

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

Cristiano Cardoso de Matos

**Domínios de intensidade de diferentes percentuais da velocidade média de 400
m nado crawl: análise de respostas fisiológicas e biomecânicas**

**Porto Alegre,
2018**

Cristiano Cardoso de Matos

**Domínios de intensidade de diferentes percentuais da velocidade média de 400
m nado crawl: análise de respostas fisiológicas e biomecânicas**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob orientação do Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro.

Orientador: Dr. Flávio Antônio de Souza Castro

**Porto Alegre,
2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por todas as oportunidades e a todas as possibilidades.

A meus pais Tânia e Sergio por todo apoio, carinho e incentivo nas horas difíceis, não foram poucas.

A minha esposa Patrícia e ao meu filho Bernardo por terem me auxiliado, incentivado e compreendido todos os momentos ao longo dessa jornada.

A meu orientador o Prof. Flávio por ter me aberto às portas do antigo grupo de estudos em esportes aquáticos, onde tudo começou. Ainda agradeço a ele toda a atenção, paciência e ensinamentos ao longo desses anos.

A todos os professores das disciplinas cursadas ao longo do mestrado e do doutorado pelos ensinamentos passados.

Aos funcionários do LAPEX, que me auxiliaram reservando e carregando os materiais em dias de coletas.

Aos grandes amigos da sala do GPEA por terem me auxiliado em vários momentos.

A todos envolvidos nas coletas e na análise dos dados que abdicaram de feriados, finais de semana e momentos de descanso (Wellington, Ricardo, Luís, Lucas, Cassia, Daniel, Daniela, Marcelo, Laura e Marcos).

A todos os atletas por terem aceitado participar prontamente desse estudo e terem abdicado das horas de descanso.

Aos técnicos por liberarem seus atletas para as avaliações.

Esse trabalho somente foi possível devido à contribuição de todos vocês, muito obrigado!

“ Se você quer algo que nunca teve, você precisa estar disposto a fazer algo que
nunca fez”

[THOMAS JEFFERSON]

RESUMO

O objetivo deste estudo foi de identificar e comparar os efeitos dos percentuais de 90%, 92,5% e 95% da velocidade média (V400) de um teste de 400 m em nado crawl (T400) sobre parâmetros fisiológicos e biomecânicos a fim de se identificar os domínios de intensidade relativos a esses percentuais. Foram avaliados 14 voluntários nadadores do sexo masculino ($26,7 \pm 5,4$ anos) que treinavam, pelo menos, 12 horas por semana (desempenho em 400 m nado crawl: $279,0 \pm 24,9$ s). Foram realizados: i) familiarização aos equipamentos; ii) determinação da V400 a partir do T400; (iii) séries até a exaustão em nado contínuo a 90%, 92,5% e 95% da V400. Foram avaliados: consumo de oxigênio de pico, concentração sanguínea de lactato, esforço percebido, frequência cardíaca, cinética do consumo de oxigênio do VO_2 (amplitude, tempo em segundos da fase rápida, tempo de atraso e ajuste da constante tempo na fase rápida), energia metabólica total, contribuições energéticas, distância média percorrida por ciclo de braçadas, frequência média de ciclos de braçadas, velocidade média de nado, variação intracíclica da velocidade do quadril, índice de coordenação de nado, duração percentual das fases da braçada, frequência média de ciclos de pernadas, tempo propulsivo, tempo total até a exaustão, distância nadada e custo energético. Aplicaram-se estatística descritiva e inferencial. Dentre os resultados, o consumo de oxigênio de pico e tempo no T400 foram de, respectivamente: $55,0 \pm 5,8$ mL.kg⁻¹.min⁻¹ e $324,2 \pm 20,0$ s. A 90, 92,5 e 95% da V400, o consumo de oxigênio de pico foi de, respectivamente, $45,6 \pm 4,4$; $49,0 \pm 6,0$ e $52,4 \pm 5,8$ mL.kg⁻¹.min⁻¹. Nos mesmos percentuais, tempo total até a exaustão foi de, respectivamente: $1466,1 \pm 730,9$; $888,71 \pm 324,0$ e $562,7 \pm 166,6$ s. Os principais achados fisiológicos e biomecânicos indicam que: ao nadar a 90% e a 92,5% da V400, o atleta está no domínio de intensidade pesado, considerando o modelo de quatro domínios de intensidade. Já ao nadar a 95% da V400, o atleta está no domínio de intensidade severo, considerando os modelos de quatro e cinco domínios de intensidade. Pequenas alterações (2,5 a 5%) na S400 podem causar alterações no domínio de intensidade que o atleta esteja treinando. Prescrição e controle de intensidades podem ser realizados de modo simples, a partir do T400.

Palavras-chave: consumo de oxigênio, cinemática, coordenação, avaliação, prescrição.

ABSTRACT

The objective of this study was to identify and compare the effects of the 90%, 92.5% and 95% mean speed (S400) of a 400 m front crawl test (T400) on physiological and biomechanical parameters in order to identify the intensity domains relative to these percentages. Fourteen male swimmers (26.7 ± 5.4 years), training at least 12 hours per week (performance at 400 m front crawl: 279.0 ± 24.9 s) participated in this study. The following procedures were performed: i) familiarization to the equipment; ii) of S400 determination from T400; (iii) continuous swim series up to exhaustion at 90%, 90.5%, and 95% of the S400. We evaluated peak oxygen uptake, blood lactate concentration, rate of perceived exertion, heart rate, oxygen consumption kinetics (amplitude, time in seconds of the fast phase, time delay and constant time adjustment in the fast phase), total metabolic energy, energetic contributions. As well as stroke length and rate, mean swimming speed, intracyclical variation of hip speed, index of coordination, percentage duration of stroke phases, kicking rate, propulsive time, total time to exhaustion, distance swam, and energy cost. Descriptive and inferential statistics were applied. Among the results, the peak oxygen uptake and time in the T400 were, respectively: 55.0 ± 5.8 mL.kg⁻¹.min⁻¹ and 324.2 ± 20.0 s. At 90, 92.5 and 95% of the S400, the peak oxygen uptake was, respectively, 45.6 ± 4.4 ; 49.0 ± 6.0 and 52.4 ± 5.8 mL.kg⁻¹.min⁻¹. In the same percentages, total time to exhaustion was, respectively: 1466.1 ± 730.9 ; 888.71 ± 324.0 and 562.7 ± 166.6 s. The main physiological and biomechanical findings indicate that when swimming at 90% and 92.5% of S400, the athlete is in the heavy intensity domain, considering the four-intensity domain model. While swimming at 95% of the S400, the athlete is in the field of severe intensity, considering the models of four and five intensity domains. Small changes (2.5 to 5%) in the S400 can cause changes in the intensity domain that the athlete is training. Prescription and control of intensities can be performed simply, from the T400.

Key-words: oxygen consumption, kinematics, coordination, evaluation, prescription.

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

α	Alfa, valor de referência para os testes estatísticos, nível assumido de significância, estabelecido a priori em 5%.
AL	Anaeróbia aláctica
ANOVA	Análise de variância.
Amp	Amplitude
τ	Ajuste da constante tempo na fase
bpm	Batimentos por minutos.
cm	Centímetro, unidade de distância linear.
CM	Centro de massa.
Cinética do VO_2	Cinética do consumo de oxigênio.
CC	Componente cardiodinâmico.
CL	Componente lento.
CR	Componente rápido.
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa.
FGDA	Federação Gaúcha de Desportos Aquáticos.
EPOC	Consumo excessivo de oxigênio pós-exercício.
C	Custo energético expresso em $J \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$.
DC	Distância média percorrida por ciclo de braçadas expressa em metros.
DN	Distância nadada.
E_{tot}	Energia total expressa em $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$.
η^2 ou η^2	Eta ao quadrado.
E_r	Erro RMS.
EP	Esforço percebido
FC	Frequência cardíaca, expressa em bpm.
$FC_{m\acute{a}x}$	Frequência cardíaca máxima, expressa em bpm.
FB	Frequência média de ciclos de braçadas expressa em Hz.
FP	Frequência média de ciclos de pernadas expressa em Hz.
h	Hora, unidade de tempo.
H^+	Íons de hidrogênio.
Hz	Hertz, unidade de frequência
IdC	Índice de coordenação de nado.

OBLA	Início do acúmulo do lactato sanguíneo.
IdC 1	Intervalo de tempo entre o início da propulsão da braçada direita e o final da propulsão da braçada esquerda.
IdC 2	Intervalo de tempo entre o início da propulsão da braçada esquerda e o final da propulsão da braçada direita.
IdC médio	Calculado a partir dos valores de IdC1 e IdC2 como a média desses valores.
ISAK	International Society for the Advancement of Kinanthropometry
J	Joules, unidade de energia.
J·kg·min ⁻¹	Joules por quilograma por minuto, unidade de energia.
LA	Anaeróbia láctica
[LA]	Concentração sanguínea de lactato expressa em mmol·L ⁻¹ .
kg	Quilograma, unidade de massa.
kJ	Quilojoule, unidade de energia
km	Quilometro, unidade de distância linear.
LL	Limiar de lactato.
L·min ⁻¹	Litros por minuto, unidade de volume por tempo.
MFEL	Máxima fase estável de lactato.
m	Metro, unidade de distância linear.
m/s ⁻¹	Metros por segundo, unidade de velocidade linear.
mL	Mililitro, unidade de volume.
mm	Milímetro, unidade de distância.
mmol·L ⁻¹	Milimol por litro, unidade de concentração.
mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	Mililitros por quilograma por minuto, unidade de volume normalizada por massa e por tempo.
min	Minuto, unidade de tempo.
<i>n</i>	Tamanho da amostra ou número de ciclos completos.
N	Número de pontos utilizados.
O ₂	Oxigênio.
<i>p</i>	Nível de significância calculado a posteriori.
PSE	Percepção subjetiva de esforço.
pH	Potencial hidrogeniônico.
Q	Débito cardíaco.
RMS	Root Mean Square.

R	Razão da troca respiratória.
s	Segundos, unidade de tempo.
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences.
t	Tempo para a realização do teste em intensidade máxima ou submáxima expresso em s.
t	Tempo em segundos da fase
σ	Tempo de atraso
Tciclo	Tempo de duração total do ciclo de braçada.
T _{prop}	Tempo propulsivo expresso em s.
TTE	Tempo total até a exaustão expressa em s.
T2000	Teste de dois mil metros de natação.
T60	Teste de sessenta minutos de natação.
T400	Teste dos quatrocentos metros de natação.
T3000	Teste de três mil metros de natação.
T30	Teste de trinta minutos de natação.
tc	Tempo para realização de um ciclo completo de pernada.
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
VVI	Variação da velocidade intracíclica.
VVI _q	Variação da velocidade intracíclica do quadril.
VC	Velocidade crítica.
V _{máx}	Velocidade máxima expressa em m.s ⁻¹ .
VN	Velocidade média de nado expressa em m.s ⁻¹ .
V400	Velocidade média de nado do T400.
VO _{2pico}	Consumo de oxigênio de pico expresso em mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹ .
VO _{2r}	Consumo de oxigênio de repouso expresso em mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹ .
VO ₂	Consumo de oxigênio expresso em mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹ .
VO _{2máx}	Consumo máximo de oxigênio expresso em mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹ .
vVO _{2máx}	Velocidade relativa à intensidade de VO _{2máx} .
X, Y e Z	Letras que representam eixos dimensionais, como horizontal, vertical e lateral.
≈	Símbolo com o significado de aproximadamente.
=	Símbolo com o significado de igual.
°	Símbolo com o significado de graus.

\geq	Símbolo com o significado de maior ou igual do que.
\pm	Símbolo com o significado de mais ou menos.
®	Símbolo com o significado de marca registrada.
\leq	Símbolo com o significado de menor ou igual do que.
-	Símbolo com o significado de menos.
*	Símbolo com o significado de multiplicação.
%	Símbolo com o significado de percentual.
%V400	Símbolo com o significado de percentual da velocidade média de nado do T400.
Σ^n	Símbolo com o significado de somatório dos pontos de controle utilizados.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	62
Equação 2	66
Equação 3	66
Equação 4	67
Equação 5	67
Equação 6	67
Equação 7	67
Equação 8	74
Equação 9	74
Equação 10	75
Equação 11	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação dos três domínios de intensidade: moderado, pesado e severo. LL corresponde ao limiar de lactato, MFEL é a abreviação para máxima fase estável de lactato.....	23
Figura 2 - Representação dos quatro domínios de intensidade: moderado, pesado, severo e extremo. LL corresponde ao limiar de lactato, MFEL é a abreviação para máxima fase estável de lactato e VC a velocidade crítica.....	25
Figura 3- Representação dos cinco domínios de intensidade: moderado, pesado, muito pesado, severo e extremo. LL corresponde ao limiar de lactato, MFEL é a abreviação para máxima fase estável de lactato e VC a velocidade crítica.....	26
Figura 4 - Comparação dos modelos de três, quatro e cinco domínios de intensidade: moderado, pesado, muito pesado, severo e extremo. LL corresponde ao limiar de lactato, MFEL é a abreviação para máxima fase estável de lactato e VC a velocidade crítica.....	28
Figura 5 - Representação das três fases da cinética do VO_2	34
Figura 6 - Constituintes da cinética de O_2	36
Figura 7 - Design demonstrativo dos procedimentos que foram realizados.....	60
Figura 8 - Marcadores corporais para obtenção dos dados biomecânicos, utilizado como base em McCabe (2008).....	62
Figura 9- Demonstrativo do posicionamento do ergoespirômetro e do Snorkel Aquatrainer® para obtenção do VO_2	65
Figura 10 - Posicionamento das quatro câmeras (retângulos com números), volume de calibração (retângulo em vermelho) e do pacer subaquático (linha amarela).....	70
Figura 11 - Vista do Calibrador para cinemetria bidimensional construído a partir do modelo desenvolvido por Psycharakis, Sanders e Mill (2005).....	71
Figura 12 - Pacer subaquático e seu software indicando a velocidade média de nado.....	72
Figura 13 – Demonstrativo do VO_2 nas situações T400, 90%, 92,5% e 95% da V400 de um avaliado representativo da amostra.....	79
Figura 14 – Demonstrativo do C nas situações T400, 90%, 92,5% e 95% da V400, n = 14.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de médias, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) das características antropométricas; n = 14.....77

Tabela 2 – Valores de médias, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) dos anos de experiência competitiva em natação (EXP NAT), do melhor tempo realizado em prova de 400 m nado livre em piscina de 25 m (DES400), do tempo realizado no T400 e do desempenho em pontos da FINA (DESFINA); n = 14..... 77

Tabela 3 - Valores médios, desvios-padrão e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média da concentração de lactato sanguíneo [LA] e do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), nas intensidades do T400, dos 90%, 92,5% e 95% da V400, nos momentos de repouso e exaustão (pico); n =14.....78

Tabela 4- Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) do percentual do $\dot{V}O_{2pico}$ dos 95%, 92,5% e 90% da V400 em relação ao $\dot{V}O_{2pico}$ do T400; n = 14.....79

Tabela 5- Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) do componente lento da cinética do $\dot{V}O_2$ nas intensidades do T400 e nos percentuais dos 90%, 92,5% e 95% da V400; n = 14.....80

Tabela 6 - Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) da cinética do consumo de oxigênio em relação amplitude (Amp), tempo em segundos da fase (t), tempo de atraso (σ) e do ajuste da constante tempo na fase (τ) nas intensidades de 90, 92,5 e 95% da V400; n = 14.....80

Tabela 7- Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) do percentual (%) da contribuição aeróbia e anaeróbia (lática (LA) e alática (AL)), da energia metabólica total (E_{total}), da frequência cardíaca (FC), do esforço percebido (EP) e do tempo total até a exaustão (TTE) nas intensidades do T400 e nos percentuais dos 90%, 92,5% e 95% da V400; n = 14.....81

Tabela 8 - Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) da DC, FB, FP, VN e distância nas intensidades do T400 e nos 90, 92,5 e 95% da V400; n = 14.....89

Tabela 9 - Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) da duração percentual (%) das fases de entrada e apoio, puxada, empurrada, recuperação, duração do ciclo de nado, duração percentual (%) das fases propulsivas, não propulsivas, IdC T_{prop} e $VVIq$ e nas intensidades do T400 e nos 90, 92,5 e 95% da V400, n = 14.....90

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo Geral	19
1.1.2 Objetivo específico	19
1.2 JUSTIFICATIVA	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 DOMÍNIOS DE INTENSIDADE	22
2.1.1 Modelo de três domínios de intensidade: moderado, pesado e severo	22
2.1.2 Modelo de quatro domínios de intensidade: moderado, pesado, severo e extremo	23
2.1.3 Modelo de cinco domínios de intensidade: moderado, pesado, muito pesado, severo e extremo	25
2.1.4 Comparação entre os modelos de três, quatro e cinco domínios de intensidade e sua relação com o T400	26
2.2. FISILOGIA DA NATAÇÃO	29
2.3 TEMPO TOTAL ATÉ A EXAUSTÃO	40
2.4 BIOMECÂNICA DA NATAÇÃO: CINEMÁTICA	41
2.5 CUSTO ENERGÉTICO (C)	50
2.6. ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA	52
3 HIPÓTESES	54
4 MATERIAIS E MÉTODOS	55
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	55
4.2 VARIÁVEIS DO ESTUDO	55
4.2.1 Variáveis Independentes	55
4.2.2 Variáveis dependentes	55
4.2.3 Variáveis de controle	56
4.2.4 Variáveis intervenientes	56
4.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA	56
4.3.1 Amostra	57
4.4 PROCEDIMENTOS ÉTICOS	57
4.5 DESIGN EXPLICATIVO	57
4.6 PROCEDIMENTOS DE AQUISIÇÃO DOS DADOS	60
4.6.1 Medidas Antropométricas, Materiais e Procedimentos de Aquisição	60
4.6.2 Marcadores Corporais, Materiais e Procedimentos para Aquisição	61
4.6.3 Desempenho, Materiais para Aquisição e Procedimentos para Aquisição	62
4.6.4 Variáveis Fisiológicas, Materiais e Procedimentos para Aquisição	62
4.6.5 TTE, Material e Procedimentos para Aquisição	68
4.6.6 Variações Biomecânicas, Materiais e Procedimentos para Aquisição	69
4.6.7 Custo Energético, Material e Procedimentos para Aquisição	75
4.6.8 Erro RMS e Análise Residual	75
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	76
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
5.1 ANTROPOMETRIA E FISILOGIA	77
5.1.1 Resumo e discussão dos resultados fisiológicos	82
5.2 BIOMECÂNICA	89
5.2.1 Resumo e discussão dos resultados biomecânicos	91
5.3 CUSTO ENERGÉTICO (C)	97
5.3.1 Resumo e discussão dos resultados referentes ao C	98

5.4 RELAÇÃO COM OS DOMÍNIOS DE INTENSIDADE	99
5.4.1 Modelo de três domínios	99
5.4.2 Modelo de quatro domínios.....	99
5.4.3. Modelo de cinco domínios.....	100
5.5 APLICAÇÕES PRÁTICAS	100
5.6 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS.....	101
6 CONCLUSÃO	102
REFERENCIAS	103
ANEXO A.....	112
ANEXO B.....	115
APENDICE A.....	116
APENDICE B.....	118
APENDICE C.....	119

1 INTRODUÇÃO

O desempenho na natação pode ser entendido como o tempo necessário para o nadador percorrer determinada distância sob regras específicas (MAGLISCHO, 2003) e depende da interação entre fatores fisiológicos e biomecânicos (SCHNITZLER et al. 2007) também denominados de biofísicos (PENDERGAST et al. 2006). Dentre os quatro estilos de nado (dois alternados, *crawl* e costas; e dois simultâneos, peito e borboleta), o *crawl* é considerado o mais rápido e eficiente. Ainda, apresenta menor custo energético (C) e maior eficiência propulsiva (FERNANDES e VILAS-BOAS, 2012).

Nadadores competem no nado *crawl* em diferentes distâncias com diferentes contribuições dos sistemas energéticos. Entre as diferentes provas nadadas no estilo *crawl*, podemos destacar as provas rápidas como os 50 m e os 100 m, com 80% da energia oriunda do metabolismo anaeróbio (TOUSSAINT et al. 1998 e HOLMER, 1983). Provas com tempo superior a três minutos começam a apresentar contribuições aeróbias de 50% ou mais, dessas podemos destacar provas intermediárias (200 m e 400 m), longas (800 m e 1500 m) e maratonas aquáticas (5 km, 10 km e 25 km) (TOUSSAINT et al. 1998 e HOLMER, 1983).

Ao longo de um ciclo de treinamento, são treinados distintos conteúdos aplicados com diferentes métodos, tanto com a finalidade de melhorar a mecânica de nado, quanto de incrementar o fornecimento de energia proveniente de fontes aeróbias e/ou anaeróbias (OLBRECHT, 2011). Entretanto, sem o treinamento das intensidades específicas, o desempenho em prova poderá ficar comprometido.

O treinamento da capacidade aeróbia é caracterizado por séries de treino com distintas características: (1) séries aeróbias extensivas, realizadas de forma contínua e/ou intervalada, em intensidade baixa, cujas adaptações buscadas são predominantemente periféricas; (2) séries aeróbias intensivas, realizadas de forma intervalada, de média à alta intensidade, cujas adaptações pretendidas são tanto periféricas, quanto centrais. Essas séries se caracterizam por manter concentração de lactato sanguíneo [LA] correspondente ao limiar anaeróbio (OLBRECHT, 2011). Também é treinada a potência aeróbia, de modo intervalado, em intensidades acima de limiar anaeróbio, cujas séries possuem a característica de alcançar intensidades relativas ao consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) ao longo da própria série. O

treinamento da potência aeróbia estaria relacionado à, principalmente, adaptações centrais.

Por outro lado, o treinamento da capacidade anaeróbia possui o intuito de promover adaptações musculoesqueléticas e metabólicas, resistência à acidose, aumento da velocidade de tamponamento para atenuar a diminuição do potencial hidrogeniônico (pH) e manutenção da técnica e da velocidade sob condições fisiológicas extremas. Caracterizam-se por nado realizado de forma intervalada de alta intensidade (OLBRECHT, 2011). O treinamento de potência anaeróbia é realizado em intensidade muito próxima ao máximo que o atleta pode desempenhar, com séries curtas. O objetivo deste tipo de treinamento é incrementar a velocidade da glicólise e atingir altos valores das [LA]. Caracterizam-se por nado realizado de forma intervalada de curto período com grandes intervalos (OLBRECHT, 2011).

Existem diferentes métodos para prescrever as diferentes velocidades médias de nado (VN) que estão relacionadas às intensidades de cada tipo de treinamento e domínios de intensidade. Esses métodos podem ser realizados de forma invasiva ou não invasiva. Dos métodos não invasivos, de menor custo e provavelmente mais ecológicos para o treinador aplicar na borda da piscina, podemos destacar o teste dos 3000 m (T3000), o teste dos 2000 m (T2000) e o teste dos 400 m (T400) (ZACCA e CASTRO, 2012). Esses testes possibilitam a identificação e o uso de inúmeras informações a respeito do nível de condicionamento do atleta, como também podem ser utilizados para identificar os domínios de intensidade.

De modo específico, o T400 tem como característica ser uma maneira indireta de estimar a VN na velocidade do $VO_{2máx}$ (GRECO et al. 2013 e FERNANDES et al. 2012, 2008 e 2003). Ainda, o VO_2 , seja máximo ou de pico, apresenta similares valores quando mensurado usando protocolos contínuos (T400) ou intermitentes (repetições de 200 m em velocidade progressiva até a exaustão) (FERNANDES et al. 2003).

Com o objetivo de diferenciar as intensidades de treinamento, a partir das respostas metabólicas, como consumo de oxigênio (VO_2) e [LA] foram estabelecidos domínios de intensidade ou domínios de treinamento. Cada domínio de intensidade, quando analisados os treinamentos nele realizados, devem produzir adaptações específicas (FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001 e GAESSER e POOLE, 1996).

Em relação aos domínios de intensidade, o domínio moderado é caracterizado pela intensidade do exercício ser abaixo do limiar de lactato (LL), a [LA] estabiliza-se

rapidamente, mantendo-se próxima aos níveis de repouso, e o VO_2 apresenta um ajuste rápido, mas sem incremento intenso. Ainda, o LL corresponde a, aproximadamente, 83% da velocidade do teste de 400 m (V400) (GRECO et al. 2013). Nesse domínio de intensidade, a cinética do VO_2 aparenta estar estável, apresentando baixas [LA] e VO_2 (DE JESUS et al. 2015). Aumentos de 2,5% da velocidade de nado, podem acarretar grandes alterações nas [LA], podendo alterar o domínio de intensidade da atividade realizada (OLIVEIRA et al. 2012). O exercício, nesta intensidade, pode ser mantido por horas sem a exaustão (GAESSER e POOLE, 1996).

No domínio de intensidade pesado, a intensidade é superior ao LL com altos valores de VO_2 , porém ainda é possível a manutenção do exercício por bastante tempo (GAESSER e POOLE, 1996). No domínio de intensidade severo, não ocorre estabilização de variáveis metabólicas e o VO_2 eleva-se para valores máximos (GAESSER e POOLE, 1996).

Nos domínios de intensidades pesado (100% e 102,5% da máxima fase estável do lactato - MFEL) e severo, a distância média percorrida por ciclo de braçadas (DC) e a variação da velocidade intracíclica (VVI) do centro de massa (CM) tendem a diminuir e a frequência média de ciclos de braçadas (FB) tende a aumentar em comparação ao domínio de intensidade extremo (FIGUEIREDO et al. 2014; PELARIGO, DENADAI e GRECO, 2011; DEKERLE et al. 2005 e WAKAYOSHI et al. 1993). Em relação à cinética do consumo de oxigênio, tanto no domínio de intensidade pesado, quanto no severo o componente rápido (CR) e o componente lento (CL) são observados quando a atividade alcança limites máximos ou muito próximos a ele. Por fim, no domínio de intensidade severo (95%, 100% e 105% da velocidade de $VO_{2máx}$ - $vVO_{2máx}$) até a exaustão (tempo total até a exaustão - TTE), acredita-se que o sistema anaeróbio contribua entre 21% e 28% da energia necessária para a realização da atividade (DE JESUS et al. 2015).

Por fim, no domínio de intensidade extremo, a exaustão ocorre antes que o $VO_{2máx}$ seja alcançado (FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; WHIPP e WARD, 1990). Para o domínio de intensidade extremo, quando comparado o nado completo com o nado sem o auxílio de membros inferiores, observou-se que o nado completo gerou desempenho superior a 14%, e um maior custo energético (C) em 22%, em comparação ao nado realizado sem a contribuição de membros inferiores. Sabe-se que diversos outros parâmetros biomecânicos também respondem a alterações de

intensidade, tais como o índice de coordenação de nado (IdC - PELARIGO, DENADAI e GRECO, 2011) e o tempo propulsivo (T_{prop} - ALBERTY et al. 2009).

Considerando a necessidade de prescrição adequada das intensidades de treinamento, com método de fácil aplicação e de baixo custo, questiona-se se pequenos ajustes percentuais sobre a V_{400} são capazes de provocar diferenças em parâmetros fisiológicos e biomecânicos do nado. Com base nas informações relatadas anteriormente, o presente estudo apresenta o seguinte problema de pesquisa:

Em séries de natação realizadas até a exaustão, os percentuais 90%, 92,5% e 95% da velocidade média dos 400 m (V_{400}) são capazes de provocar alterações em parâmetros fisiológicos e biomecânicos do nado cujas interpretações possam indicar diferentes domínios de intensidade?

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos desta tese foram divididos em geral e específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho foi identificar e comparar os efeitos dos percentuais de 90%, 92,5% e 95% da V_{400} sobre parâmetros fisiológicos e biomecânicos no nado *crawl* a fim de se identificar os domínios de intensidade relativos a esses percentuais.

1.1.2 Objetivo específico

Entre os percentuais de 90, 92,5 e 95% da V_N do T400 no nado *crawl*, comparar:

Concentração sanguínea de lactato [LA];

Consumo de oxigênio (VO_2);

Cinética do consumo de O_2 (cinética do VO_2): a amplitude (Amp), o tempo em segundos da fase (t), o tempo de atraso (σ) e o ajuste da constante tempo na fase (τ);

Energia metabólica total (E_{total});

Contribuições energéticas;

Frequência cardíaca (FC)
Esforço percebido (EP);
Tempo total até a exaustão (TTE);
Distância nadada (DN);
Distância média percorrida por ciclo de braçadas (DC);
Frequência média de ciclo de braçadas (FB);
Frequência média de ciclo de pernadas (FP);
Velocidade média de nado (VN);
Duração percentual das fases da braçada;
Índice de coordenação de nado (IdC);
Tempo propulsivo (T_{prop});
Variação da velocidade intracíclica do quadril (VVIq);
Custo energético (C).

1.2 JUSTIFICATIVA

A prescrição da intensidade de treinamento com base na VN é uma ferramenta muito útil a treinadores, principalmente àqueles que possuem muitos atletas em uma mesma sessão de treinamento. Por exemplo, sabe-se que a VN do teste de 400 m é similar à VN requerida para se atingir o $VO_{2máx}$. Entretanto não se sabe exatamente o que representam os percentuais oriundos desta velocidade. Sendo assim, o presente estudo tem por objetivo compreender os efeitos imediatos de três diferentes percentuais, em séries até a exaustão, aplicados sobre a V400. O maior entendimento do significado biomecânico e fisiológico dos percentuais da V400 pode se transformar em importante ferramenta de treinamento, ao fornecer praticidade, rapidez e economia a técnicos e atletas.

Com o maior conhecimento dos efeitos biofísicos de diferentes percentuais aplicados sobre a V400, treinadores podem aplicar, de maneira mais segura, determinados conteúdos, referentes, por exemplo, à capacidade aeróbia, LL, MFEL e potência aeróbia a seus atletas. Tais informações permitem maior certeza de qual capacidade será treinada, em que intensidade será trabalhada e qual a resposta será adquirida com o treinamento de diferentes percentuais da V400 e a identificação de possíveis distintas zonas de intensidade.

Um único teste, em natação, capaz de avaliar distintos conteúdos e, simultaneamente indicar uma VN de referência, tem sido objeto de estudos e propostas (ZACCA e CASTRO, 2012). Há testes com diferentes variáveis isoladas, como, por exemplo a distância percorrida em determinada duração de tempo como trinta minutos (T30) e sessenta minutos (T60), e o tempo para cobrir determinada distância fixa, como o T2000, T3000 e o T400 (ZACCA e CASTRO, 2012). Devido à duração e às características metabólicas relativas à distância de 400 m, este parece ser o teste mais prático a ser aplicado a nadadores, especialmente quando há um grande número de atletas a serem avaliados. Espera-se que, ao se analisar as respostas a três percentuais da V400, possa-se indicar a VN individualizada a diferentes conteúdos de treinamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão de literatura foi dividida em cinco partes: (1) domínios de intensidade de nado e a prova/teste de 400 m; (2) variáveis fisiológicas da natação, (3) tempo total até a exaustão, (4) variáveis biomecânicas da natação: cinemática e (5) análise crítica da literatura. As variáveis fisiológicas e biomecânicas, em um primeiro momento, são descritas conceitualmente, após analisadas à luz de diferentes intensidades de nado.

2.1 DOMÍNIOS DE INTENSIDADE

Pesquisadores, como Greco et al. (2013 e 2008); Fawkner e Armstrong (2003); Hill, Poole e Smith (2002); Özyener et al. (2001); Dekerle e Pelayo (2011); Xu e Rhodes (1999); Gaesser e Poole (1996) e Whipp e Ward (1990) estabeleceram escalas de intensidade de exercício a partir das respostas metabólicas e cardiorrespiratórias. Essas escalas foram denominadas de domínios de intensidade ou domínios de treinamento. Cada domínio possibilitaria adaptações específicas ao treinamento e, dependendo dos autores, os domínios variam de três a cinco.

2.1.1 Modelo de três domínios de intensidade: moderado, pesado e severo

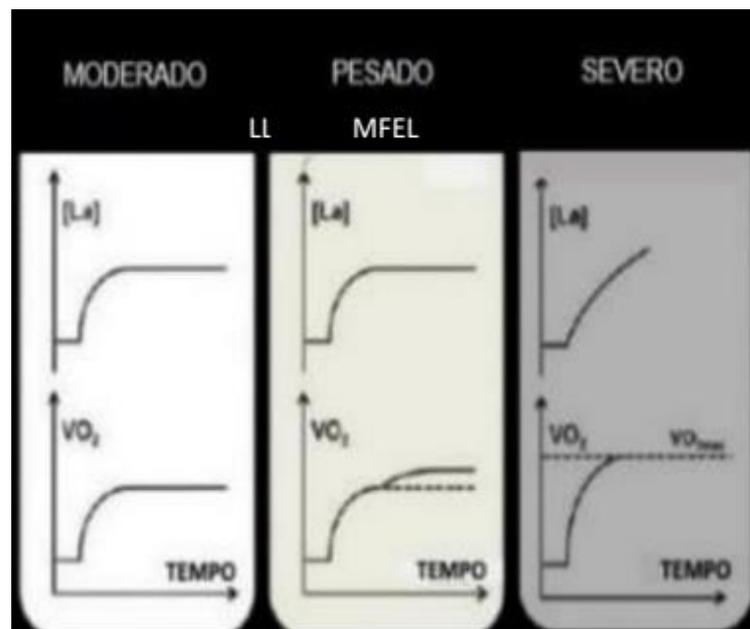
O domínio de intensidade moderado caracteriza-se pela intensidade do exercício ser abaixo do LL, a [LA] estabiliza-se rapidamente sendo mantida próxima aos níveis de repouso. O VO_2 apresenta ajuste rápido, entre um e três minutos antes da estabilização. Devido a esses fatores, o atleta consegue manter a intensidade por horas de exercício. O exercício cessa, provavelmente, devido à depleção dos substratos energéticos (glicogênio hepático e muscular), distúrbios hídricos e eletrolíticos, como também devido a alterações relacionadas à termorregulação (GRECO et al. 2013 e 2008; XU e RHODES, 1999 e GAESSER e POOLE, 1996).

