

unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

REGIANE DINIZ CORREIA

ANÁLISE DA ASSIMETRIA DA BRAÇADA
DO NADO CRAWL ATRAVÉS DO “NADO ATADO”

Guaratinguetá

2016

REGIANE DINIZ CORREIA

**ANÁLISE DA ASSIMETRIA DA BRAÇADA
DO NADO CRAWL ATRAVÉS DO “NADO ATADO”**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Projetos.

Orientador: Prof. Dr. José Elias Tomazini

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins

Guaratinguetá

2016

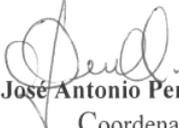
C824a	<p>Correia, Regiane Diniz Análise da assimetria da braçada do nado crawl através do “nado atado” / Regiane Diniz Correia – Guaratinguetá, 2016. 77 f : il. Bibliografia: f. 66-73</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. José Elias Tomazini Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins</p> <p>1. Natação. 2. Nado Atado. 3. Desempenho. I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 797.2(043)</p>
-------	---

REGIANE DINIZ CORREIA

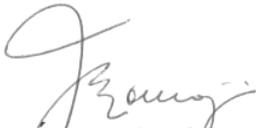
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: PROJETOS

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. JOSÉ ELIAS TOMAZINI
Orientador / UNESP-FEG


Prof. Dr. JOSÉ GERALDO TRANI BRANDÃO
UNESP-FEG


Prof.ª Dr.ª ELAINE CRISTINA MARTINEZ TEODORO
FAPI

Agosto de 2016

DADOS CURRICULARES

REGIANE DINIZ CORREIA

NASCIMENTO	05.02.1984 – Rio de Janeiro/RJ
FILIAÇÃO	Reginaldo Azevedo Correia Maria de Lourdes Diniz Correia
2004/2007	Curso de Graduação Educação Física – Escola Superior de Cruzeiro
2014/2016	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado, na Universidade Estadual Paulista.

Aos meus amados pais *Reginaldo e Lourdes*, dedico este trabalho, bem como as demais conquistas da minha vida. Mãe, seu amor, seu cuidado e seus conselhos me deram forças para nunca desistir. Pai, o senhor é meu exemplo de superação. Aprendi ao seu lado que tudo é possível, e que para ser feliz não é preciso ter muito. Dedico também a minha vó *Laurita (in memorian)*, a sua vida foi um exemplo de determinação para mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o Todo Poderoso e Senhor da minha vida por estar sempre comigo, me livrando e me ajudando nas minhas escolhas.

Aos meus pais e minha irmã Andressa, muito obrigada por tudo que fizeram por mim, principalmente pelas orações incessantes para a conclusão desta pesquisa.

Ao meu namorado Rodrigo, pessoa que eu amo compartilhar a vida. Obrigada pelo carinho, paciência e por sua capacidade de me ajudar a superar os obstáculos.

Meu amigo Mário Augusto, obrigada pelo incentivo, força e principalmente pelas orações.

Aos amigos de mestrado Tatiane Rodrigues, Alessandra de Souza e João Bernini que demonstraram grande companheirismo durante o tempo em que convivemos.

Meu agradecimento aos estagiários Daniele, Miller, Miguel e Carlos que me acompanharam durante a realização desta pesquisa.

Ao Sr. Walter, obrigada por me ajudar a compreender a parte técnica, que dificilmente conseguiria sem a sua competente ajuda.

Ao meu Coorientador Dr. Marcelo Sampaio Martins que sempre esteve disponível para me orientar e me ajudar.

Ao Professor Dr. José Elias Tomazini, hoje meu orientador, por me acolher quando precisei, muito obrigada.

Aos professores da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Dr. José Geraldo Trani Brandão e Dr. Mauro Pedro Peres pelos ensinamentos. Em especial ao Professor Dr. Tamotsu Hirata que no início desta pesquisa aceitou ser meu orientador e acreditou que poderia dar certo.

Aos atletas, aos pais, e ao treinador Digiorgio do Itaguará Country Clube por acreditarem em nosso trabalho, e ao Presidente Sr. Paulo Celso Resende Rangel, por nos permitir acesso a todas as dependências necessária para a realização dos testes.

E ao meu colega e amigo de profissão Dr. Emílio Cipolli que com sua brilhante sugestão me direcionou para a realização da minha dissertação.

“Seja forte e corajoso! Não temas, nem te espantes; porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares”.

Bíblia Sagrada Livro de Josué 1:9

RESUMO

Atualmente, a natação é praticada em diversos níveis, desde o terapêutico até o competitivo. Fatores biomecânicos que interferem no desenvolvimento da força propulsiva influenciam mais no desempenho do que na capacidade de produzir energia. Visando o alto rendimento, o objetivo deste trabalho foi detectar a assimetria da braçada do nado crawl através do nado atado e verificar a sua possível relação com a queda de desempenho. Com a utilização da dinamometria foi possível descrever as variáveis dinâmicas da força da braçada através de célula de carga, e com o auxílio da cinemetria comparar as variáveis da assimetria entre os braços e a frequência média de ciclos de braçadas. O método do nado atado foi empregado para avaliar 8 nadadores competitivos, com o mínimo de 2 anos de treinamento, de ambos os sexos, com idade entre 11 e 20 anos. Os dados de força obtidos foram coletados durante o nado crawl em um protocolo de 30 segundos, sendo 10 segundos iniciais de nado moderado, e 20 segundos de nado em intensidade máxima. As médias dos picos de força, frequência e ciclos foram descritas e comparadas entre as braçadas direita e esquerda. Os resultados da comparação entre a braçada direita e esquerda não diferiram estatisticamente: FM_{NA} ($80,28N \pm 16,48$); e FM_{NA} ($87,48 \pm 29,77$) respectivamente. Quando comparados individualmente apenas, dois dos oito sujeitos apresentaram diferença entre as braçadas ($p < 0,05$). Os resultados sugerem que os nadadores que apresentam assimetria significativa podem estar relacionado com o estilo do nado, técnica e treinamento específico. O índice de assimetria encontrado nos outros nadadores não é considerado fator crítico. Assim, o nado atado continua sendo uma das melhores formas de mensuração da força, e pode ser utilizado como prognóstico de treinamento, em provas de curta distância.

PALAVRAS CHAVES: Natação. Nado Atado. Força. Desempenho.

ABSTRACT

Currently, swimming is practiced at various levels, from the therapeutic to the competitive. Biomechanical factors that affect the development of the propulsive force, influence on performance more than the ability to produce energy. Aiming high performance, the aim of this study was to detect the asymmetry of the front crawl stroke by tethered swimming and check their possible relationship with the performance drop. With the use of grip strength was possible to describe the dynamic variables of the stroke force by load cell, and with the help of kinematics compare the variables of the asymmetry between the arms and the mean frequency of strokes cycles. The tethered swimming method was used to evaluate 8 competitive swimmers, with a minimum of two years of training, of both sexes, aged 11 and 20 years. The strength data were collected during the crawl in a 30-second protocol, 10 seconds of moderate swimming, and 20 seconds of swimming at maximum intensity. The average of the force peaks, frequency and cycles were described and compared between the right and left strokes. The results of the comparison between the right and left stroke were not statistically different: FM NA ($80,28N \pm 16.48$); and FM NA (87.48 ± 29.77) respectively. When compared individually only two of the eight subjects showed difference between the lengths ($p < 0.05$). The results suggest that the swimmers have significant asymmetry may be related to the style of swimming, technical and specific training. The asymmetry index found in other swimmers is not considered critical. Thus, the tethered swimming remains one of the best ways to measure the strength, and can be used as a prognostic training in evidence walking distance.

KEYWORDS: Swimming. Tethered Swimming. Force. Performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema do nado semi-atado.....	19
Figura 2 – Modelo esquemático do nado atado.....	20
Quadro 1 – Métodos de medição utilizados pela biomecânica	21
Figura 3 - Modelo antropométrico	22
Figura 4 – Etapas do tratamento matemático do sinal eletromiográfico	23
Figura 5 – Câmera subaquática	24
Figura 6 – Plataforma de medição de força de contato na simulação da saída da natação	25
Figura 7 – Nadador atado com um cabo ligado a uma célula de carga	26
Figura 8 – Fases básicas do nado livre	27
Figura 9 – Forças atuantes no meio líquido.....	28
Figura 10 – Flutuação	29
Figura 11 – Forças de flutuação maior do que a tração para baixo.....	30
Figura 12 – Fluxo laminar e turbulento	31
Figura 13 – O efeito do espaço do corpo no arrasto hidrodinâmico.....	32
Figura 14 – Sistema de ondas formado por um ponto de pressão do movimento.....	33
Figura 15 – Movimento da braçada do nado crawl produz levamento propulsor.....	35
Figura 16 – Trajetória da mão no nado crawl.....	37
Figura 17 – Trajetória da braçada do nado crawl visão frontal.....	38
Figura 18 – Suporte da câmera.....	45
Figura 19 – Célula de carga vedada	46
Figura 20 – Execução do piloto.....	47
Figura 21 – Barra flutuante de PVC	48
Figura 22 – Barra flutuante de alumínio.....	48
Figura 23 – Sincronização da célula de carga, imagem e som.....	49
Figura 24 – Sincronização do fator tempo do software.....	50
Figura 25 – Execução do teste de mensuração da força das braçadas direita e esquerda	51
Figura 26 – Célula de Carga SV 50.....	52
Figura 27 – Suporte para calibração	53
Figura 28 – Curva de calibração ascendente	53
Figura 29 – Condicionador de sinais e equipamentos utilizados.....	54
Figura 30 – Gráfico de esforço	55
Figura 31 – Webcam fixada ao suporte	56

Figura 32 – Visão lateral da webcam fixada no suporte sobre a piscina.....	56
Figura 33 – Vizualização das imagens	57
Figura 34 – Média da força da braçada do grupo	60
Figura 35 – Média da força da braçada	61
Figura 36 – Média de braçadas direita e esquerda.....	63
Figura 37 – Quantidade de braçada individual.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados antropométricos médios.....	44
Tabela 2 – Força da braçada	58
Tabela 3 – Frequência e ciclos de braçadas.....	61
Tabela 4 – Contagem das braçadas direita e esquerda	62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DA NATAÇÃO	19
2.2 BIOMECÂNICA	20
2.2.1 Métodos de medição	21
2.3 ANÁLISE BIOMECÂNICA EM NATAÇÃO	27
2.3.1 Tipos de forças aplicadas dentro d'água	27
2.3.1.1 Flutuação	28
2.3.1.2 Forças de arrasto ou resistência	30
2.3.1.2.1 Resistência ou arrasto de forma	31
2.3.1.2.2 Resistência ou arrasto da onda.....	32
2.3.1.2.3 Resistência ou arrasto friccional	33
2.3.1.3 Propulsão	34
2.4. ANÁLISE DO NADO CRAWL	36
2.4.1 Técnica do nado crawl.....	36
2.4.2 Nado atado	39
3. MÉTODO	44
3.1 ASPECTOS ÉTICOS E DELINEAMENTO DA PESQUISA	44
3.1.1 Amostra	44
3.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	45
3.2.1 Procedimento experimental validado	50
3.2.2 Dinamometria	52
3.2.2.1 Calibração da célula de carga	52
3.2.2.2 Condicionador de sinais	54
3.2.2.3 Aquisição dos dados da célula de carga	54
3.2.3 Cinemetria	55
3.2.1 Câmera.....	55
3.2.2 Aquisição dos dados da cinemetria	57
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	58

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 FORÇA DA BRAÇADA.....	59
4.2 FREQUÊNCIA E CICLO DE BRAÇADA	62
4.3 QUANTIDADE DE BRAÇADA.....	63
5. CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE A	74
APÊNDICE B.....	76
ANEXO.....	77

1. INTRODUÇÃO

A natação era considerada, na Grécia Antiga, fundamental para a formação física de jovens e de soldados, mas não figurava em suas competições. A partir do século XVII, estilos e regras foram sendo estabelecidos. Atualmente, a natação é praticada em diferentes níveis, desde o terapêutico até o competitivo. Visando o alto rendimento, é importante especificar programas de treinamento voltados para quantificar e monitorar a intensidade de treinamento, a prescrição adequada e o prognóstico do desenvolvimento esportivo.

Segundo Franken (2011), a elaboração de programas voltados para o processo de treinamento adequado e individualizado para cada atleta é fundamental para identificar o perfil e a capacidade do nadador de realizar movimentos precisos e simétricos. Assim, é possível definir parâmetros biomecânicos e fisiológicos de cada atleta, objetivando a melhora da performance.

O teste não invasivo como o Nado Atado (NA) consiste em natação estacionária e, determina através da dinamometria com a utilização de célula de carga, a relação entre técnica e força necessária para gerar propulsão. Desconsiderando a força de arrasto é possível associar outras forças aplicadas e seus efeitos sobre o desempenho.

Fatores biomecânicos que interferem no desenvolvimento da força propulsiva, influenciam mais no desempenho do que na capacidade de produzir energia. A forma como as forças de ambos os braços são empregadas e a técnica da braçada do nadador são alguns desses fatores. No nado crawl, há uma alternância dos movimentos dos braços, igualdade e a manutenção da frequência, sendo estas características fundamentais para o desempenho ao longo de uma prova. A soma destas características consistem no que é chamado de simetria do nado.

1.1 JUSTIFICATIVA

O interesse por esta pesquisa surgiu mediante a falta de estudos mais aprofundados que discutam a assimetria do nado e a força aplicada como enfoque principal. A falta de dados precisos sobre a assimetria da braçada faz com que seja necessária a realização deste estudo, a fim de contribuir para a prescrição de treinamentos individualizados e para a melhora da performance no nado crawl.

1.2 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL: O estudo tem como objetivo detectar a assimetria da braçada do nado crawl através do “Nado Atado”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Descrever o comportamento da força da braçada através de células de carga;
- Descrever e comparar as variáveis dinâmicas da assimetria entre os braços e a frequência média de ciclos de braçadas através de cinemetria;
- Verificar a possível relação entre a assimetria e a queda de desempenho.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação é composta por 5 capítulos, apêndices e anexos, que são divididos na seguinte ordem:

Capítulo 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. Contém conceitos sobre a história e a evolução da natação, métodos de medição, conceitos e definições sobre os tipos de forças aplicadas dentro d'água, e por fim a assimetria ou simetria da braçada e seus principais estudos baseados em pesquisas recentes (Estado da Arte).

Capítulo 3: MATERIAIS E MÉTODOS. Neste capítulo é abordado a estrutura da metodologia, contendo dados da calibração da célula de carga, calibração da câmera, apresentação da amostra, protocolo da medição e materiais utilizados.

Capítulo 4: RESULTADOS E DISCUSSÃO. Parte importante deste estudo. É feita a análise dos resultados obtidos na execução e a discussão com base em estudos recentes já realizados.

Capítulo 5: CONCLUSÃO. Ao final é possível tecer comentários e contribuições para incentivar o desenvolvimento de novos trabalhos na área.

REFERÊNCIAS. Suporte necessário para referenciar um trabalho são as fontes bibliográficas. Base teórica encontrada em artigos, livros, revistas científicas, etc.

APÊNDICES: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e Termo de Assentimento do Menor. Ficha de Avaliação.

ANEXO: Autorização para uso do laboratório de biomecânica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

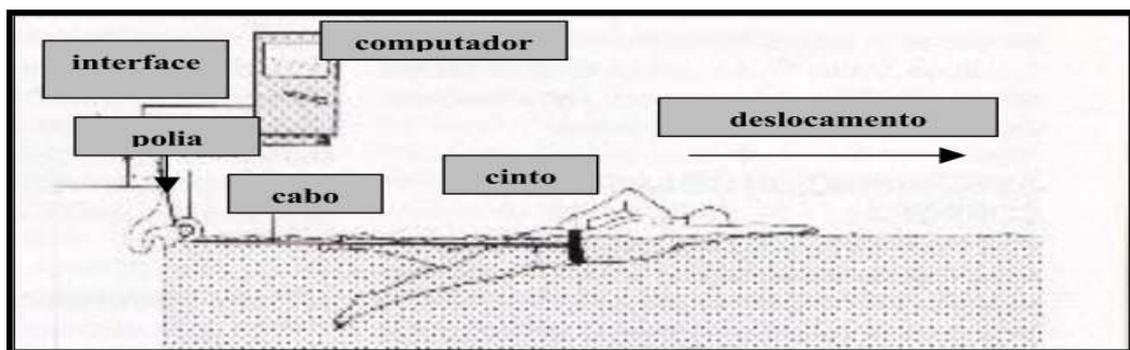
2.1 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DA NATAÇÃO

Desde a Antiguidade, o homem precisou se adaptar ao meio aquático para sobreviver. Os primeiros registros históricos que fazem referência à natação aparecem no Egito, no ano 5.000 a.C. Mas foi na Grécia Antiga que a natação passou a ter importância, não somente para a sobrevivência, sendo agregada na educação dos gregos, porém não existia constância de sua prática nos Jogos Olímpicos antigos. A natação era de grande importância no treinamento militar e usada como medida de reabilitação. Assim como na Grécia, em Roma, a natação fazia parte da educação dos jovens romanos. Entretanto, para eles, a natação tinha uma visão mais recreativa.

De acordo com Saavedra (2003), nos primeiros Jogos Olímpicos da era moderna em Atenas, em 1896, a natação já era contemplada como esporte, com um programa de provas de 100, 500 e 1.200 m. No ano de 1900, em Paris, as provas de natação foram disputadas no Rio Sena, com um programa de provas de 100 e 200 m livres, 200 m costas, 60 m submarinos e 200 m com obstáculos. Foi a partir de em 1904, em Saint Louis (EUA), que as provas foram disputadas em piscina.

Com o grande auge da natação durante os Jogos Olímpicos da era moderna, surgem os primeiros estudos científicos. Em 1905, o fisiologista Du Bois Raymond (citado por LEWILLIE,1983), mediu a força que um nadador exerce atado a um bote tendo que deslocar o mesmo, registrando essa força através de um dinamômetro. Este método de verificação de força é chamado atualmente de *partially tethered* ou nado “semi atado”. Na Figura 1 observa-se a montagem do aparato do nado semi-atado.

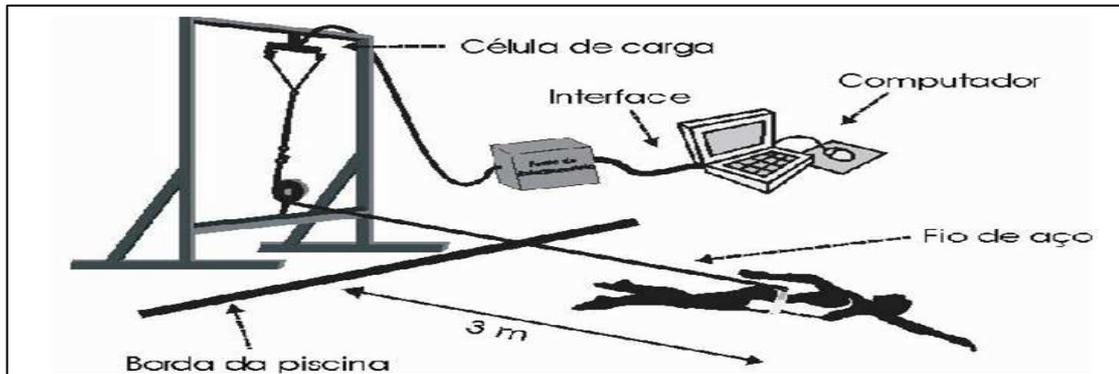
Figura 1 – Esquema do nado semi Atado.



Fonte: (MARINHO, 2002).

Alguns anos depois, Houssay (citado por LEWILLIE,1983), estudou o nadador atado a velocidade zero. Hoje, este método é conhecido como *tethered swimming* ou nado “atado”. A Figura 2 exemplifica o modelo esquemático do nado atado

Figura 2 – Modelo esquemático do nado atado.



Fonte: (PAPOTI, 2003).

A evolução da natação competitiva é inegável. A otimização da técnica desportiva e evolução tecnológica vem a cada dia contribuindo significativamente com pesquisadores, profissionais da área biomecânica, treinadores e atletas. Essa evolução da natação de alto rendimento proporciona, através de métodos de medição, formas de avaliação da técnica, correção de gestos motores, monitoramento e prescrição de treinamento específico, visando a eficácia e a melhora do desempenho.

2.2 BIOMECÂNICA

A biomecânica é uma ciência multidisciplinar que envolve a aplicação de princípios mecânicos no estudo da estrutura e função dos organismos vivos (HALL, 2000), e considera as aplicações da mecânica clássica para analisar os sistemas biológicos e fisiológicos, além de usar conceitos da física e da engenharia para descrever o movimento dos vários segmentos do corpo e as forças que agem nesses segmentos durante as atividades normais (NORDIN; FRANKEL, 2003).

