



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO



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

**PREDIÇÃO DO LIMAR ANAERÓBIO A PARTIR DO DESEMPENHO
DE 100 E 200 METROS NA NATAÇÃO**

ARTHUR RIZZI SOARES

**Rio Claro - SP
2025**

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

**PREDIÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO A PARTIR DO DESEMPENHO
DE 100 E 200 METROS NA NATAÇÃO**

Arthur Rizzi Soares

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

Orientador: Dr. Cassiano Merussi
Neiva

**Rio Claro - SP
2025**

S676p	Soares, Arthur Rizzi Predição do limiar anaeróbio a partir do desempenho de 100 e 200 metros na natação / Arthur Rizzi Soares. -- Rio Claro, 2025 77 p. : il., tabs. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientador: Cassiano Merussi Neiva 1. Natação. 2. Treinamento. 3. Limiar anaeróbio. 4. Equação de Predição. 5. Capacidade aeróbia. I. Título.
-------	---

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: PREDIÇÃO DO LIMAR ANAERÓBIO A PARTIR DO DESEMPENHO DE 100 E 200 METROS NA NATAÇÃO

AUTOR: ARTHUR RIZZI SOARES

ORIENTADOR: CASSIANO MERUSSI NEIVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente
gov.br CASSIANO MERUSSI NEIVA
Data: 08/05/2025 13:08:24-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. CASSIANO MERUSSI NEIVA (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP



Assinado de forma digital
por Dalton Muller Pessoa
Filho:09796286874
Dados: 2025.05.08
13:26:42 -03'00'

Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP

Prof. Dr. MARCELO PAPOTI (Participação Virtual)
Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto / USP - Universidade de São Paulo - SP



Documento assinado digitalmente
EMERSON JOSE ZECHIN
Data: 08/05/2025 17:52:08-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. EMERSON JOSÉ ZECHIN (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNAERP - Universidade de Ribeirão Preto - SP



Documento assinado digitalmente
LUIZ FERNANDO PAULINO RIBEIRO
Data: 09/05/2025 09:13:33-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. LUIZ FERNANDO PAULINO RIBEIRO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Saúde / UESC - Universidade Estadual de Santa Cruz - BA

Rio Claro, 08 de maio de 2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho
ao meu pai José Gastão,
a minha mãe Sonia Vera
e as minhas filhas Veridiana e Vitória.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Cassiano Merussi Neiva por tantas oportunidades, por ser o grande responsável pelo meu ingresso na vida acadêmica, pelos ensinamentos, amizade e orientações.

Ao Prof. Dr. Marcelo Papoti pelo apoio, ensinamentos e grandes contribuições.

Ao Prof. Dr. Emerson Zechin pelo incentivo, ensinamentos e disponibilidade de sempre.

A Profa. Me. Lisiane Cristina Destro pelo apoio, contribuições e amizade.

Aos atletas da equipe de natação da Universidade de Ribeirão Preto pela participação e comprometimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A utilização de parâmetros fisiológicos é fundamental para o controle, prescrição e acompanhamento do treinamento de alto rendimento na natação, pois fornece informações objetivas sobre o estado físico dos atletas e suas respostas ao treinamento. Entre esses parâmetros, destacam-se o Limiar Anaeróbio (LAn), a Frequência Cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio (VO_2), que têm sido amplamente estudados e utilizados para otimizar o desempenho esportivo. O presente estudo teve como objetivo elaborar uma equação de predição para determinar o LAn a partir do desempenho em provas de 100 e 200 metros (V100 e V200) na natação, além de testar sua validade e sensibilidade em diferentes fases da periodização do treinamento. A pesquisa caracteriza-se como um estudo primário, analítico, descritivo e de intervenção, envolvendo 229 nadadores com média de idade de $22 \pm 1,9$ anos, sendo 121 do sexo masculino e 108 do feminino, integrantes da equipe de natação da UNAERP e filiados à Federação Aquática Paulista (FAP). Os participantes possuíam, no mínimo, dois anos de prática competitiva e apresentavam pontuação no sistema World Aquatics Point Scoring (AQUA). Foram utilizados dados de tempos nos testes V100 e V200, além de valores de LAn obtidos por método direto e predição indireta. Os resultados indicaram elevados coeficientes de determinação entre as velocidades e a intensidade do LAn, sugerindo que as equações de predição geradas são confiáveis para estimar o LAn de forma indireta. Além disso, as velocidades de LAn obtidas por método direto não diferiram significativamente das velocidades preditas, apresentando correlações fortes ($r=0,87$ e $0,94$; $p<0,001$). Essas evidências demonstram que as equações de predição são eficazes e aplicáveis em diferentes fases da periodização, tanto para nadadores velocistas quanto para atletas de meio fundo e fundo, independentemente do momento de avaliação. Conclui-se que os dados dos testes V100, V200 e do lactato mínimo foram consistentes na elaboração das equações de predição do LAn, cuja validade foi confirmada pela forte correlação e ausência de diferenças significativas em relação às medições diretas. Assim, as equações demonstraram sensibilidade e praticidade na prescrição, controle e acompanhamento das intensidades de treinamento na natação.

Palavras Chaves: Natação, Capacidade Aeróbia, Limiar Anaeróbio, Treinamento, Equação de Predição

ABSTRACT

The use of physiological parameters is essential for controlling, prescribing, and monitoring high-performance training in swimming, as they provide objective information about athletes' physical condition and their responses to training. Among these parameters, the Anaerobic Threshold (AT), Heart Rate (HR), and oxygen consumption (VO_2) stand out, having been widely studied and used to optimize athletic performance. This study aimed to develop a prediction equation to determine the AT based on performance in 100 and 200-meter races (V100 and V200) in swimming, as well as to test its validity and sensitivity across different phases of training periodization. The research is characterized as a primary, analytical, descriptive, and intervention study involving 229 swimmers with an average age of 22 ± 1.9 years, including 121 males and 108 females, members of UNAERP's swimming team and affiliated with the Paulista Aquatic Federation (FAP). Participants had at least two years of competitive experience and scored in the World Aquatics Point Scoring system (AQUA). Data from V100 and V200 times, along with AT values obtained through direct methods and indirect prediction, were used. The results showed high coefficients of determination between swimming speeds and AT intensity, suggesting that the generated prediction equations are reliable for estimating the AT indirectly. Additionally, the AT speeds obtained via direct methods did not significantly differ from the predicted speeds, with strong correlations ($r=0.87$ and 0.94 ; $p<0.001$). These findings demonstrate that the prediction equations are effective and applicable across different phases of training periodization, for sprinters as well as middle- and long-distance athletes, regardless of the assessment timing. In conclusion, the data from V100, V200, and the minimal lactate tests were consistent in developing the AT prediction equations, whose validity was confirmed by the strong correlation and the lack of significant differences compared to direct measurements. Thus, these equations proved to be sensitive and practical tools for prescribing, controlling, and monitoring training intensities in swimming.

Keywords: Swimming, Aerobic Capacity, Anaerobic Threshold, Training, Prediction Equation

RESUMEN

El uso de parámetros fisiológicos es fundamental para el control, la prescripción y el seguimiento del entrenamiento de alto rendimiento en natación, ya que proporciona información objetiva sobre el estado físico de los atletas y sus respuestas al entrenamiento. Entre estos parámetros, destacan el Umbral Anaeróbico (UAn), la Frecuencia Cardíaca (FC) y el consumo de oxígeno (VO_2), que han sido ampliamente estudiados y utilizados para optimizar el rendimiento deportivo. El presente estudio tuvo como objetivo elaborar una ecuación de predicción para determinar el UAn a partir del rendimiento en pruebas de 100 y 200 metros (V100 y V200) en natación, además de probar su validez y sensibilidad en diferentes fases de la periodización del entrenamiento. La investigación se caracteriza como un estudio primario, analítico, descriptivo y de intervención, que involucra a 229 nadadores con una edad media de $22 \pm 1,9$ años, de los cuales 121 son del sexo masculino y 108 del femenino, integrantes del equipo de natación de la UNAERP y afiliados a la Federación Acuática de São Paulo (FAP). Los participantes tenían, como mínimo, dos años de práctica competitiva y presentaban puntuación en el sistema World Aquatics Point Scoring (AQUA). Se utilizaron datos de tiempos en las pruebas V100 y V200, además de los valores de UAn obtenidos por método directo y predicción indirecta. Los resultados indicaron elevados coeficientes de determinación entre las velocidades y la intensidad del UAn, sugiriendo que las ecuaciones de predicción generadas son confiables para estimar el UAn de forma indirecta. Además, las velocidades de UAn obtenidas por método directo no difirieron significativamente de las velocidades predichas, presentando correlaciones fuertes ($r=0,87$ y $0,94$; $p<0,001$). Estas evidencias demuestran que las ecuaciones de predicción son eficaces y aplicables en diferentes fases de la periodización, tanto para nadadores velocistas como para atletas de medio fondo y fondo, independientemente del momento de la evaluación. Se concluye que los datos de las pruebas V100, V200 y del lactato mínimo fueron consistentes en la elaboración de las ecuaciones de predicción del UAn, cuya validez fue confirmada por la fuerte correlación y la ausencia de diferencias significativas en relación con las mediciones directas. Así, las ecuaciones demostraron sensibilidad y practicidad en la prescripción, control y seguimiento de las intensidades de entrenamiento en natación.

Palabras clave: Natación, Capacidad Aeróbica, Umbral Anaeróbico, Entrenamiento, Ecuación de Predicción.

LISTA DE ABREVIATURAS

Sigla	Descrição
μl	Microlitros
AMB	Área muscular dos braços
AQUA	World Aquatics
CA	Capacidade Aeróbia
CO2	Gás Carbônico
EP	Equação de predição
FAP	Federação Aquática Paulista
FC	Frequência Cardíaca
FP	Força propulsiva no nado crawl
HIT	Treino de Alta Intensidade
HVT	Treinos de Baixa Intensidade
IAT	Limiar Anaeróbio Individual
IMPA	Pré Ativação dos Músculos Inspiratórios
LAC	Lactato Sanguíneo
LAer	Limiar Aeróbio
LAn	Limiar Anaeróbio
LAN Equação	Obtido pelo teste de 700m
LAn100	Limiar Anaeróbio individual determinado a partir da indução da lactacidemia por um tiro de 100m
LAn200	Limiar anaeróbio individual determinado a partir da indução da lactacidemia por um tiro de 200m
LAnPre100	Limiar anaeróbio individual determinado a partir da equação de predição e indução de um tiro de 100m
LAnPre200	Limiar anaeróbio individual determinado a partir da equação de predição e indução de um tiro de 200m
LL	Limiar de Lactato
LM	Lactato mínimo
LV	Limiar Ventilatório
m	Metros
MLSS	Máxima Fase Estável de Lactato

mM	miliMolar
NaF	Fluoreto de Sódio
O2	Oxigênio
OBLA	Onset of Blood Lactate Accumulation
OPLA	Onset of Plasma Lactate Accumulation
PAtadaMFEL	Potência da máxima fase estável de lactato no nado atado
PROEXT	Programa Institucional de Fomento a Extensão
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
sLMin	Limiar de Lactato Mínimo
T30	Teste de 30 minutos
TLM	Teste de Lactato Mínimo
TP	Treinamento polarizado
TPRL	Testes Progressivos de Resposta ao Lactato
USRP	Ultra-short Training at Race-pace
V100	Tiro máximo nos 100m nado crawl
V200	Tiro máximo nos 200m nado crawl
VCRIT	Velocidade Crítica
VE	Ventilação

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quadro Descritivo das Zonas Metabólicas	36
Figura 2 - Quadro Descritivo das Características das Zonas Metabólicas	37
Figura 3 - Zonas de Intensidade de Exercício	38
Figura 4 - Quadro Comparativo das Diferentes Terminologias Utilizadas para Determinação da Intensidade de Treino.	39
Figura 5 - Quadro Descritivo das Zonas de Treinamento – Conteúdos e Métodos de Treinamento	39
Figura 6 - Representação esquemática dos procedimentos utilizados para construção das equações de predição da intensidade do LAn a partir das velocidades V100 e V200 nado crawl realizados durante a fase de indução a hiperlactacidemia. LAn100: obtido a partir da indução da V100; e LAn200: obtido a partir da indução da V200. LAnPre100: equação de predição do LAn a partir da V100 e LAnPre200: equação de predição do LAn a partir da V200.	53
Figura 7 - Representação esquemática dos procedimentos utilizados para construção das equações de predição da intensidade do LAn a partir das velocidades V100 e V200 nado crawl realizados durante a fase de indução a hiperlactacidemia. LAn100: obtido a partir da indução da V200. LAnPre100: equação de predição do LAn a partir da V100 e LAnPre200: equação de predição do LAn a partir da V200.	54
Figura 8 - Representação dos momentos da periodização em que foram realizados os testes de esforço máximo, V100 e V200 nado crawl, e os testes para a determinação do LAn100 e LAn200.....	55
Figura 9 - Relação obtida dos pontos entre a velocidade de limiar anaeróbio (LAn) estimado por meio do teste de lactato mínimo tendo como indução esforço de 100m nado crawl (V100), que foram utilizados para elaboração da equação de predição do LAn a partir de um único esforço de 100m nado crawl (LAnPre100). R ² : Corresponde ao coeficiente de determinação (explicação) dessa relação.....	58
Figura 10 - Relação obtida dos pontos entre a velocidade de limiar anaeróbio (LAn) estimado por meio do teste de lactato mínimo tendo como	

indução esforço de 200m nado crawl (V200), que foram utilizados para elaboração da equação de predição do LAn a partir de um único esforço de 200m nado crawl (LAnPre200). R^2 : Corresponde ao coeficiente de determinação (explicação) dessa relação.....58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Zona de intensidade, velocidades médias, lactato e índice de ponderação adaptados (Adaptado de Valdevieso FN et al., 2001)	40
Tabela 2 - Caracterização das Zonas de Treino de Resistência	40
Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão - AQUA - para o tempo dos nadadores nos 100m nado crawl.....	50
Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão - AQUA - para o tempo dos nadadores nos 200m nado crawl	50
Tabela 5- Comparação entre os velocidade (m/s) de limiar anaeróbio obtidos por Lan e pelo LAnPre para V100 e V200.	60
Tabela 6 - Comparação das velocidades (m/s) V100 / V200, do LAn100/LAn200 e do LAnPre100 / LAnPre200 em três diferentes momentos: períodos de base, específico e polimento	63
Tabela 7 - Correlação simples entre as velocidades de LAn100 e LAn200 com as velocidades de LAnPre100 e LAnPre200 respectivamente no início do período da base, do período específico e do polimento.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 Parâmetros Fisiológicos de Controle, Prescrição e Acompanhamento do Treinamento em Natação – Conceitos e Terminologias.....	20
2.2 Treinamento em Natação: Conceitos e Metodologias	31
2.4 Equações de Predição: uma visão geral.....	42
3.JUSTIFICATIVA	47
4.OBJETIVOS	48
4.1 Gerais	48
4.2 Específicos	48
5.HIPÓTESE.....	49
6.METODOLOGIA.....	50
6.1 Aspectos Éticos e legais	50
6.2 Características dos Participantes	50
6.2.1 Critérios de Inclusão	50
6.2.2 Critérios de Exclusão.....	51
6.3 Programa de Treinamento	51
6.4 Testes	51
6.4.1 Aquecimento.....	52
6.4.2 Determinação das velocidades máximas - V100 e V200.....	52
6.4.3 Determinação do limiar anaeróbio – TLM.....	52
6.5 Ensaio.....	53
6.6 Análise dos dados.....	55
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
7.1 Ensaio 1.....	57

7.2 Ensaio 2.....	60
7.3 Ensaio 3.....	62
8. CONCLUSÃO.....	65
9. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	65
10. REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

Os estudos na área da natação competitiva vêm sendo debatidos a décadas. Hickson *et al.*(1979), Denadai (1995), Papoti (2005), Barbosa *et al.*(2007) e Wirth *et al.* (2022a) são alguns dos autores que discutem diversos temas como: Biomecânica, comparações de treinamentos dentro e fora da água, contribuição das vias bioenergéticas nas provas de velocidade, fundo e meio fundo e nas maratonas aquáticas e travessias, buscando capacitar e aprimorar os conhecimentos de técnicos e melhorar a performance dos atletas.

Wasserman *et al.*(1973) demonstraram que o LAn pode ser utilizado para prever o desempenho em eventos de média e longa duração e para monitorar as adaptações que ocorrem com o treinamento. Além disso, os autores pontuaram que a avaliação do LAn pode ajudar a identificar a intensidade ideal de uma zona de treinamento para maximizar os ganhos de desempenho sem causar fadiga excessiva.

Ribeiro *et al.* (2004) considera o amplo emprego destes parâmetros na avaliação, controle e acompanhamento das atividades cíclicas, como é o caso da natação, pois aplicados durante todo o período de treinamento e de forma padronizada, os mesmo podem fornecer insights objetivos sobre o estado físico dos nadadores, bem como, as respostas do corpo aos estímulos de cada sessão de treino, provendo os treinadores com informações importantes para a prescrição das atividades.

Contribuindo para o assunto, Silva *et al.*(2019), a frequência cardíaca (FC), Kachaunov *et al.*(2018), o limiar anaeróbio (LAn) e Castro *et al.*(2010), o consumo máximo de oxigênio (VO₂max), entre outros índices fisiológicos, têm sido amplamente estudados e utilizados no cenário esportivo, permitindo desta maneira que treinadores, preparadores físicos, utilizem destes recursos para otimizar a prescrição dos programas de treinamento e possibilitar assim a evolução da performance dos atletas.

De acordo com Deminice *et al.*(2007a), o uso do LAn como indicador da capacidade aeróbica em nadadores é altamente confiável e exato, sendo aplicado tanto para acompanhamento de treinos quanto para a definição da intensidade dos exercícios aeróbicos. Contudo, a medição do limiar anaeróbio através dos níveis de lactato no sangue, método direto e invasivo, exige aparelhos especializados, com custos significativos de compra e manutenção, além da necessidade de rigorosos protocolos de higiene e segurança.

Hoefelmann *et al.*(2011a) e Da Silva *et al.*(2019) destacam a necessidade pela comunidade científica da busca de outros caminhos para popularizar os protocolos e simplificar esses métodos de maneira não invasiva, utilizando metodologias de baixo custo, eficientes e de fácil manuseio pelos profissionais da área. Esse é um objetivo a ser alcançado na esfera do treinamento esportivo e vem se desenhando nas últimas décadas, em especial no treinamento de natação de alto rendimento.