O domínio de intensidade pesado caracteriza-se pela intensidade ser acima do LL. São observadas intensas demandas metabólicas, com alta taxa de liberação e metabolização do lactato. O exercício nesse domínio ocorre na MFEL. São observados altos valores de VO_2 com simultâneo desenvolvimento de um CL no mesmo. Embora o estresse metabólico seja alto, ainda é possível a manutenção de

equilíbrio fisiológico e realização do exercício por tempo prolongado. O exercício cessa por alterações da homeostase (GRECO et al. 2013 e 2008; XU e RHODES, 1999 e GAESSER e POOLE, 1996).

Já o domínio de intensidade severo caracteriza-se pelo trabalho acima da MFEL. Nesse domínio não ocorre estabilização de variáveis metabólicas. A taxa de produção de lactato é maior do que a taxa de remoção, com aumento da [LA], de piruvato e de H^+ . O VO_2 eleva-se para valores máximos (caracterizando o $VO_{2máx}$) e a amplitude do CL é maior; ainda, a magnitude desse componente depende da duração do exercício. O tempo em atividade está associado à alta taxa de produção de metabólitos em relação à remoção (GRECO et al. 2013 e 2008; XU e RHODES, 1999 e GAESSER e POOLE, 1996). A Figura 1 descreve os comportamentos esperados de concentração de lactato e consumo de oxigênio nos três domínios descritos.

Figura 1 - Representação dos três domínios de intensidade: moderado, pesado e severo. LL corresponde ao limiar de lactato, MFEL é a abreviação para máxima fase estável de lactato.



Adaptado de Greco et al. (2013 e 2008); Dekerle e Palayo (2011); Xu e Rhodes (1999) e Gaesser e Poole (1996).

2.1.2 Modelo de quatro domínios de intensidade: moderado, pesado, severo e extremo

O domínio de intensidade moderado situa-se abaixo do LL. O VO_2 é caracterizado pela presença de três distintas fases: (i) uma função mono-exponencial simples, seguida por (ii) uma breve fase cardiodinâmica e, por fim, (iii) um aumento

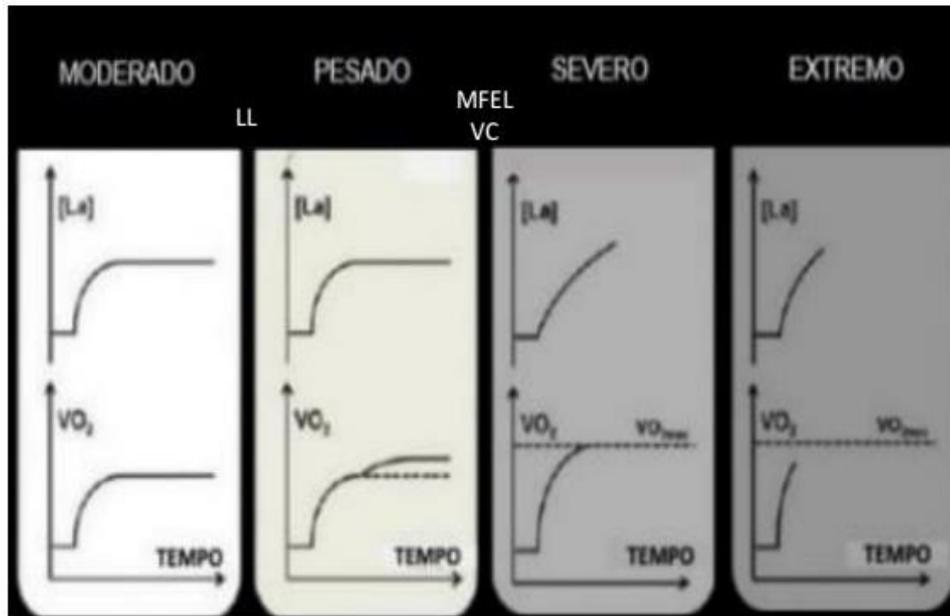
exponencial do VO_2 no início do exercício, o componente rápido (CR), em direção à um estado de equilíbrio, entre 45 s e 180 s (FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001; GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990).

No domínio de intensidade pesado, acima do LL, a cinética do VO_2 é mais complexa e requer uma modelagem de segunda ordem. O VO_2 é adicionalmente aumentado, com componente lento (CL), após com CR. Esses componentes possuem atraso de aproximadamente 150 s. O limite superior desse domínio é definido como a mais alta taxa de trabalho na qual o lactato sanguíneo pode estabilizar-se, a MFEL (FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001; GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990).

No domínio de intensidade severo, também denominado de muito pesado por Fawkner e Armstrong (2003) e Whipp e Ward (1990), observa-se uma faixa de trabalho acima da VC, definida como a máxima velocidade que pode ser mantida teoricamente por um longo período de tempo (DEKERLE e PELAYO, 2011) e similar ao máximo consumo de O_2 , intensidade de $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Caracteriza-se por não apresentar estabilidade em relação ao VO_2 e à [LA], o exercício termina antes que ocorra estabilização dessas variáveis. Nesse domínio, são observados ambos, CR e CL, na cinética do VO_2 . O CL do VO_2 é mais pronunciado em comparação ao domínio pesado e sua magnitude é dependente da duração e do tipo de exercício. Nessa intensidade, o VO_2 eleva-se quase linearmente e o CL eleva o VO_2 ao seu máximo valor (FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001; GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990).

Por fim, no domínio de intensidade extremo, também denominado severo por Fawkner e Armstrong (2003) e Hill, Poole e Smith (2002), a exaustão ocorre antes que o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ seja alcançado. Esse domínio caracteriza-se por um rápido aumento no VO_2 , atingindo um pico ($\text{VO}_{2\text{pico}}$). A cinética do VO_2 é caracterizada por uma função mono-exponencial simples pelo aparecimento do CR sem tempo suficiente para o surgimento do CL, conforme Figura 2.

Figura 2 - Representação dos quatro domínios de intensidade: moderado, pesado, severo e extremo. LL corresponde ao limiar de lactato, MFEL é a abreviação para máxima fase estável de lactato e VC a velocidade crítica.



Adaptado de Deckerle e Palayo, (2011); Fawcner e Armstrong, (2003); Özyener et al. (2001); Gaesser e Poole, (1996) e Whipp e Ward, (1990).

2.1.3 Modelo de cinco domínios de intensidade: moderado, pesado, muito pesado, severo e extremo

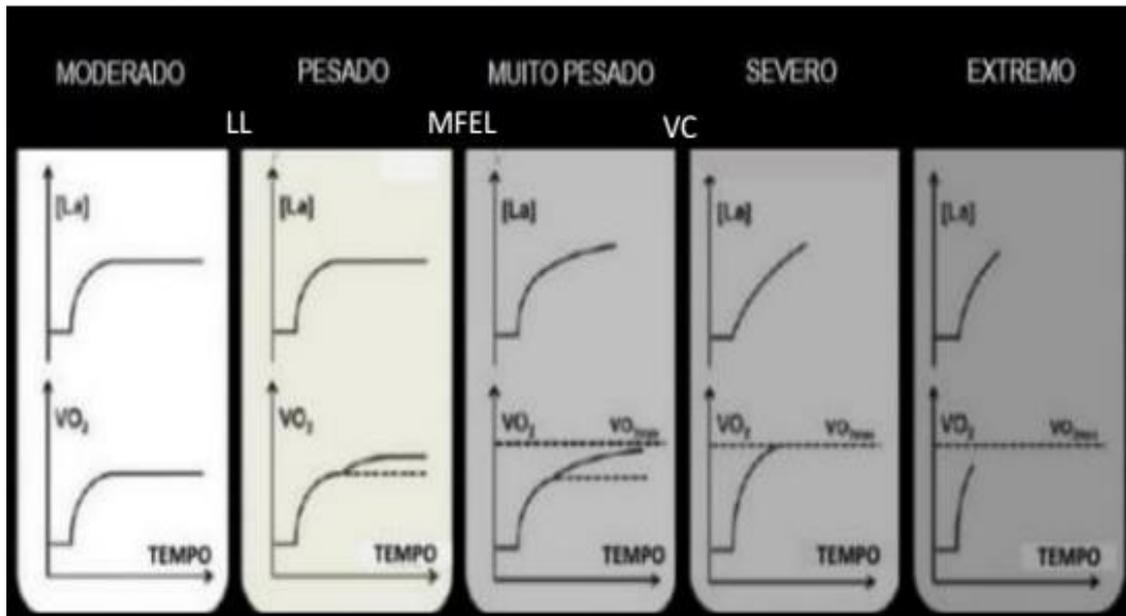
O domínio de intensidade moderado situa-se abaixo do LL, no qual observa-se estabilização dos valores de [LA] e VO_2 (DEKERLE e PELAYO, 2011). No domínio pesado, intensidade acima do LL e abaixo da MFEL observa-se estabilização dos valores de [LA] e VO_2 (DEKERLE e PELAYO, 2011). O domínio de intensidade muito pesado, situa-se acima do MFEL e abaixo da VC. Observa-se aumento nas [LA], como também o aparecimento do CL do VO_2 , entretanto sem atingir o $VO_{2máx}$ ao final do exercício. O $VO_{2máx}$ seria atingido se o exercício fosse realizado em intensidade mais elevada até a exaustão (domínio severo) (DEKERLE e PELAYO, 2011).

Para o domínio severo, em natação, observa-se uma intensidade de nado acima da VC. Esse domínio está relacionado às provas com tempos que podem variar entre 2 min a 60 min. Sugere-se que o VO_2 nessa intensidade alcance o máximo antes da exaustão (DEKERLE e PELAYO, 2011).

Por último, no domínio de intensidade extrema, a intensidade é muito alta, na qual o $VO_{2máx}$ não é alcançado, embora a tarefa seja realizada até a exaustão. Esse

domínio está relacionado a provas com tempos inferiores à 2 min (DEKERLE e PELAYO, 2011), conforme Figura 3.

Figura 3 - Representação dos cinco domínios de intensidade: moderado, pesado, muito pesado, severo e extremo. LL corresponde ao limiar de lactato, MFEL é a abreviação para máxima fase estável de lactato e VC a velocidade crítica.



Adaptado de Dekerle e Palayo, (2011).

2.1.4 Comparação entre os modelos de três, quatro e cinco domínios de intensidade e sua relação com o T400

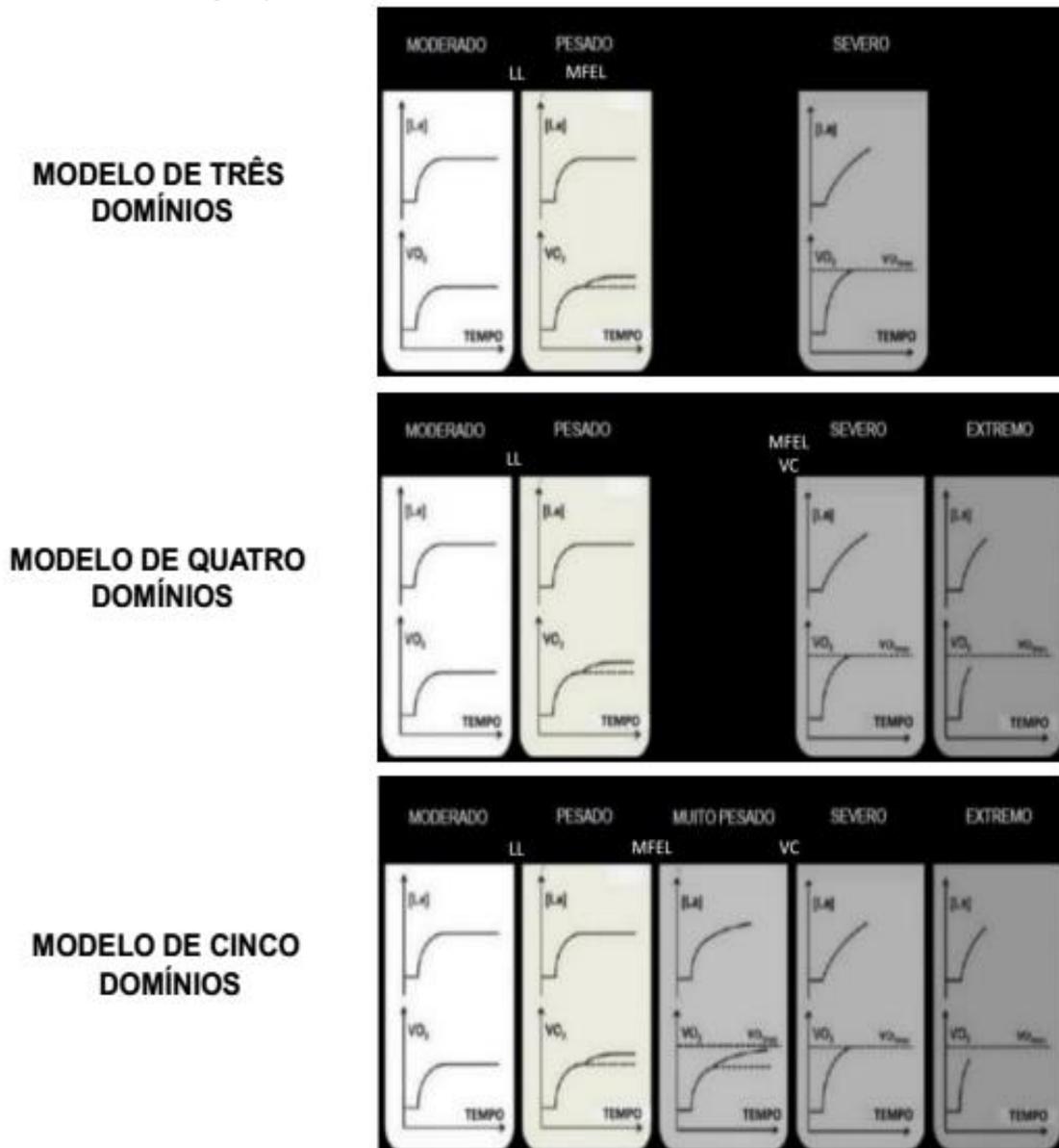
Os domínios de intensidade são delineados com base no comportamento dos componentes fisiológicos de [LA] e VO₂ ao longo do tempo. Quando comparados os modelos de três, quatro e cinco domínios de intensidade observam-se algumas características em comum, como também determinadas divergências (GRECO et al. 2013 e 2008; DEKERLE e PELAYO 2011, FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001; XU e RHODES, 1999, GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990).

O domínio de intensidade moderado apresenta o mesmo comportamento do VO₂ e das [LA] para os três modelos. Ainda, o limite superior desse domínio é muito bem delimitado pelo LL para os três modelos (GRECO et al. 2013 e 2008; DEKERLE e PELAYO 2011, FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001; XU e RHODES, 1999, GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990). O domínio pesado apresenta diferentes descrições em relação aos três modelos de domínios de

intensidade. Para o modelo de três domínios, situa-se acima do LL, na MFEL. O modelo de quatro domínios descreve que o domínio pesado é superior ao LL e inferior à MFEL e à VC. Já para o modelo de cinco domínios, o domínio pesado é superior ao LL e inferior à MFEL (GRECO et al. 2013 e 2008; DEKERLE e PELAYO 2011, FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001; XU e RHODES, 1999, GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990). O modelo de cinco domínios é o único que apresenta o domínio muito pesado, sendo bem demarcado pelo limite inferior, à MFEL e superior à VC (DEKERLE e PELAYO 2011).

Quando analisado o domínio de intensidade severo, observa-se similaridade para os três modelos. Nesse domínio, não é descrita a estabilidade em relação ao VO_2 , esse chegando ao máximo, e à [LA] apresentaria concentrações muito elevadas. Ainda, no domínio severo é bem descrito, tanto o comportamento do CR, quanto do CL (GRECO et al. 2013 e 2008; DEKERLE e PELAYO 2011, FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001; XU e RHODES, 1999, GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990). Por fim, para o modelo de quatro domínios, a intensidade severa possui como limite inferior tanto a MFEL, quanto a VC; já no modelo de cinco domínios, o limite inferior para essa intensidade é apenas a VC (DEKERLE e PELAYO 2011, FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001; XU e RHODES, 1999, GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990). Para o domínio extremo é encontrada similaridade para os modelos de quatro e cinco domínios. Neste caso a exaustão ocorre antes que os maiores valores do VO_2 e da [LA] sejam alcançados (GRECO et al. 2013 e 2008; DEKERLE e PELAYO 2011, FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; ÖZYENER et al. 2001; XU e RHODES, 1999, GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990), ver Figura 4.

Figura 4 - Comparação dos modelos de três, quatro e cinco domínios de intensidade: moderado, pesado, muito pesado, severo e extremo. LL corresponde ao limiar de lactato, MFEL é a abreviação para máxima fase estável de lactato e VC a velocidade crítica.



Adaptado de Dekerle e Palayo, (2011).

Os domínios de intensidade de moderado a severo são muito utilizados durante as sessões de treino em natação com a finalidade de desenvolvimento das capacidades aeróbia e anaeróbia (SOUSA et al. 2013). O T400 estaria localizado no domínio severo para os modelos de três, quatro e cinco domínios de intensidade. É possível observar que o T400 ocorre em velocidade média similar à alcançada no $VO_{2máx}$ em testes de velocidade progressiva (GRECO et al. 2013 e FERNANDES et al. 2012, 2008 e 2003).

Quando prescritas distintas intensidades utilizadas nas sessões de treino, como a VN correspondente ao LL e à MFEL, treinadores podem utilizar, como auxílio para a prescrição de treinamento, os percentuais da VN do T400 (%V400) (GRECO et al. 2013). Para Greco et al. (2013), a intensidade relativa ao LL corresponde a 83% da V400, já a MFEL corresponde à 88% da V400. Percentuais da V400 inferiores ao LL ($83,1\% \pm 2,18$ da V400) correspondem a domínios de intensidade moderado, percentuais entre LL e a MFEL ($87,6\% \pm 1,92$ da V400) correspondem ao domínio pesado e percentuais entre a MFEL e a 100% da V400 representam o domínio severo.

Dekerle e Pelayo (2011) observaram que o LL corresponde a 80% da V400 em nadadores de elite, já a MFEL corresponde à 88% da V400 em nadadores de elite e entre 70% e 80% da V400 em nadadores treinados. Aumentos de 2,5% da velocidade de nado, por exemplo podem acarretar grandes alterações na [LA], podendo alterar o domínio de intensidade da atividade realizada (OLIVEIRA et al. 2012). As respostas, quando nadando na VN da MFEL ou acima, não estão bem claras, sendo também incerto se o $VO_{2m\acute{a}x}$ é alcançado (DEKERLE e PELAYO, 2011).

2.2. FISILOGIA DA NATAÇÃO

Dentre os diversos aspectos fisiológicos da natação, são revisadas as respostas de [LA], VO_2 , $VO_{2m\acute{a}x}$, E_{total} , FC e EP. A [LA], em resposta às diferentes intensidades, é ferramenta para monitorar tanto as adaptações fisiológicas ao treinamento, quanto o real estado metabólico do nadador em relação a seu desempenho (OLBRECHT, 2011). [LA] na corrente sanguínea é o resultado do processo de produção e metabolização do lactato muscular, proveniente dos processos metabólicos anaeróbios, levando a seu acúmulo no tecido muscular e, após, sendo levado para a corrente sanguínea (TOUSSAINT e HOLLANDER, 1994).

As diferenças entre a [LA] sanguínea durante o exercício e a recuperação está relacionada com a sua produção, liberação, captação e oxidação por estruturas hepática, cardíaca e muscular (GREENWOOD et al. 2008). Devido à sobrecarga no metabolismo aeróbio, sobrecarga mitocondrial, a contribuição energética do metabolismo anaeróbio torna-se mais presente, observando-se aumento do lactato na corrente sanguínea. A [LA] no sangue é um indicador de intensidade de esforço, como também da contribuição energética anaeróbia (KESKINEN, KESKINEN e MERO, 2006).

A quantificação da [LA], em resposta ao exercício, vem sendo utilizada em natação como determinação invasiva do limiar anaeróbio, para verificar efeitos do treinamento (CAPUTO et al. 2004; PELAYO et al. 1996; WAKAIOSHI et al. 1993), na análise de exercícios de natação simulados em ergômetros específicos (CAPUTO et al. 2004; KONSTANTAKI e SWAINE, 1999), em respostas fisiológicas ao esforço máximo, para predição do rendimento (RIBEIRO et al. 1990) e na análise de contribuições dos sistemas energéticos aeróbio e anaeróbio (CASTRO e MOTA, 2010a).

Alguns indicadores de intensidade analisados por meio da [LA] são o LL e a MFEL. O LL ou limiar anaeróbio ou OBLA (início da acumulação do lactato sanguíneo) ou quebra do lactato (OLBRECHT, 2011) pode ser entendido como o primeiro aumento das [LA] não superior à $1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ acima dos valores de repouso. Na natação, um dos métodos utilizados para a quantificação do LL consiste na realização de 3 a 7 repetições de determinada distância com VN constante, com intervalos de 30 s. Para cada repetição, é realizado um acréscimo percentual na velocidade de nado. A [LA] é mensurada após cada repetição e plotada em relação à VN (GRECO et al. 2013; OLBRECHT, 2011; DEKERLE e PELAYO, 2011; WASSERMAN, BEAVER e WHIPP, 1990).

Já a MFEL é definida como a mais alta [LA] que pode ser identificada e mantida em estado de equilíbrio durante carga de trabalho prolongada e constante. Um método de quantificar essa intensidade é por meio da realização de dois a quatro testes de 30 min de nado em VN constante com intensidade submáxima. Cada teste é realizado em uma VN diferente. Caso as [LA] não apresentem o comportamento esperado para a identificação da MFEL, o teste é realizado novamente com aumentos ou diminuições da VN referente ao teste anterior. Cada teste de 30 min é realizado em dias separados. As [LA] são monitoradas entre o décimo e o trigésimo minuto com o intuito de identificar aumentos ou manutenções das concentrações ao longo dos 20 min de análise (GRECO et al. 2013; OLBRECHT, 2011; DEKERLE e PELAYO, 2011; BENEKE, 1995).

Oliveira et al. (2012) avaliaram a relação entre os parâmetros biomecânicos de nado e a [LA] em um protocolo incremental e verificaram a validade dos parâmetros fisiológicos e biomecânicos para estimar a velocidade da MFEL e relacioná-la com o desempenho na prova de 400 m nado livre. Para esses objetivos foram avaliados cinco nadadores especialistas em provas de meia e longa distância e oito triatletas.

Esses atletas realizaram o T400 para identificar a máxima velocidade aeróbia. Sete repetições de 200 m em intensidade progressiva (começando em 79% de V400 e acabando em 100% da V400) para quantificar as [LA]. Por fim, quatro testes de 30 min em velocidade constante em intensidade de 85 a 95% da V400. Foram realizados ajustes na velocidade de nado de 2,5% para determinação de parâmetros biomecânicos e da MFEL. A relação entre VN e C não foi linear, dessa forma, pequenos aumentos na VN podem representar uma grande sobrecarga metabólica. Aumentos de 2,5% da VN, por exemplo podem acarretar grandes alterações nas [LA], podendo alterar o domínio de intensidade da atividade realizada.

Em altas intensidades, como 95%, 100% e 105% da VN relativa ao $VO_{2máx}$ ($vVO_{2máx}$) até a exaustão, Sousa et al (2014) verificaram que as [LA] foram abaixo daquelas reportadas para outros esportes, como corrida e ciclismo. Essa constatação pode ser explicada devido à menor acidose metabólica apresentado como característica da natação. Em relação às contribuições energéticas, estima-se que o sistema anaeróbio contribuiu entre 21% e 28% em relação às intensidades da $vVO_{2máx}$ de 95% a 105%.

O VO_2 pode ser expresso de duas maneiras: em unidades absolutas, litros por minuto ($L \cdot min^{-1}$) ou em unidades relativas à massa corporal por minuto ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Ainda, existem distintos protocolos de avaliação do VO_2 , os quais podem ser realizados de forma contínua ou intermitente, de maneira progressiva ou contínua. Dentre os dados obtidos durante as avaliações do VO_2 , podemos destacar a obtenção do $VO_{2máx}$. Segundo Schnitzler et al. (2007), Fernandes et al. (2008 e 2003) e Howley et al. (1995), existem critérios fisiológicos específicos para determinação do valor de $VO_{2máx}$. Esses critérios, denominados de critérios primário e secundários, são utilizados em testes de intensidade progressiva e devem ser alcançados, ao longo da avaliação, para se afirmar que o $VO_{2máx}$ realmente foi atingido:

Critério primário:

- Ocorrência de platô no VO_2 independente do aumento da VN, na natação. Caso não seja visualizado um platô, é utilizado o maior valor observado no último estágio do teste.

Critérios secundários

- $FC \geq 90\%$ da máxima capacidade cardíaca, que pode ser estimada de acordo com a equação $FC_{máx} = 206 - (0,7 * idade)$ (TANAKA, MONAHAN & SEALS, 2001);
- $[LA] \geq 8 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$;

- Razão da troca respiratória (R) $\geq 1,15$.

Entretanto, conforme observado por Howley et al. (1995), não necessariamente todos os critérios devem ser tidos como fixos, pois existe grande variabilidade nas amostras estudadas que acabam por diferir dos padrões de referência. Quando não observado o $VO_{2m\acute{a}x}$, o VO_2 é expresso como o pico do VO_2 na atividade a ser avaliada (VO_{2pico}).

Conforme Greco, Caputo e Denadai (2008) e Dekerle (2006), o $VO_{2m\acute{a}x}$ pode ser alcançado entre 120 e 900 s de atividade em intensidade máxima. Segundo Di Prampero (2003), o $VO_{2m\acute{a}x}$ pode ser denominado como potência aeróbia. A potência aeróbia, ou velocidade aeróbia máxima, pode ser entendida como a máxima capacidade na qual o sistema oxidativo consegue suprir as demandas energéticas necessárias ao longo do tempo (MALINA, BOUCHARD e BAR-OR, 2004).

Existem distintos protocolos no meio aquático para identificar o $VO_{2m\acute{a}x}$. Dentre esses, podemos destacar protocolos com distâncias fixas, como o T400 (SCHNITZLER et al. 2007). A intensidade de nado para a realização do T400 requer energia oriunda das rotas metabólicas aeróbias e anaeróbias (RODRIGUES, 2000). Para Rodrigues (2000), em provas de meia distância, como a de 400 m nado livre, o nadador pode atingir a potência aeróbia máxima, pois os valores de VO_2 chegam muito próximos ou atingem o nível máximo.

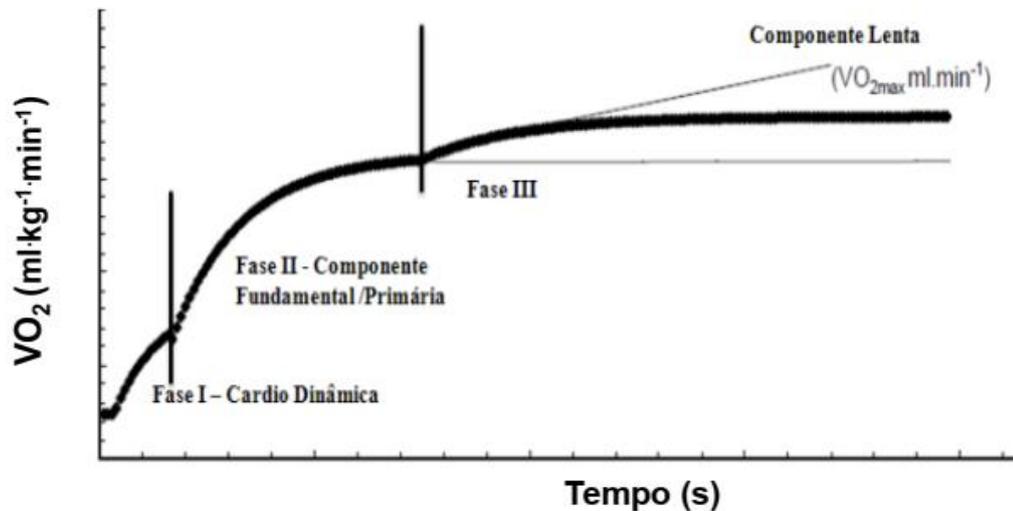
Quando analisada a cinética do VO_2 , observa-se que são realizados inúmeros ajustes entre a transição do repouso ao exercício. Essas adequações envolvem diferentes sistemas como o cardiovascular, o respiratório e o neuromuscular com o intuito de manter de forma contínua a produção de energia (Di PRAMPERO e MARGARIA, 1968). Quando analisada a transição repouso para o exercício, a demanda energética não consegue ser sustentada apenas por vias metabólicas aeróbias, pois o VO_2 muscular é elevado, fazendo com que a energia necessária para a manutenção da atividade seja oriunda, também, e fortemente, de vias metabólicas anaeróbias. Esse processo causa déficit de oxigênio aos músculos recrutados até que um estado de equilíbrio seja novamente atingido (Di PRAMPERO e MARGARIA, 1968). Os ajustes podem ser compreendidos como distintas fases da cinética do VO_2 e essas fases são modificadas conforme o domínio de intensidade da atividade realizada.

É possível observar três distintas fases na curva de VO_2 quando da transição repouso-exercício: fases I, II e III.

- Fase I ou Componente Cardiodinâmico (CC): com o início do exercício, o VO_2 tende a aumentar nos primeiros 15 a 25 s de atividade. Essa fase apresenta atraso em relação ao início do exercício. Sugere-se que o aumento no VO_2 ocorra por aumentos no trabalho cardíaco, aumento do débito cardíaco (Q), com um maior fluxo sanguíneo nos músculos e da maior resposta respiratória; ainda, muitas vezes, essa fase é descartada em relação à cinética do VO_2 (SOUSA, 2014).
- Fase II ou Componente Rápido (CR): caracteriza-se por um aumento rápido e exponencial no VO_2 ; é determinada diretamente pela intensidade do exercício, como também pelo padrão de ativação muscular. Dura alguns segundos (25 a 100 s). Essa fase pode ser bem descrita matematicamente por uma função mono-exponencial. Ainda, o VO_2 não permite ao indivíduo o estado de equilíbrio (XU e RHODES, 1999).
- Fase III ou Componente Lento (CL): refere-se à estabilidade do VO_2 , podendo ser atingida após o terceiro minuto em exercício. O componente lento é caracterizado por um lento aumento adicional do VO_2 o qual é sobreposto à fase II do VO_2 , sendo um fator determinante na tolerância à intensidade do exercício. Em intensidades abaixo do LL, a fase três apresenta um estado estável, no entanto, em intensidades maiores, o VO_2 continua aumentando lentamente em função do tempo (FERNANDES et al. 2003). O componente lento apresenta aumento até que equilíbrio seja alcançado ou o consumo máximo de oxigênio seja atingido (WHIPP, 1994). A magnitude do componente lento maior do que $250 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ é considerada efeito real e significativo (BILLAT et al. 2000).

O CL da cinética do VO_2 é característico dos domínios de intensidade pesado e severo, e, ainda, caracterizado por resposta exponencial do VO_2 sobreposta à resposta inicial, com valores variando entre 250 e $600 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. Esse componente tem sido relacionado à redução da eficiência muscular durante o exercício, o seu início ocorre aproximadamente entre 100 e 180 s até 360 e 600 s de exercício. O aparecimento do CL da cinética do VO_2 pode estar relacionado ao acúmulo de metabólitos, trabalho dos músculos respiratórios e cardíaco, elevação da temperatura corporal, ativação de músculos acessórios e recrutamento de fibras rápidas (CARITÁ et al. 2014), conforme a Figura 5.

Figura 5 - Representação das três fases da cinética do VO_2 .



Retirado de Fradão (2013).

Quando analisadas as distintas fases em relação aos domínios de intensidade, podemos observar os seguintes comportamentos: para o domínio de intensidade moderada, intensidade abaixo do LL, a cinética do VO_2 apresenta um rápido equilíbrio. Em intensidade pesadas, acima do LL, na cinética do VO_2 não é observada estabilização rápida, mas atraso no aparecimento do estado de equilíbrio, com CL, devido às contribuições do metabolismo anaeróbio. Por fim, em intensidade severas, acima da VC, chegando aos maiores valores observados de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e de [LA], o exercício termina antes que seja possível a obtenção de estado de equilíbrio (BAILEY et al. 2009; GAESSER e POOLE, 1996). Na cinética do VO_2 , quando analisamos o término do exercício, observamos uma fase denominada de consumo excessivo de oxigênio pós-exercício ou EPOC (*excess post-exercise oxygen consumption* – JUNIOR, 2012).

Em estudo com *snorkel* adaptado ao analisador de gases portátil (estudo piloto), Rodríguez et al. (2003) tentaram identificar os parâmetros da cinética do VO_2 nos 100 m e nos 400 m em intensidade máxima em dez homens e quatro mulheres. Como protocolo de teste, os avaliados deveriam realizar os 100 m e os 400 m com intervalos de 30 minutos entre as avaliações. Foram realizadas viradas simples, e os movimentos rotacionais da cabeça para a realização da respiração ao longo do nado não deveriam ocorrer devido à utilização do equipamento. Como resultado, foi observado que a cinética do VO_2 é dependente da intensidade e da duração da tarefa.

