L.; PELBERG, J. A.; MISHKIN, A. D.; HERR, M. D.; PROCTOR, D. N. Sex differences in leg vasodilation during graded knee extensor exercise in young adults. **Journal of Applied Physiology**, vol. 103, n. 5, p. 1583 – 1591, 2007.

PENDERGAST, D. R.; ZAMPARO, P.; DI PRAMPERO, P. E.; CAPELLI, C.; CERRETELLI, P.; TERMIN, A.; CRAIG, J. R. A.; BUSHNELL, D.; PASCHKE, D.; MOLLENDORF, J. Energy balance of human locomotion in water. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 90, n. 3 – 4, p. 377 – 386, 2003.

PESSÔA FILHO, D. M.; ALVES, F. B.; REIS, J. F.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. $\dot{V}O_2$ kinetics during heavy and severe exercise in swimming. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 33, n. 9, p. 744 – 748, 2012.

PESSÔA FILHO, D. M.; SIMIONATO, A. R.; SIQUEIRA, L. O. C.; ESPADA, M. A.; PESTANA, D. Influence of regional and whole-body composition on swimming performance and aerobic indices. *Brazilian Journal of Sports Medicine*, vol. 22, n. 3, p. 177 – 181, 2016.

PESSÔA FILHO, D. M.; SIQUEIRA, L. O. C.; SIMIONATO, A. R.; ESPADA, M. A. C.; PESTANA, D. S.; DIMENNA, F. J. A rapidly-incremented tethered-swimming test for defining domain-specific training zones. **Journal of Human kinetics**, vol. 57, p. 117 – 128, 2017.

PEYREBRUNE, M. C.; TOUBEKIS, A. G.; LAKOMY, H. K.; NEVILL, M. E. Estimating the energy contribution during single and repeated sprint swimming. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, vol. 24, n. 2, p. 369 – 376, 2012.

PIIPER, J.; SPILLER, P. Repayment of O_2 debt and resynthesis of high energy phosphates in gastrocnemius muscle of the dog. **Journal of Applied Physiology**, vol. 28, n. 5, p. 657 – 662, 1970.

PILEGAARD, H.; DOMINO, K.; NOLAND T.; JUEL, C.; HELLSTEN, Y.; HALESTRAP, A. P.; BANGSBO, J. Effect of high intensity exercise training on lactate/ H^+ transport capacity in human skeletal muscle. **American Journal of Physiology**, vol. 276, n. 2, p. 255 – 261, 1999.

PINNA, M.; MILIA, R.; ROBERTO, S.; MARONGIU, E.; OLLA, S.; LOI, A.; ORTU, M.; MIGLIACCIO, G. M.; TOCCO, F.; CONCU, A.; CRISAFULLI, A. Assessment of the specificity of cardiopulmonary response during tethered swimming using a new snorkel device. **Journal of Physiological Sciences**, vol. 63, n. 1. p. 7 – 16, 2012.

POOLE, D. C.; JONES, A. M. Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2max}$: $\dot{V}O_{2peak}$ is no longer acceptable. **Journal of Applied Physiology**, vol. 122, n. 4, p. 997 – 1002, 2017.

PYNE, D. B.; SHARP, R. L. Physical and energy requirements of competitive swimming events. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, vol. 24, n. 4, p. 351 – 359, 2014.

RAMSBOTTOM, R.; NEVILL, M. E.; NEVILL, A. M.; HAZELDINE, R. Accumulated oxygen deficit and shuttle run performance in physically active men and women. **Journal of Sports Sciences**, vol. 15, 2, p. 207 – 214, 1997.

REDKVA, P. E.; MIYAGI, W. E.; MILIONI, F.; ZAGATTO, A. M. Anaerobic capacity estimated by the sum of both oxygen equivalents from the glycolytic and phosphagen pathways is dependent on exercise mode: Running versus cycling. **PLoS One**, vol. 13, n. 9, art. e0203796, 2018.