Segundo Guedes *et al.*(2011) existe uma lacuna na apresentação da reprodutibilidade e dos resultados conseguidos a partir de métodos e sistemas indiretos de avaliação da performance, quando efetivamente comparados a modelos envolvendo técnicas invasivas (coleta de sangue), que empregam metodologia e maquinário de complexidade e tecnologia de alto custo. Essa condição se apresenta limitando o avanço do esporte de rendimento em países em desenvolvimento, quando comparado a outras nações mais desenvolvidas.

De acordo com Ferreira (2007), grande parte das nações que obtiveram resultados expressivos em competições importantes pelo mundo, desenvolveram um sistema esportivo que tenha uma ativa participação do estado. O autor cita os programas de ciências do esporte, a participação do sistema educacional, e a oferta de infraestruturas e recursos materiais, como fatores que fazem a diferença; e finaliza que nesse sentido, o esporte no Brasil ainda se encontra, em um momento de desenvolvimento.

Mahseredjian *et al.*(1999), Canavan e Vescovi (2004) e Machado e Denadai (2011) são alguns dos autores que por meio de seus estudos baseados na aplicação de modelos matemáticos, tem demonstrado a eficiência do uso destes, em diversas áreas no campo do esporte de alto rendimento, confirmando que a aplicação destas equações, quando ajustadas a partir de valores de

referência baseados em prévias análises de indicadores direto, podem representar uma solução para minimizar a lacuna acima descrita.

Segundo Silva (2007) as equações de predição na natação são ainda pouco desenvolvidas e a capacidade de prever o desempenho permanece imprecisa, porém, como demonstrado em outros esportes, podem também representar uma ferramenta potencial para solucionar de forma reprodutível e confiável, a interpretação e aplicação de testes indiretos de baixo custo, tais como, por exemplo, os testes de máximo esforço de 100 e 200 metros de natação realizados em campo.

O quadro aqui apresentado aponta caminhos no sentido de otimizar a relação entre modelos de avaliação e prescrição do treinamento através de métodos diretos e de alta tecnologia já validados, mas que contemplam custos altos de compra e manutenção, e protocolos rigorosos de segurança, com modelos indiretos de baixo custo, tais como as equações de predição, que podem ser utilizados de forma compatível com a realidade dos treinadores brasileiros e a sua atuação prática na borda da piscina.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Parâmetros Fisiológicos de Controle, Prescrição e Acompanhamento do Treinamento em Natação – Conceitos e Terminologias.

O LAn é um dos índices fisiológicos mais importantes para determinar a capacidade aeróbia (CA) de um atleta, refletindo a integração necessária entre os sistemas cardiovascular, respiratório e muscular entre outros, bem como as respostas do organismo durante as demandas energéticas geradas pelo exercício. Na natação, a avaliação precisa da CA, pode otimizar o desempenho, fornecendo dados para a prescrição e controle do treinamento.

A comparação entre índices diretos que possam determinar a performance em exercícios de intensidade aeróbia predominante, há décadas é objeto de pesquisas. O consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$), que representa a capacidade máxima de um indivíduo em captar, transportar e utilizar o oxigênio respirando ao nível do mar, foi o primeiro a ser considerado o padrão ouro para avaliação da CA. A partir de 1960, estudos sobre o LAn trouxeram questionamentos se existia correlação entre estas variáveis e qual era a melhor.

Wasserman *et al.*(1973) estudaram o LAn e as trocas gasosas respiratórias durante exercício incremental em indivíduos normais e pacientes portadores de doença cardíaca. Os autores concluíram que a análise de gases respiratórios pode ser considerada como um indicador sensível para a determinação do LAn, evitando-se assim, a necessidade de se determiná-lo de forma mais invasiva.

Powers *et al.*(1984) avaliaram o uso das trocas gasosa para a predição do LAn, usando os critérios a seguir: 1. o aumento sistemático do lactato sanguíneo; 2. o aumento sistemático do equivalente ventilatório para O_2 sem alteração do equivalente ventilatório para CO_2 e 3. o não-aumento linear da ventilação expirada representada graficamente em função do VO_2 . Os dados finais sugerem que nem sempre o LAn (determinado por lactato), acontece no mesmo VO_2 , quando determinado por técnicas não invasivas

Neary *et al.*(1985) investigaram a relação entre o limiar determinado por teste de lactato sanguíneo e pelo limiar ventilatório (LV). Os resultados indicaram que a concentração de lactato não foi o responsável pela ruptura da ventilação (VE) e os autores sugerem que o limiar de lactato (LL) e o LV são apenas uma

coincidência e não um fenômeno de causa e efeito, e que a mensuração com técnicas ventilatórias para determinar a acidose láctica em exercício incremental não é justificada.

Segundo Longo *et al.*(1995) não há coincidência entre os dois métodos acima citados para determinação do LAn. Os autores questionam o estado de treinamento dos atletas, a escolha de taxa fixa ou ponto de inflexão positiva da curva do lactato, carga de treinamento pré-avaliações, além da individualidade na cinética do produção e remoção do ácido láctico como possíveis fatores que podem direcionar a esse resultado.

De acordo com Heck *et al.*(1985) a utilização de 4mMol de lactato no sangue, como valor referente a identificação e utilização do LAn como ferramenta para controle, prescrição e acompanhamento de exercícios de endurance, a médio e longo prazo poderia detectar melhor as alterações promovidas pelo treinamento do que o VO₂max. Os autores finalizam sugerindo que o diagnóstico do LAn poderia ser utilizado com sucesso no controle de treinamento.

Segundo Yoshida (1987) após uma revisão sobre os conceitos e utilização dos limiares de lactato e ventilatório como índices de avaliação de desempenho em exercícios de resistência; apesar dos resultados indicarem que o uso dos limiares tem boa correlação com o desempenho, consumo máximo de oxigênio e outros índices da capacidade aeróbica, o autor recomenda a padronização dos protocolos de teste de esforço, dos parâmetros de medidas e dos critérios de determinação destes limiares, tanto invasivos, como não-invasivos.

Buscando identificar as perspectivas da cinética do lactato, suas respostas ao exercício e suas implicações clínicas, Myers e Ashley(1997) realizaram uma revisão sobre o assunto. Os autores sugerem que as respostas do lactato sanguíneo e suas alterações ventilatórias ao exercício, podem ser úteis, tanto para a área clínica, como para a esportiva, mas que ainda são necessários mais avanços da ciência nessa área.

Para Denadai (1995) um dos grandes embates que envolvem a utilização do termo LAn e das respostas lactacidêmicas ao exercício, é a extensa quantidade de terminologias empregadas por diversos pesquisadores para tentar identificar fenômenos iguais ou muitos semelhantes. Apesar do grande número de terminologias, o autor propõe duas principais categorias para identificar esse fenômeno fisiológico: 1) as que identificam o início de lactato no sangue e 2) as que caracterizam a máxima fase estável de lactato no sangue.

Na linha dos pesquisadores que apoiam a primeira categoria, Farrel et al.(1979) utilizaram o termo “onset of plasma lactate accumulation” (OPLA) para explicar a intensidade do exercício que precede o aumento exponencial de lactato no sangue. No estudo os autores concluem que a intensidade referente ao OPLA, tem uma forte relação com o ritmo das provas de corrida de longa duração, independentemente do nível do corredor.

Ivy et al.(1980); Tanaka et al.(1984); Weltman et al.(1990) realizaram pesquisas para compreender o LAn, e apoiam a definição da categoria que identifica o início de acúmulo de lactato no sangue para a explicação deste fenômeno fisiológico; entretanto, esses autores propõe a utilização de uma outra terminologia para explicar o que é teoricamente a mesma manifestação: o termo Limiar de Lactato (LL).

Para Kindermann et al.(1979) um outro termo deve ser utilizado para a explicação deste fenômeno. Os autores propõem o termo limiar aeróbio (LAer), mas apontam uma correção na referência da concentração de lactato para a sua determinação, utilizando uma concentração fixa no sangue de 2mMol. Sugerem também, uma reorganização das terminologias que identificam os limiares para que se possa determinar a carga individual de trabalho nos diferentes tipos de exercícios de resistência.

De acordo com Denadai (2000) muitos pesquisadores utilizam o termo LAn para explicar a intensidade do exercício em que ocorre a máxima fase estável de lactato no sangue (MLSS), a uma concentração fixa de 4mMol; ou seja, uma intensidade onde ocorre o equilíbrio entre a produção e os processos de remoção dessa substância. Ainda pontua que, apesar de concordarem com o referencial do fenômeno, esses autores se utilizam de diferentes terminologias.

Santos-Concejero et al.(2013) descrevem diferentes índices para explicar as respostas do lactato sanguíneo ao exercício e utilizam o termo “onset of blood

lactate accumulation” (OBLA), proposto por Sjödin e Jacobs (1981), como a intensidade do exercício correspondente a 4mMol e que representa a carga máxima de trabalho para a concentração estável de lactato. Na prática, para os autores, isso corresponderia a transição de uma intensidade tolerável para uma intensidade severa.

Faude *et al.* (2009) buscaram compreender as diferentes terminologias e conceitos fisiológicos destes limiares. Os autores encontraram um total de 25 conceitos diferentes de limiar de lactato e os dividiram em 03 categorias: 1^a. A que considera o valor fixo de lactato no sangue; 2^a. A que visa encontrar o primeiro aumento de lactato no sangue acima dos níveis basais; e 3^a. A que identifica a MLSS no sangue, ponto de equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato.

Em seu estudo, Brooks (1985), com o objetivo de fornecer dados para futuras pesquisas e contribuir com o tema, fez uma revisão dos diversos conceitos e terminologias sobre o LAn, e concluiu que, a falta de validação e concordância para a determinação do LAn, tanto para indivíduos saudáveis, como para fins de diagnósticos, é uma alerta importante de que o assunto ainda precisa ser levado para uma ampla discussão científica.

Svedahl e MacIntosh (2003) revisaram os diversos conceitos e diferentes metodologias (MLSS, lactato mínimo (LM), LL, OBLA, LAn individual e LV) para explicar o LAn e concluem que, apesar de cada um desses índices apresentar uma determinada intensidade ao exercício, o ideal é que a intensidade apresentada nesses testes fique próxima a “máxima fase estável de lactato sanguíneo”, que é a referência na determinação do LAn.

Também com o intuito de esclarecer o conceito de LAn, os métodos para a sua detecção, e as controvérsias do tema, Davis (1985) destaca a ampla utilização do LAn em função da sua alta relação com o desempenho em provas mais longas, como a maratona, e da validade da sua mensuração por métodos não invasivos, como a análise de gases pulmonar. O autor finaliza concluindo que a medida que os estudos avançarem, o conceito de LAn também continuará a evoluir.

Visando contribuir como o tema, Oldbrecht (2010) realizou uma revisão sobre os mecanismos de produção do lactato e seu metabolismo na natação. O autor aponta a contribuição de duas décadas de estudo sobre os efeitos e

respostas do lactato durante e após o exercício, como um ganho de conhecimento e suas aplicações, mas destaca que a falta de estudos científicos no acompanhamento da prática da natação, bem como, sobre os protocolos de testes, gera polêmica e falta de consenso sobre o assunto.

Segundo Silva *et al.*(2019), a frequência cardíaca (FC), Kachaunov *et al.*(2018), o limiar anaeróbio (LAn) e Castro *et al.*(2010), o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), entre outras, são variáveis fisiológicas amplamente estudadas e utilizadas para avaliar a capacidade aeróbia, oferecendo informações importantes para que os treinadores possam otimizar os programas de treinamento e proporcionar a melhorar o desempenho dos atletas.

Ribeiro *et al.* (2004) considera o amplo emprego destes parâmetros na avaliação, controle e acompanhamento das atividades cíclicas, como é o caso da natação, pois aplicados durante todo o período de treinamento e de forma padronizada, os mesmo podem fornecer insights objetivos sobre o estado físico dos nadadores, bem como, as respostas do corpo aos estímulos de cada sessão de treino, provendo os treinadores com informações importantes para a prescrição das atividades.

Wasserman *et al.*(1973) demonstraram que o LAn pode ser utilizado para prever o desempenho em eventos de média e longa duração e para monitorar as adaptações que ocorrem com o treinamento. Além disso, os autores pontuaram que a avaliação do LAn pode ajudar a identificar a intensidade ideal de uma zona de treinamento para maximizar os ganhos de desempenho sem causar fadiga excessiva.

De acordo com Deminice *et al.*(2007a), o uso do LAn como indicador da capacidade aeróbica em nadadores é altamente confiável e exato, Contudo, a medição do LAn através dos níveis de lactato no sangue exige aparelhos especializados, que acarretam custos significativos de compra e manutenção. Os modelos para determinação do LAn de modo direto são procedimentos invasivos, que exigem rigorosos protocolos de higiene e segurança.

Brooks (1985) também contribuiu significativamente para a compreensão deste conceito, sugerindo que o LAn é um marcador útil para a prescrição de treinamento e para a avaliação do desempenho atlético. O autor ressalta que a importância do LAn reside na sua capacidade de fornecer informações sobre a

eficiência metabólica e a resistência do atleta em sustentar exercícios de alta intensidade por períodos prolongados.

Ohira e Tabata (1992) vão na contramão dos estudos que validam o conceito e aplicabilidade do LAn. Os autores investigaram os mecanismos do metabolismo muscular durante o exercício onde ocorre o aumento dos níveis de lactato e chegaram à conclusão de que o acúmulo de lactato no sangue durante o exercício não resulta de um aumento no metabolismo anaeróbico, e que por este motivo, o LAn não é um conceito real.

Avlonitou (1996) destaca os níveis de lactato no sangue como um indicador do esforço físico e sugere que há uma correlação entre os valores máximos de lactato e o desempenho na natação, independente do sexo, mas dependente da idade, sendo que os atletas com idade mais avançada tem os maiores níveis de lactato e desempenham a melhor performance. O autor conclui que os maiores níveis de lactato são encontrados nas provas de 200 medley.

Contribuindo para essa ampla discussão, Pereira *et al.* (2002) realizaram dois protocolos incrementais com as distâncias de 200m (VLAN200) e 400m (VLAN400) para a determinação do LAn e compararam os resultados com a velocidade da máxima fase estável de lactato. Apesar de não terem encontrado diferenças significativas entre os três testes, os autores concluem que, tanto a VLAN200, como a VLAN400 podem superestimar a velocidade do LAn.

Segundo Papoti *et al.* (2009) a determinação da capacidade aeróbia (CA) mensurada pelo teste de nado atado tem correlação com a máxima fase estável de lactato (MLSS) e a performance em atletas de natação. Os autores relatam que apesar de não ter sido verificado no estudo a sensibilidade e a reprodutibilidade da CA no teste, bem como seus efeitos na natação convencional, que encontraram equivalência com a MLSS e com a predição das velocidades médias para os 30min e 400m livre da natação.

Fernandes *et al.* (2010) avaliaram o LAn individual e os parâmetros técnicos da braçada em nadadores petiz. Os autores destacam a importância da realização do teste incremental intermitente com a metragem de 200m para a determinação do LAn; além disso, sugerem que na prática, os treinadores desenvolvam na rotina de treinamento dos atletas dessa faixa etária, o alongamento da braçada, pois encontram uma relação entre aumento da velocidade e o aumento da frequência destas.

De acordo com Barroso *et al.*(2011) o emprego das respostas sanguíneas do lactato podem fornecer importantes informações em relação a condição física do atleta, prever sua performance e também determinar zonas de intensidade e controle do treinamento. Os autores concluem que é preciso analisar os diversos fatores que influenciam a sua aplicação em testes e na prescrição do treinamento, como: individualidade biológica, condição física atual, padrão de protocolo, fatores externos, estado psicológico entre outros.

De acordo com Dotan *et al.*(2011) o TLM, apesar de ser índice válido para estimar o LAN e MLSS, e de ser uma ótima ferramenta para prescrever e monitorar o treinamento, não obteve a aceitação de outros testes progressivos de resposta ao lactato (TPRL). Os autores avaliaram a validade e confiabilidade do TLM e concluíram que apesar de subestimar a MLSS, isso pode ser corrigido, e sugerem que os TPRL não devem ser descartado.

Campos *et al.*(2014) investigaram a sensibilidade do TLM aos diferentes períodos do treinamento em natação e relataram que o TLM é importante para a determinação da capacidade aeróbia, bem como, pode ser utilizado como uma ferramenta para a prescrição e controle nas diversas fases do treinamento. Destacam ainda, que são necessários outros estudos para avaliar os efeitos do TLM de forma isolada em cada fase da periodização.

Para Espada *et al.*(2021) é importante determinar por meio dos limiares de lactato, as zonas de treinamento individuais para que ocorram as adaptações ideais durante o treinamento. Os autores compararam os parâmetros de lactato determinados a partir de um único teste progressivo (7x200 metros), com os determinados a partir de vários testes contínuos (MLSS) e concluíram que a MLSS é a variável mais precisa para a avaliação e prescrição do treinamento de natação

Métodos indiretos baseados na resposta do lactato sanguíneo, como o limiar de Conconi, o percentual da frequência cardíaca máxima, teste de 30 minutos (T30), o limiar glicêmico, a potência e velocidade crítica, e a regressão limiar, também são empregados para monitorar e controlar a capacidade aeróbia tanto no contexto geral do esporte quanto especificamente na modalidade da natação.

Para Cellini *et al.*(1986) o LAN é essencial para a determinação da velocidade de nado em provas de meia distância. Os autores também

demonstraram uma alta correlação entre a utilização da velocidade de deflexão da frequência cardíaca e o LAn por meio de lactacidemia ($r=0,84$). Apesar do número pequeno da amostra (06 nadadores), o estudo apresenta a técnica como uma forma não-invasiva para a determinação LAn.

Para Denadai (1995) falta concordância dos mecanismos básicos do metabolismo do lactato, sua produção e remoção durante o exercício, até as suas terminologias; o autor sugere a utilização dos limiares (LL, OPLA, LAn, OBLA, IAT e LV) como índices mais apropriados para a prescrição e acompanhamento do treinamento e pontua que os métodos não-invasivos, como análise ventilatória, limiar de adrenalina e teste de CONCONI, podem ser adequados para avaliar de forma indireta a resposta do lactato.