Em estudo subsequente, que avaliou o tempo limite na velocidade de $\text{VO}_{2\text{máx}}$, Fernandes et al. (2003) realizaram duas avaliações: a primeira com o intuito de

identificar a $vVO_{2m\acute{a}x}$ (protocolo incremental de repetições de 200 m com aumentos $0,05\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ de velocidade com intervalos de 30 s entre cada estágio de 200 m). A segunda avaliação consistia em identificar o tempo limite na $vVO_{2m\acute{a}x}$. Foi observado que o $VO_{2m\acute{a}x}$ foi alcançado tanto em um protocolo de nado realizado de forma intermitente (primeiro teste), quanto de forma contínua (segundo teste). Fernandes et al. (2003) concluíram que em testes incrementais a acidose metabólica para sustentar a $vVO_{2m\acute{a}x}$ foi muito alta, demonstrando a incapacidade do sistema aeróbio de manter a energia necessária.

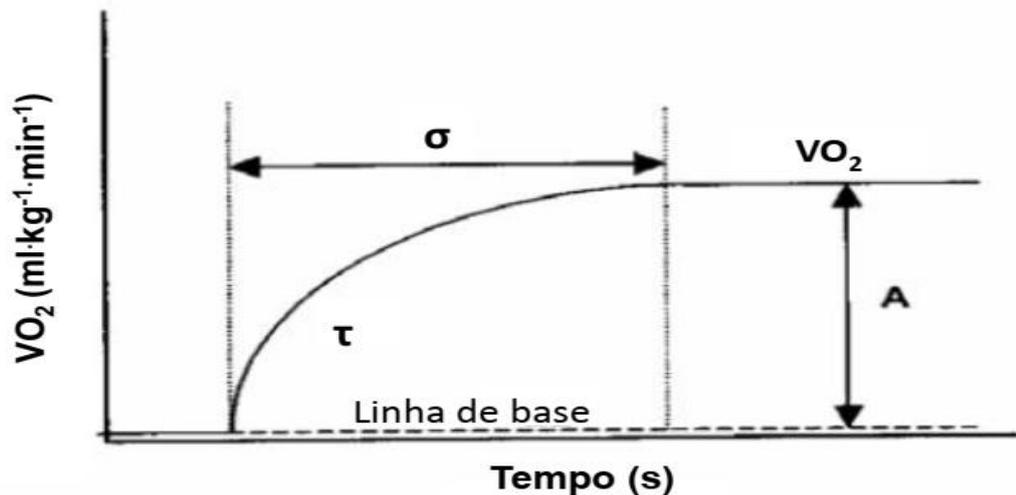
Em diferentes intensidades de nado, Sousa et al. (2014) compararam as respostas da cinética do VO_2 em testes até a exaustão à 95%, 100% e 105% da $vVO_{2m\acute{a}x}$ em 12 nadadores de nível nacional. Como resultado, para a cinética do VO_2 , observou-se aumentos de 5% na VN próximas à $vVO_{2m\acute{a}x}$, esse aumento não foi suficiente para alterar o CR, entretanto o CL apresentou diferenças nas distintas intensidades e fases analisadas. Quando comparada a contribuição do CL em relação ao exercício, observaram-se diferenças quando comparadas as intensidades de 95% e 100% em relação aos 105%. Os autores acreditam que, em relação ao $VO_{2m\acute{a}x}$, os nadadores avaliados apresentavam um menor condicionamento aeróbio aos observados em outros estudos.

Já De Jesus et al. (2015) avaliaram e compararam a cinética do VO_2 ao longo de um protocolo de nado incremental, em intensidades moderada, pesada e severa com 20 nadadores de nível nacional. O protocolo consistia de um aquecimento de 20 min de nado em intensidade baixa à moderada e após sete repetições de 200 m com intensidade progressiva com intervalos de 30 s entre as séries para identificar o $VO_{2m\acute{a}x}$. Foram analisadas as trocas respiratórias por meio de um analisador de gases portátil no sistema *breath-by-breath*, e a [LA] por um lactímetro da marca *Lactate Pro* no terceiro e quinto minuto após o final do teste. Como resultado, foi observado que, em intensidade moderada, a cinética do VO_2 aparenta estar estável; em intensidades pesada e severa o CR e o CL são observados quando a atividade alcança limites máximos ou muito próximos a ele. Ainda, a intensidade moderada induziu a baixas [LA] e valores VO_2 .

Quando analisado a cinética do VO_2 podemos observar os constituintes da cinética como a Amplitude (Amp): aumento do consumo de oxigênio ($VO_2 - VO_{2r}$); tempo em segundos da fase (t); tempo de atraso (σ): diferença de tempo entre o início

do exercício e o valor de quando y é igual a zero; e ajuste da constante tempo na fase (τ), tanto da fase II quanto da fase III (BARSTOW e MOLE, 1991), conforme Figura 6.

Figura 6 - Constituintes da cinética de O_2 .



Adaptado de Figueira (2007).

Há bastante interesse relacionado aos aspectos fisiológicos implicados no τ e na Amp em relação ao componente rápido. É observado que indivíduos treinados possuem uma cinética do VO_2 mais rápida (menor τ). Ainda, é relatado que o τ mostra reduções logo no período inicial no programa de treinamento aeróbio. Têm-se especulado que o transporte de oxigênio e a extração e utilização mitocondrial do O_2 participam de maneiras diferentes na determinação do τ , dependendo principalmente do domínio do exercício em análise (CAPUTO; DENADAI, 2004).

De Jesus et al. (2015), comparou a cinética do VO_2 ao longo das intensidades de nado baixa a moderada para o severo durante um teste de velocidade incremental. Observou-se que das sete repetições de 200 m, da primeira à quarta repetições corresponderam às intensidades baixa a moderada, o que correspondeu ao limiar de lactato. A Amp do VO_2 nas quatro primeiras repetições mostrou baixa variabilidade evidenciando que os nadadores apresentaram baixo fluxo de sangue e, por consequência, baixa necessidade de O_2 aos músculos ativos. Em relação à τ , foram observados valores aproximados de 15 s, demonstrando que os atletas avaliados estavam em um bom nível de condicionamento. Ainda, para essas intensidades, baixa a moderada, pelo valor de τ encontrado, observa-se que em aproximadamente 2 minutos, os atletas estavam em estado de equilíbrio. A quinta repetição foi classificada

como pesada. Nessa, observou-se grande valor de Amp. Esse achado foi explicado pela alta demanda de O_2 devido ao aumento dos esforços ventilatórios. Ainda, para a intensidade pesada, foram encontrados menores σ em comparação às intensidades baixa a moderada. Os achados em relação ao σ podem ter sido influenciados pelo protocolo utilizado, descanso de 30 s entre as repetições. Por fim, observa-se baixo τ em maiores intensidades, pesada e severa (sexta e sétima repetições), quando comparado a baixas intensidades. Essas diferenças entre as intensidades podem ser explicadas pelo recrutamento de diferentes tipos de fibras musculares como resposta da maior produção de força em maiores intensidades.

Sousa et al. (2013) compararam a cinética do VO_2 em 200 m de nado *crawl* em duas distintas intensidades, moderada e extrema. Os autores relatam que a intensidade baixa-moderada corresponde à intensidade utilizada para treinamento da capacidade aeróbia, na qual observou-se uma menor Amp e um maior τ nessa intensidade. Já no domínio de intensidade extrema, corresponde à intensidade para treinamento da capacidade anaeróbia, ainda, observa-se maior Amp e menor τ . A maior Amp pode ser explicada pela maior intensidade da tarefa realizada no domínio extremo. A menor τ no domínio extremo está relacionado à maior demanda cardiovascular e do sistema muscular para ajustar as demandas corporais à alta intensidade.

Reis et al. (2012) verificaram e compararam a cinética do VO_2 ao longo de um teste incremental de intensidade baixa-moderada à severa em nadadores de meia distância. Foi observado que a Fase II é um importante determinante da performance atlética. O τ foi similar tanto aos valores do T400 observados na literatura, quanto aos domínios de intensidade pesado e severo. Ainda, os autores relatam que o τ no domínio de intensidade pesado pode ser um ótimo preditor de desempenho para os 400 m. Foram observadas diferenças na Amp quando comparados o domínio de intensidade pesado e severo. Essa diferença sendo explicada pela maior demanda energética no domínio de intensidade severo.

O estudo de Pelarigo et al. (2017) teve o objetivo de identificar a cinética do VO_2 , [LA] e as contribuições energéticas de 10 nadadoras de nado *crawl* em três distintas intensidades, 97,5%, 100% e 102,5% da MFEL. Segundo o autor, a MFEL representa 88% da V400. Foi observado que para todas as intensidades, acima e abaixo da MFEL a contribuição aeróbica foi alta, representando 98% da contribuição

energética total. Os autores relatam que a ressíntese de energia predominante era proveniente do sistema oxidativo.

Sousa et al. (2015) compararam as respostas de variáveis fisiológicas como o VO_2 , [LA] e as contribuições energéticas nas intensidades de 95%, 100% e 105% da $v\text{VO}_{2\text{máx}}$ em 12 nadadores de nível nacional. Foi observado que na intensidade de 95% os nadadores possuíram a maior contribuição aeróbia das três condições testadas, os valores ficaram em aproximadamente 83% em contraste aos 74% e os 59% dos 100 e 105% da $v\text{VO}_{2\text{máx}}$. Essa afirmação pode ser sustentada pelo longo tempo em que os nadadores ficaram nadando nessa intensidade em comparação às outras. Já à 105% os nadadores apresentaram a maior contribuição anaeróbia. Ainda, para essa intensidade, acredita-se que os atletas, ao final do teste, deveriam estar muito fatigados devido ao menor tempo observado nessa intensidade, como também devido à alta intensidade do esforço realizado. Por fim, observou-se que para as três intensidades testadas, encontraram-se pequenas diferenças em relação ao sistema anaeróbio alático e láctico.

Wakayoshi et al. (1993) afirmaram que o treinamento capacita os atletas a terem melhor mecânica de nado, como, também, melhor capacidade de suportar maior carga de trabalho com predomínio do metabolismo aeróbio. Essa teoria é suportada por diminuições na [LA] com o treinamento quando avaliados T400 em intensidade máxima e as intensidades submáximas referentes aos diferentes percentuais da V_{400} comparados nos momentos pré e pós treinamento. Ainda, observa-se que a VN foi aumentada no T400 sem promover aumentos na [LA], demonstrando que o treinamento aeróbio causou melhorias em relação tanto à metabolização, quanto à utilização predominante das vias aeróbias para manutenção da energia necessária durante a realização do teste.

A frequência cardíaca (FC) é uma das variáveis mais utilizadas no controle da intensidade de exercício. No meio aquático, devido à posição em decúbito, imersão e pressão hidrostática, observa-se diminuição da FC entre 9 e 13 batimentos por minutos (bpm), quando comparado exercício entre o meio aquático e a atividade fora desse meio. Uma possível explicação para essa bradicardia está relacionada ao retorno venoso aumentado. Com maior volume de sangue chegando ao coração, a pré-carga mantém o débito cardíaco (Q) à custa de maior retorno venoso e por consequência menor FC (PENDERGAST et al. 2015).

A FC foi avaliada por Fernandes et al. (2003) em 15 nadadores com o objetivo de verificar o comportamento da cinética do VO_2 em um protocolo de nado intervalado e em outro contínuo. Como resultados, para a FC, esses valores chegaram à níveis máximos ($189,70 \pm 6,7$ bpm no protocolo intervalado e $188 \pm 7,2$ bpm no protocolo contínuo). Em ambos os testes, a FC foi utilizada como um dos critérios para indicação do $VO_{2máx}$. Schnitzler, Seifert e Chollet (2011), em protocolo já descrito, quando analisada a FC em nadadores de diferentes níveis técnicos, observaram que nadadores mais bem treinados possuem menor FC em comparação à nadadores de menor nível técnico.

O EP é uma resposta integradora de diversos mecanismos fisiológicos, cardiorrespiratório e neuromuscular com a experiência do atleta, a duração e a intensidade da atividade realizada (MARCORA, STAIANO e MANNING, 2009; ALBERTUS et al. 2005). O EP também pode ser entendido como uma forma não invasiva, prática e rápida de determinar a intensidade de exercício, como também uma ferramenta para prescrição da intensidade do exercício (LIMA et al. 2006). Essa variável, de grande praticidade e de baixo custo, é indicadora de intensidade, sendo muito empregada por profissionais que atuam com treinamento no meio aquático. É influenciada por parâmetros como o VO_2 , FC e [LA] (LIMA et al. 2006). Existem alguns fatores que podem alterar o EP, como sexo, idade, tipo e intensidade do exercício realizado (NAKAMURA, MOREIRA e AOKI, 2010; BRANDÃO et al. 1989).

Os efeitos de cinco repetições de 200 m à 90%, 95%, 100%, 103% e 105% da velocidade crítica (VC) no EP no nado *crawl* em 15 nadadores de ambos os sexos foram quantificados por Franken et al. (2011). Inicialmente os atletas deveriam nadar os 200 m e os 400 m em intensidade máxima em distintos dias com o intuito de identificar a VC. Posteriormente realizaram repetições de 200 m nos diferentes percentuais da VC. EP e FC foram registradas após cada repetição de 200 m. Como resultado, os autores relatam que o EP pode ser utilizado como um prescritor de intensidade. Os autores também criaram a hipótese que quanto maior for a duração de uma série de treinamento intervalado, mais linear será a variação dos valores do EP.

2.3 TEMPO TOTAL ATÉ A EXAUSTÃO

O tempo total até a exaustão (TTE) é o tempo que o atleta consegue permanecer em intensidade pré-determinada até a exaustão (FERNANDES et al. 2006). Pesquisadores utilizam mais comumente o tempo total em velocidade de VO_2 ou o tempo limite em VO_2 , como também o tempo limite em diferentes percentuais da velocidade de VO_2 (FERNANDES et al. 2003).

Em estudo de Fernandes et al. (2003), nadadores deveriam nadar até a exaustão na $vVO_{2máx}$. Em relação aos resultados, os TTEs foram similares aos observados na literatura para atletas de elite. Entretanto, quando comparados à atletas não especialistas em natação com nível técnico inferior aos de elite, como no estudo de Demarie et al. (2001) que avaliaram seis pentatletas em *swimming flume*, encontrou-se resultados diferentes. Demarie et al. (2001) observaram que os atletas não especialistas apresentavam maior TTE na $vVO_{2máx}$. Ainda, foi observada relação inversa entre TTE e $vVO_{2máx}$. Fernandes et al. (2003) acreditam que atletas de melhor nível técnico tendem a possuir maiores valores de VO_2 , que são atingidos em maiores velocidades de nado, sendo mais difícil sustentar essa velocidade. Fernandes et al. (2003) também observaram o aparecimento do CL na cinética do VO_2 entre 80 e 120 s do início do protocolo de avaliação em um teste incremental até ser atingida a $vVO_{2máx}$. Devido à alta intensidade de exercício e à alta capacidade anaeróbia da amostra avaliada, a amplitude do CL foi menor do que observado na literatura. Aponta-se também uma alta relação entre CL e TTE, na qual alto TTE corresponde à grande amplitude do CL que está relacionado com o recrutamento de fibras de contração rápida e ao surgimento da fadiga.

Alberty et al. (2008), quando analisaram o TTE em diferentes percentuais (95%, 100% e 110%) da $vVO_{2máx}$, observaram maiores TTE quando comparado os 95% (670 ± 117 s) e os 100% (238 ± 43 s) aos 110% (68 ± 14 s). Sousa et al. (2014) analisaram o TTE à 95%, 100% e 105% na $vVO_{2máx}$ e observaram que nos 95% (≈ 344 s) da $vVO_{2máx}$ os atletas também permaneceram nadando por mais tempo até a exaustão, entretanto por menos tempo em comparação a Alberty et al. (2008). Sousa et al. (2014) acreditam que essas diferenças em relação aos resultados possam ser explicadas de maneira mais intensa pela técnica de nado.

2.4 BIOMECÂNICA DA NATAÇÃO: CINEMÁTICA

Dentre os diversos aspectos cinemáticos da natação, são revisadas as respostas da velocidade média de nado (VN), frequência média de ciclo de braçadas (FB), distância média percorrida pelo corpo a cada ciclo de braçadas (DC), duração percentual das fases da braçada, índice de coordenação de nado (IdC), tempo propulsivo (T_{prop}), frequência média de ciclos de pernadas (FP) e variação da velocidade intracíclica do quadril (VVIq).

Schnitzler et al. (2007) e Toussaint e Beek (1992) descrevem que as variáveis cinemáticas são ótimas indicadoras de nível técnico e respondem, sensivelmente, às diferentes intensidades de nado. Um método prático de quantificar a intensidade de nado é por meio da obtenção da VN. Conforme Craig e Pendergast (1979) a VN, relativa ao nado puro, desconsiderando as contribuições de impulsos contra as bordas, corresponde ao produto entre FB e DC.

Para uma dada VN, um nadador pode alcançá-la manipulando tanto a FB, quanto a DC. De maneira aguda, incrementos de VN ocorrem, primariamente por incrementos de FB, porém, de forma crônica, o incremento da VN ocorre por aumentos na DC (YANAI, 2003). Conforme Alberty et al. (2009) a FB e a DC são o resultado dos processos motores para a geração de propulsão durante a realização de movimentos coordenados. Ainda, segundo Schnitzler, Seifert e Chollet (2011), as maiores DC são observadas em atletas com melhores níveis técnicos, assim acredita-se que a DC é considerada o melhor parâmetro para identificar a técnica do nadador por ser prática e rápida de ser obtida.

Conforme a distância analisada, a DC tende a aumentar com o tempo de treinamento, como também com a idade e com sexo. Em conjunto, observa-se que, em maiores velocidades de nado, são encontrados aumentos da FB e diminuições da DC (SCHNITZLER, SEIFERT e CHOLLET, 2008). Ainda, os nadadores ajustam os parâmetros cinemáticos relativos à VN, FB e DC em relação ao ritmo de nado da distância a ser nadada (MCCABE, PSYCHARAKIS e SANDERS, 2011). Dekerle et al. (2005) relatam que a DC tende a diminuir em velocidades superiores à MFEL. As alterações referentes a altas intensidades ocorrem de forma abrupta e não linear. Em domínios de intensidades pesado e severo, a DC tende a diminuir e a FB aumentar. A explicação mais plausível para essa alteração pode estar relacionada com a fadiga.

Devido a esse fenômeno, os nadadores diminuem a capacidade de realizar alta quantidade de trabalho por braçada, como também de nadar com maior eficiência.

Anderson et al. (2006) avaliaram o comportamento da FB, DC e VN em 40 nadadores, homens e mulheres de nível nacional e internacional, em diferentes períodos do macrociclo de treinamento ao longo de seis anos. Dentre os resultados, podemos destacar que em um ano de treinamento envolvendo distintos conteúdos, sem a distinção entre os sexos, foram observados para uma mesma VN, aumentos da FB no início e no meio da temporada de treinamento e queda dessa variável no final da temporada.

Outro estudo que analisou o comportamento da FB e DC de forma crônica ao longo de seis meses de treinamento aeróbio foi o de Wakayoshi et al. (1993). Como protocolo de avaliação, os nadadores deveriam realizar inicialmente o T400 para identificar a $V_{m\acute{a}x}$ ou V400. Por meio da $V_{m\acute{a}x}$, os atletas deveriam realizar os 400 m à 85%, 90% e 95% da V400 em dois momentos, pré (um mês de treino) e pós (cinco meses de treinamento). O treinamento deveria ser equivalente à MFEL com volume de treino de 3000 a 8000 m diários. Como resultado, foram observados aumentos V400, como também na VN nos percentuais de 85% e 95% da V400 ao longo dos seis meses de treinamento. Essas melhorias foram alcançadas por aumentos da FB e DC.

Em contraste aos efeitos crônicos dos componentes biofísicos observados por Anderson et al. (2006) e Wakayoshi et al. (1993), Alberty et al. (2009 e 2008) encontraram, como resposta aguda à comparação de diferentes intensidades de nado (95%, 100% e 110% da V400), aumentos da FB e diminuições da DC. Alberty et al. (2008) relataram aumentos progressivos da FB (de $10,5\% \pm 8,3$ para os 95% e de $8,7\% \pm 6,5$ para os 100%) com o aumento da intensidade de nado. Em conjunto foi observada diminuição da DC ($9,7\% \pm 7,5$ para os 95%, $7,7\% \pm 4,5$ para os 100% e $4,0\% \pm 3,1$ para os 110%) com o aumento da intensidade de nado até a exaustão. A diminuição da DC reflete a diminuição na habilidade do nadador em desenvolver a força necessária para ultrapassar o arrasto ao se deslocar para frente (ALBERTY et al. 2008).

Corroborando com os resultados observados por Alberty et al. (2008), Pelarigo, Denadai e Greco (2011) analisaram as alterações na FB, DC, duração percentual das fases da braçada e IdC na MFEL e acima da MFEL (102,5%) em 12 nadadores de meia e longa distância de nível regional e nacional. Como resultado, em intensidade de nado equivalente à 102,5% da MFEL (intensidade pesada), encontraram-se

aumentos na FB e na duração percentual da fase de puxada e diminuição da DC. Esses resultados foram observados tanto em indivíduos com melhor e pior nível técnico. Os autores acreditam que os resultados encontrados são provenientes da alta intensidade, sendo um limite superior para a manutenção das respostas fisiológicas e mecânicas durante os 30 min de nado.

Para melhor entendimento dos gestos realizados pelos membros superiores no nado *crawl*, Seifert, Chollet e Allard (2005) e Chollet Chalies e Chatard (2000) identificaram que tanto a intensidade como a distância do nado influenciam a coordenação dos membros superiores. O movimento completo de cada um dos membros superiores pode ser dividido em quatro distintas fases, duas propulsivas e duas não propulsivas, todas expressas em percentual da duração total do ciclo de braçada (SEIFERT, CHOLLET e ALLARD, 2005; CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000):

- Fase de entrada e apoio da mão na água: intervalo de tempo entre a entrada da mão na água até o início do movimento da mão para trás. Nesta fase assume-se que não é gerada propulsão pelo segmento em análise;
- Fase de puxada: intervalo de tempo entre o início do movimento da mão para trás até a articulação do ombro estar flexionada a 90° em relação ao tronco. Nesta fase é esperado que a propulsão seja gerada pelo segmento em análise;
- Fase de empurrada: intervalo de tempo entre o momento em que a mão ultrapassa a linha vertical (90° de flexão do ombro) até o momento em que esta rompe a superfície da água. Nesta fase é esperado que a propulsão seja gerada pelo segmento em análise;
- Fase de recuperação: intervalo de tempo entre a saída da mão da água e a sua reentrada na água, à frente do corpo do nadador. Nessa fase não é gerada propulsão pelo segmento em análise.

As fases de entrada e apoio da mão na água e de recuperação são assumidas como não propulsivas e as fases de puxada e empurrada são assumidas como propulsivas. As fases de entrada e apoio da mão na água, puxada e empurrada são submersas, enquanto a fase de recuperação é aérea (SEIFERT, CHOLLET e ALLARD, 2005 e CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000).

Por meio da obtenção da duração percentual de cada fase da braçada e do momento que se inicia as fases de apoio, puxada e empurrada em cada um dos membros superiores, pode-se obter o intervalo de tempo entre o início e o final dos

movimentos propulsivos dos braços, o que permite calcular o IdC (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000). O IdC, proposto por Chollet Chalies e Chatard (2000), quantifica a coordenação dos movimentos realizados pelos membros superiores no nado *crawl*. O IdC representa como o nadador organiza as fases propulsivas e não propulsivas dos braços direito e esquerdo (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000). O IdC pode ser influenciado pela tarefa a ser executada, o nível técnico, as dimensões corporais e o ambiente (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000). Ainda, é quantificado por meio da observação do tempo total de um ciclo completo de braçada e definido como o intervalo de tempo entre o final da fase propulsiva de um braço e o início da fase propulsiva de outro braço, expresso em percentual da duração total do ciclo de braçadas. Seifert, Chollet e Allard (2005) e Chollet Chalies e Chatard (2000) observaram dois tipos de IdCs:

- IdC 1: Intervalo de tempo entre o início da propulsão da braçada direita e o final da propulsão da braçada esquerda.
- IdC 2: Intervalo de tempo entre o início da propulsão da braçada esquerda e o final da propulsão da braçada direita.

O IdC pode ser definido como a média entre o IdC 1 e o IdC 2. Ainda, o IdC quantifica os três distintos modelos de coordenação:

- Oposição: início da fase de propulsão no mesmo instante em que o membro oposto finaliza a fase propulsiva, propiciando continuidade nas ações propulsivas dos dois membros. O intervalo de tempo entre as fases propulsivas entre os membros superiores será nulo, logo o IdC será de 0%;
- Captura: apresenta um momento em que não ocorre propulsão entre o final da fase propulsiva de um segmento e o início da fase propulsiva do outro segmento. O valor de IdC será menor que 0% por apresentar intervalos de tempo sem forças propulsivas e
- Sobreposição: ação propulsiva simultânea dos dois segmentos superiores, um membro superior inicia a fase de puxada antes do outro membro terminar a fase de empurrada. O IdC será maior que 0% caso o começo da fase propulsiva de um braço sobreponha o final da fase propulsiva do braço oposto.

O IdC nulo ($\text{IdC} = 0\%$) significa que a duração percentual das fases propulsivas é igual à duração percentual das fases não propulsivas. A utilização de valores positivos ($\text{IdC} \geq 0\%$) indica períodos de forças propulsivas simultâneas e valores

negativos ($IdC \leq 0\%$) períodos em que não ocorrem forças propulsivas (SEIFERT 2010 e CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000). O IdC é mensurado por meio de técnicas de videogrametria, a fim de se obter informações de posição e tempo dos membros superiores, especificamente das mãos, dos nadadores no plano sagital (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000).

Chollet, Chalies e Chatard (2000) acreditam que a VN, o nível técnico do nadador, a fadiga, a especialidade do nadador (velocista, meia distância e fundistas) e a distância a ser percorrida são os fatores que mais influenciam a duração percentual das fases propulsivas de puxada e empurrada. O IdC não deve ser considerado um indicador de desempenho, mas sim indicador de organização temporal que deve ser associado com o tempo de aplicação de forças (impulso) e a DC. Por exemplo, nadadores de elite podem apresentar valores de $IdC \leq 0\%$ como estratégia para reduzir o custo energético mantendo altas DC (SCHNITZLER et al. 2010 e SEIFERT, CHOLLET e ROUARD, 2007).

Conforme relatado por Schnitzler et al. (2007), o IdC é influenciado tanto pela VN, quanto pelo nível técnico dos nadadores. Nadadores com melhor nível técnico, em baixas VN, apresentam valores de $IdC \leq 0\%$; já em velocidades mais elevadas, $IdC \geq 0\%$. Em contraste, nadadores menos técnicos permanecem com valores de $IdC \leq 0\%$ tanto em menores, quanto em maiores velocidades de nado. Schnitzler, Seifert e Chollet (2011) observaram ao longo do T400 em nadadores de melhor nível técnico menores valores de IdC ($-10,9 \pm 3,6$) em comparação aos de menor nível técnico ($-14,1 \pm 3,8$). Ainda, para o estudo de Schnitzler, Seifert e Chollet (2011), os valores $IdC \leq 0\%$, quando analisados mais detalhadamente, estão associados à manutenção da FB e altos valores de DC. Ainda, esses autores relatam que em períodos de treinamento com ênfase à via metabólica predominante aeróbia, os nadadores de melhor nível técnico reduzem o custo metabólico por aumentos da fase de entrada e apoio da mão na água, e por consequência, maior DC

Com a diminuição da duração percentual de tempo das fases não propulsivas, os atletas aumentaram a continuidade de propulsão entre os membros superiores o que causou aumento do IdC em direção à continuidade e, até mesmo, à sobreposição da produção de propulsão entre braços. Com aumentos na FB, foram diminuídos os intervalos de tempo entre a geração de propulsão entre o braço direito e o esquerdo. Ainda, Alberty et al. (2008) acreditam que os atletas podem manter a VN por duas distintas estratégias: ou por aumento da FB, o que irá causar uma sobreposição de

forças propulsivas ao longo do nado, ou seja, por diminuição do tempo que separa a produção de propulsão gerada no mesmo braço ao longo do deslocamento do nadador; ou por aumento na continuidade da propulsão, aumento no IdC, o que atenuará o tempo de geração de propulsão entre os dois braços.

Alberty et al. (2009) avaliaram o comportamento da duração percentual das fases da braçada e do IdC à 95%, 100% e 110% da V400. Os autores observaram diminuição da duração percentual da fase de entrada e apoio da mão na água de 17,9%, \pm 14,1% (95%), para 15% \pm 9,6% (100%). Foi observada variação significativa nos valores de IdC de 4,6% \pm 1,9% (95%), 12,8% \pm 2,3% (100%), e 2,0% \pm 1,6% (110%) e no T_{prop} de 11,0%, \pm 6,6% (95%), 4,6% \pm 5,9% (100%), e 7,5% \pm 4,8% (110%).

Com o objetivo de investigar se IdC é influenciado pelo ritmo de nado Schnitzler et al. (2010) avaliaram 12 nadadores recreacionais e 10 nadadores de elite. Os atletas inicialmente deveriam nadar os 25 m em intensidade máxima para obtenção da VN em intensidade máxima, posteriormente, os atletas deveriam nadar os 25 m à 60% a 70%, 70% a 80%, 80% a 90% da VN dos 25 m máximo. Como resultado, foi observado que nadadores de elite possuíam maior DC e FB em comparação a nadadores recreacionais. Nadadores de elite, quando analisada a transição de VN mais baixas para mais altas, observa-se alterações dos valores de IdC de $-13,9 \pm 4,5$ para $-1,7 \pm 3,1$. Essas alterações são entendidas por uma maior continuidade de propulsão pelos membros superiores, sendo refletido no aumento percentual da duração das fases propulsivas, evidenciam-se na maior FB e diminuição na DC.

Quando avaliados os oito trechos de 50 do T400 em relação à duração percentual das fases propulsivas e IdC em 16 nadadores experientes e recreacionais, Schnitzler, Seifert e Chollet (2011) observaram que nadadores mais experientes possuem maior duração percentual da fase de entrada e apoio da mão na água e uma menor duração percentual da fase de empurrada em comparação a nadadores menos experientes. Por outro lado, Chollet Chalies e Chatard (2000) avaliaram a duração percentual das fases da braçada e pernada e os padrões coordenativos de 43 nadadores divididos em três grupos de acordo com o nível de desempenho. Todos os nadadores deveriam nadar em três ritmos de nado (50, 100 e 800 m). Como resultado, a duração percentual da fase de entrada e apoio da mão na água diminuiu significativamente quando comparados ritmos de nado mais lentos com os mais rápidos e nadadores de pior nível técnico com os de melhor nível. As diferenças

relacionadas à duração percentual das fases da braçada entre os estudos de Schnitzler, Seifert e Chollet (2011) e Chollet Chalies e Chatard (2000) podem estar explicadas pelos distintos protocolos de avaliação.

Quando comparadas as variáveis cinemáticas entre nadadores de elite e nadadores iniciantes na velocidade máxima e em velocidades submáximas, Matsuda et al. (2014) observaram que o IdC, para atletas de elite, apresentou valores menos negativos em comparação a atletas iniciantes. Os autores acreditam que a explicação para essa constatação seja a FB. Os valores de IdC estão mais relacionados à FB em comparação ao nível técnico. Em conjunto, foi observado que a duração percentual das fases não propulsivas diminui quando analisado a transição das velocidades submáximas para máximas.

O T_{prop} estima o tempo para a propulsão por cada trecho de nado, conforme proposto por Alberty et al. (2009). O T_{prop} é o tempo em propulsão por ciclo de braçada multiplicados pelo número de braçadas por trecho. Com a fadiga, ocorre aumento da FB para a manutenção da VN, fazendo com que os valores de T_{prop} aumentem (ALBERTY et al. 2009). Alberty et al. (2009), em um estudo com protocolo já descrito, observaram alterações nos valores de T_{prop} quando comparado o TTE em menor intensidade para maiores intensidades, conforme o observado, 11,0%, \pm 6,6% (95%), 4,6% \pm 5,9% (100%), e 7,5% \pm 4,8% (110%). Devido à maior FB para permanecer em determinada intensidade de nado, o atleta tende a ter um maior T_{prop} por permanecer menor percentual de tempo em fases da braçada que não geram propulsão.

Durante o deslocamento do nadador ao longo da distância a ser vencida, são geradas forças propulsivas provenientes de membros superiores e membros inferiores. Conforme observado por Deschodt, Arsec e Rouard (1999), a contribuição de membros superiores corresponde à 90% da força propulsiva para o deslocamento do nadador, quando analisado os 25 m em intensidade máxima de nado. Os 10% restantes são atribuídos aos gestos realizados pelos membros inferiores. Membros inferiores auxiliam para o deslocamento, ao reduzir a oscilação vertical do corpo e o arrasto ativo, além de gerar forças propulsivas (MATOS e CASTRO, 2013a e DESCHODT, ARSEC e ROUARD, 1999).

