

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

**Daniela Ongaratto**

**NATAÇÃO NO PARADESPORTO: PARÂMETROS FISIOLÓGICOS,  
CINEMÁTICOS E COORDENATIVOS EM TESTE DE 200 M NADO CRAWL**

**Porto Alegre, 2019**

**Daniela Ongaratto**

**NATAÇÃO NO PARADESPORTO: PARÂMETROS FISIOLÓGICOS,  
CINEMÁTICOS E COORDENATIVOS EM TESTE DE 200 M NADO CRAWL**

Dissertação de Mestrado 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. Orientação: Prof. Flávio Antônio de Souza Castro.

**Porto Alegre, 2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família pelo apoio, força e incentivo. Especialmente aos meus pais, Élio e Cláudia que contribuem e auxiliam muito na minha formação desde o início da minha jornada acadêmica.

Aos atletas, amigos e técnicos, que participaram da pesquisa.

À professora Adriana Marques Toigo pelo incentivo e parceria de sempre.

Ao meu orientador, professor Flávio Castro, que com muita competência, rigor científico, paciência e incentivo, auxiliou-me na realização deste trabalho.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa GPEA por toda a parceria e força. Um agradecimento especial ao Ricardo e Wellington pela paciência e ensinamentos.

A CAPES pelo apoio na realização desta pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado, cujo objetivo principal é descrever parâmetros fisiológicos, cinemáticos e coordenativos de nadadores do paradesporto com deficiência física realizando teste máximo de 200 m nado *crawl*, está organizada cinco em capítulos. Os Capítulos I, II, IV e V são relativos à, respectivamente, Introdução, Revisão da Literatura, Discussão Geral e Direções, todos gerais, já o Capítulo III possui dois artigos originais, desenvolvidos de acordo com o tema central desta pesquisa:

1. Consumo de oxigênio, contribuição energética metabólica total e custo energético de nadadores com deficiência física em teste máximo de 200 m nado *crawl* (em língua inglesa, submetido ao *European Journal of Human Movement*)
2. Teste máximo de 200 m nado *crawl* de nadadores com deficiências: cinemática, coordenação de nado e consumo de oxigênio (submetido à Revista Brasileira de Ciência e Movimento)

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o parecer no 2.180.001 (ANEXO I), e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO II), além de receberem todas as explicações de modo verbal, quando necessário, antes da realização de todos os protocolos aqui descritos.

## RESUMO

Esta dissertação possui o objetivo geral de descrever parâmetros fisiológicos, cinemáticos e coordenativos de nadadores com deficiência física em teste de 200 m nado crawl (T200). Foram realizados dois estudos. **Estudo I:** avaliar o consumo de oxigênio, a contribuição energética metabólica total e o custo energético. Participaram 11 atletas de natação com deficiência física, de ambos os sexos e voluntários (classes S5 a S10 do Comitê Paralímpico Internacional). Foram avaliados quanto à antropometria, parâmetros fisiológicos (pico de consumo de oxigênio -  $VO_{2\text{pico}}$ , percepção subjetiva ao esforço - PSE, concentração sanguínea de lactato - La, frequência cardíaca - FC, e contribuição energética), velocidade média de nado (VN) e custo energético (C). Foram utilizados: ergoespirômetro portátil com válvula específica para medida de consumo de oxigênio durante o nado. Amostras de sangue foram coletadas, antes do teste e após o mesmo para análise das concentrações de lactato por meio do lactímetro. O desempenho no T200 foi de  $210,2 \pm 48,1$  s com velocidade média de  $0,99 \pm 0,14$  m/s. Valores de  $VO_{2\text{pico}}$ , La, PSE e FC foram de  $39,7 \pm 8,9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $12,4 \pm 3,7$  mmol.l<sup>-1</sup>,  $16,8 \pm 2,1$  pontos e  $156 \pm 23$  bpm, respectivamente. A contribuição aeróbia foi 70,1%, anaeróbia láctica de 17,1% e anaeróbia aláctica de 12,8%. O custo energético foi de  $1,22 \pm 0,52$  kJ.m<sup>-1</sup>. Nadadores com menor comprometimento funcional obtiveram menor custo energético e apresentam melhor desempenho no teste de 200 m nado crawl. **Estudo II:** descrever a cinemática, a coordenação de nado e o consumo de oxigênio de nadadores com amputações e verificar como esses parâmetros se comportam em dois trechos (75-100 m) e (175-200 m do T200). Participaram seis nadadores, todos com amputações, de ambos os sexos. Foram obtidas medidas antropométricas e colocados 19 marcadores sobre regiões pré-determinadas do corpo para posterior digitalização. O teste foi gravado em vídeo digital por seis câmeras sincronizadas (60 Hz – quatro subaquáticas e duas externas). As imagens foram processadas (software APAS) e os vídeos analisados em três dimensões (3D). Dados cinemáticos (frequência de braçada, distância por ciclo de braçada, velocidade de nado) e coordenativos (índice de coordenação) foram obtidos. Durante o T200 o  $VO_{2\text{pico}}$  foi identificado. O desempenho dos nadadores avaliados foi de  $197,8 \pm 24,7$  s com velocidade média de  $0,98 \pm 0,02$  m/s<sup>-1</sup>. Em geral a coordenação adotada foi captura com consumo de oxigênio de pico de  $43,6 \pm 8,0$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. As variáveis cinemáticas e a coordenação não variaram entre os trechos analisados. Esta dissertação permitiu (I) entender de modo mais aprofundado e integrativo, as respostas em relação aos parâmetros fisiológicos, cinemáticos e coordenativos de nado em um teste de 200 m realizados em máxima intensidade em atletas paralímpicos, (II)  $VO_{2\text{pico}}$ , C, FC, PSE e La são dependentes das suas classes funcionais e (III) os atletas devem contemplar nos treinamentos não só aspectos fisiológicos que determinam a potência metabólica (rotas aeróbia e anaeróbia), mas também fatores que afetam o custo energético na natação. De acordo com variabilidade de funcionalidade dos atletas faz-se necessário conduzir estudos que levem em consideração a individualidade de cada atleta a fim de entender melhor o desempenho e identificar a necessidade a cada atleta.

Palavras-chaves: biomecânica, paralímpico, consumo de oxigênio, concentração de lactato, índice de coordenação.

## ABSTRACT

The general objective of this dissertation was to describe physiological, kinematic and coordinative parameters of swimmers with physical disability in 200 m front crawl test (T200). Two studies were carried out. **Study I:** to evaluate the oxygen uptake, the total metabolic energy contribution and the energy cost. Eleven athletes with physical disabilities, both sexes and volunteers, participated (classes S5 to S10 of the International Paralympic Committee). Anthropometry, physiological parameters (peak oxygen uptake -  $\text{VO}_2\text{peak}$ , perceived exertion - PE, blood lactate concentration - La, heart rate - HR, and energy contribution), mean swimming speed (VN) and energy cost (C) were assessed. A portable ergometer with specific valve to measure oxygen consumption during swimming was used. Blood samples were collected before and after the test for analysis of lactate concentrations by means of the lactometer. The performance in the T200 was  $210.2 \pm 48.1$  s with an average speed of  $0.99 \pm 0.014$  m.s<sup>-1</sup>. Values of  $\text{VO}_2\text{peak}$ , La, PE and HR were  $39.7 \pm 8.9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $12.4 \pm 3.7$  mmol.l<sup>-1</sup>,  $16.8 \pm 2.1$  points and  $156 \pm 23$  bpm, respectively. The aerobic contribution was 70.1%, lactic anaerobic of 17.1% and anaerobic alactic of 12.8%. The energy cost was  $1.22 \pm 0.52$  kJ.m<sup>-1</sup>. Swimmers with lower functional impairment obtained lower energy cost and showed better performance in the 200 m swim crawl test. **Study II:** to describe the kinematics, swimming coordination and oxygen uptake of swimmers with amputations and to verify how these parameters behave along the T200. Six amputee swimmers, both sexes participated. Anthropometric measurements were obtained and 19 markers were placed on predetermined regions of the body for posterior digitalization. The test was recorded in digital video by six synchronized cameras (60 Hz - four underwater and two external). The images were processed (APAS software) and videos were analyzed in three dimensions (3D). Kinematic data (stroke rate, stroke length, and swimming speed) and coordinate (index of coordination) data were obtained. During the T200 the  $\text{VO}_2\text{peak}$  was identified. The performance of the swimmers evaluated was  $197.8 \pm 24.7$  s with mean speed of  $0.98 \pm 0.02$  m.s<sup>-1</sup>. In general, the coordination was in capture with  $\text{VO}_2\text{peak}$  of  $43.6 \pm 8.0$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. The kinematic variables and the coordination did not vary along the T200. This dissertation allowed it (I) to understand in a depth and integrative way, the answers in relation to the physiological, kinematic and coordinative swimming parameters in a 200 m test performed in maximum intensity in paralimpical athletes, (II)  $\text{VO}_2\text{peak}$ , C, FC, PSE and La are dependent on their functional classes and (III) the athletes must contemplate in training not only physiological aspects that determine the metabolic power (aerobic and anaerobic routes), but also factors that affect the energy cost in swimming. According to the functionality variability of the athletes it is necessary to conduct studies that take into consideration the individuality of each athlete in order to better understand the performance and identify the need for each athlete.

Keywords: biomechanics, Paralympics, oxygen uptake, lactate concentration, index of coordination.

## LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

>	Maior
≥	Maior ou igual
Aer	Aeróbio
AnLa	Anaeróbio láctico
AnAla	Anaeróbio alático
C	Custo energético
Cm	Centímetros
DC	Distância média percorrida pelo corpo por ciclo de braçada
D de Cohen	Estatística para tamanho de efeito
Etot	Resultado da soma da energia fornecida pelas vias aeróbia, anaeróbia láctica e alática
IdC	Índice de coordenação de nado
IdCapt	Índice de coordenação de nado adaptado para amputados
IPC	<i>International Paralympic Committee</i>
FB	Frequência média de ciclos de braçadas
Hz	Hertz
La	Concentração de lactato sanguíneo
m	Metros, unidade de medida de distância linear
min	Minutos, unidade de medida de tempo
ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	Mililitro por quilograma por minuto
mmol.l <sup>-1</sup>	Milimol por litro
PSE	Percepção subjetiva de esforço
RER	Taxa respiratória de troca respiratória
S	Segundos, unidade de medida de tempo
S	<i>Swimming</i>
T200	Teste de 200 m nado crawl em máxima intensidade
VIV	Varição intracíclica da velocidade
VN	Velocidade média de nado
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio
VO <sub>2max</sub>	Consumo máximo de oxigênio
VO <sub>2pico</sub>	Pico de consumo de oxigênio
3D	Análise Tridimensional

## **LISTA DE FIGURAS**

### **Capítulo III – Artigo I**

Figure 1 - Physiological data collection set-up over the T200. ....	21
Figure 2 - Energy cost per sport class (n = 11). For a description of the sport classes see ( <i>International Paralympic Committee [IPC]. World Para Swimming: classification rules and regulations, 2017</i> ). ....	24

### **Capítulo III – Artigo II**

Figura 1- Desenho esquemático do posicionamento das câmeras para análises 3D e do espaço de calibração. ....	40
Figura 2- Nadador respirando no tubo para a captação de gases durante o nado. ....	43

### **Capítulo IV**

Figura 1 - Resumo dos achados da dissertação.....	50
---	----



## **LISTA DE EQUAÇÕES, QUADRO E TABELAS**

### **Capítulo II**

Quadro 1 - Classes funcionais da natação paralímpica (S1-S10) e respectivas características e critérios (IPC, 2015). .....	12
--	----

### **Capítulo III – Artigo I**

Equation 1 .....	22
Table 1 - Mean $\pm$ SD and mean confidence interval limits (95%) for peak VO <sub>2</sub> , LA, HR and RPE (n = 11). 23	
Table 2 - Mean $\pm$ SD and limits of mean confidence intervals (95%) for Etot and metabolic contributions in kW (n = 11). .....	24

### **Capítulo III – Artigo II**

Equação 1 .....	42
Tabela 1 - Média $\pm$ desvios padrão, limites dos intervalos de confiança da média (95%) e dados estatísticos para VN, FB, DC (n=6), IdC (n=5) e duração das fases da braçada dos momentos 1 e 2 (75-100 – 175- 200 m) do T200. ....	44

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....	5
CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA .....	9
4.1 Nado <i>crawl</i> .....	9
4.2 Natação paralímpica.....	10
4.3 Fisiologia na natação .....	12
4.4 Cinemática da natação .....	14
4.5 Coordenação de nado .....	15
CAPÍTULO III: ESTUDOS .....	17
ESTUDO 1: CONSUMO DE OXIGÊNIO, CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA METABÓLICA TOTAL E CUSTO ENERGÉTICO DE NADADORES COM DEFICIÊNCIA FÍSICA EM TESTE MÁXIMO DE 200 M NADO CRAWL .....	17
ESTUDO 2: TESTE MÁXIMO DE 200 M NADO CRAWL DE NADADORES COM AMPUTAÇÕES: CINEMÁTICA, COORDENAÇÃO DE NADO E CONSUMO DE OXIGÊNIO .....	33
CAPÍTULO IV: CONCLUSÕES FINAIS E LIMITAÇÕES .....	49
CAPÍTULO V: DIREÇÕES .....	52
REFERÊNCIAS GERAIS .....	53
ANEXO I PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP .....	60
ANEXO II TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	64

## CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O desempenho na natação competitiva está associado ao tempo em que o nadador leva para percorrer uma determinada distância sob regras específicas. Neste sentido, a natação, ao longo dos anos, vem despertando cada vez mais interesse de pesquisadores, em relação a fatores fisiológicos (SOUSA et al., 2014; SOUSA et al., 2013; SOUSA et al., 2012), biomecânicos (FERREIRA et al. 2015; FERREIRA et al., 2012; WILLIG et al., 2012; CAPUTO et al., 2000) e coordenativos de nado (APOLINÁRIO; FREUDENHEIM, 2016; SCHNITZLER; SEIFERT; CHOLLET, 2011; CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000). Esses parâmetros por sua vez, assumem um papel importante no desempenho do atleta em diferentes provas competitivas, pois para Figueiredo et al. (2013), estariam interligados.

Na natação, seja entre atletas de anatomia convencional, seja entre aqueles com alguma deficiência física, que competem no paradesporto (ou natação paralímpica), o desempenho está associado com a capacidade de coordenar movimentos corporais complexos para otimizar a propulsão e minimizar a resistência na água (OSBOROUGH; DALY; PAYTON, 2015). Tendo em vista que a morfologia dos atletas com deficiência física pode influenciar fortemente a forma de nadar (OSBOROUGH; PAYTON; DALY, 2010), adequações das técnicas de nado são esperadas, e essas modificações devem se refletir nos parâmetros de desempenho.

Nessa perspectiva, sabe-se que há desvantagens de atletas com amputação de um dos membros superiores como, por exemplo, amputação do segmento mão-antebraço, quando comparados com nadadores de anatomia convencional, em relação à propulsão gerada e ao equilíbrio corporal de nado (OSBOROUGH; PAYTON; DALY, 2010). Mão-antebraço são responsáveis por, aproximadamente, 85% do total da propulsão no nado crawl (TOUSSAINT; BEEK, 1992). O equilíbrio corporal, em relação à amputação, é muitas vezes afetado, resultando em maiores rotações corporal devido a regiões mais rígidas e pesado (PRINS; MURATA, 2008; TSUTSUMI et al., 2004). Assim, segundo Oh et al. (2013), quanto maior a deficiência física, maior é o arrasto. Assim, há dificuldade na manutenção da posição hidrodinâmica, o que contribui para maior fluxo turbulento em torno dos pontos no qual ocorre maior frequência das rotações do corpo, como por exemplo; ombro, quadril, joelho e tornozelo, e consequentemente, contribuindo para este aumento do arrasto (CHATARD et al., 1992).

Para obter-se êxito neste esporte, alguns autores defendem que o atleta busque aperfeiçoar a eficiência do nado bem como a capacidade de manter a mais alta fração do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) em exercício por um longo período de tempo (HECK et al., 1985) e, sobretudo, ser mais econômico durante uma prova. Desta forma é importante compreender os fatores relacionados ao desempenho a fim de melhorá-lo e assim, propiciar que nadadores do paradesporto (ou natação paralímpica) consigam atingir velocidades mais altas em provas competitivas (OSBOROUGH; PAYTON; DALY, 2009).

Tendo em vista que a prova de 200 m nado livre, normalmente realizada em nado *crawl*, apresenta condições desafiadoras para os nadadores devido às contribuições equilibradas entre os sistemas metabólicos aeróbios e anaeróbios (CASTRO; MOTA, 2010), este estudo, ao trazer mais informações a respeito da natação paralímpica, pode contribuir para os processos de treinamento que visam o desempenho nesta população. Toussaint (1990) relata que o que influencia, fortemente, o desempenho da natação está relacionado às demandas fisiológicas e à técnica de nado. Segundo Toussaint e Hollander (1994), grande parte da energia produzida pelo nadador é utilizada a fim de superar o arrasto, portanto para reduzir o arrasto e, ao mesmo tempo, gerar propulsão, o atleta precisa ter uma técnica eficiente e, sobretudo, suprir as demandas energéticas exigidas.

Dentre os aspectos fisiológicos, destaca-se o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), o qual representa a potência aeróbia dos nadadores (SOUSA et al., 2011) e este pode ser utilizado tanto para analisar o desempenho do atleta, quanto as respostas ao treinamento. Ainda, a fim de se obter um parâmetro de processo fisiológico relacionados ao esforço realizado, utiliza-se a percepção subjetiva de esforço (PSE), com forte relação com a intensidade do exercício (BORG 1982; CORSO; FIGUEIREDO, 2017), sendo um indicador importante para verificar os limites de tolerância ao esforço (SUZUKI et al. 2007), assim como a frequência cardíaca (FC), a concentração de lactato sanguíneo (La) (HOLFENDER; BROWN; BUBECK, 2013) e para completar, a energia metabólica total (Etot) que é o resultado da soma da energia fornecida pelas vias aeróbia, anaeróbia láctica e aláctica (DI PRAMPERO et al., 1978; BARBOSA et al., 2008; ZAMPARO; CAPELLI; PENDERGAST, 2011; RIBEIRO et al., 2015). Já o custo energético (C) é um importante preditor fisiomecânico do desempenho e pode ser obtido pela razão entre a Etot e a velocidade média de nado (VN) em uma distância determinada (DI PRAMPERO, 1986; BARBOSA et al., 2010). Além disso, Etot e o C são importantes

parâmetros relacionados à locomoção humana utilizados em avaliações do desempenho esportivo (SOUSA et al., 2013a; GONJO et al., 2018).