A biomecânica do esporte é uma disciplina científica da qual os movimentos desportivos são descritos e explicados através de métodos mecânicos e tem por objetivo principal a melhora do rendimento. Segundo Menzel (1997), a biomecânica desportiva pode ser subdividida em três áreas de aplicação: biomecânica antropométrica, biomecânica preventiva e biomecânica de rendimento. A biomecânica de rendimento está diretamente

relacionada com a análise da técnica do movimento, cujo o objetivo principal é a identificação e a avaliação de suas variáveis. Para alcançar este objetivo, é primordial a otimização da técnica desportiva, e também a utilização correta dos métodos de medição e da instrumentação biomecânica visando diagnosticar individualmente as falhas técnico-motoras e corrigir as imperfeições a fim de alcançar a eficácia na performance.

De acordo com Hall (2000), a biomecânica é subdividida em duas áreas básicas, a cinemática e a cinética. A análise cinemática descreve os aspectos como a velocidade, frequência e deslocamento, desconsiderando as forças que originam o movimento. Já a análise cinética estuda os fatores que causam o movimento. Este instrumento permite o registro das forças, torques e pressões atuantes sobre o corpo e sua interação com o meio.

2.2.1 Métodos de Medição

A complexidade estrutural do movimento esportivo e o alto grau de variabilidade podem comprometer os resultados em uma análise biomecânica, pois os resultados devem ser caracterizados pela objetividade, confiabilidade e validade. Para minimizar as limitações e padronizar os testes biomecânicos, os protocolos de avaliação são necessários para orientar e definir as variáveis que serão analisadas, suas aplicações e interpretações. Os métodos de medição definidos pela biomecânica do esporte são: antropometria, eletromiografia, cinemática e dinamometria (AMADIO, 1999). No Quadro 1, observa-se os principais métodos de medição utilizados na biomecânica.

Quadro 1 – Métodos de medição utilizados pela biomecânica.

CINEMETRIA	ANTROPOMETRIA	DINAMOMETRIA	EMG
Posição	Dimensões	Forças	A T I V I D A D E
Orientação (tempo)	lineares superfícies volumes	Internas Externas	
Movimento (deslocamento)	Características inerciais	Momentos (torques)	M U S C U L A R
Velocidade	Massa CM/cent. Articulares Raio de giração Momento de inércia	Pressões	
Aceleração	(Ant. Muscular)		
Dinamometria inversa $F = m * a$			

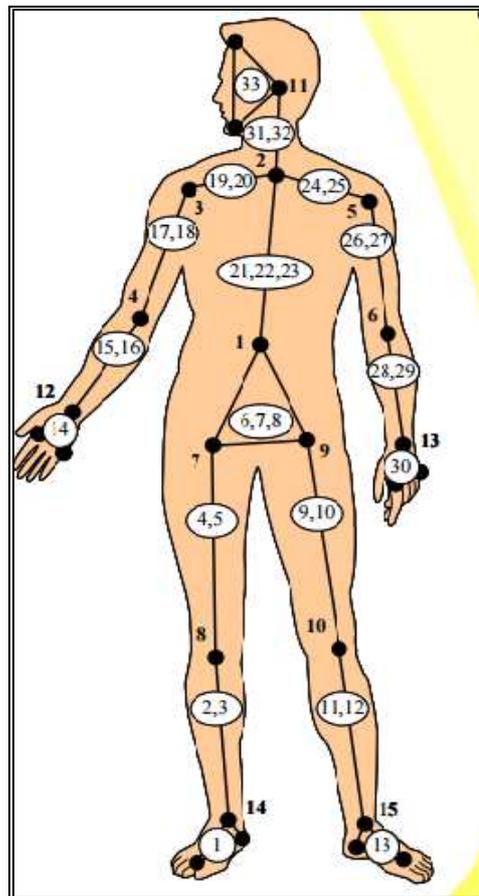
Fonte: (LIMA, 2005).

A antropometria é usada para obter medidas inerciais do corpo do atleta, com o uso de instrumentos como fita métrica, balanças, paquímetros digitais e até sistemas de digitação a laser.

Segundo Hall (1993) a antropometria proporciona métodos quantitativos para medir várias dimensões físicas e outras propriedades de populações específicas, cujos resultados são dados estatísticos indispensáveis para predição da performance humana.

Portanto, a antropometria busca modelos de referência (Figura 3) que possam ser utilizados para representar o corpo humano, sendo necessário obter medidas médias de densidade corporal por segmentos, assim como o tamanho e proporção média dos segmentos corporais para a construção de um modelo antropométrico das estruturas analisadas (MELO; SANTOS, 2000).

Figura 3 – Modelo antropométrico.



Fonte: (SILVA; AMBROSIO, 2004).

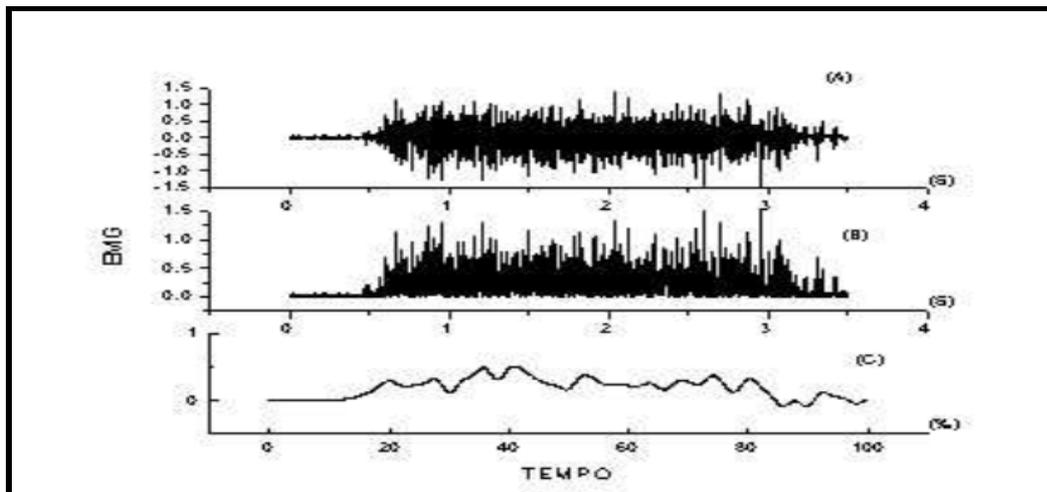
A eletromiografia (EMG) consiste no registro da atividade elétrica dos grupos musculares durante a realização do movimento (AMADIO; SERRÃO, 2007). Observa-se através da EMG a variação do potencial elétrico muscular, que acontece entre eletrodos. Para uma análise recomenda-se um processo seletivo prévio, determinando os grupos musculares

ativos durante o movimento que serão analisados. O potencial de ação muscular é investigado paralelamente aos parâmetros mecânicos, dinâmicos e cinemáticos. O processo de interpretação do eletromiograma possibilita uma visão da coordenação da atividade muscular. Pode-se determinar o padrão temporal da atividade muscular e conseqüentemente indicadores da coordenação da técnica do movimento através do sinal EMG (LIMA, 2005).

As modalidades de estrutura cíclica e simétrica de movimento, são as mais recomendadas para análise e avaliação de respostas da atividade eletromiográfica dos músculos selecionados. As atividades acíclicas de natureza explosiva, como saltos, e as modalidades com recrutamento específico como levantamento de peso, também são passíveis de análise de avaliação eletromiográfica. Quanto ao tratamento dos sinais para as específicas situações de análise e interpretações, recomenda-se rotinas e formalismos estabelecidos e elaborados pela *Society of Electrophysiology and Kinesiology*, - ISEK.

A Figura 4 apresenta a representação do sinal eletromiográfico.

Figura 4 – Etapas do tratamento matemático do sinal eletromiográfico.



Fonte: (AMADIO; SERRÃO,2007).

Portanto, recomenda-se ainda observar sempre a sincronização do sinal eletromiográfico com outro sistema de medição que determine parâmetros de natureza cinemática e/ou dinâmica para maior segurança da interpretação dos movimentos esportivos.

Outro método utilizado é a cinemetria, que busca medir parâmetros cinemáticos do movimento (PERSONA, 2006), como posição, orientação, velocidade e aceleração, mas desconsidera as forças que o causam. O movimento pode ser descrito em termos temporais e espaciais, sendo indicado a utilização destes procedimentos para a avaliação e

desenvolvimento da técnica de treinamento, monitoramento de atletas e detecção de talentos esportivos.

Os parâmetros cinemáticos utilizados variam do mais simples ao mais complexo, como a fotogrametria, a estroboscopia, a fotografia de exposição múltipla, entre outros. No entanto, essas técnicas possuem alto custo na digitalização da imagem, pois necessita de revelação das imagens para posterior processo de digitalização automática.

Atualmente, a videografia ou videogrametria são métodos mais utilizados para registrar as imagens, pois há disponibilidade, durabilidade e facilidade de utilização de câmeras de vídeo (Figura 5) e das unidades de reprodução (GUIMARÃES, 2006). Com o auxílio de *softwares* específicos, é possível definir as variáveis e diagnosticar os gestos motores peculiares do movimento investigado.

Figura 5 – Câmera subaquática



Fonte: (CIPOLLI, 2011).

Sabe-se que os sistemas mais utilizados são aqueles que baseiam-se no processamento de imagem digital, que consiste na transferência da imagem do vídeo para o ambiente do computador, através de uma sequência de quadros (frames), é possível analisar matematicamente os resultados e compreender o comportamento dinâmico do corpo humano.

Segundo Cipolli (2011), a videogrametria é dividida em duas técnicas de reconstrução de movimento: a bidimensional (2D) e a tridimensional (3D). A utilização do método matemático DLT – *Direct Linear Transformation* é o mais utilizado por tratar-se de

procedimento padronizado e amplamente utilizado pelos pesquisadores da comunidade científica nacional e internacional.

A dinamometria é um método de avaliação da biomecânica do esporte através da qual se utilizam dinamômetros e medidores de pressão. A função principal deste método é detectar a força de compressão ou de tração realizada sobre o corpo e assim pode-se interpretar seus efeitos estáticos e dinâmicos possibilitando reestruturar o processo de treinamento da técnica e do potencial de força do indivíduo.

Hall (2000) relata que os sistemas de medição da força foram empregados primeiramente em pesquisa para analisar a marcha, e posteriormente usados em estudos como fenômeno de partidas, impulsões, aterrissagens, balanços e equilíbrio.

De acordo com Amadio e Serrão (2007), as forças externas são interpretadas à partir das forças de reação do solo, pressões, torques, impulsos, gradiente de força, força de preensão manual, centro de pressão, etc. As forças internas assumem parâmetros no controle do movimento e limites de sobrecarga articular, interpretadas a partir de torques das forças musculares e forças nas superfícies articulares.

As plataformas de força são utilizadas para obter dados referentes à força de reação do solo (Figura 6), que é representada em forma de vetor em função do tempo, e sua ação é composta de três componentes: vertical, anteroposterior e médio-lateral. Desta forma, é possível quantificar a variação dinâmica da força de reação do solo com as condições do movimento (KURAMOTO, 2005).

Figura 6 – Plataforma de medição de força de contato na simulação da saída da natação.



Fonte: (KURAMOTO, 2005).

Os transdutores de força piezoelétricos e/ou células de carga *strain-gauges* são elementos fundamentais para mensuração da força, e os sinais obtidos por eles são enviados

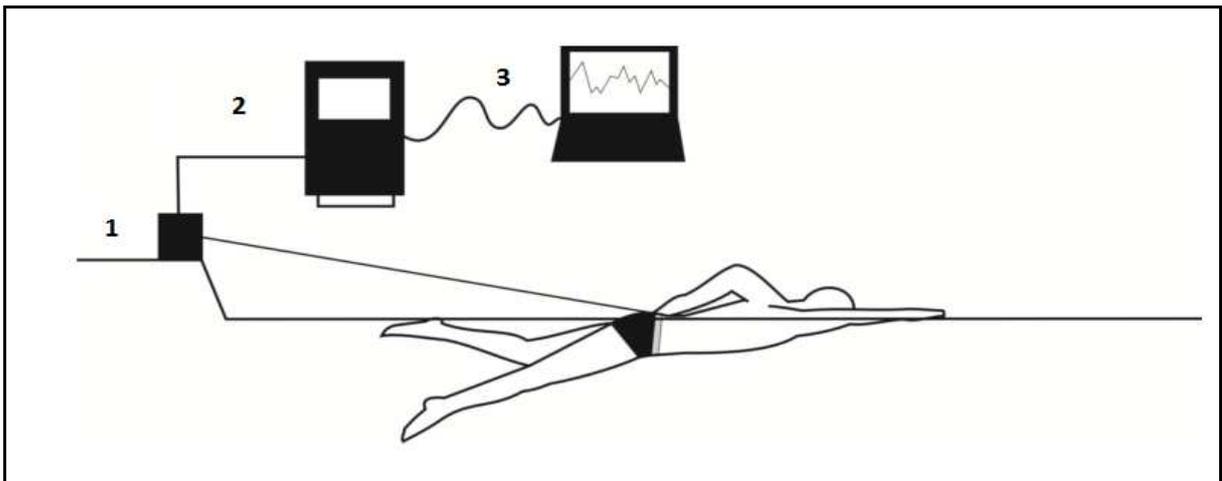
através de cabos e interruptores a um amplificador de sinais, também chamado de amplificador de cargas.

Outro instrumento de medição através da dinamometria é a utilização de células de carga para quantificar a força. (SANTHIAGO, 2009). A célula de carga é um dispositivo eletromecânico, que tem como propriedade a medição das deformações ou a flexão de um corpo, transformando-a em tensão. Atualmente, existem diversos tipos de aplicação em uma célula de carga que permitem registrar compressão, tração ou torque.

No caso da natação, a célula de carga é utilizada para medir a força propulsora, isto é, a força aplicada pelo nadador estando atado com um cinto ligado a um cabo conectado a uma célula de carga (RIBEIRO, 2012), conforme a figura abaixo:

Figura 7 – Nadador “atado” com um cabo ligado a uma célula de carga.

Modelo esquemático do nado atado: célula de carga (1); condicionador de sinais (2); e computador (3).



Fonte: (JÚNIOR, 2012).

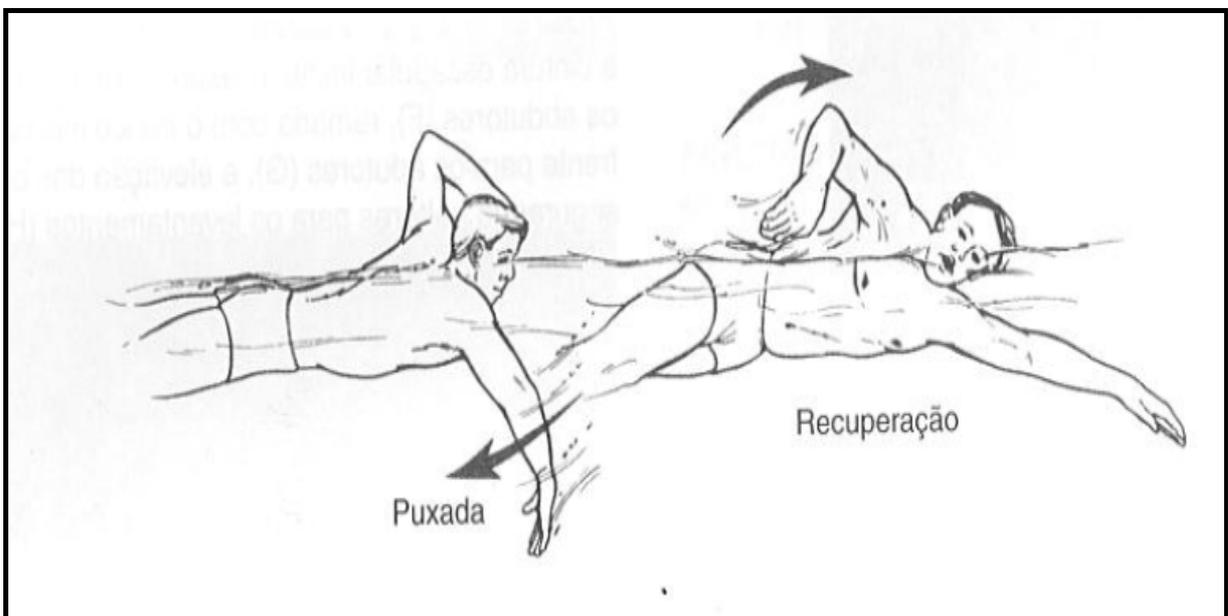
Papoti et al. (2007) relatam que os testes com célula de carga são metodologias alternativas que possibilitam mensurar a força do nadador com sistemas de aquisição de dados e que, por permitirem a coleta de grande número de valores em um curto intervalo de tempo, apresentam vantagem sobre outros sistemas.

Portanto, para se obter uma avaliação clara e precisa, é necessário o uso correto de um ou mais métodos de medição. Identificar, aferir, descrever, monitorar e avaliar são as etapas que devem compreender esse processo. Assim, os parâmetros analisados e os resultados serão satisfatórios.

2.3 ANÁLISE BIOMECÂNICA EM NATAÇÃO

De acordo com Hamill e Knutzen (1999), a técnica do nado livre pode ser dividida em duas fases básicas: puxada e recuperação, conforme a Figura 8. Na fase da puxada, as forças propulsoras são geradas pelo movimento do braço dentro da água. A fase de recuperação é iniciada quando o braço começa a abduzir e girar externamente para sair da água e preparar-se para outra entrada.

Figura 8 – Fases Básicas do Nado Livre.



Fonte: (HAMILL; KNUTZEN, 1999).

2.3.1 Tipos de forças aplicadas dentro d'água

A água é o meio que rodeia o nadador enquanto pratica a atividade, e como tal, o deslocamento na água envolve interações específicas entre o nadador e o meio aquático (SANTOS, 2010).

Segundo Junior *et al* (2011), a água é 1000 vezes mais densa que o ar e, assim, quando o corpo se desloca em uma determinada direção, o mesmo recebe uma resistência que é oposta ao movimento. Esse conceito de resistência é denominado arrasto.

Para se deslocar dentro da água, é necessário um pouco mais do que habilidades propulsivas, depende da capacidade de redução de arrasto durante o nado. Esta redução permite ao nadador se locomover em velocidades constantes com menor utilização de energia (JUNIOR *et al.*, 2011), ou seja, economia do nado (SILVA *et al.*, 2006).

Economia do nado é um parâmetro importante no controle do processo de treinamento, desde que foi demonstrado que este conceito é relacionado ao desempenho do nado (SILVA et al., 2006). A eficiência mecânica total é a razão entre o trabalho realizado e a energia necessária para sua realização, ou seja, quanto menor o *input* energético necessário para o deslocamento, mais adequado mecanicamente será o gesto técnico-motor.

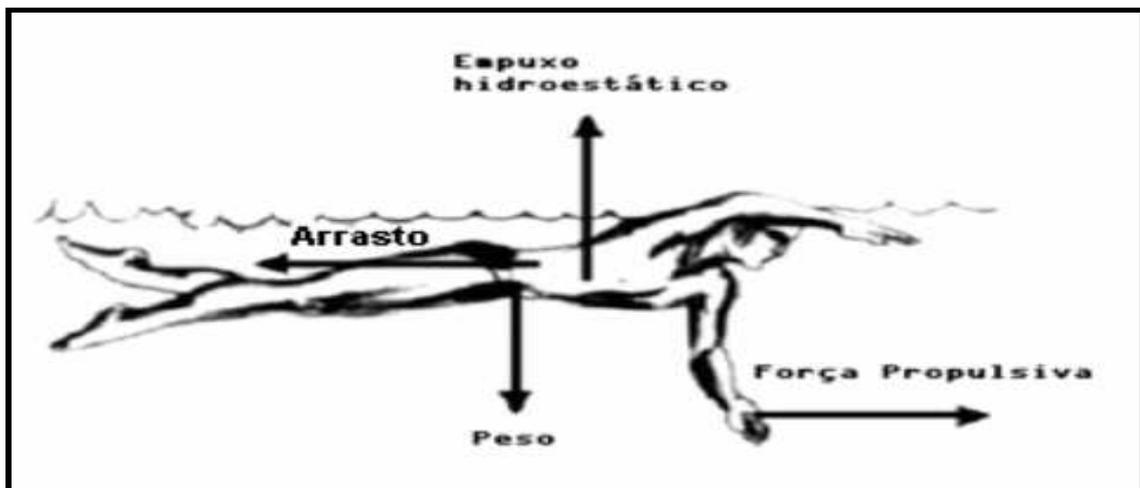
Uma parte considerável do gasto energético na natação é utilizada para vencer o arrasto (PENDERGAST et. al., 2003). A resistência da água está relacionada com o quadrado da velocidade de nado de acordo com a equação:

$$D = K \cdot v^2 \quad (1)$$

onde D é a força de arrasto, K é uma constante do coeficiente de arrasto, e V é a velocidade do nado.