No nado crawl, quando analisados mais detalhadamente os movimentos realizados pelos membros inferiores, podemos dividir esse gesto em duas fases distintas: movimentos ascendentes e descendentes, para ambas os membros inferiores. Analisado a frequência média de pernada por ciclo de braçadas (FP) ao

longo de um ciclo completo de braçadas, podemos destacar três padrões distintos: o primeiro corresponde ao padrão de seis movimentos, que é característico de provas curtas, nas quais são realizados seis movimentos dos membros inferiores, três ascendentes e três descendentes em cada perna, para um ciclo de braçadas (duas braçadas completas, uma com cada membro superior). O segundo (quatro movimentos de pernas) e o terceiro (dois movimentos de pernas) são comuns em provas de média e longa distância. O segundo caracteriza-se por dois movimentos ascendentes e dois descendentes dos membros inferiores para um ciclo de braçadas. O terceiro padrão de movimento de pernas, indica dois movimentos, um ascendente e um descendente das pernas para um ciclo de braçadas (MAGLISHO, 2003 e MILLET et al. 2002).

Analisando o movimento dos membros inferiores em maiores VN, Sortwell (2011) encontrou alta correlação entre DC e FP. O autor examinou a relação entre VN, FB e DC com a FP ao longo dos 100 m no nado estilo *crawl* em 10 nadadores. Foram analisados quatro ciclos completos da braçada. O pesquisador acredita que uma alta FP contribuiu para a eficiência do deslocamento do nadador e estabilidade para uma alta DC. Uma maior frequência de pernada permite ao nadador maior rolamento corporal e por consequência maior alcance em cada ciclo de braçadas, como também, maior estabilização da parte inferior do corpo e melhor posição de alinhamento corporal (*streamlining*).

A propulsão gerada pelos membros inferiores auxilia no aumento da VN (MORRIS et al. 2016). Essa constatação foi proveniente do estudo que comparou a VN, o VO_2 e variáveis cinemáticas, como a FP nos 200 m. Foram avaliados 10 nadadores e 10 nadadoras em duas condições, com o nado *crawl* completo e com o nado *crawl* sendo executado apenas pelos movimentos dos membros superiores. Essas duas condições citadas deveriam ser realizadas em três momentos, baixa FB, moderada FB e alta FB. Foi observado que conforme foi aumentada a FB (baixa, moderada e alta) a FP foi aumentada. Os autores observaram que o nado completo apresenta aumentos de 11% na VN em comparação ao nado utilizando apenas membros superiores em todas as condições analisadas em ambos os sexos. Essas diferenças podem ser atribuídas a mudanças na trajetória do punho, à instabilidade do tronco do nadador, como também a menor capacidade de gerar propulsão pelos membros superiores. Também se observou que, para mulheres, o VO_2 na condição nado utilizando apenas membros superiores foi de 15% a 25% menor em comparação

ao nado completo. Esse menor VO_2 pode ser oriundo de alguns fatores, como menor volume muscular recrutado, menor débito cardíaco, menor resistência periférica, entre outros.

Quando analisados os ciclos de braçadas durante o deslocamento do nadador, constata-se que a propulsão não é constante, o corpo do nadador apresenta flutuações em sua velocidade de deslocamento. Quando analisada dentro de um ciclo de braçadas, esta variação é chamada de VVI do centro de massa (CM) (HOLMER, 1979). Nadadores com maiores VVI tendem a apresentar maior C por maiores acelerações positivas e negativas do CM (SCHNITZLER et al. 2010 e MATSUDA et al. 2014).

São observados dois métodos distintos de quantificar a VVI: (1) a reconstrução tridimensional e (2) a análise da velocidade de um segmento corporal fixo, sendo, normalmente, utilizado o quadril como o segmento fixo (PSYCHARAKIS e SANDERS, 2010 e ALBERTY et al. 2005). Ambos os métodos possuem pontos positivos e negativos que devem ser levados em consideração. Podemos citar o tempo para a análise, a validade dos dados (representativos ou não do fenômeno a ser avaliado), os recursos financeiros para a construção de calibradores e câmeras, entre outros.

É relatado que nadadores de melhor nível técnico possuem menor VVI em comparação à nadadores de menor nível (PSYCHARAKIS e SANDERS, 2010). A VVI tem sido considerada como um indicador de uma técnica eficiente (FIGUEIREDO et al. 2009). Psycharakis e Sanders (2010) relatam que alta velocidade média de nado no eixo longitudinal podem estar associadas com altas velocidades nos eixos verticais e transversais, esses eixos expressos por caracteres como “x”, “y” e “z”.

Schnitzler et al. (2010) avaliaram nadadores recreacionais e de elite com o objetivo de investigar se a VVI é influenciada pelo ritmo de nado. Para esse estudo, com análise bidimensional, analisou-se o quadril como representativo do corpo do nadador. Como protocolo de avaliação, os atletas deveriam nadar quatro vezes os 25 m em diferentes ritmos da velocidade máxima para essa distância. Como resultado, foi observado que, para nadadores de elite, a VVI, no eixo horizontal, sentido do deslocamento do nadador, foi de $\approx 14\%$ em comparação à nadadores de menor nível ($\approx 17\%$). Os autores relacionaram os baixos valores de VVI a boa eficiência de nado.

Outro estudo que analisou a VVI tendo como referência um ponto fixo no quadril foi o de Figueiredo et al. (2014). Os autores analisaram o comportamento da VVI em 30 nadadores de longa distância nadando na velocidade da MFEL. Os nadadores

deveriam realizar um protocolo intermitente até a exaustão, em inúmeras vezes de 200 m com 30 s de descanso e aumentos de $0,05 \text{ m/s}^{-1}$ entre cada 200 m. Esses procedimentos foram realizados com o intuito de identificar a VN de limiar anaeróbio. Dois dias após a primeira avaliação, os atletas deveriam realizar de dois a quatro destes de 30 min com ajustes na VN com o intuito de certificar que o atleta estava nadando na VN da MFEL. Foram verificadas as [LA] dos testes e considerada a MFEL quando aumentos não superiores a $1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ nos 20 min finais fossem identificados. Foram observadas diminuições na VVI na intensidade de nado da MFEL. Os autores acreditam que a VVI apresenta respostas mais sensíveis às diferentes intensidades de nado em comparação à FB e DC.

Por fim, Matsuda et al. (2014) examinaram diferenças na VVI entre sete nadadores de elite e nove nadadores iniciantes em distintas velocidades de nado. Como resultado, foi observado que nadadores de elite apresentaram menor VVI em todas as VN analisadas em comparação à nadadores iniciantes. Os pesquisadores relatam que nadadores que possuíram menor VVI necessitavam realizar menos trabalho para vencer as forças de arrasto. Os autores também especulam que a menor VVI pode ser o resultado da posição mais horizontalizada do nadador, em *streamlining line*.

2.5 CUSTO ENERGÉTICO (C)

O custo energético (C) é proveniente da interação entre variável fisiológica (E_{total}) e biomecânica (VN). Dessa forma, o C será apresentado em separado nesta revisão. Essa variável é definida como a energia metabólica total (metabolismo aeróbio e anaeróbio) utilizada para deslocar uma massa corporal em uma determinada distância (CASTRO e MOTA, 2010b e ZAMPARO et al. 2005). Para dada velocidade de nado (VN), o C, quando comparados os quatro estilos, apresenta o menor valor para o nado *crawl* (PENDERGAST et al. 2015). É extremamente influenciado pela técnica de nado: quando os nadadores melhoram a técnica de nado, tendem a diminuir o C (PENDERGAST et al. 2015). Nadadores menos experientes podem apresentar C de 20 a 30% mais elevados em comparação a nadadores de elite para similar VN. Essa diferença tem sido atribuída de maneira mais intensa ao arrasto ativo (PENDERGAST et al. 2015).

As VN de 1 a $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ são alcançadas por aumentos na frequência de ciclos de braçada (FB) e pequenos aumentos ou manutenção da distância percorrida por ciclo de braçada (DC) em comparação à menores VN. Essas maiores VN refletem-se em maior arrasto. Conforme relatado por Barbosa et al. (2009) o arrasto é o maior determinante do C na natação. Ainda, em velocidade constante, o arrasto é o produto entre uma constante de arrasto pela velocidade ao quadrado. Sendo assim, atletas que nadam em maiores velocidades sofrem maiores ações das forças de arrasto ocasionando um maior C em comparação a atletas que nadam em menores velocidades (CAPUTO et al. 2006). Também, em maiores VN, o C pode também estar associado à maior solicitação da musculatura por apresentar uma maior FB (CAPUTO et al. 2006 e CHATARD, LAVOINE e LACOUR, 1990).

Estudo de Chatard, Lavoie e Lacour (1990) investigou a relação entre VN e os fatores que melhor explicariam o comportamento do C como o desempenho, a área corporal e a técnica de nado em 101 nadadores homens. Como protocolo de teste, os atletas deveriam nadar, em piscina de 50 m em velocidade de nado progressiva, estágios de 200 m, até a exaustão. Foram mensurados o VO_2 , a área corporal, o comprimento do membro superior, o melhor tempo em competição do T400 e a flutuabilidade. Como resultados observaram relação inversa entre nível técnico e C: quanto melhor o nível técnico, menor o C. Ainda, atletas com maior área corporal apresentam maior C por produzirem maior arrasto. Nadadores de provas de menores distâncias (50 e 100 m) tendem a ter maior área corporal e apresentarem grande contribuição da potência metabólica oriunda do sistema anaeróbio. Já nadadores de longas distâncias (800 e 1500 m) apresentam menor C, menor área corporal e a quase totalidade da contribuição da potência metabólica oriunda do sistema aeróbio. Também foi observado que nadadores que possuíam maior flutuabilidade, estatura e envergadura, apresentavam menor C.

Com a finalidade de estimar as diferenças nas contribuições energéticas e calcular o C do nado no domínio de intensidade extremo, Ribeiro et al. (2015) realizaram uma pesquisa com 17 atletas. Esses deveriam nadar os 100 m em intensidade máxima em dois momentos, nado completo e o nado apenas utilizando membros superiores, os membros inferiores sendo suportados por um flutuador (*pull-buoy*). Cada avaliação deveria ser realizada com intervalo de 24 h entre cada sessão. O nado completo apresentou alto valor de VO_2 , como também similares contribuições entre os sistemas energéticos, aeróbio e anaeróbio e um alto C. Para o nado completo,

os pesquisadores observaram relação não linear entre C e VN indicando que pequenos aumentos na VN conduzem a aumentos significativos no C. Quando verificado o nado sem a contribuição de membros inferiores, observaram menor VO_2 , menor contribuições energéticas dos sistemas aeróbio e anaeróbio e menor C.

2.6. ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA

São encontrados distintos modelos de domínios de intensidade, com três, com quatro e com cinco domínios (GRECO et al. 2013 e 2008; DEKERLE e PELAYO, 2011; FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; HILL, POOLE e SMITH, 2002; ÖZYENER et al. 2001; XU e RHODES, 1999; GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990). O modelo de três domínios possivelmente é uma maneira simplificada de descrever as intensidades dos diferentes exercícios. Por exemplo, no domínio severo, possivelmente o comportamento das [LA] e VO_2 sejam mais complexos do que o descrito por Greco et al. (2013 e 2008), Xu e Rhodes (1999) e Gaesser e Poole (1996). Esse modelo de três domínios não leva em consideração estímulos em altíssimas intensidades realizados em curtos períodos.

Em oposição, o modelo de cinco domínios, acaba realizando subdivisões excessivas nos domínios pesado e severo descrevendo o domínio muito pesado. Possivelmente esse domínio, descrito por Dekerle e Pelayo, (2011), apesar de ser mais detalhado, seja mais complexo para se observar as divisões propostas pelos autores. Já o modelo de quatro domínios (FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; HILL, POOLE e SMITH, 2002; ÖZYENER et al. 2001; GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990) é uma modelo mais fácil de se utilizar nas sessões de treino por englobar, em sua estrutura, diferentes intensidades utilizadas ao longo dos períodos de treinamento. O presente trabalho utiliza o modelo de quatro domínios (FAWKNER e ARMSTRONG, 2003; HILL, POOLE e SMITH, 2002; ÖZYENER et al. 2001; GAESSER e POOLE, 1996 e WHIPP e WARD, 1990) para descrever os percentuais da V400 em relação as respostas de [LA], VO_2 e cinética do VO_2 .

Quando analisada a contextualização do conhecimento em relação à prática observamos que não existe certeza sobre o que representam determinados percentuais da V400. Já foram realizados estudos com os 83%, 85%, 88%, 90%, 95%, 100%, 105% e 110% da V400 (SOUSA et al. 2014, GRECO et al. 2013, FERNANDES et al. 2012, 2008 e 2003, ALBERTY et al. 2008 e 2009 e WAKAIOSHI et al. 1993).

Sabe-se o significado dos 83% (LL), 88% (MFEL) e 100% ($VO_{2m\acute{a}x}$) da V400; entretanto, o que ocorre entre esses percentuais é incerto. Quando comparada a intensidade dos 95% da V400 com o 100% ou 105% da V400, sabe-se que os nadadores apresentam maior TTE, FB, duração percentual da fase de puxada e IdC e menor DC, duração percentual das fases não propulsivas e FP. Entretanto existem poucos estudos que identificaram o significado fisiológico e biomecânico dos outros percentuais da V400. Não foram encontrados estudos nas bases de dados PUB MED, SCOPUS, WEB OF SCIENCE e GOOGLE SCHOLAR que tenham avaliado respostas fisiológicas e biomecânicas referentes aos percentuais de 90% e 92,5% da V400.

Os domínios de intensidade de moderado a severo são os mais utilizados ao longo das sessões de treino em natação com a finalidade de desenvolvimento das capacidades aeróbia e anaeróbia. Ainda, o T400 está localizado no domínio severo para os três modelos de intensidade (SOUZA et al. 2013). Sabe-se que aumentos de 2,5% a 5% da VN podem acarretar grandes alterações fisiológicas, podendo alterar o domínio de intensidade da atividade realizada (SOUZA et al. 2014 e OLIVEIRA et al. 2012).

Sabendo-se das diferenças em relação as metodologias utilizadas entre os estudos (SOUSA et al. 2014, GRECO et al. 2013, FERNANDES et al. 2012, 2008 e 2003, ALBERTY et al. 2008 e 2009 e WAKAIOSHI et al. 1993) e da necessidade de conhecer o comportamento simultâneo de variáveis fisiológicas e biomecânicas com equipamentos mais novos acredita-se que alterações de 2,5% acarretarão diferenças nos percentuais a serem analisados. Com maior conhecimento em relação a esses significados, treinadores poderiam ter melhor embasamento teórico para a aplicação de distintos conteúdos de treino ao longo ciclos de treinamento. As intensidades de 90, 92,5 e 95% da V400 estão entre as intensidades amplamente utilizadas ao longo das sessões de treino.

3 HIPÓTESES

Para o presente estudo, foram formuladas as seguintes hipóteses:

Assumindo que nos percentuais de 90 e 92,5% da V400, [LA], VO_2 , FC, EP, E_{total} e C apresentam menores valores em comparação à 95% da V400:

1. O TTE de 90% é maior em comparação à 92,5 e 95% da V400;
2. As intensidades 90% e 92,5% da V400 representam o domínio de intensidade pesado.

Assumindo que no percentual de 95% da V400, [LA] e VO_2 não apresentam estabilidade, na cinética do VO_2 o CL é mais acentuado e o TTE é menor em comparação à 92,5% e 90% da V400:

3. A intensidade de 95% da V400 representa o domínio de intensidade severo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir é realizada a descrição do tipo de pesquisa, variáveis, população e amostra, e procedimentos (materiais e protocolos) que foram realizados.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo caracterizou-se por ser do tipo ex-post-facto, de corte transversal, no qual foram descritas e comparadas variáveis quantitativas. As avaliações ocorreram tanto no T400, teste em intensidade máxima, quanto nos percentuais de 90%, 92,5% e 95% da velocidade do T400, testes em intensidades submáximas.

4.2 VARIÁVEIS DO ESTUDO

São listadas as variáveis independentes, dependentes, de controle e intervenientes.

4.2.1 Variáveis Independentes

O presente projeto possuiu como variáveis independentes: (i) os percentuais 90%, 92,5% e 95% da velocidade média do T400 em nado *crawl* e (ii) três momentos de avaliação de cada série realizada em cada percentual (determinados em termos percentuais da duração total de cada série: 0%, 50% e 100%).

4.2.2 Variáveis dependentes

As variáveis dependentes foram:

Concentração sanguínea de lactato [LA];

Consumo de oxigênio (VO_2);

Cinética do consumo de O_2 (cinética do VO_2): a amplitude (Amp), o tempo em segundos da fase (t), o tempo de atraso (σ) e o ajuste da constante tempo na fase (τ);

Energia metabólica total (E_{total});

Contribuições energéticas;

Frequência cardíaca (FC);

Esforço percebido (EP);
Tempo total até a exaustão (TTE);
Distância nadada em cada teste (D);
Distância média percorrida por ciclo de braçadas (DC);
Frequência média de ciclos de braçadas (FB);
Frequência média de ciclos de pernada (FP);
Velocidade média de nado (VN);
Duração percentual das fases da braçada;
Índice de coordenação de nado (IdC);
Tempo propulsivo (T_{prop});
Variação da velocidade intracíclica do quadril (VVlq);
Custo energético (C).

4.2.3 Variáveis de controle

As variáveis de controle foram a temperatura da água da piscina onde foram realizados os testes, entre 29 e 30° C. A hora do dia da realização dos mesmos, entre 12h00 e 17h00. Como também a utilização de termogênicos, analgésicos e álcool.

4.2.4 Variáveis intervenientes

As variáveis intervenientes do estudo foram a técnica individual de cada nadador, o nível de condicionamento físico e a motivação para realização de esforço máximo (T400) e submáximos (90%, 92,5% e 95% da V400). Deste modo, os critérios de inclusão e exclusão descritos a seguir foram utilizados para buscar o controle da técnica, do condicionamento e da motivação dos atletas participantes.

4.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população deste estudo foi de nadadores do sexo masculino, tendo pelo menos 18 anos de idade, filiados à Federação Gaúcha de Desportos Aquáticos (FGDA). Para garantir a técnica de nado, os nadadores deveriam ter experiência competitiva de pelo menos quatro anos. Deveriam estar treinando e competindo normalmente e possuir até 5 minutos como melhor tempo na prova de 400 m nado

livre. Os participantes não deveriam ter qualquer lesão, nos últimos 6 meses antes das coletas que possibilitassem a modificação da técnica de nado.

4.3.1 Amostra

Participaram deste estudo 14 nadadores. O tamanho amostral foi definido utilizando-se o software *G-power* versão 3.0.10, considerando: (i) tamanho de efeito, estimado a partir de estudos similares (SOUSA et al. 2014; FERNANDES et al. 2003; PELARIGO, DENADAI e GRECO, 2011; SCHNITZLER, SEIFERT e CHOLLET, 2011; ALBERTY et al. 2009 e 2008 e WAKAYOSHI et al. 1993) entre as intensidades, de 0,35 sobre as variáveis dependentes; (ii) poder de 0,8 e (iii) aplicação de ANOVA fatorial, em modelo misto.

4.4 PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Este projeto seguiu as recomendações da resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e, após a qualificação do presente estudo, o mesmo foi encaminhado para o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a fim de ser avaliado. Nenhum procedimento foi realizado até a aprovação do CEP. Posterior à aprovação no CEP (ANEXO A), este projeto foi divulgado por meio de cartazes (APENDICE B) colocados nos clubes e academias onde possuíam treinamento de natação e divulgado em redes sociais. Os participantes desse estudo receberam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (APENDICE A) pelo qual foram informados todos os procedimentos que foram realizados pelos mesmos no presente estudo.

4.5 DESIGN EXPLICATIVO

Inicialmente, após a aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa, foram fixados cartazes (APENDICE B) nos clubes de Porto Alegre que possuíam equipes de natação com o intuito de convidar atletas a participar do estudo. Após o contato inicial com os atletas, foram identificados os nadadores que se enquadrariam no perfil da população e amostra do estudo.

A pesquisa foi dividida em três etapas: (i) aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); (ii) obtenção dos dados antropométricos, familiarização ao *snorkel* e ao EP, realização do teste em intensidade máxima (T400) para obtenção da V400, e familiarização ao *pacemaker* subaquático; e (iii) colocação dos marcadores corporais e realização dos testes em intensidades submáximas (90%, 92,5% e 95% da V400) em ordem randomizada.

Conforme o aval do técnico e do atleta para a participação do estudo, foram realizadas de duas a quatro sessões, no local de treino, para familiarização do nadador à utilização de um *snorkel*. Essa medida foi realizada com o intuito de atenuar os efeitos do *snorkel Aquatrainer*[®] (necessário para a identificação do VO₂ durante o nado) a atletas que não estavam acostumados a nadar com esse equipamento. Também foi realizada a adaptação à escala de 15 pontos de Borg (2000). Em conjunto, os nadadores, ao longo das sessões de familiarização, realizaram virada simples, que foi utilizada nos testes máximo e submáximos. Essa intervenção poderia ser realizada durante a sessão de treino ou posterior ao término do treino do nadador, conforme a liberação do treinador.

A segunda etapa, realização do T400, foi realizada na piscina do centro natatório da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da UFRGS. O nadador realizou aquecimento de 600 m, utilizando o protocolo de aquecimento similar ao realizado no clube onde treina. Após o aquecimento, o nadador realizou 400 m de familiarização com um *snorkel Aquatrainer*[®], também com o ergoespirômetro K5. Foi solicitado que o nadador utilizasse esse equipamento para realizar a respiração, sem rotação cervical. Também foi solicitado que o atleta comesse o teste já dentro da água e realizasse a virada simples a cada 25 m. Esses procedimentos foram adotados para identificar a velocidade de nado do T400 atenuando as diferenças em relação à técnica de nado utilizada em competição com a técnica que deveria ser empregada na metodologia do presente estudo com a utilização do *snorkel Aquatrainer*[®].

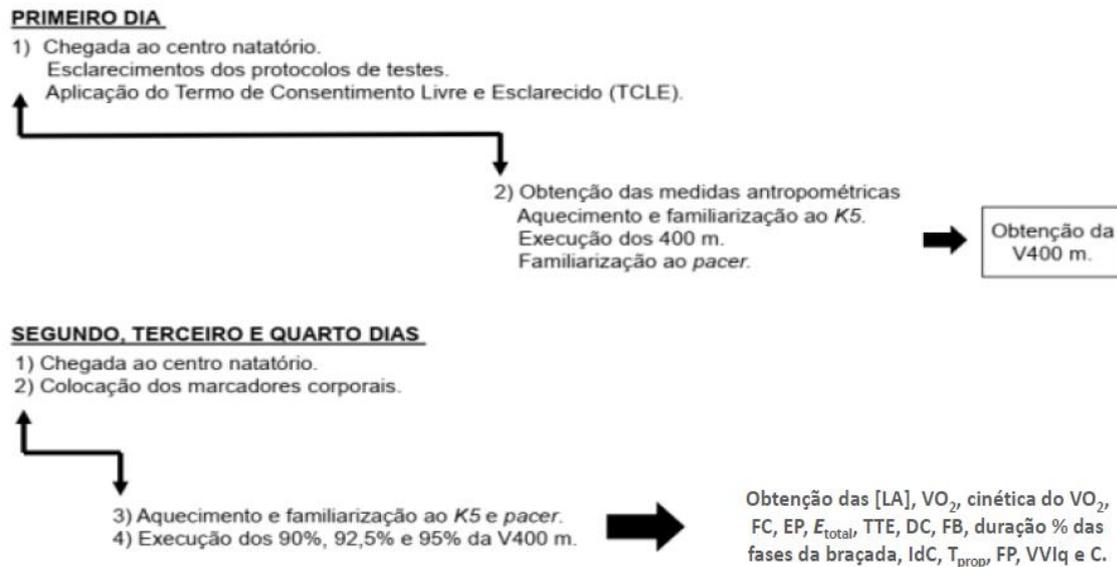
Posterior à familiarização, o atleta realizou o T400 com o *Aquatrainer*[®]. Por fim, foi solicitado ao avaliado nadar 600 m a título de regenerativo, em velocidade correspondente a 60% da VN dos V400, indicada por *pacemaker* subaquático. Esse procedimento foi realizado tanto com o objetivo regenerativo, quanto de familiarizar o atleta com o uso do *pacemaker*.

A terceira etapa foi composta por três testes submáximos nadando até a exaustão ou até completar 40 min de teste. Os testes em intensidade submáxima

foram realizados em, pelo menos, 24 h após o T400. Previamente foi realizado um sorteio para definir a ordem das intensidades. Entre os testes submáximos, foi dado ao nadador no mínimo 24 h e no máximo 72 h de intervalo entre as avaliações. Todas as avaliações do mesmo atleta deveriam ocorrer no mesmo horário ou muito próximo a ele. A janela de coletas, de modo geral, ficou entre 12h00 e 17h00. Foi solicitado, aos participantes que, durante as coletas, entre as etapas, se abstivessem de treinar e de consumir bebidas alcoólicas.

Para cada teste em intensidade submáxima, o nadador inicialmente realizou aquecimento de 600 m, utilizando o protocolo de aquecimento similar ao realizado nos clubes onde treinam. Após o aquecimento, o nadador completou 200 m de familiarização com os equipamentos a serem utilizados (*snorkel Aquatrainer*[®] e *pacor* subaquático). Após a familiarização, o atleta saía da água e permanecia sentado em uma cadeira próxima à borda da piscina por cinco minutos para posteriormente serem obtidas as variáveis fisiológicas de repouso. Na sequência, o atleta voltava à água, colocava o *snorkel Aquatrainer*[®] acoplado ao ergoespirômetro *K5* e ficava por mais cinco minutos em repouso com o intuito de captar os dados relativos ao VO_{2r} . Posteriormente, o atleta realizava a série designada para aquele dia, até a exaustão. Sendo encerrado o teste caso o nadador não conseguisse realizar o deslocamento na mesma VN indicada pelo *pacor*, ou, ultrapassa-se os 40 min na velocidade sorteada. Ao término do teste, o atleta ficava em pé sobre redutores de profundidade dentro da piscina para obtenção das variáveis fisiológicas após o teste submáximo. Por fim, o nadador nadava distância livre, em nado regenerativo, como normalmente faz após treinos e competições. Ao longo de cada série, foram obtidas variáveis biomecânicas e fisiológicas. A Figura 7 demonstra os procedimentos que foram realizados.

Figura 7 - Design demonstrativo dos procedimentos que foram realizados.



4.6 PROCEDIMENTOS DE AQUISIÇÃO DOS DADOS

A seguir são descritos os materiais e os procedimentos de coleta utilizados ao longo da pesquisa.

4.6.1 Medidas Antropométricas, Materiais e Procedimentos de Aquisição

As medidas antropométricas de estatura, massa corporal e envergadura dos participantes foram obtidas na Etapa 2. Foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Massa corporal (kg): quantificada por meio de uma balança marca *Filizola*, modelo 31, com precisão de 0,1 kg.
- Estatura (cm): mensurada com a utilização de um estadiômetro marca *Filizola*, modelo 31, com precisão de 0,01 m.
- Envergadura (m): obtida por meio de uma fita métrica da marca *Sanny Medical* (SN4010) de 2 m, com precisão de 0,01 m.

Para obtenção das medidas antropométricas, o avaliado estava trajando apenas sunga ou bermuda de natação. Para mensuração da massa corporal, foi solicitado que o avaliado permanecesse em pé sobre a balança em posição ortostática e imóvel por alguns segundos. Na mensuração da estatura, os indivíduos estavam em posição ereta, posicionando a cabeça de maneira que a mesma ficasse voltada para frente e as costas voltadas para o estadiômetro até a finalização da quantificação da

medida pelo avaliador. Foi considerada a estatura como o maior valor obtido durante uma inspiração forçada. Para verificação da envergadura os participantes deitavam em decúbito dorsal com os ombros abduzidos a 90°, sendo considerada como envergadura a distância medida entre a ponta dos dedos médios das duas mãos do nadador (ISAK, 2006).

4.6.2 Marcadores Corporais, Materiais e Procedimentos para Aquisição

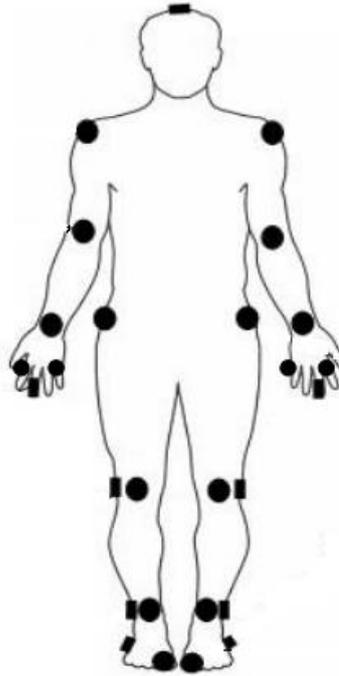
Foram pintados marcadores corporais em regiões previamente estabelecidas a fim de auxiliar a obtenção das variáveis biomecânicas VN, DC, FB, FP, duração percentual das fases da braçada, IdC e VVlq. Essas variáveis foram obtidas por meio da digitalização das imagens nos testes máximo e submáximos.

Para o posicionamento dos marcadores corporais foram utilizados os seguintes materiais e procedimentos:

- Algodão e álcool para a limpeza da pele para posterior pintura dos marcadores;
- Para os marcadores corporais, foi utilizado uma esponja com molde circular de 2 cm de diâmetro. Essa esponja possuía um cabo em plástico para o avaliador segurar e aplicar a marcação no avaliado. A esponja foi posicionada dentro de um recipiente com batom esmagado (atóxico) e levemente diluído em água para posteriormente ser posicionado contra a pele do nadador.

Os marcadores corporais pintados estavam tanto no lado direito, quanto no esquerdo do participante. O posicionamento dos marcadores permitiu que eles fossem visualizados por câmeras posicionadas nos planos frontal e sagital do nadador. Para o lado direito e esquerdo foram pintados: tubérculo maior do úmero, processo olecraniano da ulna, eixo articular da articulação radiocárpica, articulações metacarpofalangeanas do segundo e quinto dedos da mão, falange distal do terceiro dedo da mão, trocanter maior do fêmur, eixo da articulação patelofemoral, maléolo lateral da fíbula, articulação metatarsofalangeana do quinto dedo do pé e falange distal do primeiro dedo do pé. Na Figura 8 é demonstrado o posicionamento dos marcadores pintados.

Figura 8 - Marcadores corporais para obtenção dos dados biomecânicos.



Adaptado de McCabe (2008).

4.6.3 Desempenho, Materiais para Aquisição e Procedimentos para Aquisição

O desempenho do nadador no T400 foi obtido por cronometragem manual com a utilização de um cronometro manual da marca Casio (HS-30W). O tempo do T400 foi utilizado para o cálculo da V400 e posterior cálculo dos diferentes percentuais da V400, conforme a Equação 1.

Equação 1

$$V400 = \frac{D(400)}{T(400)}$$

Sendo V400 a velocidade média do T400, D a distância nadada (400 m) e T o tempo para nadar os 400 m em s. Para cada nadador, foi utilizada a velocidade média do T400 para a obtenção dos percentuais de 90%, 92,5% e 95% da V400.

4.6.4 Variáveis Fisiológicas, Materiais e Procedimentos para Aquisição

As variáveis fisiológicas analisadas no presente trabalho foram VO_2 , cinética do VO_2 , [LA], FC, EP, E_{total} , % da contribuição da energia aeróbia e anaeróbia. A obtenção

das variáveis fisiológicas nos testes em intensidades máxima e submáxima foi realizada com a utilização dos seguintes materiais:

Coleta de sangue para obtenção da [LA]:

- Lactímetro portátil marca Accutrend Plus (Roche);
- Fitas para coleta de sangue (Roche);
- Lancetador e lancetas (G·TECH); álcool; papel-toalha; luvas cirúrgicas.

Coleta do VO_2 , cinética do VO_2 e E_{total} :

- Ergoespirômetro portátil *K5 (Cosmed K5, Rome, Italy)*.
- *Snorkel (Aquatrainner®, Cosmed, Rome, Italy)* e *Nose clip*.
- *Softwares Cosmed Omnia versão 1.3 e Excel versão 2015*.

FC e EP:

- Monitor cardíaco (*Polar modelo FS1*).
- Escala de 15 pontos de Borg (BORG, 2000).

A coleta de sangue ocorreu na cabeceira de saída da piscina com todos os cuidados necessários para evitar qualquer risco ao atleta e aos pesquisadores, como realizado em todos os estudos com coletas de sangue na borda de piscina. Foram tomados cuidados relativos à higiene e ao descarte de material contaminado, com caixa *descarpack* adequada aos materiais utilizados.