Contribuindo com o tema, Kokubun (1996) buscou identificar a validade da velocidade crítica com um índice não-invasivo para a determinação do LAn na natação. O autor concluiu que a velocidade crítica é um excelente índice para a determinação do limiar que corresponde a máxima fase estável entre produção e remoção, e que ainda é sensível a diferentes períodos do treinamento sendo confiável para a avaliação de nadadores.

No livro “Avaliação aeróbia – Determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo, Denadai e colaboradores (2000) contribuem com o tema discutindo: índices de avaliação aeróbia; terminologias e critérios para a identificação da resposta do lactato ao exercício; métodos diretos (consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio) e métodos indiretos (limiar ventilatório, limiar de conconi, percentual da frequência cardíaca, limiar glicêmico, velocidade crítica, regressão linear e limiar de fadiga eletromiografica).

Baron e Pelayo (2001) avaliaram a frequência cardíaca e a pressão arterial sistólica para mensurar a CA na natação e na corrida. Compararam a intensidade de “estado estável” fisiológico entre essas variáveis e a concentração de lactato sanguíneo em testes submáximos e concluíram que ambas podem ser utilizadas na ausência da coleta de lactato sanguíneo, para controlar e acompanhar o treinamento aeróbio, sendo um ótimo recurso não-invasivo.

Buscando validar protocolos para a determinação do LAn na natação, Guglielmo e Denadai (2001) compararam em um teste incremental em ergômetro de braço a validade da intensidade correspondente ao LAn e a potência máxima

(Pmax), com a predição do desempenho na distância de 400 m e a intensidade do LAn determinados na natação. Os autores concluíram que a validade do ergômetro de braço é maior quando se utiliza os valores de LAn como referência, ao invés da potência máxima obtida no teste.

Para Bosquet *et al.*(2002) apesar dos métodos diretos para determinação do LAn fornecerem uma descrição mais válida, permanece aberto na literatura, qual deve ser empregado e como transferir as informações para a prescrição da intensidade de treinamento; e que embora haja uma grande quantidade de informações sobre os métodos indiretos que validam a determinação do LAn, as diferentes terminologias e os resultados inconsistentes de muitas pesquisas, levantam dúvidas sobre a sua utilização.

Buscando metodologias que determinem o LAn de forma individualizada na natação, Ribeiro *et al.*(2004) compararam diferentes protocolos. No estudo, os dados analisados indicaram que o TLM tende a superestimar a MLSS. Em contrapartida, o LT se mostrou uma metodologia válida. Além disso, os autores corroboram a possibilidade de usar o menor valor glicêmico para identificar o LAn na natação.

Papoti *et al.*(2005) verificaram em nadadores de nível nacional, protocolos diretos (lactato sanguíneo) e indiretos (teste de velocidade crítica), para a determinação do LAn e do desempenho na natação. Os autores chegaram à conclusão que a velocidade crítica (VCRIT) é um índice válido para a determinação da capacidade aeróbia, bem como, para a predição da intensidade de esforço na distância de 400m.

Na busca por métodos para a determinação do LAn e suas aplicações, Lima *et al.*(2006) avaliaram a aplicabilidade da percepção subjetiva de esforço (PSE), que já é utilizada em conjunto com análises lactacidêmicas, como uma variável isolada a ser empregada no controle da intensidade de nado durante os estágios de testes incrementais e progressivos na natação. Os autores concluíram que a PSE é um parâmetro confiável, mas sugerem que sejam feitas mais pesquisas sobre o assunto.

Na busca pela validação de métodos não invasivos, Deminice *et al.* (2007b) verificaram a aplicação da velocidade média de 30min (VMT-30), frequência, comprimento e índice de braçada, como índices para a determinação da performance aeróbia. Os autores concluíram que a utilização

da VMT-30 é confiável para avaliação da capacidade aeróbia, dos parâmetros biomecânicos e da predição da performance de nadadores nos 400 metros livre.

Colantonio e Kiss (2007) observaram a relação entre a velocidade do LAn correspondente a 4mMol, e por meio de dois protocolos, um com dois pontos de interpolação (2x 400m) e outro, com quatro (4x400), com a VCRIT e a velocidade média de nado obtidas no teste de 30 minutos (T_{30}), ambos métodos indiretos. Os resultados demonstraram que somente o protocolo de (4x400), a VCRIT, e a VMT_{30} são índices que podem ser considerados válidos para a determinação do LAn e para a prescrição do treinamento.

Ignjatović *et al.* (2008) avaliaram por meio de uma revisão de literatura, a aplicação do teste de Conconi (teste incremental, que utiliza o ponto de deflexão da frequência cardíaca) como uma alternativa não invasiva para a determinação do LAn. Apesar dos autores apontarem que nem todos os fenômenos que envolvem esse ponto de deflexão tenham sido averiguados e que ainda existem questões não esclarecidas sobre o método, os mesmos consideram que na rotina do treinamento, este é um índice preciso e de aplicação prática.

Guedes *et al.* (2011) relata que embora a velocidade crítica (VCRIT), seja um método não invasivo que tenha grande aceitação como índice para a determinação do LAn, também faltam estudos que avaliem sua resposta durante um macrociclo de treinamento. No estudo, os autores propõem avaliar a sensibilidade da VCRIT nas diferentes fases de uma periodização e concluem que na prática, este é um índice útil para as avaliações fisiológicas.

Corroborando com a hipótese de que métodos indiretos podem ser utilizados para a predição da velocidade do LAn, Hoefelmann *et al.* (2011b) compararam a VCRIT e a LAn equação (obtida pela performance no teste de 700metros), com a máxima fase estável de lactato de atletas de natação. Os resultados apresentados na pesquisa apontaram que ambos os métodos indiretos são válidos para a determinação e aplicação da velocidade do LAn.

Di Michele *et al.* (2012) avaliaram a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), como um método indireto para a determinação do LAn na natação. Os autores investigaram a concordância entre o teste da VFC e o teste feito a partir da análise da concentração de lactato em um teste incremental de 7 tiros de 200 metros e concluíram que há correlação entre os testes, sugerindo que a VFC

para determinação do LAN é válida e contribui como uma ferramenta prática, de baixo custo e não invasiva para o uso de treinadores de natação.

Para Ferreira e Brito (2012) a busca pela utilização de testes diretos e indiretos na avaliação da capacidade fisiológica, que sejam de fácil aplicabilidade e baixo custo, podem beneficiar técnicos e treinadores para a prescrição do treinamento na natação. Após uma revisão sobre o assunto, os autores concluem que o T30 e a VCRIT são os testes mais utilizados, com preferência para a VCRIT ser aplicada em nadadores mais jovens e menos experientes, por ser um teste mais dinâmico.

Pessoa-Filho *et al.*(2014) investigaram a relação entre a potência da máxima fase estável de lactato no nado atado (PAtadaMFEL) com a velocidade de limiar anaeróbio (MLSS) em condições normais de nado e com outros índices de aptidão aeróbia de nado. Os autores concluíram que a PAtadaMFEL é um teste simples e um recurso válido para a determinação da capacidade aeróbia, bem como, na predição da performance nas distâncias de 400, 800 e 1500 metros na natação.

Com base no exposto anteriormente, a compreensão e a aplicação dos índices fisiológicos, tanto diretos quanto indiretos são fundamentais para a avaliação, controle e acompanhamento da capacidade aeróbia em nadadores. A literatura científica oferece uma base sólida para essas práticas, destacando a importância de uma abordagem integrada que considere as demandas específicas do esporte e as características individuais dos atletas.

Entretanto, como podemos observar, são amplos os critérios e terminologias utilizados para identificar as respostas do lactato sanguíneo ao exercício. Metodologias diferentes, apresentam como respostas também uma grande variabilidade das intensidades de treinamento, o que dificulta a utilização desses parâmetros como uma ferramenta de prescrição.

Desta forma, para fins didáticos e melhor entendimento do leitor, utilizaremos na presente tese o termo “Limiar Anaeróbio” e sua definição como sendo a máxima fase estável de equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato (Mader e Heck,1986), que corresponde a uma intensidade de esforço que pode ser suportada em média por 30 minutos (Bekene *et al.*2000).

2.2 Treinamento em Natação: Conceitos e Metodologias

O treinamento na natação, como campo de estudo e aplicação prática, tem sido objeto de investigação científica há décadas, refletindo uma evolução contínua nas abordagens metodológicas e no entendimento das demandas fisiológicas, biomecânicas, de tecnologias de monitoramento, e de estratégias de periodização específica ao esporte, oferecendo um vasto panorama de conhecimentos sobre treinamento em natação.

Hogg (1973) descreve que para um nadador alcançar o sucesso, é imprescindível que haja um comprometimento significativo aos treinos, e que apesar da dedicação considerável de tempo, isso deve ser visto como um investimento de performance no futuro. Para o autor, o maior dilema dos treinadores é: incentivar jovens a iniciarem sua jornada precocemente, correndo o risco que possam abandonar o esporte, ou permitir que comecem mais tarde, e alcancem seu pleno potencial.

Para se obter um desempenho esportivo no treinamento de natação Vorontsov (1997), ressalta que é importante trabalhar o desenvolvimento de adaptações específicas, e que para isso, é necessário que os estímulos aconteçam com foco nas habilidades físicas, nas capacidades motoras e fisiológicas, estimulando componentes específicos da modalidade para alcançar suas devidas adaptações .

Para Ladislau (2010) a prática do treinamento é entendida como um processo de preparação direcionado para um evento específico, com o foco principal voltado para a competição. O objetivo é que o corpo atinja o ápice de sua preparação não de maneira constante, mas sim em um momento preciso e sob condições específicas. Para o autor, novos métodos de treinamento são continuamente explorados, propostos e implementados, tornando o desempenho esportivo cada vez mais embasado em evidências científicas.

Outra definição de treinamento, foi descrita na pesquisa de Toledo *et al.* (2013) que refere como um método educacional, pedagógico, que incorpora ajustes no volume, intensidade e frequência dos treinos, com o objetivo de maximizar o rendimento esportivo. Os autores exploram o tema, comparando a periodização tradicional com a reversa; e concluem que a adoção da

periodização reversa representa uma abordagem eficaz para o treinamento de velocistas em distâncias de 100 metros.

De acordo com McKenzie e Rushall (1974) a aplicação de técnicas de psicologia no ambiente de treinamento e de competição, como a auto avaliação, estimula o desenvolvimento do senso de responsabilidade e aumentam o envolvimento dos nadadores nas sessões de treino, possibilitando o alcance de melhores resultados no processo ensino-aprendizagem e resultando em melhor performance na natação.

O treinamento de força foi investigado por Strass (1988), que avaliou seu efeito no desempenho do Sprint (25m e 50m) dos nadadores. Os sujeitos realizaram três séries de duas repetições com 90% da carga máxima, duas séries de duas repetições com 95% da carga máxima, e uma série de uma repetição, com 100% da carga máxima. O autor identificou que este protocolo de treino proporcionou maior aumento da força explosiva em relação a força máxima.

Miragaya e DaCosta (2000) observaram que os métodos de treinamento em natação passaram por uma evolução significativa, partindo de uma abordagem inicial baseada em intuição e empirismo por volta de 1909, até alcançar um formato mais organizado e fundamentado em experimentação na década de 1930. Esse desenvolvimento é apontado como essencial para estabelecer as bases do treinamento esportivo e a busca pelo aprimoramento contínuo.

Segundo Junior e Dunder (2002) na obra "Natação - Treinamento Fundamental", independente do esporte em questão, as metodologias de treinamento evoluem de maneira gradual, orientadas por estratégias de preparação solidamente estabelecidas. Ressaltam ainda, a intensificação das pesquisas voltadas para o treinamento de alto desempenho nos tempos atuais, fator que incentiva treinadores e atletas a perseguirem desempenhos cada vez mais elevados.

Pelayo e Alberty (2011) destacam que a evolução da natação de uma prática de sobrevivência para uma atividade competitiva esteve acompanhada pelo surgimento e desenvolvimento das ciências do esporte, com investigações sistemáticas sobre a biomecânica dos movimentos, a fisiologia do exercício aquático e a psicologia do esporte aplicada ao esporte. Os autores destacam

que o nível da natação se tornou mais competitivo e consideraram a ciência do esporte como uma das chaves para o sucesso.

Kwaśna *et al.*(2011) realizaram uma pesquisa que consistiu em avaliar e contrastar os impactos do treinamento de natação intervalado de alta intensidade utilizando distintas frequências respiratórias (respiração normal, realizada a cada segundo ciclo de braçada, e respiração a cada quatro ciclos de braçada), não foram encontradas melhoras significativas nos desempenhos dos sujeitos, com o protocolo de treinamento utilizado no estudo.

Já em uma revisão de pesquisas controladas, Aspenes e Karlsen (2012) investigaram o impacto de diversos métodos de treinamento físico na natação e apontaram não encontrar benefícios significativos em adotar volumes de treinamento mais elevados em detrimento de sessões mais curtas e de maior intensidade em relação ao aprimoramento do desempenho na natação; Concluem que o uso do treinamento pesado de força em terra, tem efeito positivo na performance dos nadadores.

Pires *et al.*(2014) conduziram uma revisão sistemática focada nos métodos de treinamento e seus impactos na força muscular máxima e no desempenho na natação. Os autores investigaram diferentes métodos de treino de força periodizados em programas de natação e concluíram que o treinamento de força que combina diversos métodos, tanto fora, quanto dentro da água, são os mais eficazes para aumentar a capacidade de produção da força máxima, especialmente em eventos de curta duração.

Pugliese *et al.*(2015) avaliaram os efeitos do volume e da intensidade sobre o desempenho e variáveis fisiológicas na natação. Os resultados indicaram que o aumento do volume semanal de treino proporciona uma evolução dos índices da capacidade aeróbia e um maior desempenho de média (400m) e longa (2000m) distância. O aumento da intensidade por sua vez, sustenta o desempenho adquirido com o treinamento de alto volume e afeta positivamente a performance de curta distância (100m).

Segundo Rushall (2018) o treinamento em velocidades de prova ou acima dela, estão associados a melhora do desempenho na natação. O autor propões em seu método, Ultra-short Training at Race-Pace (USRP), que seja feito o maior número de estímulos possíveis nessas intensidades, com curtas distâncias intercalado de intervalos curtos, e conclui que se a duração do trabalho for curta

o suficiente, a energia sustenta o trabalho rápido eficiente, sem acúmulo de lactato e mantendo níveis altos de glicogênio.

Nugent *et al.*(2019) compararam os efeitos de treinos de alta intensidade (HIT), com os de baixa intensidade (HVT - controle) durante 7 semanas. Foram realizadas medidas do desempenho fisiológico (velocidade de limiar 2,5mM, 4,0mM e pico de lactato) e desempenho biomecânico (frequência, comprimento e índice de braçada) pré e pós período treinamento, nos 50, 200 e 400m nado livre. Os autores sugerem que aplicação do HIT não alterou a maioria dos parâmetros de desempenho.

De acordo com Pla *et al.*(2019) o treino polarizado (TP) comparado ao treino de limiar, proporciona pouca melhoria no desempenho dos 100m nado livre em comparação com aqueles que seguem o treinamento de limiar, e sugerem que as melhorias associadas ao treino TP podem estar relacionadas a uma maior proporção de estímulo em ritmo de prova, que é fisiológico e tecnicamente específico e concluem que os nadadores que seguiram este tipo de treinamento, relataram menor fadiga.

Segundo Kwok *et al.* (2021) a literatura contemporânea indica que os treinamentos de força e condicionamento físico têm efeitos benéficos na natação de curta distância, melhorando a biomecânica da braçada, a força muscular, as adaptações neurais, e a estabilidade do tronco. Recomendam que esses tipos de treinamentos sejam integrados as sessões de treino dos nadadores, em vez de se focar exclusivamente em um grande volume, para prevenir a incidência de lesões por repetição excessiva.

Avaliando os efeitos de diferentes tipos de treinamento de força na performance de nadadores, Fone e Tillaar (2022) observaram que o método de treinamento de resistência em terra seca, a tradicional hipertrofia e o treino de força máxima, são os mais eficazes para melhorar o desempenho na natação. Os autores sugerem a integração desses métodos em seus regimes de treinamento, ao invés de uma abordagem que exclusiva de treinos de natação.

Para Wirth *et al.* (2022b) o treinamento da força máxima é fundamental para gerar a potência necessária nas saídas, viradas e durante o nado. O desenvolvimento tanto da força quanto da potência deve ser realizado em conjunto com o treino de natação ao longo de toda a temporada, independentemente da distância a ser nadada. A intensidade da carga não deve

ser inferior a 50-60% da força máxima, mesmo para atletas sem experiência em treino de força.

Contribuindo com a discussão sobre a eficiência do treinamento para a natação fora da piscina, Norberto *et al.*(2023) compararam diferentes rotinas de treinamento, sendo uma com a prescrição do trabalho de força combinado com de potência, e a outra, com a aplicação de exercícios de força. Os autores concluíram que os dois modelos promovem a melhora das tarefas motoras em terra firme e na água, mas sem influenciar o desempenho na água.

Araújo *et al.*(2024), analisaram o efeito da pré-ativação dos músculos inspiratórios (IMPA), como uma forma potencial de preceder o estímulo físico principal e aprimorar a performance. Os nadadores foram submetidos a um teste de nado atado, precedido ou não de IMPA e foram avaliados parâmetros mecânicos (índice de força, impulso e fadiga) e respostas fisiológicas (temperatura da pele e lactacidemia), além da percepção subjetiva de esforço e dispneia. Não houve melhora de nenhum dos parâmetros avaliados.

Mark Schubert é um dos treinadores mais bem-sucedidos do mundo, é atualmente o treinador principal do The Swim Team em Lake Forest, Califórnia e seu grupo atualmente, faz uma média de 70.000m por semana. Séries de 400 e 500m são bastante utilizadas nas sessões que normalmente terminam com estímulos de qualidade, incluindo trabalho de ritmo como por exemplo: 8x100 em ritmo de 1m20s ou 20x50 a cada 40s em ritmo de 28s ou melhor (<https://swimmingcoach.org>).