Portanto, para a eficiência do desempenho de um atleta no meio aquático é necessário conhecer todas as forças atuantes. A Figura 9 mostra as forças atuantes durante o nado. A força peso e o empuxo hidrostático determinam a flutuabilidade, enquanto as forças propulsivas e de resistência ou arrasto determinam sua velocidade (MAGLISCHO, 1999).

Figura 9 – Forças atuantes no meio aquático.



Fonte: (CIPOLLI, 2011).

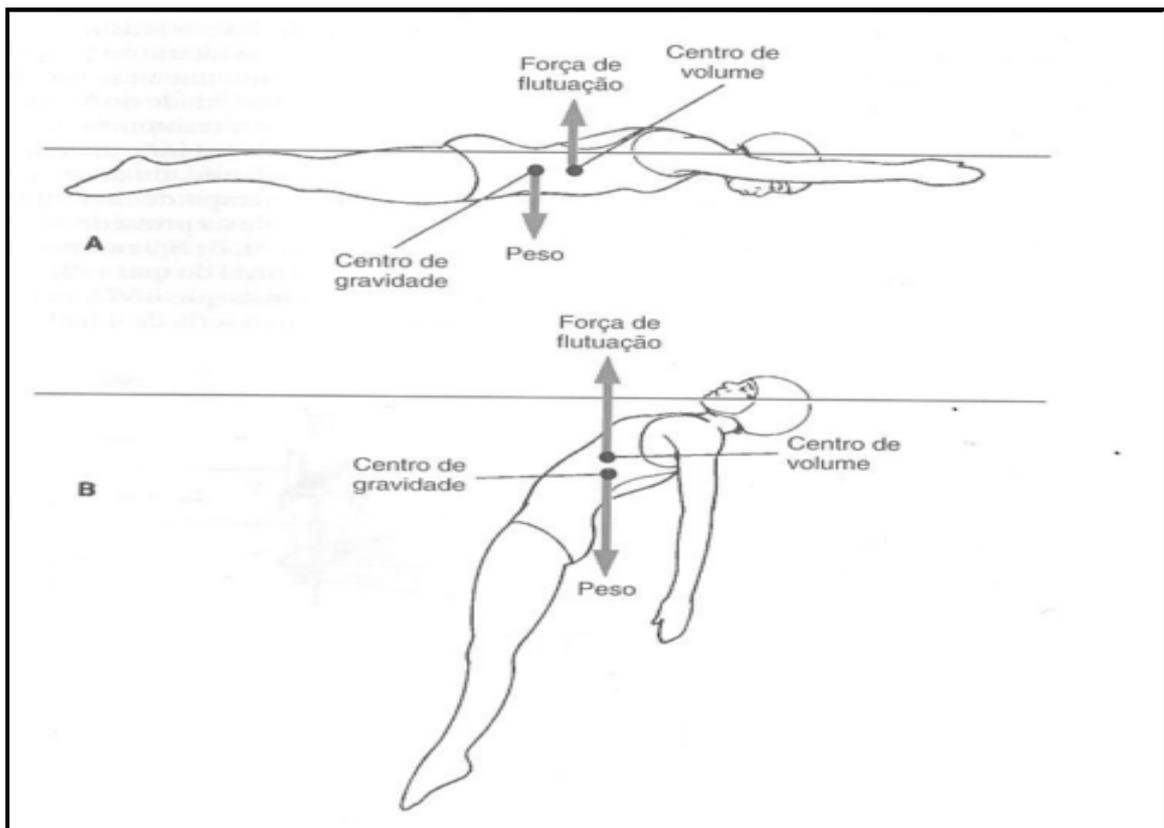
2.3.1.1 Flutuação

A flutuabilidade é a força de um fluido que atua sempre verticalmente para cima (HALL, 2000), porém a flutuação de um corpo na água depende das forças que se aplicam

num dado instante. Os fatores que determinam a magnitude da força de flutuação foram explicados originalmente pelo matemático da Grécia Antiga Arquimedes. Em repouso, a flutuação é determinada, conforme o Princípio de Arquimedes: “*todo corpo submerso num fluido experimenta um empuxo vertical (direção) e ascendente (sentido) igual ao peso do volume de fluido deslocado*”. Este empuxo se denomina empuxo hidrostático (Eh).

O peso e o empuxo hidrostático (Eh) se aplicam em pontos diferentes, pois a orientação corporal é determinada pelo fato de seu centro de flutuabilidade estar localizado em seu corpo mais acima do que seu centro de gravidade (CARR, 1998). A Figura 10 exemplifica como o peso do corpo atua no centro de gravidade e a flutuabilidade atua no centro de volume. O torque causado pelas forças faz o nadador rodar para uma posição de flutuação na qual o centro de flutuabilidade está diretamente acima do centro de gravidade.

Figura 10 – Flutuação.

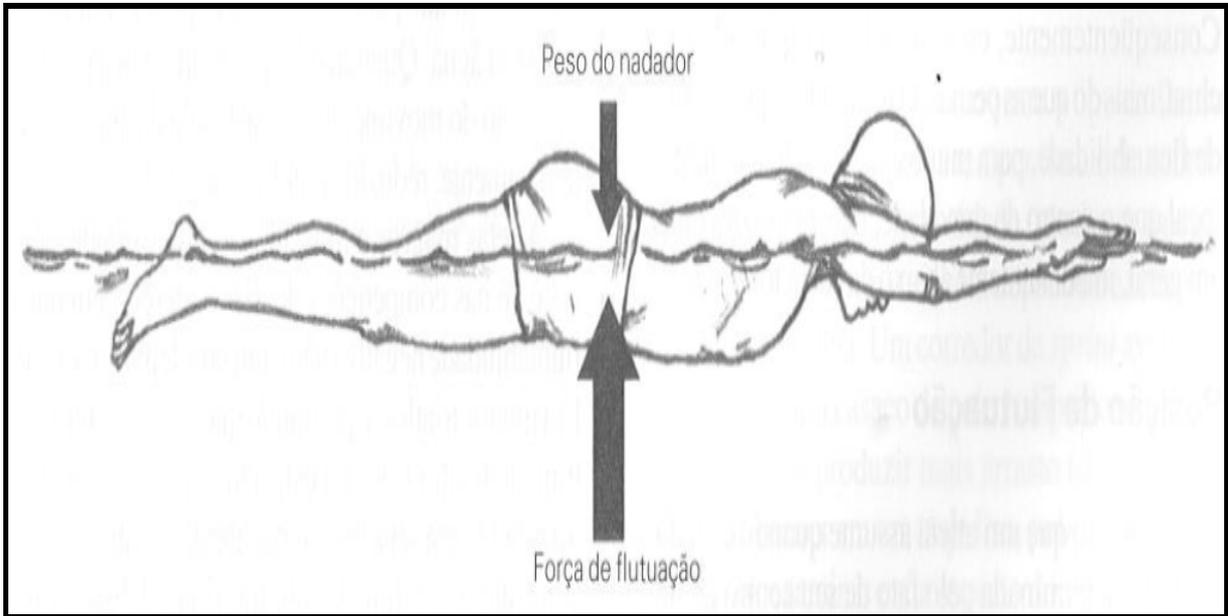


Fonte: (HALL, 2000).

O empuxo hidrostático (Eh) ou força de flutuação, agindo sobre o nadador imerso na água, é igual ao peso da água somado ao lugar que o corpo do atleta ocupa ou tira do caminho. Quando o nadador se desloca, o *Eh* empurrando para cima é aumentado. Se a força

de flutuação é maior do que a força da gravidade atraindo o nadador para baixo, ele é empurrado para a superfície (CARR, 1998), conforme Figura 11:

Figura 11 – Força de flutuação maior do que a tração para baixo da gravidade.



Fonte: (CARR,1998).

2.3.1.2 Força de Arrasto ou Resistência

A resistência é uma força com a mesma direção e sentido contrário ao avanço, de maneira que dificulta ou impede o deslocamento do corpo na água. Para o deslocamento existir é necessário realizar trabalho mecânico externo, vencendo a força de arrasto hidrodinâmico. Assim, o trabalho necessário para vencer a força de arrasto é igual ao produto da intensidade desta força pelo deslocamento (SANTOS, 2010):

$$W = D \cdot d \quad (2)$$

onde **W** é o trabalho mecânico, **D** a força de arrasto hidrodinâmico e o **d** o deslocamento.

Com o deslocamento do nadador dentro da água, aparecem três tipos de resistências: resistência de forma ou pressão, que está relacionada com a forma e posição do corpo do nadador quando atravessa uma massa de água; resistência da onda, criada pela produção de ondas na interface do fluido; e resistência por fricção, se dá pela característica da superfície corporal.

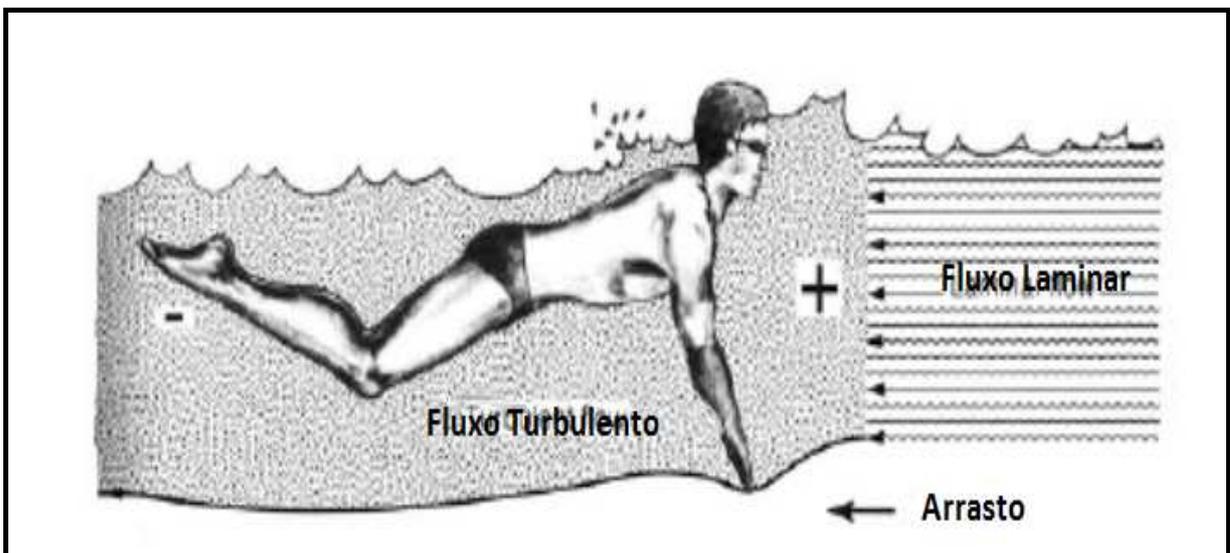
Estudos têm utilizado um sistema de medição de arrasto ativo (*MAD system*), a fim de mensurar a relação entre a resistência hidrodinâmica e a velocidade comparando o nado livre com o nado com boia hidrodinâmica (TOUSSAINT; ROSS; KOLMOGOROV, 2004). Com o aumento da velocidade do nado, o arrasto hidrodinâmico é aumentado de acordo com o quadrado dessa velocidade, ou seja, o nadador deve gerar mais força e aumentar sua velocidade, aumentando o valor da resistência hidrodinâmica ao seu deslocamento (TUCHER; GOMES; DANTAS, 2009).

2.3.1.2.1 Resistência ou arrasto de forma

Segundo Junior et al. (2011), o formato corporal dos nadadores tem relação íntima com a criação de fluxos turbulentos que retardam seu deslocamento. A correlação entre o tamanho corporal dos nadadores e a criação da resistência ao avanço é considerada alta ($r = 0,82$).

Uma zona de alta pressão (ou fluxo laminar) é gerada durante o nado adiante do corpo e outra, de baixa pressão por trás dele, chamado também de fluxo turbulento. Assim, o diferencial de pressão freia o avanço do corpo, conforme representado na Figura 12..

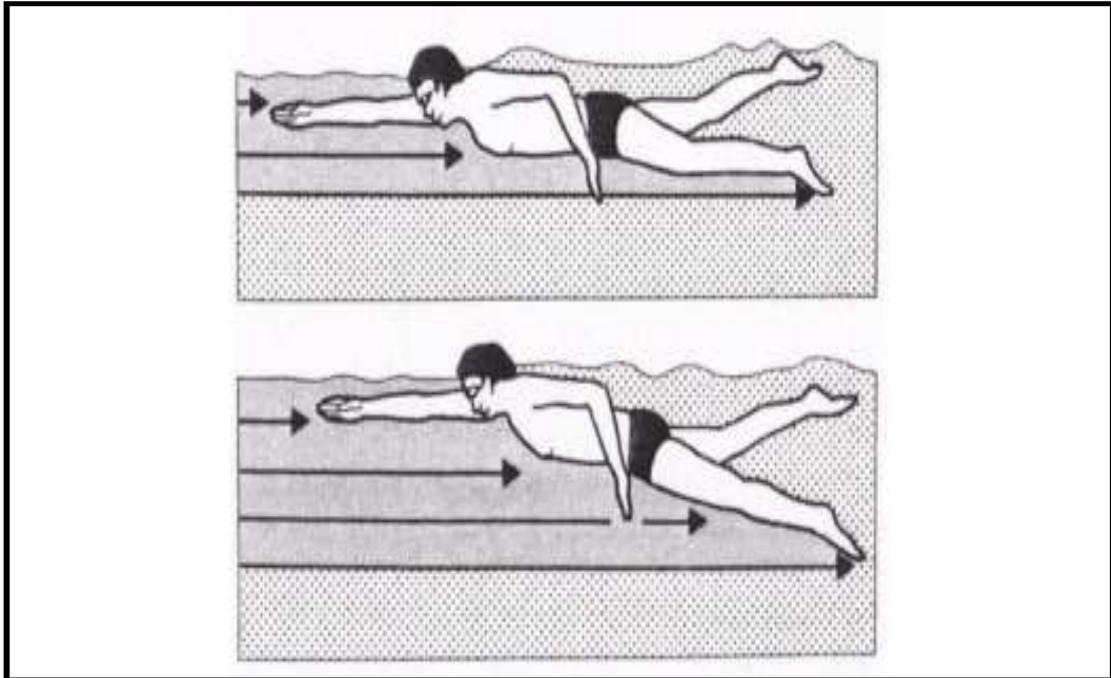
Figura 12 – Fluxo laminar e turbulento.



Fonte: (SANTOS,2010).

Sendo assim, o nadador deve se manter na posição mais horizontal possível para minimizar o espaço que ocupa, conforme representação o efeito do espaço corporal no arrasto hidrodinâmico na Figura 13.

Figura 13 – O efeito do espaço do corpo no arrasto hidrodinâmico.



Fonte: (SANTOS, 2010).

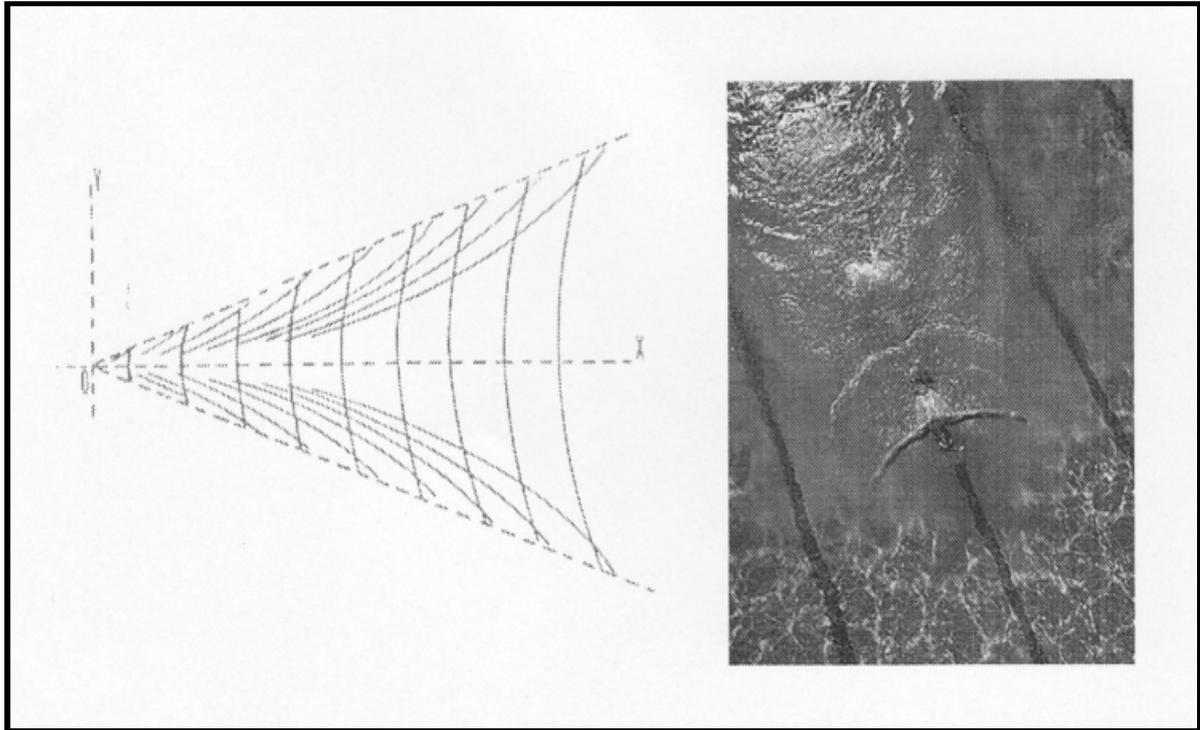
Deve-se observar o alinhamento lateral, pois os excessos de movimentos laterais dificultam o alinhamento do nado, e por fim, manter o rolamento do corpo, consequência natural dos movimentos dos braços, auxiliares da velocidade na natação (SANTOS, 2011), ou seja, o arrasto criado pelo nadador, será diretamente proporcional à quantidade de turbulência por ele criada (MAGLISCHO, 1999).

2.3.1.2.2 Resistência ou arrasto da onda

Hall (2000) cita que esse tipo de resistência atua na interface de dois líquidos diferentes como, por exemplo, na interface entre a água e o ar, mas quando os corpos estão completamente submersos, não são afetados pela resistência da onda. Durante o nado subaquático, depois das saídas e das viradas, não aparece este tipo de resistência

Em velocidades baixas, é pouco importante essa resistência, mas em altas velocidades, pode chegar a converter-se na mais importante. Porém, um bom nadador consegue diminuir essa resistência pelo controle das ondas que o próprio corpo produz (Figura 14). Essas ondas geralmente são frontais (criadas pela cabeça e pelo tronco) e geram uma pressão contra o corpo, diminuindo sua velocidade de progressão (SANTOS, 2011).

Figura 14 – Sistema de ondas formado por um ponto de pressão do movimento.



Fonte: (SANTOS, 2010).

De acordo com Cipolli (2011), este tipo de resistência está relacionada também com as ondas causadas por outros nadadores, portanto depende diretamente da posição do nadador na raia durante a competição.

2.3.1.2.3 Resistência ou arrasto friccional

O arrasto friccional está diretamente ligado à força de atrito. O atrito de superfície deriva dos contatos deslizantes entre as camadas sucessivas de fluido próximas da superfície de um corpo em movimento (HALL, 2000); ou seja, quanto mais lisa for a superfície corporal, menor será o arrasto friccional (CIPOLLI, 2011).

A quantidade de arrasto depende da quantidade de superfície em contato com a água, da viscosidade da água – que pode modificar com a mudança de temperatura, do coeficiente de fricção da pele, cabelo e mão, e da velocidade.

Portanto, para Carr (1998), quanto mais aderente o fluido, quanto maiores e mais ásperas as superfícies do atleta e quanto mais rápido o atleta e o fluido se movem, passando um pelo outro, maior será o arrasto friccional.

2.3.1.3 Propulsão

A teoria da força propulsiva, baseia-se na terceira lei de Newton do movimento. A propulsão é definida como a força criada pelos braços e pernas dos nadadores, que resulta em um impulso de seus corpos à frente. Essa teoria sugere também que os componentes horizontais dos movimentos para trás e para baixo do pé, e dos movimentos para trás e para cima do pé oposto, geram uma força de reação proveniente da água e direcionada para a frente (HALL, 2000).

Na maioria dos artigos que tratam sobre o tema, aceitam além da lei de ação-reação o teorema de Bernoulli. O teorema baseia-se na força de sustentação, o qual, segundo o autor, é mais convincente para explicar os movimentos dos nadadores mais rápidos e eficientes.