REGER, M.; PETERMAN, J. E.; KRAM, R.; BYRNES, W. C. Exercise efficiency of low power output cycling. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, vol. 23, n. 6, p. 713 – 721, 2013.

REIS, J. F.; ALVES, F. B.; BRUNO, P. M.; VLECK, V.; MILLET, G. P. Effects of aerobic fitness on oxygen uptake kinetics in heavy intensity swimming. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 112, n. 5, p. 1689–1697, 2012.

REIS, V. M.; MARINHO, D. A.; BARBOSA, F. P.; REIS, A. M.; SILVA, A. J. Examining the accumulated oxygen deficit method in breaststroke swimming. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 109, n. 6, p. 1129 – 1135, 2010b.

REIS, V. M.; MARINHO, D. A.; POLICARPO, F. B.; CARNEIRO, A. L.; BALDARI, C.; SILVA, A. J. Examining the accumulated oxygen deficit method in front crawl swimming. **International Journal of Sports Medicine**, n. 31, v. 6, p. 421 – 427, 2010a.

REYBROUCK, T.; DEFOOR, J.; BIJNENS, B.; MERTENS, L.; GEWILLIG, M. Influence of work rate on the determinants of oxygen deficit during short-term submaximal exercise: implications for clinical research. **Clinical physiology and functional imaging**, vol. 23, n. 1, p. 42 – 49, 2003.

RIBEIRO, J.; FIGUEIREDO, P.; GUIDETTI, L.; ALVES, F.; TOUSSAINT, H.; VILAS-BOAS, J. P.; BALDARI, C.; FERNANDES, R. J. AquaTrainer® snorkel does not increase hydrodynamic drag but influences turning time. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 37, n. 4, p. 324 – 328, 2016.

RIBEIRO, J.; FIGUEIREDO, P.; SOUSA, A.; MONTEIRO, J.; PELARIGO, J.; VILAS-BOAS, J. P.; TOUSSAINT, H. M.; FERNANDES, R. F. $\dot{V}O_2$ kinetics and metabolic contributions during full and upper body extreme swimming intensity. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 115, n. 5, p. 1117 – 1124, 2015.

ROBERGS, R. A.; DWYER, D.; ASTORINO, T. Recommendations for improved data processing from expired gas analysis indirect calorimetry. **Sports Medicine**, vol. 40, n. 2, p. 95 – 111, 2010.

ROBERTS, A. D.; MORTON, A. R. Total and alactic oxygen debts after supramaximal work. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, vol. 38, n. 4, p. 281 – 289, 1978.

ROEPSTORFF, C.; THIELE, M.; HILLIG, T.; PILEGAARD, H.; RICHTER, E. A.; WOJTASZEWSKI, J. F.; KIENS, B. Higher skeletal muscle α_2 AMPK activation and lower energy charge and fat oxidation in men than in women during submaximal exercise. **Journal Physiology**, vol. 574, n. 1, p. 125 – 138, 2006.

ROSSITER, H. B.; WARD, S. A.; HOWE, F. A.; KOWALCHUK, J. M.; GRIFFITHS, J. R.; WHIPP, B. J. Dynamics of intramuscular ^{31}P -MRS P(i) peak splitting and the slow components of PCr and O_2 uptake during exercise. **Journal of Applied Physiology**, vol. 93, n. 6, p. 2059 – 2069, 2002.

ROSSITER, H. B.; WARD, S. A.; HOWE, F. A.; WOOD, D. M.; KOWALCHUK, J. M.; GRIFFITHS, J. R.; WHIPP, B. J. Effects of dichloroacetate on $\dot{\text{V}}\text{O}_2$ and intramuscular ^{31}P metabolite kinetics during high-intensity exercise in humans **Journal of Applied Physiology**, vol. 95, n. 3, p. 1105 – 1115, 2003.