A maioria dos estudos referente à biomecânica da natação destaca a cinemática, especialmente a relação entre a frequência média de ciclos de braçadas (FB), a distância média percorrida pelo corpo por ciclo de braçada (DC) e desempenho (CRAIG; PENDERGAST, 1979). O produto entre FB e DC resulta na velocidade média de nado puro (VN - sem a influência de impulsos na borda) (HAY; GUIMARAES, 1983; CASTRO et al, 2005). Além disso, o Índice de Coordenação (IdC) é utilizado para mensurar a coordenação entre as ações dos membros superiores, identificado pelo tempo relativo das fases propulsivas e não propulsivas de cada braçada e expresso em percentual da duração média dos ciclos (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000). Por outro lado, o modelo deste índice para nadadores com amputação de membro superior é o adaptado (IdCadapt), o qual é obtido a partir de um ponto comum em ambos os membros superiores (OSBOROUGH; PAYTON, DALY, 2010).

Embora as contribuições metabólicas, cinemáticas e coordenativas estejam definidas na natação competitiva, essas determinações/relações na natação paralímpica ainda são inconclusivas. Além disso, a natação requer, cada vez mais, padrão altíssimo na técnica do nado, independente se nadadores convencionais ou com alguma deficiência (vinculados ao paradesporto). Tendo em vista que estudos na área da natação paradesportiva ainda são escassos, faz-se necessário compreender as variáveis (fisiológicas, cinemáticas e coordenativas) que influenciam o desempenho neste grupo.

Um teste de 200 m, distância que exige aporte energético considerável dos sistemas aeróbio e anaeróbio, é capaz de fornecer essas informações, considerando, também, que a grande maioria das provas de natação paralímpica é de, no máximo, até 200 m. Achados relativos à fisiologia, à cinemática e a coordenação do nado podem ser importantes ao fornecer informações relevantes para técnicos, atletas e pesquisadores a fim de melhorar o desempenho dos atletas de natação paradesportiva. Supõe-se que o determinante em relação ao desempenho nos 200 m está relacionado àqueles atletas que gastam menos energia tanto da rota metabólica aeróbia, quanto da anaeróbia (CASTRO e MOTA, 2010) e apresentem uma maior DC e um nado mais econômico. Deste modo, o **objetivo geral** desta dissertação é descrever parâmetros fisiológicos, cinemáticos e coordenativos de nadadores com deficiência física em teste de 200 m nado crawl (T200). Os **objetivos específicos** são (Artigo I): avaliar o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), a contribuição energética metabólica total (Etot) e o gasto energético (C) de nadadores

com deficiência física no T200 e (Artigo II) descrever a cinemática, a coordenação e o consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ) de nadadores com amputações e verificar como esses parâmetros se comportam em dois trechos do T200.

## CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão abordados os seguintes temas: (1) nado *crawl*, (2) natação paralímpica, (3) fisiologia na natação, (4) cinemática na natação e (5) coordenação de nado.

### 4.1 Nado *crawl*

O nado *crawl* é caracterizado por movimentos alternados de membros superiores (duas braçadas completas = ciclo de braçadas) e dos membros inferiores, sendo que esta harmonia dos movimentos exige que o corpo esteja em decúbito ventral, associado com o movimento de rolamento do corpo, que se dá ao longo do eixo longitudinal, permitindo assim, que o corpo se mantenha alinhado no momento da respiração lateral - realizada pelo nadador. Tais movimentos devem ser realizados de modo que não haja interferência no alinhamento do corpo, que, pode, muitas vezes, influenciar no custo energético, incrementando ou reduzindo-o (CHOLLET, 2000), assim, a natação é altamente dependente da habilidade técnica do nadador.

De modo geral, para um corpo de anatomia convencional, a braçada do nado *crawl* pode ser dividida em duas grandes fases: aérea e aquática. A fase aérea é uma fase não propulsiva, recuperativa, que permite posicionar o membro superior para uma nova fase aquática. Esta pode ser dividida em três: (i) entrada e apoio (não-propulsiva), quando a mão entra na água e é posicionada à frente do ombro com extensão de cotovelo; (ii) puxada (propulsiva): quando a mão é orientada em direção à linha média do corpo, esta fase finaliza quando a mão estiver imediatamente abaixo do ombro; e (iii) empurrada (propulsiva): definida entre a mão abaixo do ombro até sua liberação da água ao lado da coxa do nadador (FRANKEN et al., 2016). Já os movimentos de pernas, alternados e simétricos, ocorrem em duas fases: descendente (fase propulsiva) e ascendente (não-propulsiva). Participam dos movimentos de membros inferiores das articulações coxofemoral, joelho e tornozelo, em movimentos de alta frequência e baixa amplitude (MAGLISCHO, 2010). O rolamento do corpo, em resposta à alternância das braçadas, ocorre ao longo do eixo longitudinal do corpo e permite: (i) melhor posicionamento dos membros superiores para a propulsão, (ii) melhor alinhamento do corpo na água, reduzindo o arrasto e (iii) movimentos cervicais de pequena amplitude para a respiração (CASTRO; VILAS-BOAS; GUIMARÃES, 2006).

## 4.2 Natação paralímpica

A natação faz parte do cenário Paralímpico desde a sua criação, com os primeiros Jogos Paralímpicos tendo ocorridos em Roma, em 1960. De acordo com os dados do Comitê Paralímpico Brasileiro (CPB, 2018) participaram dos primeiros Jogos Paralímpicos cerca de 400 atletas. Já nos Jogos do Rio, em 2016, foram 4 mil atletas de 176 países. A princípio, do evento participavam apenas atletas com lesão medular. Nos anos seguintes, a participação se estendeu a outras categorias de deficiências, tanto físicas quanto intelectuais. No evento dos Jogos Paralímpicos de Verão realizado em Stoke-Mandeville, em 1984, o Brasil ganhou forças conquistando uma medalha de ouro, cinco de prata e uma de bronze.

Na natação, as técnicas dos nados utilizadas nas competições paralímpicas são as mesmas da natação convencional com provas dos nados livre, costas, peito, borboleta e *medley*. Assim como as regras aplicadas são as mesmas estabelecidas pela FINA (Federação Internacional de Natação), tendo algumas adaptações para os atletas, dependendo da deficiência: as saídas sendo dentro da água, sentados ou ao lado do bloco, viradas e chegadas e as orientações para os atletas com deficiência visual (estes recebem um aviso do *tapper*, por meio de um bastão com ponta de espuma quando estão se aproximando das bordas) (CPB, 2018).

As competições são divididas em categorias masculina e feminina, respeitando as deficiências apresentadas pelos nadadores, e podem ser disputadas de forma individual ou em equipes de revezamento.

Provas destacadas a seguir:

- \* 50 m (livre, peito, costas e borboleta);
- \* 100 m (livre, peito, costas e borboleta);
- \* 150 m (medley – três estilos);
- \* 200 m (livre e medley – quatro estilos);
- \* 400 m (livre);
- \* Revezamento 4×50 m (livre e medley) ;
- \* Revezamento 4×100 m (livre e medley).

A fim de buscar maior equilíbrio nas competições entre nadadores com deficiência, o IPC (*International Paralympic Committee*) estabelece classificação dos nadadores a partir do potencial residual físico individual. Para tanto, a classificação funcional é um fator importante para garantir tanto a elegibilidade, quanto condições de



igualdade competitiva. Deste modo há divisões de acordo com o comprometimento das funções dentro de cada categoria, minimizando assim, injustiças no cenário paralímpico (BURKETT et al. 2018). A natação paralímpica é dividida da seguinte maneira: 10 classes para nadadores paralímpicos com deficiência física; três classes para a deficiência visual; e uma classe para a deficiência intelectual (IPC 2015).

Segundo os critérios do IPC 2015, para ter direito a participar das competições, os nadadores com deficiência físico-motora devem apresentar as seguintes características: (i) comprometimento da potência muscular nos membros ou na metade inferior do corpo como, por exemplo, espinha bífida, lesões da medula espinhal entre outros; (ii) deficiência dos membros tal como amputação, assim como diferença no comprimento das pernas entre outras. Detalhadamente a classificação funcional de atletas de natação com deficiência físico-motora esta descrita no Quadro 1 (IPC, 2015).

**Quadro 1** - Classes funcionais da natação paralímpica (S1-S10) e respectivas características e critérios (IPC, 2015).

Classificação	Características/critérios
S1	Nadadores nesta classe esportiva sofrem uma perda significativa de força muscular ou controle nas pernas, braços e mãos. Alguns atletas também têm controle de tronco limitado. Isso pode ser causado pela tetraplegia. Nadadores nesta classe geralmente usam uma cadeira de rodas na vida diária.
S2	Nadadores nesta classe esportiva contam principalmente com os braços para nadar. Sua mão, tronco e função da perna são limitadas por problemas de tetraplegia ou de coordenação.
S3	Esta classe esportiva inclui atletas com amputação de braços e pernas. Nadadores com razoável lesão nos braços, mas que não utilizam pernas ou tronco e nadadores com graves problemas de coordenação em todos os membros.
S4	Os nadadores que podem usar seus braços e têm uma função parcial em suas mãos, mas que não podem usar o tronco ou as pernas e atletas com amputação de três membros.
S5	Nadadores com baixa estatura e uma deficiência adicional, com a perda de controle sobre um dos lados do seu corpo (hemiplegia) ou com paraplegia.
S6	Nadadores com baixa estatura ou amputações de ambos os braços, ou problemas moderados de coordenação em um lado de seu corpo.
S7	Atletas com uma perna e uma amputação do braço em lados opostos, ou uma paralisia de um braço e uma perna do mesmo lado. E, nadadores com controle total sobre os braços e tronco e alguma função de perna.
S8	Os nadadores que têm uma amputação de um braço. E, atletas com restrições significativas entre quadril, joelho e tornozelo.
S9	Os atletas com restrições conjuntas em uma perna ou com duplas amputações abaixo do joelho.
S10	Nadadores com deficiências físicas mínimas. Estes incluem a perda de um lado ou uma restrição de movimento em uma articulação do quadril.

S = *Swimming*.

#### 4.3 Fisiologia na natação

Parâmetros fisiológicos relacionados ao desempenho e às respostas ao treinamento em natação têm sido extensivamente reportados, sendo estes os mais citados: consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) (COSTILL *et al.*, 1985), concentração de lactato (La) (HOLFELDER, BROWN & BUBECK, 2013), frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE) (FRANKEN; ZACCA; CASTRO, 2011) e o custo energético (C) (DI PRAMPERO, 1986; BARBOSA *et al.*, 2010). Em relação a nadadores paralímpicos, estudo de Junior *et al.* (2017) teve como objetivo realizar caracterização fisiológica de nadadores com deficiência motora em diferentes intensidades de nado. Treze nadadores com deficiência motora e classificados, de acordo com o Comitê Paralímpico Internacional (IPC), nas seguintes classes funcionais: S6 (n = 1), S7 (n = 1), S8 (n = 4), S9 (n = 6) e S10 (n = 1) foram avaliados. Os autores

(JUNIOR et al., 2017) sugerem que nadadores com deficiência física têm dificuldade de manter esforço aeróbio máximo, assim, no estudo, nadadores apresentaram valores de consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) menores do que nadadores sem deficiência. Este resultado pode ser explicado pelo menor volume muscular de atletas com deficiências.

Em relação à La, no estudo de Junior et al. (2017), em todas as classes a concentração aumentou em resposta ao incremento da velocidade de nado, com valores máximos ao final do teste incremental entre 5 e 9 mmol.l<sup>-1</sup>, valores menores quando em comparação a nadadores sem deficiência em protocolos semelhantes. Vale ressaltar que a massa corporal entre nadadores com amputação de mão e de membro inferior acima do joelho é menor em comparação a atletas sem deficiências, assim o acúmulo de lactato parece depender da musculatura envolvida no exercício (OHKUMA & ITOH, 1982).

No estudo de Junior et al. (2017), a FC respondeu linearmente com o aumento dos parâmetros metabólicos e ventilatórios ao longo das diferentes intensidades de nado. Neste sentido, o  $VO_{2max}$  e a La respondem de modo diferenciado em nadadores com deficiência, porém também estão relacionados ao desempenho. Neste mesmo estudo de Junior et al. (2017), foi constatado que nadadores da mesma classe apresentam deficiências e potenciais funcionais distintos. Bentley et al. (2002) realizaram teste incremental de natação cujo objetivo era de comparar a La e a FC medidas durante o teste entre nadadores de elite com perda na mobilidade em membro inferior e com perda total na mobilidade (n= 6 e n= 5, respectivamente). La e FC não apresentaram diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) entre os grupos. Porém apresentaram menores valores quando comparados a nadadores de anatomia convencional, reforçando o efeito da anatomia sobre as respostas fisiológicas, mesmo em mesmas intensidades.

Para Pendergast et al. (2005) e Zamparo et al. (2009), nadadores com deficiência física apresentam grandes dificuldades na manutenção do equilíbrio corporal, o que influencia a posição hidrodinâmica, aumentando o arrasto, resultando em um maior esforço para manter o padrão respiratório, assim como o alinhamento corporal e, conseqüentemente, a velocidade de nado. Deste modo, a variação do custo energético depende da habilidade técnica, sexo, posição hidrodinâmica e eficiência propulsiva (ZAMPARO; CAPELLI; PENDERGAST, 2011). Tendo em vista que, o C é determinado pela quantidade de energia metabólica gasta em transportar a massa corporal de um sujeito por unidade de distância em uma determinada velocidade

(CHATARD; LAVOIE; LACOUR, 1990). Deste modo, há grande variabilidade de desempenho em uma mesma classe funcional e diferentes respostas fisiológicas são esperadas também dentro de uma mesma classe funcional.

#### 4.4 Cinemática da natação

Para poder compreender as variáveis mecânicas que podem influenciar o nado, utilizam-se conceitos da cinemática, a qual estuda o movimento a partir da posição, do tempo e suas derivadas tais como: a velocidade e aceleração. Por meio de videogrametria bidimensional e tridimensional (subaquática e/ou externa) é possível descrever e quantificar todos os movimentos realizados durante o nado. Em natação, as variáveis que são mais investigadas são a frequência média do ciclo de braçada (FB, em Hz ou  $\text{ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e a distância média percorrida durante o ciclo de braçada (DC, em m). O produto entre FB e DC determina a velocidade média de nado (VN, em  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) do nadador, sem o efeito de saídas e viradas (CRAIG e PENDERGAST, 1979).

FB e DC apresentam relação inversa: quando uma aumenta a outra diminui. O produto entre as duas é a VN. Agudamente, a VN é aumentada por incremento de FB, porém, em resposta a treinamento, a VN pode aumentar por diversas combinações entre as variações de FB e DC. Teoricamente, ao passo que um nadador treina e melhora capacidades fisiológicas e técnicas, a DC aumenta, propiciando maior VN em nado mais técnico (CASTRO et al., 2005).

No estudo de Junior et al (2017), a fim de caracterizar os parâmetros biomecânicos na técnica do nado crawl, nadadores com deficiência motora das classes funcionais entre S6 e S9 realizaram protocolo incremental de 6 x 200 m (30 s de intervalo entre as repetições). A VN foi mensurada entre os 100 e 175 m. Encontraram DC de  $1,75 \pm 0,27$  m e FB de  $0,47 \pm 0,11$  Hz. Ao longo das repetições de 200 m e em cada repetição de 200 m, a DC diminuiu e a FB aumentou, porém com aumento da VN nas repetições e manutenção a cada repetição. Verificou-se estabilização para variação intracíclica da velocidade (VIV) de  $0,27 \pm 0,14\%$  ao longo das séries. De acordo com os autores, para se adaptarem ao incremento da velocidade, nadadores alteram a técnica de nado, representada pelas mudanças em DC e FB.

Junior et al. (2017) supõem que há um aumento no esforço para manter a hidrodinâmica para atingir maiores velocidades em nadadores com amputação de membro inferior, entretanto, nadadores com amputação de membro superior, necessitam

compensar a falta do segmento propulsivo (PRINS; MURATA, 2008) e por consequência disso, utilizam mais a FB para aumentar a VN (OSBOROUGH et al., 2009).

De acordo com o comportamento no desempenho ao longo da prova de 50 metros de uma nadadora com amputação de membro superior direito, como má formação congênita apresentando alterações nos membros superiores em relação ao comprimento dos braços, antebraços e mãos e sendo classificada com S9, foi observado um decréscimo na velocidade ao longo da prova com valor superior entre os 15 e os 25 m ( $1.35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), reduzindo-se 12% no segundo trecho da análise sendo os 25-35m e 4% no terceiro dos 35-45m. Para os valores de DC apresentou uma redução do primeiro trecho para o segundo (1,89 e 1,78 m, respectivamente) e para o terceiro trecho mantendo-se quase inalterada (1,79 m), já a FB diminuiu progressivamente ao longo da prova (0,71, 0,68 e 0,64 Hz) (WILLIG et al., 2012).

Em relação ao membro superior com deficiência, este apresentou menor duração percentual nas fases propulsivas em comparação ao membro sem deficiência, enquanto que durante as fases não propulsivas (entrada e recuperação) a duração foi menor para o membro superior sem deficiência (WILLIG et al., 2012). Verificou-se também que a VIV apresentou redução, assim como um modelo de coordenação entre os membros superiores em captura embora com uma assimetria para o lado esquerdo. Para velocidades elevadas, os nadadores com amputação unilateral de membro superior (classe S8 e S9) utilizam a FB para conseguirem aumentar a velocidade de nado, devido à necessidade de compensarem a falta de segmentos propulsivos.

O estudo de Marques, Corredeira e Fernandes (2013), cujo objetivo era caracterizar a biomecânica e bioenergética de um nadador com deficiência motora, avaliou um indivíduo com má formação congênita (amputação) no membro superior esquerdo utilizou protocolo incremental. Este separou as frequências entre membro afetado e não afetado e indicou valores médios de FB no membro não afetado de  $40,8 \pm 4,2 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$  e no membro afetado de  $39,6 \pm 3,6 \text{ ciclo}\cdot\text{min}^{-1}$ . DC foi de  $1,85 \pm 0,12 \text{ m}$ .