Já com uma abordagem menor, em torno de 41.000m, mas que ainda considerado por muitos, um volume alto de treinamento semanal, Chandler Lewis, treinador sênior líder no Ramirez Aquatic Center, prescreve uma alta porcentagem deste volume de treino na velocidade de prova e prefere fazer a análise do treinamento em blocos de seis semanas, usando conjunto semelhantes, mas com a alteração de algumas variáveis. (https://swimmingcoach.org/page/ASCA_blog).

2.3.1 Prescrição da Intensidade de Treinamento – Zonas Metabólicas

Maglisho (2010) descreve uma tendência na prescrição das intensidades de treino correlacionadas de forma específica as vias bioenergéticas e propõe níveis de controle para o treinamento de resistência: básico (En-1), no limiar (En-2), e em sobrecarga (En-3); e de velocidade: tolerância ao lactato (Sp-1), produção de lactato (Sp-2) e treinamento de potência (Sp-3).

Maglisho (2003) descreve o treinamento multianual (MYT) para o desenvolvimento das habilidades motoras, da potência funcional e das capacidades fisiológicas específicas a natação. O autor propõe 4 estágios que considera a base para o planejamento e prescrição dos treinos e sugere em cada um, o volume e intensidade que devem ser trabalhados. O autor utiliza de outras terminologias para determinar as zonas de treinamento (Figura 1 e 2).

Figura 1 - Quadro Descritivo das Zonas Metabólicas

Zones of Metabolic Power	Heart Rate Range (bpm)	%VO₂max	pH	Lactic Acid (mmol/l)
Aerobic-1	120-140	50-60%	7.42 - 7.40	0.9 - 2.0
Aerobic-2	140-160	60-70%	7.40 - 7.38	2.0 - 4.0
Aerobic-Anaerobic	160-170`	70-90%	7.37 - 7.33	4.0 - 8.0
Anaerobic-Aerobic	170-180	90-100%	7.32 - 7.28	8.0 - 10.0
Glycolysis-A	185-190 (200)	75-85% (O ₂ -demand 110-120%)	7.27 - 7.20	9.0 - 13.0
Glycolysis-B	190-210	60-70% (O ₂ -demand 120-130%)	7.20 - 7.14	12.0 - 16.0
Glycolysis-C	210-230 and above	50-60% (O ₂ -demand up to 140%)	7.14 - 6.95	14.0 - 20.0 (up to 26)
Alactic Creatine-Phosphate	Not appropriate	Not appropriate	Not appropriate	Not appropriate

Fonte: Vorantov (1997)

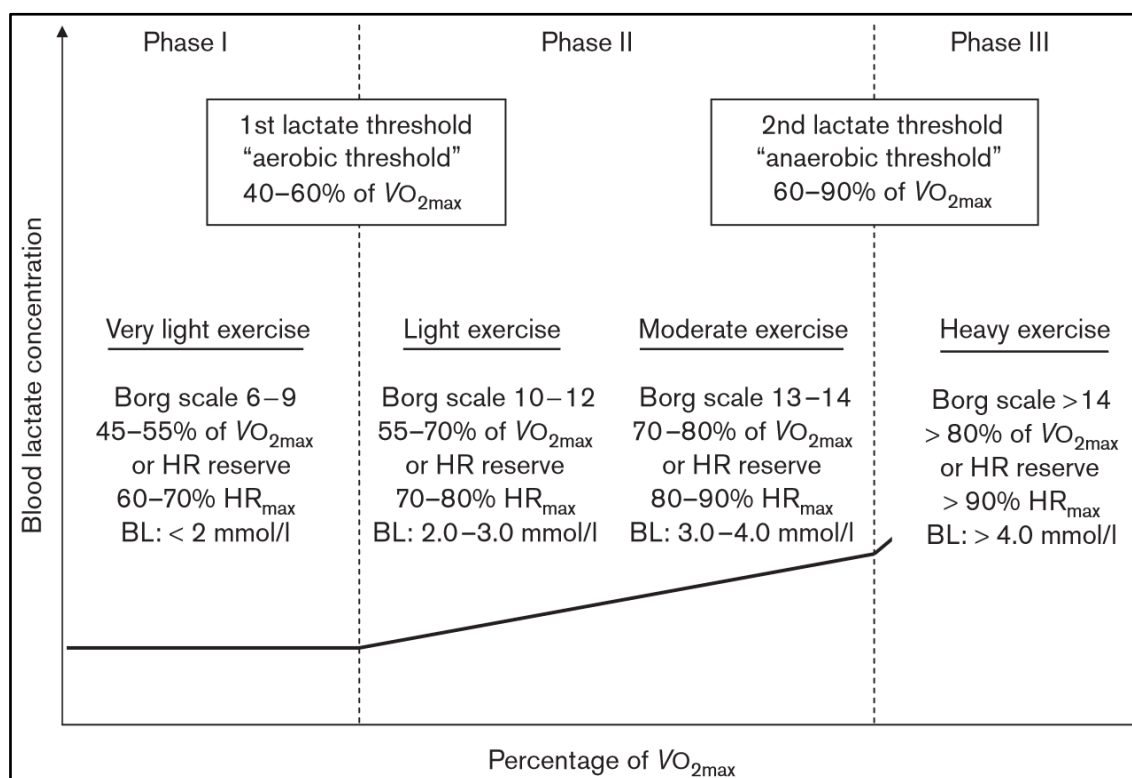
Figura 2 - Quadro Descritivo das Características das Zonas Metabólicas

Zones of Metabolic Power	Descriptions of Pertinent Factors
Aerobic-1	Zone of “aerobic threshold.” Continuous work of low intensity and long duration (30 min - 2-3 hr). The source of energy is lipids (fat). Work is performed almost entirely by slow-twitch muscle fibers.
Aerobic-2	Zone of anaerobic threshold - activation of fast-twitch muscle fibers, but prevailing type of ATP replenishment still is aerobic. Sources of energy are lipids and glycogen.
Aerobic-Anaerobic	Zone of carbohydrate metabolism. Aerobic glycolysis provides 70-80% of total energy supply. Bypass product of aerobic glycolysis - pyruvic acid is used in Krebs’ cycle in mitochondria. Anaerobic glycolysis provides 30-20% of energy.
Anaerobic-Aerobic	Work is performed at the level of VO_{2max} . The proportion of anaerobic glycolysis in total energy supply is about 40-50%. The main source of energy is glycogen stored in muscles and liver. Significant production of lactic acid during exercise but aerobic energy supply still prevails. Dynamic work of “middle” duration, involving all muscle groups.
Glycolysis-A	Zone of glycolytic “capacity”. Work is performed mostly through glycolysis and maximal cardiorespiratory activity. Duration of exercise or single repetition in a set is 1-3 min.
Glycolysis-B	Performance at near maximal glycolytic power with aerobic component quite low. Duration of a single training repetition is 30 sec to 1.5 min.
Glycolysis-C	Zone of maximal glycolysis. Performance at expense of both power and capacity of glycolysis. Mainly “split sets” with duration of an item being 30 sec to 2 minutes but at maximal and supra-maximal swimming speeds.
Alactic Creatine-Phosphate	Short-time maximal effort exercises (maximal mechanical power and movement frequency). Source of energy -- break-down of Creatine Phosphate. Duration of a single effort is 5-20 sec with occasional 30 sec efforts. Heart rate, VO_2 and lactate do not achieve high values since the time of effort is very short.

Fonte: Vorantov (1997)

Binder *et al.*(2008) afirmam que a determinação individualizada dos parâmetros máximos de exercício serve como base para a prescrição correta de da intensidade de exercícios. Assim, a identificação dos limiares de lactato, da frequência cardíaca máxima e dos parâmetros de troca gasosa, possibilita a classificação da condição física. O autor divide a avaliação desses parâmetros durante a realização de testes incrementais, em três fases de intensidade de exercício (Figura 3).

Figura 3 - Zonas de Intensidade de Exercício



Fonte: Binder *et al.* (2008)

Para Rushall (2018) a aplicação popular, baseada em crenças para o uso de terminologias que classificam e cumprem as demandas dos sistemas de energia como referência para a prescrição da intensidade de exercícios, se concentram somente no metabolismo aeróbio e são frequentemente carregadas de muita desinformação. O autor ainda conclui essa falta de conhecimento técnico e científico sobre o assunto, a uma rotulagem de subsistemas.

De acordo com Sweetenhan *et al.* (2003) as zonas de intensidade de carga tem sido investigadas por diversos pesquisadores com a finalidade de controle e prescrição do treinamento. O autor pontua a importância da compreensão de cada uma delas para que sejam prescritas de forma individualizada proporcionando assim melhores resultados (Figura 4).

Figura 4 - Quadro Comparativo das Diferentes Terminologias Utilizadas para Determinação da Intensidade de Treino.

FPN (s/d)		British Swimming (2011)		Maglischo (2003)	Sweetenham (2003)	
AR	Aquecimento, Recuperação	Zone 1	A1	Aerobic Low Intensity	En1	A1
A1	Limiar Aeróbico		A2	Aerobic Maintenance		A2
A2	Limiar Anaeróbico	Zone 2	AT	Anaerobic Treshold	En2	A3
						AT
PA	VO2max	Zone 3	VO2	Aerobic Overload	En3	MVO2
TL	Max. Acumulação de Lactato	Zone 4	LP	Lactate Production	SP2	LP
PrLa	Máx. Produção de Lactato		LT	Lactate Tolerance	SP1	LT
V	Sprint	Zone 5	Speed	Basic Speed ATP-CP	SP3	Sprint

Fonte: Sweetenhan *et al.*(2003)

Segundo Fernandes *et al.*(2024) o desempenho na natação é influenciado tanto pelo condicionamento físico quanto pela habilidade técnica. Os autores, desenvolveram com base em dados fisiológicos: cinética do VO2max, valores de lactato e frequência cardíaca; e biomecânicos: comprimento (SL) e frequência (SF) de braçadas, índice de coordenação (IdC), zonas de treino e sugeriram métodos e conteúdo de treinamento para cada uma delas (Figura 5).

Figura 5 - Quadro Descritivo das Zonas de Treinamento – Conteúdos e Métodos de Treinamento

Training zones	Intensity domains	Boundaries	$\dot{V}O_2$ (ml $\cdot$ kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	[La ⁻] (mmol.L ⁻¹)	HR (beats·min ⁻¹)	SF (cycles·min ⁻¹)	SL (m·cycle ⁻¹)	IdC (-1 - 1)	RPE (6 - 20)	Time (min)	Training methods	Training contents
Aerobic capacity 1	Low intensity	Upper: AnT	Monoexponential rise and steady state in ~3 min	No increase (<2/3)	<140 - 50	<30	2.5 - 3.0	<0	<10	≥40	Long duration method/Extensive method	Continuous exercise/ Long duration exercise with intervals
Aerobic capacity 2	Moderate intensity	Around the AnT	Monoexponential rise and steady state in ~3 min	Transient increase (<3/4)	<150 - 60	30 - 35	2.2 - 2.9	<0	11 - 12	~30	Long duration method/Extensive and interval methods	Continuous exercise and fartlek/Long duration exercise with intervals
Aerobic capacity 3	Heavy intensity	Lower: AnT	Biexponential rise, with a slow component superimposed on primary phase	High (4/5 - 7)	160 - 70	35 - 40	2.1 - 2.7	<0	13 - 15	10 - 20	Intensive interval method/Competitive method	Medium and short duration exercise with intervals/Fractioned race pace
Aerobic power	Severe intensity	Upper: VO _{2max}	Biexponential rise, with a slow component developing until VO _{2max}	Very high (8 - 10)	170 - 90	40 - 45	2.0 - 2.5	≤0	16 - 17	3 - 10	Intensive interval method/Competitive method	Medium and short duration exercise with intervals/Fractioned race pace
Anaerobic power and capacity	Extreme intensity	Lower: VO _{2max}	Fast component rise without achieving VO _{2max}	Utmost > 12	>190	>45	1.9 - 2.5	≥0	18 - 20	<2/3	Intensive interval method/Repetitions method/Competitive method	Medium and short duration exercise with breaks/Complete recovery intervals/ Fractioned race pace

Fonte: Fernandes *et al.*(2024)

Rama e Borges (2008) relatam que são vários os procedimentos para acompanhar a prescrição das intensidades durante o treinamento e que muitos deles são invasivos e não práticos. No estudo, os autores propõem uma adaptação para o uso da escala de percepção de esforço subjetivo, como ferramenta de suporte para avaliar e controlar as cargas de treino durante os microciclos (Tabela 1).

Tabela 1 - Zona de intensidade, velocidades médias, lactato e índice de ponderação adaptados (Adaptado de Valdevieso FN et al., 2001)

Zona de intensidade	Objectivo	Velocidade média de nado	Lactatemia mmol.l ⁻¹	Índice de stress
I	Aquecimento e Recuperação	até 60%	–	1
II	Capacidade Aeróbia	até 70%	2 - 3	2
III	Limiar Anaeróbio	≈ 80%	3 - 4	3
IV	Potência Aeróbia	≈ 85%	6 - 9	4
V	Tolerância Láctica	≈ 90%	>8	6
VI	Máxima Produção de Lactato	≈ 95%	>8	8
VII	Velocidade	máxima	–	10

Para Raposo (2017), a variação das intensidades aplicadas durante os diferentes ciclos de treino desempenha um papel importante no processo da melhora do desempenho e aponta a importância de se definir as zonas de intensidade de treinamento, para operacionalizar a estrutura e distribuição das cargas ao longo de toda a periodização, e assim, desenvolver uma preparação física altamente específica e prévia à competição. O autor sugere 05 zonas de treino de resistência (Tabela 2).

Tabela 2 - Caracterização das Zonas de Treino de Resistência

Zonas de Treino	% da melhor marca pessoal	Frequência Cardíaca (pls./min.)	Nível de lactato (mMl)	Objetivo	Duração Total do Esforço (min.)
Zona 1	Inferior a 75	≥130	≥ 2	Recuperação	Sem limite
Zona 2	75 - 82	130 – 150	2 - 3,5	Capacidade Aeróbia geral	30 - 60
Zona 3	82 - 88	150 – 165	3,5 - 5,5	Limiar Anaeróbio	20 - 30
Zona 4	82 - 88	165 – 180	5,5 - 7,5	Resistência mista (aeróbia/anaeróbia)	6 - 20
Zona 5	96 - 100	180 – 190	8 – 11	Resistência mista (aeróbia/anaeróbia)	3 - 6

Fonte: Raposo (2017)

Independentemente da terminologia e das características que as descrevem, é importante compreender que a prescrição de treino a ser dedicada a cada uma delas, dependerá de alguns fatores como: lastro fisiológico (nível de experiência), condição física atual, idade cronológica, capacidade técnica, e objetivos a serem alcançados dentro da periodização, para que técnicos e nadadores alcancem melhores resultados (Barroso *et al.* 2011).

Maglischo (2003) pontua a zona do LAn (e no caso do autor, o mesmo descreve esta zona, com a terminologia “endurance 2” - En2), como uma referência importante de intensidade para que ocorram importantes adaptações fisiológicas, e complementa que não é necessário realizar o treino no ponto exato desta intensidade, pois os distúrbios fisiológicos também irão acontecer com o treino nas proximidades dessa zona, um pouco acima, como também, um pouco abaixo.

Não é objetivo deste estudo fazer uma revisão sobre as diferentes terminologias e todas as características que lhes dão sustentação, mas sim, pontuar que são inúmeros os conceitos e referências fisiológicas que tentam traduzi-los, mas que não existe consenso na literatura científica e muito menos entre a comunidade de técnicos e preparadores físicos de natação, para a escolha e utilização prática dessa ferramenta na prescrição e acompanhamento das intensidades durante as sessões de treinamento.

Por outro lado, essas diversas terminologias, que acontecem em muitas modalidades, mas especialmente na natação, são formas práticas e didáticas de serem utilizadas como zonas de controle do treinamento. Assim, independente da terminologia escolhida, é importante padronizar sua aplicação durante toda a periodização para que ocorram as adaptações ideais ao treinamento (Espada *et al.* 2021).

Em nosso estudo, como mencionado acima, escolhemos a terminologia LAn e a sua definição como sendo a intensidade em que acontece a máxima fase estável de equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato, e a qual pode ser sustentada por um período em média de 30min. Para fins de prescrição do treinamento, buscamos nos orientar com uma proposta de “zonas de treinamento” que contemplem essas características.

2.4 Equações de Predição: uma visão geral

As equações de predição são ferramentas matemáticas utilizadas para estimar o desempenho atlético em diversos contextos esportivos. Elas são especialmente valiosas quando a medição direta de variáveis fisiológicas é impraticável ou invasiva. Essas equações podem ser aplicadas para prever a performance, controlar a intensidade do treinamento e monitorar o progresso dos atletas ao longo do tempo. A precisão e a utilidade das equações de predição dependem da qualidade dos dados e a adequação ao esporte específico.

Buscando contribuir com o tema, Franken *et al.* (2011) investigaram a aplicação de um método que não fosse invasivo e que não tivessem a necessidade de equipamentos dispendiosos e alto custo, com o objetivo de determinar o limiar anaeróbio na natação. Para isso, exploraram o método da velocidade crítica (VC) e chegaram à conclusão de que a VC pode ser uma ferramenta útil para a determinação da avaliação aeróbia, prescrição e controle das intensidades de treinamento.

Canavan e Vescovi (2004) e Machado e Denadai (2011) são alguns dos autores que demonstraram que a aplicação de métodos indiretos de avaliação, representados por modelos matemáticos refinados e ajustados a partir de valores de referência, baseados em prévias análises de indicadores diretos, podem ter grande eficiência na aplicação destes, em diferentes áreas no campo da atuação humana, envolvendo inclusive o esporte de alto rendimento.

Mahseredjian *et al.* (1999) buscaram analisar a correlação entre o teste de Cooper e o teste direto para a determinação do VO_2max , bem como, validar o teste de 4000m para a predição do limiar anaeróbio em atletas de futebol. Os autores sugerem uma imprecisão do Teste de Cooper para avaliação do VO_2max nesse grupo e concluem que o teste de 4000m é um bom preditor para a determinação da capacidade aeróbia.

Objetivando contribuir com a utilização de métodos indiretos para a avaliação e acompanhamento da performance, Canavan e Vescovi (2004) avaliaram a correlação de equações de predição de potência para o salto vertical em mulheres, com o teste direto realizado em plataforma de força. Os autores concluíram que as equações avaliadas são precisas e podem ser utilizadas para monitorar as respostas ao treinamento.