RUSS, D. W.; KENT-BRAUN, J. A. Sex differences in human skeletal muscle fatigue are eliminated under ischemic conditions. **Journal of Applied Physiology**, vol. 94, n. 6, p. 2414 – 2422, 2003.

RUSS, D. W.; LANZA, I. R.; ROTHMAN, D.; KENT-BRAUN, J. A. Sex differences in glycolysis during brief, intense isometric contractions. **Muscle & Nerve**, vol. 32, n. 5, p. 647 – 655, 2005.

SAHLIN, K.; REN, J. M.; BROBERG, S. Oxygen deficit at the onset of submaximal exercise is not due to a delayed oxygen transport. **Acta Physiologica Scandinavica**, vol. 134, n. 2, p. 175 – 180, 1988.

SAITO, Y.; IEMITSU, M.; OTSUKI, T.; MAEDA, S.; AJISAKA, R. Gender differences in brachial blood flow during fatiguing intermittent handgrip. **Medicine and science in sports and exercise**, vol. 40, n. 4, p. 684 – 690, 2008.

SAUNDERS, P. U.; PYNE, D. B.; TELFORD, R. D.; HAWLEY, J. A. Reliability and variability of running economy in elite distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 36, n. 11, p. 1972 – 1976, 2004.

SAWKA, M. N.; TAHAMONT, M. V.; FITZGERALD, P. I.; MILES, D. S.; KNOWLTON, R. G. Alactic capacity and power: reliability and interpretation. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, vol. 45, n. 2 – 3, p. 109 – 116, 1980.

SCHEUERMANN, B. W.; HOELTING, B. D.; NOBLE, M.L.; BARSTOW, T.J. The slow component of O_2 uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. **Journal of Physiology**, vol. 531, n.1, p. 245 – 256, 2001.

SCOTT, C. B. Estimating energy expenditure for brief bouts of exercise with acute recovery. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, vol. 31, n. 2, p. 144 – 149, 2006.

SCOTT, C. B.; ROBY, F. B.; LOHMAN, T. G.; BUNT, J. C. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 23, n. 5, p. 618 – 624, 1991.

SEIFERT, L.; CHEHENSSE, A.; TOURNY-CHOLLET, C.; LEMAITRE, F.; CHOLLET, D. Effect of breathing pattern on arm coordination symmetry in front crawl. **Journal of Strength and Conditioning Research**, vol. 22, n. 5, p. 1670 – 1676, 2008.

SERRESSE, O.; LORTIE, G.; BOUCHARD, C.; BOULAY M. R. Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 9, n. 6, p. 456 – 460, 1988.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, vol. 52, n. 3 – 4, p. 591 – 611, 1965.

SHEKIN, D. J. **Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures**, Boca Raton: Chapman and Hall/CRC; 5^a ed., 1886 p., 2011.

SIDERS, W. A.; LUKASKI, H. C.; BOLONCHUK, W. W. Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, vol. 33, n. 2, p. 166 – 171, 1993.

SILVEIRA, R.; ANDRADE-SOUZA, V. A.; ARCOVERDE, L.; TOMAZINI, F.; SANSONIO, A.; BISHOP, D. J.; BERTUZZI, R.; LIMA-SILVA, A. E. Caffeine increases work done above critical power, but Not Anaerobic Work. **Medicine and Science in Sports Exercise**, vol. 50, n. 1, p. 131 – 140, 2018.

SLONIGER, M. A.; CURETON, K. J.; PRIOR, B. M.; EVANS, E. M. Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. **Journal of Applied Physiology**, vol. 83, n. 1, p. 262 – 269, 1997.

SOUSA, A. C.; FIGUEIREDO, P.; OLIVEIRA, N. L.; OLIVEIRA, J.; SILVA, A. J.; KESKINEN, K. L.; RODRÍGUEZ, F. A.; MACHADO, L. J.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. $\dot{V}O_2$ kinetics in 200-m race-pace front crawl swimming. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 32, n. 10, p. 765 – 770, 2011.