Após a realização de cada teste, o nadador permanecia dentro da água apoiado na cabeceira de saída sobre uma plataforma redutora de profundidade. O profissional que realizou a coleta possuía treinamento específico e experiência para realizar esse a tarefa. Foram realizados todos os procedimentos metodológicos treinados previamente. Após a realização de cada teste, o nadador, ainda dentro da água, subia na plataforma. A altura da água em média ficava próxima à cicatriz umbilical. Inicialmente, após a chegada do nadador, era secada a mão com a utilização do papel toalha. Com a mão seca, era realizada a limpeza do dedo indicador do atleta com a utilização de algodão embebido em álcool e secagem com papel toalha. Posteriormente, com o auxílio de um lancetador com lanceta previamente fixada, era perfurada a extremidade distal de um dos dedos para coletar uma gota de

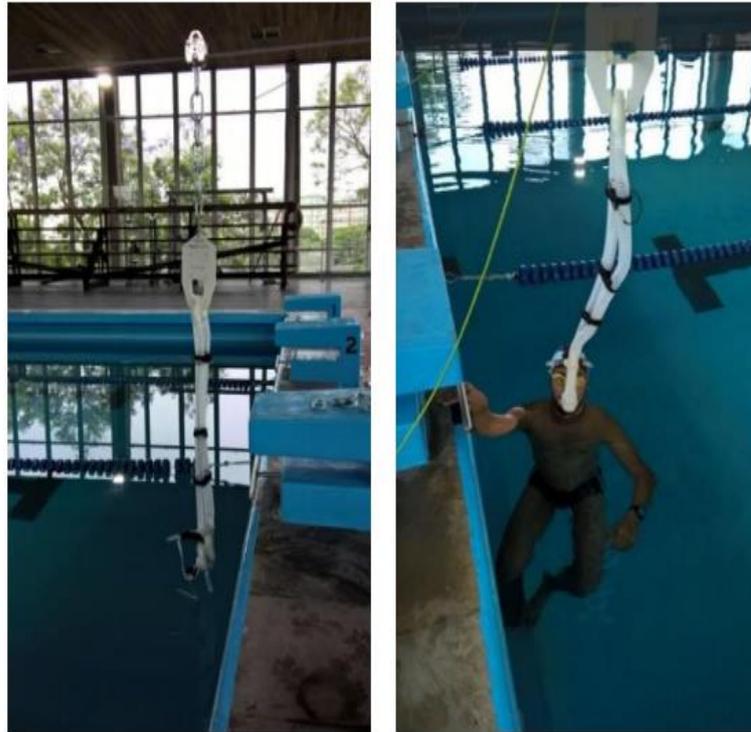
sangue. Após, o sangue foi colocado em uma fita e essa posicionada no interior do lactímetro. Esse procedimento foi realizado a fim de verificar as [LA] após (i) aquecimento, (ii) imediatamente após ter finalizado cada teste e aos (iii) 3 min, (iv) 5 min e (v) 7 min posterior ao término de cada teste. Após a colocação da tira reagente com sangue no lactímetro, em 60 s foram obtidas as [LA]. Foi utilizada a [LA] de maior valor.

Em relação à obtenção do VO_2 , o presente estudo avaliou o $VO_{2\text{pico}}$ e a cinética do VO_2 (essa última, apenas nos testes em intensidades submáximas). As variáveis foram obtidas por meio de um ergoespirômetro portátil *K5*, com a utilização de um *Snorkel Aquatrainer*[®] e *nose clip*.

Previamente ao início das avaliações, o ergoespirômetro foi calibrado, conforme as especificações do fabricante (Cosmed). Foram realizados quatro procedimentos de calibração, *Flowmeter* (seis movimentos seguidos e ritmados de empurrar e puxar uma haste fixada em um tudo, movimento similar a expiração e inspiração), *Scrubber* (tubo contendo sílica para retirar a umidade do equipamento), *Reference Gas* (cilindro com concentrações de gases conhecidos, oxigênio 16%; gás carbônico 4%; balanço nitrogênio) e *Room Air* (ar no local onde será realizada a coleta de dados). Todos esses procedimentos foram registrados pelo *software Cosmed Omnia*. Sempre que o ergoespirômetro fosse desligado ou a máscara posicionada no *snorkel* fosse retirada do rosto do avaliado, o mesmo era calibrado novamente.

O ergoespirômetro e o *Snorkel Aquatrainer*[®] estavam presos por manilhas, engatadas em uma roldana que deslizou sobre dois cabos dispostos em paralelo ao longo dos 25 m de comprimento da piscina, exatamente sobre a raia três. Essa raia foi escolhida como o representativo do centro da piscina. Os cabos estavam posicionados a dois metros de altura da superfície da água, conforme a Figura 9.

Figura 9 - Demonstrativo do posicionamento do ergoespirômetro e do Snorkel Aquatrainer® para obtenção do VO_2 .



Com a utilização do ergoespirômetro *K5*, alguns padrões da técnica de nado foram alterados. O primeiro foi o movimento rotacional para a realização da respiração que não ocorreu. O nadador ventilou exclusivamente pela boca com o *Snorkel Aquatrainer*®, pois no nariz estava fixado um *nose clip*. O segundo foi a virada simples ao final de cada 25 m. As viradas ocorreram de forma lateral, o atleta retirava a cabeça da água, e, após, realizava o movimento lateral da virada e impulsionava os pés contra a borda.

O VO_2 foi obtido em dois momentos: (i) em repouso, VO_{2r} , antes da realização dos testes máximos e submáximos, obtido após o aquecimento e familiarização com o sistema de válvula e tubagem *Aquatrainer*®. Para essa análise, o nadador permanecia parado por cinco minutos dentro da água em pé sobre um redutor de profundidade com a água próxima às clavículas (repouso após aquecimento). E (ii), durante os testes máximo e submáximos, dos quais foram obtidos o VO_2 e a cinética do VO_2 (todas as coletas foram *breath by breath*).

Posterior ao teste, os dados foram processados, recortados e filtrados por *softwares* específicos. Foram retirados valores maiores ou menores do que quatro desvio-padrões em relação à média da fase analisada. Esses valores podem estar relacionados a tosses e respirações inexistentes. Posteriormente, os dados foram

suavizados em intervalos de janelamentos móveis de 10 s. Todos os procedimentos foram realizados e obtidos por meio do *software Cosmed Omnia* versão 1.5 e *Microsoft Excel 2015*.

Foi utilizado o VO_2 do T400 como o maior valor de VO_2 (100%). Subsequentemente, foi identificado qual foi o percentual do VO_2 do T400 alcançado nos testes de 90%, 92,5% e 95% da V400.

Para o presente estudo foi utilizado, como cálculo para identificação do componente lento, a diferença entre a média do consumo de oxigênio dos últimos 15 s do último minuto e a média do consumo de oxigênio dos últimos 15 s do terceiro minuto de exercício (OLIVEIRA et al. 2016). Para o cálculo da cinética do VO_2 foram realizados os procedimentos específicos de identificação do tempo em segundos na fase, a amplitude do consumo de oxigênio, tempo de atraso em segundos da fase e o ajuste da constante temporal. Os primeiros 20 s dos dados após o início do exercício, fase cardiodinâmica, não foram considerados para a análise do modelo, para não influenciar na resposta subsequente. Utilizou-se equações em que um método de mínimos quadrados não linear foi minimizado por meio do *software Sigmaplot*. A cinética do VO_2 foi obtida utilizando um modelo mono-exponencial (SOUSA et al. 2013), Equação 2, e um modelo bi-exponencial (SOUSA et al. 2013), Equação 3.

Equação 2

$$VO_2(t) = VO_{2b} + A_1 * [1 - e^{-(t - TD_1)/\tau_1}]$$

Na qual $VO_2(t)$ representa o consumo de oxigênio em determinado tempo; VO_{2b} é o consumo de oxigênio na linha de base, consumo de oxigênio 20 s antes do início do exercício por exemplo. A_1 , TD_1 e τ_1 são a amplitude, tempo de atraso e o ajuste da constante tempo na fase.

Equação 3

$$VO_2(t) = VO_{2b} + A_p * [1 - e^{-(t - TD_p)/T_p}] + A_s * [1 - e^{-(t - TD_s)/\tau_s}]$$

Na qual $VO_2(t)$ representa o consumo de oxigênio em determinado tempo; V_{2b} é o consumo de oxigênio na linha de base, consumo de oxigênio 20 s antes do início do exercício por exemplo. A_1 , TD_1 e τ_1 são a amplitude, tempo de atraso e o ajuste da constante tempo na fase do componente rápido. A_2 , TD_2 e τ_2 são a amplitude, tempo de atraso e o ajuste da constante tempo na fase do componente lento.

A energia metabólica total (E_{total}) em kJ foi baseada em medidas e estimativas das contribuições aeróbia, anaeróbia láctica (LA) e aláctica (AL), conforme a Equação 4 (FIGUEIREDO et al. 2010):

Equação 4

$$E_{total} = \text{contribuição aeróbia} + \text{anaeróbia}$$

A contribuição energética aeróbica foi calculada utilizando o tempo total do teste multiplicado pela amplitude do VO_2 em $mL \cdot O_2$. O VO_2 foi então expresso em kJ assumindo equivalente energético de 20,9 kJ por LO_2^{-1} , conforme a Equação 5 (FIGUEIREDO et al. 2010).

Equação 5

$$\text{Contribuição aeróbia} = VO_2 (VO_{2pico} - VO_{2r}) \times 20,9$$

Na qual o VO_2 representa a amplitude do consumo de oxigênio em $mL \cdot O_2$, o VO_{2pico} representa o maior valor de consumo de oxigênio encontrado ao longo do teste em $mL \cdot O_2$, VO_{2r} representa o valor do consumo de oxigênio encontrado no repouso em $mL \cdot O_2$. O valor 20,9 representa um equivalente para kJ por LO_2 .

A contribuição anaeróbia em kJ foi dividida em contribuição anaeróbia láctica (LA) e aláctica (AL). A contribuição LA representa a energia derivada da produção do sistema anaeróbio láctico, conforme Equação 4. A contribuição AL representa a energia derivada da produção do sistema anaeróbio alático, conforme Equação 6 (FIGUEIREDO et al. 2012).

Equação 6

$$\text{Contribuição anaeróbia LA} = b[LA]_{bnet}M \times 20,9$$

Na qual $[LA]_{bnet}$ é a amplitude das $[LA]$, seu valor de pico subtraído pelo valor de repouso; b é o equivalente energético para o acúmulo de lactato sanguíneo, que corresponde a $2,7 mL \cdot O_2 \cdot mM^{-1} \cdot kg^{-1}$. M é a massa do avaliado. O valor 20,9 representa um equivalente para kJ por $L \cdot O_2$ conforme Equação 7 (FIGUEIREDO et al. 2012).

Equação 7

$$\text{Contribuição anaeróbia AL} = \left[\frac{27,75 \times 0,5M}{6,25} \right] \times 0,468$$

Na qual M é a massa do avaliado (FIGUEIREDO et al. 2012).

A FC foi obtida por meio de uma cinta ao redor do peito do nadador. Essa cinta possui sensores que enviam os dados referentes ao batimento cardíaco tanto para um cardiômetro, quanto para o ergoespirômetro para posterior análise. Foi analisada a FC durante a realização do aquecimento, durante os cinco minutos dentro da água referente ao repouso, após aquecimento e ao longo de sete minutos após a realização do T400. A FC será apresentada em relação ao percentual da FC máxima ($\%FC_{máx}$)

O EP foi obtido por meio da indicação do atleta em uma escala de 15 pontos proposta por Borg (2000) (Anexo C). Previamente ao início da avaliação, foi explicado o quanto equivale cada valor numérico e seus atributos verbais. Imediatamente após cinco minutos de repouso, após a realização do aquecimento e ao término dos testes submáximos (imediatamente após, 1 min, 3 min, 5 min e 7 min), foi mostrada a escala de Borg (2000) para o atleta e esse atribuía o valor correspondente a sua percepção.

4.6.5 TTE, Material e Procedimentos para Aquisição

O tempo total até a exaustão foi obtido por meio da utilização de um cronometro manual da marca *Casio (HS-30W)*. O TTE é o tempo de realização de cada teste em cada intensidade.

Para o T400, a cronometragem para obtenção do TTE teve início a partir do sinal auditivo do responsável pelo início do teste e se estendeu até que o nadador encostasse na cabeceira de saída ao termino do teste. Em relação aos testes em intensidades submáximas (percentuais de 90%, 92,5% e 95% da V_{400}), a cronometragem para obtenção do TTE também teve início a partir do sinal auditivo do responsável pelo início do teste e se estendeu até o momento em que o nadador não estivesse com a cabeça sobre o sinal luminoso emitido pelo *pacer*. Foi designado um pesquisador com treinamento prévio para acompanhar o deslocamento do atleta ao longo do teste com o intuito de verificar se o nadador estava sobre o sinal luminoso, caso o mesmo não estivesse, conforme o critério relatado anteriormente, o teste era encerrado.

4.6.6 Variações Biomecânicas, Materiais e Procedimentos para Aquisição

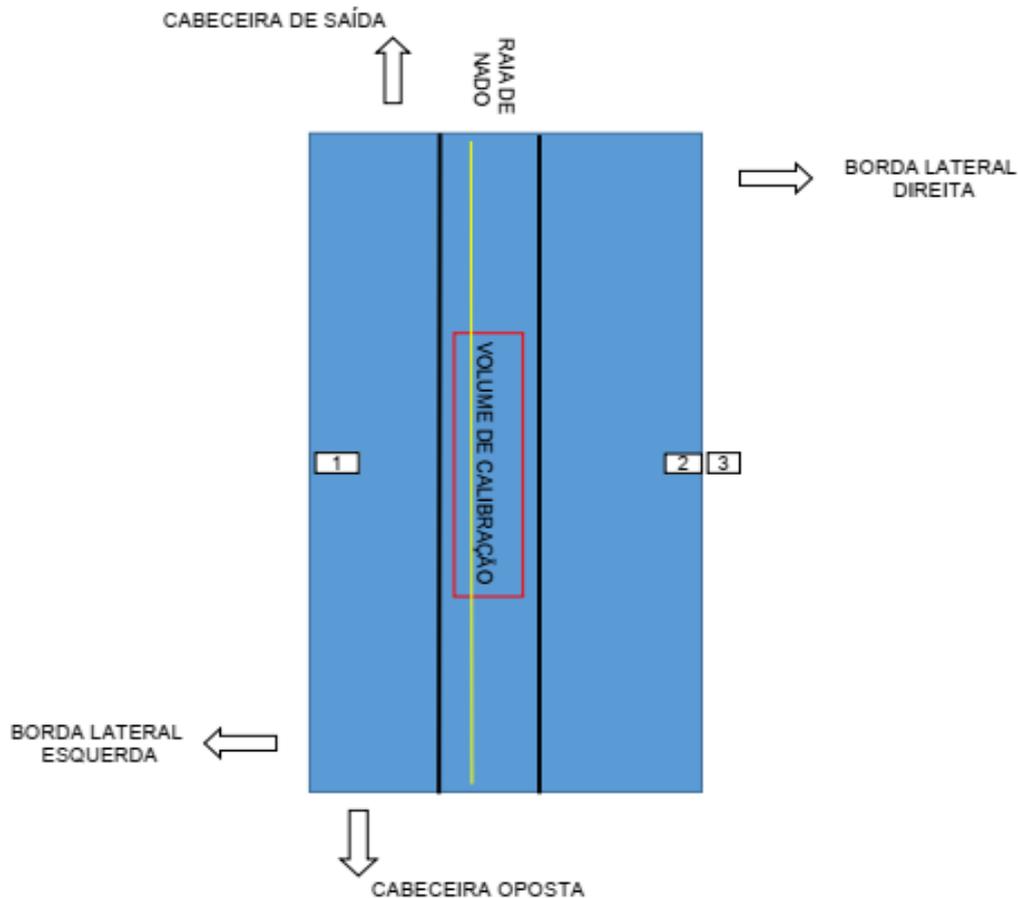
As variáveis biomecânicas analisadas foram DC, FB, duração percentual das fases da braçada, IdC, T_{prop} , FP e VVIq. As variáveis citadas anteriormente foram obtidas por meio de imagens tanto externas, quanto subaquáticas do nadador com a utilização dos seguintes materiais:

- Três câmeras marca *SONY (HDR-XR260V)*, operando a frequência de amostragem de 60 Hz, para captar as imagens subaquáticas e externa do nado.
- Três caixas estanques marca *SONY (SPK-HCH)* para o posicionamento das câmeras subaquáticas.
- Três tripés para posicionamento de três câmeras marca *SONY*.
- Volume de calibração com dimensões e medidas conhecidas, sendo 4,5 m no eixo horizontal (x); 1,5 m no eixo vertical (y) e 1,5 m no eixo transversal (z), com 90 pontos de controle.
- Módulo eletrônico para sincronização das câmeras composto por um disparador manual, uma saída elétrica e duas lâmpadas de *led*, uma lâmpada posicionada fora da água e outra subaquática.
- *Pacer* visual subaquático de 25 m de comprimento (*Technical Instrument for Cycle Observation, Porto Alegre, Brazil*).
- *Softwares* específicos: *VideoPad professional v.3.72*, *Arial Performance Analysis System – APAS*, *KNOVEA v.0.8.15* e *Microsoft Excel 2015*.

Para a análise das variáveis biomecânicas DC, FB, duração percentual das fases da braçada, IdC, T_{prop} , FP e VVIq foi dividido o tempo total de cada teste na velocidade prescrita (valor absoluto) e analisados os momentos 0% (durante os 25 m finais dos primeiros 50 m), 50% e 100% (últimos 25 m antes de ser suspenso o teste). Esse procedimento foi realizado com o intuito de obter três momentos de análise até a exaustão. Foi utilizado um ciclo completo de nado no trecho dos 25 m finais de cada 50 m de nado como o representativo do momento de análise.

Para a aquisição dos dados bidimensionais, as câmeras, o volume de calibração e o *pacer* subaquático serão posicionados conforme a Figura 10.

Figura 10 - Posicionamento das quatro câmeras (retângulos com números), volume de calibração (retângulo em vermelho) e do pacer subaquático (linha amarela).



Inicialmente foi posicionado dentro da água um volume de calibração, com dimensões previamente conhecidas (Figura 11). Esse equipamento ficou no centro da raia três. O calibrador preencheu o volume que o atleta ocupa durante o seu deslocamento ao longo de um ciclo completo de nado. Esse procedimento foi realizado com o objetivo de atenuar o erro de reconstrução bidimensional dos movimentos realizados pelo nadador. A fim de que as câmeras posicionadas dentro e fora da água possam captar as imagens do volume de calibração, metade da altura do calibrador ficou acima da linha da água e a outra metade submersa. As imagens do volume de calibração foram captadas pelas três câmeras. Após a captação da imagem do calibrador, este foi retirado do local para que o atleta conseguisse executar os testes. O volume de calibração ficou a 10 m de distância tanto da cabeceira de saída quanto da cabeceira oposta ocupando toda a largura da raia 3. Os eixos óticos das três câmeras convergiram para o centro do calibrador.

Figura 11 - Vista do Calibrador para cinemática bidimensional construído a partir do modelo desenvolvido por Psycharakis, Sanders e Mill (2005).



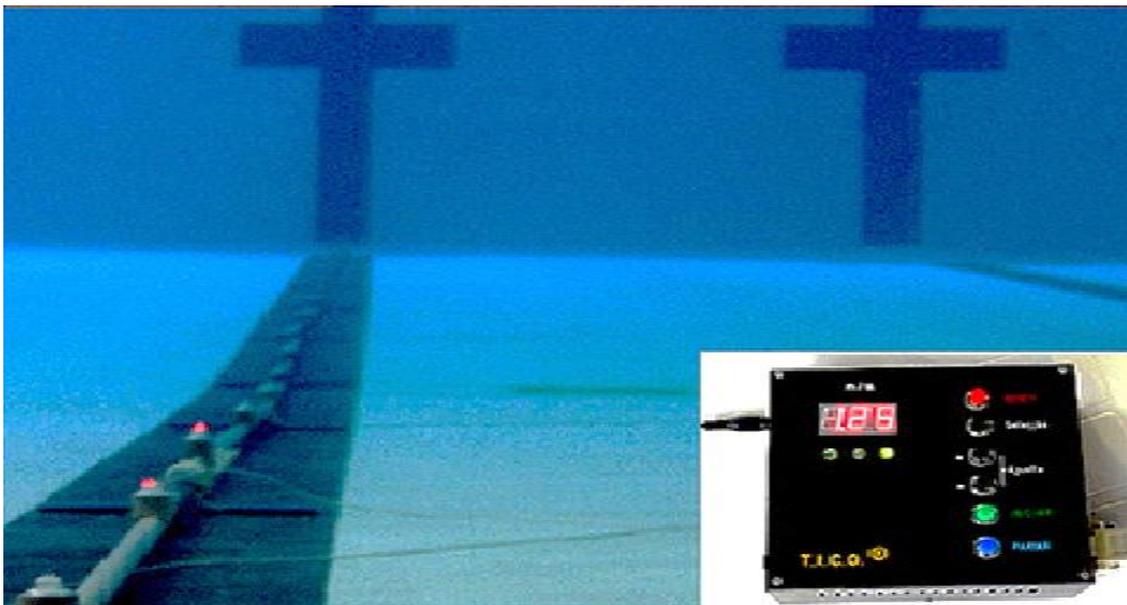
Foram posicionadas três câmeras para obtenção das imagens do nadador. Por meio dessas imagens, com o auxílio de rotinas matemáticas, puderam ser realizadas análises bidimensionais das variáveis DC, FB, duração percentual das fases da braçada, IdC, T_{prop} , FP e VVIq. As câmeras 1 e 2 ficaram submersas dentro de caixas estanques, entre 30 e 50 cm da superfície da água, uma de frente para outra, cada uma registrando imagens de um lado do nadador. Já a câmera 3 ficou posicionada fora da água para a captura das imagens externas. Todas as três câmeras estavam posicionadas sobre tripés. As câmeras subaquáticas 1 e 2 ficaram próximas às bordas laterais esquerda e direita, já a câmera 3 ficou rente à borda lateral direita, entre a borda lateral e a câmera 2. As câmeras 1, 2 e 3 ficaram a 12,5 m da cabeceira de saída.

Previamente ao início dos testes, as três câmeras foram sincronizadas, para que estivessem gravando o deslocamento do nadador no mesmo momento, determinando um quadro único para início das análises das imagens. Essa sincronização ocorreu pela captura de um sinal luminoso oriundo de um módulo eletrônico. Assim, o sinal luminoso, captado simultaneamente pelas três câmeras, indicou o quadro zero de análise nas três.

Para os testes em intensidades submáximas, foi utilizado um *pacemaker* subaquático de 25 m de comprimento (*Technical Instrument for Cycle Observation, Porto Alegre, Brasil*) (Figura 12). Esse equipamento emite sinais luminosos para indicar a VN com resolução de $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e escala entre $0,01$ e $5,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. O *pacemaker* possui formato

circular que permite a passagem de cabos pelo seu interior. Na sua estrutura externa foram fixadas lâmpadas a cada metro de distância, assim, quando acionado, acende uma luz de cada vez em direção a sua extremidade. Esses sinais luminosos correspondem à VN desejada. As lâmpadas foram controladas por *software* específico. O *pacer* foi fixado por pesos ao fundo da piscina ao longo dos 25 m.

Figura 12 - Pacer subaquático e seu software indicando a velocidade média de nado.



Para obtenção das variáveis DC, FB, duração percentual das fases da braçada, IdC , T_{prop} , FP e $VVIq$ foi analisado um ciclo completo de nado, que compreende à entrada da mão na água até a reentrada da mesma mão na água. Ainda, as variáveis citadas anteriormente foram quantificadas por meio de *softwares*. Inicialmente, foi utilizado o *software VideoPad professional* para recortar os vídeos em tamanhos menores a partir do momento de sincronização entre as imagens. Esse mesmo *software* foi utilizado para conversão do formato oriundo das câmeras (MPEG AVC/H.264) para o formato AVI. Para a digitalização dos pontos de interesse e reconstrução das imagens utilizando os pontos anatômicos, foram utilizados os *softwares APAS* e *Knovea 0.8.15*. Por fim, foi utilizado o *software Microsoft Excel 2015* para a transformação dos dados digitalizados na variável em questão, utilizando-se linhas de comando específicas para a obtenção das variáveis dependentes.

A VN foi controlada por meio do *pacer* subaquático em $m \cdot s^{-1}$. A DC foi obtida por meio da distância horizontal percorrida pelo quadril do nadador ao longo de um

ciclo completo de nado em m. Já a FB foi obtida pelo inverso do tempo para a realização de um ciclo completo de braçadas (em Hz).

Para a duração percentual das fases da braçada, inicialmente as imagens obtidas dos movimentos completos de cada braçada foram divididas em quatro distintas fases, definidas conforme o tempo transcorrido entre quatro momentos chave: (i) entrada da mão na água, (ii) apoio, (iii) plano do ombro e (iv) saída da mão da água (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000). Por meio da identificação dos momentos chave, foi obtida a duração das fases de cada braçada:

- Fase de entrada e apoio da mão na água: corresponde à entrada da mão na água até o começo do movimento da mão para trás;
- Fase de puxada: corresponde ao tempo entre o início do movimento da mão para trás até a articulação do ombro estar flexionada 90° em relação ao tronco;
- Fase de empurrada: tem início no momento em que a mão ultrapassa a linha do ombro do nadador e o seu término se dá no momento em que a mão ultrapassa a superfície da água e
- Fase de recuperação: esta fase corresponde aos gestos realizados com o membro superior estando fora da água. Tem início com a saída da mão da água e seu término com a entrada da mão na água, sempre à frente do corpo do nadador.

As fases propulsivas foram consideradas como a soma das fases puxada e empurrada, já a duração das fases não propulsivas foi a soma das fases de entrada e apoio da mão na água e recuperação. A duração das fases da braçada (entrada e apoio da mão na água, puxada, empurrada, recuperação, propulsivas e não propulsivas, propulsivas e não propulsivas) foram expressas em percentual da duração média do ciclo de braçada. Ainda, foram calculadas as médias de cada fase de ambas as braçadas do ciclo e apresentado valor único para as duas braçadas, em relação à cada fase quantificada.

O IdC também foi expresso em percentual da duração média do ciclo de braçada. Para o IdC, valores iguais a 0%, correspondem ao modelo de oposição. Valores de IdC maiores do que 0% correspondem ao modelo de sobreposição de fases propulsivas. Por fim, valores de IdC menores do que 0% estão associados à ausência de fases propulsivas entre o final da fase propulsiva de um braço e o início da fase propulsiva de outro braço, captura (CHOLLET, CHALIES e CHATARD, 2000 e SEIFERT, 2010).

Para verificar possíveis simetrias ou assimetrias relacionadas às braçadas, foram comparados os valores de IdC 1 e IdC 2. Para o presente trabalho o IdC 1 e 2 foram definidos como:

- IdC 1: intervalo de tempo entre o início da propulsão da braçada direita e o final da propulsão da braçada esquerda e
- IdC 2: intervalo de tempo entre o início da propulsão da braçada esquerda e o final da propulsão da braçada direita.

Optou-se, no presente trabalho, pela apresentação do IdC médio, calculado a partir dos valores de IdC1 e IdC2. O T_{prop} ao longo dos 25 m foi calculado por meio da Equação 8, proposta por Alberty et al. (2009).

Equação 8

$$T_{prop} = T_{ciclo} (100\% + 2IdC) \cdot \frac{D}{DC}$$

Na qual o T_{prop} representa o tempo em propulsão para cada trecho de 25 m; o T_{ciclo} representou o tempo de duração total do ciclo de braçada (s); o IdC é o índice de coordenação de nado (IdC médio); D é a distância analisada e DC representa distância média percorrida por ciclo de braçadas.

A FP foi obtida por meio da análise das imagens subaquáticas do nadador durante um ciclo completo de braçadas. A partir da identificação desses quadros, foi mensurado o número de batidas de pernas durante a realização de um ciclo completo de braçada. Foi considerado como um ciclo completo de membros inferiores o movimento descendente e ascendente realizado por um dos membros inferiores. Foi identificada a FP a cada 25 m. Após foi utilizado a Equação 9 para obtenção da FP.

Equação 9

$$FP = \frac{n}{tc}$$

Sendo FP a frequência média de pernada, o n corresponde ao número de ciclos completos (1, 2 e 3) realizados pelos membros inferiores e tc o tempo para realização de um ciclo completo de pernada.

Para o cálculo da VVIq, foi obtido o coeficiente de variação (quociente entre o desvio padrão e a média) da velocidade do quadril ao longo do ciclo completo de nado no eixo horizontal.

4.6.7 Custo Energético, Material e Procedimentos para Aquisição

O C é uma variável que engloba tanto a fisiologia quanto a biomecânica. O C foi obtido pelo quociente entre E_{total} e VN, conforme Equação 10. Ainda, foi realizada conversão de mL·O₂ para Joules (J), na qual 1 mL·O₂ equivale a 20,1 J, conforme Equação 8 (ZAMPARO, CAPELLI e PENDERGAST, 2011 e MINETTI, 1998).

Equação 10

$$C = \frac{E_{tot}}{VN}$$

Na qual, C representa o custo energético em J·kg·min⁻¹. E_{total} refere-se a energia total em mL·kg⁻¹·min⁻¹ e a VN representa a velocidade média de nado em m·s⁻¹.

4.6.8 Erro RMS e Análise Residual

Previamente ao início dos testes, foi quantificado o erro RMS (*Root Mean Square*), para cada eixo a ser analisado (x e y). Esse erro quantifica a diferença entre o valor real da distância entre determinados pontos de controle do calibrador em relação à distância desses mesmos pontos das imagens digitalizadas. Para quantificação do erro RMS, foram obtidos ao todo 24 pontos dispostos ao longo de dois eixos (FIGUEIREDO et al. 2011). O erro RMS foi obtido por meio da Equação 11.

Equação 11

$$E_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_{nt} - x_i)^2 + (y_{nt} - y_i)^2}{N}}$$

Sendo E_r o Erro RMS; \sum^n o somatório dos pontos de controle utilizados; X_{nt} , Y_{nt} , Z_{nt} as coordenadas reais; X_i , Y_i , Z_i = coordenadas reconstruídas; N o número de pontos utilizados.

Para o eixo x (longitudinal) foi encontrado erro de 1,92 mm; para o eixo y (vertical) 1,34 mm. Após a digitalização das imagens, foi realizada uma análise residual dos dados, assim frequências indesejáveis foram descartadas, com esse intuito, foi utilizado um filtro passa alta de 6 Hz (GOURGOULIS et al. 2008).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados em relação a sua distribuição (Teste de Shapiro-Wilk). Foram calculadas médias, desvios-padrão e limites do intervalo confiança da média (95%). Foram aplicados os seguintes modelos estatísticos, após verificação da esfericidade dos dados (Teste de Mauchly):

Nos protocolos do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400 até a exaustão:

- Para comparação das variáveis biomecânicas (DC, FB, VN, duração percentual das fases da braçada, IdC, T_{prop} , FP e VVIq) (no T400 foram analisadas os últimos 25 m de cada parcial dos 100 m). Posteriormente, foi calculada média das quatro parciais de 100 m; para as intensidades de 90%, 92,5% e 95% da V400, foram analisados três trechos (0%, 50% e 100% do tempo total até a exaustão). Para a análise foi considerado os últimos 25 m do trecho em questão. Em conjunto, foi calculada média dos três trechos para cada intensidade. Dessa forma foi aplicada ANOVA de medidas repetidas comparando o T400 com os 90%, 92,5% e 95% da V400.
- Para comparação das variáveis fisiológicas (VO_2 , [LA], EP e FC): ANOVA para medidas repetidas com dois fatores, no modelo 4x2, sendo fatores as intensidades (T400 e 90%, 92,5% e 95% da V400) e os momentos de coleta (após o aquecimento e maior valor obtido durante ou após o término do nado).
- Para comparação da variável TTE e das variáveis fisiológicas (E_{total} e C): ANOVA para medidas repetidas, considerando as intensidades T400, 90%, 92,5% e 95% da V400.
- Para comparação da cinética do VO_2 : ANOVA para medidas repetidas, considerando as intensidades 90%, 92,5% e 95% da V400.

Em relação à ANOVA, quando necessário, foi aplicado o fator de correção pelos graus de liberdade Epsilon de Greenhouse-Geisser. Os efeitos principais, quando indicados pelas ANOVAs, foram identificados com teste de Bonferroni. O tamanho de efeito foi identificado a partir do η^2 e classificado em pequeno ($\eta^2 \geq 0.01$), médio ($\eta^2 \geq 0.06$) ou grande ($\eta^2 \geq 0.14$) tamanho de efeito (COHEN, 1988). Foi considerado alfa de 5% como significativo. O pacote estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 22.0 foi utilizado em todas as análises estatísticas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão são apresentados em conjunto. Inicialmente apresentados os resultados e a discussão das variáveis antropométricas e fisiológicas, das variáveis biomecânicas e posteriormente os resultados e a discussão do custo energético. Ao fim, a discussão em relação aos domínios de intensidade por meio dos resultados previamente encontrados.

5.1 ANTROPOMETRIA E FISIOLOGIA

Na Tabela 1 são apresentadas as características (idade, massa corporal, estatura e envergadura) dos nadadores.

Tabela 1 – Valores de médias, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) das características antropométricas; n = 14.

	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	Envergadura (cm)
Média e DP	26,7±5,4	75,5±7,2	179,0±6,4	186,2±7,7
IC	]19,0;35,0[	]65,2;87,2[	]171,0;191,0[	]173,0;199,0[

A Tabela 2 apresenta os anos de experiência competitiva em natação (EXP NAT), o melhor tempo realizado em prova de 400 m de nado livre em piscina de 25 m (DES400), o tempo realizado no T400 e o desempenho do T400 em pontos da FINA (DESFINA).

Tabela 2 – Valores de médias, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) dos anos de experiência competitiva em natação (EXP NAT), do melhor tempo realizado em prova de 400 m nado livre em piscina de 25 m (DES400), do tempo realizado no T400 e do desempenho em pontos da FINA (DESFINA); n = 14.

	EXP NAT (anos)	DES400 m (s)	T400 (s)	DESFINA (pontos)
Média e DP	15,3±6,5	279,0±24,9	324,28±20,08	453,5±110,2
IC	]4,0;25,0[	]248,0;332,0[	]281,0;354,0[	]260,0;626,0[

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de [LA] e $\dot{V}O_2$ no T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400 em dois momentos distintos, repouso e após o término

do teste. Os dados das variáveis analisadas são apresentados em média, desvios-padrão e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média.

Tabela 3 - Valores médios, desvios-padrão e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média da concentração de lactato sanguíneo [LA] e do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), nas intensidades do T400, dos 90%, 92,5% e 95% da V400, nos momentos de repouso e exaustão (pico); n =14.