Hall *et al.* (2004) compararam o gasto energético real da caminhada e da corrida com o gasto energético calculado por meio de equações de predição. Os autores concluíram que não há diferenças entre as medidas da pista e da esteira, e que o gasto energético para uma mesma distância, é sempre maior durante a prática da corrida quando realizada em maior intensidade. Concluem que as equações de predição podem ser utilizadas para a determinação do gasto energético.

Modelos matemáticos-estatísticos têm sido elaborados com objetivo de prever, predizer o desempenho humano esportivo, tanto a curto, como longo prazo. Heazlewood (2006) utilizaram os tempos e distância dos finalistas dos jogos olímpicos de 2002 e 2004, em provas de natação e atletismo, para gerar os dados para análise estatística e estimativa para prever os resultados dos jogos olímpicos de 2006. Os autores sugerem que os modelos não lineares apresentam ajustes mais próximos para prever mudanças no desempenho.

Silva *et al.* (2007) avaliaram a precisão de métodos matemáticos e modelos de redes neurais para prever o desempenho na natação. Os autores concluem que o uso da tecnologia das redes neurais permitiu criar modelos realistas e que podem ser utilizados como uma ferramenta na resolução de problemas complexos como a modelagem de desempenho e a identificação de talentos na natação.

A busca por métodos indiretos para a predição do desempenho na natação, também foi tema do estudo realizado por Silva *et al.* (2007). Os autores visaram determinar equações preditivas em diferentes variáveis cronométricas: tempo de saída, tempo de nado, tempo de virada e tempo de chegada para os 100, 200 e 400m nado livre e para os 100 metros nado borboleta, peito e costas. Os autores concluíram que para as condições do mesmo, a equação preditiva é uma boa forma de se prever a performance.

Segundo Silva (2007) as equações de predição na natação são ainda pouco desenvolvidas e a capacidade de prever o desempenho permanece imprecisa, porém, como demonstrado em outros esportes, podem também representar uma ferramenta potencial para solucionar de forma reprodutível e confiável, a interpretação e aplicação de testes indiretos de baixo custo, tais como os testes de 100 e 200m de natação realizados em campo.

Buscando compreender a relação entre a força propulsiva (FP) no nado crawl e a sua relação com o aumento da área muscular dos braços (AMB), Dos Santos *et al.*(2019) propõem elaborar uma equação para estimar a FP. Os autores apontam que essa relação aumenta quanto maior for a massa muscular dos braços e concluem que a equação pode ser utilizada para prever a força propulsiva de nadadores.

Avaliando um modelo de fluxo de análise de trajetória para o desempenho de jovens nadadores, Barbosa *et al.*(2010) desenvolveram uma modelagem de equações estruturais, baseadas em parâmetros biomecânicos (comprimento e frequência de braçadas, e velocidade do nado) e energéticos (velocidade crítica, índice de braçada e eficiência propulsiva). O modelo confirmatório explicou 79% do desempenho dos jovens nadadores nos 200 metros nado livre.

Para Guedes *et al.*(2011) existe uma lacuna na apresentação da reprodutibilidade e dos resultados conseguidos a partir de métodos e sistemas indiretos de avaliação da performance, quando comparados a modelos envolvendo técnicas invasivas. Essa defasagem de informações parece ser ainda maior quando se quer determinar a eficiência e sensibilidade destes métodos indiretos no processo de avaliação, acompanhamento e prescrição do treinamento.

Com o objetivo de prever a performance na natação, Maszczyk *et al.*(2012), a partir da avaliação da capacidade pulmonar, força, aspectos técnicos do nado, antropometria e testes específicos de velocidade de nado, identificaram variáveis preditoras e construíram modelos de regressão não linear e modelos neurais para explicar o desempenho nos 50 e 800m nado livre. Os resultados indicaram que os modelos neurais foram superiores aos de regressão, tanto na previsão de performance, como para a seleção de atletas.

Da Costa *et al.*(2013) destacam que as equações de predição resultantes de métodos diretos de avaliação, podem contribuir como um método de avaliação de baixo custo e fácil aplicabilidade. Os autores buscaram modelar e validar uma equação para estimar o consumo máximo de oxigênio de nadadores adultos não experientes. A conclusão foi que a equação é eficiente para a sua aplicação, e que pode auxiliar os treinadores durante as aulas, como um parâmetro de identificação da condição física.

De acordo com Prakash (2018), a utilização de equações na natação, também podem ser utilizadas para a antecipação na detecção de pessoas em início de afogamento. O sistema, de equações e imagens, tem potencial para ser integrado a um sistema de câmeras de piscina, e que enviaria um sinal de alarme, para que uma ação de socorro seja feita mais rápida e com uma probabilidade de recuperação também maior.

Larh *et al.* (2019) compararam a frequência cardíaca máxima (FCM) obtida pelo tiro máximo nos 200m nado peito e livre, com a FCM obtida por 53 equações de predição. A concordância para as equações de predição quando comparadas com o teste de 200metros nado crawl, foram melhores, quando comparados ao nado peito. Os autores concluíram que as equações de predição devem ser utilizadas quando não for seguro a realização do teste específico máximo, e de preferência utilizando as de nado crawl.

A determinação de uma equação para o desempenho na natação (400metros livre), também foi tema de estudo realizado por Boies *et al.* (2021); Entretanto não em provas específicas de natação e sim, no Triathlon de curta distância. Os autores concluíram que os resultados do estudo, podem ser utilizados para a predição do desempenho nas três modalidades (natação, ciclismo e corrida), mas sugerem que sejam feitas outras pesquisas para que análises mais precisas possam ser realizadas.

Para Feijen *et al.* (2021) o uso de modelos matemáticos na natação, também podem ser utilizados como uma ferramenta para a predição de dores no ombro e assim, auxiliar no desenvolvimento de estratégias para a sua prevenção. O nível de competição, a relação carga agudo/crônica de trabalho, a resistência muscular posterior de ombro e o erro na entrada da mão foram indicados como os principais fatores. Os autores sugerem que sejam feitos mais estudos para aumentar a sensibilidade do modelo.

Segundo Yuan e Han (2022), os modelos de regressão linear múltipla e de rede neural podem prever o desempenho na natação com maior eficiência quando utilizados juntos e de forma complementar. Combinando os índices fisiológicos e bioquímicos dos atletas, os autores estabeleceram um modelo de avaliação para a predição do desempenho nos 10km estilo livre e concluíram que essa base teórica pode melhorar a entrega de informações para serem compartilhadas entre treinadores e atletas.

Chainok *et al.*(2023) relatam que pesquisas utilizando a modelagem e previsão do desempenho na natação, acabam aplicando equações diferenciais lineares ou análises de regressão, mas que contudo as inter-relações entre a performance e as variáveis determinantes, nem sempre são lineares.

Os autores concluem que o uso de métodos não lineares, como os de aprendizado de máquina, podem auxiliar na identificação de modelos realistas para a predição da performance na natação.

O quadro aqui apresentado, sugere otimizar a relação entre modelos de avaliação e prescrição do treinamento utilizando métodos diretos, com os indiretos, como as equações de predição (EP). A maioria dos estudos foca na predição da performance, sem fornecer parâmetros úteis para a prescrição e controle do treino e poucos abordam a aplicação de equações que identifiquem o limiar anaeróbio e suas práticas na natação. Além disso, existe uma lacuna para investigar a sensibilidade das EP nos diferentes períodos do treinamento.

3.JUSTIFICATIVA

A maioria dos modelos de controle, avaliação e acompanhamento da periodização do treinamento em natação não são compatíveis com a realidade dos protocolos e a atuação prática dos treinadores brasileiros na borda da piscina. A comunidade científica vem buscando outros caminhos para popularizar protocolos e simplificar esses métodos de maneira não invasiva. A realização de um estudo correlacional entre indicadores diretos e indiretos de performance para a elaboração de equação preditiva de limiar anaeróbio pode contribuir na otimização e potencializar métodos de treinamento. Além disso, esse estudo traz benefícios diretos para a população do estudo, como a possibilidade de treinadores e atletas acessarem ferramentas mais precisas, rápidas e menos invasivas para monitorar o desempenho, facilitando ajustes no treinamento de forma mais eficiente e segura. Isso pode resultar em melhorias no desempenho esportivo, maior segurança durante os treinos e uma maior democratização do acesso a métodos de avaliação de alta qualidade, beneficiando atletas de diferentes níveis e promovendo o desenvolvimento da natação no Brasil.

4.OBJETIVOS

4.1 Gerais

Propor uma equação de predição para determinação do limiar anaeróbio a partir de testes V100 e V200 na natação.

4.2 Específicos

Elaborar o modelo matemático para a equação de predição do limiar anaeróbio.

Testar a validade da equação de predição desenvolvida para a determinação do limiar anaeróbio.

Verificar a sensibilidade da equação de predição do limiar anaeróbio entre os períodos de base, específico e polimento durante o macrociclo.

5.HIPÓTESE

H0 (Hipótese Nula):

A equação de predição do limiar anaeróbio, baseada nos testes V100 e V200, não apresenta validade significativa na determinação do limiar anaeróbio, e sua sensibilidade não difere entre os períodos de base, específico e polimento durante o macrociclo.

H1 (Hipótese Alternativa):

A equação de predição do limiar anaeróbio, baseada nos testes V100 e V200, apresenta validade significativa na determinação do limiar anaeróbio, e sua sensibilidade difere entre os períodos de base, específico e polimento durante o macrociclo.

6.METODOLOGIA

6.1 Aspectos Éticos e legais

O presente projeto de pesquisa foi devidamente submetido ao comitê de ética em pesquisa – CEP da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), registrado sob o protocolo CAAE 78707524.5.0000.5498, tendo sido aprovado sob Parecer nº 6.836.884 e seguiu rigorosamente as normas da Res.CNS 466 de 2012 e suas complementares.

6.2 Características dos Participantes

Participaram do presente estudo um total de 229 nadadores de média etária de $22 \pm 1,9$ anos, sendo 121 do sexo masculino e 108 do feminino integrantes da equipe de natação UNAERP e filiados à Federação Aquática Paulista, com período mínimo de prática competitiva de 2 anos, os quais apresentavam para o nado crawl, World Aquatics Point Scoring (AQUA) de acordo com as tabelas 3 e 4:

Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão - AQUA - para o tempo dos nadadores nos 100m nado crawl

	Média	Desvio Padrão
Grupo Total (75)	364,86	108,34
Homens (46)	442,50	112,30
Mulheres (29)	338,71	62,45

Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão - AQUA - para o tempo dos nadadores nos 200m nado crawl

	Média	Desvio Padrão
Grupo Total (41)	433,89	116,45
Homens (22)	484,32	123,47
Mulheres (19)	374,79	98,67

6.2.1 Critérios de Inclusão

Foram considerados como critérios de inclusão os nadadores que no período da seleção do estudo: a) possuíam maioridade legal; b) possuíam o mínimo de 2 anos de prática desportiva federada; c) apresentavam assiduidade mensal ao treino superior a 80%.

6.2.2 Critérios de Exclusão

Foram considerados como critérios de exclusão os nadadores que: a) apresentavam-se lesionados; b) faziam uso de alguma medicação; c) não estavam participando de competições oficiais federadas.

6.3 Programa de Treinamento

O programa de treinamento de natação da equipe da UNAERP é composto por nadadores competidores em âmbito regional, estadual e nacional. O programa de treinamento é constituído por dois macrociclos anuais, sendo no primeiro semestre composto por 6 meses, divididos entre os períodos de base, específico e polimento (competitivo), seguido por 15 dias de recuperação. O segundo macrociclo, mais curto, é composto de 4 meses e 15 dias, seguidos de 30 dias de recuperação.

Ambos os macrociclos são conduzidos em média por duas sessões diárias de treinamento físico, sendo uma em piscina e a outra uma preparação fora da água. Ao longo da semana, por meio de um programa institucional de fomento a extensão -PROEXT- é realizado um trabalho multidisciplinar, sendo ainda distribuídas 4 sessões fisioterápicas de fortalecimento e prevenção a lesões, e mobilidade articular e flexibilidade, e uma sessão de atendimento psicológico totalizando uma média diária de treinamento de aproximadamente 3h30.

6.4 Testes

Para a efetivação das análises propostas no presente estudo, foram realizados 02 tipos de testes, sendo o primeiro para determinação de V100 e V200, nado crawl, e o segundo para a determinação do limiar anaeróbio pela aplicação do teste de lactato mínimo (TLM), repetidos no início dos períodos de base, específico e polimento. Os testes foram realizados em piscina aberta de 25m, com temperatura da água de $27 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$.

6.4.1 Aquecimento

Os nadadores foram orientados a realizar um aquecimento de aproximadamente 1500m, com estímulos de fraco a moderado, seguidos por tiros mais fortes, e de acordo com a sua rotina nas competições.

6.4.2 Determinação das velocidades máximas - V100 e V200

Para avaliar o desempenho máximo durante o teste, após o aquecimento, todos os nadadores foram informados a realizar um tiro para as distâncias de: V100 (velocistas) e V200 (meio fundo e fundo). De cima do bloco de saída, ao sinal de partida, os mesmos foram orientados a nadar no estilo crawl o mais rápido possível e mantendo o maior esforço durante todo o percurso. Ao final, foi registrado o tempo individual de cada nadador utilizando-se um cronômetro de alta precisão da marca FINIS, modelo 3X-300M.

6.4.3 Determinação do limiar anaeróbio – TLM

O protocolo consistiu inicialmente da realização de um esforço máximo no estilo crawl de V100 (velocistas) e V200 (meio fundo e fundo), como forma de indução a hiperlactacidemia, seguido por 8 minutos de intervalo passivo, e na sequência por cinco esforços progressivos de 200m, com intervalo de 3 minutos entre eles e com incremento subjetivo da intensidade a cada estágio (Campos *et al.* 2014). Imediatamente após o 3º, 5º e 7º minutos a fase de indução a hiperlactacidemia, e após cada esforço durante o teste progressivo, foram coletadas 25 µl de sangue do lóbulo da orelha para a determinação do Lactato sanguíneo [LAC]. As amostras foram armazenadas em tubos Eppendorf, diluídas em 50 µl de NaF (1%), para posterior determinação do lactato no Analisador Eletroquímico YSL® modelo 1500 SPORT, Yellow Spring, OH, USA. A curva do lactato sanguíneo versus a carga de trabalho, para cada nadador determinada no teste foi obtida, por ajuste polinomial de grau 2, pelo uso software (MICROSOFT OFFICE - EXCEL®). Procedeu-se então, a determinação matemática, pela análise da função, do menor valor da concentração de lactato sanguíneo e respectiva carga de trabalho. Esse menor valor indicou o limiar anaeróbio individual (LAn).

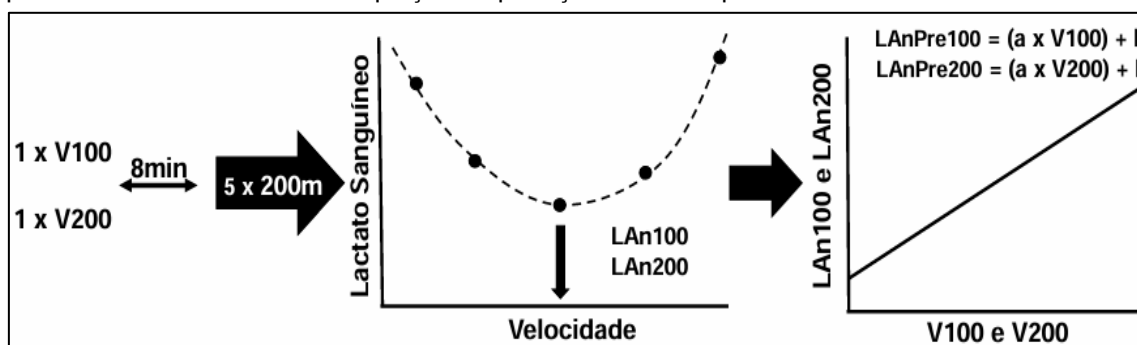
6.5 Ensaios

Após a realização dos testes acima citados, o presente estudo prosseguiu cronologicamente por três ensaios matemáticos. O primeiro deles, voltou-se para elaboração da equação para predição, o segundo ensaio, destinou-se a validar o referido modelo matemático e finalmente por meio do terceiro ensaio, o modelo da equação de predição, foi testado quanto a sua sensibilidade.

Com o objetivo de elaborar as equações para predição da intensidade do LAn (Ensaio 1), um total de 105 nadadores foram submetidos a um teste de lactato mínimo (TLM), que foi composto por um esforço máximo no estilo crawl, V100 para os velocistas (n=75) e V200, meio fundo e fundo (n=30), como forma de indução a hiperlactacidemia, seguido por oito minutos de intervalo passivo e por cinco esforços progressivos de 200m com incremento subjetivo de intensidade (Campos *et al.* 2014).

Imediatamente, após o 3º, 5º e 7º min a fase de indução a hiperlactacidemia e após cada esforço durante o teste progressivo, amostras sanguíneas foram coletadas do lóbulo da orelha. As relações obtidas entre as concentrações sanguíneas de lactato e as respectivas velocidades de nado foram ajustadas utilizando o modelo polinomial de 2ª ordem, de modo que intensidade de LAn correspondeu a derivada zero desse ajuste (Pardono *et al.* 2008). As velocidades obtidas durante os testes de indução (V100 e V200) foram submetidas ao procedimento de regressão linear com as respectivas velocidades de LAn100 e LAn200, de modo que as equações provenientes dessas relações foram assumidas como as equações preditoras da intensidade de LAn partir dos esforços máximos (Figura 6).