SOUSA, A. C.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. $\dot{V}O_2$ kinetics and metabolic contributions whilst swimming at 95, 100, and 105% of the velocity at $\dot{V}O_{2max}$. **BioMed Research International**, vol. 2014, art. 675363, 2014a.

SOUSA, A.; FIGUEIREDO, P.; PENDERGAST, D.; KJENDLIE, P. L.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. Critical evaluation of oxygen-uptake assessment in swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 9, n. 2, p. 190 – 202, 2014b.

SOUSA, A.; FIGUEIREDO, P.; ZAMPARO, P.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 113, n. 8, p. 2153 – 2158, 2013.

SPARLING, P. B. A meta-analysis of studies comparing maximal oxygen uptake in men and women. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, vol. 51, n. 3, p. 542 – 552, 1980.

- STIRLING, J. R.; ZAKYNTHINAKI, M. S.; SALTIN, B. A model of oxygen uptake kinetics in response to exercise: including a means of calculating oxygen demand/deficit/debt. **Bulletin of Mathematical Biology**, vol. 67, n. 5, p. 989 – 1015, 2005.
- SU, L.; FU, J.; SUN, S.; ZHAO, G.; CHENG, W.; DOU, C.; QUAN, M. Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. **PLoS One**, vol. 14, n. 1, art. e0210644, 2019.
- TANAKA, H.; BASSETT, D. R. JR; SWENSEN, T. C.; SAMPEDRO, R. M. Aerobic and anaerobic power characteristics of competitive cyclists in the United States Cycling Federation. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 14, n. 6, p. 334 – 338, 1993.
- TOUSSAINT, H. M.; BEEK, P. J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. **Sports Medicine**, vol. 13, n. 1, p. 8 – 24, 1992.
- TOUSSAINT, H. M.; HOLLANDER, A. P. Energetics of competitive swimming. Implications for training programmes. **Sports Medicine**, vol. 18, n. 6, p. 384 – 405, 1994.
- TOUSSAINT, H. M.; VERVOORN, K. Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 11, n. 3, p. 228 – 233, 1990.
- TRAPPE, S.; GALLAGHER, P.; HARBER, M.; CARRITHERS, J.; FLUCKEY, J.; TRAPPE, T. Single muscle fibre contractile properties in young and old men and women. **Journal Physiology**, vol. 552, n. 1, p. 47 – 58, 2003.
- TROUP, J.; HOLLANDER, A.; BONE, M.; TRAPPE, S.; BARZDUKAS, A. Performance-related differences in the anaerobic contribution of competitive freestyle swimmers. In: MacLaren D, Reilly T, Lees A (eds) **Biomechanics and medicine in swimming VI. E & FN SPON**, London, p. 271 – 278, 1992.
- VAN BEEKVELT, M. C.; SHOEMAKER, J. K.; TSCHAKOVSKY, M. E.; HOPMAN, M. T.; HUGHSON, R. L. Blood flow and muscle oxygen uptake at the onset and end of moderate and heavy dynamic forearm exercise. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, vol. 280, n. 6, p. R1741 – 1747, 2001.
- VAN DEN TILLAAR, R.; ETTEMA, G. Effect of body size and gender in overarm throwing performance. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 91, n. 4, p. 413 – 418, 2004.
- VANHATALO, A.; BLACK, M. I.; DIMENNA, F. J.; BLACKWELL, J. R.; SCHMIDT, J. F.; THOMPSON, C.; LEE, J. W.; MAGNI, M.; BANGSBO, J.; KRUSTRUP, P.; JONES, A. M. The mechanistic bases of the power-time relationship: muscle metabolic responses and relationships to muscle fibre type. **Journal of Physiology**, vol. 594, n. 15, p. 4407 – 4423, 2016.

VANHATALO, A.; FULFORD, J.; DIMENNA, F. J.; JONES, A. M. Influence of hyperoxia on muscle metabolic responses and the power-duration relationship during severe-intensity exercise in humans: a ^{31}P magnetic resonance spectroscopy study. **Experimental Physiology**, vol. 95, n. 4, p. 528 – 540, 2010.