#### 4.5 Coordenação de nado

Para avaliar a coordenação de nado, Chollet, Chaliés e Chatard (2000) propuseram a classificação dos modelos de coordenação a partir da divisão da braçada em quatro

fases para cada um dos braços, sendo duas destacadas como propulsivas (puxada e empurrada – submersas) e as outras duas como não propulsivas (recuperação e entrada até apoio) (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000). Assim, no nado crawl, a coordenação dos braços pode ser descrita a partir de três modelos, sendo estes, (i) modelo de oposição, o qual um dos braços inicia a puxada enquanto o outro finaliza a fase de empurrada, resultando assim, numa série contínua de ações de propulsão ( $IdC = 0$ ); (ii) modelo de captura, este possui um atraso de tempo entre as fases de propulsão dos dois braços ( $IdC < 0$ ) e o (iii) modelo de sobreposição, caracterizado com o início da fase de puxada que ocorre em um dos braços antes da fase de empurrada do outro braço terminar, ou seja, neste modelo ocorre uma sobreposição, em maior ou menor grau das fases de propulsão ( $IdC > 0$ ) (CHOLLET; CHALIES, CHATARD, 2000).

O Índice de Coordenação ( $IdC$ ) possibilita identificar, de modo quantitativo o modelo de coordenação adotado pelo nadador (CHOLLET; CHALIES, CHATARD, 2000). Este índice é o tempo que separa o início da fase de propulsão de um braço e o final da fase de propulsão do outro braço. O  $IdC$  é calculado por meio do tempo de atraso (diferença) do início da ação propulsiva de uma braçada e o fim da ação propulsiva da outra braçada. O modelo deste índice para nadadores com amputação de membro superior é o adaptado ( $IdCadapt$ ), o qual é obtido a partir de um ponto comum em ambos os braços (OSBOROUGH; PAYTON; DALY, 2010).

Estudo de Willig, Fernandes e Figueiredo (2012), o qual avaliou uma atleta com deficiência física unilateral de membro superior, objetivou caracterizar aspectos biomecânicos na prova de 50 m livre. Identificaram que houve diminuição na VN e na FB ao longo dos 50 m. A coordenação entre os membros superiores foi caracterizada em captura mesmo tendo uma assimetria para o lado esquerdo. Estes resultados corroboram com os de Osborough, Payton e Daly (2009). Cabe destacar os poucos estudos a respeito do desempenho de nadadores paralímpicos, seja do ponto de vista fisiológico, seja biomecânico. Deste modo, o presente projeto pretende contribuir com treinadores, professores, atletas e pesquisadores da área com dados e informações que permitam melhor compreender o desempenho sob ótica quantitativa.

### **CAPÍTULO III: ESTUDOS**

#### **ESTUDO 1: CONSUMO DE OXIGÊNIO, CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA METABÓLICA TOTAL E CUSTO ENERGÉTICO DE NADADORES COM DEFICIÊNCIA FÍSICA EM TESTE MÁXIMO DE 200 M NADO CRAWL**

##### **Oxygen uptake, total metabolic energy contribution and energy cost of swimmers with physical impairments in a maximal test of 200 m front crawl**

###### **Abstract**

The aim of this study was to assess the oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ), total metabolic energetic contribution ( $E_{\text{tot}}$ ) and energy cost ( $C$ ) of swimmers with physical impairments in a 200 m front crawl maximal test (T200). Eleven swimmers (age:  $32.3 \pm 12.3$  years) with physical impairments performed a T200 m with the use of a snorkel and respiratory valve system. Measurements were performed for  $\text{VO}_2$ , heart rate (HR), rate of perceived exertion (RPE) and blood lactate concentration (LA). The  $\text{VO}_2$  was measured breath-by-breath with a portable gas analyser and its peak value ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ) identified. Mean swimming speed, as well as  $E_{\text{tot}}$  and  $C$  were calculated. The performance in the T200 was  $210.2 \pm 48.1$  s with an average speed of  $0.99 \pm 0.14$  m/s. Values of  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , La, RPE and HR were  $39.7 \pm 8.9 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $12.4 \pm 3.7 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ,  $16.8 \pm 2.1$  and  $156 \pm 23$  bpm, respectively. The aerobic, anaerobic lactic and anaerobic alactic contributions were 70.1%, 17.1% and 12.8%, respectively. The  $C$  was  $1.22 \pm 0.52 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-1}$ . Swimmers with lower functional impairment showed lower  $C$  and higher T200 performance.

**Keywords:** physiological profile, evaluation, Paralympic, maximal oxygen uptake.

## Introduction

In competitive swimming, performance is associated with swimming a certain distance in the shortest possible time (Chatard, Lavoie, & Lacour, 1991). Among the parameters that influence or determine performance, physiological ones have a fundamental role in relation to (i) aerobic power, (ii) total metabolic energy contribution ( $E_{tot}$ ) and (iii) the energy cost ( $C$ ) of a given effort (Rodríguez & Mader, 2011; Koenig, Jarczok, Wasner, Hillecke, & Thayer, 2014; Pelarigo, Machado, Fernandes, Greco, & Vilas-Boas, 2017). Specifically, in maximal tests of 200 m, the intensity and duration of effort represent a challenge for coaches and swimmers to balance swimming speed with the ability to use different energy sources (aerobic and anaerobic) with lower energy cost (Barbosa, Fernandes, Keskinen, & Vilas-Boas, 2008; Figueiredo, Rouard, Vilas-Boas, & Fernandes, 2013). In the case of swimmers with physical impairments, physiological parameters are still little explored, and their monitoring may allow a better understanding of performance.

Monitoring oxygen uptake ( $VO_2$ ) along with swimming speed ( $SS$ ) values can contribute to comprehension of the ability of swimmers to withstand high effort intensities (Keskinen, Keskinen, & Mero, 2007; Barbosa et al., 2010; Pelarigo et al., 2017). In the 200 m maximal time trial test, it is possible to identify peak oxygen uptake ( $VO_{2peak}$ ) from the highest value obtained in the test (Sousa et al., 2011). Some studies have shown that  $VO_{2peak}$  represents a viable option for monitoring aerobic power (Billat et al., 1996; Sousa et al., 2010; Zacca et al., 2017). Blood lactate concentration ( $La$ ), heart rate ( $HR$ ) and rate of perceived exertion ( $RPE$ ) are also frequently monitored and can be assessed in response to maximal and submaximal tests (Koenig et al., 2014; Pelarigo et al., 2017). In addition,  $E_{tot}$  is the result of the sum of energy supplied by the aerobic, anaerobic lactic and alatic pathways (di Prampero, Pendergast, Wilson, & Rennie, 1978; Barbosa et al., 2008; Zamparo, Capelli, & Pendergast, 2011; Ribeiro et al., 2015). In turn,  $C$  is a bioenergetic predictor of performance and can be obtained from the ratio of  $E_{tot}$  and  $SS$  at a given distance (di Prampero, 1986; Barbosa et al., 2010).  $E_{tot}$  and  $C$  are physiological parameters related to human locomotion used in sport performance assessments (Sousa, Figueiredo, Zamparo, Vilas-Boas, & Fernandes, 2013; Gonjo et al., 2018).

The distance of 200 m, performed in the front crawl, is one of the largest distances in which almost all sport classes of Paralympic swimmers can compete. Due to its duration, and the balance of energy supply between aerobic and anaerobic pathways, it



is a challenging event/test (Figueiredo, Pendergast, Vilas-Boas, & Fernandes, 2013). Thus, the assessment of physiological responses to this test becomes very important for swimmers and coaches in order to design training strategies in search of better results. Specifically, for swimmers with physical impairments, some studies have addressed the relationship between physical impairment and  $\text{VO}_2$  in intermittent incremental tests (de Souza et al., 2016; Rodrigues Junior, De Jesus, Corredeira, Daly, & Fernandes, 2016). Recently, a study assessed maximal oxygen uptake ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ),  $\text{Etot}$  and  $C$  measured as the speed of  $\text{VO}_{2\text{max}}$  in swimmers with physical impairments (Feitosa, Barbosa, Correia, & Castro, 2019). There is a gap in the literature regarding the monitoring of the physiological parameters of  $\text{VO}_2$ ,  $\text{Etot}$  and  $C$  in a maximal 200 m test with swimmers with impairments.

Swimmers with physical impairments who participate in competitions organized by the International Paralympic Committee are previously classified according to their functional characteristics in sport classes (S for swimming, S1 to S10, from the highest to the lowest impact to develop specific sports swimming tasks) (WPS, 2018). Different sport classes may reveal swimmers characteristics with different functions. Thus, the functional characteristic of each swimmer in each sport class is probably the factor that most interferes in the physiological responses to effort. There is difficulty in maintaining a hydrodynamic position and it is common to observe swimmers with physical deficiency in deeper positions of the body in the water, which implies greater propulsion force to overcome the drag (Capelli et al, 1995), causing an increase in both  $\text{VO}_2$  (Chatard et al, 1992) and  $\text{La}$  and there is a compromise of the physiological system in response to effort in athletes with little mobility, especially in the lower limbs, reflecting the reduction of blood flow (Bentley et al, 2002). Therefore, the aim of this study was to assess the oxygen uptake, total metabolic energy contribution and energy cost of swimmers with physical impairments in a 200 m maximal front crawl test (T200). It is expected that swimmers with physical impairments that impact less on their ability to develop specific sports swimming tasks, i.e. those in higher sport classes, demonstrate higher  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  values, lower  $C$  and better performance (shorter time in T200), due to their functional characteristics.

## **Methods**

### **Participants**

Eleven volunteers swimmers of both sexes with physical impairments participated in this study (age:  $32.3 \pm 1.23$  years; height:  $173 \pm 9$  cm; upper arm span  $166 \pm 0.20$  cm; total body mass:  $67.4 \pm 9.9$  kg) with previous experience in the modality of  $6.3 \pm 3.7$  years of training. All trained for competition at the regional, national and international levels. Participants included swimmers from sports classes S5 to S10 of the International Paralympic Committee (IPC, 2015). The participants were in the following sports classes: S5 (n = 2; one athlete with multi-system atrophy and one with paraplegia caused by a thoracic-lumbar lesion between t11 and t12); S7 (n = 1; spinal cord lesion in the thoracic-lumbar region between t11 and t12); S8 (n = 2; one with spinal cord injury in the thoracic-lumbar region between t11 and t12 and one with amputation close to the right shoulder); S9 (n = 5; one with amputation of the forearm, three with transfemoral amputation and one with congenital crooked feet and little mobility of the ankles) and S10 (n = 1; transtibial amputation). All participants were classified, in their respective sports classes, in the last 2 months before data collection. All participants gave written consent to participate in the research. The study was approved by the Local Research Ethics Committee (No. 2.274.037) and was in accordance with the Declaration of Helsinki.

### ***Anthropometric assessment***

All anthropometric measurements were taken before the pool test. Body mass measurements (kg) were obtained: with swimming clothes and barefoot; height (cm): in the upright position, with feet together and close to the stadiometer and upper limbs beside the trunk in a relaxed manner, the head adjusted after a deep breath, according to the Frankfurt plan (ISAK, 2001); and upper arm span (cm): lying on a mattress in the dorsal decubitus position on the ground, shoulders abducted at  $90^\circ$ . For upper arm span, the maximum distance between the distal extremities of the upper limbs was obtained.

### ***Experimental design***

Familiarization: In order to familiarize participants with the test equipment, they used a conventional snorkel along with a nose clip during six to ten regular training sessions. In these sessions, the participants performed simple turns and reported the intensities performed from the table of subjective perception of effort of 15 Borg points (Borg, 1998). The protocol was a maximal repetition of 200 m front crawl (T200). The participants were instructed, 24 hours before the test, not to perform any physical activity, and to abstain from drinking caffeine and alcohol. Before the T200, the athletes performed a standardized warm-up of 600 m, 200 m performed with light to moderate

intensity, 200 m with conventional snorkel and the use of the nose clip and 200 m with the test snorkel (Aquatrainer, Cosmed, Italy) connected to the gas analyser (K5, Cosmed, Italy).

The swimmers executed the T200 individually and (i) started in the water, (ii) performed simple turns, always to the same side, without underwater sliding and (iii) swam without performing rotational movements during breathing, due to the use of a snorkel. During the test, the time in seconds from the beginning to the end of the test (performance) was recorded by a manual stopwatch (CASIO HS-30W). All experimental tests were performed by all athletes under the same environmental conditions, in a 25 m indoor heated pool with a water temperature of approximately 29°C.

### ***Data collection and analysis***

Before the T200, resting data for oxygen uptake ( $VO_{2rest}$ ), lactate ( $La_{rest}$ ), HR, RPE and respiratory exchange rate (RER) were obtained after the participant remained for 10 minutes lying on a mattress. The T200 only started when the RER was close to 0.8. During the T200 the collection of  $VO_2$  and RER was performed by continuous collection of breath-by-breath expired gases. Before the start of the collections, the ergospirometer was calibrated according to the manufacturer's instructions (K5, Cosmed, Italy). After calibration, the snorkel was connected to the athlete by a tube for gas uptake during swimming (Figure 1). The entire apparatus was suspended at a height of 2 m from the surface of the water by means of carabiners and a steel cable with pulleys, thus enabling the observer to follow the swimmer along the pool, minimizing disturbance of the swimmer's movements (Sousa, Jesus, Figueiredo, Vilas-Boas, & Fernandes, 2013).

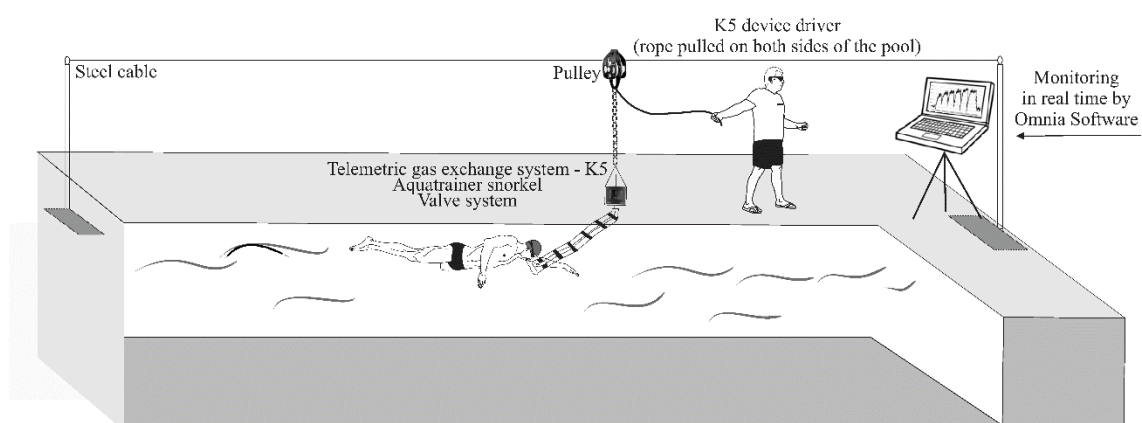


Figure 1 - Physiological data collection set-up over the T200.

Heart rate was monitored during the test from a heart rate monitor (Polar M600, Polar Electro Oy, FI-90440 Kempele, Finland). The La and RPE were measured at the end and after 1, 3, 5 and 7 minutes after the test. La measurements were performed with a portable lactometer (Accutrend, Roche, Switzerland) with a drop of blood taken from the swimmer's index finger tip and RPE was verified with the Borg 15-point scale (Borg, 1998).

The oxygen uptake values were manually filtered using  $\text{mean} \pm 4 \cdot \text{dp}$  (Ozyener, Rossiter, Ward, & Whipp, 2001; de Jesus et al., 2014) in order to minimise gas capture noise that does not represent physiological data. In the analyses, the moving average of five breaths was used (Fernandes et al., 2012). Afterwards, peak oxygen uptake ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ) was considered the highest value of  $\text{VO}_2$  obtained during the test (Ribeiro et al., 2016). The average swimming speed of the T200 was calculated as the quotient between 200 m and the time in seconds taken to perform the T200. The proportions of aerobic and anaerobic metabolism during the T200 were calculated from the equation of total energy expenditure (di Prampero, 1986; Capelli, Pendergast, & Termin, 1998; Figueiredo, Zamparo, Sousa, Vilas-Boas, & Fernandes, 2011), Equation 1:

$$E_{\text{tot}} = \text{VO}_2 + \beta \text{La}_b + \text{PCr}(1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{Equation 1}$$

where  $E_{\text{tot}}$  is the total energy expenditure of T200;  $\text{VO}_2$  was calculated from the time integral of the net value between  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  and  $\text{VO}_{2\text{rest}}$  as the aerobic contribution (Aer, kJ).  $\beta \text{La}_b$  is the difference between the post-test lactate and the  $\text{La}_{\text{rest}}$  multiplied by 2.7 ml  $\text{O}_2 \cdot \text{mM}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , and then by total body mass (kg) as anaerobic lactic contribution (AnLa, kJ). PCr (phosphocreatine) is the anaerobic alactic pathway contribution (AnAla, kJ) corresponding to a time constant of 23.4 s (Binzoni, Ferretti, Schenker, & Cerretelli, 1992).

AnAla was estimated by the phosphocreatine concentration decreased by 18.55  $\text{mM} \cdot \text{kg}^{-1}$  (net weight of activated muscle mass during the test, assuming 30% of activated muscle mass) (Capelli et al., 1998; Zamparo et al., 2011). Both Aer and AnLa were expressed in kJ, assuming an energy equivalent of 20.9  $\text{kJ} \cdot \text{l} \cdot \text{O}_2^{-1}$ . Finally, C was calculated as the ratio between  $E_{\text{tot}}$  and the mean speed of T200 (di Prampero, 1986).

### ***Statistical analyses***

All statistical analyses were performed using the software IBM SPSS Statistics (version 25.0 for Windows, IBM Corp; Armonk, NY, USA). The Shapiro-Wilk test for normality and Levene's test for homoscedasticity were applied. The sample data were described using the mean  $\pm$  standard deviation (SD) and mean confidence interval limits (95%) for all variables in this study. Student's *t*-test was applied for dependent data and ANOVA repeated measurements, with Bonferroni post hoc analysis and calculation of the effect size using  $\eta^2$ . If necessary and indicated by the degrees of freedom of the F test, Greenhouse-Geisser's Epsilon correction factor was applied. An alpha of 0.05 was assumed.