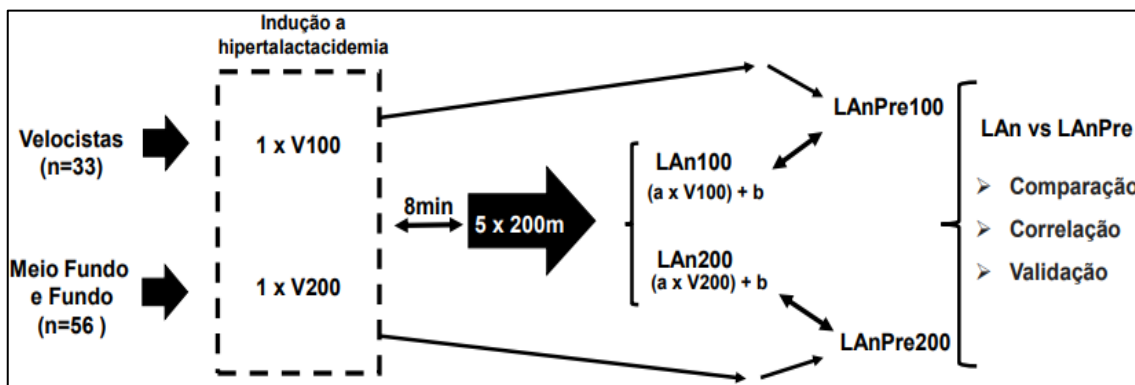
Figura 6 - Representação esquemática dos procedimentos utilizados para construção das equações de predição da intensidade do LAn a partir das velocidades V100 e V200 nado crawl realizados durante a fase de indução a hiperlactacidemia. LAn100: obtido a partir da indução da V100; e LAn200: obtido a partir da indução da V200. LAnPre100: equação de predição do LAn a partir da V100 e LAnPre200: equação de predição do LAn a partir da V200.



Posteriormente, para validar as equações de predição do LAn (Ensaio 2), um outro grupo composto por 89 nadadores, que não tiveram seus resultados utilizados para a construção das equações, realizou os mesmos procedimentos. Os nadadores velocistas ($n=33$) realizaram um esforço máximo no estilo crawl, V100 e os nadadores de meio fundo e fundo ($n=56$) um de V200. Os mesmos nadadores realizaram ainda o teste para a determinação do LAn100 e LAn200.

Desse modo, as intensidades de LAn100 e LAn200, foram comparadas as intensidades preditas das equações LAnPre100 e LAnPre200 respectivamente (Figura 7).

Figura 7 - Representação esquemática dos procedimentos utilizados para construção das equações de predição da intensidade do LAn a partir das velocidades V100 e V200 nado crawl realizados durante a fase de indução a hiperlactacidemia. LAn100: obtido a partir da indução da V100. LAn200: obtido a partir da indução da V200. LAnPre100: equação de predição do LAn a partir da V100 e LAnPre200: equação de predição do LAn a partir da V200.

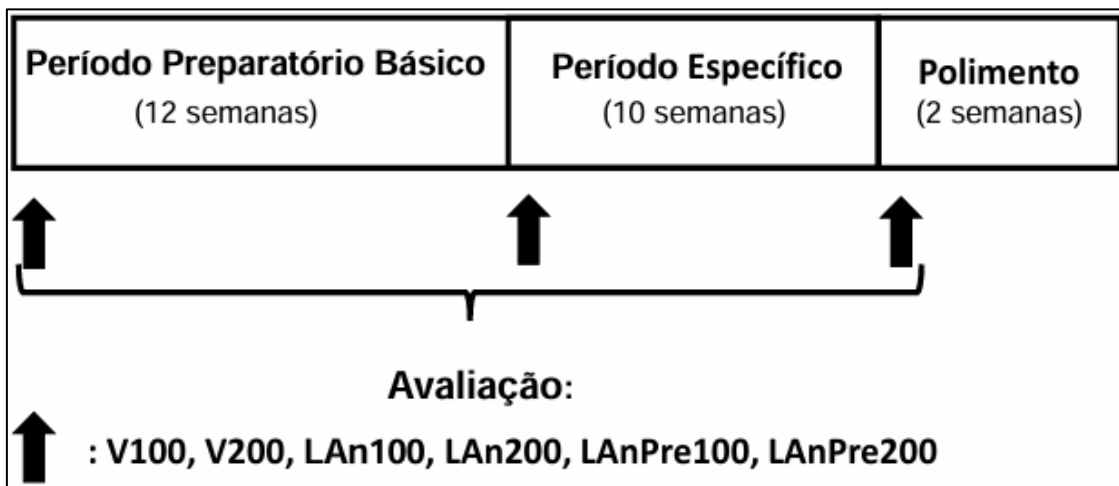


Para testar a sensibilidade das equações entre os diferentes períodos do treinamento (Ensaio 3), um total de 35 nadadores (22 velocistas e 13 de meio fundo e fundo), que treinavam com uma frequência semanal entre 6 a 10 vezes, e volume médio diário de 4 km/dia, foram monitorados durante um ciclo de treinamento periodizado em 24 semanas até a data da competição. Os nadadores foram submetidos aos mesmos procedimentos descritos anteriormente para determinação do LAn100 e LAn200 e consequentemente, obtenção dos dados referentes a V100 e V200 e para posterior elaboração dos LAnPre100 e LAnPre200.

Os testes foram realizados ao início de cada período (preparatório básico, específico e polimento). O planejamento do macrociclo foi elaborado exclusivamente pelos treinadores do projeto e dividido da seguinte maneira: período de base (12 semanas); período específico (10 semanas); e polimento (2

semanas). Durante as fases da periodização as intensidades do LAn provenientes das respostas lactacidêmicas foram comparadas com as velocidades do LAnPre100 e LAnPre200 respectivamente (Figura 8).

Figura 8 - Representação dos momentos da periodização em que foram realizados os testes de esforço máximo, V100 e V200 nado crawl, e os testes para a determinação do LAn100 e LAn200.



6.6 Análise dos dados

Os dados foram submetidos a tratamento estatístico descritivo para análise da existência ou não de normalização dos valores de tendência amostral pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Após, foi aplicada equação de normalização e os valores submetidos a análise estatística comparativa (Teste t – pareado e Anova Two Way) pelo emprego do pacote estatístico SPSS v17.1 e análise correlacional (Correlação Simples De Pearson, Regressão Linear e Coeficiente de Determinação - R^2) pelo emprego Software R do de acordo com o perfil de parametria. O Software calcula correlações usando a função “*cor()*” do pacote *stats* na base do R . Na sequência, foi aplicada cálculo de regressão para análise de predição do limiar anaeróbio indireto. Ao final, os resultados foram submetidos a testes pós-hoc para identificação pontual de diferenças (2003); Kraemer *et al.* 2001).

Na análise de dados, os coeficientes de correlação (r) e de determinação (R^2) são métricas interligadas e cruciais para avaliar as relações entre variáveis. Embora ambos quantifiquem relações, eles se diferenciam quanto ao aspecto que cada um explica sobre a relação entre as variáveis (Hinkle *et al.* 2003).

O coeficiente de correlação de Pearson, também denominado na literatura por correlação produto-momento, é uma medida da força de uma associação linear entre duas variáveis quantitativas. O cálculo do coeficiente envolve a covariância entre as duas variáveis e os desvios padrão de cada variável. Essa medida considera tanto a dispersão das variáveis individuais quanto a relação entre eles. Em resumo, o coeficiente de correlação (r) mede a direção e a força de uma relação linear entre duas variáveis, com valores que vão de -1 (correlação negativa perfeita) até 1 (correlação positiva perfeita).

Por outro lado, o coeficiente de determinação (R^2) expressa a proporção da variância na variável dependente que é explicada pela variável independente, oscilando entre 0 (nenhuma variância explicada) e 1 (variância completamente explicada). Esse coeficiente, corresponde ao quadrado do coeficiente de correlação (r). Ele indica a proporção de variação da variável independente que é explicada pela variável dependente, ou seja, é uma ferramenta que avalia a qualidade do ajuste. Quanto mais próximo da 1 for o valor do R^2 , melhor a qualidade do ajuste. O seu valor fornece a proporção da variável Y explicada pela variável X através da função ajustada.

Os coeficientes de correlação (r) e de determinação (R^2), são métricas que desempenham papel primordial na análise dos dados do presente estudo.

Encontrar e compreender esses coeficientes não apenas enriquece o tratamento estatístico, mas também aprimora a capacidade de interpretar e modelar relações entre variáveis com evidências sólidas e análises rigorosas.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados provenientes de cada um dos ensaios, podemos apontar como principais achados, elevados coeficientes de determinação entre as velocidades V100 e V200 com as intensidades de LAn, possibilitando a elaboração de equações de predição para a estimativa do LAnPre100 e LAnPre200, bem como, elevada correlação entre os valores encontrados para LAn e LAnPre para ambas as velocidades em diferentes momentos e grupos de nadadores, permitindo a validação das equações. Entretanto somente o LAnPre200 foi sensível as diferentes fases da periodização em natação.

7.1 Ensaio 1

A utilização de um protocolo que induziu a hiperlactacidemia por meio de um esforço máximo de V100 ou V200, seguido de um período de recuperação passiva e uma série de esforços progressivos de 200m, simula de forma controlada uma situação de competição e permite que o LAn seja observado em condições de esforço realista. As amostras sanguíneas coletadas em momentos específicos (3º, 5º e 7º min após a indução da hiperlactacidemia) possibilitaram o estabelecimento da relação entre a concentração de lactato e a velocidade de nado. Além disso, o uso de um modelo polinomial de segunda ordem, representou adequadamente a relação entre as concentrações de lactato e das velocidades de nado (Pardono *et al.* 2008), que nesse protocolo corresponde a um comportamento em forma de “U achatado”, portanto não lineares.

Foram observados elevados coeficientes de determinação entre as velocidades V100 e V200 com as intensidades de LAn, possibilitando elaboração de equações de predição.

A utilização da regressão linear entre as V100 e V200 com as intensidades dos LAns possibilitou a elaboração de equações preditivas que podem ser facilmente aplicadas na prática, para estimativa da capacidade aeróbia do nadador. O fato de ter sido observados elevados coeficientes de determinação entre as variáveis (velocidade e intensidade de limiar anaeróbio) é um indicativo de que as equações de predição podem ser confiáveis, o que aumenta sua utilidade para a prática esportiva (Figura 9 e 10).

Figura 9 - Relação obtida dos pontos entre a velocidade de limiar anaeróbio (LAn) estimado por meio do teste de lactato mínimo tendo como indução esforço de 100m nado crawl (V100), que foram utilizados para elaboração da equação de predição do LAn a partir de um único esforço de 100m nado crawl (LAnPre100). R^2 : Corresponde ao coeficiente de determinação (explicação) dessa relação.

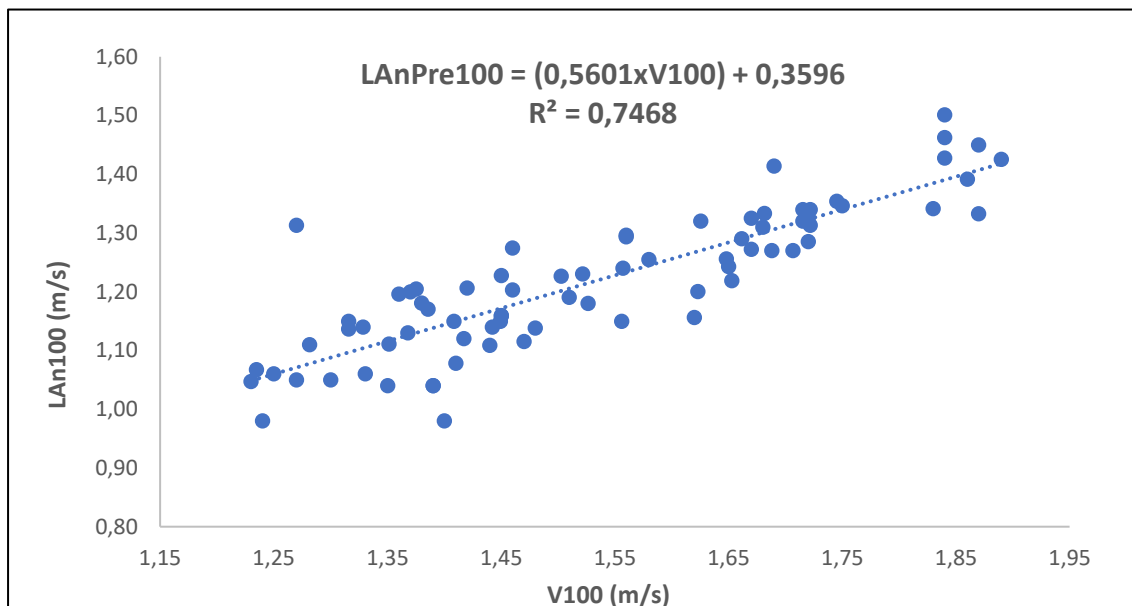
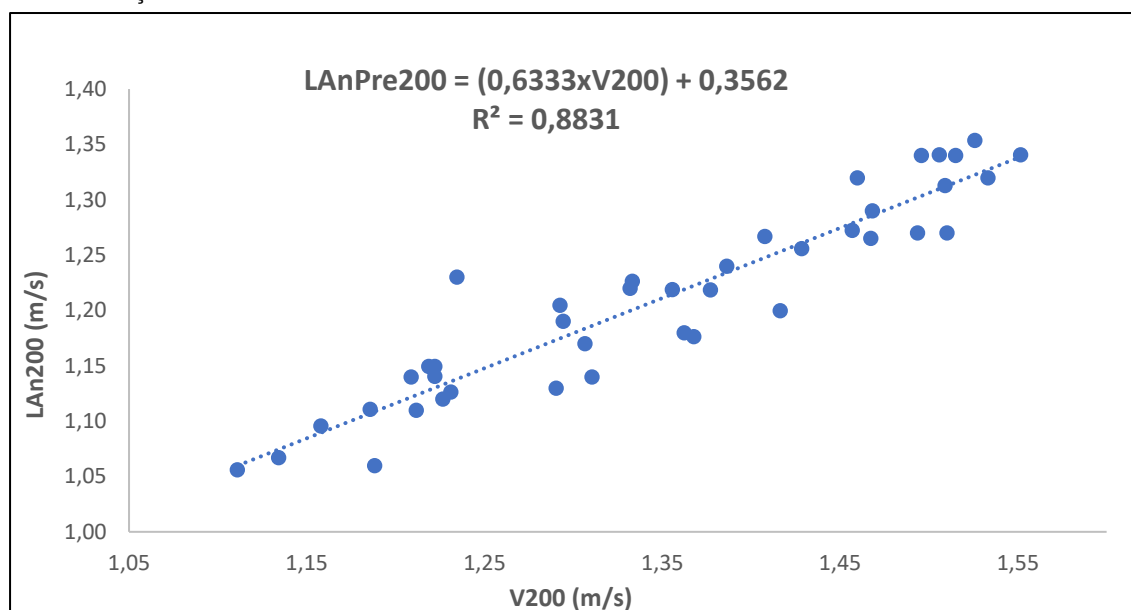


Figura 10 - Relação obtida dos pontos entre a velocidade de limiar anaeróbio (LAn) estimado por meio do teste de lactato mínimo tendo como indução esforço de 200m nado crawl (V200), que foram utilizados para elaboração da equação de predição do LAn a partir de um único esforço de 200m nado crawl (LAnPre200). R^2 : Corresponde ao coeficiente de determinação (explicação) dessa relação.



A partir dos resultados apresentados, pode-se verificar a possibilidade de estimar os LAnPre100 e LAnPre200 por meio de esforços máximos de nadadores, especialmente no contexto real de treinamento e competição.

A utilização de um protocolo que induziu a hiperlactacidemia através de um esforço máximo de V100 ou V200, seguido de um período de recuperação passiva e uma série de esforços progressivos de 200m, simula de forma controlada uma situação de competição e permite que o LAn seja observado em condições de esforço realista. As amostras sanguíneas coletadas em momentos específicos (3º, 5º e 7º min após a indução da hiperlactacidemia) forneceram dados importantes para estabelecer a relação entre a concentração de lactato e a velocidade de nado.

A utilização da regressão linear para verificar as velocidades de V100 e V200 com as intensidades de LAn gera equações preditivas que podem ser aplicadas na prática, facilitando a análise do desempenho do nadador. O fato de terem sido observados elevados coeficientes de determinação entre as variáveis (velocidade e intensidade de limiar anaeróbio) é um indicativo de que as equações de predição podem ser confiáveis, o que aumenta sua utilidade para a prática esportiva.

A utilização do LAn como parâmetro para avaliação das respostas agudas do treinamento (Ribeiro *et al.* 2004), determinação das zonas de intensidade (Barroso *et al.* 2011), bem como, para a prescrição, controle e acompanhamento dos treinos de natação aos diferentes períodos do treinamento (Campos *et al.* 2014), tem fundamentação na literatura provendo os treinadores com informações importantes sobre o assunto.

As equações de predição proporcionam uma ferramenta prática e acessível para os treinadores determinarem o limiar anaeróbio sem métodos invasivos; porém, ainda são poucos os estudos que buscam identificar parâmetros fisiológicos para a predição, controle e acompanhamento do treinamento em natação (Lahr *et al.*, 2019; Mahseredjian *et al.*, 2019); a maioria se direciona a investigar apenas como prever a performance: Barbosa *et al.* (2010); Canavan e Vescovi *et al.* (2004); Heazlewood (2006) e Silva *et al.* (2007).

Entre os autores analisados, Da Costa *et al.* (2013) corroboram com nossos resultados e destacam que as equações de predição resultantes de

métodos diretos de avaliação podem contribuir como um método de avaliação de baixo custo e fácil aplicabilidade.

Ainda na natação, tem sido possível identificar essas equações do ponto de vista antropométrico (Morais *et al.* 2011), avaliando a relação da massa muscular com a força propulsora (Dos Santos *et al.* 2012), na aplicação da velocidade crítica (Franken *et al.* 2010) e na identificação da capacidade aeróbia (Deminice *et al.* 2007b).

Embora poucos estudos investigaram a aplicação de modelos indiretos, como as equações para predizer o LAn, pesquisas como as de Franken *et al.* (2011), Canavan e Vescovi (2004) e Machado e Denadai (2011) ajudam a corroborar nossos resultados, bem como, justificar a importância de um modelo preditivo para a rotina de treinamento.

Em um cenário onde o tempo e os recursos podem ser limitados, as equações aqui propostas demonstram a possibilidade de estimar o LAn com base em esforços máximos relativamente curtos confirmando a hipótese de que as mesmas tornam o processo de avaliação mais ágil e acessível.

7.2 Ensaio 2

As intensidades de limiar anaeróbio preditas a partir dos esforços de V100 e V200 nado crawl, além de não serem significativamente diferente das velocidades de LAn obtidas a partir das respostas lactacidêmicas (tabela 5), foram significativamente correlacionadas ($r = 0.87$ e 0.94 para $p < 0.001$).

Tabela 5- Comparação entre os velocidade (m/s) de limiar anaeróbio obtidos por Lan e pelo LAnPre para V100 e V200.