YOON, T.; SCHLINDER DELAP, B.; GRIFFITH, E. E.; HUNTER, S. K. Mechanisms of fatigue differ after low- and high-force fatiguing contractions in men and women. **Muscle & Nerve**, vol. 36, n. 4, p. 515 – 524, 2007.

WEBER, C. L.; CHIA, M.; INBAR, O. Gender differences in anaerobic power of the arms and legs – a scaling issue. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 38, n. 1, p. 129 – 137, 2006.

WEBER, C. L.; SCHNEIDER, D. A. Increases in maximal accumulated oxygen deficit after high-intensity interval training are not gender dependent. **Journal of Applied Physiology**, vol. 92, n. 5, p. 1795 – 1801, 2002.

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. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 82, n. 4, p. 255 – 261, 2000.

WEYAND, P. G.; CURETON, K. J.; CONLEY, D. S.; HIGBIE, E. J. Peak oxygen deficit during one- and two-legged cycling in men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol. 25, n. 5, p. 584 – 591, 1993.

WHIPP, B. J.; ROSSITER, H. B.; WARD, S. A. Exertional oxygen uptake kinetics: a stamen of stamina? **Biochemical Society transactions**, vol. 30, n. 2, p. 237 – 247, 2002.

WITHERS, R. T.; SHERMAN, W.M.; CLARK, D.G.; ESSELBACH, P.C.; NOLAN, S.R.; MACKAY, M.H.; BRINKMAN, M. Muscle metabolism during 30, 60, and 90s of maximal cycling on an air-braked ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 63, n. 5, p. 354 – 362, 1991.

YAMAGATA, T.; KUME, D.; WAKIMOTO, T.; NAGAO, N. The influence of sampling site on blood lactate response to steady state exercise. **Journal of Sports Science**, vol. 6, n. 5, p. 276 – 284, 2018.

ZAGATTO, A. M.; BERTUZZI, R.; MIYAGI, W. E.; PADULO, J.; PAPOTI, M. MAOD determined in a single supramaximal test: a study on the reliability and effects of supramaximal intensities. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 37, n. 9, p. 700 – 707, 2016a.

ZAGATTO, A. M.; GOBETTO, C. A. Relationship between anaerobic parameters provided from MAOD and critical power model in specific table tennis test. **International Journal of Sports Medicine**, vol. 33, n. 8, p. 613 – 620, 2012.

ZAGATTO, A. M.; LEITE, J. V.; PAPOTI, M.; BENEKE, R. Energetics of table tennis and table tennis-specific exercise testing. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, vol. 11, n. 8, p. 1012 – 1017, 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**, vol. 12, n. 2, art. e0172032, 2017a.

ZAGATTO, A. M.; NAKAMURA, F. Y.; MILIONI, F.; MIYAGI, W. E.; DE POLI, R. A. B.; PADULO, J.; BRAGAZZI, N. L.; PAPOTI, M. The sensitivity of the alternative maximal accumulated oxygen deficit method to discriminate training status. **Journal of Sports Sciences**, vol. 35, n. 24, p. 2453 – 2460, 2017b.

ZAGATTO, A. M.; REDKVA, P. E.; DE POLI, R. A. B.; GONZALEZ, J. A. M.; BRANDANI, J. Z.; PENEDO, T.; BERTUZZI, R. C. M. 3-min all-out effort on cycle ergometer is valid to estimate the anaerobic capacity by measurement of blood lactate and excess post-exercise oxygen consumption. **European Journal of Sport Science**, p. 1 – 8, 2018.

ZAGATTO, A.; REDKVA, P.; LOURES, J.; KALVA FILHO, C.; FRANCO, V.; KAMINAGAKURA, E.; PAPOTI, M. Anaerobic contribution during maximal anaerobic running test: correlation with maximal accumulated oxygen deficit. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, vol. 21, n. 6, p. 222 – 230, 2011.