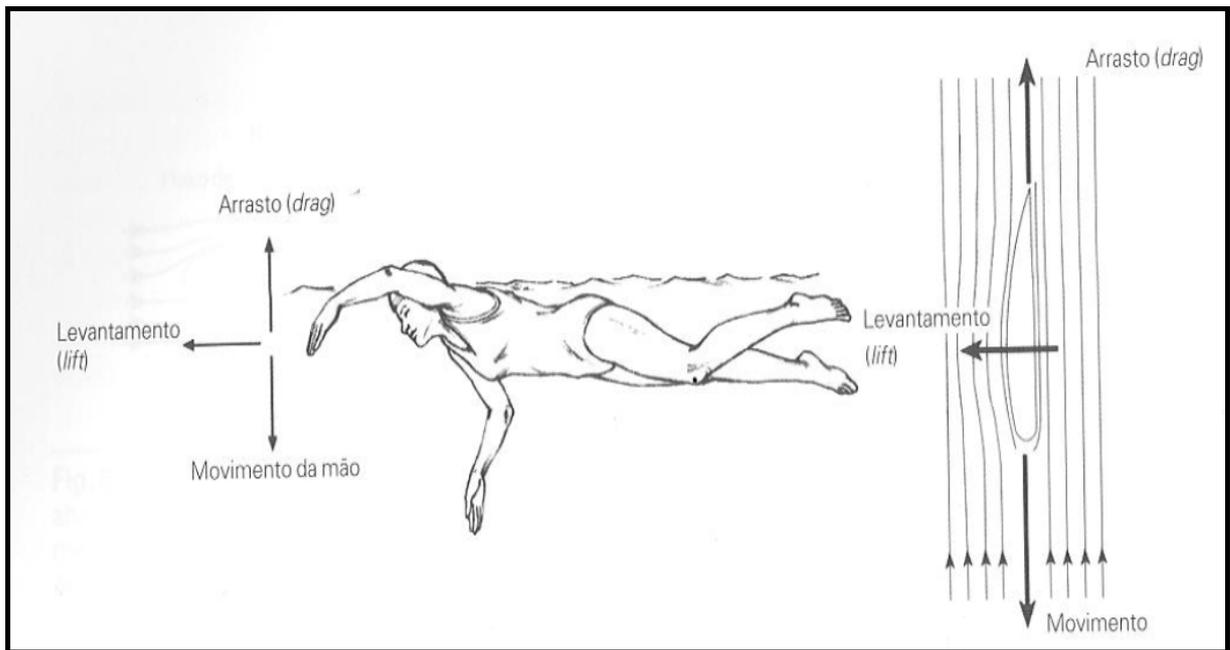
Atualmente, a teoria da força propulsiva é subdividida em dois tipos: arrasto propulsor e a força de sustentação. O arrasto propulsor está ligado à terceira lei de Newton (ação e reação), os nadadores devem empurrar a água diretamente para trás, conseqüentemente a mesma exercer uma força de igual magnitude, desta forma, seus corpos são impulsionados à frente (MARINHO, 2002). E a força de sustentação tem como base o teorema de Bernoulli, as mãos e os pés são os segmentos responsáveis por gerar a sustentação. A braçada surge o modelo da trajetória em S o princípio de Bernoulli afirma que a “pressão da água diminui à medida em que sua velocidade aumenta” (JUNIOR *et al.*, 2011). Segundo Marinho (2002) o movimento das mãos “varre” a água, ocasionando um diferencial de pressão entre seus lados opostos da mão. Na palma da mão a pressão é maior, e na região dorsal a pressão é menor.

As forças de sustentação, que atuam perpendicularmente na direção do movimento das mãos, são o que impulsiona o nadador à frente. Ambas as forças, arrasto e sustentação, são importantes para a propulsão, sugerindo que a velocidade de nadadores pode ser aumentada por diminuição das forças de arrasto e o aumento das forças propulsivas geradas pelas braçadas e pernadas.

De acordo com Carr (1998), ao movimentar as mãos na água, na direção apropriada, cria-se forças de levantamento (*lift*) que auxiliam na propulsão. Regulando e selecionando o melhor ângulo de ataque das mãos durante as fases propulsoras de suas braçadas do nado crawl, as forças de *lift* aumentam, impelindo o nadador para frente (Figura 15).

No nado crawl, a entrada ou ataque da mão na água, juntamente com a braçada multidirecional no formato “S”, produzem forças de arrasto e de levantamento que auxiliam na propulsão.

Figura 15 – Movimento da braçada do nado crawl produz levantamento (*lift*) propulsor.



Fonte: (CARR, 1998).

De acordo com Castro (2002), o trabalho realizado pelo nadador seria de dois tipos, o primeiro, que contribui para a propulsão horizontal, e o outro, que não contribui de maneira significativa para a propulsão horizontal, mas incrementa a resistência encontrada durante o deslocamento.

A velocidade do nado é o resultado da interação entre a força de arrasto e a propulsão (SANTOS, 2010), ou seja, a capacidade de deslocamento dependerá das forças atuantes, que são: as forças propulsoras (F_{prop}), que o impulsionam à frente, e as forças de arrasto ou resistência (F_{res}), contrárias ao movimento (JÚNIOR, 2012), de acordo a equação:

$$F_{prop} - F_{res} = m \cdot a \quad (3)$$

onde “**m**” representa a massa do nadador e o “**a**” a aceleração resultante obtida.

Sendo assim, levando em consideração a equação anterior, uma das melhores formas de maximizar o desempenho é diminuir a **F_{res}** e, ao mesmo tempo, aumentar a **F_{prop}**. O desempenho está diretamente relacionado com a capacidade do nadador produzir uma máxima energia e de transferi-la para vencer as resistências do deslocamento por ele criado (LIMA, 2005).

Segundo Vilas-Boas, Fernandes e Kolmogorow (2001), para que seja possível o deslocamento de um nadador no meio aquático de forma continuada, é necessário que ele seja

capaz de produzir uma força propulsiva de intensidade pelo menos igual à da força de resistência hidrodinâmica que a água opõe ao seu deslocamento. Assim, a capacidade propulsiva é dependente da potência mecânica propulsiva que se dá pela interação da força de arrasto e a velocidade (TUCHER; GOMES; DANTAS, 2009). A potência é diretamente proporcional à distância e à força, indiretamente proporcional ao tempo.

Logo, para avaliar os fatores inerentes à propulsão, precisa definir os padrões de direção, ângulo de ataque e velocidade, a direção é definida pelo estudo dos padrões de braçadas; seus ângulos de ataque podem ser determinados com base na inclinação de seus membros; e a velocidade está relacionada com a atuação dos membros (braços e pernas) durante o deslocamento.

2.4. ANÁLISE DO NADO CRAWL

No nado crawl, os movimentos são simultâneos e contínuos dos braços, pernas e cabeça, denominados braçada, pernada e respiração, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2009), o desempenho depende da proficiência de cada segmento para gerar forças de propulsão. A capacidade de gerar essa força simetricamente é importante para a eficácia da performance e aumento da velocidade.

Um dos fatores que influenciam o rendimento desportivo, a técnica é considerada um dos mais importantes, sendo uma das preocupações centrais no processo de formação da aprendizagem (SILVA *et al.*, 2010).

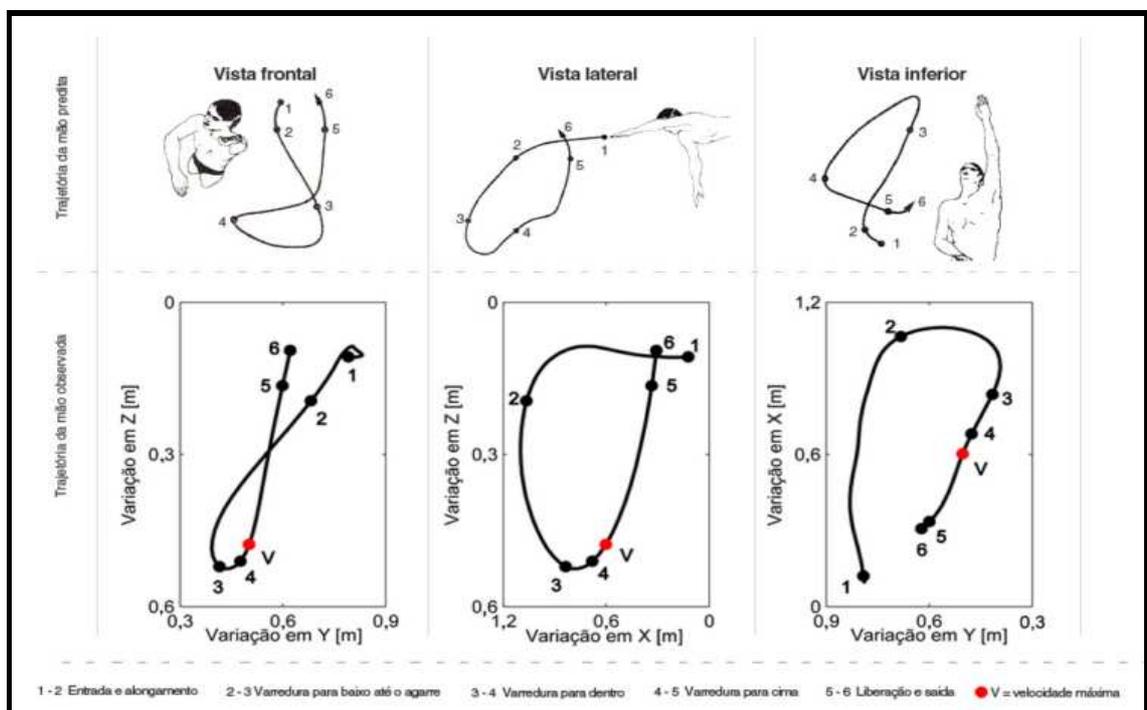
2.4.1 Técnica do nado crawl

O aprimoramento da técnica tem aumentado com a evolução do esporte de alto rendimento. Na água, a resistência apresentada é maior do que no ar, isso gera como consequência maior gasto energético (CAPUTO *et al.*, 2006), e depende da eficiência da habilidade do nado para ter um melhor desempenho. De acordo com Caputo *et al.* (2000), a capacidade de transformar a energia metabólica em mecânica (chamada de eficiência mecânica bruta) varia entre 3 a 8%, dependendo da velocidade e do estilo do nado, enquanto em outros esportes terrestres, como ciclismo e corrida, variam entre 20 e 40%. Diante disso, os fatores biomecânicos que interferem no arrasto e/ou na força de propulsão, influenciam mais no desempenho do que na capacidade de produzir energia.

Um aspecto importante sobre as pesquisas biomecânicas, atualmente, é que o nado crawl tem sido investigado por meio da análise de apenas um dos seus componentes, por exemplo, com o foco na braçada (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Quando a braçada é analisada separadamente, ela é vista como um todo composto de duas partes: aérea e aquática ou submersa (FREUDENHEIM *et al.*, 2005). A fase submersa é dividida em varreduras (TELLES *et al.*, 2011), para fora, para dentro, para cima e para baixo. Este modelo técnico é utilizado na aprendizagem e no treinamento (MAGLISCHO, 2003). Neste processo de aprendizagem, o *feedback* recebido durante e após as tentativas de prática é um elemento importante para correção da técnica (KATZER *et al.*, 2015), tornando o comportamento motor mais consistente e eficiente (PEREIRA *et al.*, 2009).

A Figura 16, mostra as trajetórias observadas por Maglischo (1999). A varredura para dentro é um movimento semicircular realizado logo após o agarre. O movimento semicircular realizado com o objetivo de deslocar a água para cima é chamado de varredura para cima, que é realizada no fim da braçada.

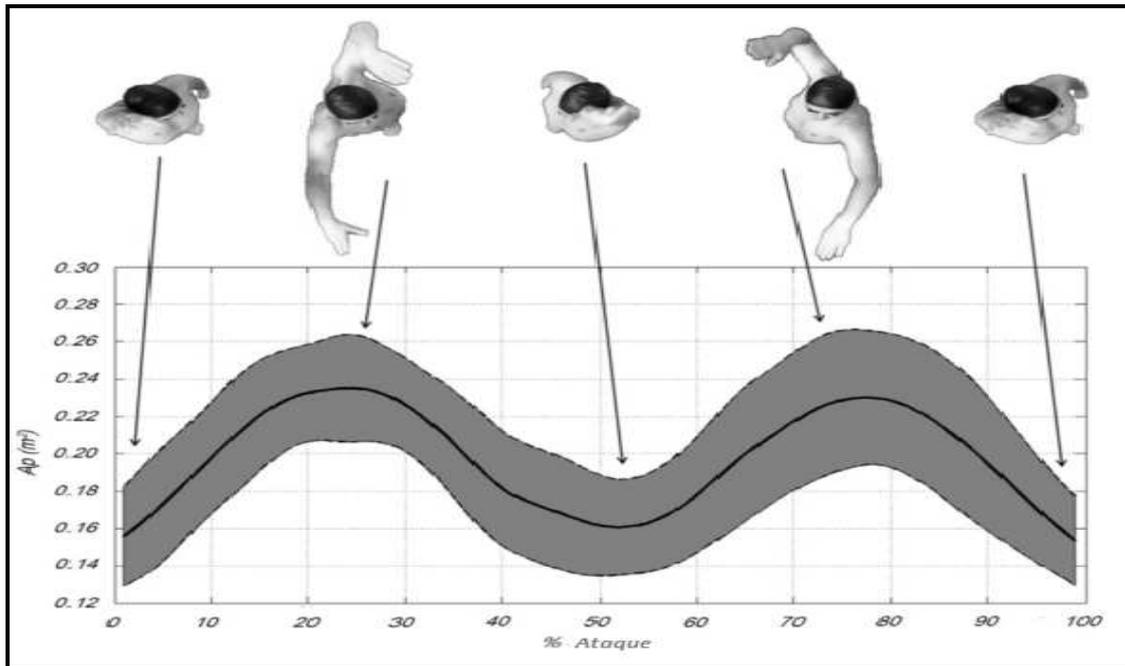
Figura 16 – Trajetória da mão no nado crawl.



Fonte: (TELLES *et al.*, 2011).

As trajetórias predita e observada da mão no nado crawl e as varreduras realizadas – entrada e alongamento (1), varredura para baixo (2), para dentro (3), para cima (4), a liberação (5) e saída (6) – estão exemplificadas também na Figura 17, em uma visão frontal.

Figura 17 – Trajetória da braçada do nado crawl visão frontal.



Fonte: (GATTA et al., 2015).

Um ciclo de braçadas no estilo crawl é definido pela entrada da mão na água até a próxima entrada da mesma mão na água (CASTRO *et al.*, 2005), e por se tratar de uma ação alternada dos membros superiores (MS), permite uma propulsão mais contínua. Nesta técnica, os MS são os responsáveis por parte significativa da propulsão, e a coordenação entre os MS tem uma importância decisiva para a eficácia das forças propulsivas (SILVA *et al.*, 2010).

Algo importante a salientar são as características da braçada que podem ser medidas através da frequência da braçada (Fbr) e da distância percorrida por braçada (Dbr). A velocidade média (V_m) é o produto dessas duas medidas Fbr e Dbr (FRANKEN; CARPES; CASTRO, 2007). O aumento da V_m é o resultado da combinação ideal entre a Fbr e Dbr.

Segundo Caputo et al. (2000) existem indicadores simplificados que se correlacionam com as características apresentadas o índice de braçada (IB) é um desses indicadores. O índice de braçada (IB) é de grande utilidade para medir a habilidade técnica e apresenta a vantagem de neutralizar o efeito da velocidade, sendo o índice de braçada (IB) o produto entre a V_m e a Dbr. Ou seja, quanto mais elevado for o IB, mecanicamente mais adequada a técnica, o que torna o nadador mais eficiente, pois para uma mesma velocidade de deslocamento, a distância percorrida por braçada (Dbr) é maior, e a frequência da braçada (Fbr) é menor (CASTRO *et al.*, 2005).

De acordo com Deminice et al. (2007), o monitoramento e a avaliação de variáveis definidas através dos parâmetros de braçada são fatores determinantes para o sucesso da

performance em nadadores de alto nível. Nesta pesquisa, verificou-se a utilização da velocidade de 30 minutos (VT-30), frequência de braçada (FB), comprimento de braçada (CB) e índice de braçada (IB), obtidos no teste T-30, como métodos não-invasivos para determinar a performance aeróbica e a técnica. Os resultados obtidos foram satisfatórios pois este método é uma ferramenta não invasiva, de baixo custo, e se mostrou confiável para a predição da performance aeróbica em nado livre.

O nado crawl é a forma de deslocamento aquático mais eficiente (MADUEIRA *et al.*, 2008), de menor custo energético, ou seja, o mais econômico (CAPUTO *et al.*, 2006), e por conseguinte, o mais praticado. Diante do exposto, as investigações do nado crawl por meio da análise de apenas um de seus componentes (braçada, perna ou respiração) é uma estratégia metodológica que simplifica a aprendizagem pois separando o todo em partes verificam-se elementos simples através dos quais se torna possível compreender o todo (OLIVEIRA *et al.*, 2009), beneficiando a aprendizagem, a execução da tarefa, e a melhora do desempenho (KATZER *et al.*, 2015).

A melhoria dos processos e métodos de treinamento associados aos avanços tecnológicos são alguns dos fatores que têm determinado a grande evolução da natação. (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

2.4.2 Nado atado

O procedimento mais comum para mensuração da força específica na natação é o nado atado (JÚNIOR, 2012).

O teste de potência atada proposto por Filho, Greco e Denadai (2014), analisou a máxima fase estável de lactato (MFEL) no nado atado com seu respectivo índice em nado livre (velocidade em MFEL) e com outros índices de aptidão aeróbia e desempenho de nado crawl. Dez nadadores foram submetidos ao nado crawl-atado no modelo carga-tempo limite (exaustão). Após os testes de exaustão em nado atado, o nado livre ou desimpedido foi executado. Ambos os esforços foram interrompidos duas vezes para coleta de sangue, que apresentou resultados dentro dos limites de concordância. Desse modo, a aplicação de MFEL em nado atado é válida e promissora como recurso de treinamento na avaliação aeróbica de nadadores.

Outros autores avaliaram a força crítica em nado atado com limiar de lactato. Papoti *et al.* (2010), investigaram as relações da força crítica (F_{crit}) e suas correlações com as performances de 400m e teste de 30 minutos (VT30) em nado livre. Sete nadadores foram

analisados, e o teste de F_{crit} apresentou as mesmas vantagens do teste de velocidade crítica (V_{crit}), sendo não invasivo, baixo custo e fácil aplicação. Portanto, a F_{crit} é um método de avaliação utilizado para determinar a capacidade aeróbica, prescrição de treinamento em nado atado e na predição de performance aeróbica em nado livre.

A relação com o lactato sanguíneo e o consumo de oxigênio foi verificado por Almeida et al. (2002, através de testes de carga fixa até a exaustão em nado atado que foi executado usando um sistema de pesos e polias, teste progressivo para o VO_2 max, e dois teste de F_{crit} (100% e 105%) para verificar o estado estável máximo de lactato (SSML). Os resultados demonstraram que a eficiência do nado aumentou no teste de F_{crit} para o 5% acima, ou seja, a F_{crit} de 105% na participação aeróbica para o fornecimento de energia foi maior, já o lactato foi menor em relação ao nado na F_{crit} .

Em 2003, Papoti et al., padronizaram um protocolo específico para a determinar a aptidão anaeróbica (AP_{ANA}) durante esforços de 30 s e suas correlações com as performances máxima de 200m e 400m nado livre. Para avaliar AP_{ANA} foi desenvolvido um ergômetro tendo um célula de carga – capacidade de 300N, como elemento sensor primário, conectadas ao nadador por um fio preso em sua cintura, a fim de verificar o impulso em nado atado (IMP_{na}) e determinar a força média em nado atado (FM_{NA}). Treze nadadores, com idade entre 15 e 18 anos foram submetidos a 2 esforços máximos em estilo crawl com duração de 30s, estando amarrados ao aparato de medição. Os valores obtidos de IMP_{NA} e os valores de lactacidemia não foram significativamente diferentes entre as tentativas. Embora o índice encontrado no IMP_{NA} foram determinados de maneira não invasiva, mas os esforços máximos em 30s utilizando células de carga é um protocolo reproduzível como ferramenta efetiva na predição de performance nas provas de 400m e 200m nado crawl.