LAn100	LAnPre100	p value	LAn200	LAnPre200	p value
$1,20 \pm 0,14$	$1,19 \pm 0,12$	0,36	$1,30 \pm 0,10$	$1,30 \pm 0,10$	0,98

Teste *t*-pareado, para valores médios $\pm$ desvio padrão da velocidade de limiar anaeróbio obtida por indução a hiperlactacidemia com esforços de V100 (LAn100) e V200m (LAn200) e velocidades de LAn obtidas pelas equações de predição a partir de esforços de V100 (LAnPre100) e 200 (LAnPre200). Não existem diferenças significativas para $p < 0.05$ entre ambas as formas de medição para os testes de V100 ou V200.

A partir dos resultados obtidos, observa-se a validação das equações preditivas para a intensidade do LAn, com base na comparação entre os valores

preditos (LAnPre100 e LAnPre200) e as medições diretas obtidas a partir da determinação do LAn pelo TLM em um novo grupo de nadadores.

A validade externa das equações preditivas é um ponto central para entender sua aplicabilidade no contexto real do treinamento, especialmente quando aplicadas a diferentes perfis de nadadores, como velocistas e nadadores meio fundo e fundo.

A aplicação das equações para um grupo independente de 89 nadadores permitiu verificar a generalização dos resultados, ou seja, se as relações previamente estabelecidas entre a velocidade de nado e o LAn permaneceram consistentes em uma amostra distinta de nadadores, incluindo tanto velocistas quanto nadadores meio fundo e fundo.

Uma característica importante da metodologia aqui empregada é o fato de que os nadadores velocistas (n=33) e os nadadores de meio fundo e fundo (n=56) realizaram testes de indução à hiperlactacidemia com diferentes distâncias (V100 e V200 respectivamente). Essa diferenciação foi feita com base na especialização dos atletas, uma vez que nadadores de diferentes modalidades podem apresentar perfis fisiológicos, físicos, biomecânicos e metabólicos distintos, o que poderia afetar a resposta do lactato e, conseqüentemente, a precisão das equações de predição. No entanto, as intensidades de LAn preditas para ambos os grupos (LAnPre100 para velocistas e LAnPre200 para nadadores de meio fundo e fundo) mostraram-se eficazes para estimar os valores observados pela determinação do LAn de forma direta (LAn100 e LAn200), o que indica que as equações podem ser aplicadas de maneira consistente entre diferentes perfis de nadadores.

Os resultados ainda mostram que as intensidades de LAnPre100 e LAnPre200 não diferiram significativamente das intensidades obtidas diretamente a partir do LAn100 e LAn200. Esse achado é altamente relevante, pois a ausência de diferença significativa entre os valores observados e preditos reforça a confiabilidade das equações de predição. Isso implica que as equações são precisas o suficiente para fornecer estimativas válidas da intensidade do LAn, o que é fundamental para a sua aplicação prática.

A capacidade de prever o limiar anaeróbio com métodos não invasivos pode representar um avanço importante para técnicos, preparadores físicos que trabalham em contextos com recursos limitados, o que é a grande realidade em

nosso país, permitindo um acompanhamento mais acessível e regular do desempenho de nadadores.

Também, as intensidades do LAn preditas apresentaram uma correlação extremamente alta com as intensidades observadas, o que sugere uma consistência muito forte entre as medições diretas e as estimativas baseadas nas equações de predição. Esse nível de correlação indica que a variabilidade dos dados do LAn pode ser explicada de forma eficaz pelas variáveis envolvidas na construção das equações, confirmando a robustez do modelo preditivo. A correlação também valida a precisão do modelo, garantindo que os resultados não são fruto de acaso, mas sim de uma relação substancial e previsível entre as variáveis.

Além disso, a confiabilidade das equações para diferentes tipos de nadadores (velocistas vs. nadadores de meio fundo e fundo) sugere que as mesmas fórmulas podem ser aplicadas de forma abrangente a diferentes especializações, o que simplifica ainda mais a abordagem.

Esse contexto é um forte indicador de que o uso de equações preditivas pode representar uma potente ferramenta para o treinamento nesta modalidade.

7.3 Ensaio 3

Independentemente do momento da periodização, os valores de LAnPre100 e LAnPre200 não foram significativamente diferentes dos valores do LAn100 e LAn200 respectivamente. Entretanto, os valores de V100 e LAnPre 100 não se demonstraram sensíveis entre os períodos avaliados, ao passo que as demais variáveis comparadas (com especial destaque para as de 200m), demonstraram-se sensíveis às mudanças entre os três diferentes períodos (tabela 6) e foram fortemente correlacionados, (tabela 7).

Tabela 6 - Comparação das velocidades (m/s) V100 / V200, do LAn100/LAn200 e do LAnPre100 / LAnPre200 em três diferentes momentos: períodos de base, específico e polimento

	Período de Base	Período Específico	Polimento
V100	1,52 ± 0,05	1,52 ± 0,05	1,53 ± 0,05
LAn100	1,20 ± 0,03	1,23 ± 0,03*	1,23 ± 0,03*
LAnPre100	1,21 ± 0,03	1,22 ± 0,03	1,22 ± 0,03
V200	1,42 ± 0,04	1,44 ± 0,04*	1,49 ± 0,04*#
LAn200	1,24 ± 0,04	1,27 ± 0,04*	1,31 ± 0,04*#
LAnPre200	1,25 ± 0,03	1,27 ± 0,03*	1,30 ± 0,03*#

Análise de variância de um caminho (ANOVA Two-way), para valores médios ± desvio padrão: *significativamente diferente ao período de base; # significativamente diferente ao período específico.

Tabela 7 - Correlação simples entre as velocidades de LAn100 e LAn200 com as velocidades de LAnPre100 e LAnPre200 respectivamente no início do período da base, do período específico e do polimento.

	Período de Base	Período Específico	Polimento
LAn100 vs LAnPre100	0,91*	0,89*	0,89*
LAn200 vs LAnPre200	0,98#	0,99#	0,98#

Coefficiente de correlação produto-momento de Pearson: *correlação fortemente significativa entre LAn100 e LAnPre100 para em cada um dos períodos testados; #correlação fortemente significativa entre Lan 200 e LAnPre200 para em cada um dos períodos testados; # significativamente diferente ao período específico.

Nossos resultados, além de demonstrarem não haver diferença, também apontaram uma forte correlação entre o LAn100 e o LAnPre100 e entre o LAn200 e o LAnPre200 em todos os diferentes momentos que foram feitas as avaliações durante o macrociclo (Período de base, específico e polimento).

A ausência de diferença entre LAn100 e o LAnPre100 e entre o LAn200 e o LAnPre200 demonstra que a equação de predição é efetiva e fidedigna para determinar o LAn, tanto em nadadores velocistas, como nadadores de meio fundo e fundo, nas diferentes condições de treinamento ao longo de um macrociclo.

São raros os estudos que buscaram identificar a sensibilidade destes modelos aos diferentes períodos do treinamento (Kokobun 1996); (Guedes *et al.* 2011), e muitos outros somente buscaram prever a performance (Maszczyk *et al.* 2012); (Boies *et al.* 2021); (Yuan e Han 2022), o que torna o confronto dos nossos resultados com a literatura limitado.

Apesar dos nossos resultados fortalecerem a utilização das equações de predição (LAnPre100 e LAnPre200) como uma forma indireta, de baixo custo e fácil aplicabilidade por profissionais que trabalham e buscam a melhora da performance na natação, parece ainda existir uma lacuna na apresentação da reprodutibilidade e dos resultados obtidos pelos métodos diretos, quando comparados com estes modelos indiretos que precisam ser mais desenvolvidos (Silva 2007); (Guedes *et al.*2011).

Porém, na prática é importante ressaltar alguns pontos que possam justificar ainda mais os achados do nosso estudo. O primeiro é a praticidade de se fazer um teste máximo (V100 e V200), que é específico, de curta duração, e desta forma mais dinâmico; pois, para a maioria dos nadadores, independente da sua prova preferida, seu desenvolvimento, evolução (técnica e física) passa por muitos anos de treinamento vivenciando provas e treinos que contemplam essas distâncias, e isso normalmente segue durante toda a sua trajetória (infância até a idade adulta).

Mesmo que durante o processo do seu desenvolvimento, o nadador se especialize em provas de meio fundo e fundo, ainda sim, terá composto na sua planilha de treino, muitos estímulos nessas distâncias. Esse cenário, de um teste rápido, com distância curta, “familiar” (conhecida), facilita a aceitação e o engajamento dos nadadores ao teste, bem como, o seu comprometimento para a melhor realização do mesmo, uma vez que estes preferem testes mais dinâmicos (Ferreira e Brito 2012).

Além disso, para os técnicos, preparadores físicos, a facilidade de aplicação, a aceitação e entrega dos atletas, e a economia de tempo, daria agilidade ao processo de planejamento e acompanhamento do treinamento, sendo esses fatores, um estímulo para que estes profissionais tenham na sua rotina uma ferramenta valiosa para monitorar a condição física dos nadadores, bem como ajustar as intensidades de treino com base em estimativas precisas da resposta metabólica durante toda a periodização.

8. CONCLUSÃO

Concluiu-se que os dados dos testes V100, V200 e de lactato mínimo foram consistentes para elaborar as equações de predição do LAn (LAnPre), cuja validade foi confirmada pela ausência de diferenças significativas e forte correlação com as velocidades de LAn obtidas pelo método direto. As equações demonstraram sensibilidade em diferentes fases da periodização e em atletas de diversas especialidades, evidenciando sua aplicabilidade prática

9. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Embora o estudo forneça uma abordagem interessante para a predição do limiar anaeróbio, algumas limitações podem ser apontadas. Primeiro, o fato de a amostra ser composta por um número diferente de nadadores nos testes de 100m e 200m (75 e 30, respectivamente) pode introduzir algum viés nos resultados, especialmente considerando as diferenças fisiológicas que podem existir entre os nadadores especializados em distâncias mais curtas e aqueles que competem em distâncias mais longas. Seria interessante expandir o estudo para diferentes perfis de nadadores, incluindo aqueles que competem em provas de longa distância ou em estilos diferentes do crawl.

Além disso, como a intensidade do LAn é um parâmetro influenciado por diversos fatores, como a adaptação ao treinamento, a nutrição e o descanso, é importante que futuras pesquisas explorem essas variáveis para aprimorar ainda mais as equações preditivas. A inclusão de fatores externos, como a variabilidade interindividual na resposta ao exercício, poderia tornar o modelo mais robusto e aplicável a uma gama mais ampla de atletas.

Também devemos considerar que a amostra de nadadores utilizada na validação (89 atletas) pode não ser suficientemente representativa de todas as faixas etárias ou de diferentes níveis de habilidade, como nadadores de alto rendimento comparados a iniciantes. Futuros estudos podem expandir a amostra para incluir um espectro mais amplo de nadadores, o que poderia ajudar a

verificar se as equações permanecem precisas em diferentes grupos de habilidade.

Finalmente, outro ponto relevante é que o desenvolvimento e validação da equação de predição para determinação do limiar anaeróbio (lactato mínimo), foi realizada em um contexto específico, com distâncias fixas de 100m e 200m; no entanto, a natação competitiva envolve uma diversidade de distâncias e estilos, o que sugere que a aplicação das equações para outras provas, como os 50m ou os 400m, poderia demandar ajustes ou novas validações.

10. REFERÊNCIAS

ARROYO-TOLEDO, J. J. *et al.* Comparison between traditional and reverse periodization: swimming performance and specific strength values. [S. l.], 2013.

ASPENES, S. T.; KARLSEN, T. Exercise-Training Intervention Studies in Competitive Swimming: **Sports Medicine**, [S. l.], v. 42, n. 6, p. 527–543, jun. 2012. Disponível em: <http://link.springer.com/10.2165/11630760-000000000-00000>. Acesso em: 1 maio 2024.

AVLONITOU, E. Maximal lactate values following competitive performance varying according to age, sex and swimming style. [S. l.], 1996.

B DAVID PRAKASH. NEAR-DROWNING EARLY PREDICTION TECHNIQUE USING NOVEL EQUATIONS (NEPTUNE) FOR SWIMMING POOLS. *In*: 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE, ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY, 22 dez. 2018. **Computer Science & Information Technology (CS & IT)** [...]. [S. l.]: AIRCC Publication Corporation, 22 dez. 2018. p. 151–169. Disponível em: <https://airccj.org/CSCP/vol8/csit89812.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BARBOSA, T.; KESKINEN, K.; VILAS-BOAS, J. P. Factores biomecânicos e bioenergéticos limitativos do rendimento em natação pura desportiva. **Motricidade**, Porto, Portugal, v. 2(4), p. 201–213, 2007.

BARBOSA, T. M. *et al.* Modeling the Links Between Young Swimmers' Performance: Energetic and Biomechanic Profiles. **Pediatric Exercise Science**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 379–391, ago. 2010. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/pes/22/3/article-p379.xml>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BARON, B.; PELAYO, P. Blood lactate, heart rate and systolic blood pressure measurements provide a reliable estimate of the aerobic capacity in running and swimming.pdf. **Journal of Human Movement Studies**, [S. l.], v. 41(3), p. 165–174, 2001.

BARROSO, P. R. S.; DUTRA, M. T.; DA SILVA, S. L. A importância e os perigos do lactato no treinamento de natação. **EFDesportes.com**, Buenos Aires, 2011.

BENEKE, R.; H??TLER, M.; LEITH??USER, R. M. Maximal lactate-steady-state independent of performance: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 32, n. 6, p. 1135–1139, jun. 2000. Disponível em: <http://journals.lww.com/00005768-200006000-00016>. Acesso em: 18 mar. 2025.

BINDER, R. K. *et al.* Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. **European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation**, [S. l.], v. 15, n. 6, p. 726–734, dez. 2008. Disponível em: <https://academic.oup.com/eurjpc/article/15/6/726-734/5933115>. Acesso em: 23 mar. 2025.

BOSQUET, L.; L??GER, L.; LEGROS, P. Methods to Determine Aerobic Endurance: **Sports Medicine**, [S. l.], v. 32, n. 11, p. 675–700, 2002. Disponível

em: <http://link.springer.com/10.2165/00007256-200232110-00002>. Acesso em: 16 jul. 2024.

BRISEBOIS-BOIES, M. *et al.* Prediction Equations For Swimming, Cycling, Running And Total Time In Sprint Triathlon From Shorter Distance Tests: 24. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 53, n. 8S, p. 7–7, ago. 2021. Disponível em: <https://journals.lww.com/10.1249/01.mss.0000759108.07611.a3>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BROOKS, G. A. Anaerobic threshold review of the Concept and directions for future research. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianápolis, v. 17, 1985.

CAMPOS, E. Z.; NORDSBORG, N. B.; DA SILVA, A. S. R.; *et al.* The response of the lactate minimum test to a 12-week swimming training. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, [S. l.], 2014.

CAMPOS, E. Z.; NORDSBORG, N. B.; SILVA, A. S. R. D.; *et al.* The response of the lactate minimum test to a 12-week swimming training. **Motriz: Revista de Educação Física**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 286–291, set. 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-65742014000300286&lng=en&tlng=en. Acesso em: 16 jul. 2024.

CANAVAN, P. K.; VESCOVI, J. D. Evaluation of Power Prediction Equations: Peak Vertical Jumping Power in Women: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Connecticut, Estados Unidos, v. 36, n. 9, p. 1589–1593, 2004. Disponível em: <http://journals.lww.com/00005768-200409000-00019>. Acesso em: 3 mar. 2024.

CASTRO, F. *et al.* Consumo de oxigênio na natação: diferentes metodologias e possibilidades de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Rio Grande do Sul, v. 18(3), p. 88–93, 2010.

CELLINI, M. *et al.* Noninvasive Determination of the Anaerobic Threshold in Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 07, n. 06, p. 347–351, dez. 1986. Disponível em: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1025790>. Acesso em: 16 jul. 2024.

CHAINOK, P. *et al.* Modeling and predicting the backstroke to breaststroke turns performance in age-group swimmers. **Sports Biomechanics**, [S. l.], v. 22, n. 12, p. 1700–1721, 2 dez. 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14763141.2021.2005127>. Acesso em: 10 jan. 2025.

COLANTONIO, E.; KISS, M. A. P. D. M. Análise das velocidades: referencial de 4mM, de equilíbrio de 30 min e velocidade crítica em nadadoras adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 387–392, dez. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922007000600006&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 16 jul. 2024.

DA COSTA, A. V. *et al.* Validation of an equation for estimating maximal oxygen consumption of nonexpert adult swimmers. **Open Access Journal of Sports Medicine**, [S. l.], p. 19, jan. 2013. Disponível em: <http://www.dovepress.com/validation-of-an-equation-for-estimating-maximal-oxygen-consumption-of-peer-reviewed-article-OAJSM>. Acesso em: 10 jan. 2025.

DA SILVA, J. K. F. *et al.* Limiar anaeróbio em atletas de natação: uma revisão sistemática. **Pensar a Prática**, Goiânia, v. 22, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/fef/article/view/49298>. Acesso em: 3 mar. 2024.

DAVIS. Anaerobic threshold review of the concept and directions for future research. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 17, n. 1, 1985.

DE ARAUJO, L. S. *et al.* OPEN Inspiratory muscles pre-activation in young swimmers submitted to a tethered swimming test: effects on mechanical, physiological, and skin temperature parameters. **Scientific Reports**, [S. l.], 2024.

DEMINICE, R. *et al.* Validade do teste de 30 minutos (T-30) na determinação da capacidade aeróbia, parâmetros de braçada e performance aeróbia de nadadores treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, SP, v. 13, n. 3, p. 195–199, jun. 2007a. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922007000300013&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 3 mar. 2024.

DEMINICE, R. *et al.* Validade do teste de 30 minutos (T-30) na determinação da capacidade aeróbia, parâmetros de braçada e performance aeróbia de nadadores treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 195–199, jun. 2007b. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922007000300013&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 16 jul. 2024.

DENADAI, B. S. **Avaliação Aeróbia Determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo**. Rio Claro - São Paulo: Editora Motrix, 2000.

DENADAI, B. S. Limiar Anaeróbio Considerações Fisiológicas e Metodológicas. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Rio Claro - São Paulo, v. 1, p. 74–78, 1995.