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. **European Journal of Applied Physiology**, vol. 83, n. 6, p. 487 – 491, 2000.

ZIGNOLI, A.; FORNASIERO, A.; BERTOLAZZI, E.; PELLEGRINI, B.; SCHENA, F.; BIRAL, F.; LAURSEN, P. B. State-of-the art concepts and future directions in modelling oxygen consumption and lactate concentration in cycling exercise. **Sport Sciences for Health**, vol. 15, n. 2, p. 295 – 310, 2019.

ZOUHAL, H.; JACOB, C.; DELAMARCHE, P.; GRATAS-DELAMARCHE, A. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. **Sports Medicine**, vol. 38, n. 5, p. 401 – 423, 2008.

9. ANEXO

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)

Eu, Danilo Alexandre Massini, portador do RG. 28.815.012-0, aluno do Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias - Instituto de Biociências – UNESP – Campus Rio Claro, venho por meio deste, convidá-lo a participar como voluntário do projeto de pesquisa descrito abaixo.

Título do Projeto: DEMANDA METABÓLICA ANAERÓBIA EM INTENSIDADES MÁXIMA E SUPRAMÁXIMAS DE NADO: COMPARAÇÃO ENTRE DISTÂNCIAS, MÉTODOS E SEXO

Justificativa e Objetivos: Estimar a contribuição anaeróbia pelo método AOD e pelo débito alático e láctico nos desempenhos 50, 100 e 200m, com o propósito de confirmar se o método AOD é válido para a natação como é válido para outros esportes, agregando ou não mais uma metodologia para avaliação do atleta.

Testes máximos: O teste será realizado em piscina de 25 metros, e será realizado a máxima velocidade de nado livre nas distâncias de 50, 100 e 200 metros. O consumo de oxigênio será mensurado durante todo o teste por meio de um analisador de gases. Ao final do teste será coletada 4 amostras sanguíneas para a dosagem do lactato.

Teste progressivo: O teste incremental será realizado em piscina de 25 metros, e será realizado até a exaustão voluntária ou incapacidade de manter a velocidade determinada. Antes de cada teste, haverá um aquecimento de 5 min em uma intensidade moderada. O consumo de oxigênio será mensurado durante todo o teste por meio de um analisador de gases. Ao final do teste será coletada 4 amostras sanguíneas para a dosagem do lactato.

Direitos da pessoa submetida aos testes: Toda pessoa submetida aos testes terá acesso aos seus dados, assim como aos resultados finais. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas estranhas, sem a autorização expressa do sujeito submetido ao teste. Todo participante poderá abandonar os testes a qualquer momento, sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável dos testes o quanto antes. Os resultados dos testes poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado o anonimato do sujeito, desde que autorizado expressamente neste termo de consentimento.

Riscos dos testes: Os riscos pertinentes ao protocolo são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios extenuantes (uma possível hipotensão, hipoglicemia, ou mal-estar como náuseas e vômitos, que são observadas com pouca frequência ao final dos testes extenuantes. Quando apresentados, estes sintomas retornam à normalidade após alguns minutos, em repouso, sem a necessidade de outros procedimentos para a reversão da sintomatologia. Estes riscos serão esclarecidos pelo responsável dos testes anteriormente a seu início e toda vez que desejado pelo participante (esclarecimento de dúvidas), e tendem a ser minimizados pela avaliação clínica antes dos testes e pelas condições de pronto atendimento em caso de acidente.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS

Eu, _____, portador do RG nº _____ e CPF nº: _____ responsável por _____, portador do RG nº _____ tenho ciência dos meus direitos e deveres, concordando em me submeter a este estudo, sob a possibilidade de retirar o consentimento a qualquer momento antes e durante o experimento e outros. Desta forma, autorizo a utilização dos dados deste teste para fins de pesquisa, bem como a divulgação de seus resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (CEP/FC-UNESP) CAMPUS de Bauru: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, CEP 17033-360, Bauru-SP, telefone: (014) 3103-6087, e-mail: arimaia@fc.unesp.br