A utilização do coeficiente linear (intercepto-y) na avaliação da aptidão anaeróbica em 14 nadadores treinados foi proposto por Papoti et al. (2005), com o objetivo de verificar a velocidade crítica (VC) para determinar da capacidade de nado anaeróbico (CTA). Através do nado atado foi possível mensurar a força pico (F_{pic}), aptidão anaeróbica (AP_{ANA}) e concentração de lactato pico ($[la]_{pic}$). A CTA representada pelo intercepto-y não apresentou correlação significativa com a aptidão anaeróbica e performance dos nadadores.

Filho, Nascimento e Denadai (2008), investigaram 24 nadadores com o objetivo de comparar a força de arrasto ativo máxima ($F_{r_{máx}}$), e verificar a compatibilidade da potência crítica em crawl-atado ($P_{AtadoCrit}$) e a velocidade crítica (V_{crit}). Desse modo, as comparações entre P_{crit} e V_{crit} mostrou pertinente no acompanhamento das adaptações fisiológicas e evoluções técnicas em contextos reais em nado livre, pois o nado atado reúne características

mais favoráveis e com maior especificidade nos fatores determinantes do desempenho e na delimitação do treinamento.

A construção de um modelo para comparar a força no nado atado ou *tethered swimming* (TS) e a força no nado semi-atado ou *semi-tethers swimming* (STS) foi proposto por Kimura, Ohba e Shionoya (2013). Para executar esse estudo, foram analisados 53 nadadores treinados. A força no TS foi medida por um dinamômetro digital elétrico, e a força no STS foi medida por ergômetro. Para a construção deste modelo de regressão múltipla, foi utilizado a calibração de um dinamômetro digital e tacômetro, medindo elementos físicos como: altura, peso, comprimento do pé e salto vertical. Esse modelo é útil para determinar o limite de força a ser estabelecido, de acordo com as características físicas de cada nadador.

Outro estudo determinou a potência mecânica no limite entre os domínios pesado/severo no crawl-atado, o avaliado por Filho e Danadai (2010). Para determinar este limite a velocidade crítica (VC), a potência crítica (PC) e a máxima fase estável do lactato (MFEL) foram mensuradas a fim de ajustar o modelo potência/tempo limite. Os resultados demonstraram que o nado atado é uma ferramenta confiável para acessar o perfil fisiológico do nadador, através dos índices da PC, com o propósito de fornecer recomendações para o treinamento.

Os pesquisadores Perandini et al. (2006) estudaram a correlação entre a força crítica (F_{CRIT}) e a velocidade crítica (V_{CRIT}) utilizada para estimar a capacidade anaeróbica e aeróbica na natação. Foi avaliada a relação entre a força crítica em nado atado e a velocidade crítica em nado livre e as respectivas frequências críticas de braçada (FBr_{CRIT}). Como resultado, os pesquisadores encontraram que não houve correlação significativa entre as $FBr_{CRIT-ATADO}$ e a $FBr_{CRIT-LIVRE}$, nem entre as variáveis anaeróbicas. Esses resultados demonstram que a F_{CRIT} pode ser um indicador de capacidade aeróbica. Porém, a $FBr_{CRIT-ATADO}$, ajusta-se ao modelo de potência crítica, não se mostrou um bom indicador desta capacidade.

Em relação à simetria em função das forças aplicadas e seu efeito sobre o desempenho Moré, Carpes e Castro (2007), verificaram se existia diferença na força aplicada por braçada entre o lado da respiração e o contra-lateral e comparar a força entre as braçadas. Através do método *tethered swimming* foram analisados 10 nadadores treinados. Para os autores, não houve diferença significativa na comparação do pico de força entre o lado da respiração e contra-lateral. Na comparação entre a braçada direita e esquerda, diferenças significativas foram encontradas em 8 dos 10 nadadores. Os resultados demonstram que a assimetria na força aplicada por braçada encontrada na pesquisa não está relacionada com o movimento da respiração.

O pico de força em *tethered swimming* (TS) analisado por Rish e Castro (2007) objetivou verificar correlação entre os valores de pico de força, desempenho (tempo) e características antropométricas de 9 nadadores não competitivos. Primeiramente foi realizada uma avaliação antropométrica (massa, estatura e envergadura); depois o desempenho em 50m nado crawl livre foi mensurado; para finalizar, houve a realização do protocolo TS com 30s de execução da braçada do nado crawl atado. De acordo com os pesquisadores, pode-se concluir que o pico de força aplicado na água apresenta correlação com o desempenho, e que as forças mensuradas com o método de TS podem ser utilizadas para prognóstico de desempenho.

Em 2012, Barbosa et al. analisaram a reprodutibilidade dos parâmetros biomecânicos da curva força-tempo no nado crawl em protocolo de 10s em nado atado. Dezesesseis nadadores do sexo masculino realizaram dois esforços máximos de 10s em nado atado. Foram mensurados os parâmetro de força pico, força média, taxa de desenvolvimento de força, impulso, duração da braçada, tempo para atingir a força pico e força mínima, representados pela média de oito braçadas consecutivas obtidas em cada tentativa. Não houve diferença significativa estatisticamente para nenhum parâmetro biomecânico comparado nos dois esforços. Ainda, os pesquisadores concluíram que os parâmetros biomecânicos da curva força-tempo no nado atado apresentaram alta reprodutibilidade em protocolo de curta duração, portanto é possível monitorar os parâmetros de força ao longo do processo de treinamento.

O nado atado também pode ser utilizado como treinamento específico com pesos, com vista à melhora da velocidade e conseqüentemente o desempenho. Filho e Monteiro (2008) avaliaram doze nadadores divididos 3 grupos: grupo com treinamento por 10 semanas com auxílio do sistema de nado atado (GTH₂O); o segundo grupo, realizou treinamento com peso tradicionais fora da água (GTT); e o terceiro grupo de controle (GC), que não realizaram nenhum tipo de treinamento de força. O objetivo foi elaborar um programa de treinamento aplicando a força de arrasto e a velocidade máxima encontrada e comparar a influência de diferentes tipos de protocolos de treinamentos de força e seus efeitos sobre a velocidade do nado. Houve diferenças na velocidade do nado entre o GTH₂O e GC. Os grupos GTH₂O e GTT aumentaram a velocidade, a frequência de braçada e a eficiência propulsiva, e apresentaram redução da força de arrasto. Assim, a força de arrasto é um parâmetro apropriado de carga para o treinamento com pesos para ganho de força muscular e influência na mecânica do nado e na aptidão do nadador, permitindo alteração satisfatória no rendimento em provas de curta duração.

Teste de nado estacionário foi pesquisado por Castro et al. (2010), relacionando o desempenho em 200m nado crawl e variáveis cinéticas, impulso total (IMP), taxa de variação de impulso (TIMP) e pico de força (PF). Doze nadadores competitivos foram submetidos ao teste. O presente estudo não foi capaz de relacionar PF nem TIMP com o desempenho, porém o IMP obtido no teste de nado estacionário pode ser utilizado como um parâmetro apropriado para prever o desempenho no nado livre nas provas de 200m.

Morouço et al. (2015) analisaram as assimetrias cinéticas dos membros superiores no nado crawl, a fim de examinar se as assimetrias afetariam na queda do desempenho. Dezoito nadadores de alto rendimento, do sexo masculino, com padrões de respiração unilaterais e especialistas em distâncias curtas e médias foram analisados. Foi utilizada uma célula de carga para quantificar as forças exercidas na água, através do *tethered swimming* com o protocolo de 30s de força máxima, e também uma máxima de 50m livre que foi considerado como critério de desempenho. A assimetria foi estimada para cada membro superior, por meio de regressão linear da força pico por ciclo. A assimetria da força foi observada na maioria dos nadadores (66,7%), com uma correlação na lateralidade da respiração oposto ao lado da assimetria. O membro superior dominante apresentou uma queda maior do que no membro não dominante com relação as forças exercidas. Os resultados evidenciaram que a assimetria ocorre na maioria dos nadadores, e que essas assimetrias são mais evidentes nos primeiros ciclos de ataque máximo. Desta forma, um certo grau de assimetria não influencia no desempenho na natação de curta distância.

Com base nos artigos supracitados, o nado atado ou *tethered swimming* é considerado como um dos protocolos mais eficientes para a mensuração das forças aplicadas, permitindo de forma não invasiva a análise dos seus efeitos sobre o desempenho, possibilitando a prescrição e a elaboração de programas de treinamento específicos de acordo com a individualidade de cada nadador. Entretanto, para a manutenção da simetria do nado, são encontrados na literatura poucos estudos que analisam a força bilateralmente. Assim, este estudo tem o propósito de contribuir para a literatura analisando a assimetria da braçada do nado crawl-atado e sua relação com o desempenho.

3. MÉTODO

Para o presente estudo, 8 voluntários participaram da pesquisa executando o Nado Atado (NA) em piscina curta de 25m no Itaguará Country Clube – Guaratinguetá, temperatura da água entre 28° a 30°.

Foram utilizados parâmetros biomecânicos visando a mensuração da força média da braçada e comparação de força entre a braçada direita e esquerda por meio de uma célula de carga; frequência, ciclo e contagem de braçadas por meio da cinemetria bidimensional - 2D, a fim de verificar a possível relação entre a assimetria da braçada (membro direito e esquerdo) e queda de desempenho.

3.1 ASPECTOS ÉTICOS E DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa pela Plataforma Brasil, cumprindo a Resolução nº 196/1996 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e Ministério da Saúde (MS), que regulamenta as pesquisas que envolvem seres humanos

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e um Termo de Consentimento do Menor – TCM (Apêndice A), foram devidamente explicados e posteriormente assinados. Os voluntários foram informados que sua cooperação era voluntária, espontânea e sigilosa, e que a qualquer tempo poderia retirar o consentimento sem prejuízo ao participante.

O Instituto de Ciência e Tecnologia Campus de São José dos Campos aprovou o projeto sob o parecer de nº 1.079.321, e sob CAAE nº 41299814.0.0000.0077.

Para participar da pesquisa, alguns critérios tiveram que ser atendidos:

- **Inclusão:** atletas de competição de natação, nível regional e estadual com no mínimo 2 anos de treinamento.
- **Exclusão:** atletas de outras modalidades; e nadadores que fazem uso de algum medicamento específico e/ou lesionados.

3.1.1. Amostra

Para este estudo foram utilizados como amostra, 8 (oito) sujeitos, sendo 6 (seis) do sexo feminino e 2 (dois) do sexo masculino, todos alunos do Itaguará Country Clube. A idade média, altura, peso e índice de massa corporal do grupo são mostrados na Tabela 1:

Tabela 1 – Dados antropométricos médios.

	Idade	Altura (m)	Peso (kg)	I.M.C.
Média	15,38	1,65	53,78	19,53
Desvio Padrão	3,31	0,07	8,42	1,68

Fonte: (AUTORA, 2016).

3.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Os protocolos experimentais foram realizados no Itaguará Country Clube e no Laboratório de Biomecânica da FEG-UNESP, Guaratinguetá (Anexo).

No primeiro piloto um teste foi realizado, com intuito de verificar se o suporte fabricado para sustentar a câmera digital (marca Casio®, modelo Exilim/EX-ZR200, resolução 16.1 megapixels), acima da piscina (Figura 18), captaria as imagens necessárias para análise dos dados.

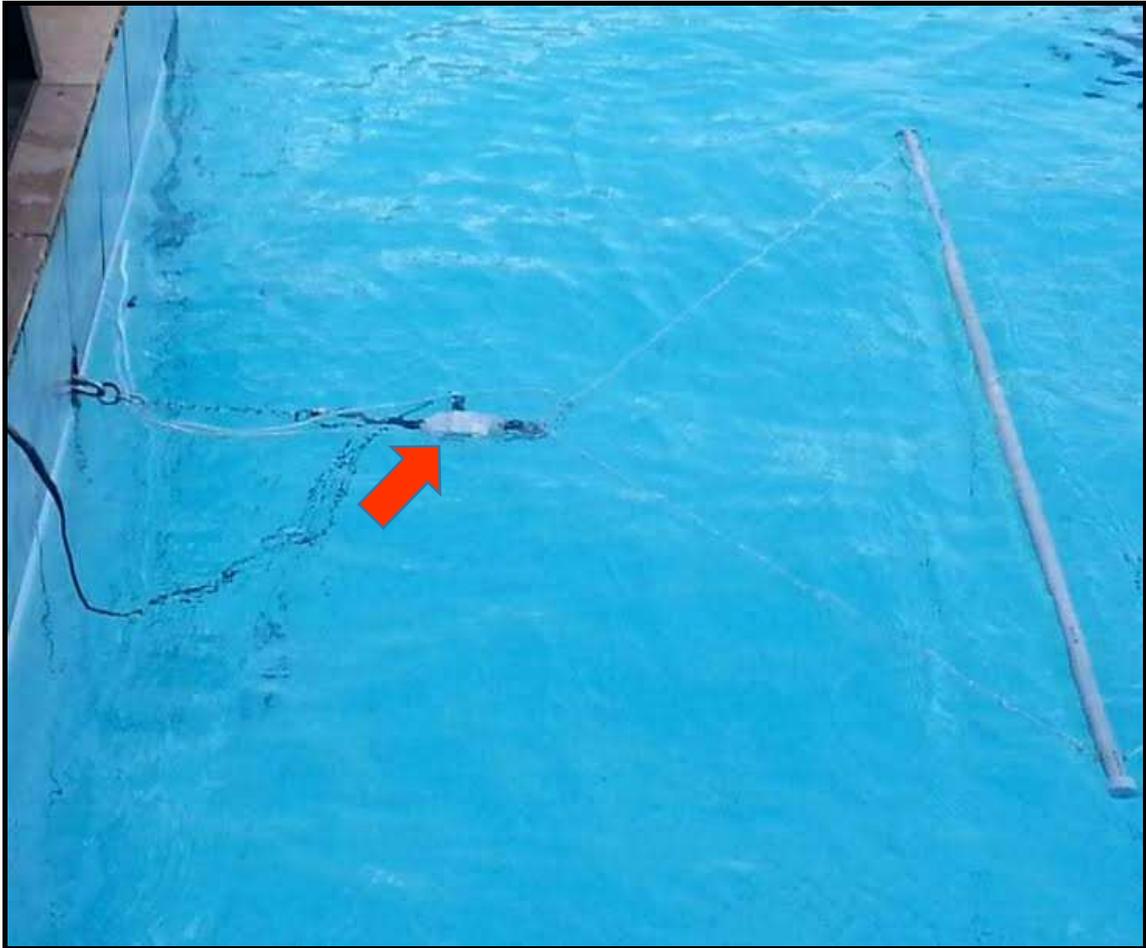
Figura 18 – Suporte da câmera



Fonte: (AUTORA, 2016).

E também foi verificado se a vedação da célula de carga (Alfa Instrumentos ®; SV 50, 500N de capacidade; sensibilidade 2 mV/V) com plástico filme seria suficiente para não causar nenhum prejuízo com seu contato na água (Figura 19).

Figura 19 – Célula de carga vedada



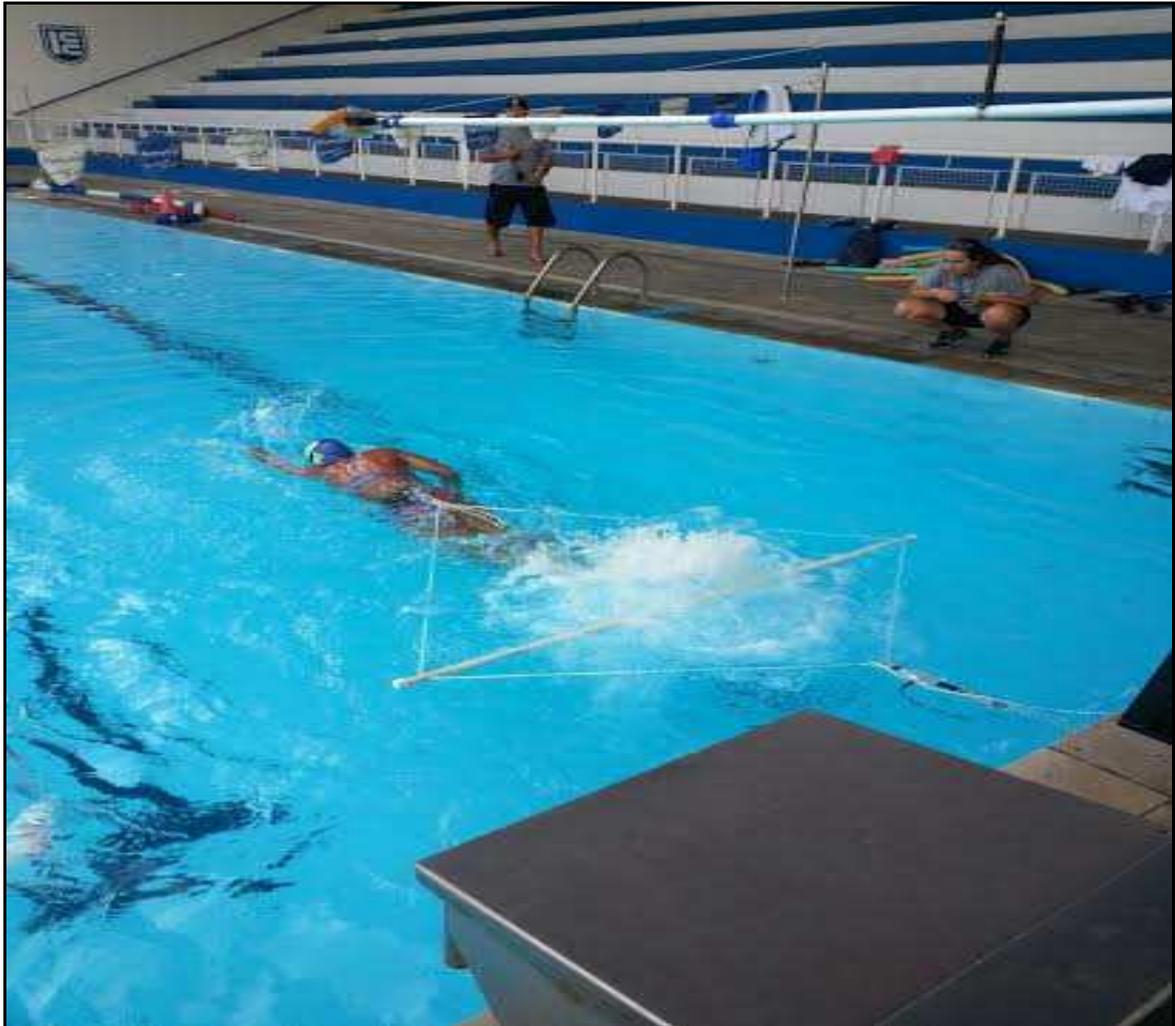
Fonte: (AUTORA, 2016).

Após a execução de alguns testes de braçada, a célula de carga não sofreu nenhum dano, mesmo depois de aproximadamente 3 horas de contato no meio líquido. O suporte da câmera ficou na altura ideal para capturar as imagens dos movimentos das braçadas.

A fim de comprovar se os materiais empregados na fabricação do dispositivo estavam de acordo com a capacidade de força gerada por atletas de alto rendimento, e se a câmera digital com a frequência de captura de imagens com 240 frames por segundo seria suficiente para a utilização na cinematria bidimensional (2D), foi realizado um segundo piloto com uma atleta voluntária. Ela realizou os testes seguindo o seguinte protocolo: Alongamento e aquecimento da sua rotina de treinamento; adaptação com o equipamento dentro d'água e

instruções para a execução do protocolo. O teste consistiu em realizar esforços máximos em estilo *crawl* com duração de 30 segundos, sendo os primeiros 10 segundos de nado moderado. O início e o final do teste foram determinados por um sinal sonoro (apito). Foram realizados três testes com intervalo entre eles com 5 minutos de repouso passivo (Figura 20).