	T400	90% da V400	92,5% da V400	95% da V400
[LA] repouso (mmol·L ⁻¹)	2,4 ± 0,68]1,3;3,4[	2,1 ± 0,6]1,2;3,0[	2,2 ± 0,5]1,3;3,0[	2,4 ± 0,5]1,4;3,3[
[LA] exaustão (mmol·L ⁻¹)	11,5 ± 2,98 ^a]6,8;16,1[	5,27 ± 1,61 ^b]2,9;9,2[	6,7 ± 2,28 ^c]3,8;11,4[	9,2 ± 2,71 ^d]4,6;9,2[
$\dot{V}O_2$ repouso (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	6,69±0,99]4,99;7,98[	6,36±0,89]5,07;7,96[	6,0±1,2]3,77;7,93[	6,5±1,18]4,95;9,01[
$\dot{V}O_2$ pico (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	55,05±5,85 ^e]46,26;62,78[	45,6±4,42 ^f]39,97;52,9[	49,09±6,06 ^g]42,1;60,6[	52,46±5,89 ^h]45,25;61,0[

a,b,c,d,e,f,g,h Diferença ($p < 0,01$) entre os valores de $\dot{V}O_2$ pico nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400.

O R associado ao $\dot{V}O_2$ pico do T400 foi de $1,59 \pm 0,14$. Na Tabela 3, em relação ao $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e às [LA] diferenças foram encontradas conforme a intensidade (respectivamente, [LA] $F_{2,16;28,10} = 33,04$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,71$; e $\dot{V}O_{2\text{pico}}$: $F_{1,78;23,20} = 34,28$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,72$). A [LA] e o $\dot{V}O_2$ apresentaram comportamento similar, aumentando seus valores. Não houve diferenças entre os momentos repouso nas intensidades do T400, 90%, 92,5% e 95% da V400 para a [LA] ($F_{3,39} = 0,92$; $p = 0,43$; $\eta^2 = 0,06$) e o $\dot{V}O_2$ ($F_{3,39} = 0,96$; $p = 0,41$; $\eta^2 = 0,06$), indicando que os nadadores realizaram todos os testes na mesma condição inicial.

Na Tabela 4 estão apresentados os percentuais do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ dos 90%, 92,5% e 95% da V400 em relação ao $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ do T400 em média, desvios-padrão e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança.

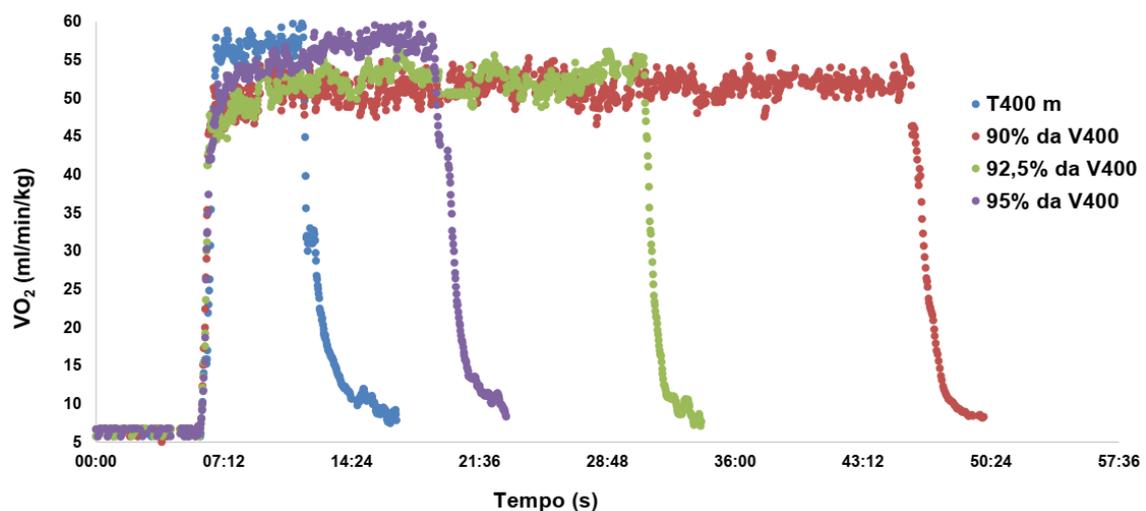
Tabela 4- Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) do percentual do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ dos 95%, 92,5% e 90% da V400 em relação ao $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ do T400; n = 14.

	% do $\dot{V}O_2$ do T400 nos 90% da V400	% do $\dot{V}O_2$ do T400 nos 92,5% da V400	% do $\dot{V}O_2$ do T400 nos 95% da V400
Média e DP	84,14±7,17 ^a	89,50±7,96 ^b	96,50±4,09 ^c
IC	]73,0;92,0[	]79,0;99,0[	]87,0;99,9[

^{a,b,c} Diferenças ($p < 0,01$) entre os valores de 90%, 92,% e 95% da V400.

Conforme a Tabela 4, o % do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ do T400 nas intensidades de 95% foi maior em relação aos percentuais observados à 92,5% e 90% da V400 ($F_{2;26} = 22,82$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,63$). Na Figura 13 é demonstrado o $\dot{V}O_2$ de um dos nadadores, representativo da amostra, ao longo de todos os testes realizados (T400, 90%, 92,5% e 95% da V400).

Figura 13 – Demonstrativo do $\dot{V}O_2$ nas situações T400, 90%, 92,5% e 95% da V400 de um avaliado representativo da amostra.



A Tabela 5 apresenta o componente lento da cinética do $\dot{V}O_2$ no T400 e nos percentuais dos 95%, 92,5% e 90% da V400 em média, desvios-padrão e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança.

Tabela 5- Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) do componente lento da cinética do VO₂ nas intensidades do T400 e nos percentuais dos 90%, 92,5% e 95% da V400; n = 14.

	90% da V400 (mL/min)	92,5% da V400 (mL/min)	95% da V400 (mL/min)
Média e DP	120,7±82,9	171,8±140,6	182,67±120,25
IC	]6,9;263,16[	]2,07;497,0[	]2,1;395,4[

Conforme a Tabela 5, não foram observadas diferenças ($F_{3,39} = 0,59$; $p > 0,05$; $\eta^2 = 0,06$) em relação ao componente lento na cinética do VO₂, quando comparados os últimos 15 s do terceiro minuto com os últimos 15 s do teste nas diferentes intensidades de nado. Na Tabela 6 são apresentados os resultados da cinética do VO₂ em relação a Amp, t, σ e τ nas intensidades de 90%, 92,5% e 95% da velocidade média do T400 ao longo do teste retangular em valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC).

Tabela 6 - Amplitude (Amp), tempo em segundos da fase (t), tempo de atraso (σ) e do ajuste da constante tempo na fase (τ) nas intensidades de 90, 92,5 e 95% da V400; n = 14.

	Média e DP	IC
Amp 90% (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	34,88±4,91 ^a	]28,10;44,82[
t 90% (s)	8,18±1,11	]6,28;10,63[
σ 90% (s)	37,82±16,70	]28,76;47,87[
τ 90% (s)	55,19±33,19	]36,92;74,27[
Amp 92,5% (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	37,60±6,94	]27,09;52,82[
t 92,5% (s)	8,32±1,59	]6,13;12,51[
σ 92,5% (s)	45,97±21,95	]16,64;72,84[
τ 92,5% (s)	51,19±27,69	]35,13;67,67[
Amp 95% (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	41,06±7,30 ^b	]28,91;41,06[
t 95% (s)	8,70±1,81	]5,81;12,38[
σ 95% (s)	33,86±24,44	]19,97;47,87[
τ 95% (s)	65,15±27,08	]37,25;92,96[

^{a,b} Diferenças ($p < 0,05$) entre as intensidades analisadas.

Segundo a Tabela 6, observou-se maior Amp ($F_{2;26} = 6,25$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,32$) do VO₂ nos 95% em comparação aos 90%. Em relação ao t ($F_{2;26} = 0,48$; $p = 0,62$; $\eta^2 = 0,03$), σ ($F_{2;26} = 2,01$; $p = 0,15$; $\eta^2 = 0,03$) e τ ($F_{2;26} = 0,56$; $p = 0,57$; $\eta^2 = 0,13$) não foram

observadas diferenças entre os momentos analisados. Na Tabela 7 estão apresentados os percentuais de contribuição aeróbia e anaeróbia (LA e AL), energia total (E_{total}), %FC_{máx} e EP (em dois momentos distintos, repouso e após o término do teste) e o tempo total até a exaustão (TTE) do T400 e nos percentuais dos 90%, 92,5% e 95% da V400 em média, desvios-padrão e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança.

Tabela 7- Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) do percentual (%) da contribuição aeróbia e anaeróbia (láctica (LA) e aláctica (AL)), da energia metabólica total (E_{total}), percentual da frequência cardíaca máxima (%FC_{máx}), do esforço percebido (EP) e do tempo total até a exaustão (TTE) nas intensidades do T400 e nos percentuais dos 90%, 92,5% e 95% da V400; n = 14.

	T400	90% da V400	92,5% da V400	95% da V400
%Aeróbio	84,68±3,3 ^a]80,09;90,16[	96,0±2,6 ^b]90,3;98,56[	94,16±2,8 ^c]89,17;97,5[	90,9±3,39 ^d]85,49;96,3[
%Anaeróbio	15,3±3,3 ^e]9,8;19,9[	3,98±2,60 ^f]1,4;9,77[	5,80±2,80 ^g]2,48;10,9[	9,07±3,39 ^h]3,69;14,5[
%Anaeróbio LA	8,45±3,05 ⁱ]3,5;12,7[	1,30±0,2 ^j]0,1;3,9[	2,20±1,7 ^k]0,44;5,98[	4,42±2,29 ^l]0,55;8,2[
%Anaeróbio AL	6,85±0,57 ^m]5,57; 7,7[	2,68±1,5 ⁿ]1,05;5,8[	3,6±1,4 ^o]1,5;5,98[	4,6±1,29 ^p]2,46;6,6[
E_{total} (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	461,09±46,1 ^q]378,2;535,4[	1587,9±892,5 ^r]609,5;3150,3[	1031,65±472,8 ^s]510,9;1917,5[	728,2±211,28 ^t]448,4;1167,0[
%FC _{máx} repouso (%)	35,1±3,6]32,9;37,1[	36,1±4,1]32,8;40,9[	35,6±5,5]32,5;38,8[	36,8±6,9]33,7;38,4[
%FC _{máx} exaustão (%)	84,5±11,4]77,9;91,1[	81,4±6,5]77,6;85,3[	79,5±7,6]75,1;83,8[	82,8±8,5]77,6;87,8[
EP repouso (pontos)	7,1±1,87]6,0;11,0[	7,6±1,69]6,0;10,0[	6,6±0,84]6,0;8,0[	7,6±1,9]6,0;12,0[
EP exaustão (pontos)	18,0±1,3 ^u]16,0;20,0[	15,85±2,3 ^v]9,0;18,0[	16,57±1,78 ^x]13,0;20,0[	17,4±1,39 ^y]15,0;19,0[
TTE (s) ver obs	324,2±20,08]281,0;354,0[	1466,1±730,9 ^w]570,0;2400,0[	888,71±324 ^z]495,0;1508,0[	562,7±166,6 [*]]387,0;928,0[

a,b,c,d Diferença (p<0,01) entre os percentuais da contribuição aeróbia nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. e,f,g,h Diferença (p<0,01) entre os percentuais da contribuição anaeróbia nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. i,j,k,l Diferença (p<0,01) entre os percentuais da contribuição anaeróbia LA nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. m,n,o,p diferença (p<0,01) entre os percentuais da contribuição anaeróbia AL nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. q,r,s,t Diferença (p<0,01) da E_{total} nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. u,v,x Diferença (p<0,01) do EP nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. w,z,* diferença (p<0,01) do TTE nas intensidades de 90%, 92,5% e 95% da V400. Obs: ao passo que o T400 é realizado em distância pré-definida, seu TTE não foi comparado com o TTE dos percentuais da V400.

Segundo a Tabela 7, para os percentuais da contribuição aeróbia, conforme a intensidade diminui, aumentou percentualmente a contribuição das rotas aeróbias ($F_{3;39} = 88,91$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,87$). Para os percentuais das contribuições anaeróbia ($F_{3;39} = 88,91$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,87$), anaeróbia LA ($F_{3;39} = 60,21$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,82$) e anaeróbia ALA ($F_{3;39} = 62,98$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,82$), observou-se que conforme a intensidade aumentou, aumentou percentualmente a contribuição das rotas anaeróbias LA e AL. Para a contribuição E_{total} , conforme a intensidade diminuiu, aumentou a E_{total} ($F_{1,28;16,72} = 18,82$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,59$). Quando analisada as diferentes intensidades de nado em relação ao EP, observaram-se diferenças entre o T400 e os 92,5% e entre o T400 e os 90% ($F_{3;39} = 5,13$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,28$). Em conjunto, os 95% da V400 apresentou EP maior do que os 90% da V400. Não foram observadas diferenças quando comparadas as respostas dos $\%FC_{m\acute{a}x}$ em diferentes intensidades ($F_{3;39} = 0,91$; $p = 0,44$; $\eta^2 = 0,06$). Não houve diferenças entre os momentos repouso nas intensidades do T400, 90%, 92,5% e 95% da V400 para o $\%FC_{m\acute{a}x}$ ($F_{3;39} = 0,41$; $p = 0,74$; $\eta^2 = 0,03$) e o EP ($F_{3;39} = 2,21$; $p = 0,10$; $\eta^2 = 0,14$). Por fim, foram encontrados menores TTE ($F_{1,15; 15,05} = 27,34$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,67$) na intensidade de 95% em comparação as intensidades de 92,5% e 90% da V400.

5.1.1 Resumo e discussão dos resultados fisiológicos

Este estudo apresentou como objetivo geral identificar e comparar os efeitos dos percentuais de 90%, 92,5% e 95% da V400 sobre parâmetros fisiológicos e biomecânicos no nado *crawl* a fim de se identificar os domínios de intensidade relativos a esses percentuais. Para tal foi necessário quantificar variáveis fisiológicas e biomecânicas ao longo do tempo de execução do T400 e das séries de nado a 90%, 92,5% e 95% da V400. Em relação aos achados fisiológicos do presente estudo, esses apontaram que:

1. O T400 apresentou menor contribuição aeróbia, e maior VO_2 pico, [LA], EP, contribuição anaeróbio (anaeróbio láctico e alático) e E_{total} em relação aos 90%, 92,5% e 95% da V400.
2. O T400 apresentou maior EP em relação aos 90% e 92,5% da V400.
3. Os 95% da V400 apresentou menor contribuição aeróbia, distância nadada e TTE e maior VO_2 , [LA], percentual do $\dot{V}O_2$ de pico, contribuição anaeróbio (anaeróbio láctico e alático) e E_{total} em relação aos 90% e 92,5% da V400.

4. Os 95% da V400 apresentou menor EP e Amp da cinética do VO_2 em relação aos 90% da V400.
5. Os 92,5% da V400 apresentou menor contribuição aeróbia, distância nadada e TTE e maior VO_2 , [LA], contribuição anaeróbio (anaeróbio láctico e alático) e E_{total} em relação aos 90% da V400.
6. Os percentuais analisados da V400 produziram grandes tamanhos de efeito sobre: [LA] pico, VO_2 pico e AMP, contribuições energéticas aeróbias e anaeróbias; E_{total} , EP e TTE (todos com $\eta^2 > 0,14$).

Os valores de VO_2 , [LA], FC e EP em relação à linha de base, repouso, representam uma baixa demanda fisiológica, ainda, esse resultado seja similar a outros estudos com nadadores bem treinados (De JESUS et al. 2016). O VO_2 é um dos parâmetros mais quantificados em fisiologia do exercício e diferentes protocolos são utilizados para a sua determinação (SOUSA et al. 2015). Para o presente estudo, não podemos considerar que os atletas atingiram o $VO_{2máx}$, pois o protocolo utilizado não era de intensidade progressiva, assim não foram atingidos os critérios já definidos para o $VO_{2máx}$ (SCHNITZLER et al. 2007, FERNANDES et al. 2008 e 2003 e HOWLEY et al. 1995). Para o critério primário, a VN não foi controlada no T400, dessa forma não se pode afirmar que os atletas chegaram ao seu máximo. Nos critérios secundários, os atletas chegaram à altas [LA] e R, no entanto, o $\%FC_{máx}$ não chegou nos 90% do seu máximo. Dessa forma, o presente trabalho utiliza o termo VO_{2pico} .

Foi observado que conforme aumentou a intensidade, aumentou tanto o VO_2 quanto as [LA], resultado similar ao de Sousa et al. (2013) que comparou essas variáveis em domínio de intensidade moderado e extremo. Para o presente estudo, o VO_2 pico e as [LA] apresentaram maiores valores no T400 em comparação aos percentuais da V400, demonstrando, como esperado, a maior intensidade nesse teste. Ainda, o T400 apresentou menor VO_{2pico} ($55,05 \pm 5,8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), maior [LA] ($11,5 \pm 2,98 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) menor VN ($1,23 \pm 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) e maior tempo em teste ($324,28 \pm 20,08 \text{ s}$) em relação ao observado em outras pesquisas, como a de Sousa et al. (2014). Sousa et al. (2014) avaliaram 12 nadadores bem treinados com média de $18,2 \pm 4,1$ anos de idade, $1,79 \pm 0,06 \text{ m}$ de estatura, $70,5 \pm 5,8 \text{ kg}$ de massa corporal e $86,5 \pm 3,7\%$ do recorde mundial da prova de 200 m nado livre. O protocolo de teste consistiu na realização de sete séries de 200 m com intervalo de 30 s e três séries a 95%, 100% e 105% da V400. Como resultado o $VO_{2máx}$ foi de $60,75 \pm 5,17 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, VN de $1,39 \pm 0,06 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, tempo em teste $194 \pm 47,79 \text{ s}$ e [LA] de $7,18 \pm 1,37 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Os nadadores do estudo de Sousa et al. (2014) utilizaram grande contribuição energética anaeróbia para conseguir finalizar a avaliação em menor tempo possível. Ainda, nadadores mais bem treinados utilizam percentual maior de fontes energéticas aeróbias em relação ao sistema anaeróbio (FERNANDES et al. 2006). Observou-se que altas VN requerem altas contribuições de energia anaeróbia, como podemos verificar, com altos valores de [LA] e aeróbia, com os altos valores de VO_2 pico e, por consequência, alta E_{total} . No entanto, devido à menor VN no presente estudo, os atletas conseguiram nadar por mais tempo nos 95% da V400 (562,7±166,6 s) quando comparado aos 95% da V400 (344,09±63,64 s) do estudo de Sousa et al. (2014).

De Jesus et al. (2015) em um protocolo de sete séries de 200 m com VN progressiva e com intervalos de 30 s apresentaram algumas diferenças em relação as [LA] e ao VO_2 quando comparado os diferentes domínios de intensidade em 12 nadadores. No domínio de intensidade baixo a moderado foi observado [LA] de 2,6±0,6 mmol·L⁻¹ e VO_2 de 38±5 mL·kg⁻¹·min⁻¹. Para os domínios de intensidade pesado observaram-se respectivamente valores entre 4,5±1,0 e 6,6±0,01 mmol·L⁻¹ e entre 45±2 e 55±2 mL·kg⁻¹·min⁻¹. Por fim, para o domínio severo encontraram-se valores de 8,2±1,2 mmol·L⁻¹ e 58±2 mL·kg⁻¹·min⁻¹. Os resultados do presente estudo, demonstram que para as [LA] os 90% (5,27 ± 1,61 mmol·L⁻¹) e os 92,5% da V400 (6,7 ± 2,28 mmol·L⁻¹) apresentam resultados similares ao domínio de intensidade pesado. Já os 95% da V400 (9,2 ± 2,71 mmol·L⁻¹) apresentam concentrações similares ao domínio de intensidade severo. Para o VO_2 , os três percentuais (90%, 92,5% e 95%) da V400 (Tabela 3, página 84) apresentam valores correspondentes ao mesmo domínio de intensidade, o pesado. Foi observado (DE JESUS et al. 2015), que em intensidades inferiores ao LL, a demanda energética para a ressíntese de ATP foi oriunda predominante de rotas metabólicas aeróbias. Conforme aumentou-se a intensidade, exige-se maior contribuição de rotas anaeróbias. Para o VO_2 , o atual estudo, quando comparado ao de De Jesus et al. (2015), apresenta similaridades em relação aos seus valores no domínio de intensidade pesado. No entanto, acredita-se que os 95% estejam em um domínio de intensidade superior. Essa afirmação pode ser confirmada pela diferença estatística entre essas intensidades (95% em relação aos 92,5% e aos 90% da V400), como também pelo TTE ser menor nos 95% em relação as outras intensidades (Tabela 7, página 87).

Para a intensidade de 90% da V400, observou-se a menor [LA] (5,27±1,61 mmol·L⁻¹) e menor EP (15,85±2,3 pontos) em relação às outras intensidades. A baixa

[LA] e menor EP identificado pelos nadadores, podem ser entendidos pela menor demanda para a ressíntese de ATP oriundo de vias anaeróbias, pois o sistema oxidativo, nesta intensidade, consegue suprir as necessidades de ressíntese. Ainda, em conjunto, observa-se baixa produção e rápida remoção de [LA] (De JESUS et al. 2016).

Estudo que avaliou se os parâmetros cinéticos de $\dot{V}O_2$ durante as transições do repouso para a alta intensidade estão relacionados com a performance das provas de meia distância (400 m) foi o de Reis et al. (2012). Os 14 atletas avaliados realizaram cinco repetições de 200 m com intervalo de 30 s para identificar o limiar ventilatório e o $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$. Posteriormente, nadaram em determinados percentuais do limiar ventilatório. Como resultado, foi observado que o componente rápido da cinética do $\dot{V}O_2$ foi um determinante importante para o desempenho, principalmente o ajuste da constante temporal (τ). Ainda, na intensidade da V400 (como domínio severo), encontraram-se valores mais elevados de Amp ($40,6 \pm 4,8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), em comparação a Amp ($6,5 \pm 5,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) em intensidades de limiar ventilatório, no domínio pesado. Resultados similares ao presente estudo (Tabela 6, página 86). Entretanto, houve diferenças em relação a τ . Os autores acreditam que a cinética mais rápida parece estar associada a menor contribuição do sistema anaeróbio por meio de um menor déficit de O_2 e menor acumulação de metabólitos relacionados à fadiga. O componente rápido da cinética do $\dot{V}O_2$ reflete aumento na contribuição oxidativa para produção de energia, o qual diminui o desequilíbrio causado pelos maiores níveis anaeróbios como redução do acúmulo de lactato e menor recrutamento de fibras do tipo II. Em conjunto, menor τ tem sido relacionado tanto ao aumento do TTE, quanto a retardo no aparecimento da fadiga e, conseqüentemente, pode-se esperar que reflita em melhor desempenho em eventos de natação de três a cinco minutos de duração.

O presente estudo apresentou TTE muito superiores aos três e cinco minutos, provavelmente esse seja o grande fator limitante da τ não ter apresentado diferenças significativas. No entanto, o η^2 foi de 0,13, representando um tamanho de efeito moderado (COHEN, 1988). Essa afirmação pode ser mais bem embasada quando são analisadas em conjunto as altas contribuições anaeróbias na intensidade de 95%, [LA] e o % da contribuição energética anaeróbia, quando comparado as menores contribuições anaeróbias nos 90% da V400.

Outro estudo que comparou a cinética do $\dot{V}O_2$ foi Sousa et al. (2013). Esse estudo avaliou 10 nadadores com média de $81,9 \pm 3,9$ % do recorde mundial da prova

de 200 m nado livre. O objetivo foi analisar e comparar a cinética do $\dot{V}O_2$ na intensidade moderada (limiar anaeróbio) utilizada nas sessões de treinamento para melhora da capacidade aeróbia e extrema (T400) empregada para melhora da capacidade anaeróbia. O protocolo de teste consistiu em sete repetições de 200 m com intervalos de 30 s entre as séries. Para a intensidade moderada, foi observado que o melhor ajuste está relacionado a um modelo mono-exponencial, como no presente estudo. Já autores como Sousa et al. (2013) relatam que em domínios de intensidade extremo e severo são melhor caracterizados por ajustes bi-exponenciais. Em VN mais elevadas, o domínio de intensidade severo apresenta maiores valores de Amp ($38,43 \pm 5,30 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) e τ ($13,21 \pm 5,86 \text{ s}$) em relação a VN mais baixos Amp ($26,32 \pm 9,73 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) e τ ($18,89 \pm 6,53 \text{ s}$). O tempo de atraso (σ) não apresentou diferenças quando comparado diferentes VN e, por consequência, diferentes domínios de intensidade, comportamento similar ao presente estudo. Esse maior valor de Amp em maiores intensidades, comportamento igual ao presente estudo, pode ser entendido pelo maior $\dot{V}O_2$ alcançado, por consequência, maior demanda de oxigênio em maiores VN. O presente estudo apresentou $\dot{V}O_2$ aos 95% da V400 de $52,46 \pm 5,89 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e aos 90% de $45,6 \pm 4,42 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Essa diferença pode ser muito bem exemplificada na Figura 13 (página 83). Nessa figura podemos observar que os 95% da V400 representam um alto $\dot{V}O_2$ chegando perfeitamente aos 95% do $\dot{V}O_2$ da V400. Já os 90% representam um $\dot{V}O_2$ menor, 84% do $\dot{V}O_2$ da V400. Essa menor demanda referente ao $\dot{V}O_2$ é totalmente explicada tanto pelas diferenças na amplitude, quanto pelo TTE.

Espada et al. (2015) avaliaram 12 nadadores de nível nacional e internacional ($78,4 \pm 2\%$ do recorde mundial da prova de 400 m nado livre e $79,1 \pm 2,4\%$ do recorde mundial da prova de 800 m nado livre), com o intuito de compreender as respostas ventilatórias e fisiológicas nas intensidades 5% abaixo e 5% acima da intensidade da MFEL e determinar a relação dos parâmetros da cinética do $\dot{V}O_2$ com o desempenho. No seu protocolo de avaliação, 12 nadadores realizaram dois testes máximos (400 m e 800 m) e sete testes incrementais (cinco repetições de 250 m e dois esforços de 500 m), equivalentes a 97,5% e 102,5% da MLSS, que representaram 81% e 97% do $\dot{V}O_{2\text{max}}$. Espada et al. (2015) encontraram resultados similares ao presente estudo em relação a AMP da cinética do $\dot{V}O_2$. Quando comparado os 81% e os 97% do $\dot{V}O_{2\text{max}}$, foi observado que os 97% representam um limite acima do equilíbrio fisiológico ($\dot{V}O_2$ dos 81% corresponde a $47,12 \pm 3,1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e o $\dot{V}O_2$ dos 97% foi $56,47 \pm 3,1$

mL.kg⁻¹.min⁻¹). Similar ao presente estudo que também observou diferenças na AMP nas intensidades de 95% e 90% da V400 (Tabela 6, página 86). Apesar de Sousa et al. (2014) apontarem que aumentos de 5% entre os percentuais da V400 (90% e 95%) sejam insuficientes para apresentarem diferenças, a maior Amp demonstra um aumento na intensidade de exercício. Essa maior intensidade pode ser explicada pelo maior fluxo de sangue, maior transporte de oxigênio aos músculos em atividade e, por consequência, maior trabalho ventilatório (De JESUS et al. 2016 e SOUSA et al. 2014). Acredita-se que essas diferenças possam ser melhor observadas em intensidades inferiores a V400. Intensidades próximas à V400 ou superiores podem apresentar comportamento muito similar, dessa forma, sendo insuficiente para promover diferenças.

Em relação à E_{total} , Sousa et al. (2014) observaram em intensidades submáximas, máximas e supra máximas, menor contribuição aeróbia e maior contribuição anaeróbia com o aumento da VN. Ainda, esse mesmo comportamento pode ser observado pelo tempo sustentado em cada intensidade. Conforme aumenta a intensidade, o TTE e a distância nadada tendem a diminuir, pois as rotas metabólicas anaeróbias incrementam suas contribuições percentuais para a manutenção da produção de energia relativa à manutenção da velocidade desejada. A contribuição % da energia anaeróbia (lática e alática) para o T400 foi maior em comparação as intensidades submáximas (95%, 92,5% e 90% da V400). Já a contribuição % da energia aeróbia foi maior nos percentuais da V400 em relação ao T400 (Tabela 6, página 86).

Conforme o observado no presente estudo, Dekerle et al. (2005) não observaram diferenças da FC nas intensidades avaliadas. Esses autores avaliaram intensidades próximas a do presente estudo como também em intensidades mais altas. Em intensidades de 90% a 100% da V400 (presente estudo), e 95% a 110% da V400 (DEKERLE et al. 2005) o sistema cardíaco já está com a sua maior atividade simpática, pois a FC se mantém elevada, sem apresentar diferenças estatísticas entre as distintas intensidades. A 90% da V400 o coração já está sua máxima capacidade de ejetar o sangue para os diferentes tecidos a fim de que ocorram todos os processos metabólicos. Para as intensidades de 92,5% a 110% da V400, a produção e manutenção energética para sustentar essa maior sobrecarga metabólica terá maiores percentuais de contribuições anaeróbias (Tabela 7, página 87).

O EP é uma ferramenta barata e prática para ser utilizada, sendo robusta para demonstrar diferenças em relação às intensidades testadas como o T400 e os percentuais de 90%, 92,5% e 95% da V400. O presente estudo apresentou comportamento similar ao de Franken et al. (2018) que, em conjunto comparou os atletas nadando em diferentes intensidades. Esses autores encontraram diferenças quando comparado os 90% e os 95% da V400. Para o atual estudo o EP conseguiu demonstrar diferenças em percentuais pequenos como quando comparado os 92,5% e os 90% com o T400 (Tabela 7, página 87).

O estudo de Franken et al. (2018) avaliou 14 nadadores a fim de comparar variáveis fisiológicas como [LA], EP, FC, triptofano, prolactina, aminoácidos de cadeia ramificada e o TTE. Os atletas nadaram em duas intensidades distintas a 95% e a 90% da V400 por até 15 repetições de 400 m com intervalos de 40 s. Esses autores observaram que em intensidades mais baixas, como os 90% o TTE foi de $46,14 \pm 23,42$ minutos em comparação ao TTE dos 95%, que foi de $16,60 \pm 9,1$ minutos. Esses resultados foram similares ao de Alberty et al. (2009) que também observaram esse mesmo comportamento de aumento da intensidade com a diminuição do TTE. O presente estudo apresentou comportamento similar aos de Franken et al. (2018) e Alberty et al. (2008) já descritos anteriormente. Para o atual estudo, o TTE na intensidade de 90% foi de $1466,1 \pm 730,9$ s, 92,5% de $888,71 \pm 324$ s e 95% de $562,7 \pm 166,6$ s. Foi observado que conforme aumentou a VN, diminui o TTE. Ainda, em relação ao TTE, podemos observar que, em menores intensidades como os 90% da V400, os atletas tiveram grande contribuição do sistema energético aeróbio, por consequência conseguiram se manter nadando por bastante tempo (DEKERLE et al. 2005).

Maiores intensidades requerem maiores contribuições energéticas anaeróbias o que representa uma maior sobrecarga ao metabolismo do nadador. O TTE depende diretamente do déficit de oxigênio (quantidade de O_2 que falta para o suprimento do metabolismo durante o período em que o organismo se ajusta para a atividade física na transição repouso exercício). Quanto mais alta a intensidade, maior será o déficit que o organismo terá que compensar durante o exercício e por consequência maior será o VO_2 (FERNANDES et al. 2012). Ainda, é relatado que o TTE possui um comportamento inverso ao $VO_{2máx}$: quanto maior o $VO_{2máx}$ menor será o TTE (FERNANDES et al. 2012).

5.2 BIOMECÂNICA

Na Tabela 8 são apresentados os resultados de DC, FB, FP, VN e a distância nadada nas intensidades do T400 e nos 90, 92,5 e 95% da V400 em média, desvios-padrão e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança.

Tabela 8 - Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) da DC, FB, FP, VN e distância nas intensidades do T400 e nos 90, 92,5 e 95% da V400; n = 14.

	T400	90% da V400	92,5% da V400	95% da V400
DC (m)	2,18±0,13 ^a]1,95;2,41[	2,32±0,26 ^b]1,76;2,60[	2,26±0,21 ^c]1,76;2,45[	2,16±0,12 ^d]2,0;2,40[
FB (Hz)	0,55±0,04 ^e]0,5;0,62[	0,45±0,03 ^f]0,39;0,51[	0,47±0,04 ^g]0,37;0,53[	0,52±0,04 ^h]0,45;0,58[
FP (Hz)	1,65±0,16 ⁱ]1,32;2,0[	1,42±0,14 ^j]1,17;1,67[	1,48±0,17 ^k]1,12;1,76[	1,56±0,14 ^l]1,34;1,83[
VN (m·s ⁻¹)	1,23±0,08 ^m]1,13;1,42[	1,11±0,07 ⁿ]1,02;1,28[	1,14±0,07 ^o]1,05;1,31[	1,17±0,07 ^p]1,08;1,35[
Distância (m)	400	1645,8±837,9 ^q]600,0;3100,0[	1017,8±411,6 ^r]550,0;2000,0[	660,7±195,3 ^s]450,0;1000,0[

^{a,b,c,d} Diferença ($p < 0,01$) da DC do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. ^{e,f,g,h} diferença ($p < 0,01$) da FB nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. ^{i,j,k,l} Diferença ($p < 0,01$) da FP nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. ^{m,n,o,p} Diferença ($p < 0,01$) entre as VN nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. ^{q,r,s} Diferença ($p < 0,01$) entre as distâncias nas intensidades dos 90%, 92,5% e 95% da V400.