Contato para dúvidas:

Se você tiver dúvidas com relação ao estudo, direitos do participante, ou no caso de riscos relacionados ao estudo, você deve contatar o Investigador. Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como um paciente de pesquisa, você pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O CEP é constituído por um grupo de profissionais de diversas áreas, com conhecimentos científicos e não científicos que realizam a revisão ética inicial e continuada da pesquisa para mantê-lo seguro e proteger seus direitos.

NOME DO RESPONSÁVEL

ASSINATURA

DATA

NOME DO RESPONSÁVEL

ASSINATURA

DATA

NOME DO RESPONSÁVEL

ASSINATURA

DATA

INFORMAÇÕES DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL E DO ORIENTADOR

Pesquisador Responsável: Danilo Alexandre Massini - RG: 28.815.012-0

Cargo/Função: Aluno de Doutorado

Curso: Desenvolvimento Humano e Tecnologias

Instituição: Universidade Estadual Paulista

Endereço: Av. 24A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP

Dados para Contato: fone (14) 99731-5022 e-mail: dmassini@hotmail.com

Orientador: Prof. Dr. Dalton Muller Pessoa Filho

Cargo/função: Professor Assistente

Instituição: Universidade Estadual Paulista

Endereço: Av. Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº, Vargem Limpa, Bauru, SP. CEP. 17033-360

Dados para Contato: fone (14) 3103-6082 e-mail: dmpf@fc.unesp.br

ANEXO II

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS
TERMO DE ASSENTIMENTO
 (ao menor de idade)

Título do Projeto: DEMANDA METABÓLICA ANAERÓBIA EM INTENSIDADES MÁXIMA E SUPRAMÁXIMAS DE NADO: COMPARAÇÃO ENTRE DISTÂNCIAS, MÉTODOS E SEXO

Investigador: Danilo Alexandre Massini.

Local da Pesquisa: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Educação Física – Campus de Rio Claro, SP.

Endereço: Av. 24A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP.

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa, com o objetivo de melhorar o processo de prescrição de treinamentos na natação, de acordo com as características de competições, sendo realizadas através de avaliações laboratoriais e de seus treinamentos realizados durante 10 semanas para que suas sessões de treinamentos fiquem mais precisas e, assim, contribuir para sua melhora e prevenir lesões por excesso de treinamento. Sobretudo, a qualquer momento desejado terá acesso aos seus dados, assim como aos resultados finais. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas estranhas, sem sua autorização expressa. Também poderá abandonar os testes a qualquer momento, sem sofrer nenhum prejuízo, represálias ou necessidade de prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável dos testes o quanto antes. Os resultados dos testes poderão ser utilizados para pesquisa, sendo assegurado seu anonimato, desde que autorizado expressamente neste termo de assentimento.

DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA:

Eu li e discuti com o investigador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito. Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas. Eu também recebi uma cópia assinada e datada deste Documento DE ASSENTIMENTO INFORMADO.

Eu, _____, portador do RG nº _____ e CPF nº: _____ tenho ciência dos meus direitos e deveres, concordando em me submeter a este estudo, sob a possibilidade de retirar o consentimento a qualquer momento antes e durante o experimento e outros. Os pesquisadores (abaixo relacionados) tiraram todas as minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e o li, concordando em participar desta pesquisa. Desta forma, autorizo a utilização dos dados deste teste para fins de pesquisa, bem como a divulgação de seus resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

Sexo: M () F () Data de Nascimento: ____/____/____ Email: _____

Endereço: _____

Telefone para contato: Cel.: _____ Fixo: _____

NOME DO RESPONSÁVEL

ASSINATURA

DATA

NOME DO INVESTIGADOR

ASSINATURA

DATA