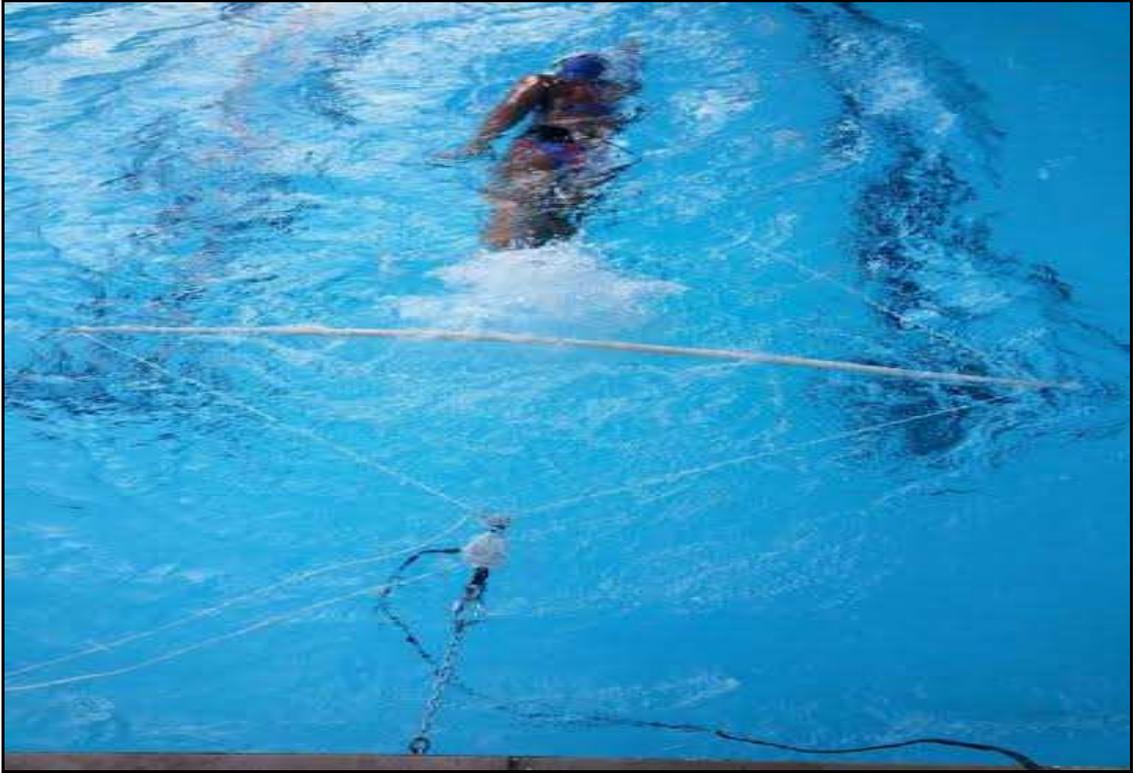
Figura 20 – Execução do piloto.



Fonte: (AUTORA, 2016).

Na execução do nado na maior intensidade possível, a barra flutuante (marca Tigre®, cano de PVC 6,3, 21mm, 1/2”) apresentou grande deformação estrutural absorvendo os esforços e comprometendo os resultados, conforme a Figura 21. Após o teste substituiu-se a barra flutuante de PVC por tubo de alumínio, sessão quadrada, de 25mm de lado e 2m de comprimento, revestido de flutuadores (Figura 22).

Figura 21 – Barra flutuante de PVC



Fonte: (AUTORA, 2016).

Figura 22 – Barra flutuante de alumínio.



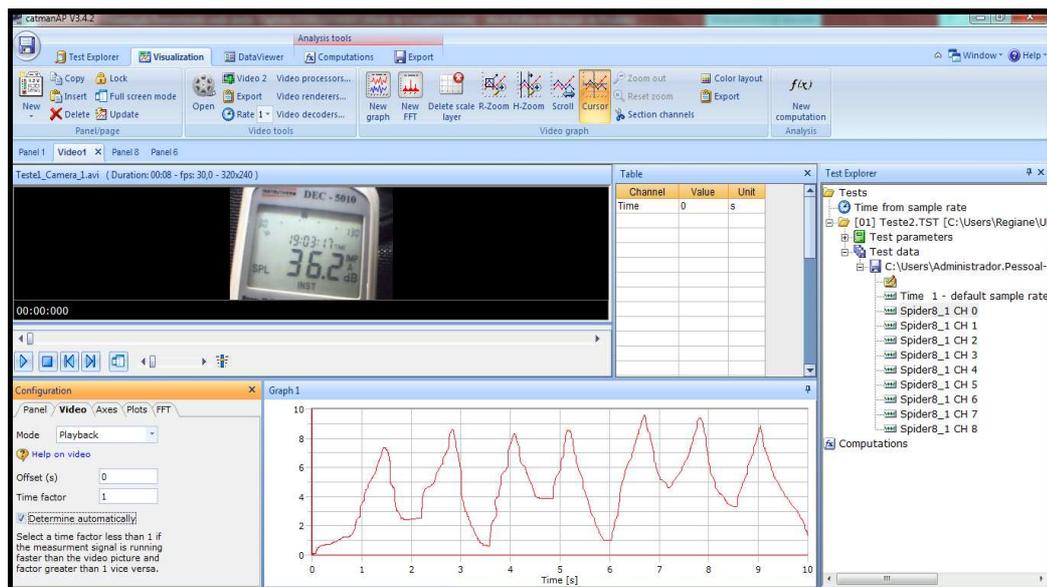
Fonte: (AUTORA, 2016).

Em ambos os testes (1° e 2°) foi utilizado o Condicionador de Sinais *Quantum MX1615 HBM* (Darmstadt, Alemanha) e os dados da célula de carga foram analisados por meio do *software Catman Easy*® (versão 3.4) e armazenado no *software Microsoft Office Excel*®. Para a análise das imagens utilizou-se o *software VirtualDub Portable*® (versão 1.6.5.0) desfragmentando as imagens em quadros.

Com a análise dos dados coletados verificou-se que a sincronização entre a coleta de dados da célula de carga SV 50 (50Hz) e a frequência de captura de imagens (240 frames/segundos) estava divergente, dificultando a detecção do instante inicial do movimento da braçada.

Para a sincronização da aquisição das imagens com os dados da célula de carga, foi realizado no Laboratório de Biomecânica da FEG – UNESP a substituição tanto do condicionador de sinais quanto da câmera. O condicionador de sinais e câmera anteriormente mencionados foram substituídos pelo condicionador de sinais *Spider 8 HBM*® e a câmera pela webcam *DnE*®; e adicionou-se o decibelímetro digital *Instrutherm*®. Testes foram realizados no laboratório durante 4 semanas com o intuito de sincronizar a imagem, os dados da célula de carga e o som inicial dado por um sinal sonoro (Figura 23 e 24). Assim, verificou-se que essa sincronização era possível. Então, o teste foi agendado com os voluntários.

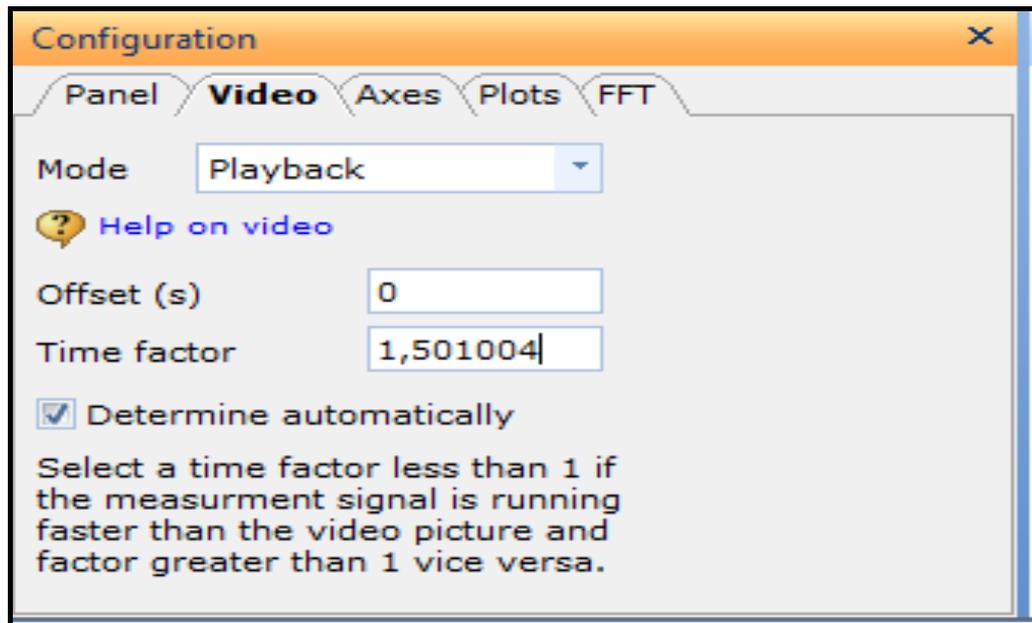
Figura 23 – Sincronização da célula de carga, imagem e som no *Software Catman Easy*®.¹



Fonte: (AUTORA, 2016).

¹ Frequência da célula de carga em 24Hz e Webcam com frequência de 25Hz.

Figura 24 –Sincronização do fator tempo no *Software Catman Easy*®.²



Fonte: (AUTORA, 2016).

3.2.1 Procedimento Experimental Validado

Os voluntários foram convidados a participar em um dia de treino, no período da tarde, sendo a incidência solar menor, assim não comprometeria a captura das imagens.

Os voluntários foram informados de como seria o procedimento, e receberam uma ficha de avaliação para preenchimento (Apêndice B); o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o Termo de Consentimento do Menor foram devidamente explicados e assinados. Após os esclarecimentos sobre a execução do teste, foi realizada aferição dos dados antropométricos (massa e estatura), com a balança digital de alta precisão, da marca G-Life Millenium®, modelo CA6000 e capacidade 150kg.

Logo após a avaliação antropométrica, os voluntários seguiram o protocolo:

1. Alongamento;
2. Aquecimento nado livre de 2.000 metros (80 piscinas X 25metros);

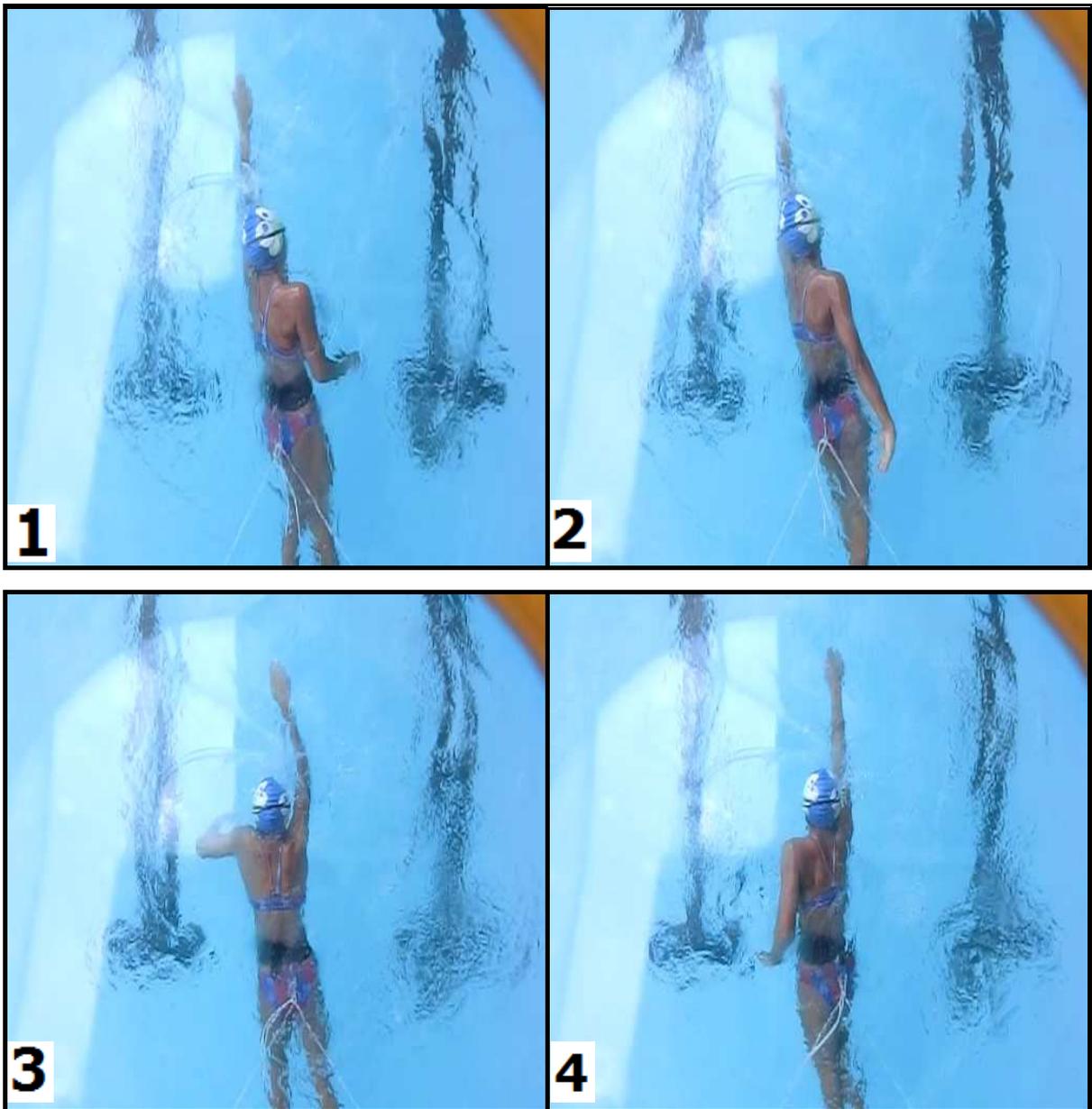
De forma aleatória e espontânea foi estabelecida a sequência de realização dos testes. A voluntária nº 1 havia realizado o piloto anteriormente, por isso a sua iniciativa de executar primeiro o procedimento foi crucial para observação dos outros voluntários;

² Selecionar um fator de tempo inferior a 1 se o sinal de medição está funcionando mais rapidamente do que a imagem de vídeo e o fator maior do que 1 se for ao contrário.

3. A aplicação do teste consistiu em realizar esforços máximos em estilo crawl com duração de 30 segundos, sendo os primeiros 10 segundos de nado moderado e mais 20 segundos de esforço máximo, estando os voluntários amarrados, com um cinto pélvico (Fitness Beat ®, tamanho P ajustável), ao aparato de medição (Figura 25). O início e o final do teste foram determinados por um sinal sonoro (apito). Este procedimento foi realizado 2 vezes com intervalo entre os testes de 3 minutos de repouso passivo.

Figura 25 – Execução do teste de mensuração da força das braçadas direita e esquerda.

1.Puxada braçada direita; 2.Recuperação braçada direita; 3.Puxada braçada esquerda; e 4.Recuperação braçada esquerda.



Fonte: (AUTORA, 2016).

O protocolo utilizado foi adaptado de Papoti et al. (2003), pois a aplicação utilizada nesta pesquisa não tinha necessidade de ter um intervalo passivo de aproximadamente 20 minutos porque não foram coletadas amostras de sangue para determinação da concentração de lactato.

3.2.2 Dinamometria

O método de avaliação biomecânico utilizado foi a dinamometria a fim de detectar a força média e força máxima das braçadas (direita e esquerda), realizada através do Nado Atado.

3.2.2.1 Calibração da célula de carga

A célula de carga é um transdutor de força usada para medir esforços em estruturas as quais estão conectadas. É formada por um elemento mecânico, na qual são colados extensômetros em pontos estratégicos e ligados em um circuito elétrico em ponte de Wheatstone.

A célula de carga utilizada na pesquisa tem formato em S, fabricada de alumínio aeronáutico anodizado, com vedação IP67, ponte completa (*full bridge sensor*), e mede esforços de tração e compressão (Figura 26).

Figura 26 – Célula de Carga SV 50³



Fonte: (ALFA INSTRUMENTOS, 2016).

³ Fonte: Disponível em: <http://www.alfainstrumentos.com.br>. Acesso em : 20 de março de 2016.

Para se verificar a linearidade da célula de carga, um teste foi realizado no Laboratório de Mecânica da UNESP – FEG, onde utilizou-se um suporte vertical (Figura 27), com um “prato” acoplado de massa 2,02 kg, iniciando de forma ascendente de 0kg até 50,53kg (495,55N) e também de forma descendente .

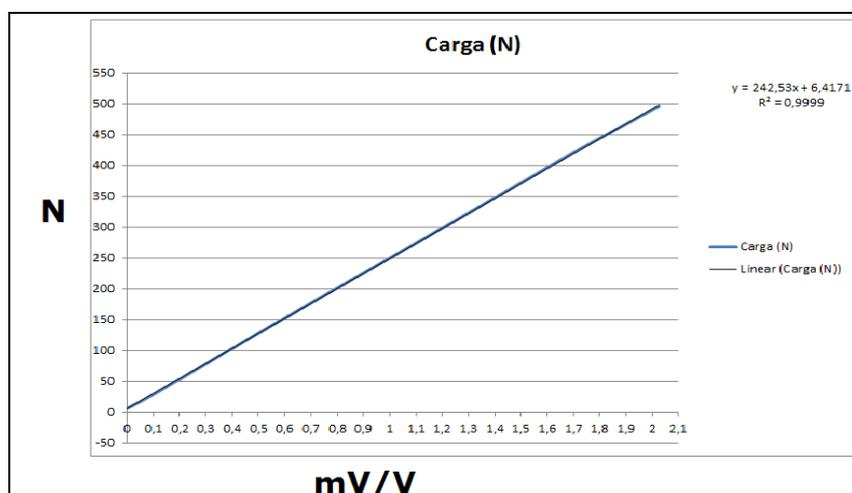
Figura 27 – Suporte para calibração.



Fonte: (AUTORA, 2016).

A calibração da célula de carga foi realizada para determinar a correlação entre tensão (mV/V) e carga (N), comprovando uma correlação com valor de $R^2 = 0,9999$, conforme Figura 28.

Figura 28 – Curva de calibração ascendente.



Fonte: (AUTORA, 2016).

3.2.2.2 Condicionador de sinais

O condicionador de sinais *Spider 8*, HBM ® (Darmstadt, Alemanha), é um sistema eletrônico de aquisição de dados, de multicanal, que mensura sinais elétricos e os associa a variáveis mecânicas como força, pressão, aceleração, temperatura e deslocamento linear (ALVES, 2007).

Para a análise dos sinais da célula de carga foi utilizado o condicionador *Spider 8* conectado ao computador (notebook, HP ®, EliteBook 2560p). Um decibelímetro digital (*Instrutherm* ®, modelo DEC-5010, potência máxima de medição 130dB) também foi conectado ao condicionador de sinais a fim de determinar o momento inicial e final do teste através de um sinal sonoro (Figura 29). Os sinais obtidos nos dois canais utilizados foram analisados através dos softwares *Catman Easy* ® (versão 3.4) e *software Microsoft Office Excel* ®.

Figura 29 – Condicionador de sinais *Spider 8* e equipamentos utilizados.



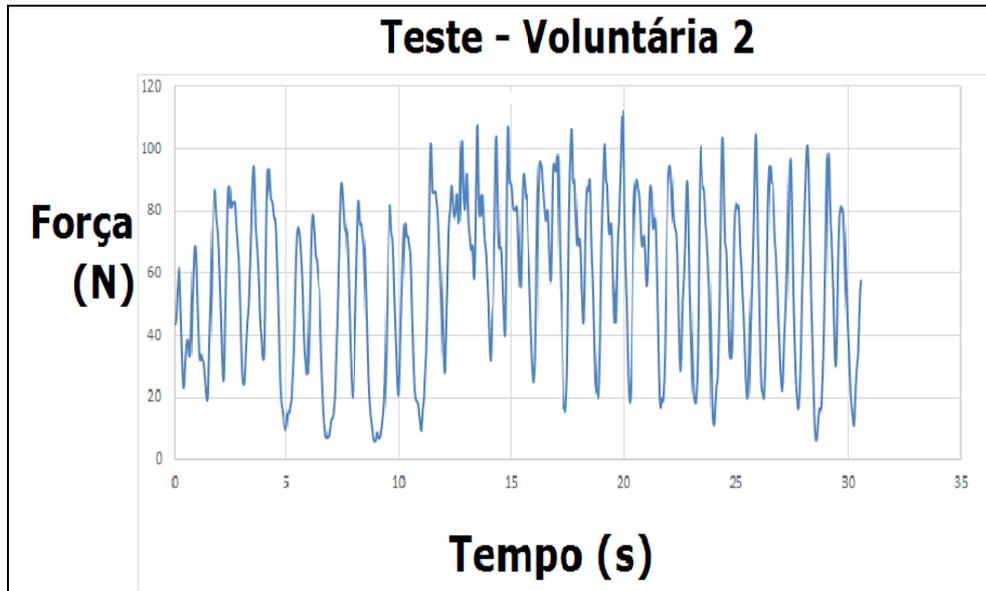
Fonte: (AUTORA, 2016).

3.2.2.3 Aquisição dos dados da célula de carga

Para aferir a força média e a força máxima das braçadeiras foi utilizada a célula de carga durante o teste. Cada voluntário executou teste durante 30 segundos (10 segundos iniciais de nado moderado e 20 segundos de nado em potência máxima), conforme protocolo informado

anteriormente. Após a coleta os dados de força obtidos durante o teste foram armazenados no formato do *software Microsoft Office Excel*®. A Figura 30 mostra um gráfico dos valores de forças medidos pela célula de carga durante um teste.

Figura 30- Gráfico de esforço.



Fonte: (AUTORA, 2016).

Os valores de força máxima coletados nos testes durante 30 segundos de esforço foram utilizados para a análise dos dados.