DOTAN, R. *et al.* Reliability and validity of the lactateminimum test A revisit. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, [S. l.], v. 51, p. 42–49, 2011.

ESPADA, M. C. *et al.* Can an Incremental Step Test Be Used for Maximal Lactate Steady State Determination in Swimming? Clues for Practice. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 477, 8 jan. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/2/477>. Acesso em: 18 jul. 2024.

FARREL, P. A. *et al.* Plasma lactate accumulation and distance running. **Medicine and Science in Sports**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 338–344, 1979.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate Threshold Concepts: How Valid are They? **Sports Medicine**, [S. l.], v. 39, n. 6, p. 469–490, maio 2009.

Disponível em: <http://link.springer.com/10.2165/00007256-200939060-00003>. Acesso em: 16 jul. 2024.

FEIJEN, S. *et al.* Prediction of Shoulder Pain in Youth Competitive Swimmers: The Development and Internal Validation of a Prognostic Prediction Model. **The American Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 49, n. 1, p. 154–161, jan. 2021. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546520969913>. Acesso em: 10 jan. 2025.

FERNANDES, R. J. *et al.* Assessment of individual anaerobic threshold and stroking parameters in swimmers aged 10–11 years. **European Journal of Sport Science**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. 311–317, set. 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1080/17461390903567825>. Acesso em: 16 jul. 2024.

FERNANDES, R. J.; CARVALHO, D. D.; FIGUEIREDO, P. Training zones in competitive swimming: a biophysical approach. **Frontiers in Sports and Active Living**, [S. l.], v. 6, p. 1363730, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2024.1363730/full>. Acesso em: 16 mar. 2025.

FERREIRA, M. A. R.; BRITO, A. M. V. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AERÓBIO E ANAERÓBIO DE JOVENS NADADORES: UMA REVISÃO DA LITERATURA. **EFDeportes.com**, [S. l.], n. 175, 2012.

FERREIRA, R. L. **Políticas para o esporte de alto rendimento - Estudo comparativo de alguns sistemas esportivos nacionais visando um contributo para o Brasil**. [S. l.: s. n.], 2007.

FONE, L.; VAN DEN TILLAAR, R. Effect of Different Types of Strength Training on Swimming Performance in Competitive Swimmers: A Systematic Review. **Sports Medicine - Open**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 19, dez. 2022. Disponível em: <https://sportsmedicine-open.springeropen.com/articles/10.1186/s40798-022-00410-5>. Acesso em: 1 maio 2024.

FRANKEN, M.; ZACCA, R.; CASTRO, F. A. D. S. Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação. **Motriz. Revista de Educação Física. UNESP**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 209–222, 2011. Disponível em: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/motriz/article/view/3488>. Acesso em: 16 jul. 2024.

FRANKEN, M.; ZACCA, R.; CASTRO, F. A. D. S. Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação. **Motriz. Revista de Educação Física. UNESP**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 209–222, 20 nov. 2010. Disponível em: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/motriz/article/view/3488>. Acesso em: 23 jan. 2025.

GUEDES, J. M.; COSTA, A. P.; PEREIRA, R. J. S. Sensibilidade da velocidade crítica em jovens nadadores durante um macrociclo de treinamento. **Brazilian Journal of Biomotricity**, Itaperuna, RJ, v. 5, n. 3, p. 156–167, 2011.

GUGLIELMO, L. G. A.; DENADAI, B. S. Validade do ergômetro de braço para a determinação do limiar anaeróbio e da performance aeróbia de nadadores. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, [S. l.], n. 3, p. 7–13, 2001. Disponível em: http://www.fade.up.pt/rpcd/_arquivo/artigos_soltos/vol.1_nr.3/02.pdf. Acesso em: 17 jul. 2024.

HALL, C. *et al.* Energy Expenditure of Walking and Running: Comparison with Prediction Equations: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], , p. 2128–2134, dez. 2004. Disponível em: <http://journals.lww.com/00005768-200412000-00020>. Acesso em: 3 mar. 2024.

HEAZLEWOOD, T. PREDICTION VERSUS REALITY: THE USE OF MATHEMATICAL MODELS TO PREDICT ELITE PERFORMANCE IN SWIMMING AND ATHLETICS AT THE OLYMPIC GAMES. [S. l.], 2006.

HECK, H. *et al.* Justification of the 4-mmol/l Lactate Threshold. **International Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 06, n. 03, p. 117–130, jun. 1985. Disponível em: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1025824>. Acesso em: 16 jul. 2024.

HICKSON, R. C. *et al.* Effect of training on hormonal responses to exercise in competitive swimmers. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, European, v. 41, n. 3, p. 211–219, 1979. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF00430013>. Acesso em: 6 mar. 2024.

HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURIS, S. G. **Applied statistics for the behavioral sciences**. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin, 2003.

HOEFELMANN, L. P. *et al.* Comparação de diferentes métodos para identificação do limiar anaeróbio em nadadores. **Revista da Educação Física/UEM**, Maringá, v. 22, n. 2, p. 297–305, 2011a. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevEducFis/article/view/9998>. Acesso em: 3 mar. 2024.

HOEFELMANN, L. P. *et al.* Comparação de diferentes métodos para identificação do limiar anaeróbio em nadadores. **Revista da Educação Física/UEM**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 297–305, 23 jul. 2011b. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevEducFis/article/view/9998>. Acesso em: 16 jul. 2024.

HOGG, J. M. Intensive swimming training of the young. **British Journal of Sports Medicine**, British, 1973.

IGNJATOVI, A. NON-INVASIVE DETERMINATION OF THE ANAEROBIC THRESHOLD BASED ON THE HEART RATE DEFLECTION POINT. [S. l.], 2008.

IVY, J. L. *et al.* Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. **The american physiological society**, [S. l.], 1980.

JUNIOR, O. A.; DUNDER, L. H. **Natação Treinamento Fundamental**. 1. ed. São Paulo, Brasil: Manole Ltda., 2002.

KACHAUNOV, M. Post -Competition blood lactate concentration in swimmers. **Journal of Applied Sports Sciences**, Sofia, Bulgaria, v. 1, n. July, p. 30–36, 2018. Disponível em: http://journal.nsa.bg/pdf/vol1_2018/04Kachaunov.pdf. Acesso em: 3 mar. 2024.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, [S. l.], v. 42, n. 1, p. 25–34, set. 1979. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF00421101>. Acesso em: 18 mar. 2025.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar aneróbio na natação. [S. l.], 1996.

KRAEMER, W. J. *et al.* Resistance training combined with benchstep aerobics enhances women health profile. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], , p. 259–269, 2001.

KWAŚNA, A.; REJMAN, M.; ZATOŃ, K. (Org.). **Science in swimming**. 3. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego, 2011.

KWOK, W. Y. *et al.* A Systematic Review and Meta-Analysis: Biomechanical Evaluation of the Effectiveness of Strength and Conditioning Training Programs on Front Crawl Swimming Performance. **Journal of Sports Science and Medicine**, [S. l.], , p. 564–585, 15 jul. 2021. Disponível em: <https://www.jssm.org/jssm-20-564.xml%3EFulltext>. Acesso em: 1 maio 2024.

LADISLAU, R. C. **Auroras da vitória: letras do treinamento esportivo no Brasil (1920-1968)**. 2010. Doutor em Educação – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=458721>. Acesso em: 1 maio 2024.

LAHR, S. L. N. *et al.* Comparação da frequência cardíaca máxima entre teste máximo na natação e equações de predição. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, [S. l.], , p. S010132891730118X, mar. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-32892020000100213&lng=pt&nrm=iso&tling=pt. Acesso em: 3 mar. 2024.

LIMA, M. C. S. *et al.* Incremental test proposal based on the rating of perceived exertion to determine metabolic thresholds and mechanical parameters of free style. **Rev Bras Med Esporte**, [S. l.], v. 12, 2006.

LONGO, C.; ALMEIDA, J. P.; RAMIRO ÁVILA, E. Limiar anaeróbico: comparação entre os métodos directos e indirectos em nadadores de alta competição Portugueses(+)(+)Trabalho apresentado sob forma de comunicação oral no II Congresso Hispano-Luso de Pneumologia. Sevilha, 21 de Abril de 1993 econcorrente ao Prémio Thomé Villar 1993 (Secção B). da SPPR. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 53–58, jan. 1995. Disponível

em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0873215915311934>. Acesso em: 16 jul. 2024.

MACHADO, F. A.; DENADAI, B. S. Validade das equações preditivas da frequência cardíaca máxima para crianças e adolescentes. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, RJ, v. 97, n. 2, p. 136–140, ago. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2011001100007&lng=pt&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 3 mar. 2024.

MADER, A.; HECK, H. A Theory of the Metabolic Origin of “Anaerobic Threshold”. **International Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 07, n. S 1, p. S45–S65, jun. 1986. Disponível em: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1025802>. Acesso em: 28 mar. 2025.

MAGLISCHO, E. W. **Nadando o mais rápido possível**. 3. ed. São Paulo, Brasil: Manole Ltda., 2003.

MAHSEREDJIAN, F.; BARROS NETO, T. L. D.; TEBEXRENI, A. S. Estudo comparativo de métodos para a predição do consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio em atletas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, SP, v. 5, n. 5, p. 167–172, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86921999000500002&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 3 mar. 2024.

MASZCZYK, A. *et al.* Application of Regression and Neural Models to Predict Competitive Swimming Performance. **Perceptual and Motor Skills**, [S. l.], v. 114, n. 2, p. 610–626, abr. 2012. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.2466/05.10.PMS.114.2.610-626>. Acesso em: 10 jan. 2025.

MCKENZIE, T. L.; RUSHALL, B. S. Effects of self-recording on attendance and performance in a competitive swimming training environment. **Journal of applied behavior analysis**, [S. l.], v. 7, p. 199–206, 1974.

MICHELE, R. D. *et al.* Estimation of the Anaerobic Threshold from Heart Rate Variability in an Incremental Swimming Test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 26, n. 11, p. 3059–3066, nov. 2012. Disponível em: <https://journals.lww.com/00124278-201211000-00021>. Acesso em: 16 jul. 2024.

MIRAGAYA, A. M.; DACOSTA, L. **Considerações históricas sobre métodos e técnicas do treinamento da natação no Brasil (1909 - 1938)**. Gramado, RS: [s. n.], 2000.

MYERS, J.; ASHLEY, E. Dangerous Curves. **Chest**, [S. l.], v. 111, n. 3, p. 787–795, mar. 1997. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012369215468357>. Acesso em: 16 jul. 2024.

NEARY, P. J. *et al.* The relationship between lactate and ventilatory thresholds: coincidental or cause and effect? **European Journal of Applied Physiology**

and Occupational Physiology, [S. l.], v. 54, n. 1, p. 104–108, maio 1985. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF00426308>. Acesso em: 16 jul. 2024.

NUGENT, F. *et al.* The Effects of Low-Volume, High-Intensity Training on Performance Parameters in Competitive Youth Swimmers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 203–208, fev. 2019. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijspp.2018-0110>. Acesso em: 2 jun. 2024.

OHIRA, Y.; TABATA, I. Muscle Metabolism during Exercise Anaerobic Threshold Does Not Exist. **The Annals of Physiological Anthropology = Seiri Jinruigaku Kenkyukai Kaishi**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 319–323, 1992.

OLBRECHT, J. LACTATE PRODUCTION AND METABOLISM IN SWIMMING. [S. l.], 2010.

PAPOTI, M. *et al.* Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, Portugal, v. 2005, n. 1, p. 7–14, 2005. Disponível em: http://www.fade.up.pt/rpcd/_arquivo/artigos_soltos/vol.5_nr.1/1.01.marcelo_papoti.pdf. Acesso em: 3 mar. 2024.

PAPOTI, M.; VITÓRIO, R.; ARAÚJO, G. G. Determination of Force Corresponding to Maximal Lactate Steady State in Tethered Swimming. [S. l.], 2009.

PARDONO, E. *et al.* Maximal lactate steady-state prediction through quadratic modeling of selected stages of the lactate minimum test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], 2008.

PELAYO, P.; ALBERTY, M. **THE HISTORY OF SWIMMING RESEARCH In: World Book of Swimming: From Science to Performance**. Ronchin, France: Nova Science Publishers, Inc., 2011.

PEREIRA, R. R. *et al.* Validação de dois protocolos para a determinação do limiar anaeróbio na natação. **Validação de dois protocolos para determinação do limiar anaeróbio em natação**, São Paulo, v. 8, 2002.

PESSOA-FILHO, D. M. P.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Potência atada na máxima fase estável de lactato e índices do desempenho aeróbio de nado. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 20, n. 5, p. 359–365, out. 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922014000500359&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 18 jul. 2024.

PIRES, G. P.; FIGUEIRA JÚNIOR, A.; MIRANDA, M. L. J. Treinamento de Força para Nadadores Competitivos: Uma Revisão Sistemática Acerca dos Métodos e dos Resultados na Força Muscular e Desempenho na Natação. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 148–162, 30 jun. 2014. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02->

35/2013-02-07-03-03-11/1121-rbcm/v22n02/11465-treinamento-de-forca-para-nadadores-competitivos-uma-revisao-sistemica-acerca-dos-metodos-e-dos-resultados-na-forca-muscular-e-desempenho-na-natacao.html. Acesso em: 1 maio 2024.

PLA, R. *et al.* Effects of a 6-Week Period of Polarized or Threshold Training on Performance and Fatigue in Elite Swimmers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 183–189, fev. 2019. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijspp.2018-0179>. Acesso em: 2 jun. 2024.

POWERS, S. K.; DODD, S.; GARNER, R. Precision of ventilatory and gas exchange alterations as a predictor of the anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, [S. l.], v. 52, n. 2, p. 173–177, jan. 1984. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF00433388>. Acesso em: 16 jul. 2024.

PUGLIESE, L. *et al.* Effects of Manipulating Volume and Intensity Training in Masters Swimmers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. 907–912, out. 2015. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijspp/10/7/article-p907.xml>. Acesso em: 2 jun. 2024.

RAMA, L.; BORGES, F. CARGA DE TREINO E PERCEPÇÃO DE ESFORÇO EM NATAÇÃO PURA DESPORTIVA: USO DE ESCALAS DE PERCEPÇÃO DE ESFORÇO NA MONITORIZAÇÃO DA CARGA EM MICROCICLOS DE TREINO. [S. l.], 2008.

RAPOSO, A. V. **Planeamento do Treino Desportivo Fundamentos, organização e operacionalização**. [S. l.]: Visão e Contextos, 2017.

RIBEIRO, L. *et al.* Limiar Anaeróbio em natação: Comparação entre diferentes protocolos. São Paulo, v. 18, p. 201–212, 2004.

RUSHALL, B. S. Swimming energy training in the 21st century: The justification for radical changes. **Swimming Science Bulletin**, [S. l.], v. 39, n. 3, 2018.

SANTOS-CONCEJERO, J. *et al.* Onset of blood lactate accumulation as a predictor of performance in top athletes. [S. l.], 2013.

SILVA, A. *et al.* Análise das componentes da prova como ponto de partida para a definição de objetivos na natação na categoria de cadetes. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, [S. l.], v. 2007, n. 2, p. 189–201, 2007. Disponível em: http://www.fade.up.pt/rpcd/_arquivo/artigos_soltos/vol.7_nr.2/1-06.pdf. Acesso em: 3 mar. 2024.

SILVA, A. J. *et al.* The use of neural network technology to model swimming performance. **Journal of Sports Science and Medicine**, Bursa, Türkiye, v. 6, p. 117–125, 2007.

SILVA, R. G. *et al.* Validade e confiabilidade de testes para a obtenção da frequência cardíaca máxima em natação. **Revista Brasileira de Ciências do**

Esporte, Brasília, DF, , p. S0101328917300823, jun. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-32892020000100218&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 6 mar. 2024.

SJÖDIN, B.; JACOBS, I. Onset of Blood Lactate Accumulation and Marathon Running Performance. **International Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 02, n. 01, p. 23–26, fev. 1981. Disponível em: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1034579>. Acesso em: 19 mar. 2025.

STRASS, D. Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. **Swimming Sci V.**, [S. l.], , p. 149–156, 1988.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. **Canadian Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 299–323, 1 abr. 2003. Disponível em: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/h03-023>. Acesso em: 3 mar. 2024.

SWEETENHAM, B.; ATKINSON, J. H.; ATKINSON, J. **Championship swim training**. Champaign, Ill. Leeds: Human Kinetics, 2003.

TANAKA, K. *et al.* A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance.pdf. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 16, n. 3, 1984.

TWO DIFFERENT APPROACHES TO DRY-LAND TRAINING DO NOT IMPROVE THE WATER PERFORMANCE OF SWIMMERS. **International Journal of Exercise Science**, [S. l.], v. 16, n. 6, 2023. Disponível em: <https://digitalcommons.wku.edu/ijes/vol16/iss6/13/>. Acesso em: 19 jan. 2025.

VORONTSOV, A. R. DEVELOPMENT OF BASIC AND SPECIAL ENDURANCE IN AGE- GROUP SWIMMERS: A RUSSIAN PERSPECTIVE. [S. l.], 1997.

WASSERMAN, K. *et al.* Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 236–243, 1973. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1973.35.2.236>. Acesso em: 16 jul. 2024.

WELTMAN, A. *et al.* Reliability and Validity of a Continuous Incremental Treadmill Protocol for the Determination of Lactate Threshold, Fixed Blood Lactate Concentrations, and $\dot{V}O_{2max}$. **International Journal Sports Medicine**, [S. l.], 1990.

WIRTH, K. *et al.* Strength Training in Swimming. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, Switzerland, v. 19, n. 9, p. 5369, 28 abr. 2022a. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/9/5369>. Acesso em: 4 mar. 2024.

WIRTH, K. *et al.* Strength Training in Swimming. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 19, n. 9, p. 5369, 28 abr.

2022b. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/9/5369>. Acesso em: 1 maio 2024.

YOSHIDA, T. Current topics and concepts of lactate and gas exchange thresholds. **J.Human Ergol.**, [S. l.], v. 16, p. 103–121, 1987.

YUAN, R.; HAN, Y. Factor Analysis and Regression Prediction Model of Swimmers' Performance Structure Based on Mixed Genetic Neural Network. **Computational Intelligence and Neuroscience**, [S. l.], v. 2022, p. 1–9, 31 maio 2022. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/cin/2022/2052975/>. Acesso em: 10 jan. 2025.