Conforme a Tabela 8, a DC no T400 foi menor em relação aos 90% da V400 ($F_{3;39} = 4,47$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,25$). Em conjunto, os 95% da V400 apresentou menor DC em comparação aos 92,5% e os 90% da V400. FB e FP foram maiores no T400 (respectivamente, $F_{1,42;18,57} = 33,15$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,71$; e $F_{2,03;26,49} = 51,35$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,79$) em relação aos 95%, 92% e aos 90% da V400. Maiores VN no T400 ($F_{1,43; 18,58} = 1812,35$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,99$) em comparação às intensidades de 95%, 92,5% e 90% da V400. Em conjunto, foram observadas menores distâncias nadadas ($F_{1,11; 14,93} = 30,21$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,69$) na intensidade de 95% em comparação as intensidades de 92,5% e 90% da V400.

Na Tabela 9 são apresentadas a duração percentual das fases de entrada e apoio, puxada, empurrada, recuperação, duração do ciclo de nado, duração das fases

propulsivas, não propulsivas, índice de coordenação de nado (IdC), tempo propulsivo (T_{prop}), variação da velocidade intracíclica do quadril (VVIq), nas intensidades do T400 e nos 90, 92,5 e 95% da V400 em média, desvios-padrão e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança.

Tabela 9 - Valores médios, desvios-padrão (DP) e limites inferior e superior (95%) dos intervalos de confiança da média (IC) da duração percentual (%) das fases de entrada e apoio, puxada, empurrada, recuperação, duração do ciclo de nado, duração percentual (%) das fases propulsivas, não propulsivas, IdC, T_{prop} e VVIq e nas intensidades do T400 e nos 90, 92,5 e 95% da V400, $n = 14$.

	T400	90% da V400	92,5% da V400	95% da V400
Duração % entrada e apoio	49,58±4,53 ^a]40,74;61,60[	52,30±4,32 ^b]43,40;58,52[	52,19±4,31 ^c]45,40;60,05	50,19±5,38 ^d]42,19;62,56[
Duração % puxada	8,71±2,21]6,18;14,22[	8,0±1,57]5,74;10,19	7,89±1,37]5,73;10,13[	8,76±1,13]6,73;10,86[
Duração % empurrada	21,37±2,78 ^e]16,98;26,04[	18,89±2,11 ^f]14,87;21,84[	19,29±2,47 ^g]14,77;22,32[	20,22±2,90 ^h]13,44;23,44[
Duração % recuperação	20,7±2,38]17,22;25,03[	20,75±2,82]17,42;25,75[	20,60±3,10]16,90;26,06[	20,81±3,55]16,41;28,40[
Duração ciclo (s)	1,82 ± 0,19 ⁱ]1,50;2,27[	2,13±0,23 ^j]1,82;2,56[	2,04±0,24 ^k]1,70;2,67[	1,92±0,18 ^l]1,64;2,24[
Duração % propulsivas	30,31±3,61 ^m]23,9;35,58[	26,93±3,07 ⁿ]22,91;32,13[	27,19±2,77 ^o]23,05;30,94[	28,98±3,64 ^p]21,03;32,72[
Duração % não propulsivas	69,68±3,61 ^q]64,4;76,13[	73,06±3,07 ^r]67,87;77,09[	72,80±2,77 ^s]69,06;76,95[	71,01±3,64 ^t]67,28;78,97[
IdC Médio	-19,96±3,36 ^u]-24,5;15,3[	-24,05±2,87 ^v]-29,46;-20,08[	-22,67±2,82 ^x]-28,38;-18,45[	-21,75±3,57 ^y]-27,62;-16,82[
T_{prop} (s)	12,70±2,51]8,33;16,50[	12,06±2,13]8,13;14,96[	12,48±2,27]8,80;15,96[	12,67±2,23]8,14;15,23[
VVIq	0,27±0,03 ^m]0,23;0,33[	0,22±0,05 ⁿ]0,17;0,32[	0,22±0,05 ^o]0,16;0,32[	0,21±0,03 ^p]0,17;0,28[

a,b,c,d Diferença ($p < 0,01$) da duração % da fase de entrada e apoio nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. e,f,g,h Diferença ($p < 0,01$) da duração % da fase de puxada nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. i,j,k,l Diferença ($p < 0,01$) da duração do ciclo de nado nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. m,n,o Diferença ($p < 0,01$) da duração % das fases nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. q,r,s,t Diferença ($p < 0,01$) da duração % das fases não propulsivas nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. u,v,x,y Diferença ($p < 0,01$) do IdC médio nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400. w,z,&,\$ Diferença ($p < 0,01$) da VVIq nas intensidades do T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400.

Conforme a Tabela 9, para a duração % da fase de entrada e apoio ($F_{1,82;23,71} = 4,06$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,23$), fase empurrada ($F_{1,72;22,41} = 11,69$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,47$),

duração % das fases propulsivas ($F_{3;39} = 9,50$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,42$), duração % das fases não propulsivas ($F_{3;39} = 9,50$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,42$) foram observadas diferenças do T400 e dos 95% da V400 em relação aos 92,5 e os 90% V400. Para a duração % da fase puxada ($F_{1,74;22,70} = 1,11$; $p > 0,05$; $\eta^2 = 0,07$) e recuperação ($F_{1,91;24,90} = 0,03$; $p > 0,05$; $\eta^2 = 0,01$), não houve diferenças entre os testes. Para a duração do ciclo de braçadas em tempo absoluto, o T400 apresentou o menor tempo ($F_{2,02;26,33} = 42,50$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,76$) em relação as intensidades submáximas da V400. Por fim, para o IdC médio, o T400 apresentou o valor mais próximo ($F_{1,66;21,69} = 13,02$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,50$) à oposição em relação as intensidades submáximas. Em relação a VVIq, o T400 apresentou maior valor em comparação aos 90%, 92,5% e 95% da V400 ($F_{3;21} = 5,70$; $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,44$), já entre os percentuais, não houve diferenças. Por fim, não houve diferenças no T_{prop} ($F_{3;39} = 1,16$; $p = 0,33$; $\eta^2 = 0,08$) quando comparadas as diferentes intensidades.

5.2.1 Resumo e discussão dos resultados biomecânicos

Os achados biomecânicos do presente estudo apontaram que:

1. O T400 apresentou menor T_{ciclo} e maior VVIq, FB e FP em relação aos 90% e 92,5% e 95% da V400.
2. O T400 apresentou menor duração percentual das fases não propulsivas (fase de entrada e apoio) e em conjunto maior duração percentual das fases propulsivas (fase empurrada) em relação aos 90% e 92,5% da V400.
3. O T400 apresentou menor DC, e maior IdC em relação aos 90% da V400.
4. Os 95% da V400 apresentou menor DC, duração percentual das fases não propulsivas (fase de entrada e apoio) T_{ciclo} e maior FB, FP, duração percentual das fases propulsivas (fase empurrada) e IdC em relação aos 90% e 92,5% da V400.
5. Os 92,5% da V400 apresentou menor T_{ciclo} e maior FB, FP e IdC em relação aos 90% da V400.
6. Os percentuais analisados da V400 produziram grandes tamanhos de efeito sobre: DC, FB, FP, VN, distância nadada e duração percentual das fases de entrada e apoio, empurrada, propulsivas e não-propulsivas (todos com $\eta^2 > 0,14$).

Os atletas realizaram diferentes combinações para manter a VN, principalmente quando a mesma é constante como nos percentuais da V400. Nessas combinações, para uma dada VN, os atletas ajustam a DC e a FB conforme a intensidade e o tempo da tarefa a ser realizada (YANAI 2003). Conforme o observado na Tabela 8 (página 96), DC e FB apresentam comportamento inverso. Quando comparadas as VN mais baixas (90% e 92,5% da V400) com as mais altas (T400 e 95% da V400), observaram-se diminuições da DC. Já em relação à FB, T400 apresentou maiores frequências gestuais em comparação aos 95%, 92,5% e 90% da V400, como também os 95% e os 92,5% da V400 apresentaram maiores frequências gestuais em comparação aos 92,5% e os 90% da V400. Esta relação inversa entre DC e FB, em diferentes velocidades de nado, foi previamente estabelecida por Craig e Pendergast (1979) e confirmada posteriormente por Pendergast (2006).

Observa-se que os nadadores necessitam continuamente adaptar os parâmetros espaço-temporais, como DC e FB, para conseguir manter altas VN ou um ritmo de nado constante (FERNANDES et al. 2006). Em maiores VN, o estresse fisiológico induzido pela alta sobrecarga metabólica para a realização de determinada tarefa poderia atuar como uma restrição ao longo do tempo, dessa forma são realizados alguns mecanismos compensatórios entre a DC e a FB (FIGUEIREDO et al. 2013). Em maiores VN, observou-se que os nadadores se mantiveram a custas de maiores FB em relação a DC. Os nadadores impulsionaram seus corpos em maiores VN com aumentos da FB, o que correspondeu a um aumento na taxa de aplicação de forças, o que aumentou o tempo dos impulsos propulsivos (ALBERTY et al. 2008).

Em protocolo já descrito anteriormente, Oliveira et al. (2012) avaliaram 13 atletas de $23,8 \pm 9,5$ anos de idade, $69,3\% \pm 3,9\%$ do recorde da prova de 400 m nado livre. Esses realizaram o T400 para identificar a máxima VN aeróbica ($1,39 \pm 0,6$ m/s), a MFEL (88% da V400) e sete repetições de 200 m com VN progressiva com aumentos de 3%, começando a 79% da máxima VN aeróbica. Foi observado comportamento similar ao presente estudo em relação à DC e FB. Com o aumento da intensidade de nado, na qual a VN apresenta-se acima da MFEL, os atletas diminuía a DC e aumentam a FB. Ainda, os autores relatam que a MFEL possa ser um ponto de transição em relação ao comportamento das variáveis biomecânicas (OLIVEIRA et al. 2012).

Em outro estudo, Dekerle et al. (2004) verificaram o comportamento da DC com a VN na MFEL e as relações da DC e FB em diferentes percentuais da V400. Foram

avaliados 11 nadadores de $19,7 \pm 1,8$ anos de idade, participantes de competições de nível nacional. Os atletas realizaram o T400, identificando a velocidade aeróbia máxima; um teste entre 75 e 90% da V400 para identificar a MFEL e, por fim, um teste para identificar a VN que a DC apresentasse diminuição. A MFEL correspondeu a 88% da V400, $1,22 \pm 0,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, que correspondeu a DC de $2,64 \pm 0,10 \text{ m}$ e FB de $27,7 \pm 2,2 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$. Encontrou-se uma alta correlação entre a VN correspondente a MFEL (88% da V400) e a diminuição da DC. Em intensidades superiores a MFEL, os nadadores tendem a sustentar a VN a custas de maiores FB, na qual acredita-se que existem restrições referente a tarefa a ser executada. Quando comparado ao presente estudo, os 90% da V400 representam intensidade muito próxima a MFEL. Ou seja, os 90% provavelmente representam o limite máximo de mudança da DC. Aos 92,5% e aos 95% da V400, a VN é mantida com valores mais elevados de FB.

Dekerle et al. (2004) postulam que a relação de DC e FB com a MFEL esteja relacionada à energia metabólica utilizada nessa intensidade. Nesse caso, sendo um fator limitante à biomecânica, causando a diminuição da DC em intensidades maiores à MFEL. Ainda, conforme o tempo e a intensidade, a influência da fadiga na tarefa realizada pode intensificar o aumento da FB e diminuição da DC (RIBEIRO, LIMA e GOBATTO 2010 e ALBERTY et al. 2008). A fadiga pode causar redução na capacidade de gerar grande quantidade de trabalho por braçada, ou seja, redução na capacidade de gerar força, alteração no recrutamento de unidades motoras, alteração na perfusão muscular, como também redução da eficiência propulsiva. O presente estudo não quantificou alguns marcadores relacionados à fadiga. No entanto, ao não conseguirem permanecer por tempo maior em exercício, nos percentuais de 92,5 e 95% da V400, pelos ajustes biomecânicos em relação ao aumento da FB e da duração percentual da fase de empurrada, como a diminuição da DC e da duração percentual das fases não propulsivas, podemos inferir que os nadadores realmente estavam entrando em exaustão.

O desenvolvimento da fadiga pode ser identificado no TTE: conforme a fadiga é observada, os nadadores tendem a diminuir a DC e a aumentar a FB ao longo dos testes retangulares para conseguir manter a VN imposta. Em menores VN, o atleta consegue manter-se nadando por maior tempo a custas de maiores DC e menores FB. Por meio das variáveis biomecânicas é possível inferir que a diminuição de DC e o aumento de FB possam estar relacionados com o surgimento da fadiga devido à mecanismo teleantecipatório. Esse mecanismo correlaciona-se com alterações de

aferentes periféricos, metabólicos, meio externo e experiências adquiridas com exercícios já realizados. A finalidade maior dessas respostas é a manutenção da homeostase (MATOS e CASTRO 2013b).

Quando analisamos a DC e a FB, podemos observar que os atletas que possuem as maiores distâncias, apresentam uma maior duração percentualmente das fases não propulsivas em relação aos atletas que possuem uma maior FB. Os atletas com maiores FB apresentam uma maior duração percentual das fases propulsivas. Para o presente estudo, a diminuição da DC pode ser entendida pela menor duração percentual da fase de entrada e apoio. Conforme a VN aumentou, os atletas diminuíram percentualmente o tempo dessa fase. O aumento da FB pode ser observado pelo aumento da duração percentual da fase de empurrada (Tabela 9, página 97). Observou-se que os atletas aumentaram a VN, aumentando percentualmente a duração dessa fase. O comportamento da duração percentual das fases propulsivas e não propulsivas do presente estudo foi similar aos apresentados por Alberty et al. (2008 e 2009).

Alberty et al. (2008), em um protocolo já descrito anteriormente, identificaram a duração % das fases da braçada, IdC e T_{prop} nos 95%, 100% e 105% da V400. A duração percentual da fase de recuperação diminuiu $12,6\% \pm 9,9\%$ para os 95%, $12,9\% \pm 5,7\%$ para os 100% e $5,7\% \pm 2,7\%$ para os 105% da V400. Como a fase de entrada e apoio diminuiu $17,9\% \pm 14,1\%$ para os 95% $15,0\% \pm 9,6\%$ para os 100% da V400. Para os 105% não foram observadas diferenças. Os atletas aumentaram apenas nos 100% da V400 a duração percentual da fase de empurrada ($7,9\% \pm 5,7\%$). Foi observado que conforme aumentou a intensidade de nado, ocorreram aumentos da FB. Esse aumento foi proveniente da diminuição % da duração das fases não propulsivas, dessa forma, os atletas aumentaram a continuidade de propulsão. Com relação à duração das fases propulsivas da braçada (puxada e empurrada), ocorreu aumento da fase de empurrada apenas no percentual de 100% da V400 desde o início até ao final do teste. A fase de entrada e apoio apresenta uma maior sensibilidade ao aumento da FB, sendo a primeira a apresentar uma diminuição percentual (ALBERTY et al. 2009).

Em relação à duração das fases propulsivas, os nadadores adaptaram a técnica da braçada favorecendo o tempo relativo para a aplicação e produção de força. Alguns atletas tendem a aumentar a FB por diminuição percentual da duração das fases não propulsivas (presente estudo, ALBERTY et al. 2008 e 2009), aumento

percentual da duração da fase de puxada (ALBERTY et al. 2008 e 2009) e aumento percentual da duração da fase de empurrada (presente estudo e ALBERTY et al. 2009).

Com as alterações nas durações percentuais do ciclo de braçadas, identificam-se mudanças no parâmetro coordenativo da braçada. Conforme o aumento da VN, o arrasto tende a aumentar de forma exponencial (BARBOSA et al. 2007). Ainda, com o aumento da VN, uma das estratégias utilizadas pelos nadadores é aumentar a FB e, por consequência, diminuir o tempo sem gerar propulsão e amenizar a variação de momentos sem e com propulsão. Essas adaptações, podem ser melhor compreendidas pelo IdC. Para as VN mais altas, os atletas alteraram o IdC, esse indo em direção à oposição em comparação a VN mais baixas. Em outras palavras, os nadadores tentaram limitar o tempo que separa os impulsos propulsivos entre os dois braços (ALBERTY et al. 2008 e 2009).

Uma das adaptações do IdC, quando são aumentadas a VN e a FB, é a sua modificação em direção ao modelo de oposição. Observa-se melhora na cadeia de impulsos propulsivos, o que permite aumento do tempo em aplicação de forças por distância, ou seja, maior tempo de propulsão, por consequência aumento percentual da duração de fases propulsivas (ALBERTY et al. 2009 e DEKERLE et al. 2004). No presente estudo, a maior VN encontrada foi de $1,23 \pm 0,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e a maior FB foi de $0,55 \pm 0,04 \text{ Hz}$, ambas no T400. Deste modo, tais mudanças de coordenação devem ocorrer em distâncias mais curtas, como 50 e 100 m. Por outro lado, em teste de 200 m, Franken et al. (2016) encontraram VN $1,53 \pm 0,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e FB próximos a $43 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ e valores de IdC de $-8,3 \pm 4,0$. Conforme observamos VN mais elevadas, encontram-se IdCs mais próximos à oposição.

As modificações nos parâmetros de coordenação da braçada também podem ser interpretadas como uma resposta do nadador para alcançar uma velocidade maior, como também tenta lidar com a alta E_{total} requerida para a tarefa a ser realizada. Ao mesmo tempo, esse nadador tenta minimizar os efeitos do aumento da força de arrasto, resultante do aumento de VN (FIGUEIREDO et al. 2013 e ALBERTY et al. 2009). Segundo Seifert et al. (2004), o padrão de coordenação entre os membros superiores do nadador é proveniente da interação entre a mecânica dos fluidos e a dinâmica do corpo do nadador. Portanto, o aumento nos valores de IdC para valores mais próximos à oposição podem ser vistos como uma resposta individual do nadador

as restrições impostas por uma tarefa particular, refletindo a intensidade com que a tarefa é executada.

O I_{dC} e o T_{prop} aumentaram de forma progressiva, o que pode ser explicado pelo aumento do tempo destinado para a aplicação de força propulsiva em determinada distância, com uma conseqüente redução da capacidade de aplicação de força para a manutenção da velocidade. Os nadadores em maiores VN tentam diminuir o tempo que separa os as fases propulsivas dos membros superiores por aumento dos impulsos propulsivos com o aumento da FB. Ainda, esse aumento na aplicação dos impulsos reduzem o tempo de latência entre eles (ALBERTY et al. 2008 e 2009).

Alberty et al. (2008) encontraram aumentos do T_{prop} de $11\% \pm 6,6\%$ para os 95%, $4,6\% \pm 5,9\%$ para os 100% e $7,5\% \pm 4,8\%$ para os 110%. Apesar do presente estudo ter encontrado aumentos percentuais na duração da fase de empurrada, não foram observados aumentos do T_{prop} . As alterações percentuais não se refletem no tempo absoluto da fase. Os tempos nas fases não propulsivas podem ter diminuídos, contudo o tempo absoluto das fases propulsivas podem ter se mantido iguais, mas percentualmente podemos observar alterações (ALBERTY et al. 2009). Acredita-se que o T_{prop} não tenha apresentado diferenças por não ter sido alterado significativamente o tempo absoluto em propulsão entre as intensidades.

A FP apresentou um comportamento similar a FB, quando comparadas intensidades mais elevadas com intensidades mais baixas. Essa semelhança está relacionada à coordenação realizada pelos membros inferiores em relação a sua frequência gestual. Para o presente estudo, os atletas apresentaram, nas quatro condições avaliadas (T400, 90%, 92,5% e 90% da V400), o mesmo número de batidas de perna, seis batidas de pernas para cada ciclo de braçadas. O que diferiu foi o tempo para gerar propulsão, para maiores VN os atletas realizaram o ciclo de braçadas em menor tempo em comparação à menores VN, ou seja, conforme aumentou a intensidade, diminuiu o T_{ciclo} . Segundo Gourgoulis et al. (2013), a pernada proporciona propulsão, ajuda na realização de braçada mais efetiva e ajuda a manter a posição do corpo mais horizontalizada reduzindo as forças de arrasto.

O estudo de Matsuda et al. (2014) comparou a VVI de maneira bidimensional como no presente estudo, entre sete nadadores de diferentes níveis, mais e menos habilidosos, em diferentes intensidades como os 75%, 85% e os 95% da velocidade máxima do 50 m. Esses pesquisadores observaram que nadadores mais habilidosos

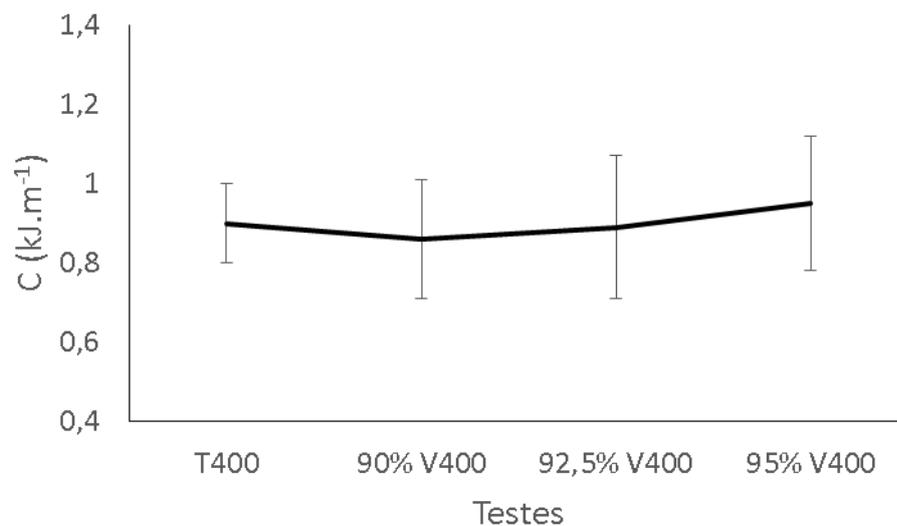
possuíam uma menor VVI. Em conjunto foi observado que em maiores VN os atletas tendem a apresentar maior VVI, resultado similar ao presente estudo em relação a VN. Os atletas avaliados por Matsuda et al. (2014) produziram variações de 11%, variações bem baixas, pois, as distâncias e cadências empregas eram pequenas. Diferente do presente estudo que a variação chegou a 27% ao longo do T400.

Observou-se maior VVIq no teste máximo, essa maior variabilidade da velocidade intracíclica pode ser entendida pela estratégia utilizada por cada nadador. Conforme realizado nas sessões de treinamento, o atleta pode empregar diferentes ritmos ao longo dos T400 com o intuito de amenizar a fadiga e manter um alto desempenho até o final da prova. Nas intensidades submáximas, a VN foi mantida constante por meio do *pacar*, o que diferiu em relação ao T400 e pode ter influenciada a VVIq. Cada atleta realizou um padrão que mais se adequava as suas demandas energéticas. Os nadadores necessitam manter baixa VVIq para minimizar o C em desempenhos em alta intensidade.

5.3 CUSTO ENERGÉTICO (C)

Na Figura 14 é apresentado o custo energético (C) no T400 e nos 90%, 92,5% e 95% da V400.

Figura 14 – Demonstrativo do C nas situações T400, 90%, 92,5% e 95% da V400, n = 14.



Para o C, conforme a intensidade aumentou, o C aumentou ($F_{3;39} = 3,79$; $p < 0,01$; $\eta^2 = 0,22$). As intensidades do T400 e dos 95% da V400 apresentaram C maior do que os 90% da V400.

5.3.1 Resumo e discussão dos resultados referentes ao C

Os achados referentes ao C do presente estudo apontaram que:

1. O T400 apresentou maior C em relação aos 90% da V400.
2. Os 95% da V400 apresentou maior C em relação aos 90% da V400.
3. Houve grande tamanho de efeito das intensidades sobre o C.

Estudo que avaliou o C na natação foi o de Ribeiro et al. (2015). No domínio de intensidade extremo (teste de 100 m), em que avaliaram a cinética do $\dot{V}O_2$ em 17 atletas nadando com o corpo inteiro e somente com os braços nos 100 m em máxima intensidade, os autores encontraram aumento do C no nado completo ($1,16 \pm 0,10 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ para $1,58 \pm 0,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) em comparação a utilização apenas de membros superiores ($0,91 \pm 0,12 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ para $1,39 \pm 0,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Os autores acreditam que essa diferença possa ser relacionada a alta VN encontrado no nado completo. Outro estudo que avaliou o C foi de Figueiredo et al. (2012a). Esses autores identificaram a contribuição energética, a biomecânica e o padrão coordenativo na velocidade de nado da MFEL em um protocolo de sete repetições de 200 m em VN progressiva com intervalos de 30 s entre 12 nadadores. Os resultados foram similares ao presente estudo: os nadadores em maiores VN apresentaram o maior C. Esses autores relatam que esse maior C está relacionado a maiores demandas fisiológicas anaeróbias, principalmente as [LA].

O presente estudo encontrou o maior C nos 95% da V400. Ainda, os 95% ($0,95 \pm 0,12 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$) e o T400 ($0,91 \pm 0,12 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$) apresentaram maior C em comparação aos 90% da V400 ($0,86 \pm 0,12 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$). Apesar dos 90% da V400 apresentar uma alta E_{total} ($1587,9 \pm 892,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) a VN foi baixa ($1,11 \pm 0,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) o que representou uma menor demanda biofísica para esses atletas. Podemos observar que existe uma relação não-linear entre o C e VN, na qual pequenos aumentos na velocidade levam a uma intensificação substancial do C (ZAMPARO et al. 2005).

5.4 RELAÇÃO COM OS DOMÍNIOS DE INTENSIDADE

Com base nos resultados das variáveis fisiológicas e biomecânicas, podemos comparar cada um dos modelos propostos da seguinte maneira:

5.4.1 Modelo de três domínios

Os 90%, 92,5% e 95% representam a mesma intensidade, a intensidade pesada. Conforme proposto por Greco et al. (2013) o domínio de intensidade pesado caracteriza-se pela intensidade ser acima do LL. São observadas intensas demandas metabólicas com altos valores de [LA] e VO_2 . Embora o estresse metabólico seja alto, ainda são possíveis (i) a manutenção de equilíbrio fisiológico e (ii) a manutenção do exercício por tempo prolongado. Ainda, com certa ressalva (os 95% da V400) observa-se um nado com manutenção da VN a custas de alta DC e FB. Uma grande crítica a esse modelo está relacionada ao seu simplismo. Conforme observado no presente trabalho, tanto na fisiologia quanto na biomecânica, essas três intensidades pesquisadas apresentaram comportamento diferente não podendo expressar a mesma intensidade.

5.4.2 Modelo de quatro domínios

A intensidade pesada tem como limite superior a mais alta taxa de trabalho na qual o lactato sanguíneo pode estabilizar-se, a MFEL. Ainda, a MFEL corresponde a 88% da V400. Os valores metabólicos encontrados no presente estudo ficam próximos a essa intensidade, apresentam comportamentos similares e valores próximos, como as [LA], VO_2 e DC. Assim, acreditamos que os 90% e os 92,5% da V400 representam a mesma intensidade, a intensidade pesada.

A intensidade severa caracteriza-se por não apresentar estabilidade em relação ao VO_2 e à [LA], o exercício termina antes que ocorra estabilização dessas variáveis. Nessa intensidade, o VO_2 eleva-se quase linearmente. Observou-se que os nadadores não sustentaram por muito tempo essa intensidade. Foram observadas altas demandas fisiológicas. A VN era mantida a custas de alta FB e uma menor DC em comparação à outras intensidades. Assim acreditamos que os 95% representam a intensidade severo.

5.4.3. Modelo de cinco domínios

O domínio de intensidade muito pesado situa-se acima do MFEL (88% da V400). Observa-se aumento nas [LA] e no VO₂. É caracterizada por uma intensidade que o atleta consegue sustentar por certo tempo, mantendo um C menor, a VN sendo mantida com maiores DC e menores FB. Com base nessas informações, acreditamos que os 90% e os 92,5% da V400 representam o domínio de intensidade muito pesado.

Para o domínio severo em natação, observa-se uma intensidade alta, mas não extrema que o nadador não consiga sustentar por maior tempo do que o T400. Esse domínio está relacionado às provas com tempos que podem variar entre 5 min a 15 min. Sugere-se que o VO₂ nessa intensidade alcance valores próximos ao máximo antes da exaustão. Acreditamos que os 95% representam a intensidade severo.

Assim, em relação as hipóteses levantadas para o presente estudo:

1. O TTE de 90% é maior em comparação à 92,5 e 95% da V400;

Foi confirmada.

2. As intensidades 90% e 92,5% da V400 representam o domínio de intensidade pesado;

Foi confirmada, aceitando-se o modelo de quatro domínios de intensidade.

3. A intensidade de 95% da V400 representa o domínio de intensidade severo;

Foi confirmada, aceitando-se os modelos de quatro e cinco domínios de intensidade.

5.5 APLICAÇÕES PRÁTICAS

Ao se identificar os domínios de intensidade relacionados aos percentuais estudados, treinadores de natação, de modo simples, poderiam utilizar a V400 e a velocidade relativa aos 95% da V400 na prescrição e controle de treinamento visando o incremento da potência aeróbia, em séries de nado contínuo. Ao passo que este percentual pode ser definido como do domínio severo de intensidade. Por outro lado, confirmando-se os percentuais de 90 e 92,5 da V400 como no domínio pesado, treinadores de natação poderiam utilizá-los na prescrição e controle de intensidade de

séries consideradas aeróbias intensas, possivelmente acima da MFEL, mas abaixo da intensidade característica de VO_{2max} . Parâmetros biomecânicos, mais complexos, como as durações das fases das braçadas e variação da velocidade intracíclica, são de difícil aplicação direta pelos treinadores, por outro lado, associadas às velocidades de nado, o controle da DC e da FB, pode ajudar na correta prescrição das intensidades relativas aos domínios que se buscam atingir.

5.6 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS

Para o presente estudo, para uma melhor identificação dos domínios de intensidade, seria necessária a realização de mais duas avaliações com cada atleta, de modo a se identificar a fim de identificar o limiar de lactato e a máxima fase estável de lactato. Com base nessas informações poderíamos posicionar os percentuais da V400 de maneira mais precisa.

Outra limitação do presente estudo é não ter realizado nenhuma avaliação com atletas mulheres. Sabe-se que existem diferenças fisiológicas e biomecânicas entre os sexos. Como também para um próximo estudo é de extrema importância a realização de uma análise tridimensional, pois, os gestos da natação ocorrem nos três eixos e uma análise bidimensional faz com que sejam perdidas informações.

A fim de divulgação científica dos resultados encontrados nesta tese, três artigos serão desenvolvidos:

1. Desempenho em teste de 400 m nado crawl: análise fisiológica e biomecânica;
2. Significados fisiológicos dos percentuais de 90 a 95% da velocidade média de um teste de 400 m nado crawl;
3. Análises cinemáticas e coordenativas de diferentes velocidades de nado com base na velocidade média do teste de 400 m nado crawl.

6 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram que nadar na VN do T400 e nos percentuais de 90%, 92,5% e 95% da V400 representam intensidades distintas que geram diferentes respostas como:

1. Nadar na T400 apresenta menor distância nadada, TTE, percentual da contribuição aeróbia e T_{ciclo} e maior $VO_{2\text{ pico}}$, [LA], percentual da contribuição anaeróbia, E_{total} , FB, FP e VVI em comparação aos 95%, 92,5% e 90% da V400.
2. Nadar a 95% da V400 apresenta uma menor distância nadada, TTE, % contribuição aeróbia, duração percentual das fases não propulsivas e da fase A e DC e maior $VO_{2\text{ pico}}$, [LA], percentual da contribuição anaeróbia, E_{total} , percentual do $\dot{V}O_2$ e duração percentual das fases propulsivas e da fase C, IdC, T_{ciclo} , FB e FP em relação aos 92,5% e 90% da V400.
3. Nadar a 92,5% da V400 apresenta uma menor distância nadada, TTE, percentual da contribuição aeróbia e maior $VO_{2\text{ pico}}$, [LA], percentual da contribuição anaeróbio, E_{total} , IdC, T_{ciclo} , FB e FP em relação aos 90% da V400.
4. Nadar a 90% e a 92,5% da V400 o atleta está no domínio de intensidade pesado no modelo de quatro domínios de intensidade.
5. Nadar nos 95% da V400 o atleta está no domínio de intensidade severo no modelo de quatro e cinco domínios de intensidade.

Treinadores poderão prescrever com maior precisão quando a finalidade for treinamento de potência e resistência aeróbica. Mesmo sendo observado que os 90% e os 92,5% representam o mesmo domínio de intensidade, existem determinadas diferenças entre essas intensidades que devem ser levadas em conta.

REFERENCIAS

- ALBERTUS, Y. *et al.* Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 37; 3; 461 – 468; 2005.
- ALBERTY, M. *et al.* Stroking Characteristics during Time to Exhaustion Tests. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.41; 3; 637 – 644; 2009.
- ALBERTY, M. *et al.* Changes in swimming technique during time to exhaustion at freely chosen and controlled stroke rates. **Journal of Sports Sciences**. 26; 11; 1191 – 1200; 2008.
- ALBERTY, M. *et al.* Intracyclic Velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. **International Journal of Sports Medicine**. 26; 471 – 475. 2005.
- ANDERSON, M. E. *et al.* Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. **European Journal of Sport Science**. 6; 145 – 154; 2006.
- BAILEY, S.J. *et al.* Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. **Journal of Applied Physiology**. 106; 1875 - 1887; 2009.
- BARBOSA, T.M. *et al.* Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. **Journal of Science and Medicine in Sport**. 13; 262 – 269; 2009.
- BARBOSA, T.; KESKINEN, K.; VILAS-BOAS, J. P. Fatores biomecânicos e bioenergéticos limitativos do rendimento em natação pura desportiva. **Motricidade**. 2;4;201-213; 2007.
- BARSTOW, T.J., MOLE, P.A. Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.71, p. 2099-106, 1991.
- BENEKE R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 27; 6; 863 – 867; 1995.
- BILLAT V.L. VO₂ slow component and performance in endurance sports. **British Journal Sports Medicine**. v.; 34; 2; 83-85; 2000.
- BRANDÃO, M.R.F. *et al.* Percepção do esforço: uma revisão da área. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. 3; 1; 1989.
- CAPPELI, C., PENDERGAST, D., TERMIN, B. Energetics of swimming at maximal speed in humans. **European Journal of Applied Physiology**. 78, 385 - 393; 1998.

CAPUTO, F., MACHADO, R.S., LUCAS, R.D., DENADAI, B.S. Efeitos de oito semanas de treinamento de natação no limiar anaeróbio determinado na piscina e no ergômetro de braço. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 8; 1; 7 – 12; 2002.

CARITÁ, R.A.R. *et al.* Slow component of VO₂ kinetics: physiological determinants and implications for performance in aerobic exercises. **Brazilian Journal of Kinanthropometry**. 16; 2; 2014.

CAPUTO, F., DENADAI, B.S. Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. **European Journal of Applied Physiology**. 93, p. 87-9. 2006.

CASTRO, F.A.S., MOTA, C.B. Consumo de oxigênio na natação: diferentes metodologias e possibilidades de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. 18; 3; 88 - 93; 2010a.

CASTRO, F.A.S., MOTA, C.B. Energética e desempenho em 200 m nado crawl realizado sob máxima intensidade. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. 18; 2; 67 – 75; 2010b.

CHATARD, J.C., LAVOIE, J.M., LACOUR, J.R. Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. **European Journal of Applied Physiology**. 61; 88 – 92; 1990.

CAPUTO, F. *et al.* Fatores intrínsecos do custo energético da locomoção durante a natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 12; 6; 2006.

CAPUTO, F., DENADAI, B.S. Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. **European Journal of Applied Physiology**. v. 93, p. 87-9; 2004.

CHOLLET, D. CHALIES, S. CHATARD, J.C. A new index of coordination for the 414 crawl: description and usefulness. **International Journal of Sports Medicine**. 21; 1, 54 - 59; 2000.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**, 2nd ed. Hillsdale, New Jersey:Lawrence Erlbaum Associates Publishers. 281 – 285; 1988.

CRAIG, A.B.; PENDERGAST, D.R. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 11; 3; 278 – 283; 1979.

DEKERLE, J., PELAYO, P. Assessing aerobic endurance in swimming. **World Book of Swimming: From Science to Performance**. Editors: SEIFERT, L., CHOLLET, D., MUJIK, I. 2011.

DEKERLE, J. The use of critical velocity in swimming: A place for critical stroke rate? Portuguese Journal of Sport Sciences. **Biomechanics and Medicine in Swimming X**. 6; 2; 201 - 205; 2006.

DEKERLE J. *et al.* Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. **International Journal Sports Medicine**. 26; 524 - 530; 2005.

DE JESUS, K. *et al.* The effect of intensity on 3-dimensional kinematics and coordination in front-crawl swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. 11; 768 – 775. 2016.

DE JESUS, K. *et al.* The effects of intensity on $\dot{V}O_2$ kinetics during incremental free swimming. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**. 40; 918 – 923; 2015.

DEMARIE, S. *et al.* The $\dot{V}O_2$ slow component in swimming. **European Journal of Applied Physiology**. 84; 95 – 99; 2001.

DESCHODT, V.J., ARSEC, L.M., ROUARD, A.H. Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. 80; 3; 192 - 199; 1999.

DI PRAMPERO, P.E. Factors limiting maximal performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**. 90; 420 – 429; 2003.

DI PRAMPERO, P.E., MARGARIA, R. Relationship between O_2 consumption, high energy phosphates and the kinetics of the O_2 debt in exercise. **Pflügers Archives**. 304; 1; 11 - 19; 1968.

FAWKNER, S.G., ARMSTRONG, N. Oxygen uptake kinetic response to exercise in children. **Sports Medicine**. 33; 9; 651 – 669; 2003.

FERNANDES, R. J., VILAS-BOAS, J.P. Time to exhaustion at the $\dot{V}O_{2max}$ velocity in swimming: a review. **Journal of Human Kinetics**. 32; 121 - 134; 2012.

FERNANDES, R.J. *et al.* Time limit at $\dot{V}O_{2max}$ in elite swimmers. **International Journal Sports Medicine**. 29; 2; 145 - 150; 2008.

FERNANDES, R.J. *et al.* Does net energy cost of swimming affect time to exhaustion at the individuals maximal oxygen consumption. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 46; 373 – 380; 2006.

FERNANDES, R.J. *et al.* Time limit and $\dot{V}O_2$ slow component at intensities corresponding to $\dot{V}O_{2max}$ in swimmers. **International Journal Sports Medicine**. 24; 8; 576 – 81; 2003.

FIGUEIRA, T.R. **Efeito do exercício prévio sobre os parâmetros da cinética do $\dot{V}O_2$ durante o exercício moderado em ciclistas e indivíduos sedentários.** DISSERTAÇÃO; Universidade Estadual Paulista; Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro. 2007.

FIGUEIREDO, P. *et al.* Kinematical Analysis along Maximal Lactate Steady State Swimming Intensity. **Journal of Sports Science and Medicine**. 13; 610 – 615; 2014.

FIGUEIREDO, P. *et al.* Changes in arm coordination and stroke parameters on transition through the lactate threshold. **European Journal of Applied Physiology**. 113 - 1957–1964. 2013.

FIGUEIREDO, P. *et al.* Energy cost and body centre of mass' 3D intracycle velocity variation in swimming. **European Journal of Applied Physiology**. 112; 3319 – 3326. 2012a.

FIGUEIREDO, P. *et al.* Intracycle velocity variation of the body centre of mass in front crawl. **International Journal Sports Medicine**. 33; 285 – 290; 2012b.

FIGUEIREDO, P. *et al.* Reconstruction error of calibration volume's coordinates for 3D swimming kinematics. **Journal of Human Kinetics**. 29; 35 - 40; 2011.

FIGUEIREDO, P. *et al.* An energy balance of the 200 m front crawl race. **European Journal of Applied Physiology**. 2010.

FIGUEIREDO, P. *et al.* Does the hip reflect the centre of mass swimming kinematics. **International Journal Sports Medicine**. 30; 779 – 781; 2009.

FRADÃO, C.D.S. **Cinética do consumo de oxigênio em corredores de meio-fundo**. DISSERTAÇÃO; Universidade Técnica de Lisboa; Faculdade de Motricidade Humana. 2013.

FRANKEN, M. *et al.* Acute biochemical and physiological responses to swimming training series performed at intensities based on the 400-m front crawl speed. **Sport Sciences for Health**. 2018.

FRANKEN, M. *et al.* Performance in 200 m front crawl: coordination index, propulsive time and stroke parameters. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. 18; 3; 311 – 321; 2016.

FRANKEN, M. *et al.* Respostas de lactato, esforço percebido, frequência cardíaca, triptofano, prolactina e ácidos graxos a séries de natação na velocidade crítica. **Revista Brasileira de Ciência do Esporte**. 36; 2; 353 – 368; 2014.

FRANKEN, M. *et al.* Esforço percebido e cinemática em percentuais da velocidade crítica na natação. **Motriz**. 17; 4; 708 – 718; 2011.

GAESSER, G.A.; POOLE, D.C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise Sport Science Review**. 24; 35 - 71; 1996.

GOURGOULIS, V. *et al.* The effect of leg kick on sprint front *crawl* swimming. **Journal of Sports Sciences**. 2013.

GOURGOULIS, V. *et al.* Reconstruction accuracy in underwater three-dimensional kinematic analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**. 11; 90 – 95; 2008.

GRECO, C.C., *et al.* How narrow is the spectrum of submaximal speeds in swimming? **Journal of Strength and Conditioning Research**. 27; 5; 1450 –1454; 2013.

GRECO, C.C., CAPUTO, F., DENADAI, B.S. Critical power and maximal oxygen uptake: Estimating the upper limit of the severe domain, a new challenge? **Science & Sports**. 23; 216 – 222; 2008.

GREENWOOD, J.D., *et al.* Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance. **Journal of Sports Science**. 26; 1; 29 – 34; 2008.

HILL, D.W., POOLE, D.C., SMITH, J.C. The relationship between power and the time to achieve VO₂max. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 34; 4; 709 – 714; 2002.

HOLMER, I. Energetics and mechanical work in swimming. In: **Biomechanics and Medicine in Swimming**. Champaign, Ill.: Human Kinetics Publishers; 154 – 164; 1983.

HOLMER, I. Analysis of acceleration as a measure of swimming proficiency. In: Terauds J, Bedingfield E (eds). **Biomechanics and Medicine in Swimming**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers; 119 – 125; 1979.

HOWLEY, E.T. *et al.* Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 1292 – 1301; 415; 1995.

ISAK. International Society for the Advancement of Kinanthropometry International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). **International standards for anthropometric assessment: A manual for teaching materials for accreditation**. 2nd Edition; 2006.

JUNIOR, N.K.M. Matemática da cinética do VO₂ e da contribuição do sistema de energia durante o exercício: um estudo de revisão. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. 6; 36; 578 – 603; 2012.

KESKINEN, O.P., KESKINEN, K.L., MERO, A.A. Effect of pool length on blood lactate, heart rate, and velocity in swimming. **International Journal Sports Medicine**. 28; 407 – 413; 2006.

KONSTANTAKI, M., SWAINE, I.L. Lactate and cardiopulmonary responses to simulate arm-pulling and leg-kicking in collegiate and recreational swimmers. **International Journal of Sports Medicine**. 20; 118 – 121; 1999.

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. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 12; 5; 2006.

MAGLISCHO, E.W. **Swimming Fastest**. Champaign: Human Kinetics, 2003.

MALINA R.M., BOUCHARD, C., BAR-OR, O. **Growth, maturation, and physical activity**. Human Kinetics. 2nd Edition; 2004.

MANCORA, S.M., STAIANO, W., MANNING, V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**. 106; 857 – 864; 2009.

MATOS, C.C., CASTRO, F.A.S. Variabilidade do lactato sanguíneo em resposta a nados de aquecimento e de máxima intensidade. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. 21; 1; 98 – 106; 2013a.

MATOS, C.C., CASTRO, F.A.S. Fatigue: physiological changes and conceptual models. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**. 11; 37; 2013b.

MATSUDA, Y. *et al.* Intracyclic Velocity Variation and Arm Coordination for Different Skilled Swimmers in the Front Crawl. **Journal of Human Kinetics**. 44; 67 – 74; 2014.

MCCABE, C.B., PSYCHARAKIS, S., SANDERS, R. Kinematic differences between front crawl sprint and distance swimmers at sprint pace. **Journal of Sports Sciences**. 29; 2; 115 – 123; 2011.

MCCABE, C.B. **Effects of 50 m and 400 m race paces on three - dimensional kinematics and linear kinetics of sprint and distance front crawl swimmers**. TESE. Universidade de Edinburgh, 2008.

MILLET, G. P. *et al.* Coordination in front-crawl in elite triathletes and elite swimmers. **International Journal of Sports Medicine**. 23; 99 – 104; 2002.

MINETTI, A. The biomechanics of skipping gaits: a third locomotion paradigm? **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**. 265; 1227 – 1235; 1998.

MORRIS, K.S. *et al.* Velocity, aerobic power and metabolic cost of whole body and arms only front crawl swimming at various stroke rates. 116; 1075 – 1085; **European Journal of Applied Physiology**. 2016.

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

OLBRECHT, J. Lactate production and metabolism in swimming. **World Book of Swimming: From Science to Performance**. Editors: SEIFERT, L., CHOLLET, D., MUJKA, I. 2011.

OLIVEIRA, D.R. *et al.* The Oxygen Uptake Slow Component at Submaximal Intensities in Breaststroke Swimming. **Journal of Human Kinetics**. v.1; 165-173; 2016.

OLIVEIRA, M.F.M. *et al.* Physiological and Stroke Parameters to Assess Aerobic Capacity in Swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. 7; 218 - 223; 2012.

ÖZYENER, F. *et al.* Influence of exercise intensity on the on- and offtransient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **Journal of Physiology**. 533; 891 – 902; 2001.

PELAYO, P. *et al.* Blood lactate recovery measurements, training, and performance during a 23-week period of competitive swimming. **European Journal of Applied Physiology**. 74; 107 – 113; 1996.

PELARIGO, J.G. *et al.* Oxygen uptake kinetics and energy system's contribution around maximal lactate steady state swimming intensity. **PLOS ONE**; 28; 2017.

PELARIGO, J.G., DENADAI, B.S., GRECO, C.C. Stroke phases responses around maximal lactate steady state in front crawl. **Journal of Science and Medicine in Sport**. 14; 2011.

PENDERGAST, D.R. *et al.* Human Physiology in an Aquatic Environment. **Comprehensive Physiology**. 5; 1705 – 1750; 2015.

PENDERGAST, D.R. *et al.* **Biophysics of Swimming**. Biomechanics and Medicine in Swimming X. Porto. 2006.

PERANDINE, L.A. *et al.* Comparação entre limiar de esforço percebido e indicadores de máximo estado estável de lactato em exercício intermitente. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**. 9; 4; 351 – 357; 2007.

PSYCHARAKIS, S.G., *et al.* Three-dimensional analysis of intracycle velocity fluctuations in front crawl swimming. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. 20; 128 – 135; 2010.

PSYCHARAKIS, S.G., SANDERS, R., MILL, F. A calibration frame for 3D swimming analysis. In: Wang, Q. (Ed.), **Proceedings of XVII International Symposium on Biomechanics in Sports**. The China Institute of Sports Sciences; Beijing. 901 – 905, 2005.

REIS, J.F. *et al.* Oxygen uptake kinetics and middle distance swimming performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**. 15; 58–63. 2012.

RIBEIRO, J. *et al.* VO₂ kinetics and metabolic contributions during full and upper body extreme swimming intensity. **European Journal Applied Physiology**. 115; 1117 – 1124; 2015.

RIBEIRO, J.P.; *et al.* Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. **British Journal of Sports Medicine**. 24; 3; 196 – 206; 1990.

RODRÍGUEZ, F.A. *et al.* Oxygen uptake kinetics during free swimming: a pilot study. In **IX Biomechanics and Medicine in Swimming**. Edited by J.E. Chatard. Publications de l'Université de Saint- Étienne. 379 – 384; 2003.

RODRIGUEZ, F.A. Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming, running tests in competitive swimmers. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 40; 87 – 95; 2000.

SCHNITZLER, C., SEIFERT, L., CHOLLET, D. Arm coordination and performance level in the 400-m front crawl. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. 82; 1; 1 - 8; 2011.

SCHNITZLER, C. et al. Velocity and Arm Coordination in Front Crawl Swimming. **International Journal Sports Medicine**. 31; 875 – 881; 2010.

SCHNITZLER, C., SEIFERT, L., CHOLLET, D. Variability of coordination parameters at 400 m front crawl swimming pace. **Journal of Sports Science and Medicine**. 8; 203 - 210; 2008.

SCHNITZLER, C. *et al.* Comparison of spatio-temporal, metabolic, and psychometric responses in recreational and highly trained swimmers during and after a 400-m freestyle swim. **International Journal Sports Medicine**. 28; 164 – 171; 2007.

SEIFERT, L. Inter-Limb Coordination in Swimming. KJENDLE, R. K., STALLMAN & J. CABRI (Eds). **XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming**. Oslo: Norwegian School of Sports Science. 35 – 38; 2010.

SEIFERT, L., CHOLLET, D., ROUARD. Swimming constraints and arm coordination. **Human Movement Science**. 26; 68 – 86; 2007.

SEIFERT, L., CHOLLET, D., ALLARD, P. Arm coordination symmetry and breathing effect in front crawl. **Human Movement Science**. 24; 234 - 256; 2005.

SILVA, A.J. *et al.* Swimming economy: Determinant factors and assessment issues. **Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance**. 3; 93 – 94; 2006.

SOUSA, A. *et al.* Exercise modality effect on bioenergetical performance at VO_{2max} intensity. **Official Journal of the American College of Sports Medicine**. 2015.

SOUSA, A.C., VILAS-BOAS, J.P.; FERNANDES, R.J. VO_2 Kinetics and Metabolic Contributions Whilst Swimming at 95, 100, and 105% of the Velocity at VO_{2max} . **Biomed Research International**. 2014.

SOUSA, A. *et al.* Oxygen uptake kinetics at moderate and extreme swimming intensities. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 19; 3; 2013.

SORTWELL, A. D. Relationship between stroking parameters and leg movement quantity in 100 m front crawl. **International Journal Exercise Science**. 4; 1; 22 – 29; 2011.

TANAKA H., MONAHAN K. D., SEALS D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal American Collegue Cardiology**, v. 37, pg. 153–156, 2001.

TOUSSAINT, H.M. *et al.* Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 30; 1; 144 – 151; 1998.

TOUSSAINT, H.M.; HOLLANDER, A.P. Energetics of competitive swimming: implications for training programmes. **Sports Medicine**. 18; 6; 384 – 405; 1994.

TOUSSAINT, H.M.; BEEK, P.J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. **Sports Medicine**. 13; 1; 8 – 24; 1992.

XU, F., RHODES, E.C. Oxygen uptake kinetics during exercise. **Sports Medicine**. 27; 313 – 327; 1999.

ZACCA, R., CASTRO, F.A.S. Bioenergetics applied to swimming: an ecological method to monitor and prescribe training. In: Kevin Clark. (Org.). **Bioenergetics**. Rijeka: InTech – Open Access Publisher. 159 – 180; 2012.

ZAMPARO, P., CAPELLI, C., PENDERGAST, D. Energetics of swimming: a historical perspective. **European Journal of Applied Physiology**. 111: 367–378. 2011.

ZAMPARO, P. *et al.* An energy balance of front crawl. **European Journal of Applied Physiology**. 94; 134 - 144; 2005.

WAKAYOSHI, K. *et al.* Adaptations to six months of Aerobic swim training. **International Journal Sports Medicine**. 14; 368 – 372; 1993.

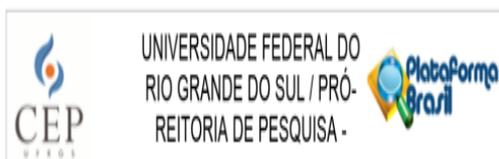
WASSERMAN, K., BEAVER, W.L., WHIPP, B.J. Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. **Circulation**. 81; (1 Suppl); 14 – 30; 1990.

WHIPP, B.J., WARD, S.A. Physiological determinants of pulmonary gas exchange kinetics during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 22; 1; 62 – 71; 1990.

YANAI, T. Buoyancy is the primary source of generating bodyroll in front crawl swimming. **Journal of Biomechanics**. 37; 605 - 612; 2004.

YANAI, T. Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. **Journal of Biomechanics**. 36; 53 – 62; 2003.

ANEXO A



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Domínios de intensidade de diferentes percentuais da velocidade média de 400 m nado crawl: análise de respostas fisiológicas e biomecânicas

Pesquisador: Flávio Antônio de Souza Castro

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 58161316.0.0000.5347

Instituição Proponente: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

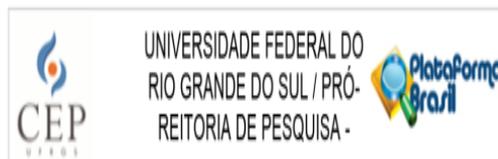
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.716.603

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa referente ao doutorado em Ciências do Movimento Humano de Cristiano Cardoso de Matos caracterizado por ser do tipo ex-post-facto, de corte transversal, no qual serão descritas e comparadas variáveis quantitativas. O estudo se propõe a identificar e comparar os efeitos de diferentes percentuais da velocidade média dos 400m (V400) sobre parâmetros fisiológicos e biomecânicos no nado crawl a fim de se identificar os domínios de intensidade relativos aos percentuais 90, 92,5 e 95% da V400. Participarão do estudo 14 nadadores homens com pelo menos 18 anos. Como critério de inclusão, os nadadores deverão ter experiência competitiva de pelo menos quatro anos. Deverão estar treinando e competindo normalmente e possuir até 4min 45s como melhor tempo nos 400 m nado livre. E como critério de exclusão, os participantes não deverão ter qualquer lesão nos últimos seis meses antes das coletas que possibilitem a modificação da técnica de nado. Será avaliado: concentração sanguínea de lactato [LA]; consumo de oxigênio (VO2); cinética do consumo de O2 (cinética do VO2); custo energético (C); frequência cardíaca (FC); percepção subjetiva de esforço (PSE); tempo total até a exaustão (TTE); distância média percorrida por ciclo de braçadas (DC); frequência média percorrida por ciclo de braçadas (FB); velocidade média de nado (VN); duração percentual das fases da braçada; índice de coordenação de nado (IdC); tempo propulsivo (Tprop); número médio de



Continuação do Parecer: 1.716.603

pernadas por ciclo de braçadas (NP); variação da velocidade intracíclica (VI) do centro de massa (CM); ângulo de rolamento do ombro (ARO); e ângulo de rolamento do quadril (ARQ). O estudo ocorrerá nas dependências da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da UFRGS, em especial Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) e no Centro Natatório. Com este estudo, os pesquisadores esperam poder contribuir na correta aplicação de intensidades de treinamento de natação com a identificação dos domínios de intensidade relativos aos percentuais da V400.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO GERAL

Identificar e comparar os efeitos dos percentuais de 90%, 92,5% e 95% da V400 sobre parâmetros fisiológicos e biomecânicos no nado crawl a fim de se identificar os domínios de intensidade relativos a esses percentuais.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Entre os percentuais de 90, 92,5 e 95% da VN dos 400 m no nado crawl comparar: Concentração sanguínea de lactato [LA];

Consumo de oxigênio (VO2);

Cinética do consumo de O2 (cinética do VO2);

Custo energético (C);

Frequência cardíaca (FC) Percepção subjetiva de esforço (PSE);

Tempo total até a exaustão (TTE);

Distância média percorrida por ciclo de braçadas (DC);

Frequência média de ciclo de braçadas (FB);

Velocidade média de nado (VN);

Duração percentual das fases da braçada;

Índice de coordenação de nado (IdC);

Tempo propulsivo (Tprop);

Número médio de pernadas por ciclo de braçadas (NP);

Variação da velocidade intracíclica (VI) do centro de massa (CM);

Ângulo de rolamento do ombro (ARO);

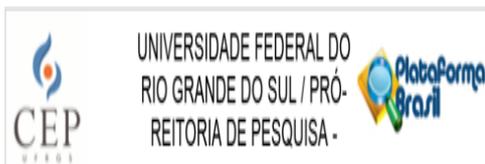
Ângulo de rolamento do quadril (ARQ).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Dentre os riscos, os pesquisadores entendem que o nadador poderá sentir algumas dores e desconfortos musculares decorrentes do esforço máximo no nado dos 400m e dos 90%, 92,5% e

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propeq.ufrgs.br

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propeq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 1.716.003

95% da V400. Essas possíveis dores e desconfortos são os mesmos de uma sessão de treino intenso ou de uma competição. Para tal, os autores apontam a realização de aquecimento antes do início da prova como forma de minimizar os desconfortos. Ademais, os nadadores poderão sentir dor e desconforto relativos à coleta de sangue e ainda desconforto ao utilizar máscara para coleta de gases durante o nado. Para o desconforto referente à coleta de sangue, é dito que terá um profissional habilitado e com prática para que seja minimizado o risco de desconforto e dor. O participante será instruído a manter o curativo por, no mínimo, duas horas após a última coleta de sangue. Os autores ressaltam que são procedimentos regularmente executados pelos atletas: o acompanhamento de perfil bioquímico é sistemático em atletas de alto nível – e que por este motivo já estão acostumados com os procedimentos. Para o desconforto da máscara para coleta de gases durante o nado, os autores afirmam que esta será colocada da melhor maneira possível para minimizar riscos. Os pesquisadores disponibilizam materiais os quais incluem um kit portátil de primeiros socorros para amenizar algum tipo de lesão que possa ocorrer e prontificam-se a auxiliar o encaminhamento do participante a um posto médico, caso aconteça algo mais grave. O Laboratório de Pesquisa do Exercício possui cardiologista, porém, se necessário, o participante será encaminhado pelos pesquisadores ao serviço de emergência mais perto da ESEFID (Hospital São Lucas da PUCRS – localizado na Avenida Ipiranga, número 6680). Por outro lado, os participantes são atletas que realizam esforços maiores e mais intensos no seu dia-a-dia de treinamento, assim, os esforços realizados por eles, neste estudo, são aquém do que costumam fazer.

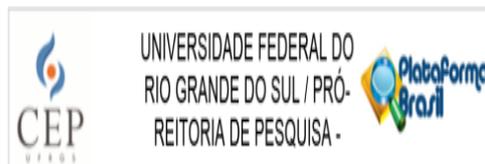
No que se refere aos benefícios, os autores referem que a pesquisa irá auxiliar a compreender melhor o processo de treinamento em natação contribuindo com o seu aprimoramento. E ainda, ao término da realização dos testes em intensidades máximas e submáximas os atletas receberão um laudo parcial com informações a respeito de VN, FB e DC. Posteriormente os atletas receberão as imagens das câmeras gravadas em um disco compacto. Ao fim, o desempenho do nadador poderá ser melhorado.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo com justificativa e embasamento bibliográfico. Define a amostra, bem como o cálculo do tamanho amostral e o processo de amostragem. Apresenta detalhadamente a metodologia a ser utilizada no estudo, assim como serão analisados os dados.

A solicitação de ajuste no texto do número da resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde foi realizado nesta versão do projeto, bem como foi esclarecido como serão feitas as coletas de

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propeq.ufgrs.br



Continuação do Parecer: 1.716.003

sangue, foram melhor detalhados os riscos e a maneira de minimizá-los.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foi apresentado o Termo de Autorização Institucional do LAPEX e do Centro Nataatório da ESEFID.

O parecer da COMPEQ e o parecer da banca de qualificação do projeto da tese de doutorado foram apresentados. O TCLE está inserido. O cartaz de divulgação também foi inserido.

Recomendações:

Para aprovação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

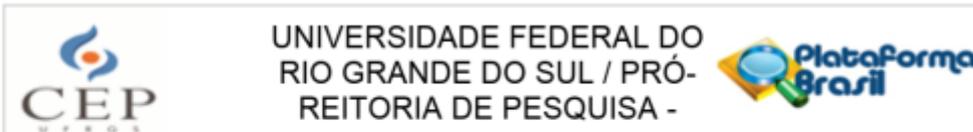
Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_761593.pdf	01/09/2016 09:00:12		Aceito
Outros	respostaocep.pdf	01/09/2016 08:59:43	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetoatualizado.pdf	01/09/2016 08:58:58	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLATUALIZADO.pdf	01/09/2016 08:58:34	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Outros	autorizacaoCN.pdf	31/08/2016 17:07:43	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Folha de Rosto	folha_rosto_assinada.pdf	28/07/2016 11:04:07	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Outros	parecer_compesq.pdf	26/07/2016 10:49:34	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Outros	cartaz.pdf	21/07/2016 09:50:12	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	anuenciaLAPEX.jpeg	21/07/2016 09:37:26	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propeq.ufgrs.br



Continuação do Parecer: 1.716.603

Outros	parecer_de_aprovacao.pdf	19/07/2016 09:54:12	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
--------	--------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 08 de Setembro de 2016

Assinado por:

MARIA DA GRAÇA CORSO DA MOTTA
(Coordenador)

ANEXO B

ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (BORG, 2000)

6 Sem nenhum esforço
7 Extremamente leve
8
9 Muito leve
10
11 Leve
12
13 Um pouco intenso
14
15 Intenso (pesado)
16
17 Muito intenso
18
19 Extremamente intenso
20 Máximo esforço

APENDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Te convido a participar do projeto de pesquisa de doutorado intitulado **Domínios de intensidade de diferentes percentuais da velocidade média de 400 m nado crawl: análise de respostas fisiológicas e biomecânicas** de Cristiano Cardoso de Matos, estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento que será realizado no centro natatório da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo como responsável, o professor Dr. Flávio Antônio de Souza Castro. O objetivo do estudo é identificar e comparar os efeitos de diferentes percentuais da velocidade média dos 400 m sobre parâmetros biomecânicos e fisiológicos no nado *crawl*.

Inicialmente você fará até quatro sessões de familiarização com a utilização de *snorkel*, da percepção subjetiva de esforço, do *snorkel Aquatrainer*[®] (*snorkel* adaptado a um tubo conectado a um aparelho que analisa as trocas gasosas, ar inalado e exalado) e com o *pacemaker* (indicador de velocidade de nado) subaquático.

Em um primeiro momento, você irá realizar uma avaliação antropométrica na qual será mensurada a sua massa corporal, estatura e envergadura. Para o segundo momento, você deverá realizar um aquecimento de 600 m e após os 400 m em intensidade máxima com a utilização do *snorkel Aquatrainer*[®] (não será necessário realizar movimentos rotacionais para a respiração e a virada será a simples) e posterior uma distância livre como regenerativo. No terceiro momento, em um dia subsequente, você deverá realizar um aquecimento de 600 m e após, nadar até a exaustão nos 90%, 92,5% e 95% da V400 em distintos dias. Você será marcado com batom de cor preta nas principais articulações dos membros inferiores e superiores. Durante a realização dos testes até a exaustão nos 90%, 92,5% e 95% da V400 você será filmado por três câmeras para obtenção das variáveis biomecânicas. Após o aquecimento, e imediatamente após a realização dos testes nos diferentes percentuais, como também três, cinco e sete minutos após a realização dos mesmos, você deverá ficar dentro da água em frente da borda da piscina para a coleta de sangue que serão utilizados para verificação do lactato. Ainda, você deverá nadar sempre com a utilização do *snorkel Aquatrainer*[®] para obtenção do consumo de oxigênio.

RISCOS: Você poderá sentir algumas dores e desconfortos musculares decorrentes do esforço máximo dos 400 m e dos 90%, 92,5% e 95% da V400. Porém, esses riscos podem ser minimizados ao realizar o aquecimento antes do início da prova. Além disso, você poderá sentir dor e desconforto relativos à coleta de sangue, desconforto ao utilizar máscara para coleta de gases durante o nado. Os pesquisadores responsáveis disponibilizam materiais os quais incluem um kit portátil de primeiros socorros para amenizar algum tipo de lesão que possa ocorrer e prontificam-se a auxiliar o encaminhamento do participante a um posto médico, caso aconteça algo mais grave.

BENEFÍCIOS: Esta pesquisa irá auxiliar a compreender melhor o processo de treinamento em natação contribuindo com o seu aprimoramento. Ao término da realização dos testes em intensidades máximas e submáximas os atletas receberão um laudo parcial com informações a respeito de VN, FB e DC. Posteriormente os

atletas receberão as imagens das câmeras gravadas em um disco compacto. Ao fim, o desempenho do nadador poderá ser melhorado.

Qualquer dúvida será respondida durante a realização da coleta e em qualquer momento você poderá suspender os testes por livre escolha. Qualquer dúvida, por favor, entre em contato com a equipe de pesquisa: Cristiano Cardoso de Matos (Fones: 51 93122640) e/ou Flávio Antônio de Souza Castro (fone: 51 33085806) e com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS: (51) 3308 3738. Toda e qualquer informação individual obtida durante a pesquisa será totalmente sigilosa.

Eu, _____, fui convidado e concordo em participar do presente estudo. Declaro que estou ciente sobre os procedimentos da pesquisa esclarecidas neste termo e que recebi cópia do presente termo.

Assinatura do participante

Cristiano Cardoso de Matos

Flávio Antônio de Souza Castro

APENDICE B**CARTAZ****QUER ENTENDER E MELHORAR SEU DESEMPENHO NA
PROVA DE 400 M NADO LIVRE e INCREMENTAR SEU
TREINAMENTO DE NATAÇÃO?**

Venha participar do projeto de pesquisa intitulado: “Domínios de intensidade de diferentes percentuais da velocidade média de 400 m nado crawl: análise de respostas fisiológicas e biomecânicas”

Se você tem mais de 18 anos, treina regularmente, possui tempo até 4 min 45 s nos 400 m e deseja entender melhor sobre os percentuais dos 400 m utilizados nas sessões de treino, entre em contato com:

Me. Cristiano de Matos: cristianomatos1012@gmail.com

Dr. Flávio Castro: souza.castro@ufrgs.br

Pesquisa desenvolvida na ESEFID da UFRGS

APENDICE C

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Domínios de intensidade de diferentes percentuais da velocidade média de 400 m nado crawl: análise de respostas fisiológicas e biomecânicas.

Estudante: Cristiano Cardoso de Matos

Orientador: Flávio Antônio de Souza Castro

CÓDIGO DO NADADOR:.....Data de nascimento:.....

Massa:.....Estatura:.....Envergadura:.....

	400 m	90% V400	92,5% V400	95% V400
DATA				
VN total				
[LA]				
VO ₂				
Cinética do VO ₂				
E _{total}				
FC				
EP				
DC				
FB				
VN				
Duração % da fase de entrada e apoio				
Duração % da fase de puxada				
Duração % da fase de empurrada				
Duração % da fase de saída da mão				
IdC				
T _{prop}				
FP				
VVIq				
TTE				
C				