3.2.3 Cinemetria

A cinemetria bidimensional foi utilizada para auxiliar na análise dos dados possibilitando verificar a frequência, quantidade de braçadas e os ciclos de braçadas.

3.2.3.1 Câmera

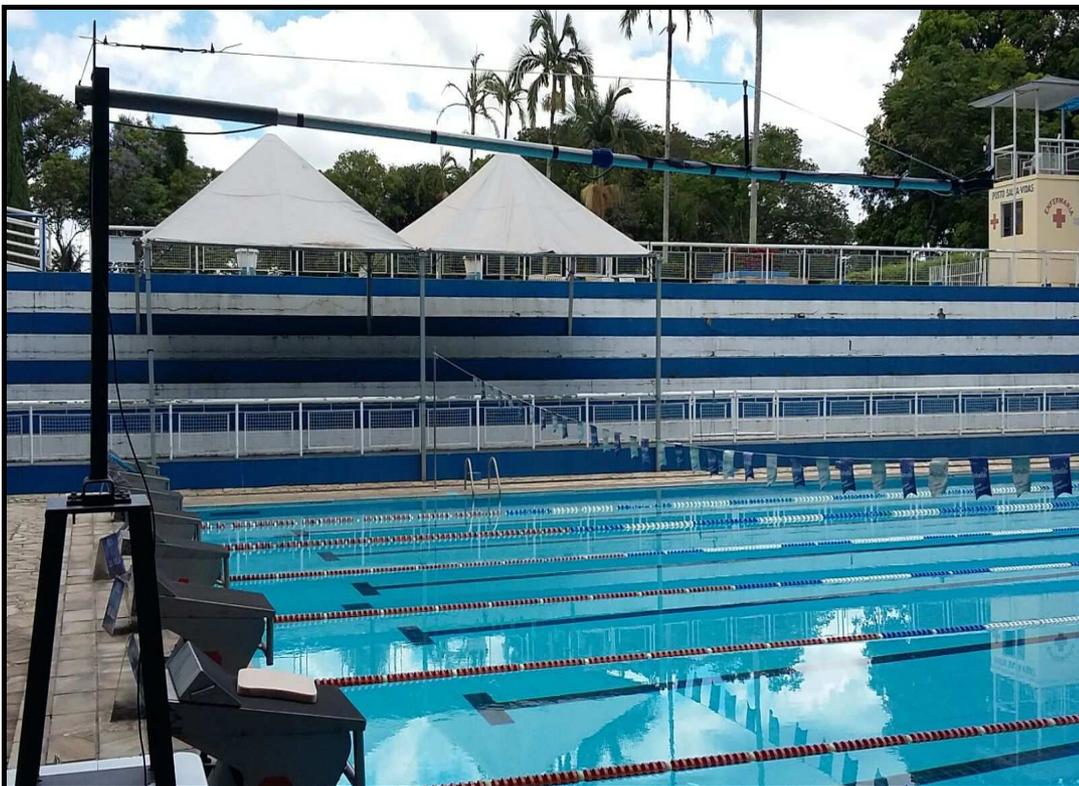
Foi utilizada nos testes a webcam (marca DnE®, resolução de 12000k pixel, frequência de captura de imagens 25Hz) sincronizada diretamente ao *software Catman Easy*®, fixada a um suporte (Figura 31), e posicionada acima da piscina a 2,30 m de altura da superfície da água e 3,14 metros da borda da piscina (Figura 32). Foi usado um cabo extensor am/af com amplificador de sinais (marca Comtac®, USB 2.0; 10 m de comprimento) conectado a webcam.

Figura 31 – Webcam DnE ® fixada no suporte.



Fonte: (AUTORA, 2016).

Figura 32- Visão lateral da webcam DnE ® fixada no suporte sobre a piscina.



Fonte: (AUTORA, 2016).

3.2.3.2 Aquisição dos dados da cinemetria

Os imagens coletadas pela webcam foram armazenadas no formato Avi, e por meio do *software VirtualDub Portable*® (versão 1.6.5.0), as imagens coletadas foram fragmentadas em *frames* para facilitar a análise (Figura 33).

Figura 33 – Visualização das imagens.



Fonte: (AUTORA, 2016).

Devido à sincronização da webcam com a célula de carga e com o decibelímetro digital foi possível determinar o momento exato do início dos testes, observar os movimentos e aferir a frequência, quantidade de braçadas e ciclos das braçadas.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados da pesquisa foram apresentados em formato de médias e desvio padrão ($dp\pm$). Para testar a normalidade dos dados, utilizou-se o teste de *Shapiro-Wilk*. Quando apresentada a normalidade dos dados, adotou-se a utilização do teste *t* para amostras pareadas. Quando o teste de normalidade apresentou uma distribuição não normal dos dados, utilizou-se o teste não paramétrico de *Wilcoxon*. Os testes utilizados foram aplicados de acordo com as variáveis analisadas (força, frequência, quantidade de braçadas e ciclos de braçadas).

Um $\alpha = 5\%$ ($P < 0,05$) foi adotado como significância estatística para a pesquisa. Todos os dados foram analisados por meio dos softwares *Microsoft Excel®* e *IBM SPSS statistics 20*.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Foram coletados 30 segundos de atividade de cada atleta dentro da piscina. Como a câmera foi sincronizada com o condicionador de sinais, ambos tiveram inícios em momentos iguais. Nos primeiros 10 segundos, pediu-se para que o atleta realizasse braçadas livres, sem que desempenhasse o seu máximo de força. Aos 10 segundos, um comando de início, dado por um sinal sonoro (apito), mensurado por um decibelímetro ligado ao condicionador de sinais, era dado, e o atleta desempenhava o máximo de esforço possível. Após o apito, os primeiros 10 segundos foram utilizados para a contagem das braçadas, cálculo da frequência da braçada, ciclo da braçada e a medida da força de cada braço. Os últimos 10 segundos da coleta foram descartados devido ao declínio da força máxima e queda de desempenho, não sendo relevante manter esses pontos de força no procedimento para a análise dos dados.

4.1 FORÇA DA BRAÇADA

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios e desvio padrão da força da braçada (direita e esquerda).

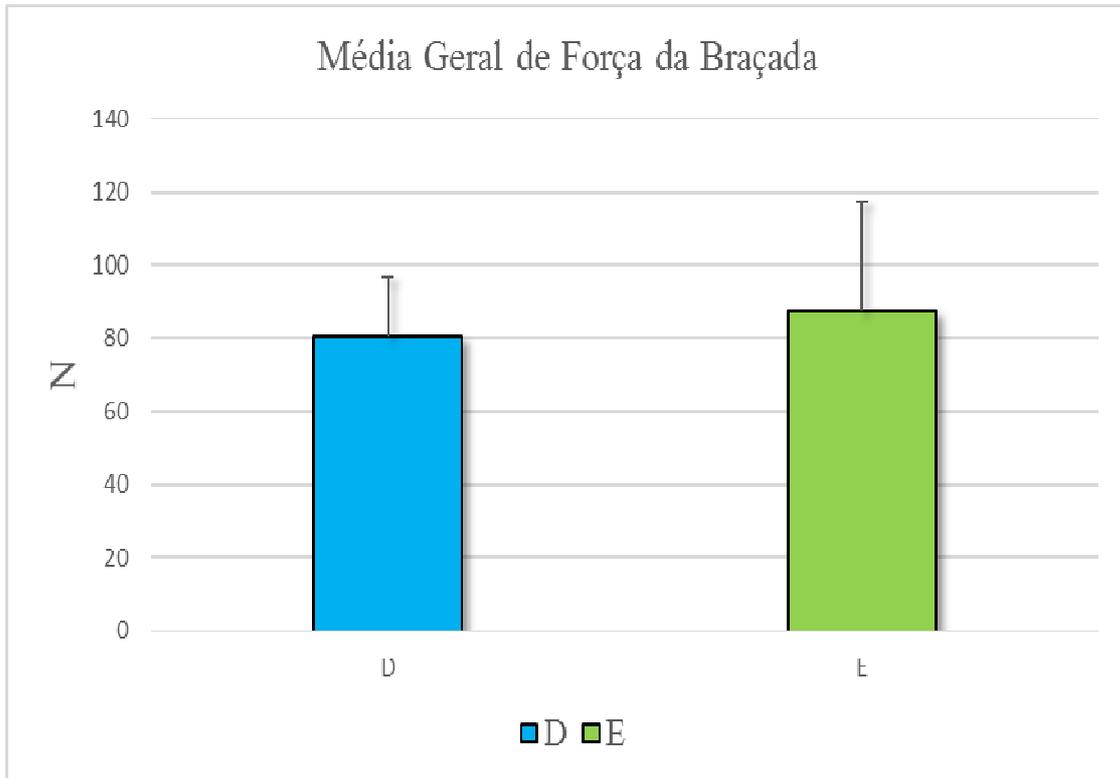
Tabela 2 – Força da braçada

	Braço Direito (N)	Braço Esquerdo (N)
1	71,22	57,35
2	91,90	82,82
3	88,37	92,71
4	92,93	152,65
5	95,62	89,60
6	50,34	59,44
7	63,94	91,56
8	87,96	73,66
Média	80,28	87,48
dp±	16,48	29,77

Fonte: dados obtidos pela Autora (2016).

Aplicou-se o teste de *Shapiro-Wilk* e verificou-se que a variável força apresentou distribuição normal e portanto o teste *t* foi utilizado para a comparação das médias dos valores de força de cada braço. O resultado mostrou que não houve diferença significativa na média do grupo na comparação entre o braço direito e o braço esquerdo ($P < 0,05$), sendo mensurados: 80,28 N \pm 16,48 braçada direita; e 87,48 \pm 29,77 braçada esquerda (Figura 34).

Figura 34 – Média de força de braçada do grupo.



Fonte: dados obtidos pela Autora (2016).

Papoti et al (2003) padronizaram um protocolo de 2 esforços de 30 segundos, e os valores encontrados de força média em nado atado foi FM_{NA} (N) $86,6 \pm 3,6$; e FM_{NA} (N) $87,6 \pm 4,0$.

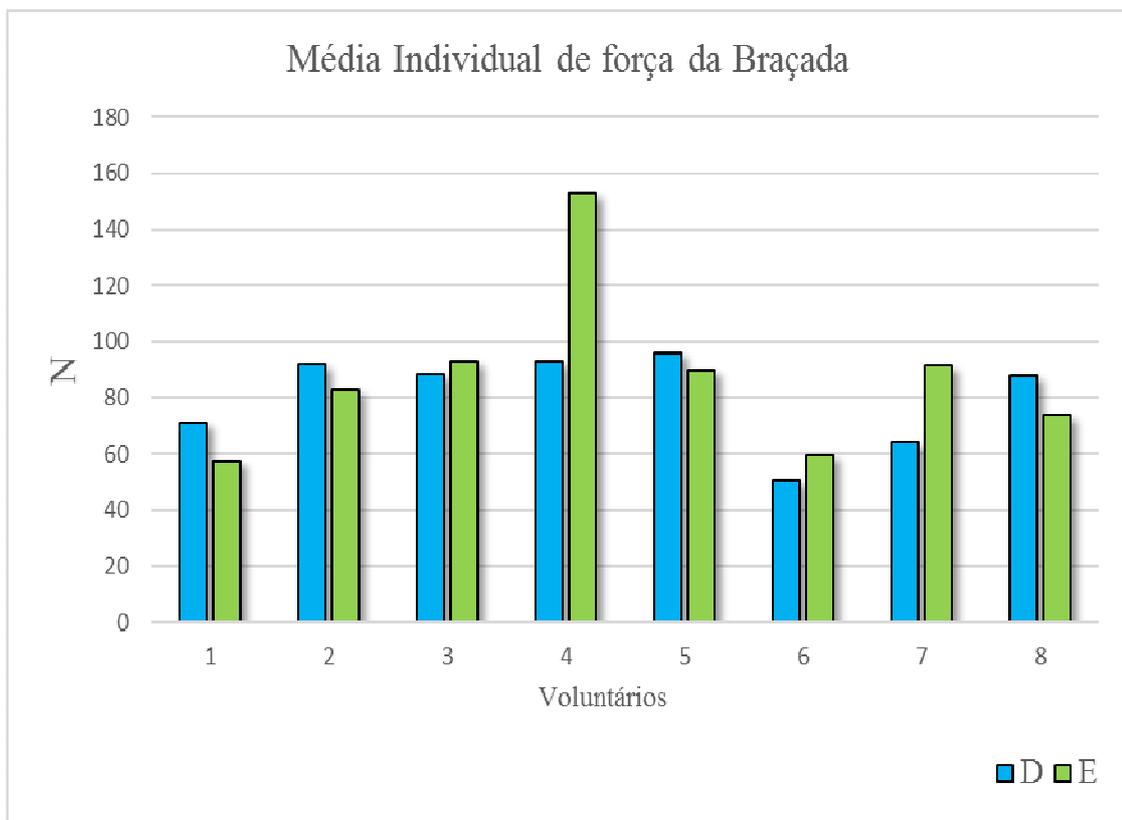
Do mesmo modo, Papoti et al (2005), utilizaram o mesmo protocolo supracitado devido à elevada estabilidade e reprodutibilidade das mensurações, e apresentaram a FM_{NA} (N) de $86,55 \pm 13,05$. Barbosa et al (2010) , encontraram força média em nado atado, em 2 tentativas de 10 segundos em intensidade máxima, $F_{méd}$ (N) $146,4 \pm 10,9$; $F_{méd}$ (N) $147,0 \pm 10,8$, considerando aproximadamente 5,5 segundos de esforços máximos, diferença obtida pode ser devido ao protocolo de curta duração e característica da amostra.

Para a comparação entre os valores da F_{NA} da braçada direita e a F_{NA} da braçada esquerda de cada nadador aplicou-se o teste de *Wilcoxon*. Houve diferença significativa analisando os voluntários individualmente. No caso dos voluntários 4 e 7 apresentaram diferença na comparação entre as braçadas: braço esquerdo maior que 59,72N em relação ao braço direito; braço esquerdo maior que 27,62N em relação ao braço direito, respectivamente, ($P < 0,05$). Ambos os voluntários são nadadores especializados em estilos diferentes (peito e borboleta), sendo que na execução destes, as braçadas são simultâneas, e a cada braçada é

exigida uma respiração frontal. Na análise da cinemetria, dos voluntários supracitados, constatou-se respiração lateral exigida pelo estilo *crawl*. No entanto, a cada ciclo houve uma respiração, respirando apenas de um lado, respiração 2 por 1, ou seja, a cada duas braçadas uma respiração. De fato, as diferenças encontradas em ambos os voluntários foi devido a aprendizagem e treinamento em outros estilos de nado.

Os dados exibidos na Tabela 2 estão apresentados também na Figura 35 mostrando a comparação entre a força da braçada individualmente, sendo o nível de significância ($P < 0,05$).

Figura 35 – Média da força da braçada



Fonte: dados obtidos pela Autora (2016).

Moré, Carpes e Castro (2007) realizaram a mensuração da força aplicada por braçada entre o lado da respiração e o contra-lateral, e foram encontradas diferenças significativas em 8 dos 10 sujeitos analisados. Porém, a assimetria não estava relacionada à mão dominante e/ou lado da respiração, pois o movimento da respiração lateral executado durante o nado *crawl* pode não ser o responsável por assimetrias temporais e espaciais. No entanto, a literatura sugere estudos que discutam a assimetria do nado levando em consideração o ângulo de rolamento do corpo, trajetória dos membros superiores, parâmetros temporais da força das braçadas, entre outras variáveis.

A assimetria da braçada durante o nado atado tendo como parâmetros a lateralidade e a respiração foram analisadas em 18 atletas de alto rendimento, sexo masculino, especialistas em curta e média distância, e com respiração unilateral. A média da força da braçada da lateralidade dominante foi de 211,2 N, e o lado não dominante foi de 175,7 N. Entretanto, o estudo demonstrou que a diferença da força encontrada não está relacionada diretamente com a lateralidade da respiração. Os resultados indicaram que a assimetria é mais evidente nos primeiros ciclos de ataque máximo e que um fator que pode ter influenciado na assimetria da braçada foi o aparato do nado atado em comparação ao nado livre (MOROUÇO et al., 2015).

4.2 FREQUÊNCIA E CICLO DE BRAÇADA

A Tabela 3 apresenta os valores de frequência e ciclo de braçada dos voluntários.

Tabela 3 – Frequência e ciclo de braçada

	Frequência [Hz]	Ciclo de Braçada
1	0,8	8
2	0,8	8
3	0,7	7
4	0,8	8
5	0,8	8
6	0,7	7
7	0,7	7
8	0,8	8
Média	0,76	7,5
dp±	0,07	0,53

Fonte: dados obtidos pela Autora (2016).

A análise da frequência e ciclo foi mensurado através da cinemetria. O cálculo da frequência de braçada (Fb) é feito da seguinte forma: $Fb = \text{total de ciclos de braçada} / \text{tempo}$; e o ciclo de braçada é definido pela entrada da mão na água até a próxima entrada da mesma mão na água.

Resultados semelhantes foram encontrados em Castro et al (2010) que apresentaram uma média de frequência de ciclos de braçadas de 0,73 Hz e desvio padrão de $\pm 0,07$. O valor médio encontrado no estudo supracitado pode estar relacionado tanto às características da amostra (12 nadadores, do sexo masculino, idade entre 16 a 25 anos, e com quatro anos de experiência em nado *crawl*) quanto no protocolo do teste em nado estacionário (30 segundos de nado *crawl* na maior intensidade).

4.3 QUANTIDADE DE BRAÇADA

Durante a execução dos testes, observou-se a quantidade de braçadas mensuradas no tempo delimitado. Os valores médios da contagem das braçadas: direita e esquerda mensuradas individualmente estão apresentados na Tabela 4

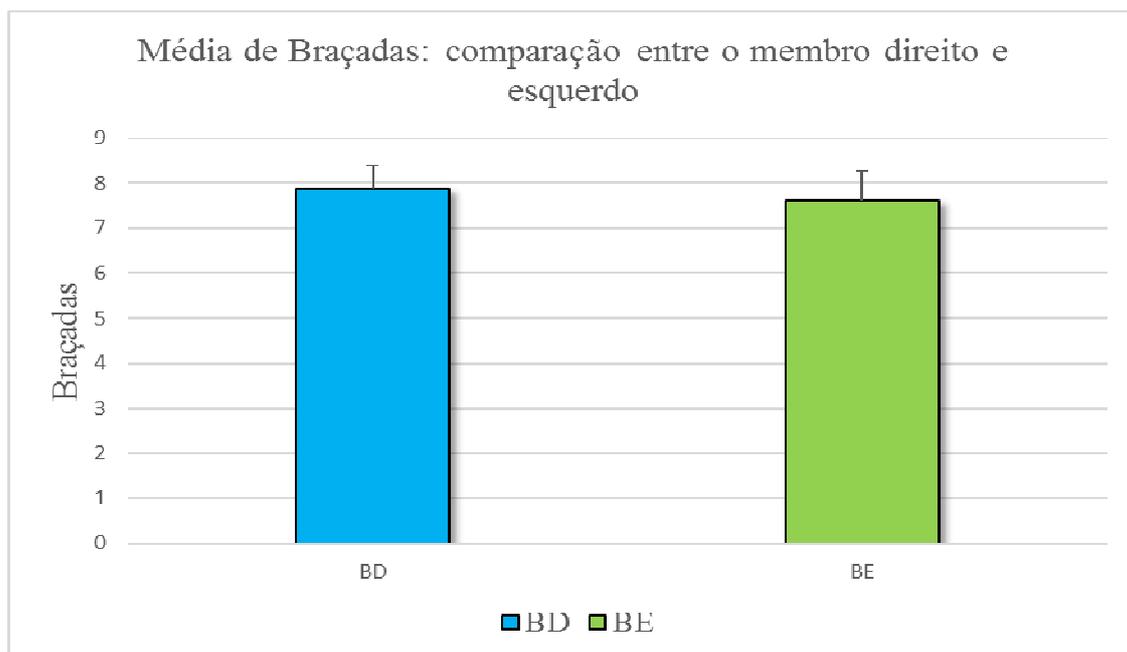
Tabela 4 – Contagem das braçadas: direita e esquerda.

	Braçada Direita	Braçada Esquerda
1	8	8
2	7	8
3	8	7
4	9	8
5	8	8
6	8	7
7	7	7
8	8	8
Média	7,88	7,63
dp±	0,64	0,52

Fonte: dados obtidos pela Autora (2016).