## Results

The mean performance in the T200 was  $210.27 \text{ s} \pm 48.09$ . By sport class, the performance at T200 was  $280.2 \text{ s} \pm 43.27 \text{ s}$  for sport class S5 ( $n = 2$ ),  $207.6 \text{ s}$  for sport class S7 ( $n = 1$ ),  $225.9 \text{ s} \pm 52.1$  for sport class S8 ( $n = 2$ ),  $177.7 \text{ s} \pm 27.0$  for sport class S9 ( $n = 5$ ) and  $204.6 \text{ s}$  for sport class S10 ( $n = 1$ ). At rest,  $\text{VO}_{2\text{rest}} = 6.13 \pm 3.15 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $\text{HR} = 73 \pm 9 \text{ bpm}$ ,  $\text{RPE} = 6.8 \pm 1.4$  and  $\text{La}_{\text{rest}} = 2.1 \pm 0.7 \text{ (mmol.l}^{-1}\text{)}$  were found. Three athletes reached La peak ( $\text{La}_{\text{peak}}$ ) immediately after the T200, five athletes in 1 minute and three at 3 minutes after the test. The mean speed in the T200 was  $0.99 \pm 0.14 \text{ m.s}^{-1}$ . Table 1 shows the results of  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), peak HR (bpm), peak RPE and  $\text{La}_{\text{peak}}$  ( $\text{mmol.l}^{-1}$ ).

Table 1 - Mean  $\pm$  SD and mean confidence interval limits (95%) for peak  $\text{VO}_2$ , LA, HR and RPE ( $n = 11$ ).

	Mean $\pm$ SD	95% Confidence Interval
$\text{VO}_{2\text{peak}}$ ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )	$39.7 \pm 8.9$	33.6–44.7
$\text{La}_{\text{peak}}$ ( $\text{mmol.l}^{-1}$ )	$12.4 \pm 3.7$	9.9–14.0
$\text{HR}_{\text{peak}}$ (bpm)	$156 \pm 23$	140–171
RPE (points)	$16.8 \pm 2.1$	14.6–17.3

The aerobic, anaerobic lactic, and anaerobic alactic contributions were  $70.1 \pm 7.2\%$ ,  $17.1 \pm 7.1\%$  and  $12.8 \pm 2.8\%$ . The overall anaerobic contribution was  $29.9 \pm 7.2\%$ . Higher values of the percent aerobic contribution ( $F_{1,21; 12,34} = 201.0$ ;  $p < 0.01$ ;  $\eta^2 = 0.98$ ) were found when compared with the anaerobic lactic and alactic contributions, but these were similar. The aerobic contribution was higher than the overall anaerobic contribution (sum of the lactic and alactic contributions):  $t_{10} = 9.23$ ;  $p$

< 0.01. Table 2 presents the results of total energy and energy contributions (in kW) of the aerobic, anaerobic lactic and alactic metabolic pathways.

Table 2 - Mean  $\pm$  SD and limits of mean confidence intervals (95%) for Etot and metabolic contributions in kW (n = 11).

	Mean $\pm$ SD	95% Confidence Interval
Etot (kW)	1.14 $\pm$ 0.40	0.73–1.27
Aerobic (kW)	0.80 $\pm$ 0.28	0.61–0.99
Anaerobic lactic (kW)	0.21 $\pm$ 0.03	0.13–0.28
Anaerobic alactic (kW)	0.15 $\pm$ 0.04	0.12–0.17

The mean C of the T200 was  $1.22 \pm 0.52$  kJ.m<sup>-1</sup>. As swimmers of sport classes S5, S7, S8, S9 and S10 were assessed, and these swimmers presented considerable anatomical and/or functional differences, the following values of C were obtained for each sport class (n = number of athletes assessed): S5: 1.81 kJ.m<sup>-1</sup> (n = 2); S7: 1.1 kJ.m<sup>-1</sup> (n = 1); S8: 1.26 kJ.m<sup>-1</sup> (n = 2); S9: 1.09 kJ.m<sup>-1</sup> (n = 5) and S10 = 0.75 kJ.m<sup>-1</sup> (n = 1). Figure 2 shows these values by sport class and the tendency of C to decrease as the impact of the swimmer's physical impairment on swimming ability decreases.

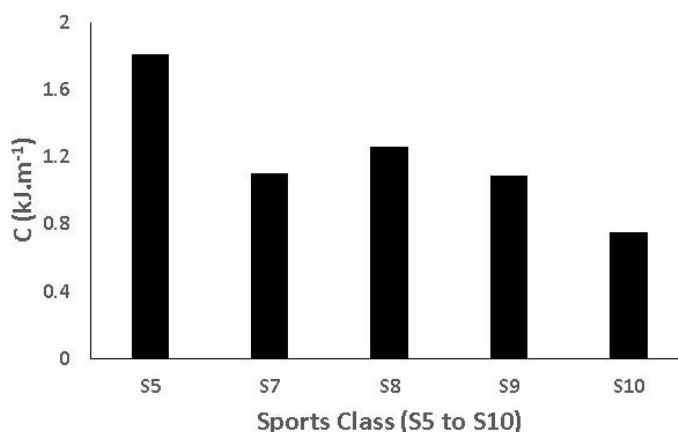


Figure 2 - Energy cost per sport class (n = 11). For a description of the sport classes see (*International Paralympic Committee [IPC]. World Para Swimming: classification rules and regulations, 2017*).

## Discussion

The objective of this study was to assess the oxygen uptake, total metabolic energy contribution and energy cost of swimmers with physical impairments in a maximal test of the 200 m freestyle (T200). Values of  $VO_{2peak}$ , La, RPE and HR were,

respectively,  $39.7 \pm 8.9 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $12.4 \pm 3.7 \text{ mmol.l}^{-1}$ ,  $16.8 \pm 2.1$  and  $156 \pm 23 \text{ bpm}$ . The C was  $1.22 \pm 0.52 \text{ kJ.m}^{-1}$ . The aerobic, anaerobic lactic, and anaerobic alactic contributions were 70.1%, 17.1% and 12.8%, respectively. Swimmers whose physical impairments had a lower impact on the ability to develop specific sports swimming tasks had lower C and better performance in the T200 front crawl.

The  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  reported in this study was lower than that found in a similar study conducted with swimmers without disabilities, by a direct gas exchange telemetry method ( $68.5 \pm 5.7 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) (Sousa et al., 2011).  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  values on average lower than those reported in the current study were achieved by Paralympic swimmers (sport class S4–S7) in an intermittent incremental test ( $6 \times 300 \text{ m}$  test,  $\text{VO}_{2\text{peak}} 37.7 \pm 15.3 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) (de Souza et al., 2016). Higher  $\text{VO}_{2\text{max}}$  values than those reported in the current study were found for Paralympic swimmers (sport class S6–S10) in intermittent incremental tests ( $7 \times 200 \text{ m}$  test,  $\text{VO}_{2\text{max}} 41 \text{ to } 52 \text{ ml.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) (Rodrigues Junior et al., 2016). Lower results in swimmers with physical impairments compared with able-bodied swimmers can be explained by the lower muscle volume of athletes with impairments. Thus, there is an inverse proportional relationship between muscle perfusion and the muscle mass involved in the action (Saltin, Radegran, Koskolou, & Roach, 1998).

In an incremental swimming speed test, performed by swimmers with physical impairments, the La increased in response to the increase in the swimming speed, with maximum values at the end of the test between 5 and 9  $\text{mmol.l}^{-1}$  (Rodrigues Junior et al., 2016). It is worth mentioning that the body mass among swimmers with amputations is lower than that of able-bodied swimmers, so the accumulation of lactate also seems to depend on the muscles involved in exercise (Ohkuwa & Itoh, 1992), thus reinforcing the effect of anatomy on physiological responses, even in similar exercise intensities.

La is used to identify the intensity of exercise during training and is associated with the production and metabolizing of lactate, being used to determine the energy profile (Zamparo et al., 2011). Blood samples taken over short intervals are useful to analyse the dynamic behaviour of physiological data (Beneke, Hutler, Jung, & Leithauser, 2005) but are not always a viable option due to their high cost. To date, no studies have been found that describe HR and RPE parameters in swimmers with physical impairment or with conventional swimmers in a 200 m crawl swim test, under maximum intensity. The RPE is useful to assess the effort because it is strongly related

to the intensity of exercise (Corso & Figueiredo, 2017), as well as one important indicator to verify the limits of tolerance to effort (Suzuki et al., 2007), similarly to HR.

The energy contributions identified for T200 were 70.1%, 17.1%, 12.8% and 29.9% for aerobic metabolism, anaerobic lactic metabolism, anaerobic alactic metabolism and total anaerobic metabolism, respectively. The values of these energetic contributions obtained in the T200 were similar to those measured as the speed of  $VO_{2max}$  for the aerobic (69.8%), anaerobic lactic (14.7%) and anaerobic alactic (15.5%) contribution in swimmers with physical impairments (Feitosa et al., 2019). These results were also similar for international-level swimmers in the T200 for able-bodied swimmers, with values of 65.9% for aerobic, 13.6% for anaerobic lactic and 20.4% for anaerobic alactic (Figueiredo et al., 2011).

In able-bodied swimmers, there is a balance between aerobic and anaerobic metabolism in the T200 (Castro e Mota, 2010). Importantly, that was not confirmed in the present study in swimmers with physical impairment due to the predominance of the participation of aerobic metabolism. Therefore, it is suggested that a test of longer duration leads to greater participation of the aerobic contribution, considering that the mean performance in the T200 among swimmers in this study was  $210.2 \pm 48.1$  seconds, approaching the 400 m time of able-bodied swimmers. For this distance (400 m), the predominant energy contribution would be 80% aerobic and approximately 20% anaerobic, varying according to the duration of the race (Gastin, 2001). Consequently, it seems evident that the aerobic system is fundamental to performance in high-intensity exercise that lasts more than 120 s, as occurred in the T200 of swimmers with physical impairments in this study who performed the T200 in a longer time, reaching lower swimming speeds, at which there is a greater contribution of aerobic metabolism.

In relation to C, while the motor function was higher, the C decreased. Swimmers with smaller motor functions showed higher C, and these obtained longer duration in the T200. The C is determined by the amount of metabolic energy spent in transporting the body mass of a participant per unit of distance at a given speed (Chatard, Lavoie, & Lacour, 1990). The variation in C depends on technical ability, gender, hydrodynamic position and propelling efficiency (Zamparo et al., 2011). In this perspective, the body balance in relation to amputation is often affected, resulting in greater body rotations due to more rigid and heavy regions (Prins & Murata, 2008). The greater the physical impairment, the greater the drag (Oh, Burkett, Osborough, Formosa, & Payton, 2013). Athletes with physical impairments have difficulty maintaining a hydrodynamic



position, which contributes to greater turbulent flow around regions in which the highest frequency of body rotations occurs, such as the shoulder, hip, knee and ankle, consequently contributing to the increase in drag (Chatard et al., 1992). It is assumed that the state of the formation of class S7 athlete in the present study may have contributed to in a fundamental way to obtain the C minor compared to the athletes of class S8. Therefore, performance in the T200 in swimmers with physical impairment seems to be related to lower C (more economical swimming).

The C ( $1.22 \pm 0.52 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ ) obtained from the T200 of the current study was higher than the C ( $0.80 \pm 0.21 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ ) measured as the speed of  $\text{VO}_{2\text{max}}$  in swimmers with physical impairments in an incremental test (N X 200 m) (Feitosa et al., 2019). A possible explanation for this result lies in the different intensity domains of each test. The T200 occurs in the extreme intensity domain (exhaustion before attain  $\text{VO}_{2\text{max}}$  and rapid increase fast fatigue) versus the Nx200, which occurs in the severe intensity domain (attainment of  $\text{VO}_{2\text{max}}$  and La rise more progressively compared to the extreme domain) (Greco, de Oliveira, Caputo, Denadai, & Dekerle, 2013; Sousa, Jesus, et al., 2013; Toubekis & Tokmakidis, 2013). Thus, net  $\text{VO}_2$  and La (peak value difference by resting value) were higher in the T200 compared with the values obtained from the NX200 measured as the speed of  $\text{VO}_{2\text{max}}$  in swimmers with physical impairments.

We point out as the main limitation of this study, the relatively high variability of swimmers' physical impairments. This limitation does not allow the extrapolation of results to all populations of swimmers with physical impairments. However, it seems possible to perform approximations within the context of the physical impairments addressed in the current study and physiological results found. Future investigations can be carried out with this population to expand the dataset.

## **Conclusion**

Swimmers with physical impairment of different sport classes have different values of energy cost; the higher the functionality, the lower the cost. Athletes that are more economical performed better in the T200. These results can be important for coaches and athletes to assess the performance both in training and in competition. Despite growth in the number of swimmers with some disability, Paralympic swimming still lacks studies that seek to understand and describe physiological parameters that can contribute to the performance of these athletes.

## Acknowledgments

To CAPES/Brazilian Ministry of Education for their support in this research.

## References

- Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *J Sci Med Sport, 13*(2). 262-269. doi:10.1016/j.jsams.2009.01.003
- Barbosa, T. M., Fernandes, R. J., Keskinen, K. L., & Vilas-Boas, J. P. (2008). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *Eur J Appl Physiol, 103*(2). 139-149. doi:10.1007/s00421-008-0676-z
- Beneke, R., Hutler, M., Jung, M., & Leithauser, R. M. (2005). Modeling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents, and adults. *J Appl Physiol (1985), 99*(2). 499-504. doi:10.1152/jappphysiol.00062.2005
- Billat, V. L., Faina, M., Sardella, F., Marini, C., Fanton, F., Lupo, S., Faccini, P., De Angelis, M., Koralsztein, J. P., & Dalmonte, A. (1996). A comparison of time to exhaustion at  $\dot{V}O_2$ max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics, 39*(2). 267-277. doi:10.1080/00140139608964457
- Binzoni, T., Ferretti, G., Schenker, K., & Cerretelli, P. (1992). Phosphocreatine hydrolysis by <sup>31</sup>P-NMR at the onset of constant-load exercise in humans. *J Appl Physiol (1985), 73*(4). 1644-1649. doi:10.1152/jappl.1992.73.4.1644
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales* Champaign: Human Kinetics
- Capelli, C., Pendergast, D., & Termin, B. (1998). Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 78*(5). 385-395.
- Capelli C, Zamparo P, Cigalotto A, Francescato MP, Soule RG, Termin B, et al. (1995) Bioenergetics and biomechanics of front crawl swimming. *J Appl Physiol, 78*(2):674-9.
- Castro, F. A. S., & Mota, C. B. (2010). Energetic and performance in 200 m front crawl under maximal intensity. *R Bras Ci e Mov, 18*(2). 67-75. doi:http://dx.doi.org/10.18511/rbcm.v18i2.1347
- Chatard, J. C., Lavoie, J. M., & Lacour, J. R. (1990). Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 61*(1-2). 88-92.

- Chatard, J. C., Lavoie, J. M., & Lacour, J. R. (1991). Energy cost of front-crawl swimming in women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *63*(1). 12-16.
- Chatard, J. C., Lavoie, J. M., Ottoz, H., Randaxhe, P., Cazorla, G., & Lacour, J. R. (1992). Physiological aspects of swimming performance for persons with disabilities. *Med Sci Sports Exerc*, *24*(11). 1276-1282.
- Corso, M. L. S., & Figueiredo, T. C. (2017). Borg's scale achievement for non-athlete swimmers. *RBPFEEX*, *11*(69). 669-675.
- de Jesus, K., Guidetti, L., de Jesus, K., Vilas-Boas, J. P., Baldari, C., & Fernandes, R. J. (2014). Which are the best VO<sub>2</sub> sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? *Int J Sports Med*, *35*(12). 1030-1036. doi:10.1055/s-0034-1368784
- de Souza, H., Alves da Silva, E., Santo Andrea Ortega, L., Silva, A., Esteves, A., Schwingel, P., Vital, R., Alves da Rocha, E., Rodrigues, B., Lira, F., Tufik, S., & de Mello, M. (2016). Incremental exercise test for the evaluation of peak oxygen consumption in paralympic swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*, *56*(4). 368-375.
- di Prampero, P. E. (1986). The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med*, *7*(2). 55-72. doi:10.1055/s-2008-1025736
- di Prampero, P. E., Pendergast, D. R., Wilson, D. W., & Rennie, D. W. (1978). Blood lactic acid concentrations in high velocity swimming. In B. Eriksson & B. Furberg (Eds.), *Swimming Medicine IV* (pp. 249-261). Baltimore, Md.: University Park Press.
- Feitosa, W. G., Barbosa, T. M., Correia, R. d. A., & Castro, F. A. d. S. (2019). Maximal oxygen uptake, total metabolic energy expenditure, and energy cost in swimmers with physical disabilities. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 1-14. doi:10.1080/24748668.2019.1631053
- Fernandes, R. J., de Jesus, K., Baldari, C., de Jesus, K., Sousa, A. C., Vilas-Boas, J. P., & Guidetti, L. (2012). Different VO<sub>2</sub>max time-averaging intervals in swimming. *Int J Sports Med*, *33*(12). 1010-1015. doi:10.1055/s-0032-1316362
- Figueiredo, P., Pendergast, D. R., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). Interplay of biomechanical, energetic, coordinative, and muscular factors in a 200 m front crawl swim. *Biomed Res Int*, *2013*, p 897232. doi:10.1155/2013/897232

- Figueiredo, P., Rouard, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). Upper- and lower-limb muscular fatigue during the 200-m front crawl. *Appl Physiol Nutr Metab*, 38(7). 716-724. doi:10.1139/apnm-2012-0263
- Figueiredo, P., Zamparo, P., Sousa, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). An energy balance of the 200 m front crawl race. *Eur J Appl Physiol*, 111(5). 767-777. doi:10.1007/s00421-010-1696-z
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*, 31(10). 725-741. doi:10.2165/00007256-200131100-00003
- Gonjo, T., McCabe, C., Sousa, A., Ribeiro, J., Fernandes, R. J., Vilas-Boas, J. P., & Sanders, R. (2018). Differences in kinematics and energy cost between front crawl and backstroke below the anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol*, 118(6). 1107-1118. doi:10.1007/s00421-018-3841-z
- Greco, C. C., de Oliveira, M. F. M., Caputo, F., Denadai, B. S., & Dekerle, J. (2013). How Narrow is the Spectrum of Submaximal Speeds in Swimming? , 27(5). 1450-1454. doi:10.1519/JSC.0b013e318265a6ce
- International Paralympic Committee [IPC]. World Para Swimming: classification rules and regulations.* (2017). Bonn, Germany: International Paralympic Committee
- IPC. (2015). *Swimming Rules and Regulations 2014-2017 IPC Swimming Rulebook.* Germany: International Paralympic Committee.
- ISAK. (2001). *International Standards for Anthropometric Assessment* (1<sup>a</sup> ed.) Austrália: Isak. 139.
- Keskinen, O. P., Keskinen, K. L., & Mero, A. A. (2007). Effect of pool length on blood lactate, heart rate, and velocity in swimming. *Int J Sports Med*, 28(5). 407-413. doi:10.1055/s-2006-924505
- Koenig, J., Jarczok, M. N., Wasner, M., Hillecke, T. K., & Thayer, J. F. (2014). Heart rate variability and swimming. *Sports Med.*, 44(10). 1377-1391. doi:10.1007/s40279-014-0211-9
- Oh, Y. T., Burkett, B., Osborough, C. D., Formosa, D., & Payton, C. (2013). London 2012 paralympic swimming: passive drag and the classification system. *Br J Sports Med*, 47(13). 838-843. doi:10.1136/bjsports-2013-092192
- Ohkuwa, T., & Itoh, H. (1992). Blood lactate, glycerol and catecholamine in arm strokes, leg kicks and whole crawl strokes. *J Sports Med Phys Fitness*, 32(1). 32-38.

- Ozyener, F., Rossiter, H. B., Ward, S. A., & Whipp, B. J. (2001). Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *J Physiol*, 533(Pt 3). 891-902.
- Pelarigo, J. G., Machado, L., Fernandes, R. J., Greco, C. C., & Vilas-Boas, J. P. (2017). Oxygen uptake kinetics and energy system's contribution around maximal lactate steady state swimming intensity. *PLoS One*, 12(2), p e0167263. doi:10.1371/journal.pone.0167263
- Prins, J., & Murata, N. (2008). Kinematic analysis of swimmers with permanent physical disabilities. *Int J Aquat Res Educ*, 2(4). 330-345.
- Ribeiro, J., Figueiredo, P., Guidetti, L., Alves, F., Toussaint, H., Vilas-Boas, J. P., Baldari, C., & Fernandes, R. J. (2016). Aquatrainer(R) snorkel does not increase hydrodynamic drag but influences turning time. *Int J Sports Med*, 37(4). 324-328. doi:10.1055/s-0035-1555859
- Ribeiro, J., Figueiredo, P., Sousa, A., Monteiro, J., Pelarigo, J., Vilas-Boas, J. P., Toussaint, H. M., & Fernandes, R. F. (2015). VO<sub>2</sub> kinetics and metabolic contributions during full and upper body extreme swimming intensity. *Eur J Appl Physiol*, 115(5). 1117-1124. doi:10.1007/s00421-014-3093-5
- Rodrigues Junior, V., De Jesus, K., Corredeira, R., Daly, D. J., & Fernandes, R. J. (2016). Physiological characterization of swimmers with physical disabilities. In P. P. Mourouço, N. Batalha & R. J. Fernandes (Eds.), *Natação e Atividades Aquáticas: Pedagogia, Treino e Investigação* (pp. 183-194). Instituto Politécnico de Leiria.
- Rodríguez, F. A., & Mader, A. (2011). Energy systems in swimming. In L. Seifert, D. Chollet & I. Mujika (Eds.), *World Book of Swimming: From Science to Performance* (225-240): Nova Science Publishers, Inc.
- Saltin, B., Radegran, G., Koskolou, M. D., & Roach, R. C. (1998). Skeletal muscle blood flow in humans and its regulation during exercise. *Acta Physiol. Scand*, 162(3). 421-436. doi:10.1046/j.1365-201X.1998.0293e.x
- Sousa, A., Figueiredo, P., Oliveira, N., Oliveira, J., Keskinen, K. L., & Vilas-Boas, J. P. (2010). Comparasion between VO<sub>2</sub>peak and VO<sub>2</sub>max at different time intervals. *Open Sports Sci J*, 3. 22-24. doi:10.2174/1875399X01003010022
- Sousa, A., Figueiredo, P., Oliveira, N. L., Oliveira, J., Silva, A. J., Keskinen, K. L., Rodriguez, F. A., Machado, L. J., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011).

- VO<sub>2</sub> kinetics in 200-m race-pace front crawl swimming. *Int J Sports Med*, 32(10). 765-770. doi:10.1055/s-0031-1279772
- Sousa, A., Figueiredo, P., Zamparo, P., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming. *Eur J Appl Physiol*, 113(8). 2153-2158. doi:10.1007/s00421-013-2646-3
- Sousa, A., Jesus, K. d., Figueiredo, P., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). Oxygen uptake kinetics at moderate and extreme swimming intensities. *19*. 186-190.
- Suzuki, F. G., Okuno, N. M., Lima-Silva, A. E., Perandini, L. A. B., Kokubun, E., & Nakamura, F. Y. (2007). Perceived exertion during swimming interval training at intensities below and above critical velocity. *Rev Port Cien Desp*, 7(3). 299-307.
- Toubekis, A. G., & Tokmakidis, S. P. (2013). Metabolic responses at various intensities relative to critical swimming velocity. *J Strength Cond Res*, 27(6). 1731-1741. doi:10.1519/JSC.0b013e31828dde1e
- World Para Swimming: technical rules & regulations (2018).
- Zacca, R., Azevedo, R., Silveira, R. P., Vilas-Boas, J. P., Pyne, D. B., de, S. C. F. A., & Fernandes, R. J. (2017). Comparison of incremental intermittent and time trial testing in age-group swimmers. *J. Strength Cond Res*doi:10.1519/JSC.0000000000002087
- Zamparo, P., Capelli, C., & Pendergast, D. (2011). Energetics of swimming: a historical perspective. *Eur J Appl Physiol*, 111(3). 367-378. doi:10.1007/s00421-010-1433-7

ESTUDO 2: TESTE MÁXIMO DE 200 M NADO CRAWL DE NADADORES COM AMPUTAÇÕES: CINEMÁTICA, COORDENAÇÃO DE NADO E CONSUMO DE OXIGÊNIO

Nadadores com amputação: cinemática, coordenação e consumo de oxigênio

MAXIMUM 200 M FRONT CRAWL TEST IN AMPUTEE SWIMMERS:  
KINEMATIC, SWIMMING COORDINATION AND OXYGEN UPTAKE

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi descrever a cinemática, a coordenação e o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) de nadadores com amputações e verificar como esses parâmetros se comportam em dois trechos durante um teste de 200 m nado crawl (T200), realizado em máxima intensidade. Participaram seis nadadores com amputações (ambos os sexos;  $30 \pm 9,8$  anos). Foram obtidas medidas antropométricas e colocados 19 marcadores sobre regiões pré-determinadas do corpo para posterior digitalização do T200. O teste foi gravado por seis câmeras sincronizadas (60 Hz – quatro subaquáticas e duas externas). As imagens foram processadas (software APAS) e os vídeos analisados em três dimensões (método DLT). Frequência de braçada, distância por ciclo de braçada, velocidade de nado e índice de coordenação foram identificados. Durante o T200, o  $VO_2$  foi mensurado *respiração-a-respiração* (analisador de gases portátil) e identificado seu valor de pico ( $VO_{2pico}$ ). O desempenho dos nadadores avaliados foi de  $197,8 \pm 24,7$  s com velocidade média de  $0,98 \pm 0,02$  m/s. Em geral a coordenação adotada foi de captura com  $VO_{2pico}$  de  $43,6 \pm 8,0$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . As variáveis cinemáticas e a coordenação não variaram entre os trechos analisados.

Palavras-chaves: natação; paralímpico; avaliação.



**ABSTRACT**

The objective of this study was to describe the kinematics, coordination and oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ) of swimmers with amputations and to verify how these parameters behave in two laps along a 200 m front crawl test (T200), performed at maximum intensity. Six swimmers with amputations (both genders; age:  $30 \pm 9.8$  years) participated. Anthropometric measurements were obtained and 19 markers were placed on predetermined regions of the body for subsequent T200 digitalization. The test was recorded in digital video by six synchronized cameras (60 Hz - four underwater and two outdoor). The images were processed (APAS software) and the videos were analyzed in three dimensions DLT method). Stroke rate, stroke length, swimming speed and index of coordination were identified. During the T200,  $\text{VO}_2$  was measured breath-by-breath (portable gas analyzer) and its peak value ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ) was identified. The performance of the swimmers evaluated was  $197.8 \pm 24.7$  s with a mean speed of  $0.98 \pm 0.02$  m/s. In general, the coordination adopted was in capture and  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  was  $43.6 \pm 8.0$   $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . The kinematic variables and the coordination did not vary between the analyzed laps.

Keywords: swimming; Paralympic; evaluation.

## INTRODUÇÃO

Para se obter sucesso na natação competitiva, o atleta precisa percorrer determinada distância em menor tempo possível, sob regras estabelecidas. Para tal, a técnica de nado e o fornecimento de energia devem possibilitar atingir e manter as velocidades de nado pretendidas. Para a avaliação correta dos nadadores, processo que deve ser realizado ao longo do treinamento, é essencial a obtenção de dados relacionados aos indicadores do desempenho em natação, como cinemáticos, coordenativos<sup>1</sup> e fisiológicos (consumo de oxigênio, por exemplo)<sup>2,3</sup>. Além disso, esses fatores assumem papel importante no desempenho do atleta em diferentes provas, pois estão interligados<sup>4</sup>.

Em natação, variáveis cinemáticas frequentemente investigadas são a frequência média do ciclo de braçada (FB, em  $\text{ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e a distância média percorrida durante o ciclo de braçada (DC, em m). O produto entre FB e DC determina a velocidade média de nado puro (VN, em  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), sem o efeito de saídas e viradas<sup>5</sup>. A interação entre a FB e DC, de acordo com Hay e Guimarães<sup>6</sup>, possibilita, de maneira geral, incremento na VN e conseqüentemente, no desempenho, entretanto, essas variáveis apresentam uma relação inversa entre si. Ao passo que há aumento da FB, geralmente, há diminuição da DC. Para o incremento da VN agudamente, a estratégia observada é o aumento da FB. Em contrapartida, em resposta ao treinamento, o efeito crônico gera o incremento da VN por decorrência do aumento da DC, devido a adaptações fisiológicas e técnicas<sup>7</sup>. Teoricamente, ao passo que um nadador treina e melhora capacidades fisiológicas e técnicas, a DC aumenta, propiciando maior VN em nado mais técnico<sup>8,9</sup>. Este comportamento das variáveis cinemáticas também é esperado em nadadores com amputações<sup>10</sup>.

Atletas com amputação de membro superior necessitam compensar a falta do segmento propulsivo e por consequência disso, utilizam mais a FB para aumentar a VN<sup>11</sup>. Entre nadadores sem deficiência, em teste de 200 m nado crawl, são reportados valores de FB de  $0,69 \pm 0,07$  Hz (aproximadamente  $41,4 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e DC de  $2,1 \pm 0,22$  m<sup>13</sup> com VN de  $1,45 \pm 0,11$   $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Em relação ao comportamento ao longo de 200 m nado crawl, Castro e Mota<sup>13</sup> verificaram que houve diminuição da VN até a terceira parcial de 25 m e depois esta se estabilizou. Por outro lado, dados dos nadadores com deficiência, em teste de 200 m nado crawl (T200), indicam FB de  $0,72 \pm 0,06$  Hz ( $43,2 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e DC de  $1,57 \pm 0,29$  m<sup>14</sup>. No estudo de caso de Willig, Figueiredo e Fernandes<sup>15</sup>, uma nadadora classificada pelo Comitê Paralímpico Internacional (IPC) na categoria S9, com má formação congênita no membro superior direito, apresentando alterações que

diferenciam os membros superiores em relação ao comprimento dos braços, antebraços e mãos, apresentou modelo de coordenação de nado em captura, além disso, as fases propulsivas das braçadas representaram entre 15 a 25% da duração relativa do ciclo de braçadas<sup>15</sup>.

No nado crawl, os movimentos de membros superiores (alternados) são responsáveis por cerca de 85% da propulsão, gerada, principalmente, por mãos e antebraço, em nadadores de anatomia convencional<sup>16</sup>. Entretanto há fases que não são propulsivas, como a recuperação e entrada até apoio da mão na água<sup>17,18</sup>. Cada nadador adequa o início e o fim de cada fase de ambos os membros superiores de acordo com as restrições a ele impostas (velocidade de nado, por exemplo). Portanto é importante entender a coordenação dos membros superiores, pela identificação temporal de início e fim das fases propulsivas e não propulsivas. Neste contexto, atletas com deficiência física em membro superior (amputação na região do cotovelo) apresentam prejuízo comparado com nadadores de anatomia convencional, pois convivem com a ausência de uma importante região propulsiva. Caso isto ocorra, o nadador precisa utilizar a área de superfície existente do membro para gerar propulsão<sup>11</sup>.

Para avaliar a coordenação de nado, Chollet, Chabies e Chatard<sup>17</sup> propuseram a classificação dos modelos de coordenação a partir da divisão da braçada em quatro fases para cada um dos membros superiores, sendo duas destacadas como propulsivas (puxada e empurrada – submersas) e as outras duas como não propulsivas (recuperação e entrada até apoio). Assim, no nado crawl, a coordenação pode ser descrita a partir de três modelos: (i) modelo de oposição, quando um dos membros superiores inicia a puxada exatamente quando o outro finaliza a fase de empurrada, resultando assim, numa série contínua de ações de propulsão; (ii) modelo de captura, que possui atraso de tempo entre as fases de propulsão dos membros superiores e o (iii) modelo de sobreposição, caracterizado com o início da fase de puxada antes da finalização da fase de empurrada terminar<sup>17</sup>.

O Índice de Coordenação (IdC) possibilita identificar, de modo quantitativo, o modelo de coordenação adotado pelo nadador<sup>17</sup>. Este índice é o tempo que separa o início da fase de propulsão de um membro superior e o final da fase de propulsão do outro membro superior. O IdC é calculado por meio do tempo de atraso (diferença) do início da ação propulsiva de uma braçada e o fim da ação propulsiva da outra braçada. O modelo deste índice para nadadores com amputação de membro superior é o adaptado

(IdCAadapt), o qual é obtido a partir de um ponto comum em ambos os membros superiores<sup>19</sup>.

Em provas de 200 m, já se sabe que há dificuldades em manter a DC constante ao longo da distância e assim, ocorre aumento da FB nas últimas parciais com intuito de manter ou incrementar a VN<sup>4</sup>. Além disso, Junior et al.<sup>14</sup> sugerem que nadadores com deficiência física têm dificuldade de manter esforço aeróbio máximo e essas alterações podem determinar o desempenho sendo de destaque o monitoramento do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) o qual representa a potência aeróbia dos nadadores e este pode ser utilizado tanto para analisar o desempenho do atleta, quanto as respostas ao treinamento<sup>3,4</sup>. Deste modo, verificar os comportamentos das variáveis cinemáticas, coordenativas e o consumo de oxigênio ao longo dos 200 m, permite aos treinadores, nadadores e pesquisadores compreender com clareza as condições da técnica de nado do atleta, identificar possíveis soluções de estratégias a serem adotadas ao longo da prova. Destaca-se que há poucos estudos a respeito do desempenho de nadadores com deficiências físicas, do ponto de vista cinemático e fisiológico. Deste modo, o objetivo deste estudo foi analisar o desempenho de nadadores com amputações em teste de 200 m nado crawl, por meio de variáveis cinemáticas e coordenativas em dois momentos do teste e pelo consumo de oxigênio de pico.

## **Métodos**

### *Participantes*

Participaram deste estudo seis atletas de natação com amputação de membro superior e inferior, de ambos os sexos, todos voluntários (idade média:  $30,0 \pm 9,8$  anos; estatura média:  $174 \pm 7$  cm; envergadura média  $162,3 \pm 26,1$  cm; massa corporal total média:  $70,4 \pm 8,6$  kg) e com experiência prévia na modalidade de  $5,1 \pm 3,5$  anos. Todos treinavam cinco vezes por semana com média aproximada de 2800 m por sessão de treino com objetivos competitivos a nível estadual, nacional ou internacional. Participaram nadadores das classes S8 a S10 do Comitê Paralímpico Internacional (IPC, 2015). Os participantes estavam nas seguintes classes: S8 (n = 1; homem com amputação unilateral próxima ao ombro direito); S9 (N=4; um homem com amputação do antebraço e três com amputação transfemural – dois homens e uma mulher) e S10 (n = 1; mulher com amputação transtibial). Todos os participantes haviam sido classificados, nas suas devidas classes, nos últimos dois meses antes da coleta de dados, pelo Comitê Paralímpico Brasileiro. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em

pesquisa da Universidade onde foi realizado (parecer nº 2.274.037) e respeitou as diretrizes nacionais e internacionais a respeito da pesquisa com seres humanos. Todos os participantes receberam e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participar da pesquisa e receberam explicações verbais sobre métodos e objetivos.

#### *Avaliação Antropométrica*

As medidas antropométricas foram coletadas antes do teste de piscina. Foram obtidas: (i) massa corporal (kg), com roupa de natação e descalço; (ii) estatura (cm): na posição ereta, com os pés unidos e próximos ao estadiômetro e membros superiores ao lado do tronco de maneira relaxada, a cabeça ajustada após uma respiração profunda, de acordo com o plano de Frankfurt<sup>20</sup>; e (iii) envergadura (cm): deitados, no solo, em colchonete, em decúbito dorsal, ombros abduzidos a 90° cotovelos, punhos e dedos em extensão. Para tal, foi obtida a máxima distância entre as extremidades dos membros superiores.

Após a coleta das medidas antropométricas, foram demarcados com tinta preta atóxica, sobre a pele do nadador, 19 pontos de referência a serem posteriormente digitalizados: vértices do ombro, cotovelo, punho, trocânteres femorais, articulações metafalangianas dos dedos da mão e dos pés, joelho, tornozelo; ambos do plano sagital direito e esquerdo. Essas marcações, com aproximadamente 2 cm de diâmetro, foram necessárias para posterior digitalização dos pontos de referência para análises cinemáticas tridimensionais (3D)<sup>21</sup>.

#### *Desenho experimental*

Familiarização: a fim de familiarizar os participantes com os equipamentos do teste, os mesmos utilizaram, durante seis a dez sessões de treinamento habituais, um *snorkel* convencional junto com um *nose clip*. Nessas sessões, os participantes realizavam viradas simples. O protocolo de teste foi uma repetição máxima de 200 m em nado crawl (T200). Os participantes foram orientados a, 24 h antes do teste, não realizar qualquer atividade física e se abster de ingerir cafeína e álcool. Antes do T200, os atletas realizaram aquecimento padronizado de 600 m em nado crawl: 200 m em intensidade leve a moderada, 200 m com *snorkel* convencional e o uso do *nose clip* e 200 m com o *snorkel* próprio para o teste (Aquatrainner, Cosmed, Italia) conectado ao analisador de gás (K5, Cosmed, Itália) e *nose clip*.

Os nadadores executaram o T200 de modo individual e realizaram (i) saída dentro da água, (ii) viradas simples, sempre para o mesmo lado, sem deslize subaquático, e (iii) nado sem realizar os movimentos rotacionais durante a respiração, devido ao uso do

*snorkel*. O tempo em segundos desde o início até o fim do teste (desempenho) foi registrado por cronômetro manual (CASIO HS-30W). O T200 foi executado por todos os atletas nas mesmas condições ambientais, em piscina de 25 m, coberta e aquecida – com temperatura da água a, aproximadamente, 29°C.

#### *Aquisição de dados cinemáticos*

A aquisição dos parâmetros cinemáticos foi realizada por meio de videogrametria tridimensional (3D) com: i) seis câmeras fixas (operando a 60 Hz), estando quatro posicionadas subaquáticas (0,5 m) dentro de caixas estanques e duas sobre a água (1,52 m de altura a partir do solo)<sup>22</sup>. O percurso nadado pelos atletas foi gravado pelas câmeras dentro de um espaço calibrado localizado na raia 3 da piscina, orientado longitudinalmente (eixo x como direção do nadador), equidistante das duas cabeceiras da piscina (Figura 1) com dimensões da estrutura do espaço calibrado de  $x = 4,5$  m (eixo horizontal);  $y = 1$  m (eixo medial-lateral);  $z = 1,5$  m (eixo vertical).

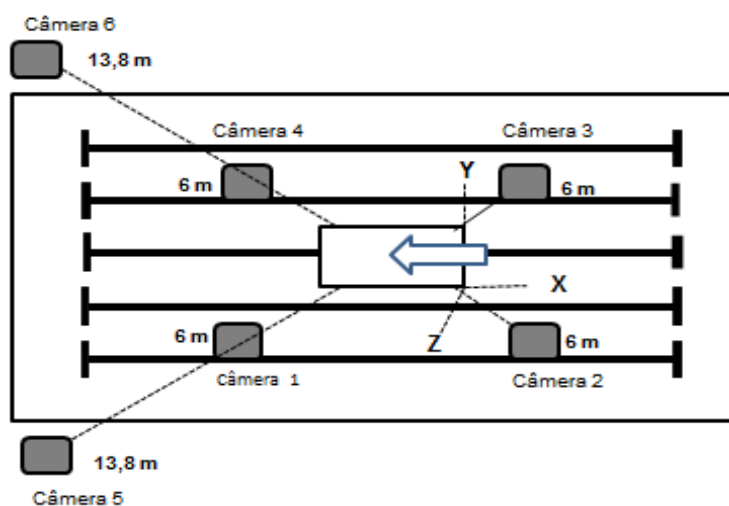


Figura 1- Desenho esquemático do posicionamento das câmeras para análises 3D e do espaço de calibração.

Um sinal luminoso, gravado simultaneamente pelas seis câmeras, foi utilizado para sincronizar as imagens das câmeras de vídeo em uma mesma base temporal como referência na reconstrução das coordenadas no *software* de análise. Em dois trechos do T200 (M1, dos 75 aos 100 m, e M2, dos 175 aos 200 m), analisou-se um ciclo de braçadas a partir da entrada e reentrada de uma mesma mão na água<sup>23,24</sup>. Um ciclo foi utilizado para todos nadadores, ao passo que, o percurso nadado, dentro do espaço calibrado, foi utilizado para as digitalizações. Nos atletas com amputação de membro superior, o ciclo foi adaptado à entrada e reentrada a partir da parte distal do membro na

água. A estrutura de calibração foi gravada pelas câmeras por 3 segundos antes dos nadadores iniciarem os testes, a fim de, na análise dos vídeos, fornecer os parâmetros espaciais para as conversões das imagens de duas dimensões em três dimensões, por cálculos realizados no *software* Ariel Performance Analyse System (APAS). As imagens foram recortadas (trechos de nado no espaço calibrado) e convertidas (AVCHD 1080p para AVI 1080 × 720p, formato não comprimido) por meio do Software Sony Vegas Pro 15 (MAGIX GmbH & Co. KGaA, Alemanha).

Após, as imagens foram transferidas para o software APAS por meio do *trimming*, no qual as imagens foram processadas para a obtenção das variáveis cinemáticas e coordenativas. A digitalização foi manual, a cada quadro, dos 18 marcadores no corpo do nadador (vértice da cabeça, dedo médio, punho, cotovelo, ombro, quadril, joelho, calcanhar e primeira falange do metatarso) e um marcador fixo, no mesmo local em todos os quadros. Ao fim da digitalização de cada momento – um ciclo de braçada, 24 marcadores de controle do volume de calibração eram digitalizados, sendo utilizados para a transformação de duas para três dimensões pelo método *Direct Linear Transformation* (DLT) que reconstruiu as imagens do nadador em 3D. Por fim foi utilizado o *display* o qual apresenta os resultados de deslocamento de todos os pontos digitalizados para os cálculos das variáveis cinemáticas. Identificou-se a localização quadro-quadro do centro de massa corporal. Os dados foram suavizados por um filtro *Butterworth* com frequência de corte de 4 Hz passa baixa de segunda ordem. Os resultados foram salvos em planilhas do Microsoft Excel e salvos em arquivos no formato txt para os cálculos das variáveis.

Para a avaliação do modelo de coordenação e da duração das fases das braçadas, foram identificados por meio das coordenadas horizontal e vertical das mãos e dos ombros, quadro a quadro, o início e final de cada fase da braçada, total propulsivo e total não-propulsivo, descritas a seguir<sup>17</sup>:

- Entrada e apoio: tempo entre a entrada da mão na água até o início do movimento da mesma para trás ou a parte distal do membro superior no caso de nadadores com amputação (início da fase: primeiro quadro que se identificou a entrada da mão na água);
- Puxada: tempo entre o início do movimento da mão ou do braço com amputação para trás até estar abaixo do ombro do nadador (início da fase: primeiro quadro cuja coordenada horizontal da mão reduziu, após a entrada da mão na água;

- Empurrada: tempo decorrido entre o tempo que a mão está abaixo da linha do ombro até a lateral da coxa rompendo a superfície da água (início fase: quadro em que as coordenadas verticais dos marcadores do ombro e da mão eram as mesmas);
- Recuperação: tempo decorrido entre a mão fora da água e a mesma mão entrando na água à frente do corpo do nadador (início da fase: quadro que o marcador da mão surge fora da água).

#### *Análise de dados cinemáticos*

A VN foi obtida pelo quociente entre o deslocamento horizontal do centro de massa (eixo x) ao longo do ciclo de braçadas e o tempo para completar o mesmo ciclo. FB foi calculada pelo inverso da duração do ciclo de braçadas multiplicado por 60. DC foi identificada pelo deslocamento horizontal do centro de massa do nadador durante o ciclo de braçada.

#### *Identificação do modelo de coordenação*

O modelo de coordenação foi identificado calculando-se o Índice de Coordenação (para os nadadores sem amputação de membro superior) e Índice Coordenação Adaptado (para o nadador com amputação de membro superior). A duração média de cada fase da braçada foi determinada após a digitalização dos dois primeiros movimentos consecutivos (um do braço direito e outro braço esquerdo)<sup>25</sup>. No momento em que os nadadores entravam no espaço calibrado, como por exemplo, pelo membro superior esquerdo, o IdC foi definido como o tempo de intervalo entre o final da fase de empurrada do membro superior esquerdo e o início da fase de puxada do o direito (LT1) e o intervalo de tempo entre o final da fase de empurrada do membro superior direito e o início da segunda fase do esquerdo (LT2)<sup>25</sup>. Independente da mão que entrar primeiro no espaço previamente calibrado, o atraso médio entre as fases de propulsão dos dois foi apresentado como uma porcentagem do tempo médio de um ciclo completo do ciclo de braçada (T)<sup>17,25</sup> utilizando-se a Equação 1, para o cálculo do IdC ou IdCAdapt:

**Equação 1**

$$\text{IdC} = \frac{(\text{LT1} + \text{LT2})}{2} * \frac{100}{T}$$



Assim, quando IdC ou IdCA<sub>adapt</sub> foram  $< 0$ , o modelo de coordenação era de captura; quando IdC ou IdCA<sub>adapt</sub> foram  $= 0$ , o modelo era de oposição e quando IdC ou IdCA<sub>adapt</sub> foram  $> 0$ , o modelo era de sobreposição<sup>17</sup>.

#### *Consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ )*

O T200 só teve início quando a taxa de troca respiratória (RER), identificada pelo ergoespirômetro, estava em valor próximo de 0,8. Durante o T200, a coleta de  $VO_2$  e RER foi efetuada de modo contínuo respiração-a-respiração. Antes do início de todas as coletas, o ergoespirômetro foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante (K5, Cosmed, Italia). Após a calibração, foi conectado um bocal ao atleta por um tubo para a captação de gases (Figura 2). Todo esse aparato estava suspenso a uma altura de 2 m da superfície da água por meio de mosquetões e cabo de aço com roldanas, possibilitando assim, seguir o nadador ao longo da piscina, minimizando as perturbações criadas aos movimentos do nadador<sup>26</sup>. Após o teste, os valores de consumo de oxigênio foram filtrados manualmente utilizando o valor de referência média  $\pm 4*dp$ <sup>27,28</sup> a fim de minimizar os ruídos da captação de gases que não representam dados fisiológicos. Nas análises foi utilizada a média móvel de cinco respirações<sup>29</sup>. Após, o  $VO_{2pico}$  foi considerado o maior valor identificado durante o teste<sup>30</sup>.

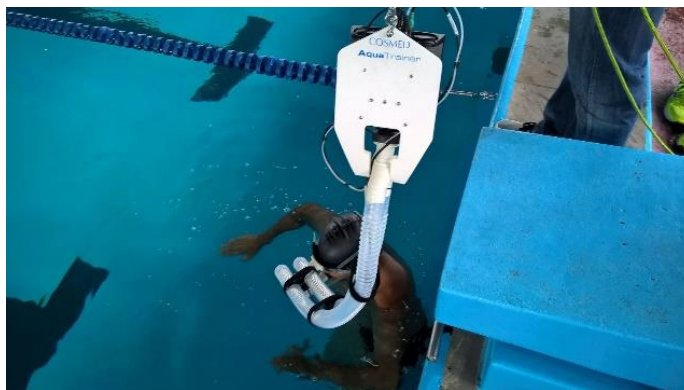


Figura 2- Nadador respirando no tubo para a captação de gases durante o nado.

#### *Análise estatística*

Foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, após foram calculadas médias, desvios padrão e limites dos intervalos de confiança da média (95%) de todas as variáveis deste estudo. Para a comparação entre os dois trechos analisados dos 200 m, foi aplicado teste t de Student para dados pareados. O tamanho de efeito utilizado foi o

d de Cohen, com categorização proposta por Espirito-Santo e Daniel<sup>31</sup>: d até 0,19: efeito insignificante; 0,20-0,49: pequeno; 0,50-0,79: médio; 0,80-1,29: grande e >1,29: muito grande. Assumiu-se alfa de 0,05.

## Resultados

O desempenho médio no T200 foi de  $197,8 \pm 24,7$  s (limites do intervalo de confiança de 171,9 a 223,7 s). Por classe, o desempenho no T200 foi de 195 s (S8, n = 1),  $192 \pm 28,3$  s (S9, n = 4) e 221 (S10, n =1). O resultado médio do  $VO_{2\text{pico}}$  e desvio-padrão foi de  $44,1 \pm 8,4$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> (limites de intervalo de confiança de 35,2 a 53,1 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios, desvios-padrão, limites de intervalos de confiança da média (95%), resultados das comparações entre os momentos de análise e tamanhos de efeito de todos os indivíduos em relação aos parâmetros cinemáticos do T200.

Tabela 1 - Média  $\pm$  desvios padrão, limites dos intervalos de confiança da média (95%) e dados estatísticos para VN, FB, DC (n=6), IdC (n=5) e duração das fases da braçada dos momentos 1 e 2 (75-100 – 175- 200 m) do T200.

	M1 (75 – 100 m)	M2 (175 – 200 m)	t; p; d
VN (m.s <sup>-1</sup> )	0,99 $\pm$ 0,15 (0,83 – 1,16)	0,96 $\pm$ 0,19 (0,76 – 1,16)	t <sub>5</sub> = 0,65; p=0,61; d=0,31
FB (ciclos.min <sup>-1</sup> )	40,5 $\pm$ 6,8 (33,4 – 47,6)	41,5 $\pm$ 3,2 (38,1 – 44,9)	t <sub>5</sub> = -0,46; p=0,60; d=0,27
DC (m)	1,51 $\pm$ 0,38 (1,10 – 1,91)	1,39 $\pm$ 0,38 (1,07 – 1,70)	t <sub>5</sub> = 1,36; p=0,23; d=0,79
IdC/IdCadapt (%)	-4,4 $\pm$ 9,2 (-15,9 – 7,0)	-3,5 $\pm$ 8,9 (-14,6 – 7,5)	t <sub>5</sub> = -0,46; p=0,61; d=0,31
Duração fase apoio (%)	30,7 $\pm$ 12,0 (15,7 – 45,8)	30,2 $\pm$ 6,4 (22,1 – 38,2)	t <sub>5</sub> = -0,25; p=0,81; d=0,16
Duração fase puxada (%)	13,4 $\pm$ 8,5 (2,8 – 24,0)	15,7 $\pm$ 2,7 (12,3 – 19,1)	t <sub>5</sub> = -0,53; p=0,61; d=0,34
Duração fase empurrada (%)	23,0 $\pm$ 6,2 (15,2 – 30,8)	24,7 $\pm$ 7,3 (15,7 – 33,8)	t <sub>5</sub> = 0,64; p=0,55; d=0,40
Duração fase recuperação (%)	32,7 $\pm$ 11,0 (18,9 – 46,5)	29,3 $\pm$ 4,6 (23,6 – 35,0)	t <sub>5</sub> = -0,73; p=0,50; d=0,46
Duração fases propulsivas (%)	39,4 $\pm$ 13,2 (25,4 – 53,2)	42,3 $\pm$ 6,0 (35,9 – 48,6)	t <sub>5</sub> = -0,65; p=0,54; d=0,38
Duração fases não propulsivas (%)	60,6 $\pm$ 13,2 (46,7 – 74,5)	57,7 $\pm$ 6,0 (51,3 – 64,0)	t <sub>5</sub> = 0,65; p=0,54; d=0,38

Os tamanhos de efeito (efeitos dos trechos do T200) foi insignificante para a duração da fase de apoio; pequenos para VN, FB, IdC ou IdCadapt, duração das fases de puxada e empurrada e para duração das fases propulsivas e não-propulsivas; e médio para DC.

## Discussão

O presente estudo teve por objetivo analisar o desempenho de nadadores com amputações em teste de 200 m nado crawl, por meio de variáveis cinemáticas e coordenativas em dois momentos do teste e pelo consumo de oxigênio de pico. Os principais achados deste estudo foram que as variáveis cinemáticas não apresentaram variações estatísticas em relação aos dois momentos analisados e houve efeitos importantes dos momentos, a coordenação foi classificada em captura e o consumo de oxigênio de pico foi mais baixo do que o encontrado em estudos com nadadores sem deficiência no mesmo teste, usando método de retroextrapolação<sup>32</sup> e por método direto sistema de troca de gases por telemetria<sup>33</sup>. Os tamanhos de efeito dos momentos de análise sobre as variáveis foram baixos, com exceção da DC (médio).

De acordo com Prins e Murata<sup>11</sup> e Osborough et al.<sup>12</sup>, nadadores com deficiências físicas em geral e com amputação de membro superior, e particular, a fim de atingir a manter a VN desejada, compensam a falta do segmento propulsivo com maiores valores de FB se comparados a nadadores sem deficiência física. Ou seja, a FB passa a ter papel relativo mais importante em relação ao desempenho do que a DC. No presente estudo ao longo dos 200 m, a VN e a FB estatisticamente se mantiveram constantes (pequeno tamanho de efeito implicado em redução da VN e incremento da FB), ao passo que DC tenha apresentado maior queda (médio tamanho de efeito). Tal resultado suporta a importância da FB para nadadores com amputações. Cabe ressaltar que este comportamento foi o mesmo para todos os nadadores do presente estudo: quatro com amputações de membros inferiores e dois com amputações de membros superiores. Ou seja, a redução de capacidade propulsiva de membros inferiores também levou ao incremento da FB para a manutenção da VN.

Em comparação a nadadores de anatomia convencional, comportamento similar para os 200 m nado crawl, da FB e da DC (aumento da FB e diminuição da DC ao longo dos 200 m) foi identificado em estudo prévio<sup>13</sup>. Porém em maior VN ( $1,45 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) atingida por maior DC (2,1 m) e similar FB ( $41,4 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ ) em relação aos nadadores do presente estudo em mesmo teste. Também no T200, Franken et al.<sup>1</sup> analisaram quatro parciais dos 25 m antes dos 50, 100, 150 e 200 m do T200 m, mas encontraram aumento apenas entre os 50 e os 200 m da FB). Por outro lado, valores de DC reduziram de modo constante dos 50 m até os 200 m. Deste modo, pode-se verificar que tanto nadadores com deficiências, quanto nadadores de anatomia convencional, ao longo do T200, tendem a incrementar a FB, ao passo que a DC diminui, modificando como a VN é atingida e mantida ao longo da distância avaliada.

Em relação à coordenação de nado, os tamanhos de efeito dos trechos analisados do T200 foram pequenos para IdC ou IdCAdapt e todos os nadadores, nos dois trechos do teste, realizaram o nado crawl em modelo de captura. Do momento 1 para o momento 2 o IdC e o IdCAdapt se aproximaram de zero devido a redução de duração das fases não propulsivas e aumento de duração das fases propulsivas juntamente com aumento da FB. Em teste de 200 m, entre nadadores sem deficiências, modelo em captura foi observado nos estudos de Figueiredo et al.<sup>34</sup> e Franken et al.<sup>1</sup>. Figueiredo et al.<sup>34</sup> avaliaram a coordenação de seis atletas convencionais que apresentaram coordenação em captura durante todo o teste de 200 m. Foi observado também um aumento do IdC na 4ª parcial de 50 m e isto, segundo os autores, foi atribuído à, que incrementa a FB, na tentativa de manter a VN quando há diminuição da DC. Incremento de FB é às custas da redução da duração das fases não-propulsivas das braçadas, o que leva, também, à redução do tempo sem propulsão. Já no estudo de Franken et al. (2016) os valores de IdC não se alteraram durante as parciais analisadas do T200. Para Franken et al.<sup>1</sup>, apenas em altas velocidades de nado, quando a FB é alta, há mudança do modelo de captura para oposição/sobreposição.

Quanto à duração das fases, o comportamento das fases do presente estudo foi similar ao encontrado na literatura<sup>1</sup>. No mesmo estudo não foram encontradas diferenças estatísticas na duração das fases de entrada e apoio, puxada e recuperação ao logo do T200, porém observou-se incremento na duração da fase de puxada.

Como principal limitação deste estudo, pode-se ressaltar o tamanho da amostra. Esta limitação não permite a extrapolação dos dados para todas as populações de nadadores com deficiência física. No entanto, os resultados encontrados permitem realizar aproximações dentro do contexto de nadadores com deficiência física abordadas no presente estudo, assim como resultados cinemáticos, coordenativa e consumo de oxigênio encontrados. Futuras investigações podem ser realizadas com esta população para ter um maior entendimento dos dados com intuito de auxiliar profissionais envolvidos com a modalidade.

## **Conclusão**

Os achados deste estudo indicam que no T200 em máxima intensidade, os nadadores tendem a variar, de modo não estatístico, as variáveis cinemáticas ao longo dos momentos M1 e M2 com um aumento da FB e diminuição da DC, assim como, uma

diminuição da VN. Os atletas adotaram coordenação em captura e passaram a maior parte em fase de não propulsão.

Agradecimentos: à CAPES pelo apoio na realização desta pesquisa.

## Referências

1. Franken M, Ludwig RF, Cardoso TP, Silveira RP, Castro FAS. Performance in 200 m front crawl: coordination index, propulsive time and stroke parameters. *Rev bras cineantropom desempenho hum.* 2016.vol.18 n.3.
2. Pelarigo JG, Machado L, Fernandes RJ, Greco CC, Vilas Boas JP. Oxygen uptake kinetics and energy system's contribution around maximal lactate steady state swimming intensity. *PloS one.* 2017. 12(2): e0167263.
3. Pelarigo JG, Fernandes RJ, Ribeiro J, Denadai BS, Greco CC, Vilas-Boas JP. Comparison of different methods for the swimming aerobic capacity evaluation. *J Strength Cond Res.* 2018. 32(12):3542-3551.
4. Figueiredo, P. Toussaint HM, Vilas Boas JP, Fernandes RJ Relation between efficiency and energy cost with coordination in aquatic locomotion. *Eur J Appl Physiol.*2013. 113(3). 651-659.
5. Craig JAB, Pendergast, DR. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Med Sci Sports.* 1979. v.11 (3), p.278-283.
6. Hay JG, Guimarães ACS. A quantitative look at swimming biomechanics. *Swimming Technique.* 1983. 20(2): 11-17.
7. Yanai, T. Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. *J Biomech.* 2003. v.36, n.1, p.53-62.
8. Castro, FAS, et al. Cinemática do nado crawl sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. *RBEFE.* 2005, v.19, n.3, p.223-32.
9. Ferreira, MI. et al. Análise dos parâmetros cinemáticos determinantes do desempenho na prova de 200 m nado livre. *Motriz: rev educ fis [online].* 2012, vol.18, n.2, pp.366-377.
10. Figueiredo P, Willig R, Alves F, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. Biophysical characterization of a swimmer with a unilateral arm amputation: A case study. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014 Nov;9(6):1050-3
11. Prins, J, Murata, N. Kinematic analysis of swimmers with permanent physical disabilities. *IJARE.* 2008. 2(4): 330-345.
12. Osborough CD, Payton CJ, Daly DJ. Relationships between the front crawl stroke parameters of competitive unilateral arm amputee swimmers, with selected anthropometric characteristics. *J Appl Biomech.* 2009 Nov;25(4):304-12.
13. Castro FAS e Mota CB. Desempenho em 200 m nado crawl sob máxima intensidade e parâmetros cinemáticos do nado. *RBCM.* 2008. 18(2):67-75, 2008.
14. Junior VRR, et al. Caracterização biofísica de nadadores com deficiência motora. Tese de Doutorado a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, 2017.
15. Willig RM, Figueiredo P, Fernandes RJP. Caracterização de uma nadadora com deficiência física unilateral de membro superior. Dissertação de Mestrado, Faculdade do Desporto da Universidade do Porto, 2013.
16. Toussaint HM, Beek PJ. Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Med.* 1992 Jan;13(1):8-24.

17. Chollet D, Chabies S, Chatard JC. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *Int J Sports Med.* 2000 Jan;21(1):54-9.
18. Maglischo EW. *Nadando o mais rápido possível.* São Paulo: Manole, 1999.
19. Osborough CD, Payton CJ E Daly DJ Influence of swimming speed on inter-arm coordination in competitive unilateral arm amputee front crawl swimmers. 2010. *Hum Movt Scien.* 29, 921–931.
20. Sobral F, Silva M JC, Figueiredo AJ. *Cineantropometria: curso básico.* Coimbra, Universidade de Coimbra, 2007.
21. Sanders, RH, et al. Reliability of the elliptical zone method of estimating body segment parameters of swimmers. *J Sports Sci Med.* 2015 Mar; 14(1): 215–224.
22. De Jesus, K, et al. The effects of intensity on VO<sub>2</sub> kinetics during incremental free swimming. *Appl Physiol Nutr Metab .* 2015. 40(9): 918-23.
23. Barbosa TM, Fernandes RJ, Keskinen KL, Vilas-Boas JP. The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 2008 May;103(2):139-49.
24. PSYCHARAKIS SG, SANDERS RH. Validity of the use of a fixed point for intracycle velocity calculations in swimming. *J Sci Med Sport.* 2009 Mar;12(2):262-5.
25. Gourgoulis V. et al. The effect of leg kick on sprint front crawl swimming. *J Sports Sci.* 2014;32(3):278-89.
26. Sousa A, Figueiredo P, Zamparo P, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming. *Eur J Appl Physiol.* 2013 Aug;113(8):2153-8.
27. Özyener F, Rossiter HB, Ward SA, Whipp BJ. Influence of exercise intensity on the on-and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *J Physiol.* 2001 Jun 15; 533(Pt 3): 891–902.
28. De Jesus K, Guidetti L, De Jesus K, Vilas-Boas JP, Baldari C, Fernandes RJ. Which are the best VO<sub>2</sub> sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? *Int J Sports Med.* 2014 Nov;35(12):1030-6.
29. Fernandes RJ, Sousa M, Machado L, Vilas-Boas JP. Step length and individual anaerobic threshold assessment in swimming. *Int J Sports Med.* 2011 Dec;32(12):940-6.
30. Ribeiro J, et al. AquaTrainer(R) Snorkel does not Increase Hydrodynamic Drag but Influences Turning Time. *Int J Sports Med .* 2016 37(4): 324-8.
31. Espirito Santo H, Daniel F. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do  $p < 0,05$  na análise de diferenças de médias de dois grupos. *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social.* 2015. 1 (1): 3-16.
32. Castro FAS, Mota, CB. Energética e desempenho em 200 m nado crawl realizado sob máxima intensidade. *RBCM.* 2010. 18(2):67-75.
33. Sousa A, et al. V O<sub>2</sub> Kinetics in 200-m Race-Pace Front Crawl Swimming. *Int J Sports Med.* 2011 Oct;32(10):765-70.
34. Figueiredo P, Vilas Boas JP, Seifert L, Chollet D, Fernandes RJ . Inter-Limb Coordinative Structure in a 200 m Front Crawl Event. *TOSSJ.* 2010, 3: 25-27.

## CAPÍTULO IV: CONCLUSÕES FINAIS E LIMITAÇÕES

Devido ao recente interesse pela investigação nesta área e ao crescimento em relação a número de praticantes, a natação com atletas com deficiência física ainda carece de estudos que busquem compreender o desempenho a partir de parâmetros fisiológicos, cinemáticos e coordenativos de nado. Esta dissertação de mestrado foi organizada na forma de artigos, que enfatizaram esses domínios em relação ao desempenho em natação, destacando, de modo geral, que nadadores com deficiência física:

1. Devem procurar contemplar durante o treinamento, não somente aspectos fisiológicos que determinam a potência metabólica (rotas aeróbia e anaeróbia), mas também fatores que afetam o custo energético na natação, por meio de parâmetros técnicos que influencia a eficiência propulsiva principalmente em nadadores de classes mais baixas.
2. Devido à variabilidade das deficiências físicas dos nadadores, é necessária a interpretação personalizada dos resultados a fim de melhor entendimento do desempenho de cada categoria.
3. Devido à praticidade e ao baixo custo da aplicabilidade do teste (T200), o T200 é um teste que pode ser aplicado para avaliar as reais condições de um nadador paralímpico, desde que realizado em máxima intensidade.

A Figura 1 apresenta um fluxograma relativo aos achados da presente dissertação, a fim de buscar o melhor entendimento do desempenho em natação de nadadores com deficiências físicas em teste de 200 m nado crawl.





tempo de teste semelhante a um teste de 400 m de nadadores convencionais. Por outro lado a cinemática FB, DC e VN não se alteraram estatisticamente dos momentos 1 ao 2 mas tiveram mudanças importantes. Em relação a coordenação de nado os atletas utilizaram modelo em captura ficando menos tempo na fase propulsiva e o tamanho de efeito dos trechos 75-100 m e dos 175-200 m foi insignificante para a duração da fase de apoio; pequeno para duração das fases de puxada, empurrada, recuperação, duração das fases não propulsivas e propulsiva, IdC/ IdC Adapt, VN e FB; e Médio para DC.

Apontamos, como limitações deste estudo: (i) variabilidade das deficiências físicas dos nadadores e (ii) a pequena amostra, especialmente no Estudo 2. Esta limitação inviabiliza a extrapolação dos resultados para todas as populações de nadadores com deficiência física. No entanto, parece possível realizar aproximações dentro do contexto das deficiências físicas abordadas no atual estudo e resultados fisiológicos encontrados. (iii) A não obtenção de dados da variação intracíclica e da eficiência propulsiva. Estes parâmetros poderiam complementar o melhor entendimento do desempenho no teste de 200 m nado crawl no Estudo 2.

## **CAPÍTULO V: DIREÇÕES**

De acordo com os dados gerados pelo presente estudo e a possibilidade de, a partir de uma análise aprofundada dos dados coletados, serem preenchidas lacunas encontradas ao longo da discussão dos estudos aqui apresentados; se tem por novos objetivos, analisar a inclinação do troco, a eficiência propulsiva, a variação intracíclica da velocidade de nado e buscar modelo de desempenho para os 200 m entre nadadores paralímpicos.

## REFERÊNCIAS GERAIS

- APOLINÁRIO, M.R; FREUDENHEIM, A.M. Nado crawl: associação entre coordenação e desempenho em nadadores. Tese de doutorado da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, 2016.
- BALDARI, C.; GUIDETTI, L.; MEUCCI, M. Measuring energy expenditure in swimming to assess gross mechanical efficiency. *Port J Sport Sc* 11(3): 65-8, 2011.
- BALDARI, C., et al. Is the new AquaTrainer(R) snorkel valid for VO<sub>2</sub> assessment in swimming? *Int J Sports Med* 34(4): 336-44, 2013.
- BARBOSA, T. M. et al. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *Int J Sports Med*, v. 13, n. 2, p. 262-9, 2010.
- BARBOSA, T. M. et al. The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *Eur J Appl Physiol*, v. 103, n. 2, p. 139-49, 2008.
- BECK, C. C., et al. Ficha antropométrica na escola: o que medir e para que medir? *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum*9(1): 107-114, 2007.
- BENEKE, R. et al. Modeling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents, and adults. *J Appl Physiol*, v. 99, n. 2, p. 499-504, 1985.
- BENTLEY D.J., et al. Blood lactate and stroke parameters during front crawl in elite swimmers with disability. *J Strength Cond Res* Feb; 16 (1): 97-102, 2002.
- BILLAT, V. L. et al. A comparison of time to exhaustion at  $\dot{V}O_{2max}$  in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics*, v. 39, n. 2, p. 267-277, 1996/02/01, 1996.
- BINZONI, T. et al. Phosphocreatine hydrolysis by <sup>31</sup>P-NMR at the onset of constant-load exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985), v. 73, n. 4, p. 1644-9, 1992.
- BORG, G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign: Human Kinetics, 1998. 120.
- BORG, G., Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 14(5),377-81, 1982.
- BRASIL. Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília, Conselho Nacional de Saúde, 2012.

- BURKETT, B. et al., Performance Characteristics of Para Swimmers How Effective Is the Swimming Classification System? *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 29, 333–346, 2018.
- CAPELLI C, ZAMPARO P, CIGALOTTO A, FRANCESCATO MP, SOULE RG, TERMIN B, et al. Bioenergetics and biomechanics of front crawl swimming. *J Appl Physiol*, 78(2):674-9, 1995.
- CAPELLI, C.; PENDERGAST, D.; TERMIN, B. Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v. 78, n. 5, p. 385-395, 1998.
- CAPUTO, F., et al., Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com o desempenho. *Rev. Bras. Ciên. e Mov.* . 8(3): 7-13, 2000.
- CASTRO, F.A.S; MOTA, C.B. Energética e desempenho em 200 m nado crawl realizado sob máxima intensidade. *Rev. Bras. Ciên. e Mov.* 18(2):67-75, 2010.
- CASTRO, F.A.S; VILAS-BOAS; J.P.V, GUIMARÃES, A.C.S. Effect of swimming intensity and breathing in front crawl body roll angles for swimmers and triathletes. *Brazilian Journal of Biomechanics*, Year 7, n.13, Nov, 2006.
- CASTRO, F.A.S, et al. Cinemática do nado crawl sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. *Revista Brasileira Educação. Física e Esporte*, São Paulo, v.19, n.3, p.223-32, 2005.
- CHATARD, J. C.; LAVOIE, J. M.; LACOUR, J. R. Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v. 61, n. 1-2, p. 88-92, 1990. ISSN 0301-5548 (Print) 0301-5548 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2289503>>. \_\_\_\_\_. Energy cost of front-crawl swimming in women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v. 63, n. 1, p. 12-6, 1991. ISSN 0301-5548 (Print) 0301-5548 (Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1915325>>.
- CHATARD, J. C. et al. Physiological aspects of swimming performance for persons with disabilities. *Med Sci Sports Exerc*, v. 24, n. 11, p. 1276-82, 1992.
- CHOLLET, D; CHALIES, S; CHATARD, J.C. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *Int J Sports Med.* v. 21, p.54-59, 2000.
- CPB, Comitê Paralímpico Brasileiro. Natação Paralímpica. <http://www.cpb.org.br>. Acessado em 04 Mar. 2018.
- CORSO, M. L. S; FIGUEIREDO, T. C. Acurácia da escala de Borg para nadadores não-atletas. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício.* v. 11, n. 69, 2017.

- COSTILL, D. L. et al., Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int J Sports Med*, 6(5), 266-270, 1985.
- CRAIG J.A.B; PENDERGAST, D.R. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. *Med Sci Sports*. v.11(3), p.278-283, 1979.
- DE JESUS, K. et al. Which are the best VO<sub>2</sub> sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? *Int J Sports Med*, v. 35, n. 12, p. 1030-6, 2014.
- DE JESUS, K. et al. Which are the best VO<sub>2</sub> sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? *Int J Sports Med*, 00004, v. 35, n. 12, p. 1030–1036, 2014.
- DE JESUS, K., et al. The effects of intensity on VO<sub>2</sub> kinetics during incremental free swimming. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism* 40(9): 918-23, 2015.
- DI PRAMPERO, P. E. et al. Blood lactic acid concentrations in high velocity swimming. In: ERIKSSON, B. e FURBERG, B. (Ed.). *Swimming Medicine IV*. Baltimore, Md.: University Park Press, p.249-261, 1978
- ESPIRITO SANTO H, DANIEL F. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do  $p < 0,05$  na análise de diferenças de médias de dois grupos. *RPICS*. 1 (1): 3-16, 2015
- FEITOSA, W. G. et al. Maximal oxygen uptake, total metabolic energy expenditure, and energy cost in swimmers with physical disabilities. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, p. 1-14, 2019.
- FERNANDES, R. J. et al. Different VO<sub>2</sub>max time-averaging intervals in swimming. *Int J Sports Med*, v. 33, n. 12, p. 1010-5, 2012.
- FERNANDES, R. J., et al. Step length and individual anaerobic threshold assessment in swimming. *Int J Sports Med* 32(12): 940-6, 2011.
- FERREIRA, M. I, et al. Effect of gender, energetics and biomechanics on swimming masters performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29(7)/1948–1955, 2015.
- FERREIRA, M. I., et al. Análise dos parâmetros cinemáticos determinantes do desempenho na prova de 200 m nado livre. *Motriz:rev. educ. fis.*, v.18, no.2, p.366-377, 2012
- FIGUEIREDO, P. et al. Interplay of biomechanical, energetic, coordinative, and muscular factors in a 200 m front crawl swim. *Biomed Res Int*, v. 2013, p. 897232, 2013a.
- FIGUEIREDO, P. et al. Upper- and lower-limb muscular fatigue during the 200-m front crawl. *Appl Physiol Nutr Metab*, v. 38, n. 7, p. 716-24, 2013b.

- FIGUEIREDO, P. et al. An energy balance of the 200 m front crawl race. *Eur J Appl Physiol*, v. 111, n. 5, p. 767-77, 2011.
- FIGUEIREDO, P., et al. Relation between efficiency and energy cost with coordination in aquatic locomotion. *Eur J Appl Physiol* 113(3): 651-9, 2013.
- FRANKEN, M., et al. Performance in 200 m front crawl: coordination index, propulsive time and stroke parameters. *Rev. bras. cineantropom. desempenho hum.* v.18 no.3, 2016.
- FRANKEN, M.; ZACCA, R.; CASTRO, F. A. S. Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação. *Revista Motriz*, 17(1), 209-222, 2011.
- GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*, v. 31, n. 10, p. 725-41, 2001.
- GONJO, T. et al. Differences in kinematics and energy cost between front crawl and backstroke below the anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol*, v. 118, n. 6, p. 1107-1118, 2018.
- GOURGOULIS V, et al. The effect of leg kick on sprint front crawl swimming. *J Sports Sci.* 32(3):278-89, 2014.
- HAY, J. G.; GUIMARÃES, A. C. S. A quantitative look at swimming biomechanics. *Swimming Technique* 20(2): 11-17, 1983.
- HOLFELDER, B.; BROWN, N.; BUBECK, D. The influence of sex, stroke and distance on the lactate characteristics in high performance swimming, *PLoS One.* 22;8(10):e77185, 2013.
- IPC. Explanatory guide to Paralympic classification in Paralympic summer sports. Swimming. Germany, International Paralympic Committee: 30 - 32, 2015.
- JUNIOR, V.R.R., et al. Caracterização biofísica de nadadores com deficiência motora. Tese de Doutorado, 2017.
- KESKINEN, O. P.; KESKINEN, K. L.; MERO, A. A. Effect of pool length on blood lactate, heart rate, and velocity in swimming. *Int J Sports Med*, v. 28, n. 5, p. 407-13, 2007.
- KOENIG, J. et al. Heart rate variability and swimming. *Sports Med.*, v. 44, n. 10, p. 1377-91, 2014.
- MAGLISCHO, E. W. Nadando o mais rápido possível. São Paulo: Manole, 1999.
- MARQUES, T.F.S; CORREDEIRA, R.M.N; FERNANDES, R.J.P. Caracterização bioenergética e biomecânica da técnica de crawl de um nadador paralímpico com deficiência motora. Dissertação de Mestrado do Porto, 2013.

- OH, Y. T. et al. London 2012 paralympic swimming: passive drag and the classification system. *Br J Sports Med*, v. 47, n. 13, p. 838-43, 2013.
- OHKUWA, T.; ITOH, H. Blood lactate, glycerol and catecholamine in arm strokes, leg kicks and whole crawl strokes. *J Sports Med Phys Fitness*, v. 32, n. 1, p. 32-8, 1992.
- OSBOROUGH, C.; DALY, D.; PAYTON, C. Effect of swim speed on leg-to-arm coordination in unilateral arm amputee front crawl swimmers. *J Sports Sci* 33(14): 1523-31, 2015.
- OSBOROUGH, C. D.; PAYTON, C. J.; DALY, D. J. Influence of swimming speed on inter-arm coordination in competitive unilateral arm amputee front crawl swimmers. *Hum Mov Sci* 29(6): 921-31, 2010.
- OSBOROUGH, C. D.; PAYTON, C. J.; DALY, D. J. Relationships between the front crawl stroke parameters of competitive unilateral arm amputee swimmers, with selected anthropometric characteristics. *Journal of Applied Biomechanics* 25(4): 304-12, 2009.
- ÖZYENER, F. et al. Influence of exercise intensity on the on-and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *Journal Physiologic*, 00332, v. 533, n. 3, p. 891-902, 2001.
- PELARIGO JG, MACHADO L, FERNANDES RJ, GRECO CC, VILAS BOAS JP. Oxygen uptake kinetics and energy system's contribution around maximal lactate steady state swimming intensity. *PloS one*. 12(2): e0167263, 2017.
- PELARIGO JG, FERNANDES RJ, RIBEIRO J, DENADAI BS, GRECO CC, VILAS-BOAS JP. Comparison of different methods for the swimming aerobic capacity evaluation. *J Strength Cond Res*. 32(12):3542-3551, 2018.
- PENDERGAST, D., et al. The influence of drag on human locomotion in water. *UHM* , 32(1), 45-57, 2005.
- PRINS, J.; MURATA, N. Kinematic analysis of swimmers with permanent physical disabilities. *International Journal of Aquatic Research and Education* 2(4): 330-345, 2008.
- PSYCHARAKIS, S. G.; SANDERS, R. H. Validity of the use of a fixed point for intracycle velocity calculations in swimming. *J Sci Med Sport*. (12): 262-265, 2009.
- RIBEIRO, J., et al. AquaTrainer(R) Snorkel does not Increase Hydrodynamic Drag but Influences Turning Time. *Int J Sports Med*37(4): 324-8, 2016.
- RIBEIRO, J. et al. Aquatrainer(R) snorkel does not increase hydrodynamic drag but influences turning time. *Int J Sports Med*, v. 37, n. 4, p. 324-8, 2016.

- RIBEIRO, J. et al. VO<sub>2</sub> kinetics and metabolic contributions during full and upper body extreme swimming intensity. *Eur J Appl Physiol*, v. 115, n. 5, p. 1117-24, 2015.
- RODRIGUES JUNIOR, V. et al. Physiological characterization of swimmers with physical disabilities. In: MOUROUÇO, P. P.; BATALHA, N., et al (Ed.). *Natação e Atividades Aquáticas: Pedagogia, Treino e Investigação*. Instituto Politécnico de Leiria, p.183-194, 2016.
- RODRÍGUEZ, F. A.; MADER, A. Energy systems in swimming. *World Book of Swimming: From Science to Performance*. SEIFERT, L.; CHOLLET, D., et al: Nova Science Publishers, Inc.: 225-240 p. 2011.
- SALTIN, B. et al. Skeletal muscle blood flow in humans and its regulation during exercise. *Acta Physiol. Scand*, v. 162, n. 3, p. 421-36, 1998.
- SANDERS, R. H., et al. Reliability of the elliptical zone method of estimating body segment parameters of swimmers. *J Sports Sci Med* 14(1): 215-24, 2015.
- SATKUNSKIENE, D., et al. Coordination in arm movements during crawl stroke in elite swimmers with a loco-motor disability. *Hum Mov Sci* 24(1): 54-65, 2005.
- 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.
- SUZUKI, F. G. et al. Esforço percebido durante o treinamento intervalado na natação em intensidades abaixo e acima da velocidade crítica. *Rev. Port. Cien. Desp*, vol.7, no.3, p.299-307, 2007.
- SOBRAL, F.; SILVA, M. J. C.; FIGUEIREDO, A. J. *Cineantropometria: curso básico*. Coimbra, Universidade de Coimbra, 2007.
- SOUSA, A. et al. Comparasion between VO<sub>2</sub>peak and VO<sub>2</sub>max at different time intervals. *Open Sports Sci J*, v. 3, p. 22-4, 2010.
- SOUSA, A. et al. VO<sub>2</sub> kinetics in 200-m race-pace front crawl swimming. *Int J Sports Med*, v. 32, n. 10, p. 765-70, 2011.
- SOUSA, A. et al. Anaerobic alactic energy assessment in middle distance swimming. *Eur J Appl Physiol*, v. 113, n. 8, p. 2153-8, Aug 2013a.
- SOUSA, A. et al. Oxygen uptake kinetics at moderate and extreme swimming intensities. *Rev Bras Med Esporte*. v. 19, p. 186-190, 2013b.
- SOUSA, A., et al. VO<sub>2</sub> Off Transient Kinetics in Extreme Intensity Swimming. *J Sports Sci Med*. 10(3): 546-52, 2011.

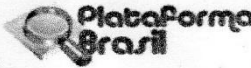


- SOUSA, A. et al., Cinética do consumo de oxigénio durante e após uma prova de 200 metros crawl. *Lecturas Educación Física y Deportes*, v. 173, 2012.
- SOUSA, A., et al. Cinética do consumo de oxigênio a intensidades de nado moderada e extrema. *Rev Bras Med Esporte*– Vol. 19, n. 3, 2013.
- SOUSA, A., et al. Critical Evaluation of Oxygen-Uptake Assessment in Swimming. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 2012, 9, p. 190-202, 2014.
- SOUSA, A. C.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. VO<sub>2</sub> kinetics and metabolic contributions whilst swimming at 95, 100, and 105% of the velocity at VO<sub>2</sub>max. *Biomed Research International* 2014: 675363, 2014.
- TOUSSAINT, H. H. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 22 (3), 409-415, 1990.
- TOUSSAINT, H.M.; HOLLANDER. A.P. Energetics of competitive swimming, implications for training programmes. *Sports Med.* 18 (6): 384-405, 1994.
- TOUSSAINT, H. M.; BEEK, P. J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Med*13(1): 8-24, 1992.
- TSUTSUMI, O., et al. Os Benefícios da Natação Adaptada em Indivíduos com Lesões Neurológicas. *Revista Neurociências* 12(2), 2004.
- WILLIG, R. M.; FERNANDES, D.R.J.P; FIGUEIREDO, P.A.G.S, Caracterização de uma nadadora com deficiência física unilateral de membro superior. *Dissertação de Mestrado da Universidade do Porto*, 2012.
- WPS. *World Para Swimming: technical rules & regulations*. Bonn, Germany: International Paralympic Committee: 73 p. 2018.
- YANAI T. Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. *J Biomech*. 2003. v.36, n.1, p.53-62.
- ZACCA, R. et al. Comparison of incremental intermittent and time trial testing in age-group swimmers. *J. Strength Cond Res*, 22 2017.
- ZAMPARO, P., et al. Active and passive drag: the role of trunk incline. *Eur J Appl Physiol.* , 106(2), 195-20, 2009.
- ZAMPARO, P.; CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. Energetics of swimming: a historical perspective. *Eur J Appl Physiol*, v. 111, n. 3, p. 367-78, 2011.

## ANEXO I PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



UFRGS - PRÓ-REITORIA DE  
PESQUISA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Parâmetros de desempenho em nadadores paralímpicos

**Pesquisador:** Flávio Antônio de Souza Castro

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 69937717.5.0000.5347

**Instituição Proponente:** Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 2.274.037

**Apresentação do Projeto:**

O desempenho na natação paralímpica é basicamente relacionado à capacidade de coordenar movimentos corporais complexos para maximizar a propulsão e minimizar a resistência na água. Sabe-se que diversos parâmetros biomecânicos e fisiológicos influenciam ou determinam o desempenho em natação.

A compreensão desses parâmetros pode contribuir para que atletas com deficiência físico-motora, visual ou intelectual, possam atingir velocidades cada vez maiores em provas de natação competitiva.

No caso dos nadadores com deficiência físico-motora, a oportunidade para participação do movimento paralímpico engloba pessoas com: potência muscular comprometida nos membros ou na metade inferior do corpo (p. ex. lesões da medula espinhal, espinha bifida ou poliomielite); redução permanente da distância alcançada em movimento passivo; deficiência dos membros (p. ex. amputação por doença ou acidente); diferença no comprimento das pernas; estatura baixa devido a dimensões anormais dos ossos dos membros superiores e inferiores ou do tronco (p. ex. acondroplasia ou disfunção do hormônio do crescimento); hipertonia - aumento anormal da tensão muscular e capacidade reduzida de um músculo para alongar; ataxia - falta de coordenação dos movimentos musculares devido a condição neurológica, como paralisia cerebral, lesão cerebral ou esclerose múltipla; atetose - caracterizada por movimentos com desequilíbrio 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@propesq.ufrgs.br



UFRGS - PRÓ-REITORIA DE  
PESQUISA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO



Continuação do Parecer: 2.274.037

descontrole e uma dificuldade em manter uma postura simétrica, devido a paralisia cerebral, lesão cerebral, esclerose múltipla ou outras condições.

No tocante aos nadadores cegos ou com deficiência visual, há três classes: S11 (acuidade visual muito baixa e/ou sem percepção de luz, cego), S12 (acuidade visual maior que a classe S11 e/ou um campo visual de menos de 5 graus de raio) e S13 (maior acuidade visual elegível e/ou um campo visual de menos de 20 graus de raio). Nadadores cegos possuem maior dificuldade em perceber as marcações no fundo da piscina e as limitações em cada raia, quando comparados aos nadadores com deficiência visual.

Em relação à deficiência intelectual, classe 14, há uma limitação no funcionamento intelectual, p. ex. dificuldade no reconhecimento de padrões, sequências e memória, tempo de reação maior e, no comportamento adaptativo, p. ex. dificuldade em expressar habilidades adaptativas conceituais, sociais e práticas, que se originam antes dos 18 anos de idade.

De forma específica, uma melhor compreensão dos parâmetros de desempenho em nadadores com deficiência físico-motora, visual ou intelectual poderia ser alcançada por meio de estudos que buscassem responder a seguinte pergunta guia desta pesquisa: de que forma as diferentes características funcionais presentes em nadadores com deficiências físico-motora, visuais e intelectuais influenciam nos parâmetros de desempenho biomecânicos e fisiológicos em testes e provas de natação competitiva?

#### **Objetivo da Pesquisa:**

O objetivo do projeto é analisar o desempenho de nadadores paralímpicos a partir de parâmetros fisiológicos e biomecânicos.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os riscos e benefícios do projeto estão adequadamente apresentados. Os participantes terão riscos mínimo, associados ao ato de nadar à máxima intensidade possível em um teste de nado incremental (5X200 m nado livre) e ao registro da coleta de imagens dos percursos dos nados. Contudo, ressalta-se que: esta pesquisa fará uso de aquecimento prévio, o qual poderá diminuir os efeitos do protocolo executado progressivamente até a máxima intensidade; os testes serão conduzidos por profissionais habilitados a prestar os primeiros socorros e salvamento aquático, caso necessário. Além disso, os participantes desta pesquisa serão atletas de natação, acostumados a distância ainda maiores na mesma intensidade do protocolo proposto. Para além disso, haverá sigilo pelos registros dos tempos, resultados encontrados nas coletas de dados e pela utilização de gravações dos vídeos dos percursos dos nados, sendo estes utilizados apenas para fins científicos, mantendo-se a identidade de todos os participantes no anonimato. Como

**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



UFRGS - PRÓ-REITORIA DE  
PESQUISA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO



Continuação do Parecer: 2.274.037

benefícios direto para os participantes deste estudo, poder-se-ão fornecer os resultados pessoais e estritamente individualizados para cada participante. Estes resultados são relativos aos comportamentos de parâmetros (biomecânicos e fisiológicos), de rendimento esportivo na natação, o quais poderão contribuir para que melhorem seus próprios desempenhos.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto é relevante, interessante e aborda importantes lacunas da literatura, relacionadas ao desempenho de atletas paralímpicos de natação. O projeto segue a tradição do grupo de pesquisa ao qual está vinculado, com todos os elementos que permitem a sua execução plena.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos de apresentação obrigatória estão anexados ao projeto.

**Recomendações:**

Sem recomendações.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há pendências. O projeto encontra-se em condições de aprovação.

**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_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_944982.pdf	19/06/2017 12:45:05		Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	19/06/2017 12:44:30	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	anuenciainstitucional.pdf	16/06/2017 16:00:17	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Outros	pareceraprovacao.pdf	16/06/2017 15:57:47	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_TA.pdf	16/06/2017 15:56:30	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Outros	cartaz.pdf	16/06/2017 15:56:01	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	parametroscompleto.pdf	16/06/2017 15:55:42	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@propesq.ufrgs.br



UFRGS - PRÓ-REITORIA DE  
PESQUISA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO



Continuação do Parecer: 2.274.037

Investigador	parametroscompleto.pdf	16/06/2017 15:55:42	Flávio Antônio de Souza Castro	Aceito
--------------	------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------

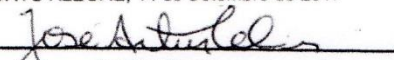
**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

PORTO ALEGRE, 14 de Setembro de 2017

  
Assinado por:  
José Artur Bogo Chies  
(Coordenador)

**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@propesq.ufrgs.br

## ANEXO II TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Pelo presente termo de consentimento livre e esclarecido, você está sendo convidado a participar de um estudo que tem como tema: “**Natação no paradesporto: fisiologia, cinematográfica, coordenação e desempenho em 200 m nado crawl**”. Tal pesquisa tem como objetivo de descrever as variáveis de desempenho fisiológicas, biomecânicas e coordenativas de nado em um teste máximo de 200 m nado crawl de nadadores do paradesporto com deficiência física.

Inicialmente você passará pelos seguintes procedimentos: familiarização com uso de snorkel para a natação, durante visitas aos clubes e/ou instituições onde treinam, até que possam se sentir confortáveis; registro de imagens frontais e laterais por câmeras; medições antropométricas da massa corporal, estatura e tamanho dos membros superiores.

Em seguida, será realizado um aquecimento de 600 m, sendo 200 m livres, 200 m com uso de snorkel para natação, 200 m com o snorkel do *Aquatrainer* para analisar o consumo de oxigênio.

Logo após o aquecimento, será realizado um teste máximo de 200 m nado, o qual terão que falar qual foi a percepção subjetiva de esforço por meio de uma tabela de BORG. Será captado o consumo de oxigênio por um analisador de gases portátil, e em simultâneo, captadas imagens dos percursos nadados por câmeras em cima e em baixo da água durante cada 200 m. A frequência cardíaca será coletada por meio de um relógio com a cinta que estará fixada ao atleta.

Os nadadores serão orientados a não executarem atividades físicas extenuantes 24 horas antes dos testes e a não consumirem alimentos nas duas horas antes à realização dos testes.

Os riscos em participar desta pesquisa estão envolvidos com o preenchimento do questionário, registro de fotos e imagens de vídeo, coleta de dados antropométricos e teste nado de máxima velocidade, o que pode deixar algumas dores relativas ao esforço físico. Para tanto, tomaremos todos os cuidados necessários para que nada de mal lhe aconteça, pois possuímos grupo capacitado para a pesquisa, oferecendo segurança física e moral aos participantes, buscando a todo o momento preservar a sua saúde, identidade, sendo garantida a privacidade das respostas de todos os dados coletados, pois tais dados servirão apenas para suprir as necessidades científicas do estudo. E, também serão feitas familiarizações e aquecimentos prévios a fim de diminuir possíveis dores e/ou dificuldades com o teste.

Como principal benefício direto de sua participação está o *feedback* dos dados antropométricos coletados e do rendimento no teste por meio de um relatório contendo informações dos dados coletados fisiológicos e biomecânicos. Estas informações poderão ser úteis para entender melhor o seu rendimento em provas paralímpicas e serão fornecidas de forma individualizada.

Informamos também que todas as despesas serão custeadas pelos pesquisadores, nenhuma parte recairá sobre o participante, nem receberá gratificação ou pagamento pela participação neste estudo. O presente termo será feito em duas vias, uma ficará em sua posse e outra em posse do pesquisador.

Você poderá receber esclarecimentos, tirar suas dúvidas sobre a pesquisa a qualquer momento, podendo desistir de continuar colaborando se assim o desejar, sem penalização alguma. Qualquer dúvida, por favor, entre em contato com a equipe de pesquisa: Wellington Gomes Feitosa (Fones: 51 981949431) Daniela Ongaratto (Fone: 51 996464343) 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 esclarecidos sobre a pesquisa neste termo e que recebi cópia do presente termo de consentimento.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

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

---

Daniela Ongaratto – Telefone: (51)996464343

---

Wellington Gomes Feitosa - Telefone: (51)981949431

---

Assinatura do pesquisador responsável  
Prof. Dr.: Flávio Antônio de Souza Castro - Telefone: (51) 51 33085806