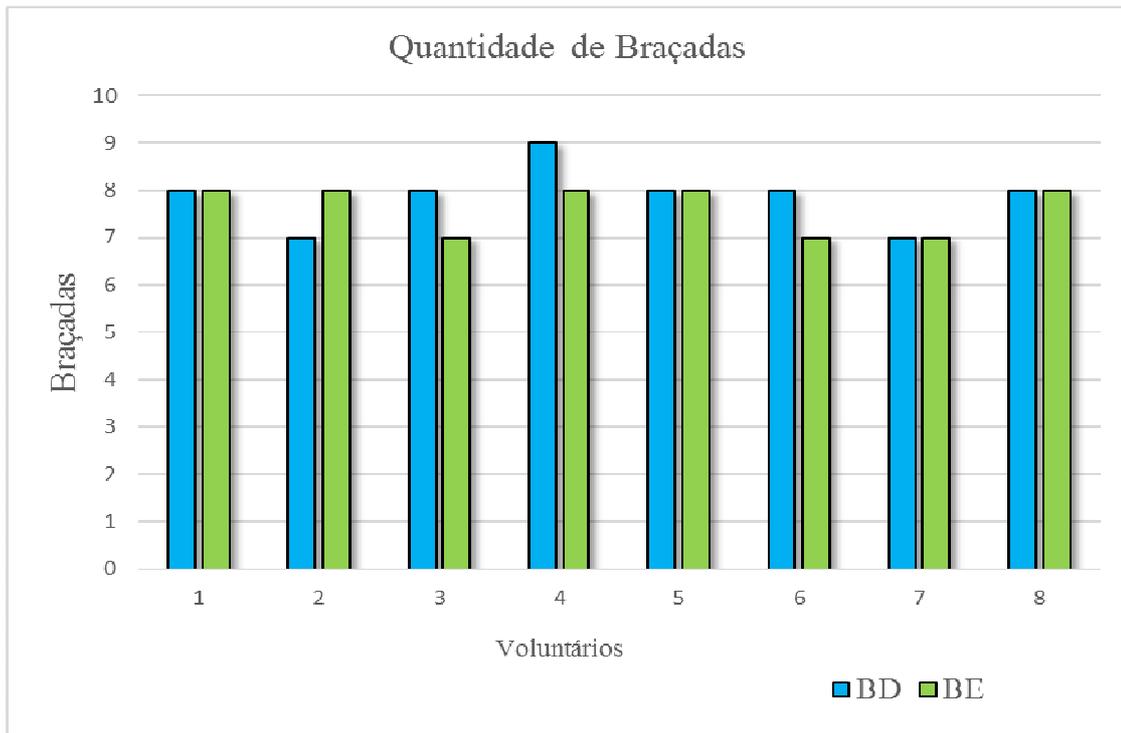
Observou-se que não houve diferença significativa ($P < 0,05$) comparando a média entre as braçadas direita e esquerda (Figura 36 e 37).

Figura 36 – Média de braçadas direita e esquerda.



Fonte: dados obtidos pela Autora (2016).

Figura 37 – Quantidade de braçadas individuais.



Fonte: dados obtidos pela Autora (2016).

Em um estudo realizado, a reprodutibilidade dos parâmetros biomecânicos da curva força-tempo do estilo *crawl* atado, utiliza um protocolo de 10 segundos e mensura os parâmetros pela média de 8 braçadas consecutivas, que representa em duração 5,5 segundos aproximadamente (BARBOSA et al., 2010). Porém, o estudo sugere protocolos com duração superior e maior quantidade de braçadas. Sendo assim, os dados coletados em nado atado em intensidade máxima considerou a média de 7,5 ciclos de braçada, que equivale a 10 segundos, possibilitando resultados com maior confiabilidade.

No presente estudo, as assimetrias significativas encontradas em 2 dos 8 sujeitos analisados indicam uma possível relação com a especialidade do estilo do nado, técnica e treinamento específico. Um outro fator que pode ter interferido nos resultados foi a adaptação ao aparato de medição. O índice de assimetria encontrado nos outros sujeitos não é considerado fator crítico. Sendo assim, o nado atado pode ser utilizado como prognóstico de treinamento, em provas curtas, para incrementar um melhor desempenho em competições.

5. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que a mensuração das variáveis dinâmicas da força da braçada do nado crawl detectaram assimetria da braçada em todos os voluntários porém, não houve diferença significativa na média dos atletas analisados. As maiores diferenças encontradas em comparação das braçadas direita e esquerda constataam que o estilo de nado e treinamento específico influenciam na execução do teste. Esses resultados podem contribuir para melhor elaboração de programas de treinamento de força, correção de gestos motores específicos e monitoramento individualizado. Através da cinemetria a análise da frequência média de ciclos de braçada comprovam que não houve diferença significativa na comparação entre as braçadas.

Assim, com base nos estudos atuais e nos achados da pesquisa, pode-se concluir que a dinamometria, utilizando célula de carga, continua sendo uma das melhores formas de mensuração da força, possibilitando um prognóstico de desempenho de curta distância. Novas pesquisas devem ser realizadas a fim de dar maior ênfase no desenvolvimento da força aplicada na braçada do nado crawl, o que poderia auxiliar na prescrição do treinamento em nado atado e na predição de performance em nado livre. Sugere-se, em futuras pesquisas, relacionar a F_{NA} a um programa de treinamento no início da temporada de competições, elaborar treinamento de força com peso fora e dentro d'água, corrigir as assimetrias, e mensurar a F_{NA} ao final da temporada, comparando as variáveis dinâmicas aferidas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.G. et al. Força crítica em nado atado: relações com o lactato sanguíneo e consumo de oxigênio. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 24, n.1, p. 47-59, 2002.

ALVES, L.P. Automação de dados de medidores de deslocamento e aceleração. 2007. 67f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

AMADIO, A. C.; SERRÃO, J. C. Contextualização da biomecânica para a investigação do movimento: fundamentos, métodos e aplicações para análise da técnica esportiva. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 21, n. esp., p. 61-85, 2007.

AMADIO, A. C. et al. Introdução à biomecânica para análise do movimento humano. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, n.3, p. 41-54, 1999.

BARBOSA, A. C. et al. Reprodutibilidade da curva força-tempo do estilo crawl em protocolo de curta duração. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 26, n. 1, p. 37-45, 2012.

CAPUTO, F. et al. Fatores intrínsecos do custo energético da locomoção durante a natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 399-404, 2006.

CAPUTO, F. et al. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlação com a performance. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 8, n. 3, p. 07-13, 2000.

CARR, G. **Biomecânica dos esportes**. 1ª Ed. São Paulo: Manole, 1998, 214p.

CASTRO, F. A. S. et al. Relação entre desempenho em 200m nado crawl e variáveis cinéticas do teste de nado estacionário. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 31, n. 3, p. 161-176, 2010.

CASTRO, F. A. S. et al. Cinemática do nado “crawl” sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. **Revista Brasileira de Educação Física do Esporte**, v. 19, n. 3, p. 223-232, 2005.

CASTRO, F. A. S. Parâmetros biomecânicos do nado crawl apresentados por nadadores e triatletas. 2002. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) – Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

CIPOLLI, E. A.C. Desenvolvimento de um sistema de *moving cameras* para reconstrução 3D de movimentos submersos. 2011. 65f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

CIPOLLI, E. A. C. Análise cinemática as saída na natação através de um sistema bi-dimensional. 2005. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2005.

DEMINICE, R. Validade do teste de 30 minutos (T-30) na determinação da capacidade aeróbica parâmetros de braçada e performance aeróbica de nadadores treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 3, p. 195-199, 2007.

FILHO, D. M. P.; GRECO, C. C.; DENADAI, B.S. Potência atada na máxima fase estável de lactato e índices do desempenho aeróbico de nado. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 5, p. 359-365, 2014.

FILHO, D. M. P.; DENADAI, B.S. Determinação da potência mecânica no limite entre os domínios pesado/severo do crawl-atado. **Revista Motriz**, v. 16, n. 4, p. 820-833, 2010.

FILHO, D. M. P; MONTEIRO, H. L. Respostas da força muscular e da mecânica de nado a dois regimes de treinamento com peso e sua influência sobre a velocidade no crawl. **Brazilian Journal of Biomechanics**, v.9, n. 16, p. 1-11, 2008.

FILHO, D. M.P.; NASCIMENTO, P. E.; DENADAI, B. S. Validação do modelo potência-tempo limite no crawl-atado pelas relações com os modelos distância/tempo limite e velocidade/tempo limite. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 29, n. 2, p. 95-114, 2008.

FRANKEN, M.et al. Esforço percebido e cinemática em percentuais da velocidade crítica na natação. **Revista Motriz**, v. 17, n. 4, p. 708-718, 2011.

FRANKEN, M.; CARPES, F.P.; CASTRO, F. A. S. Cinemática do nado crawl , características antropométricas e flexibilidade de nadadores universitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 15., 2007, Recife: **Anais...** Recife: CBCE, 2007. P. 1-8.

FREUDENHEIM, A.M.et al. Organização temporal da braçada do nado crawl: iniciantes “*verus*” avançados. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**, v.13, n. 2, p. 75-84, 2005.

GATTA,G. et al. Planimetric frontal area in the four swimming strokes: implications for drag, energetics and speed. **Human Movement Science**, v. 39, p. 41-54, 2015.

GUIMARÃES, C. T. E. Estudo biomecânico de cinco técnicas de partida de estafetas em natação: abordagem dinâmica e cinemática. 2006. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Desporto) – Faculdade do Desporto, Universidade do Porto, Porto, 2006.

HALL, S. **Biomecânica básica**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 417p.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 1ª Ed. São Paulo: Manole, 1999. 532p.

KATZER, J. I. et al. Conhecimento de performance com base no teste do desempenho motor no nado crawl, após boas versus más tentativas de prática na aprendizagem. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 5, n. 2, p. 10-16, 2015.

KIMURA, T.; OHBA, M.; SHIONOYA, A. Construction of a multiple-regression model for estimating the force in tethered swimming, and power in semi-tethered swimming for males. **Procedia Engineering**, v. 60, p. 275-280, 2013.

KURAMOTO, C. T. Desenvolvimento de um sistema bidimensional de monitoração da saída de nadadores. 2005. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2005.

JÚNIOR, J. M. S. Relação entre a força propulsiva e a velocidade nos quatro estilos competitivos da natação. 2012. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

JÚNIOR, J. M. S. et al. Revendo os fatores que afetam à propulsão durante o nado. **Revista Digital EFDeportes**, v. 15, n. 152, 2011.

(<http://www.efdeportes.com/efd152/os-fatores-que-afetam-a-propulsao-durante-o-nado.htm>).

Acesso em 15 de abril de 2015.

LEWILLIE, L. Research in swimming: historical and scientific aspects. **Biomechanics and Medicine in Swimming IV**, p. 7-16, 1983.

LIMA, A. B. Conhecimento de resultados e eficiência no treino da técnica em natação: concepção, desenvolvimento e avaliação de um sistema de “biofeedback” para treino da técnica em nadadores. 2005. 329f. Tese (Doutorado em Ciências do Desporto), Universidade do Porto, Porto, 2005.

MADUREIRA, F. et al. Validação de um instrumento para avaliação qualitativa do nado crawl. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 22, n. 4, p. 273-284, 2008.

MAGLISCHO, E. W. **Swimming fastet**. Champaign: Human Kinetics, 2003. 791p.

MAGLISCHO, E. W. **Nadando ainda mais rápido**. 3ª Ed. São Paulo: Manole, 1999. 716p.

MARINHO, P. C. S. Mensuração da força propulsora mediante o emprego do “nado amarrado” e sua relação com a velocidade básica de nadadores. 2002. 95f. Dissertação (Mestrado em Educação Física), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MELO, S. I. L.; SANTOS, S. G. Antropometria em biomecânica: características, princípios e modelos antropométricos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desenvolvimento Humano**, v.2, n.1, p. 97-105, 2000.

MENZEL, H. J. Conceitos de pesquisa e do ensino da biomecânica no esporte. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**, v.6 n. 1,p. 52-58, 1997.

MORÉ, F. C.; CARPES, F. P.; CASTRO, F. A. S. Simetria das forças no nado crawl: influência da respiração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2007. p. 518-523.

MOROUÇO, P. G. et al. Quantification of upper limb kinetic asymmetries in front crawl swimming. **Human Movement Science**, v.40, n. 1, p. 185-192, 2015.

NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. **Biomecânica básica do sistema musculoesquelético**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 401p.

OLIVEIRA, T. A. C. et al. Análise sistêmica do nado crawl. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 4, n. 1, p. 15-21, 2009.

PAPOTI, M. et.al. Força Crítica em nado atado para avaliação da capacidade aeróbica e predição de performances em nado livre. **Revista Brasileira Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 12, n. 1, p.14-20, 2010.

PAPOTI, M. et al. Uso de células de carga para mensuração da força dos membros inferiores em nado ondulatório. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.7, n.3, p. 313-318, 2007.

PAPOTI, M. et al. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbica e predição da performance de nadadores treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.11, n. 2, p. 126-130, 2005.

PAPOTI, M. et al. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbica de nadadores utilizando células de carga. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 3, n.3, p. 36-42, 2003.

PENDERGAST, D. et al. Energy balance of human locomotion in water. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 3, p. 377-386, 2003.

PERANDINI, L. A. B. et al. Correlação entre a força crítica e a velocidade crítica e suas respectivas frequências de braçada na natação. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 8, n. 4, p. 59-65, 2006.

PEREIRA, E. F. et al. Tempo de reação e desempenho motor do nado crawl em diferentes estágios de aprendizagem. **Revista Fisioterapia do Movimento**, v. 22, n. 4, p. 585-594, 2009.

PERSONA, K. L. Sistema na análise biomecânica de nadadores. 2006. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

RIBEIRO, R. S. Análise de parâmetros de força na dinamometria de nado atado e semiatado. 2012. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

RISCH, O. A; CASTRO, F. A. S. Desempenho em natação e pico de força em *tethered swimming*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2007. p. 441-446.

SAAVEDRA, J. M.; ESCALANTE, Y.; RODRIGUEZ, F. A. A evolução da natação. **Revista Digital**, v. 9, n. 66, 2003.

(<http://www.efdeportes.com/efd66/natacion.htm>). Acesso em: 14 de abril de 2015.

SANTHIAGO, V. Avaliação aeróbica de nadadores através de protocolos invasivos e não invasivos em duas situações distintas: nado livre e atado. 2009. 150f. Tese (Doutorado em Ciências da Motricidade) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

SANTOS, K. B. Assimetrias na força propulsiva durante o nado atado. 2011. 73f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SANTOS, R. M. M. O arrasto hidrodinâmico em natação pura desportiva. 2010. 34f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Desporto) – Departamento de Ciência do Desporto, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2010.

SILVA, A. et al. Avaliação da coordenação entre os membros superiores na técnica do crawl em nadadores infantis. **Acqua Revista Portuguesa de Natação**, v. 2, n. 3, p. 36-43, 2010.

SILVA, J. A. et al. Swimming economy: determinant factors and assessment issues. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 8, n. 3, p. 93-99, 2006.

SILVA, M. T; AMBRÓSIO, J.C. Biomechanical modelling for whole body motion using natural coordinates. **Journal of Theoretical and Applied Mechanics**, v. 42, n. 4, p. 927-944, 2004.

TELLES, T. et al. Análise dos movimentos da mão de um nadador nos quatro estilos da natação: comparação entre modelo teórico e análise cinemática tridimensional. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v.10, n. 1, p. 38-46, 2011.

TOUSSAINT, H. M.; ROSS, P. E.; KOLMOGOROV, S. The determination of drag in front crawl swimming. **Journal of Biomechanics**, v. 37,n.10, p. 1655-1663, 2004.

TUCHER, G.; GOMES, A. L.M.; DANTAS, E. H. M. Relação entre a potência mecânica de nado e o rendimento na natação. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 30, n. 2, p. 169-180, 2009.

VILAS-BOAS, J.P.; FERNANDES, R.; KOLMOGOROV, S. Arrasto hidrodinâmico activo e potência mecânica máxima em nadadores pré-juniores de Portugal. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 1, n.3, p. 14-21, 2001.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLATECIDO

Prezado Responsável/Participante

Contamos com a sua participação voluntária nessa pesquisa, que tem como objetivo **Análise da Assimetria da Braçada do Nado Crawl através do “nado atado”**.

Essa coleta de dados envolve a realização de um ensaio voltado à pesquisa, que tem como objetivo: Detectar a assimetria da Braçada e a queda de performance do Nado Crawl através do “Nado Atado”.

A pesquisa será feita para medir a força da braçada do nado crawl do atleta com a chamada Natação Estacionária/Atado, para verificar se existe diferença entre a força realizada em ambos os braços. Será utilizada uma câmera para gravar os movimentos realizados pelos nadadores com o objetivo de analisar a frequência/quantidade de braçadas.

Tal participação não oferece risco à integridade física ou moral do participante, bem como não oferecerá despesa. Os benefícios da participação serão aplicados diretamente aos voluntários com a prescrição de treinamento de grupos musculares e gestos motores específicos caso seja encontrada na coleta dos dados diferença significativa da força da braçada (direta/esquerda), beneficiando também indiretamente os atletas não participantes.

Vale lembrar que sua cooperação é voluntária e sigilosa, os dados serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa e será permitida a retirada do consentimento a qualquer momento da pesquisa sem prejuízo ao participante.

Agradecemos sua colaboração.

Regiane Diniz Correia (Acadêmico)

Prof. Dr. José Elias Tomazini (Orientador)

Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins (Co-orientador)

Termo de Assentimento do Menor

Você está sendo convidado para participar da Pesquisa **Análise da Assimetria da Braçada do Nado Crawl através do “nado atado”**. Seus pais permitiram que você participe.

Queremos saber se existe diferença/assimetria da braçada do nado crawl e sua relação com a queda do desempenho. As crianças participantes dessa pesquisa têm idade de 11 a 17 anos.

Você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu, não terá nenhum problema se desistir.

A pesquisa será feita no Itaguará Country Clube, na cidade de Guaratinguetá SP, onde as crianças ficaram dentro da piscina com um cinto de tração ligado a uma célula de carga colocada na borda da piscina. O uso do nado atado é considerado seguro, mas é possível ocorrer riscos tais como: câimbras, dores musculares, indisposição, etc. Caso aconteça algo errado, você poderá nos procurar no Departamento de Mecânica da FEG/UNESP. Mas há coisas boas que podem acontecer como benefícios: prescrição individualizada de treinamento de força e gestos motores específicos com o objetivo de melhorar o desempenho.

Se você morar longe do Itaguará Country Clube, nós daremos a seus pais condições de acompanhar a pesquisa, através de transporte fornecido pelos pesquisadores.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não será divulgado a outras pessoas, nem daremos qualquer informação a estranhos. Os resultados da pesquisa serão publicados, mas sem identificar os participantes da pesquisa. Quando terminarmos a pesquisa a divulgação dos resultados será publicado em Revista Científica.

Eu _____, aceito participar da pesquisa a assimetria da Braçada e a queda de performance do Nado Crawl através do “Nado Atado”, que tem como objetivo Detectar a assimetria da Braçada e a queda de performance do Nado Crawl através do “Nado Atado”. Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir que ninguém vai ficar furioso. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Guaratinguetá, ____/_____/2015.

Assinatura do Menor

Assinatura do Responsável

Assinatura da Pesquisadora

APÊNDICE B
FICHA DE AVALIAÇÃO

Nome:	
Nascimento:	Idade:
Peso:	Estatura:
Pratica Atividade Física? Quais e há quanto tempo?	
Tempo de Treinamento Semanal?	
Faz quantas refeições por dia?	
Faz dieta ou suplementação? Comente:	
Possui Colesterol, triglicérides ou glicose alta?	
Possui alguma alteração cardíaca? Algum parente com problemas cardíacos? Quem?	
É hipertenso?	
É diabético? Possui algum parente diabético?	

ANEXO A

Autorização para a utilização do Laboratório de Biomecânica da FEG-UNESP.

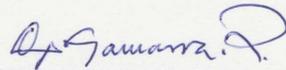
Unesp  **Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"**
Campus de Guaratinguetá - Faculdade de Engenharia
Departamento de Mecânica

Guaratinguetá, 26 de agosto de 2014.

Declaração

Declaro para os devidos fins que a discente: REGIANE DINIZ CORREIA é aluna devidamente matriculada no curso de pós-graduação (nível de mestrado), cujo título de seu trabalho é: ANÁLISE DA ASSIMETRIA DA BRAÇADA DO NADO CRAWL ATRAVÉS DO "NADO ATADO", sendo orientada pelo Prof. Dr. Tamotsu Hirata e Co-Orientada pelo Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins. A discente está autorizada a utilizar as dependências do Laboratório de Biomecânica do Departamento de Mecânica da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - FEG/UNESP para realizar pesquisas referentes ao seu Projeto de Mestrado.

Sem mais



Prof. Dr. Victor Orlando Gamarra Rosado
Chefe do Departamento de Mecânica
UNESP - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá