

INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM  
Escola Superior de Desporto de Rio Maior



Implicações musculares e cinemáticas na respiração de orientação  
e alternada em natação de Águas Abertas

Dissertação

Mestrado em Treino Desportivo

Miguel Baceira Roldão da Silva Santos

Orientadora:

Professora Doutora Ana Conceição

Co-orientador

Professor Doutor Hugo Louro

Julho, 2024

## Agradecimentos

A concretização deste trabalho, só foi possível graças ao apoio de todas as pessoas que passo a citar no presente texto: aqueles que acreditaram em mim e demonstraram ser verdadeiros amigos. Este percurso que acaba por ser tão importante para mim, ficará gravado para todo o sempre.

À Professora Doutora Ana Conceição que no primeiro dia de aulas na sua cadeira “Função Neuromuscular”, transmitiu de forma acolhedora e profissional a matéria que lecionava, para que não restassem dúvidas, para a escolha como minha orientadora. Onde me motivou, fornecendo todas as ferramentas necessárias de forma que trabalhasse muito para avançar neste estudo, onde tive gosto em realizar. E principalmente para a abertura de uma área que passei a gostar, a investigação.

Ao Professor Doutor Hugo Louro, pela sua disponibilidade e acessibilidade para orientação neste projeto, entre outros. Com quem aprendi muito, pelas tutorias e sessões na cadeira de opção de natação.

Aos nadadores que se disponibilizaram a participar no estudo, em que deram o seu melhor contributo para um excelente resultado.

A todos os meus colegas de trabalho da Junta de Freguesia de Benfica e Santa Clara, por terem muitas vezes assegurado as minhas aulas, enquanto estava em reuniões para a dissertação.

Aos meus Diretores Técnicos e Coordenadores, que sempre me deram todo o apoio, tanto profissional como pessoal.

À Alexandra minha mulher, companheira, amiga, que ficou muitas das noites sozinha, mas compreendendo que seria para meu bem, dizendo uma frase: “Tu tens muito mérito”.

Aos meus pais que sempre foram o meu exemplo, meu pilar, transmitindo os melhores valores, a melhor educação e conselhos, que quaisquer pais podem dar a um filho. Que tiveram muita, mas muita dedicação e esforço ao longo de 40 anos, para me apoiarem no estudo. Só tenho a dizer; Amo-vos muito.

À minha irmã e amiga Rita e ao meu querido sobrinho Duarte, por todo o apoio e confiança que deram durante este percurso. Muitas das semanas ligam para perguntar quando termino a dissertação.

Aos meus colegas do Alhandra Sporting Clube, especialmente aos da secção de natação adaptada, que para além de festejarmos vitórias nas provas de natação em Águas Abertas, também nos divertimos em variados convívios.

À Mayra Santos e ao João Duarte da SwimMadeira por me ter convidado a fazer parte deste novo projeto profissional da Natação em Águas Abertas.

À Junta de Freguesia da Ericeira e Câmara Municipal de Mafra, por todo o apoio que tem facultado para as Águas Abertas na terra.

A todos os meus amigos, que partilham momentos não só de provas, mas também de cafés e jantares, onde perguntam: “como está a correr a tese?”.

Aos meus colegas de Mestrado e principalmente aos colegas da opção, por ter sido um ano produtivo, onde seguimos juntos para a próxima etapa.

A todos os meus alunos, porque se sou o professor/ treinador que sou hoje, foi graças a vocês, aprendi muito convosco.

À minha colega Diana Torres, por toda a amizade e motivação durante todo este projeto.

Ao meu colega e amigo Carlos Silva, durante todo o projeto, por ter sido meu colega no curso de Treinadores de Natação Nível II, pois se tal não acontecesse, não estaria a redigir este texto.

# Índice

Índice de Figuras .....	6
Índice de Tabelas .....	6
Índice de Gráficos .....	6
Índice de Equações .....	7
Resumo .....	8
Abstract .....	9
Lista de Abreviaturas .....	10
1. Introdução .....	11
1.1 Nataação Pura Desportiva.....	11
1.2 Nataação em Águas Abertas.....	12
1.3 Eletromiografia .....	14
1.4 Cinemática.....	17
1.5 Respiração em Nataação.....	18
1.6 Apresentação do Tema - Enquadramento .....	20
1.7 Objetivos do Estudo.....	20
1.8 Problema de Estudo .....	21
2. Material e Métodos .....	21
2.1 Caracterização participantes .....	21
2.2 Procedimento experimental .....	21
3.Tratamento estatístico.....	25
4. Resultados .....	26
4.1 Análise cinemática.....	26
4.1 Análise Muscular .....	28
4.1.1 Condição de Respiração de Orientação.....	28
4.1.2 Condição de Respiração Alternada .....	34
5. Discussão de Resultados .....	46

<b>6. Limitações do estudo.....</b>	<b>51</b>
<b>7. Conclusão .....</b>	<b>51</b>
<b>8. Sugestões para futuros estudos.....</b>	<b>52</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>54</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>60</b>

## **Índice de Figuras**

<a href="#">Figura 1 - Localização e percurso .....</a>	<a href="#">23</a>
---	--------------------

## **Índice de Tabelas**

<a href="#">Tabela 2- Média <math>\pm</math> Desvio padrão da ativação muscular (%MVC) nas fases de propulsão e recuperação para comparação entre cada volta .....</a>	<a href="#">37</a>
--	--------------------

## **Índice de Gráficos**

<a href="#">Gráfico 1 - Velocidade Média dos Nadadores (N= 9) ao longo dos 5 kms .....</a>	<a href="#">30</a>
<a href="#">Gráfico 2- Frequência Gestual Média dos Nadadores.....</a>	<a href="#">30</a>
<a href="#">Gráfico 3- Distância de Ciclo Média dos Nadadores .....</a>	<a href="#">31</a>
<a href="#">Gráfico 4 – Índice de Braçada Média dos Nadadores .....</a>	<a href="#">31</a>
<a href="#">Gráfico 5 – Frequência Cardíaca Média dos Nadadores .....</a>	<a href="#">32</a>
<a href="#">Gráfico 6 – % Média Atividade Muscular do Músculo Upper Trapezius em relação à Contração Voluntária isométrica máxima ao longo dos 5kms, .....</a>	<a href="#">32</a>
<a href="#">Gráfico 7- % Média Atividade Muscular do Músculo Posterior Deltoid em relação à Contração Voluntária isométrica máxima ao longo dos 5kms, .....</a>	<a href="#">33</a>
<a href="#">Gráfico 8 - % Média Atividade Muscular do Músculo Anterior Deltoid em relação à Contração Voluntária isométrica máxima ao longo dos 5kms, .....</a>	<a href="#">34</a>
<a href="#">Gráfico 9- % Média Atividade Muscular do Músculo Biceps Brachii em relação à Contração Voluntária isométrica máxima ao longo dos 5kms, .....</a>	<a href="#">34</a>
<a href="#">Gráfico 10- % Média Atividade Muscular do Músculo Triceps Brachii em relação à Contração Voluntária isométrica máxima ao longo dos 5kms.....</a>	<a href="#">35</a>
<a href="#">Gráfico 11 - % Média Atividade Muscular do Músculo Pectoralis Major em relação à Contração Voluntária isométrica máxima ao longo dos 5kms .....</a>	<a href="#">35</a>
<a href="#">Gráfico 12- % Média Atividade Muscular do Músculo Latissimus dorsi em relação à Contração Voluntária isométrica máxima ao longo dos 5kms .....</a>	<a href="#">36</a>
<a href="#">Gráfico 13- Diferenças significativas entre a ativação muscular do PD em função da distância para <math>p \leq 0,05</math> .....</a>	<a href="#">38</a>

Gráfico 14 - Diferenças significativas entre a ativação muscular do AD em função da distância .....	39
---	----

## **Índice de Equações**

Equação 1 - $FG = 3 \cdot t^{3-1}$ .....	27
Equação 2 - $DC = v \cdot FG$ .....	27
Equação 3 - $IB = DC \cdot v$ .....	27
Equação 4 - $V = \text{distância} / \text{tempo}$ .....	27

## Resumo

O objetivo do presente estudo é a comparação das implicações da respiração de orientação e alternada nos nadadores em Águas Abertas, nos parâmetros cinemáticos e musculares numa distância de 5000 m em contexto natural, nomeadamente num lago. A amostra foi constituída por 9 nadadores do sexo masculino ( $25.4 \pm 11.9$  anos), massa corporal ( $75.9 \pm 9.0$  kg); altura ( $180.7 \pm 6.7$  cm); envergadura ( $185.6 \pm 10.3$  cm) e com 7 anos de treino e participação no Circuito Nacional de Águas Abertas, realizaram 10x500 metros à máxima intensidade na técnica de crol com intervalo de 30 segundos para verificação do equipamento e abastecimento. As variáveis cinemáticas foram, Frequência Gestual (FG), Velocidade (V), Distância de Ciclo (DC), Índice de Braçada (IB) foram analisadas, bem como a atividade muscular através de eletromiografia de superfície em 7 músculos; *Upper Trapezius* (UT); *Latissimus Dorsi* (LD); *Pectoral Major* (PM); *Posterior Deltoid* (PD); *Anterior Deltoid* (AD); *Triceps Brachii* (TB); *Biceps Brachii* (BB). Com a realização do teste ANOVA de medidas repetidas, Greenhouse-Geisser, os resultados mostram que existiram diferenças significativas; a FG foi aumentando ( $17.5-19.5$  ciclos-min<sup>-1</sup>) dos 500m aos 1500m e dos 3500m aos 5000m ( $F=4.79$ ,  $p=0.01$ ,  $\eta^2=0.37$ ); a Velocidade foi diminuindo ao longo do percurso ( $1.39-1.33$  m.s), com aumento nos 4500m até ao final do percurso ( $F=2.88$ ,  $p=0.03$ ,  $\eta^2=0.02$ ), a DC foi diminuindo ao longo do percurso principalmente dos 500m aos 2500m ( $F=4.47$ ,  $p=0.00$ ,  $\eta^2=0.35$ ), o IB foi diminuindo ao longo percurso em particular dos 500m aos 2500m ( $F=3.78$ ,  $p=0.01$ ,  $\eta^2=0.32$ ). Ao nível das alterações musculares, os músculos TB ( $F=1.84$ ,  $p=0.07$ ,  $\eta^2=0.18$ ) e PM ( $F=4.15$ ,  $p=0.00$ ,  $\eta^2=0.34$ ) apresentaram maior ativação no recrutamento muscular ao longo de todo o percurso, na condição respiração alternada em relação às fases subaquáticas e de recuperação. No caso do músculo AD ( $F=3.65$ ,  $p=0.00$ ,  $\eta^2=0.31$ ) acabou por ter um maior recrutamento ao nível muscular nas distâncias 500m, 1000m, 2000m, 3000m e 5000m, na condição de respiração de orientação em relação a ambas as fases.

Os resultados indicam que os nadadores, utilizam como estratégia o aumento da FG e diminuição das restantes variáveis, de modo a controlarem a sua cadência de nado.

**Palavras-chave:** Natação de Águas Abertas, Atividade muscular, Eletromiografia, Respiração, Cinemática



## Abstract

The aim of the present study is to compare the implications of guided and alternate breathing in Open Water swimmers, kinematic and muscular parameters over a distance of 5000 m in a natural context, namely in a lake. The sample consisted of 9 male swimmers ( $25.4 \pm 11.9$  years old), body mass ( $75.9 \pm 9.0$  kg), height ( $180.7 \pm 6.7$  cm), wingspan ( $185.6 \pm 10.3$  cm) and with 7 years of training and participation in the National Open Water Circuit, performed 10x500 meters at maximum intensity in the crawl technique with a 30-second interval to check the equipment and supply. The kinematic variables were, kinematic variables, Stroke Rate (SR), Speed (V), Cycle Distance (CD), Stroke Index (SI) were analyzed, as well as muscle activity through surface electromyography in 7 muscles; *Upper Trapezius (UT)*; *Latissimus Dorsi (LD)*; *Pectoral Major (PM)*; *Posterior Deltoid (PD)*; *Anterior Deltoid (AD)*; *Triceps Brachii (TB)*; *Biceps Brachii (BB)*. With the performance of the Greenhouse-Geisser repeated measures ANOVA test, the results show that there were significant differences; GF increased ( $17.5\text{-}19.5$  cycles-min<sup>-1</sup>) from 500m to 1500m and from 3500m to 5000m ( $F=4.79$ ,  $p=0.01$ ,  $\eta^2=0.37$ ); Velocity decreased along the course ( $1.33\text{-}1.39$  m.s), with an increase in 4500m until the end of the course ( $F=2.88$ ,  $p=0.03$ ,  $\eta^2=0.02$ ), WC decreased along the course mainly from 500m to 2500m ( $F=4.47$ ,  $p=0.00$ ,  $\eta^2=0.35$ ), BI decreased along the course, particularly from 500m to 2500m ( $F=3.78$ ,  $p=0.01$ ,  $\eta^2=0.32$ ). In terms of muscle alterations, the TB ( $F=1.84$ ,  $p=0.07$ ,  $\eta^2=0.18$ ) and PM ( $F=4.15$ ,  $p=0.00$ ,  $\eta^2=0.34$ ) muscles showed greater activation in muscle recruitment along the entire course, in the condition of no breathing in relation to the underwater and recovery phases. In terms of muscle alterations, the TB ( $F=1.84$ ,  $p=0.07$ ,  $\eta^2=0.18$ ) and PM ( $F=4.15$ ,  $p=0.00$ ,  $\eta^2=0.34$ ) muscles showed greater activation in muscle recruitment along the entire course, in the alternate breathing condition in relation to the underwater and recovery phases. In the case of the AD muscle ( $F=3.65$ ,  $p=0.00$ ,  $\eta^2=0.31$ ) it ended up having a greater recruitment at the muscular level in the distances 500m, 1000m, 2000m, 3000m and 5000m, in the condition of orientation breathing in relation to both phases.

The results indicate that swimmers use as a strategy the increase of SR and decrease of the other variables, in order to control their swimming cadence.

**Keywords:** Open Water Swimming, Muscle Activity, Electromyography, Breathing, Kinematics

## **Lista de Abreviaturas**

**AA-** Águas Abertas

**EMG-** Eletromiografia

**sEMG-** Eletromiografia de Superfície

**FINA-** Fédération Internationale de Natation

**SPSS** - Statistical Package for the Social Sciences

**RMS** - Root Mean Square

**DC** – Distância de Ciclo

**FG** – Frequência Gestual

**IN** – Índice de Nado

**VN** – Velocidade de Nado

**NPD** – Natação Pura Desportiva

**TS** - *Superior Trapezius*

**GD** - *Latissimus Dorsi*

**PS** - *Superior Pectoralis*

**DP** - *Posterior Deltoid*

**DA** - *Anterior Deltoid*

**TB** - *Triceps Brachii*

**BB** - *Biceps Brachii*

**UP** – *Upper Trapezius*

**FC** – *Frequência Cardíaca*

**Vo<sup>2</sup>max** – *Volume Maximo de Oxigénio*

**MS<sup>1</sup>** – *Metros por Segundo*

**S** - Segundo

**SPSS** - Statistical Package for the Social Sciences

**T** - Tempo

**V** - Velocidade

## **1. Introdução**

Sendo a natação entendida como uma modalidade desportiva individual, continua e cíclica, acaba por ser originária de fatores bioenergéticos e biomecânicos (Fernandes & Vilas Boas, 2006). As mudanças de velocidade na natação referem-se principalmente às forças que atuam sobre o nadador e na direção do movimento, entendidas por propulsão e arrasto. A velocidade está diretamente relacionada à potência mecânica da força e das habilidades geradas pelo atleta (Toussaint & Truijens, 2006). A evolução da carreira de um nadador é um processo que deverá ser orientado, progressivo e contínuo para a maximização dos resultados desportivos surgirem no momento mais favorável (Alves et al., 1999).

### **1.1 Natação Pura Desportiva**

Na Natação Pura Desportiva (NPD), quando o atleta se encontra no domínio de uma “boa técnica”, significa que é portador de uma elevada eficácia e eficiência motora (Llop et al, 2003). Os nadadores de longa distância estão familiarizados com o treino de baixas e médias velocidades de nado, que geralmente estão próximas das suas intensidades competitivas de nado, mantendo elevado volume e baixa média de intensidade durante a fase preparatória (Vanheest et al., 2004; Hellard et al., 2017; Pla et al., 2019).

No âmbito da NPD, diversos estudos desenvolvidos, sugerem a capacidade preditiva do rendimento desportivo com base no perfil biofísico dos nadadores (Barbosa et al., 2006).

A economia motora das técnicas de nado compõe um dos parâmetros mais orientadores de todos quantos podem ser avaliados em nadadores, nomeadamente porque permitem estimar o percentual de participação energética aeróbia e anaeróbia em diversificadas distâncias de prova; avaliar quantitativamente o nível de adequação mecânica global do gesto técnico. A eficiência propulsiva acaba por ser interpretada como indicador da técnica,

quanto melhor for um nadador tecnicamente, melhor será a sua eficiência propulsiva (Silva et al., 2006).

## **1.2 Natação em Águas Abertas**

Com o surgimento da disciplina de Águas Abertas (AA), no primeiro campeonato mundial da Fédération Internationale de Natation Amateur (FINA) em 1991, sendo conhecida nos dias de hoje como World Aquatic Association (WAA) através da realização da prova de 25000 m. As diferenças do nado em piscina ou no mar direcionam a constrangimentos, que impõe contrariedades para uns atletas e/ou facilidades para outros (Bonança et al., 2021).

A prática das AA ocorre de forma diferenciada das técnicas de NPD, devido à variedade da dinâmica do meio onde os nadadores se encontram (Neves, 2017). Para identificação e caracterização de determinantes biofísicos do rendimento da técnica de crol, poderão eventualmente ser simuladas situações de competição em variadas distâncias, nomeadamente em ambientes abertos como num lago (Oliveira, 2018).

O nadador de AA terá de se adaptar e lidar com o imprevisível, deverá ter a capacidade aeróbia associada à capacidade de nadar a velocidades elevadas durante longos períodos, sendo sete os pilares que suportam a preparação de um nadador de AA, nomeadamente; i) o treino de base, ii) de velocidade, iii) de tolerância à distância, iv) específico, v) técnico, vi) de aclimatização e vii) tático (Munatones, 2008).

As provas de natação em AA são influenciadas por variáveis ambientais extremas (temperatura da água, marés, correntes e ondas), tendo impacto no desempenho, nas táticas e no ritmo (Seffrin et al., 2021).

As AA são realizadas a nível competitivo em rios, lagos e oceanos, exceto nos eventos de 10000 m (Zacca et al., 2020).

Posteriormente, com o desenvolvimento das AA, a introdução da utilização dos fatos de neoprene em competições teve uma influência positiva na velocidade de nado em ambos os géneros, verificando-se uma melhoria significativa no setor feminino em distâncias mais longas (Ulsamer et al, 2014).

Nos Jogos Olímpicos de 2016, na prova de 10000m de AA, os nadadores utilizaram o aumento de velocidade na parte final da competição como estratégia, sendo a segunda parte da prova mais rápida do que a primeira (Baldassare, 2017).

Nas provas de AA os nadadores muitas das vezes nadam em grupos, alguns aproveitam a chamada “onda” ou drafting do nadador da frente, para alcançarem uma posição, tendo maior vantagem. O drafting na natação é uma tática competitiva, em que um atleta (drafter) nada na onda de outro atleta (líder). Aproveitando assim a turbulência da água gerada pelo líder, para utilizar um menor arrasto ao deslizar na água (Bentley et al, 2007). Bentley et al. (2007), verificaram que os atletas de triatlo no segmento de natação, nadaram em velocidade normal ( $1.13 \text{ ms}^{-1}$ ) e com drafting ( $1.27 \text{ ms}^{-1}$ ), por essa razão são os que economizam maior energia aeróbia, isto para poderem ter um maior rendimento nos segmentos seguintes; ciclismo e corrida. Mostrando o efeito, que esta tática poderá explicar, os nadadores ao nadarem perto, atrás ou ao lado dos líderes de prova, fará com que haja uma redução do custo energético do nado em 20%, ou da resistência e das taxas de braçadas. Por outras palavras, os nadadores com melhor prestação procuram colocar-se mais à retaguarda, de forma que consigam economizar energia, para a última volta do percurso. Este comportamento irá permitir, que eles evitem contato uns com os outros, para disputar as posições de liderança (Rodriguez et, al. 2021).

No Campeonato Mundial de 2019 na Coreia do Sul, no percurso de 10000m, verificaram que os nadadores do sexo feminino apresentaram um ciclo de braçada mais uniforme durante a primeira metade da prova, os valores rondaram entre 35-37 ciclos de braçada e com aumentos até aos 39 na segunda parte, os quais foram observados na chegada à meta (Rodriguez et al, 2021).

Na distância de 5000m na técnica de crol em piscina e em AA, foi estudado o gasto de energia de respiração em respiração e posteriormente análise cinemática, Zacca et, al, (2020), procuraram: (1) medir as variáveis fisiológicas e cinemáticas após uma prova de 5000 m em uma piscina de 50 m, na técnica de crol; (2) avaliar variáveis fisiológicas e cinemáticas durante os 5 km em uma piscina de 50 m; (3) a cinética do consumo de oxigênio, Etot (Gasto total de energia),  $\dot{y}$  (gasto de energia metabólica) e C (custo de energia) foram medidas num teste de piscina na técnica de crol, numa distância de 5000 m; (4) como o

ritmo de nado de 5000 m em águas abertas, pode ser afetado pelas variáveis atmosféricas, o seu impacto foi avaliado em ambiente natural.

Durante os 5000 m em piscina, os nadadores do sexo masculino iniciaram o nado com uma velocidade ( $v$ ) de (1.40 m.s) e progressivamente foram reduzindo (1.30 m.s) ao longo de todo o percurso. Com aumento de frequência gestual (FG) de (33,9 ciclo·min<sup>-1</sup>) para (35,4 ciclo·min<sup>-1</sup>) nos últimos 1000 m. O Índice de Braçada (IB) diminuiu (2,85 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>) para (2,65 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>) ao longo dos 5000 m. Para alcançar a cinemática que é desejada, durante os 5000 m são necessárias alterações na potência metabólica ( $\dot{y}$ ), que afetam  $V\ddot{y}$  e FC. Sendo claro, que os nadadores de AA necessitam de estar com maior foco de atenção, para possíveis acelerações e desacelerações durante a prova de 5000 m (Zacca, 2020).

### 1.3 Eletromiografia

A eletromiografia (EMG) tornou-se uma ferramenta diagnóstica para estudos a nível muscular, fadiga, paresia, paralisia e velocidades de condução nervosa, lesões da unidade motora ou para problemas neurogênicos e micogênicos (Clarys, 2000). A EMG como área de estudo, abrange o registo de potenciais elétricos dos músculos ativos, consistindo em alcançar uma manifestação do envolvimento dinâmico dos músculos específicos na propulsão do corpo, sendo uma área de estudo determinante para entendimento e percepção dos movimentos em natação (Conceição et al., 2013).

Com o rápido crescimento do número de aplicações e tendo como referência o potencial da eletromiografia de superfície (SEMG), é um instrumento para a avaliação do sistema neuromuscular (Hermens, 2000). Devido ao elevado número de contrações repetitivas, a fadiga acumula-se, fazendo com que o nadador não consiga ter mais a capacidade de sustentar o comprimento inicial da braçada (Dekerle et al, 2005; Keskinen, & Komi, 1993; Weiss, Reischle, Bouws, Simon, & Weicker, 1988). Os nadadores geralmente tentam compensar esse déficit aumentando a frequência gestual (Alberty et al, 2008).

Na NPD especificamente na técnica alternada de crol; Pink et al. (1991) descreveram os padrões da atividade muscular em 12 músculos (*Anterior Deltoid, Medialis Deltoid, Posterior Deltoid, Supraspinatus, Infraspinatus, Teres*

*Minor, Subscapularius, Rhomboids, Superior Trapezius, Serratus Anterior, Superior Pectoralis, Latissimus Dorsi*) na técnica de crol durante as fases da braçada subaquática; Caty et al. (2007) avaliaram a estabilização da articulação do punho e a ativação dos músculos do mesmo, durante as duas fases principais do nado de crol; Figueiredo et. al. (2013) avaliaram a capacidade muscular em oito músculos (*Flexor carpi radialis, Biceps Brachii, Triceps Brachii, Pectoralis Major, Upper Trapezius, Rectus Femoris, Biceps Femoris e Tibialis Anterior*) nos nadadores em distância de 200m na técnica de crol; Stirn (2013) compararam a diminuição da frequência média (MNF) em alguns músculos da parte superior do tronco durante 100 metros na técnica de nado crol utilizando dois métodos de normalização diferentes: quando o MNF no final da natação (MNF<sub>Send</sub>), quando MNF<sub>min</sub> foi usado para calcular o índice de fadiga (FI<sub>min</sub>). Nos músculos da parte superior do tronco (*Triceps Brachii, Latissimus dorsi e Superior Pectoralis*); Martens et. al. (2015) avaliaram a variabilidade intra individual em nadadores especialistas na técnica de crol, através do sinal EMG, para determinar a influência de dois métodos de normalização de amplitude e tempo, no nado de crol em relação aos movimentos dos membros superiores. Na técnica de costas; Pink et al. (1992) descrição da atividade muscular em doze músculos do ombro (*Anterior Deltoid, Medialis Deltoid, Posterior Deltoid, Supraspinatus, Infraspinatus, Teres Minor, Subscapularius, Rhomboids, Superior Trapezius, Serratus Anterior, Superior Pectoralis, Latissimus Dorsi*) em nadadores competitivos especialistas na técnica de costas.

Em técnicas simultâneas, no caso da técnica de bruços; Ruwe et. al. (1994) descreve e compara os padrões de atividade elétrica em doze músculos do ombro (*Anterior Deltoid, Medialis Deltoid, Posterior Deltoid, Supraspinatus, Infraspinatus, Teres Minor, Subscapularius, Rhomboids, Superior Trapezius, Serratus Anterior, Superior Pectoralis, Latissimus Dorsi*) durante o nado de bruços em vinte e cinco nadadores competitivos que tinham os ombros normais e em catorze que tiveram ombros dolorosos (Guignard et. al. 2015); Conceição (2013) para a caracterização da técnica de bruços, com relação entre parâmetros cinemáticos e neuromusculares, através de EMG para analisar a dinâmica da atividade neuromuscular dos músculos (*Superior Pectoralis, Biceps Brachii, Triceps Brachii, Anterior Deltoid*) em doze nadadores nacionais de elite; Vaz et. al. (2016) para a comparação de estratégias da coordenação muscular dos

músculos dos membros superiores e inferiores, tendo como amostra dezasseis nadadores da técnica de braços oito iniciados e oito de elite, foram avaliados e registados através de EMG oito músculos, (*Superior Pectoralis*, *Minor Trapezius*, *Biceps Brachii*, *Triceps Brachii*, *Rectus Femoris*, *Tibialis Anterior*, *Biceps Femoris*, *Gastrocnemius Medialis*) descobrindo que existiram diferenças na coordenação entre o membro superior e o inferior, tanto nos nadadores de elite como no iniciados, não afetando a técnica de nado.

Tendo sido escassos os estudos em AA, foi recentemente estudada a Caracterização Técnica e Neuromuscular do Nadador de Águas Abertas (Silva, 2023). Silva et. al. (2023), verificou neste estudo, que a atividade neuromuscular dos músculos analisados; *Upper Trapezius (UT)*, *Posterior Deltoid (PD)*, *Latissimus Dorsi (LD)*, *Bicipet Bracchi (BB)*, *Triceps Brachii (TB)*, *Anterior Deltoid (AD)*, *Pectoral Major (PM)*. Concluiu-se que os músculos UT e AD acabam por ter maior ativação na fase de recuperação em relação aos restantes, ao invés de TB e LD, que tiveram maior ativação nas fases propulsivas e de recuperação, com propósito de superar o arrasto e regularizar o movimento.

A EMG tem sido utilizada para a compreensão e aprofundamento do comportamento muscular e desempenho dos nadadores na técnica de crol em longas distâncias, e de que forma os nadadores mantêm o pico de desempenho mesmo próximos da fadiga muscular. Foram recrutados vinte e um nadadores para nadar 1500m, próxima à velocidade do seu recorde pessoal. Realizando posteriormente análise das variáveis cinemáticas velocidade, comprimento de braçada, índice de braçada, frequência gestual. Na EMG foram avaliados doze músculos *Flexor Carpi Radialis (FCR)*, *Pectoral Major (PM)*, *Pars Clavicularis (PC)*, *Triceps Brachii (TB)*, *Caput Lateralis (CL)*, *Biceps Brachii (BB)*, *Latissimus Dorsi (LD)*, *Upper Trapezius (UT)*, *Rectus Femoralis (RF)*, *Biceps Femoris (BF)*, *Gas-trocnemius Medialis (GM)*, *Erector Spinae (ES)*, *Tibialis Anterior (TA)* and *Deltoid Lateral (DL)*. Tendo sido os músculos *Latissimus Dorsi (LD)*, *Triceps Brachii (TB)* e *Pectoral Major (PM)* que mostraram adaptações dinâmicas e estratégicas. À medida que a fadiga se instala, a atividade EMG aumenta progressivamente, os nadadores acabam por adotar estratégias para lidar com a fadiga, para irem compensando efetivamente com a diminuição da eficiência de outros grupos musculares (Puce, 2023).



## 1.4 Cinemática

Durante uma prova de 5000m os nadadores tentam preservar a sua velocidade, enquanto a distância de ciclo (DC) e o índice de braçada (IB) tendem a diminuir com o aumento do percurso. Na natação de AA os membros superiores, membros inferiores e tronco vão originar variações na alteração da posição de nado, o que faz com que o nadador perca velocidade ao longo do percurso (Silva, 2023).

O desempenho na natação está relacionado com a ação produzida entre os diferentes segmentos corporais. A análise de um segmento corporal não define as ações, e o movimento dos membros não pode ser considerado de forma única. A rotação do corpo, ao estar ligada ao desempenho da natação; na técnica de crol a principal contribuição é atribuída pelos membros superiores (Fantozzi, et al, 2022).

Nos Campeonatos do Mundo, Europa e Jogos Olímpicos, nas competições de 10000 m em águas abertas, entre 2008 e 2012, com a participação de 2.591 nadadores em 47 competições, mostram diferenças existentes na velocidade de nado feminino ( $1.35 \text{ ms}^{-1}$ ) acabou por ser menor que o masculino ( $1.45 \text{ ms}^{-1}$ ) (Vogt, et al, 2013).

A análise de variação da velocidade dentro de um ciclo completo de nado contribui para o deslocamento do nadador e apresenta um conjunto de informações sobre as diferentes fases do ciclo. Estas variações de velocidade são o resultado de uma aceleração positiva e negativa do centro de massa, causadas pelas forças propulsivas e resistivas aplicadas sobre o nadador em cada instante do ciclo (Barbosa, 2006).

Na concretização de força entre o membro superior dominante e não dominante, poderão existir assimetrias durante o nado de crol (Psycharakis et. al. 2021).

Num dos estudos realizados por Zacca (2020), competição de nado de 5x1000 m em piscina de 50m, existiu uma perda de eficiência no percurso em piscina, tanto para nadadores masculinos como femininos. As reduções nos intervalos de 1000m para nadadores do sexo masculino foram moderadas no comprimento de braçada. Não existiram diferenças substanciais ao longo dos 5km para variáveis v e FG, sendo que a variável DC aumentou de ( $33,9 \text{ m-ciclo}^{-1}$ ) para

35,4 m-ciclo<sup>-1</sup>), e o IB diminuiu no grupo masculino de (3.4 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>) para (3.0 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>) nos últimos 1000m (Zacca et. al. 2020).

### 1.5 Respiração em Natação

Os estudos realizados ao nível do domínio da respiração em NPD, têm sido variados, com relação entre diversas variáveis biomecânicas, para entendimento das alterações que possam surgir nas técnicas de nado; Castro et. al. (2006), tendo como objetivo de estudo o entendimento da respiração na técnica de crol podendo causar alterações na mecânica da braçada, recrutou quinze nadadores, nove velocistas, seis fundistas e oito triatletas, com o protocolo de que cada nadador realizava duas séries de três repetições de 25 m, na técnica de crol numa piscina de 25m. Séries com uma repetição para cada intensidade: fraca, média e forte. A primeira série foi realizada com respiração a cada ciclo, para o lado preferencial e a segunda realizada com as mesmas intensidades, mas sem respiração. Nos velocistas, o aumento de intensidade fez com que houvesse uma diminuição do DC (2.79 ciclos-min<sup>1</sup>), e aumentou a v (1.86 ms<sup>-1</sup>). A variação de intensidade alterou o IB apresentou incremento de (3.77 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>), para R2 (4.14 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>), para R3 (4.33 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>) (condições com respiração). Na condição de sem respiração aumentou de (4.14 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>) para (4.43 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>), diminuindo de para (4.27 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>-ciclo<sup>-1</sup>). No grupo das condições de respiração, com maiores valores de v durante o nado sem respiração (1.30 ms<sup>-1</sup>), (1.62 ms<sup>-1</sup>), (1.94 ms<sup>-1</sup>) em comparação ao nado com respiração (1.25 ms<sup>-1</sup>), (1.52 ms<sup>-1</sup>) e (1.86 ms<sup>-1</sup>).

O grupo F com aumento da intensidade causou diminuição do DC (2.57 ciclos-min<sup>1</sup>), (2.30 ciclos-min<sup>1</sup>) e (2.11 ciclos-min<sup>1</sup>) e aumento da v (1.28 ms<sup>-1</sup>), (1.45 ms<sup>-1</sup>) e (1.71 ms<sup>-1</sup>) na condição de respiração; Pendergast et. al. (1977) verificou no seu estudo, que tanto para os nadadores do sexo masculino como feminino, com o aumento de arrasto hidrodinâmico e excessiva rotação do tronco, originou uma diminuição da velocidade; Psycharakis, et, McCabe (2011), foram calcular de forma individual a rotação dos ombros e da anca nas condições de respiração e não respiração, com a amostra de doze nadadores do sexo masculino, cumprindo um protocolo de realizar dois sprints na técnica de crol numa piscina de 25m em velocidade máxima, para as condições de não respiração e

respiração pelo lado preferencial. Podendo avaliar as diferenças na magnitude e nas características temporais das variáveis, velocidade, condições de respiração e não respiração do lado preferencial. Os resultados mostraram que a velocidade de nado foi maior na condição de não respiração ( $1.82 \text{ ms}^{-1}$ ) em relação à condição de respiração ( $1.77 \text{ ms}^{-1}$ ); Psycharakis et McCabe (2015) As ações respiratórias na técnica de crol, poderão causar alterações na mecânica do nado, dos membros superiores no ciclo de braçada, dez nadadores competitivos realizaram dois sprints de 25m ao máximo, um a respirar para o lado preferencial e outro a não respirar, a DC na condição de não respiração ( $55,27 \text{ m-ciclo}^{-1}$ ) foi maior do que na de respiração ( $54.67 \text{ m-ciclo}^{-1}$ ); os resultados do estudo mostraram que os nadadores perderam velocidade na condição de respiração ( $1.76 \text{ ms}^{-1}$ ) em relação à condição de não respiração ( $1.81 \text{ ms}^{-1}$ ).

Em outro estudo realizado por Leahy (2019) a natação requer padrões respiratórios otimizados para fluabilidade e eficiência da braçada. Durante o nado, a respiração é sincronizada com o ritmo do movimento e requer uma condição inspiratória forçada dentro das restrições biomecânicas do ciclo de braçada; Psycharakis et. al. (2021) recrutaram quinze nadadores, nove do sexo masculino e seis do sexo feminino, para a realização dum estudo tendo como objetivo a identificação de assimetrias entre os membros superiores dominante não dominante, e quantificar o efeito da respiração na aplicação de força e explorar qualquer associação entre as variáveis e o desempenho na natação. Os nadadores realizaram o seu aquecimento normal, como se tratasse de um dia de competição de 50m na técnica de crol, os nadadores do sexo masculino apresentaram valores mais elevados no lado não dominante em relação às nadadoras do sexo feminino que exibiram valores maiores no lado dominante. Os valores foram mais elevados na condição de respiração do que na condição sem respiração em ambos os sexos.

Seifert Chollet & Allard (2005) tiveram como objetivo no seu estudo analisar a relação de simetria da coordenação dos membros superiores, lateralidade motora e lateralidade respiratória, num teste de 100m na técnica de crol, composto por vinte e oito nadadores, que foram diferenciados pela velocidade, frequência de braçada, comprimento de braçada, frequência respiratória. Os resultados obtidos e comparados com a maioria dos nadadores apresentaram coordenação assimétrica dos membros superiores, com descontinuidade

propulsiva de um lado e superposição propulsiva do outro. Esta assimetria foi relacionada ao lado respiratório preferencial e à lateralidade motora pelo membro superior dominante. Os nadadores mais experientes como estratégia utilizam mais a frequência gestual e menor frequência respiratória, em relação aos nadadores com menos experiência.

Num estudo realizado por Figueiredo et. al. (2013) com objetivo de determinar a contribuição relativa de fatores biomecânicos, energéticos, coordenativos e musculares, dez nadadores realizaram 200m na técnica de crol à máxima intensidade. Quando finalizaram o teste de 200m repousaram noventa minutos, após o repouso realizaram outro teste 50m na técnica de crol, nas vinte e quatro horas seguintes um teste de 150m e um teste de 100m, com intervalo de noventa minutos entre ambos. Os testes das distâncias 50m, 100m e 150m foram semelhantes na velocidade dos 200m iniciais ( $1.41 \text{ ms}^{-1}$ ).

Nas provas de Águas Abertas, os nadadores necessitam de elevar a cabeça para poderem respirar, visualizar e localizar as bóias. As alterações a nível cinemático como muscular acabam por causar constrangimentos no nado, o presente estudo terá como objetivo, analisar as implicações causadas pela respiração de orientação e alternada nos parâmetros cinemáticos e musculares em nadadores de Águas Abertas.

## **1.6 Apresentação do Tema - Enquadramento**

Tendo existido uma escassez nos estudos em AA, a pertinência para este estudo, vai ao encontro da comparação entre as alterações na respiração de orientação e respiração alternada.

## **1.7 Objetivos do Estudo**

Os objetivos gerais e específicos do estudo serão:

- Analisar as alterações cinemáticas nos nadadores de Águas Abertas, num percurso de 5000m.
- Analisar as alterações musculares nos nadadores de Águas Abertas, em cada percurso de 500m.

- Analisar as condições de respiração de orientação e alternada nos nadadores de Águas Abertas num percurso de 5000m

## **1.8 Problema de Estudo**

Determinadas variáveis compõem uma prova de AA, sendo o caso de cinemáticas e musculares, que implicações poderão surgir e qual o impacto na condição de respiração de orientação e alternada?

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Caracterização participantes**

O presente estudo teve como amostra 9 nadadores do sexo masculino com idades ( $25.4 \pm 11.9$  anos); massa corporal ( $75.9 \pm 9.0$  kg); altura ( $180.7 \pm 6.7$  cm); envergadura ( $185.6 \pm 10.3$  cm) e com sete anos de experiência de treino a nível nacional e internacional, com participação regular no Circuito Nacional de Águas Abertas. Todos os nadadores tiveram participação no Campeonato Nacional de Águas Abertas e concluíram a prova nos 100 primeiros lugares da classificação absoluta. Para determinar o peso, foi usada uma Tanita (FitScan bc558, USA). Uma fita métrica foi usada para calcular a altura e envergadura.

### **2.2 Procedimento experimental**

O presente estudo teve como tarefa a realização de 5000m na técnica de crol em ambiente idêntico ao de uma competição de Águas Abertas, mais especificamente num lago. O percurso era definido por um lago com tamanho compreendido de 500m onde cada nadador teria de fazer 10x 500m em técnica de crol, duas voltas à máxima velocidade, tentando simular uma prova de 5000m. Os nadadores realizaram a partida dentro de água, sendo feito um intervalo de 30 segundos (s) a cada 1000m para verificação dos elétrodos, hidratação.



**Figura 1** - Localização e percurso. O nadador começa na boia 1 em direção à boia 2, contornando a mesma pelo lado esquerdo, e seguindo para a boia 3 sem a contornar. Continua o nado em direção à boia 4, onde contorna-a dando o seu ombro esquerdo, indo novamente até à boia 3 e regressando à boia 1 para finalizar o percurso.

O vento registado em cada dia de recolha foi de  $15,7 \pm 6,7$  km/h. A temperatura do ar foi de  $23 \pm 4,7$  °, e da água foi de  $25 \pm 0,8$  °.

Os procedimentos de EMG utilizados para análise da atividade muscular foram, cada nadador foi sujeito a um conjunto de procedimentos, nomeadamente a preparação da pele, que consistiu em raspar a pele nas zonas de implementação dos elétrodos, desgastando-a e eliminando os pelos no sentido de melhorar a adesão à superfície da pele (Hermens et al., 2000). A pele foi limpa por fricção/abrasão, que consiste em raspar a pele, e a limpeza com álcool ou similar (Basmajian & De Luca, 1985), no sentido de diminuir a impedância do conjunto eletropele. Desta forma, conseguimos melhorar a qualidade do sinal eletromiográfico, tendo uma menor interferência reduzindo o ruído no sinal

(Hermens et al., 2000). A atividade muscular foi medida (sEMG) com um sistema EMG sem fio com acelerómetros integrados (Miniwave, Cometa, Milano, Itália; software EMGandMotionsTools 8,7,6,0), sondas equipadas com memória de 7 gramas e uma taxa de amostragem de 2000Hz a 16 bits. Os sensores EMG (Kendall™, elétrodos de ECG, 57x34mm) foram posicionados ao longo da linha média longitudinal do músculo alvo de acordo com as recomendações do projeto Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM Project, 2009). Os músculos analisados ficaram todos no lado esquerdo: *Upper Trapezius*(UP); *Latissimus dorsi*(LD); *Pectoralis Major*(PM); *Posterior Deltoid*(PD); *Anterior Deltoid*(AD); *Triceps Brachii*(TB); *Biceps Brachii*(BB). Cada sujeito realizou um pré-teste de Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) para cada um dos músculos analisados, uma vez que é um dos métodos mais utilizados de normalização do sinal EMG (Konrad, 2005). Após a sequência inicial de aquecimento, o teste CVIM consistiu em cada sujeito realizar 3 repetições à máxima força isométrica durante 3-5 segundos, com intervalo de 30 a 60 segundos entre cada repetição, (Konrad, 2005).

Cada vídeo foi sincronizado com o programa de EMG (EMG and Motion Tools). Antes de chegar à boia 3, os dados de EMG foram analisados em 2 ciclos de nado na condição de respiração de orientação e respiração alternada.

Os vídeos foram conectados com os eventos. Neste estudo a sincronização foi conseguida através da identificação dos picos que eram visíveis no sinal do acelerómetro, com uma exatidão de 33.3ms num frame de vídeo. O processamento do sinal foi iniciado com a aplicação de filtros ao ficheiro de CVIM. Os sensores de EMG receberam o sinal EMG em bruto, as primeiras frequências foram removidas através dos seguintes filtros: (i) Filtro Low Pass com o corte de frequência de 400Hz e um filtro Butterworth com uma ordem de 4; (ii) Filtro High Pass com um corte de frequência de 20Hz e um filtro Butterworth com uma ordem de 4; De seguida foi feita uma retificação ao sinal, foi aplicado uma suavização no sinal e a Root mean Square (RMS) envelope com uma janela de 50ms. Os valores de Contração Voluntária Isométrica Máxima ( $\mu$ V) para cada musculo foram calculados e apresentados em relação com a percentagem do CVIM (%CIVM). Os mesmos filtros foram aplicados ao tratamento de cada ficheiro de cada nadador e a aplicação do ficheiro de CIVM a cada ficheiro.

Por fim os ciclos médios de cada ficheiro foram exportados para ficheiro Excel.

Na realização do percurso da boia 3 para a 4, dos 45m, marcado com uma boia de marcação (Figura 1), foram recolhidos dados para análise das variáveis biomecânicas; Frequência Gestual (FG), Velocidade (V), Distância de Ciclo (DC), Índice de Braçada (IB).

Para o cálculo das variáveis descritas, foram calculadas com recurso à captação de imagem; duas câmaras fotográficas (Panasonic Lumix, DC – FZ 1000II (Japan)), que permitiram captar fotos e filmar com boa qualidade ao nível dos pixels em ambos os modos e com a maior quantidade de frames por segundo. A primeira camera estava colocada a uma distância de 50 metros da linha de água numa posição elevada, onde filmou todo o percurso. A segunda camera encontrava-se a uma distância de 10 metros da linha de água, devido ao tipo de terreno para filmar todo o percurso bem como analisar a técnica de nado mais facilmente.

Foi utilizado um cronómetro Finis devido à sua grande capacidade, não só ao nível de armazenamento das passagens, mas também à capacidade de contar os ciclos de braçada, bem como os tempos finais e parciais de cada nadador, foram obtidos por cronometragem manual (3x100m Stopwatch, Finis (USA), sendo retirados em cada percurso.

Posteriormente a variável FG foi calculada com contagem inicial na mão esquerda, quando a mesma entra na água. Sendo este critério selecionado desta forma, por ser o lado em que os nadadores contornam as bóias.

O critério de respiração de orientação foi selecionado na forma de que o nadador para se orientar, necessita de retirar a cabeça fora de água, com o olhar dirigido para localizar a bóia, dizemos que se está a orientar, tendo sido assim calculada quando o nadador retira o queixo fora da água.

O critério de seleção para respiração alternada surge quando o nadador respira para o lado direito ou esquerdo, utilizando variadas respirações como forma de diversificar o lado de onde respira, foi calculado quando respira para um dos lados.

Os dados de EMG que foram recolhidos nas fases de subaquática e recuperação, assim como nas condições de respiração de orientação e de respiração alternada, foram analisados de dois em dois ciclos. Os dados das variáveis cinemáticas, FG, DC, IB e V foram exportados e tratados em arquivo Excel.



As variáveis cinemáticas foram calculadas através das seguintes fórmulas:

**Equação 1** - A FG foi calculada pelo quociente entre o número de ciclos realizados pelos membros superiores numa determinada distância e o tempo gasto nesse percurso (Maglischo, 2003).

$$FG = 3 \cdot t_{3-1}$$

**Equação 2** - A DC foi sendo considerada como um dos fatores com maior preponderância para se alcançar o sucesso em competição e foi calculada através da razão entre v e FG (Craig & Pendergast, 1979).

$$DC = v \cdot FG$$

**Equação 3** - Os tempos finais e parciais de cada nadador foram obtidos por cronometragem manual (3 x 300M Stopwatch, Finis, Califórnia, Estados Unidos), a v foi calcula através do quociente entre a distância percorrida e o tempo gasto a percorrer essa distância (Equação 4)

$$V = \text{distância} / \text{tempo}$$

**Equação 4** - O IB foi definido pelo produto da DC com a v (Costill et al., 1985).

$$IB = DC \cdot v$$

### **3.Tratamento estatístico**

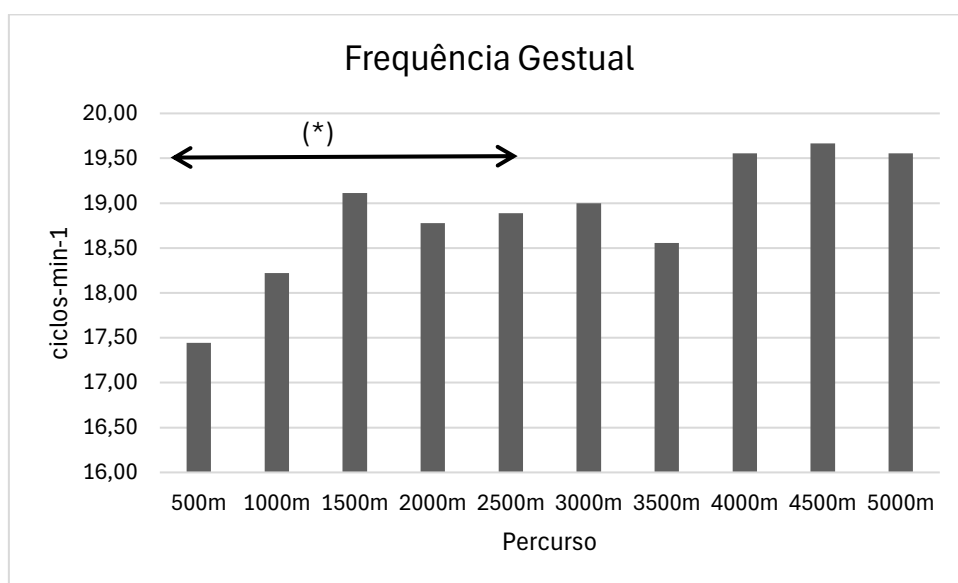
O programa de estatística Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 29,0 (IBM Corp, Armonk, NY, USA) foi usado para análise estatísticas.

Para verificar a normalidade dos dados foi realizado o Teste Shapiro-Wilk pela amostra ser composta por menos de 50 indivíduos, sendo o  $p < 0,05$  distribuição

não é normal,  $p > 0,05$  com distribuição normal. O resultado do teste apresentou o valor de  $p > 0,05$ , ou não rejeitou a hipótese de normalidade. Por consequência foi aplicado o teste de medidas paramétrico, teste ANOVA de medidas repetidas, Greenhouse-Geisser, Post-hoc Sidak.

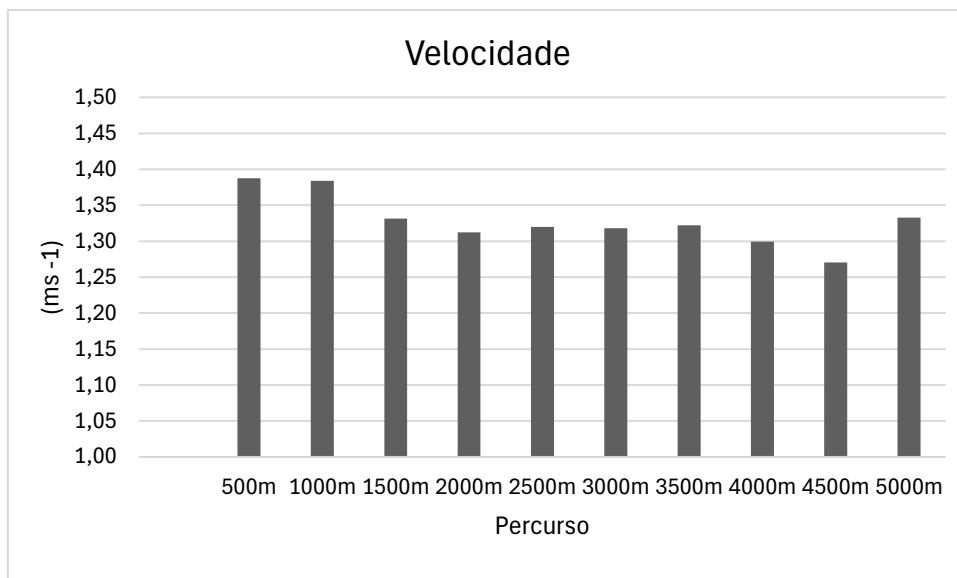
## 4. Resultados

### 4.1 Análise cinemática



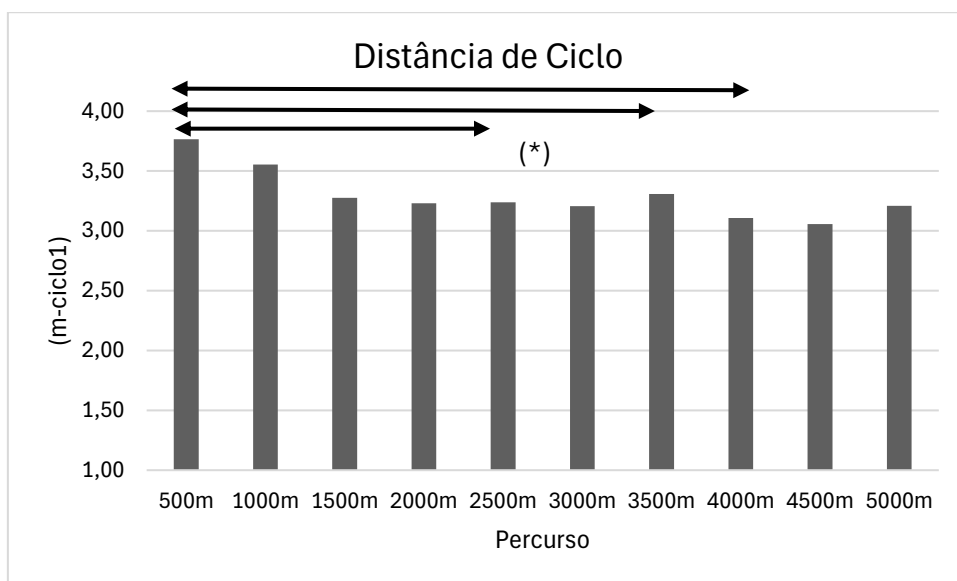
**Gráfico 1** – Frequência Gestual Média dos Nadadores (n=9) nos 45m na boia 3. (\*) diferenças significativas em relação ao percurso dos 500m e 2500m.

O gráfico 1 descreve a FG dos nadadores, observou-se que no percurso dos 500m aos 1500m aumentou (1.7 ciclos-min-1), existiu um decréscimo dos 3000m aos 3500m (0.5 ciclos-min-1). De acordo com os resultados estatísticos, a FG apresenta diferenças significativas no percurso dos 500m em relação aos 2500m ( $p=0.01$ ).



**Gráfico 2–** Velocidade dos Nadadores (n=9) nos 45m na boia 3.

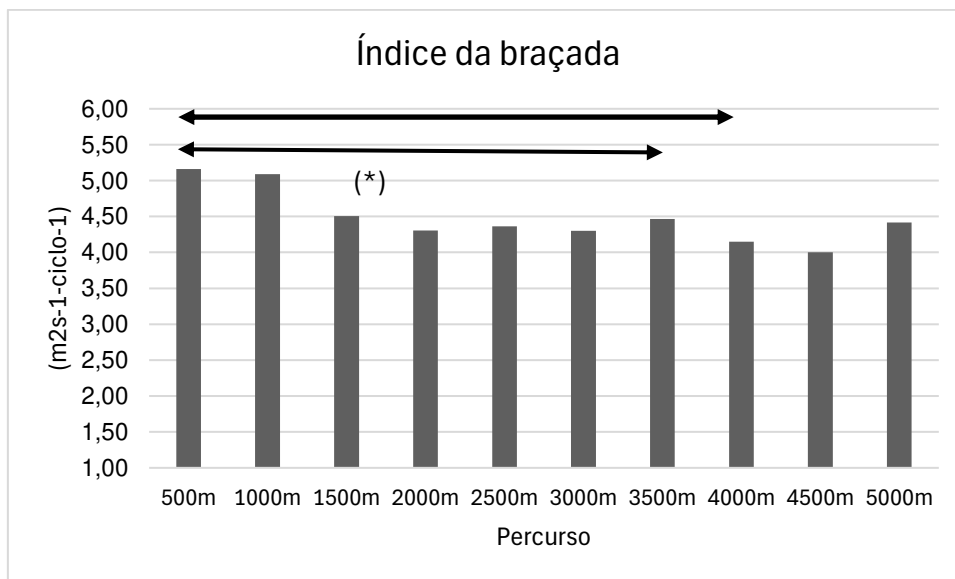
O gráfico 2 descreve a Velocidade de nado, verificando que no percurso dos 500m aos 2000m a velocidade decresceu (0.06 m/s), aumentado aos 2500m até 3500m (0.01 m/s) diminuindo novamente até aos 4500m e aumentando no final do percurso. De acordo com os dados estatísticos, a V apresenta diferenças significativas ( $p=0.03$ ).



**Gráfico 3 –** Distância de Ciclo dos Nadadores (n=9) nos 45m na boia 3. (\*) diferenças significativas em relação ao percurso dos 500m, 2500m, 3500m e 4000m.

O gráfico 3 descreve a DC dos nadadores, observou-se que no percurso dos 500m aos 2000m existiu um decréscimo (0.54 m-ciclo-1), mantendo-se estável até aos 3500m, diminuindo ligeiramente até aos 4500m e aumentando no final do percurso. De acordo

com os resultados estatísticos, a DC apresenta diferenças significativas entre o percurso dos 500m, 2500m, 3500m e 4000m ( $p=0.00$ ).

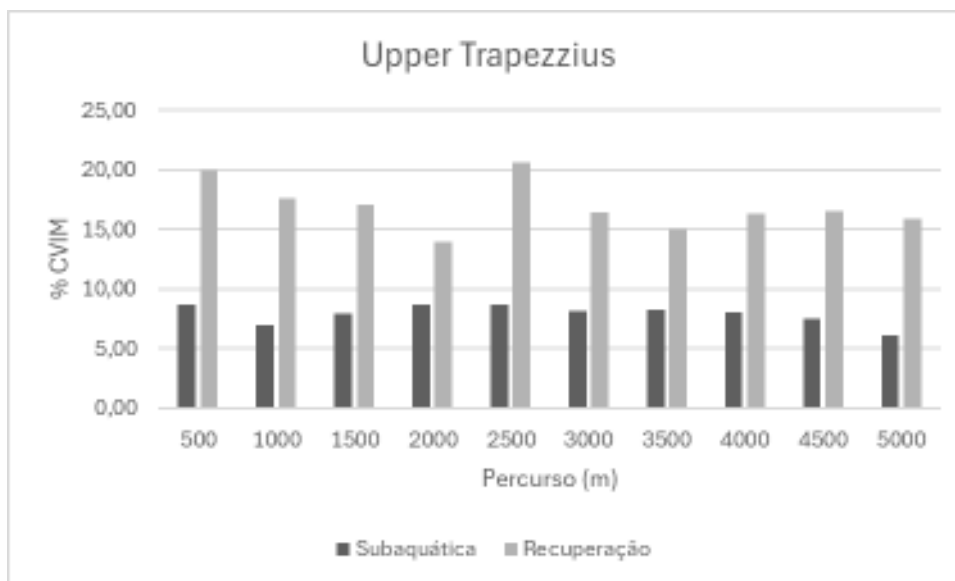


**Gráfico 4** – Índice de braçada dos Nadadores ( $n=9$ ) nos 45m na boia 3. (\*) diferenças significativas em relação ao percurso 500m, 3500m e 4000m.

O gráfico 4 descreve o IB dos nadadores, observou-se que no percurso dos 500m aos 2000m existiu um decréscimo ( $0.85 \text{ m}^2\text{s}^{-1}\text{-ciclo}^{-1}$ ), estabilizando-se até aos 3500m, com decréscimo até aos 4500m ( $0.47 \text{ m}^2\text{s}^{-1}\text{-ciclo}^{-1}$ ), com aumento até ao final do percurso. De acordo com os resultados estatísticos, o IB apresenta diferenças significativas no percurso dos 500m em relação aos 3500m e 4000m ( $p=0.01$ ).

## 4.1 Análise Muscular

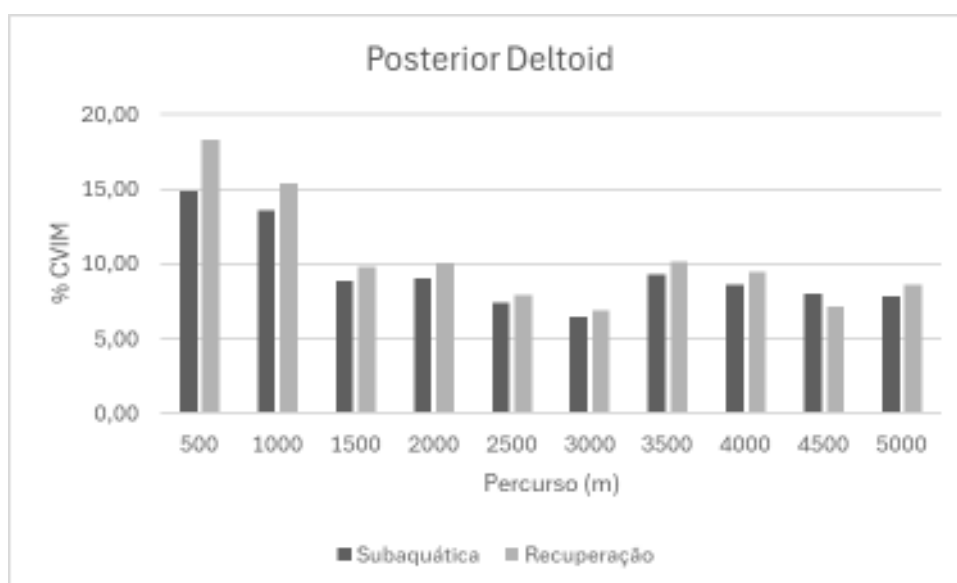
### 4.1.1 Condição de Respiração de Orientação



**Gráfico 5:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Upper Trapezius (UT) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação.

O gráfico 5 descreve a ativação do músculo UT, onde se observa um decréscimo da atividade muscular na fase de recuperação dos 500m aos 2000m de (6.08%CVIM), posteriormente com um aumento de (6.73%CVIM) aos 2500m. Na fase de propulsão a atividade muscular apresenta um ligeiro decréscimo dos 500m aos 1000m de (1.79%CVIM), e um aumento consequentemente aos 1500m, mantendo-se estável até aos 4000m.

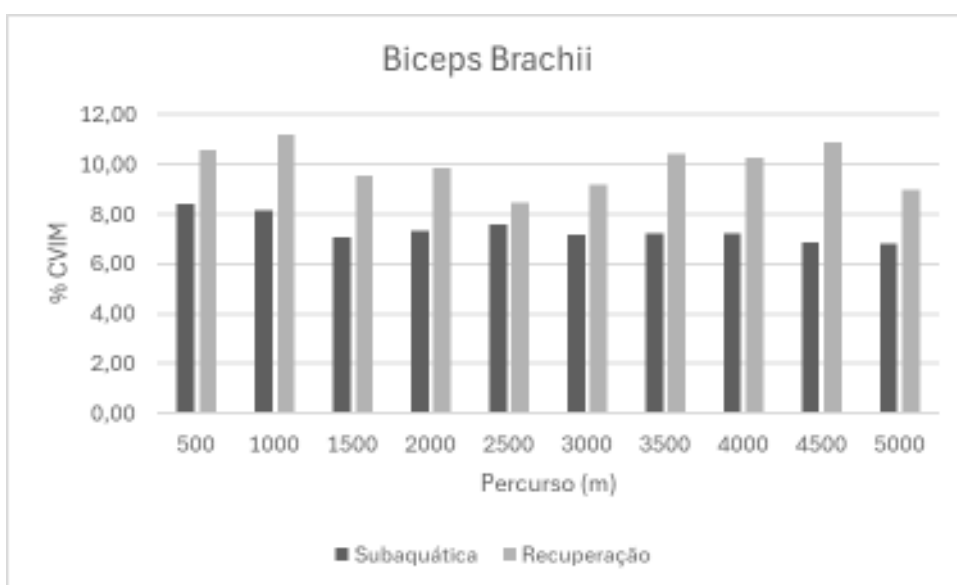
Observa-se que o músculo referido apresenta maior ativação muscular na fase de recuperação, do que na subaquática do ciclo de braçada.



**Gráfico 6:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Posterior Deltoid (PD) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação.

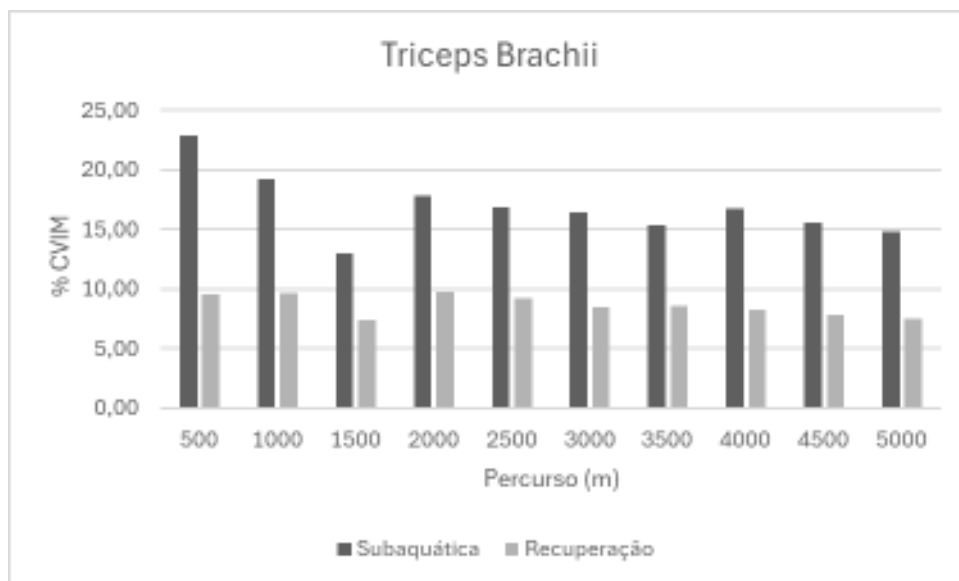
O gráfico 6 descreve a ativação do músculo PD, onde a atividade muscular apresenta um decréscimo nas fases subaquática e de recuperação, dos 500m aos 3000m de (8.49% CVIM), posteriormente com um aumento aos 3500m de (2.84% CVIM). Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta um decréscimo nas distâncias dos 500m até aos 3000m (11.38% CVIM), e conseqüentemente aos 3500m um aumento de (3.22% CVIM).

Observa-se que o músculo analisado, teve maior ativação muscular na fase de recuperação, do que na subaquática ciclo de braçada.



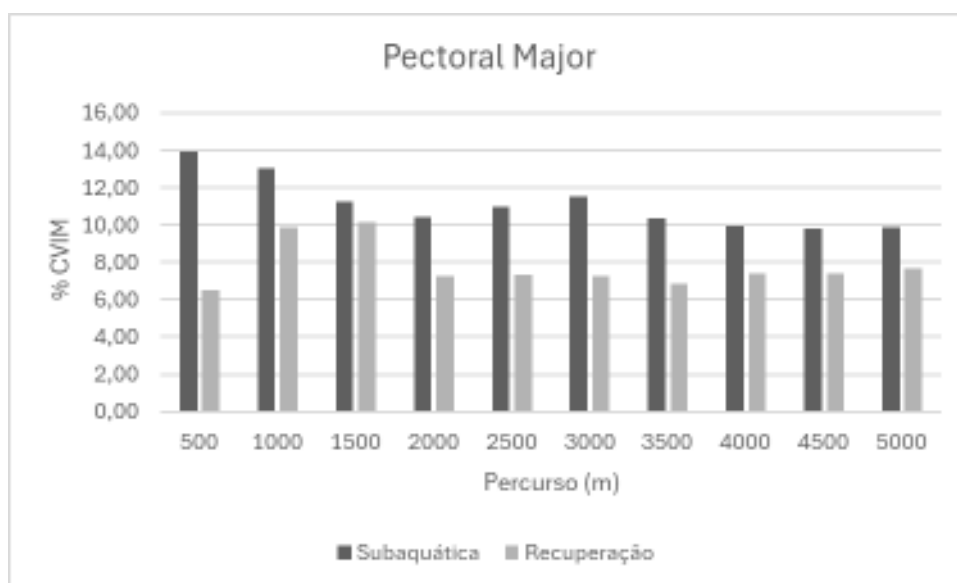
**Gráfico 7:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Biceps Brachii (BB) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação.

O gráfico 7 descreve a ativação do músculo BB, observa-se um decréscimo da atividade muscular na fase subaquática, da dos 500m ao longo de todo percurso de (1.61%CVIM). Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta um decréscimo dos 1000m aos 2500m (2.75%CVIM), e conseqüentemente um aumento até aos 4500m (2.43%CVIM). Observa-se que o músculo analisado, teve maior ativação muscular na fase de recuperação, do que na subaquática ciclo de braçada.



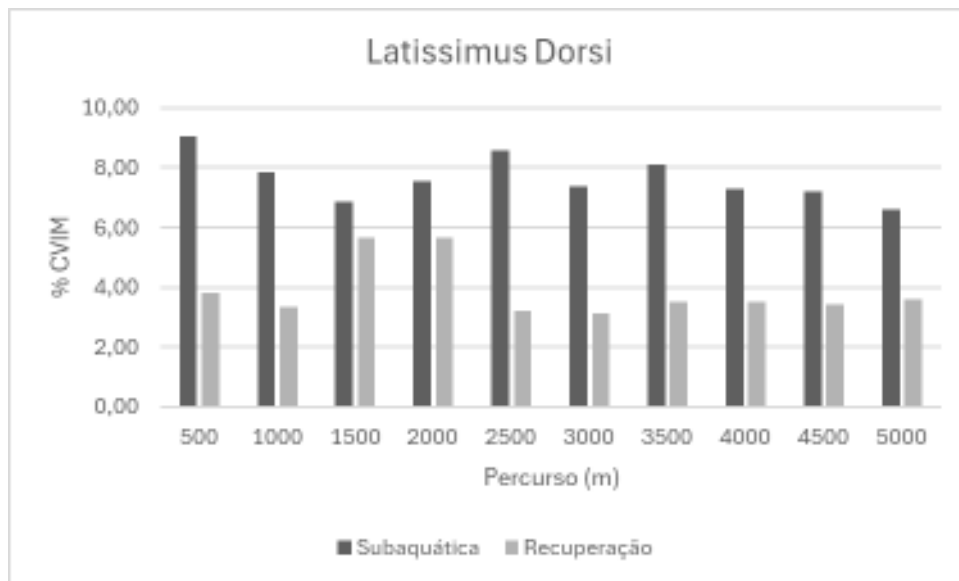
**Gráfico 8:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Triceps Brachii (TB) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação.

O gráfico 8 descreve a ativação no músculo TB, observa-se maior atividade muscular na fase propulsiva aos 500m, mas decrescendo até aos 1500m de (9.85%CVIM), tendo um incremento aos 2000m de (4.78%CVIM), mantendo-se estabilizado ao longo do percurso. Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta um decréscimo da dos 500m até aos 1500m de (2.06%CVIM), tendo um aumento aos 2000m de (2.36%CVIM), sendo que neste percurso teve maior atividade muscular, decrescendo até ao final. O músculo referido apresentou maior ativação muscular na fase de subaquática em relação à recuperação ciclo de braçada.



**Gráfico 9:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Pectoral Major (PM) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação.

O gráfico 9 descreve a ativação do músculo PM, na fase subaquática a atividade muscular apresenta o valor elevado nos 500m, apresentando um decréscimo de (4.02%CVIM) até ao final do percurso. Na fase de recuperação a atividade muscular teve um incremento de (3.61%CVIM) dos 500m aos 1500m, posteriormente com um decréscimo aos 2000m de (2.86%CVIM), mantendo-se estável ao longo do percurso. Verifica-se que o músculo referido, apresentou maior ativação muscular na fase subaquática em relação à recuperação do ciclo de braçada.

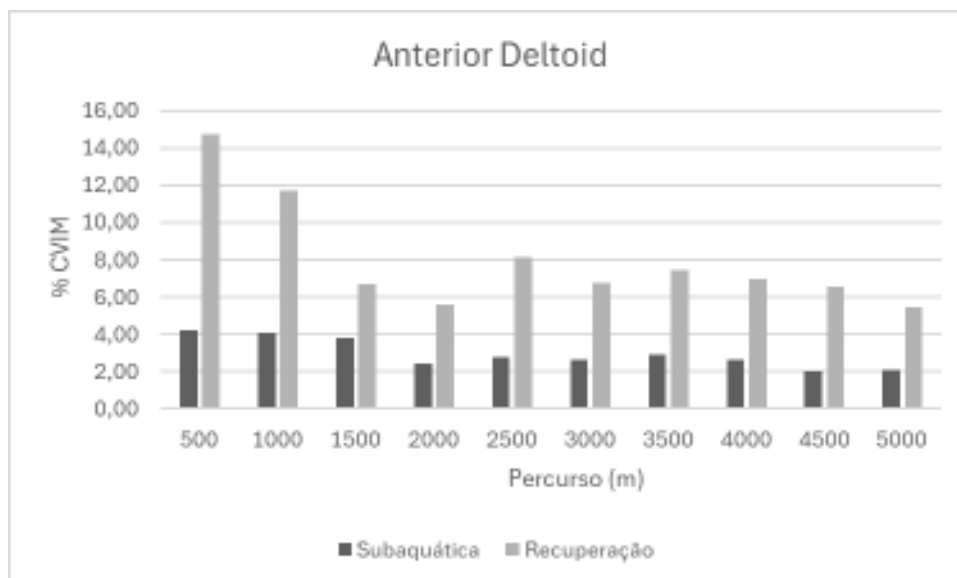


**Gráfico 10:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Latissimus Dorsi (LD) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação

O gráfico 10 descreve a ativação do músculo LD, na fase subaquática observa-se um decréscimo da atividade muscular (2.2%CVIM) dos 500m aos 1500m, tendo um incremento de (1.72%CVIM) dos 1500m aos 2500m. Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta um aumento dos 500m aos 2000m de (1.87%CVIM), posteriormente com um decréscimo de (2.08%CVIM) até aos 5000m.

Verifica-se que o músculo, teve maior ativação muscular na fase subaquática em relação à de recuperação do ciclo de braçada.



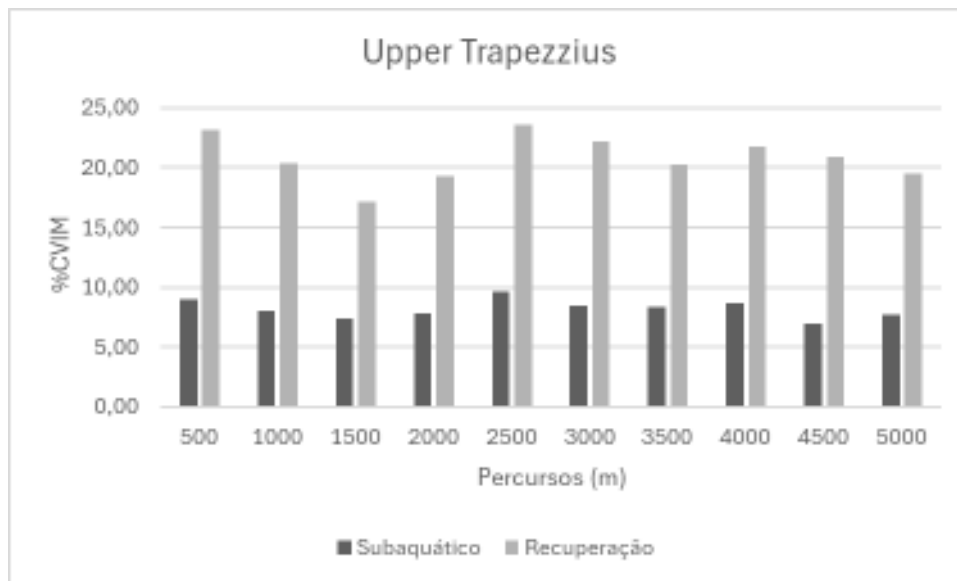


**Gráfico 11:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Anterior Deltoid (AD) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação

O gráfico 11 descreve a ativação do músculo AD, na fase subaquática observa-se um decréscimo da atividade muscular dos 500m aos 2000m (1.81%CVIM), existindo um ligeiro incremento aos 2500m de (0.319%CVIM) mantendo-se estabilizado ao longo do percurso. Na fase de recuperação observa-se um decréscimo da atividade muscular dos 500m até aos 2000m (9.15%CVIM), e posteriormente aos 2500m com um incremento de (2.52%CVIM).

Verifica-se que o músculo, teve maior ativação na fase de recuperação em relação à subaquática do ciclo de braçada.

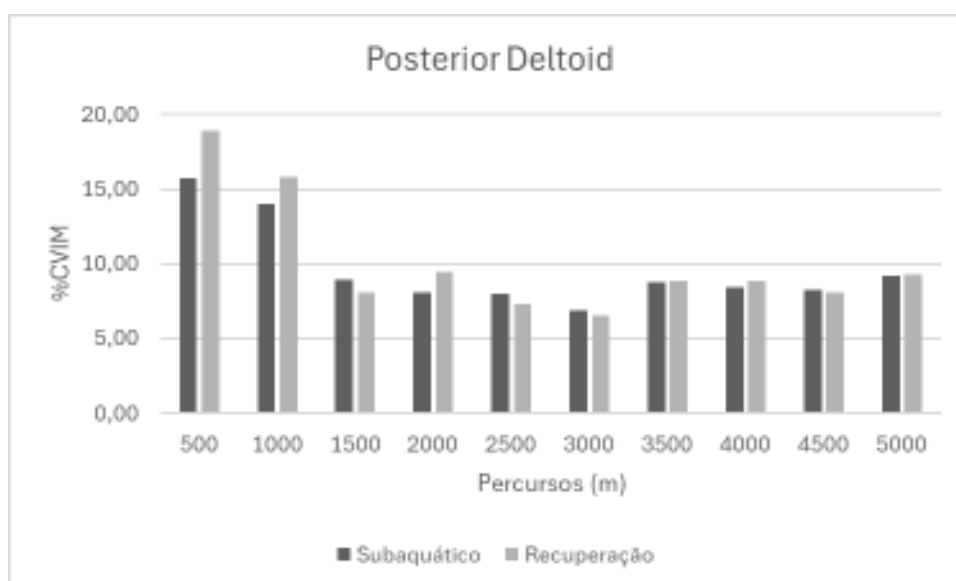
#### 4.1.2 Condição de Respiração Alternada



**Gráfico 12:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Upper Trapezius (UT) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação

O gráfico 12 descreve a ativação do músculo UT, onde se observa um decréscimo na atividade muscular na fase subaquática dos 500m aos 1500m (1.58%CVIM), posteriormente com um aumento até aos 2500m de (2.26%CVIM). Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta um decréscimo (5.96%CVIM) dos 500m aos 1500m, e posteriormente com aumento até aos 2500m de (6.4%CVIM), onde neste percurso teve a maior ativação.

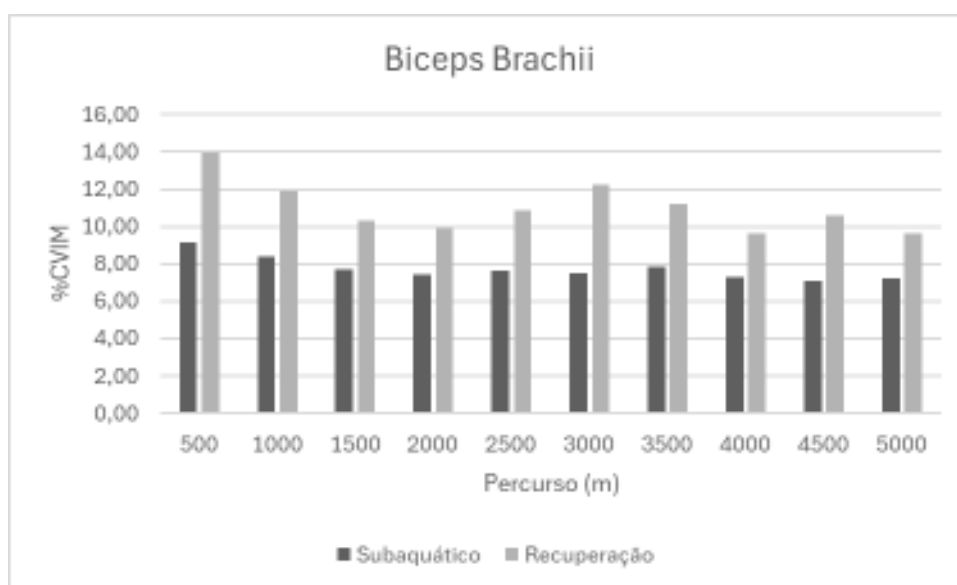
Verificou-se que o músculo teve maior ativação na fase de recuperação em relação à subaquática do ciclo de braçada.



**Gráfico 13:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Posterior Deltoid (PD) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação

O gráfico 13 descreve a ativação do músculo PD, apresenta um decréscimo na atividade muscular dos 500m aos 3000m em ambas as fases (8.9%CVIM), posteriormente com um aumento de (2.33%CVIM) aos 3500m até ao final do percurso. Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta no percurso dos 500m e 1000m maior ativação e um decréscimo até aos 1500m de (10.79%), posteriormente com um ligeiro incremento aos 2000m de (1.39%).

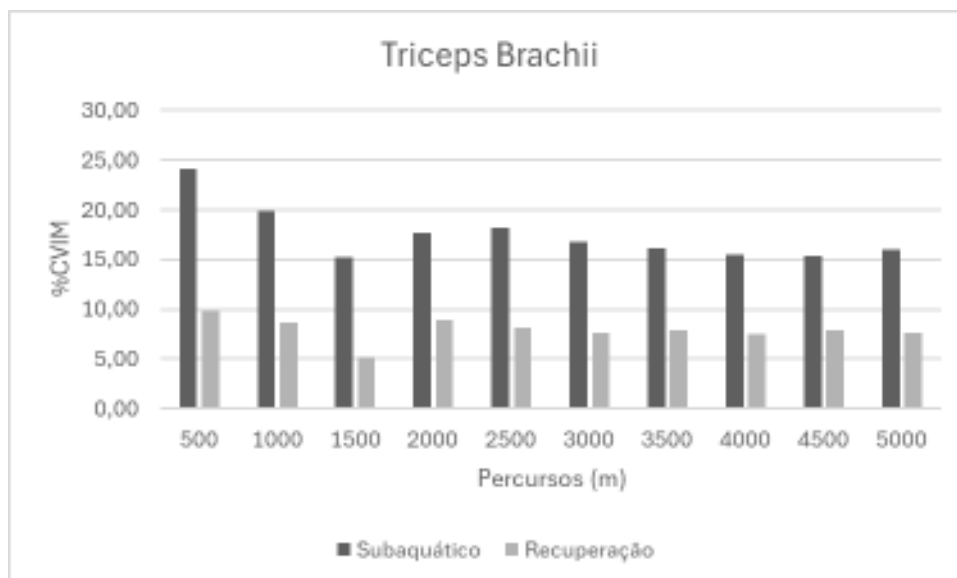
Verifica-se que o músculo teve maior ativação na fase de recuperação, em relação à subaquática do ciclo de braçada.



**Gráfico 14:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Biceps Brachii (BB) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação

O gráfico 14 descreve a ativação do músculo BB, na fase subaquática a atividade muscular apresenta maior ativação aos 500m e 1000m e um decréscimo (1.7%CVIM) até aos 2000m, estabilizando-se até ao final do percurso. Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta maior ativação aos 500m decrescendo (4.1%CVIM) até aos 2000m, tendo um incremento até aos 3000m de (2.34%CVIM).

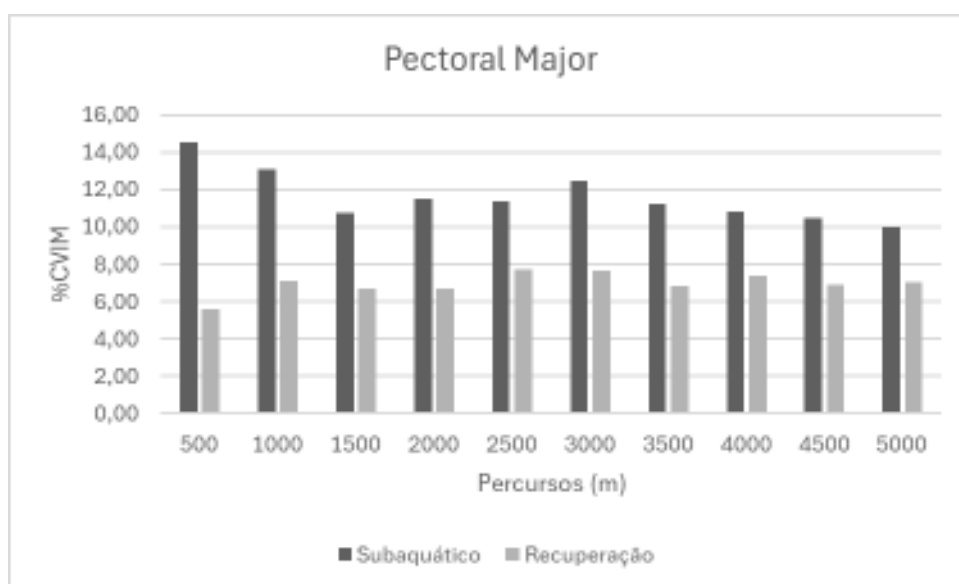
Verifica-se que o músculo teve maior ativação na fase de recuperação, em relação à subaquática do ciclo de braçada.



**Gráfico 15:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Triceps Brachii (TB) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação

O gráfico 15 descreve a ativação do músculo TB, na fase subaquática a atividade muscular apresenta um decréscimo dos 500m aos 1500m (8.94%CVIM), posteriormente aumentou até aos 2500m (3%CVIM) e decrescendo novamente até ao final do percurso. Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta um decréscimo dos 500m aos 1500m de (4.6%CVIM), aumentando aos 2000m (3.73%CVIM).

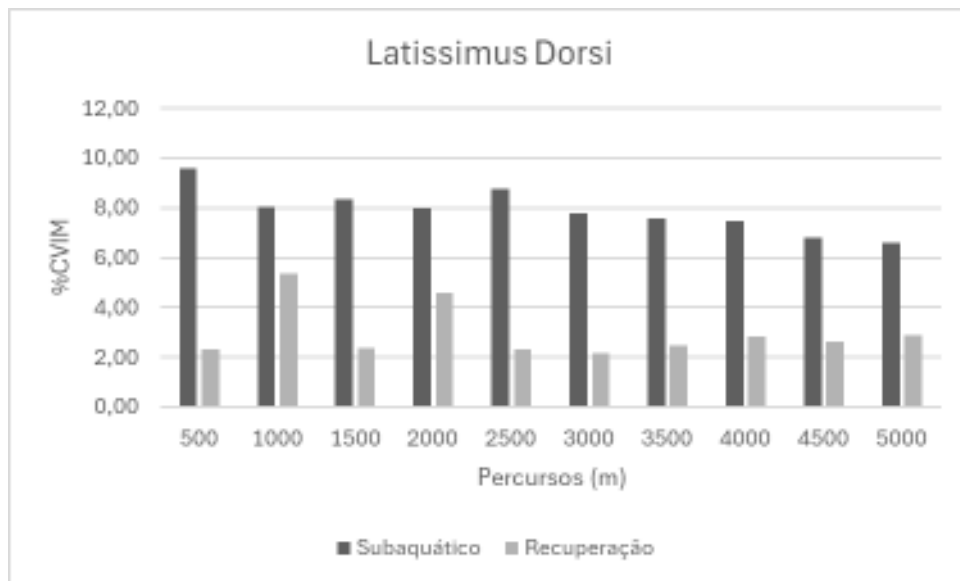
Verifica-se que o músculo teve maior ativação na fase subaquática em relação à recuperação do ciclo de braçada.



**Gráfico 16:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Pectoral Major (PM) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação

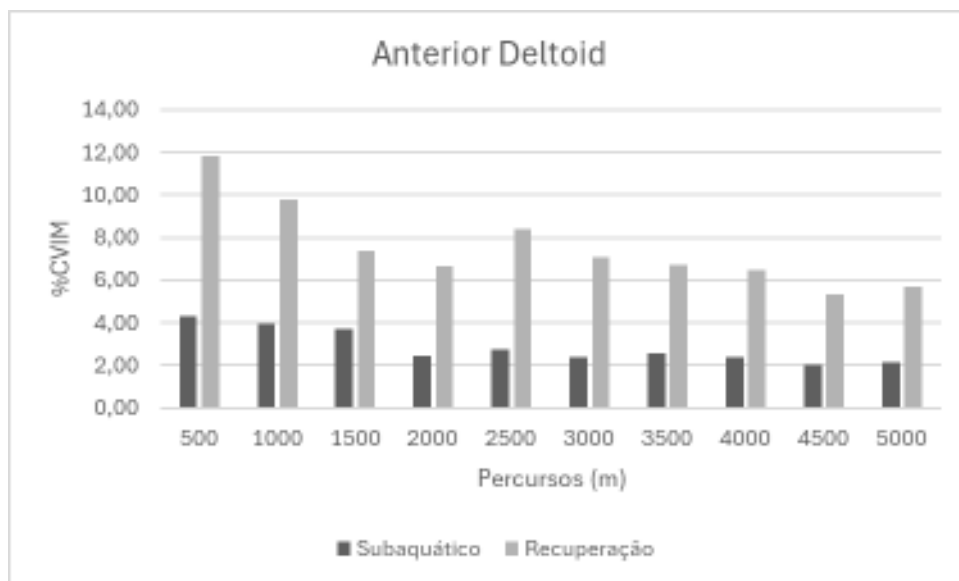
O gráfico 16 descreve a ativação do músculo PM, observa-se um decréscimo da atividade muscular na fase propulsiva dos 500m aos 1500m (3.8%CVIM), aumentando de seguida aos 2000m até aos 3000m (1.71%CVIM). Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta um aumento dos 500m aos 3000m (2.08%CVIM) diminuindo até ao final do percurso.

Verificou-se que o músculo teve maior ativação na fase subaquática em relação à recuperação do ciclo de braçada.



**Gráfico 17:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Latissimus Dorsi (LD) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação

O gráfico 17 descreve a ativação do músculo LD, observa-se um decréscimo da atividade muscular na fase subaquática dos 500m aos 2000m (1.6%CVIM), aumentando aos 2500m e decrescendo novamente até ao final do percurso. Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta um aumento dos 500m aos 1000m (3.03%CVIM) decrescendo aos 1500m e aumentando novamente aos 2000m. Verificou-se que o músculo teve maior ativação na fase subaquática em relação à recuperação do ciclo de braçada.



**Gráfico 18:** % Média Atividade Muscular do Músculo do músculo Anterior Deltoid (AD) relação à Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) na fase subaquática e de recuperação

O gráfico 18 descreve a ativação do músculo AD, observa-se um decréscimo da atividade muscular na fase subaquática dos 500m aos 2000m (1.88%CVIM), posteriormente com um aumento aos 2500m e mantendo-se estabilizado até ao final do percurso. Na fase de recuperação a atividade muscular apresenta um decréscimo dos 500m aos 2000m (5.17%CVIM), aumentando nos 2500m (1.73%CVIM) e diminuindo novamente dos 3000m até ao final do percurso.

Verificou-se que o músculo teve maior ativação na fase de recuperação em relação à subaquática do ciclo de braçada.

**Tabela 1: Comparação da atividade muscular do músculo Upper Trapezius (UT) relativamente às condições de execução (RO- respiração de orientação e ALT- alternada) e das fases de nado (subaquática e recuperação) ao longo dos 5000m** (Média+-DP) Média+- Desvio Padrão; %CVIM na condição de respiração de orientação e respiração alternada; (Sub) fase subaquatica (rec) fase de recuperação; F- valor de consistência; η2 -eta quadrado; p-value – valor de significância; IC – intervalo de confiança.

Condição	500		1000		1500		2000		2500		3000		3500		4000		4500		5000		F	P-value	η2	Positivo	IC (95%)
	(m)		(m)		(m)		(m)		(m)		(m)		(m)		(m)		(m)		(m)					h	
	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec					
OR	8.73±4.27	19.99±10.90	6.94±3.02	17.60±8.83	7.94±3.13	17.03±12.40	8.72±5.64	13.91±8.37	8.66±2.35	20.63±12.67	8.16±2.70	16.41±9.98	8.26±2.64	14.99±5.00	8.04±2.68	16.36±7.65	7.49±2.50	16.55±10.94	6.10±1.95	15.84±8.89	0.69	0.71	0.08		
ALT	8.98±3.75	23.13±9.15	8.04±4.17	20.38±10.13	7.40±2.59	17.18±10.70	7.77±3.23	19.33±11.44	9.66±3.98	23.57±8.83	8.48±3.19	22.21±8.78	8.32±2.54	20.22±3.62	8.69±3.84	21.79±10.42	6.96±2.65	20.93±12.99	7.72±2.93	19.51±9.56	0.32	0.96	0.03		

A tabela 1 demonstra a comparação da atividade muscular entre as fases subaquática e recuperação nas condições de respiração de orientação e respiração alternada no músculo UT ao longo dos 5000m. Conforme os valores de (p> 0.05), a tabela anterior exemplifica que não existem diferenças significativas ao longo dos 5000m.

**Tabela 2: Comparação da atividade muscular do músculo Posterior Deltoid (PD) relativamente às condições de execução (RO- respiração de orientação e ALT- alternada) e das fases de nado (subaquática e recuperação) ao longo dos 5000m.** (Media+-DP) Média+- Desvio Padrão; %CVIM na condição de respiração de orientação e respiração alternada; (Sub) fase subaquatica (rec) fase de recuperação; F- valor de consistência; η2 -eta quadrado; p-value – valor de significância; IC – intervalo de confiança.

Condição	500m		1000m		1500m		2000m		2500m		3000m		3500m		4000m		4500m		5000m		F	P- val ue	η2	Post -hoc	IC (95%)
	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec							
P D	OR	14.90±5.34	18.29±7.32	13.59±4.17	15.37±4.72	8.86±5.73	9.80±6.88	8.99±6.25	10.70±4.81	7.38±4.09	7.87±5.28	6.42±3.17	6.91±4.60	9.26±4.67	10.13±7.89	8.62±4.14	9.47±6.74	7.97±6.90	7.13±4.92	7.81±5.35	8.64±6.21	0.60	0.79	0.07	
	ALT	15.74±6.26	18.87±7.73	14.00±5.89	15.84±6.05	8.94±5.04	8.09±5.57	8.12±5.51	9.47±4.77	8.03±4.92	7.35±4.28	6.84±3.39	6.53±4.19	8.79±4.60	8.83±5.37	8.46±4.32	8.84±5.99	8.24±5.97	8.10±5.95	9.17±6.26	9.27±6.90	1.51	0.16	0.16	

A tabela 2 demonstra a comparação da atividade muscular entre as fases subaquática e recuperação nas condições de respiração de orientação e respiração alternada no músculo PD ao longo dos 5000m. Conforme os valores de (p> 0.05), a tabela anterior exemplifica que não existem diferenças significativas ao longo dos 5000m.



**Tabela 3: Comparação da atividade muscular do músculo Bicipet Brachii (BB) relativamente às condições de execução (RO- respiração de orientação e ALT- alternada) e das fases de nado (subaquática e recuperação) ao longo dos 5000m. (Media+-DP) Média+- Desvio Padrão; %CVIM na condição de respiração de orientação e respiração alternada; (Sub) fase subaquatica (rec) fase de recuperação; F- valor de consitência;  $\eta^2$  -eta quadrado; p-value – valor de significância; IC – intervalo de confiança.**

Condição	500m		1000m		1500m		2000m		2500m		3000m		3500m		4000m		4500m		5000m		F	P-value	$\eta^2$	Post-hoc	IC (95%)
	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec					
OR	8.42±2.71	10.56±4.82	8.16±2.71	11.19±.56	7.05±2.16	9.56±5.95	7.32±2.63	9.83±6.52	7.59±2.00	8.45±3.62	7.18±3.20	9.15±5.45	7.20±1.81	10.42±6.54	7.20±1.81	10.26±5.88	6.84±1.74	10.87±5.42	6.81±2.26	8.96±2.61	1.17	0.33	0.13		
B ALT	9.13±2.77	13.99±9.39	8.36±2.36	11.87±7.74	7.71±2.18	10.35±8.60	7.44±3.10	9.89±7.89	7.65±2.42	10.86±5.06	7.53±2.74	12.24±9.90	7.83±2.45	11.18±8.13	7.30±2.16	9.63±4.51	7.12±2.12	10.60±6.24	7.24±1.74	9.60±6.06	0.98	0.47	0.11		

A tabela 3 demonstra a comparação da atividade muscular entre as fases subaquática e recuperação nas condições de respiração de orientação e respiração alternada no músculo BB ao longo dos 5000m. Conforme os valores de (p> 0.05), a tabela anterior exemplifica que não existem diferenças significativas ao longo dos 5000m.

**Tabela 4: Comparação da atividade muscular do músculo Tricipet Brachii (TB) relativamente às condições de execução (RO- respiração de orientação e ALT- alternada) e das fases de nado (subaquática e recuperação) ao longo dos 5000m. (Media+-DP) Média+- Desvio Padrão; %CVIM na condição de respiração de orientação e respiração alternada; (Sub) fase subaquática (rec) fase de recuperação; F- valor de consitência; η2 -eta quadrado; p-value – valor de significância; IC – intervalo de confiança. a) 500m b) 1000m c) 1500m d) 2000m e) 2500m f) 3000m g) 3500m h) 4000m i) 4500m j) 5000m.**

	Condição	500m		1000m		1500m		2000m		2500m		3000m		3500m		4000m		4500m		5000m		F	P-value	η2	Post-hoc	IC (95%)
		sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec					
T B	OR	22.8 8±11 .72	9.50± 5.47	19.2 4±7. 46	9.64± 5.44	13.0 3±6. 54	7.44± 4.90	17.77 ±7.82	9.81± 8.56	16.80 ±7.84	9.19± 5.05	16.42 ±8.49	8.51 ±4.5	15.3 9±8. 44	8.59 ±4.3	16.6 9±9. 1	8.25± 4.58	15.53 ±9.00	7.77± 3.81	14.84 ±8.57	7.51 ±4.3	1.77	0.88	0.18		
	ALT	24.1 ±15. 98	9.76± 7.42	19.8 7±10 .88	8.67± 6.18	15.2 1±7. 71	5.17± 2.34	17.68 ±7.71	8.89± 8.70	18.22 ±9.58	8.11± 6.34	16.76 ±8.16	7.64 ±5.1	16.1 8±8. 58	7.91 ±5.9	15.4 5±8. 7	7.43± 4.93	15.38 ±8.28	7.86± 4.75	16.03 ±8.54	7.58 ±4.5	1.84	0.07*	0.18	a) b) c) d) e) f) g) h) i) j)	
													3			86				3						

A tabela 4 demonstra a comparação da atividade muscular entre as fases subaquática e recuperação nas condições de respiração de orientação e respiração alternada no músculo TB, conforme os valores de (p<0.05), a tabela anterior apresenta diferenças significativas a cada 500m nas distâncias, na condição de sem respiração, em relação às fases subaquática e recuperação.

**Tabela 5** Comparação da atividade muscular do músculo Anterior Deltoid (AD) relativamente às condições de execução (respiração de orientação e alternada) e das fases de nado (subaquática e recuperação) ao longo dos 5000m. (Media+-DP) Média+- Desvio Padrão; %CVIM na condição de respiração de orientação e respiração alternada; (Sub) fase subaquática (rec) fase de recuperação; F- valor de consistência;  $\eta^2$  -eta quadrado; p-value – valor de significância; IC – intervalo de confiança. ( a) 500m b) 1000m c) 2000m d) 3000m e) 5000m nas fases subaquática e de recuperação na condição de respiração).

Condição	500m		1000m		1500m		2000m		2500m		3000m		3500m		4000m		4500m		5000m		F	P- valu e	$\eta$ 2	Pos t- hoc	IC (95%)
	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec					
A D	OR	4.22	14.73±7	4.05±	11.67	3.79	6.67±	2.40	5.95±	2.80	8.11±	2.65	6.78±	2.90	7.44	2.65	6.96±	2.05	6.55±	2.07	5.45	3.65	0.00*	0.31	a) b)
		±2.4	.18	3.42	±7.56	±2.4	5.06	±1.7	4.16	±1.5	7.88	±1.6	5.68	±2.2	±6.7	±2.0	6.35	±1.3	7.17	±1.4	±4.0				c)
		8				1		4		6		1		3	6	1		8		1	0				
	ALT	4.32	11.81±5	3.93±	9.76±	3.67	7.34±	2.44	6.64±	2.72	8.37±	2.41	7.07±	2.53	6.72	2.35	6.48±	2.00	5.34±	2.16	5.71	1.33	0.23	0.14	
		±3.2	.86	2.82	6.18	±2.6	4.38	±1.4	4.24	±2.0	7.22	±1.7	5.18	±2.0	±5.5	±1.3	4.03	±1.0	4.13	±1.0	±4.0				
		4				7		7		3		0		0	1	2		1		9	5				

A tabela 5 demonstra a comparação da atividade muscular entre as fases subaquática e recuperação nas condições de respiração de orientação e respiração alternada do músculo AD, ao longo dos 5000m. Conforme os valores de (p<0.05), a tabela anterior apresenta diferenças significativas ao longo dos 5000m, nas referidas distâncias 500m, 1000m, 2000m, 3000m e 5000m, na condição de respiração, em relação às fases subaquática e de recuperação.

**Tabela 6: Comparação da atividades muscular do músculo Pectoral Major (PM) relativamente às condições de execução (RO- respiração de orientação e ALT- alternada) e das fases de nado (subaquática e recuperação) ao longo dos 5000m. (Media+-DP) Média+- Desvio Padrão; %CVIM na condição de respiração de orientação e respiração alternada; (Sub) fase subaquatica (rec) fase de recuperação; F- valor de consitência;  $\eta^2$  -eta quadrado; p-value – valor de significância; IC – intervalo de confiança.a) 500m b) 1000m c) 1500m d) 2000m e) 2500m f) 3000m g) 3500m h) 4000m i) 4500m j) 5000m nas fases subaquática e recuperação na condição de sem respiração.**

Condição		500m		1000m		1500m		2000m		2500m		3000m		3500m		4000m		4500m		5000m		F	P- valu e	η 2	Pos t- hoc	IC (95%)
		sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec					
P M	OR	13.9	6.51±6.9	13.06	9.85±	11.2	10.12	10.4	7.25±	10.9	7.34±	11.5	7.28±	10.3	6.83	9.94	7.36±	9.79±6.6	7.42	9.90±	7.65	1.08	0.38	0.11		
		1±9.	2	±8.33	9.51	6±9.	±9.90	5±4.	4.38	9±7.	4.83	2±7.	3.66	3±7.	±4.8	±5.6	5.27	1	±5.4	7.63	±5.8					
		39				58		60		04		39		16	8	4			1		0					
	ALT	14.5	5.61±6.8	13.12	7.12±	10.7	6.71±	11.5	6.71±	11.3	7.69±	12.4	7.68±	11.1	6.85	10.8	7.38±	10.49	6.91	9.97±	7.06	4.15	0.00*	0.34	a) b) c) d) e) f)	
		4±11	1	±9.70	7.90	5±6.	6.19	2±7.	6.19	7±8.	6.84	5±8.	6.16	9±8.	±5.0	1±7.	6.67	±7.33	±4.7	5.89	±4.5				g) h) i) j)	
		.65				54		36		22		68		50	1	50			0		5					

A tabela 6 demonstra a comparação da atividade muscular entre as fases subaquática e recuperação nas condições de respiração de orientação e respiração alternada do músculo PM ao longo dos 5000m. Conforme os valores de (p<0.05), a seguinte tabela demonstra que existiram diferenças significativas ao longo dos 5000m em todas as distâncias, na condição de sem respiração, em relação às fases subaquática e de recuperação.

**Tabela 7: Comparação da atividades muscular do músculo Latissimus Dorsi (LD) relativamente às condições de execução (RO- respiração de orientação e ALT- alternada) e das fases de nado (subaquática e recuperação) ao longo dos 5000m.** (Media+-DP) Média+- Desvio Padrão; %CVIM na condição de respiração de orientação e respiração alternada; (Sub) fase subaquática (rec) fase de recuperação; F- valor de consitência;  $\eta^2$  -eta quadrado; p-value – valor de significância; IC – intervalo de confiança.

Condição	500m		1000m		1500m		2000m		2500m		3000m		3500m		4000m		4500m		5000m		F	P-value	η2	Pos t-hoc	IC (95%)		
	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec	sub	rec									
OR	9.04±3.5	3.79±2.60	7.84±3.23	3.31±2.36	6.84±4.18	5.66±7.37	7.55±4.3	5.67±8.20	8.56±4.4	3.19±2.25	7.37±3.9	3.12±1.90	8.09±3.6	3.50±2.02	7.30±4.3	3.49±2.39	7.20±4.7	3.41±2.62	6.58±3.8	3.59±2.71	0.83	0.58	0.09				
ALT	9.60±5.3	2.39±0.88	8.01±4.17	5.34±8.94	8.35±5.7	2.35±1.22	7.99±4.9	4.57±7.30	8.73±3.9	2.31±1.29	7.80±5.2	2.13±1.32	7.56±4.1	2.48±1.46	7.44±4.1	2.82±1.94	6.81±4.8	2.61±2.42	6.59±3.6	2.87±2.00	0.88	0.54	0.09				

A tabela 7 demonstra a comparação da atividade muscular entre as fases subaquática e recuperação nas condições de respiração de orientação e respiração alternada no músculo LD ao longo dos 5000m. Conforme os valores de (p> 0.05), a tabela anterior exemplifica que não existem diferenças significativas ao longo dos 5000m

## 5. Discussão de Resultados

O objetivo do presente estudo consistiu na comparação das implicações da respiração com orientação e alternada nos nadadores em Águas Abertas, através da análise das alterações musculares e cinemáticas. Os principais resultados do presente estudo indicaram que: i) os músculos TB e PM apresentaram maior ativação no recrutamento muscular ao longo de todo o percurso e na condição de respiração alternada em relação às fases da braçada subaquática e de recuperação; ii) o músculo AD acabou por ter um maior recrutamento ao nível muscular nas distâncias 500m, 1000m, 2000m, 3000m e 5000m, na condição de respiração de orientação em relação às fases subaquática e de recuperação. iii) a frequência gestual (FG) aumentou até aos 1500m, com um decréscimo dos 3000m aos 3500m, e um aumento até ao final do percurso. A velocidade (V) oscilou ao longo de todo o percurso, com maiores resultados nos primeiros 1000m, mas com diminuição acentuada até ao percurso dos 2000m estabilizando até aos 3500m, diminuindo novamente até aos 4500m e com um aumento no final do percurso. A distância de ciclo (DC) no percurso decresceu dos 500m aos 2500m, mantendo-se estabilizada até aos 3500m, diminuindo aos 4500m e aumentando no final do percurso. O índice de Braçada (IB) diminuiu no percurso dos 500m aos 2000m, mantendo-se estabilizada até aos 3500m, diminuindo até aos 4500m, com posterior aumento até ao final do percurso.

### EMG

Na natação as alterações neuromusculares estão sujeitas a múltiplos fatores, podendo originar lesões Pink et. al. (1991), estudou doze músculos que compõem a articulação do ombro em trinta nadadores, os resultados mostram que na técnica de crol, o músculo PM teve um maior pico de recrutamento nas fases de nado (71%CVIM), existindo uma diferença no nosso estudo na ativação do músculo PM ( $14.54 \pm 11.65$ ; 16%CVIM), podendo ser considerado como um dos principais músculos na fase subaquática. Em comparação com os nossos

resultados, que apresentam diferenças significativas ( $p < 0.05$ ), em todas as distâncias na condição de respiração alternada em ambas as fases. O AD acabou por mostrar uma redução na fase de recuperação ( $54\%CVIM$ ;  $14.73 \pm 7.18$ ), em níveis mais baixos ( $6\%CVIM$ ;  $5.45 \pm 4.00$ ) nas condições de respiração de orientação e respiração alternada em todas as distâncias.

Para entendimento de avaliar a variabilidade do sinal EMG em nadadores experientes no nado de crol, descrever a atividade muscular, normalizada pela CVIM, em relação aos movimentos do nado crol de membros superiores (Martens et al. 2015) com uma amostra de quinze nadadores realizando 12,5m à máxima velocidade na condição de sem respiração, analisando o músculo *reto abdominal* e *anterior deltoid*, os resultados mostram que o *reto abdominal* teve maior ativação do que o *anterior deltoid*, em comparação com os nossos resultados o músculo *anterior deltoid* apresentou maior ativação na condição de sem respiração na fase de recuperação; como não avaliamos o *reto abdominal* não temos comparação.

Para comparar a frequência média de ativação muscular, nos músculos *Tricipet brachii* (TB), *Latissimus Dorsi* (LD) e *Pectoral Major* (PM), em uma distância de 100 metros na técnica de crol, Stirn et., al, (2011) utilizou uma amostra de onze nadadores de competição, os resultados do seu estudo indicaram que o músculo TB difere entre as fases subaquática e de recuperação, acabando por ser um dos mais envolvidos na fase subaquática. No entanto, no nosso estudo o músculo TB não diferiu entre as fases, mas apresentou diferenças significativas na condição de respiração alternada.

A atividade muscular do ombro pode ser alterada devido à utilização do fato de neoprene e de diferentes ritmos de nado, Lim et al. (2023) com objetivo de entender as alterações na técnica de crol respirando com a cabeça fora de água numa distância de 25m, utilizaram quatro tipos de material neoprene e três níveis de nado; lento, médio e rápido, com a participação de oito triatletas, os resultados demonstram que o músculo AD é ativo na fase inicial de recuperação, os nadadores tendem a reduzir o tempo na mesma fase para poderem alcançar um ritmo mais rápido com aumento da atividade muscular, sendo assim os resultados acabam por estar próximos dos nossos, uma vez que o músculo em questão foi ativado na mesma condição, nomeadamente na condição de respiração de orientação.

No estudo de Rouard & Clarys (1995) com objetivo de compreender a atividade muscular, tendo como protocolo 4x100m de técnica de crol à intensidade máxima, os resultados indicaram que os músculos TB e BB apresentaram maior atividade na fase subaquática (20% CVIM), já no nosso estudo os valores de BB são de (11% CVIM;  $10.87 \pm 5.42$ ) nas condições de respiração com orientação na fase de recuperação e (14% CVIM;  $13.99 \pm 9.39$ ) na condição de respiração alternada na mesma fase. O músculo AD apresenta uma atividade inferior de (13%CVIM) na fase de recuperação, aproximando-se assim dos nossos resultados (14%CVIM;  $14.73 \pm 7.18$ ) na condição de respiração com orientação na fase de recuperação e (12%CVIM;  $11.81 \pm 5.86$ ) na condição de respiração alternada na mesma fase. demonstrando comportamento semelhante durante toda a prova, enquanto no nosso estudo houve um decréscimo a cada 500m.

Para entendimento da compreensão da interação dos fatores Biomecânicos, Energéticos, Coordenativos e Musculares na distância de 200m na técnica de crol, Figueiredo et. al. (2013), avaliou a capacidade muscular em oito músculos (*flexor carpi radialis, biceps brachii, triceps brachii, pectoral major, upper trapezius, rectus femoris, biceps femoris, and tibialis anterior*) verificando que os músculos tiveram elevada ativação muscular em toda a distância.

Comparando com o estudo de Puce et. al. (2023), em AA os músculos TB e BB apresentaram valores de atividade muscular muito reduzidos na fase subaquática. No nosso estudo, o músculo BB nas condições de respiração de orientação e alternada, nas fases subaquáticas, apresenta semelhança, ao invés do TB, que apresentou maior ativação no recrutamento muscular ao longo de todo o percurso, na condição de respiração alternada em ambas as fases.

Silva (2023), apresentou resultados de maior ativação muscular nos músculos UT e AD na fase de recuperação da braçada e consequentemente na fase subaquática os músculos TB e LD, foram os que apresentaram valores de referência. Aproximando-se assim com os nossos resultados, no caso de AD que acabou por ter um maior recrutamento ao nível muscular nas distâncias 500m, 1000m, 2000m, 3000m e 5000m, na condição de respiração de orientação nas fases subaquática e de recuperação e TB apresenta maior ativação no recrutamento muscular ao longo de todo o percurso, na condição de respiração alternada em relação às fases subaquática e recuperação da braçada, existindo assim uma disparidade com UT e LD.



## Cinemática

Para a comparação de diferentes ritmos de nado na técnica de crol, e mesmo estilo de nado, nas distâncias sprint (50m e 100m), distância média (200m e 400m) e distância longa (800m e 1500m), mas através do nado amarrado, Samson et. al. (2018), avaliou os parâmetros cinemáticos na fase de propulsão, onde as forças atuam, com a participação de oito nadadores com elevada experiência em provas de velocidade, concluíram que a FG em nado amarrado foi menor em longas distâncias (32.9 vs. 39.2 ciclo-min), e iguais em sprint (41.3 vs 44.4 ciclos-min), devendo-se ao facto de os nadadores serem experientes e alguns até de elite, os nossos resultados acabam por estarem afastados (19.5 ciclo/min), sendo que também os nossos nadadores serem de longa distância.

No Campeonato do Mundo de AA 2019 de 10km e 25km, num estudo realizado por Rodriguez et. al. (2021), com o objetivo de avaliar o número de FG nos nadadores de elite masculinos, com altas e baixas prestações, nas provas referidas, concluíram que os nadadores masculinos nos 10km obtiveram uma FG (36-38 ciclo/min) e na distância de 25km (34-36 ciclo/min), existindo uma diferenciação com os nossos resultados (17.4-19.5 ciclo/min), esta disparidade deve-se pelo facto de os nossos nadadores se encontrarem num ambiente de treino controlado na realização 10x500m, com intervalos de recuperação, ao invés de os outros nadadores serem atletas de elite e serem avaliados em ambiente de competição.

Em relação à velocidade de nado, alguns estudos utilizaram o protocolo semelhante ao nosso 5x1000m crol (Neves 2017; Oliveira et al. 2018; Zacca et al. 2020; Silva et. al. 2023), obtendo resultados semelhantes. Neves (2017) obteve uma  $v$  média ( $1.30 \text{ ms}^{-1}$ ) em nadadores. Oliveira et al. (2018), obteve ( $1.26 \text{ ms}^{-1}$ ) em nadadores. Zacca et al. (2020) obteve uma  $V$  média ( $1.35 \text{ ms}^{-1}$ ), estando em linha com os nossos resultados ( $1.33 \text{ ms}^{-1}$ ), por se terem realizado em ambiente aberto e nomeadamente com protocolos semelhantes.

Com objetivo de entender e investigar o desempenho dos nadadores entre os sexos e as velocidades de nado nas distâncias de 10000m, Vogt, et. al. (2013) realizaram um estudo, com uma amostra de 2.591 nadadores entre o ano de 2008 e 2012, mostraram uma diminuição significativa na velocidade de nado ao

longo do tempo de ( $1.45 \text{ ms}^{-1}$ ) para ( $1.40 \text{ ms}^{-1}$ ), existindo neste estudo uma aproximação em relação aos nossos resultados de ( $1.33 \text{ ms}^{-1}$ ), um dos potenciais indicadores é o facto de se tratar de uma longa distância.

Para entendimento da técnica de crol na fase propulsiva, para observação das assimetrias nos membros superiores dominante e não dominante na velocidade dos nadadores, Psycharakis (2021) realizou um estudo a quinze nadadores de nível regional, ao qual realizaram 25m na técnica de crol entre as condições de respiração e não respiração. Os resultados mostraram, que a velocidade atingiu valores maiores na condição de não respiração ( $1.81 \text{ ms}^{-1}$ ) em relação à condição de respiração ( $1.76 \text{ ms}^{-1}$ ), existindo aqui uma disparidade em relação aos nossos resultados ( $1.33 \text{ ms}^{-1}$ ), devendo-se a tal facto por se tratar de uma distância sprint.

Para a verificação de diferenças cinemáticas nos membros superiores entre as condições de respiração e não respiração na técnica de crol, McCabe et. al. (2015), realizou um estudo, com dez nadadores do sexo masculino com participações em competições nacionais e internacionais numa distância de 50m numa piscina de 25m, a variável DC na condição de respiração apresenta valores de ( $54.5 \text{ ciclos-min}^{-1}$ ) e sem respiração ( $55.2 \text{ ciclos-min}^{-1}$ ), esta situação demonstra um afastamento em relação aos nossos resultados ( $3.05\text{-}3.65 \text{ ciclo-min}^{-1}$ ), dado este facto pelos atletas do estudo serem nadadores nacionais e internacionais.

A caracterização biofísica dos 5000m crol em águas abertas, realizado por Oliveira (2018), da técnica de crol numa distância de 5000m em situação de prova, com amostra de dez nadadores e protocolo semelhante ao nosso estudo, de 5x1000m, a variável DC apresenta resultados de ( $2.29 - 2.33 \text{ ciclo-min}^{-1}$ ), conforme o protocolo de estudo e o nível de nado dos nadadores ser próximo aos nossos, os resultados de ambos os estudos acabam por se encontrar em linha com o nosso estudo ( $3.05 - 3.10 \text{ ciclo-min}^{-1}$ ).

Zacca et. al. (2020), no estudo de 5000m em piscina de 50m, a variável IB teve a tendência de diminuir, ao longo do percurso ( $3.4 \text{ m}^2\text{s}^{-1}\text{-ciclo}^{-1}$ ), existindo uma proximidade com os nossos ( $4.00 \text{ m}^2\text{s}^{-1}\text{-ciclo}^{-1}$ ).

Num outro estudo de Zacca et. al. (2020), 5x 1000 m em condições de AA para análise da respiração, realizado em ambiente natural nomeadamente um lago, a mesma variável acaba por ter uma média de ( $3.1 \text{ m}^2\text{s}^{-1}\text{-ciclo}^{-1}$ ), estando novamente próxima dos nossos resultados. Tal facto, poderá ser justificado devido ao

número de participantes e à realização do protocolo ser semelhante com o nosso.

No estudo de Neves (2017) com o objetivo de identificar e caracterizar as condicionantes biofísicas nos 5000m crol, e com a simulação de uma prova na referida distância, a variável do IB acabou por ter uma média de  $(3.44 \text{ m}^2\text{s}^{-1}\text{-ciclo}^{-1})$ , encontrando-se em linha com os nossos resultados, justificando-se pelo facto de ser composto por uma amostra com nadadores de longas distâncias.

## **6. Limitações do estudo**

A dissertação faz referência à análise de padrões musculares, onde foram analisados somente músculos dos membros superiores na realização do protocolo, acabando por suceder ausência de avaliação aos músculos dos membros inferiores. Outra limitação foi a ausência de medição de parâmetros fisiológicos ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ , lactatemia, FC). A realização do estudo sem adversários, acabou por ser uma limitação, pois a simulação para o contexto de competição e para auxiliar a compreensão das implicações poderia influenciar os resultados. Como forma de gerar uma melhor configuração do equipamento, realizando uma paragem a cada 1000m. De uma forma geral, os estudos em AA acabam por ter como referência amostra de indivíduos do sexo masculino, a ausência de amostra feminina foi uma limitação neste estudo.

## **7. Conclusão**

Através da realização do presente estudo verificou-se que maioria das variáveis cinemáticas, sofreu alterações. A FG aumentou no início do percurso, decrescendo a meio, aumentando novamente no final, enquanto a V, DC e IB foram diminuindo ao longo do percurso, consequentemente com incremento no final.

Tendo sido o foco de estudo as implicações nas respirações de orientação e alternada em provas de distância longa, os nadadores de modo a controlarem a sua cadência de nado, utilizam como estratégia, o aumento da FG com reduzida

V, DC e IB. Durante todas as distâncias, os músculos TB e PM tendem a apresentar maior ativação no recrutamento muscular, na condição de respiração alternada em relação à fase subaquática ao invés da recuperação. Por outro lado, o músculo AD acaba por ter maior recrutamento ao nível muscular em distâncias de 500m em 500m, na condição de respiração de orientação em relação à fase de recuperação ao invés da subaquática.

Após a conclusão do estudo, poderemos indicar alguns pontos de sugestão aos treinadores para implementação nos treinos de AA longa distância:

- i) Os nadadores de modo a manterem um ritmo de nado estabilizado, deverão nas sessões de treino, dar importância a tarefas com ciclos de respiração alternada;
- ii) Em longas distâncias alguns músculos apresentam maior ativação muscular nas fases subaquática e de recuperação, os treinadores deverão implementar nas sessões de treinos, seguindo a metodologia e seus princípios a aplicação de reforço muscular.

## **8. Sugestões para futuros estudos**

A investigação em AA tem muito por explorar, uma vez que ainda existe escassez nos estudos. De qualquer forma esta dissertação, irá deixar alguns indicadores, para que futuros investigadores possam continuar a dar aprofundamento em diversos temas:

- i) efeito da fadiga neuromuscular nos diferentes tipos de respiração analisando a contração muscular.
- ii) implicações da respiração de orientação na alteração ou manutenção da rota de nado;
- iii) diferentes tipos de respiração em relação à ativação muscular;
- iv) monitorização de capacidades fisiológicas através da simulação de uma prova de AA com adversários;
- v) qual a tática que o nadador utiliza para contorno de bóias em menos tempo;

- vi) qual a melhor técnica para abastecimento sem perder energia em menos tempo;

## **Anexos**

Percursos	FG (ciclos-min-1)	V (m/s)	DC (m-ciclo-1)	IB (m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> -ciclo <sup>-1</sup> )
500m	17.44±2.12 (*)	1.38±0.14	3.65±0.76 (*)	5.16±1.59 (*)
1000m	18.22±2.90	1.38±0.18	3.55±1.05	5.09±2.32
1500m	19.11±3.40	1.33±0.17	3.27±0.96	4.50±1.90
2000m	18.77±2.86	1.31±0.12	3.22±0.69	4.30±1.34
2500m	18.88±2.84 (*)	1.31±0.14	3.23±0.77 (*)	4.36±1.52
3000m	19±2.82	1.31±0.13	3.20±0.69	4.30±1.33
3500m	18.55±2.87	1.32±0.14	3.30±0.80 (*)	4.46±1.50 (*)
4000m	19.55±3.39	1.29±0.15	3.10±0.82 (*)	4.15±1.57 (*)
4500m	19.66±3.90	1.27±0.15	3.05±0.88	4.00±1.58
5000m	19.55±3.64	1.33±0.17	3.20±0.91	4.41±1.73

Tabela 1: Descrição das Variáveis Frequência Gestual (FG), Velocidade (V), Distância de Ciclo (DC), Índice de Braçada (IB); nos Percursos (m); Média ± Desvio Padrão. (\*) diferenças significativas.

Tabela 3- Média  $\pm$  Desvio padrão da ativação muscular (%MVC) durante as fases subaquática e de recuperação na condição respiração alternada

MÚSCULO	(%MVC)	500M	1000M	1500M	2000M	2500M	3000M	3500M	4000M	4500M	5000M
UT	Propulsão	8.98 $\pm$ 3.75	8.04 $\pm$ 4.17	7.40 $\pm$ 2.59	7.77 $\pm$ 3.23	9.66 $\pm$ 3.98	8.48 $\pm$ 3.19	8.32 $\pm$ 2.54	8.69 $\pm$ 3.84	6.96 $\pm$ 2.65	7.72 $\pm$ 2.93
	Recuperação	23.13 $\pm$ 9.15	20.38 $\pm$ 10.13	17.18 $\pm$ 10.70	19.33 $\pm$ 11.44	23.57 $\pm$ 8.83	22.21 $\pm$ 8.78	20.22 $\pm$ 3.62	21.79 $\pm$ 10.42	20.93 $\pm$ 12.99	19.51 $\pm$ 9.56
PD	Propulsão	15.74 $\pm$ 6.26	14.00 $\pm$ 5.89	8.94 $\pm$ 5.04	8.12 $\pm$ 5.51	8.03 $\pm$ 4.92	6.84 $\pm$ 3.39	8.79 $\pm$ 4.60	8.46 $\pm$ 4.32	8.24 $\pm$ 5.97	9.17 $\pm$ 6.26
	Recuperação	18.87 $\pm$ 7.73	15.84 $\pm$ 6.05	8.09 $\pm$ 5.57	9.47 $\pm$ 4.77	7.35 $\pm$ 4.28	6.53 $\pm$ 4.19	8.83 $\pm$ 5.37	8.84 $\pm$ 5.99	8.10 $\pm$ 5.95	9.27 $\pm$ 6.90
AD	Propulsão	4.32 $\pm$ 3.24	3.93 $\pm$ 2.82	3.67 $\pm$ 2.67	2.44 $\pm$ 1.47	2.72 $\pm$ 2.03	2.41 $\pm$ 1.70	2.53 $\pm$ 2.00	2.35 $\pm$ 1.32	2.00 $\pm$ 1.01	2.16 $\pm$ 1.09
	Recuperação	11.81 $\pm$ 5.86	9.76 $\pm$ 6.18	7.34 $\pm$ 4.38	6.64 $\pm$ 4.24	8.37 $\pm$ 7.22	7.07 $\pm$ 5.18	6.72 $\pm$ 5.51	6.48 $\pm$ 4.03	5.34 $\pm$ 4.13	5.71 $\pm$ 4.05
BB	Propulsão	9.13 $\pm$ 2.77	8.36 $\pm$ 2.36	7.71 $\pm$ 2.18	7.44 $\pm$ 3.10	7.65 $\pm$ 2.42	7.53 $\pm$ 2.74	7.83 $\pm$ 2.45	7.30 $\pm$ 2.16	7.12 $\pm$ 2.12	7.24 $\pm$ 1.74
	Recuperação	13.99 $\pm$ 9.39	11.87 $\pm$ 7.74	10.35 $\pm$ 8.60	9.89 $\pm$ 7.89	10.86 $\pm$ 5.06	12.24 $\pm$ 9.90	11.18 $\pm$ 8.13	9.63 $\pm$ 4.51	10.60 $\pm$ 6.24	9.60 $\pm$ 6.06
TB	Propulsão	24.1 $\pm$ 15.98	19.87 $\pm$ 10.88	15.21 $\pm$ 7.71	17.68 $\pm$ 7.71	18.22 $\pm$ 9.58	16.76 $\pm$ 8.16	16.18 $\pm$ 8.58	15.45 $\pm$ 8.86	15.38 $\pm$ 8.28	16.03 $\pm$ 8.54
	Recuperação	9.76 $\pm$ 7.42	8.67 $\pm$ 6.18	5.17 $\pm$ 2.34	8.89 $\pm$ 8.70	8.11 $\pm$ 6.34	7.64 $\pm$ 5.13	7.91 $\pm$ 5.97	7.43 $\pm$ 4.93	7.86 $\pm$ 4.75	7.58 $\pm$ 4.53
PM	Propulsão	14.54 $\pm$ 11.65	13.12 $\pm$ 9.70	10.75 $\pm$ 6.54	11.52 $\pm$ 7.36	11.37 $\pm$ 8.22	12.45 $\pm$ 8.68	11.19 $\pm$ 8.50	10.81 $\pm$ 7.50	10.49 $\pm$ 7.33	9.97 $\pm$ 5.89
	Recuperação	5.61 $\pm$ 6.81	7.12 $\pm$ 7.90	6.71 $\pm$ 6.19	6.71 $\pm$ 6.19	7.69 $\pm$ 6.84	7.68 $\pm$ 6.16	6.85 $\pm$ 5.01	7.38 $\pm$ 6.67	6.91 $\pm$ 4.70	7.06 $\pm$ 4.55
LD	Propulsão	9.60 $\pm$ 5.32	8.01 $\pm$ 4.17	8.35 $\pm$ 5.70	7.99 $\pm$ 4.94	8.73 $\pm$ 3.94	7.80 $\pm$ 5.21	7.56 $\pm$ 4.15	7.44 $\pm$ 4.12	6.81 $\pm$ 4.82	6.59 $\pm$ 3.65
	Recuperação	2.39 $\pm$ 0.88	5.34 $\pm$ 8.94	2.35 $\pm$ 1.22	4.57 $\pm$ 7.30	2.31 $\pm$ 1.29	2.13 $\pm$ 1.32	2.48 $\pm$ 1.46	2.82 $\pm$ 1.94	2.61 $\pm$ 2.42	2.87 $\pm$ 2.00



**Tabela 4- Média  $\pm$  Desvio padrão da ativação muscular (%MVC) durante as fases subaquática e de recuperação na condição de respiração de orientação**

Músculo	(%MVC)	500m	1000m	1500m	2000m	2500m	3000m	3500m	4000m	4500m	5000m
UT	Propulsão	8.73 $\pm$ 4.27	6.94 $\pm$ 3.02	7.94 $\pm$ 3.13	8.72 $\pm$ 5.64	8.66 $\pm$ 2.35	8.16 $\pm$ 2.70	8.26 $\pm$ 2.64	8.04 $\pm$ 2.68	7.49 $\pm$ 2.50	6.10 $\pm$ 1.95
	Recuperação	19.99 $\pm$ 10.90	17.60 $\pm$ 8.83	17.03 $\pm$ 12.40	13.91 $\pm$ 8.37	20.63 $\pm$ 12.67	16.41 $\pm$ 9.98	14.99 $\pm$ 5.00	16.36 $\pm$ 7.65	16.55 $\pm$ 10.94	15.84 $\pm$ 8.89
PD	Propulsão	14.90 $\pm$ 5.34	13.59 $\pm$ 4.17	8.86 $\pm$ 5.73	8.99 $\pm$ 6.25	7.38 $\pm$ 4.09	6.42 $\pm$ 3.17	9.26 $\pm$ 4.67	8.62 $\pm$ 4.14	7.97 $\pm$ 6.90	7.81 $\pm$ 5.35
	Recuperação	18.29 $\pm$ 7.32	15.37 $\pm$ 4.72	9.80 $\pm$ 6.88	10.70 $\pm$ 4.81	7.87 $\pm$ 5.28	6.91 $\pm$ 4.60	10.13 $\pm$ 7.89	9.47 $\pm$ 6.74	7.13 $\pm$ 4.92	8.64 $\pm$ 6.21
AD	Propulsão	4.22 $\pm$ 2.48	4.05 $\pm$ 3.42	3.79 $\pm$ 2.41	2.40 $\pm$ 1.74	2.80 $\pm$ 1.56	2.65 $\pm$ 1.61	2.90 $\pm$ 2.23	2.65 $\pm$ 2.01	2.05 $\pm$ 1.38	2.07 $\pm$ 1.41
	Recuperação	14.73 $\pm$ 7.18	11.67 $\pm$ 7.56	6.67 $\pm$ 5.06	5.95 $\pm$ 4.16	8.11 $\pm$ 7.88	6.78 $\pm$ 5.68	7.44 $\pm$ 6.76	6.96 $\pm$ 6.35	6.55 $\pm$ 7.17	5.45 $\pm$ 4.00
BB	Propulsão	8.42 $\pm$ 2.71	8.16 $\pm$ 2.71	7.05 $\pm$ 2.16	7.32 $\pm$ 2.63	7.59 $\pm$ 2.00	7.18 $\pm$ 3.20	7.20 $\pm$ 1.81	7.20 $\pm$ 1.81	6.84 $\pm$ 1.74	6.81 $\pm$ 2.26
	Recuperação	10.56 $\pm$ 4.82	11.19 $\pm$ 5.56	9.56 $\pm$ 5.95	9.83 $\pm$ 6.52	8.45 $\pm$ 3.62	9.15 $\pm$ 5.45	10.42 $\pm$ 6.54	10.26 $\pm$ 5.88	10.87 $\pm$ 5.42	8.96 $\pm$ 2.61
TB	Propulsão	22.88 $\pm$ 11.72	19.24 $\pm$ 7.46	13.03 $\pm$ 6.54	17.77 $\pm$ 7.82	16.80 $\pm$ 7.84	16.42 $\pm$ 8.49	15.39 $\pm$ 8.44	16.69 $\pm$ 9.89	15.53 $\pm$ 9.00	14.84 $\pm$ 8.57
	Recuperação	9.50 $\pm$ 5.47	9.64 $\pm$ 5.44	7.44 $\pm$ 4.90	9.81 $\pm$ 8.56	9.19 $\pm$ 5.05	8.51 $\pm$ 4.54	8.59 $\pm$ 4.31	8.25 $\pm$ 4.58	7.77 $\pm$ 3.81	7.51 $\pm$ 4.34
PM	Propulsão	13.91 $\pm$ 9.39	13.06 $\pm$ 8.33	11.26 $\pm$ 9.58	10.45 $\pm$ 4.60	10.99 $\pm$ 7.04	11.52 $\pm$ 7.39	10.33 $\pm$ 7.16	9.94 $\pm$ 5.64	9.79 $\pm$ 6.61	9.90 $\pm$ 7.63

	<b>Recupe- ração</b>	6.51±6.92	9.85±9.51	10.12±9.90	7.25±4.38	7.34±4.83	7.28±3.66	6.83±4.88	7.36±5.27	7.42±5.41	7.65±5.80
<b>LD</b>											
	<b>Propul- são</b>	9.04±3.55	7.84±3.23	6.84± 4.18	7.55±4.33	8.56±4.46	7.37±3.92	8.09±3.67	7.30±4.31	7.20±4.75	6.58±3.81
	<b>Recupe- ração</b>	3.79±2.60	3.31±2.36	5.66± 7.37	5.67±8.20	3.19±2.25	3.12±1.90	3.50±2.02	3.49±2.39	3.41±2.62	3.59±2.71



## Bibliografia

Alves, F., Cunha, P., Gomes-Pereira, J., (1999). Kinematic changes with inspiratory actions in butterfly swimming. In: Keskinen, K, L.; Komi, P., V.; Hollander, A., P., *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, Jyvaskyla: Gummerus, 1999, p. 9-14.

Baldassarre, R., Bonifazi, M., Zamparo, P., & Piacentini, M., (2017), Characteristics and challenges of open-water swimming performance: *A review. International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, pp. 1275-1284, <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0230>.

Baldassarre, R., Leno, C., Bonifazi, M., Castro, A., D., Gianfelici, A., Piacentini, M., F., (2021). Carbohydrate supplementation during a simulated 10-km open water swimming race: effects on physiological, perceptual parameters and performance. *European Journal of Sport Science*, (10), <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1880644>.

Barbosa, T., M., Keskinen, K., L., & Vilas-Boas, J., P., (2006). Fatores biomecânicos e bioenergéticos limitativos do rendimento em natação pura desportiva. *Revista Motricidade*, 201-213. URI: 10198/4121.

Bentley, D., J., Libicz, S., Jouglu, A., Coste, O., Manetta, J., Chamari, K., & Millet, G., P., (2007). The effects of exercise intensity or drafting during swimming on subsequent cycling performance in triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(4), 234–243, <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.004>.

Ben-Sira, I., Nissenkorn, I., Weinberger, D., Shohat, M., Kremer, I., Krikler, R., & Reisner, S., H., (1986). Long-term Results of Cryotherapy for Active Stages of Retinopathy of Prematurity. *Ophthalmology*, 93(11), 1423–1428, [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(86\)33550-4](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(86)33550-4).

Bonança, M., Rama, L., & Proença, J., (2021). Águas Abertas: Uma Disciplina, Diferentes Variáveis. *Boletim SPEF*, pp. 35-45.

Castro, F., Moré, F., Lammerhirt, H., Marques, A., (2005). Cinemática do nado crawl sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. *Revista Brasileira Educação Física e Esporte*, São Paulo, v.19, n.3, pp.223-32.

Caty V., Aujouannet Y., Hintzy F., Bonifazi M., Clarys JP., Rouard AH., (2007). Wrist stabilisation and for earm muscle coactivation during freestyle swimming. *J Electromyogr Kinesiol*; 17:285–91; <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.02.005>.

Clarys, J., (2000). Electromyography in sports and occupational settings: an update of its limits and possibilities. *Ergonomics*, 43(10), 1750-1762, <https://doi.org/10.1080/001401300750004159>.

Conceição, A, Silva, A, Barbosa, T, & Louro, H, (2013), Observation and Techinal Characterization in Swimming: 200 M Breaststroke. *Revista Brasileira de Medicina de Esporte*, 19(1), pp. 56-61. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000100012>

Conceição, A., Silva, A., Barbosa, T., Campaniço, J., Costa, A., & Louro, H., (2019). Neuromuscular and motor patterns in breaststroke technique. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 21, <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2019v21e56408>.

Dekerle, J., Sidney, M., Hespel, J., M., & Pelayo, P., (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *International journal of sports medicine*, 23(02), pp. 93-98. <https://doi.org/10.1055/s-2002-20125>.

Hårdstedt, M., Kristiansson, L., Seiler, C., Braman Eriksson, A., & Sundh, J., (2021). Incidence of Swimming-Induced Pulmonary Edema. *Chest*, <https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.06.034>.

Hermens, H., Freriks, B., Disselhorst-Klung, C., & Rau, G., (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10, 261-374, [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4).

Fantozzi, S., Coloretti, V., Piacentin, M., F., Quagliarott, C., Bartolomei, S., Gatta, G., Cortes, M., (2022). Integrated Timing of Stroking, Breathing, and Kicking in Front-Crawl Swimming: A Novel Stroke-by-Stroke Approach Using Wearable Inertial Sensors, *Sensors*, 1419 <https://doi.org/10.3390/s22041419>.

Fernandes, R., & Vilas-Boas, J., P., (2006). Tempo limite à intensidade mínima correspondente ao consumo máximo de oxigénio: novos desenvolvimentos num parâmetro de recente investigação em natação. *Revista Motricidade*, 2(4), pp. 214-220. <http://hdl.handle.net/10198/4043>.

Gonjo T., Eriksrud O., Papoutsis F., Olstad BH., (2020). Relationships between a Load-velocity Profile and Sprint Performance in Butterfly Swimming. *International Journal of Sports Medicine*; 41(7):461-467, <https://doi.org/10.1055/a-1103-2114>, Epub 2020 Feb 14, PMID: 32059244.

Guignard B., Olstad BH, Simbaña Escobar D., Lauer J., Kjendlie PL, Rouard AH (2015). Different Muscle-Recruitment Strategies Among Elite Breaststrokers *International Journal of Sports Medicine* (8):1061-5, <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2014-0498>, Epub 2015 Mar 24, PMID: 25802983.

Kaercher, K., L., P., Glänzel, H., M., Rocha, G., G., Luiza Müller Schmidt, M., L., Nepomuceno, P., Stroschöen, L, Pohl, H., H., Reckziegel, B., M. (2018). Escala de Percepção Subjetiva de Esforço de Borg como ferramenta de monitorização da intensidade de esforço físico. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, São Paulo, v,12, n.80, suplementar pp.1180-1185.

,

Leahy, G., M., Summers, M., Peters, C., Seon, M., Geary, C., and Sheel, A., (2019). The Mechanics of Breathing during Swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, volume 51, <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001902>.

Lim B., Swafford AP., Conroy KE., Mercer JA., (2023). Shoulder Muscle Activity While Swimming in Different Wetsuits and Across Different Paces. *Int J Exercise Sci.* 2023 Feb 1;16(1):172-181. PMID: 37113261; PMCID: PMC10124733.

Llop, F., Gonzáles, C., Hernando, E., Diaz-Rincon, J., A., Navarro, F., & Arellano, R., (2003). Analysis of modifications on technique and lactate concentration during added resistance freestyle swimming. *In Biomechanics and Medicine in Swimming IX: Proceedings of the IX th World Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 343-348).

Lomax, M., Royal, J., T., Kapus, J., MasseY, H., Saynor, Z., (2022). The kinetics of oxygen consumption and ventilatory and metabolic parameters do not differ between the moderate-intensity crawl and the breaststroke. *Physiological Reports*, Volume 10, Issue 12, <https://doi.org/10.14814/phy2.15361>.

Martens, J., Daly, D., Deschamps, K., Fernandes, R., & Staes, F., (2015). Intra-Individual Variability of Surface Electromyography in Front Crawl Swimming. *Plos One*, 10(12), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144998>.

Martens, J., Figueiredo, P., & Daly, D., (2015). Electromyography in the four competitive swimming strokes: A systematic review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25, 273-291, <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.12.003>.

Munatones, S., (2011). *Open Water Swimming*. Champaign, IL 61825-5076, United States of America: Human Kinetics.

Neves, V., (2017). *Caracterização biofísica da técnica de crol numa distância de 5000 m*. Faculdade de Desporto Universidade do Porto, Porto: Universidade do Porto; <https://hdl.handle.net/10216/109987>.

Pendergast, D, R., Di Prampero, P., E., Craig, Jr., A, B., Wilson, D, R., Rennie, D., W., (1977). Quantitative analysis of the front crawl in men and women. *Journal of Applied Physiology* 43, 475–479, <https://doi.org/10.1152/jappl.1977.43.3.475>.

Pink M, Perry J, Browne A, Scovazzo ML, Kerrigan J, (1991) The normal shoulder during freestyle swimming, An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *The American Journal of Sports Medicine*;19:569–76 <https://doi.org/10.1177/036354659101900603>.

Puce L, Biz C, Ruaro A, Mori F, Bellofiore A, Nicoletti P, Bragazzi NL, Ruggieri P. (2023). Analysis of Kinematic and Muscular Fatigue in Long-Distance Swimmers. *Life* (Basel). 2023 Oct 27; 13(11): 2129. <https://doi.org/10.3390/life13112129>. PMID: 38004269; PMCID: PMC10671841.

Psycharakis SG, Soultanakis H, González Ravé JM, Paradisis GP, (2021). Force production during maximal front crawl tethered swimming: exploring bilateral asymmetries and differences between breathing and non-breathing conditions. *Sports Biomechanics*, 3:1-15, <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1891277>; Epub ahead of print, PMID: 33655809.

Psycharakis, S., G, & McCabe, C., (2011). Differences in shoulder and hip rotation between respiratory and non-respiratory conditions in the crawl stroke. *Journal of Biomechanics* 44, 1752–1756, <https://doi.org/10.1123/jab.28.4.400>.

Psycharakis, S, G., Sanders, R, H., (2008). Shoulder and hip roll changes during 200-m front crawl swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40, 2129–2136; <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818160bc>.

Rodríguez, L., Veiga, S., García, I., & González-Ravé, J., (2021). Stoking Rates of Open Water Swimmers during the 2019 FINA World Swimming Championships. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10; <https://doi.org/10.3390/ijerph18136850>.



Rouard AH, Clarys JP., (1995). Cocontraction in the elbow and shoulder muscles during rapid cyclic movements in an aquatic environment. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 1995 Sep;5(3):177-83. [https://doi.org/10.1016/1050-6411\(95\)00008-n](https://doi.org/10.1016/1050-6411(95)00008-n). PMID: 20719649.

Ruwe PA, Pink M, Jobe FW, Perry J, Scovazzo ML., (1994)., The normal and the painful shoulders during the breaststroke. Electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles, *American Journal Sports of Medicine* 1994; 22:789–96; <https://doi.org/10.1177/036354659402200610>

Samson M, Monnet T, Bernard A, Lacouture P, David L., (2019). Comparative study between fully tethered and free swimming at different paces of swimming in front crawl. *Sports Biomechanics*;18(6):571-586; <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1443492>. Epub 2018 Mar 21. PMID: 29562831.

Seifert L., Chollet D., Allard P. (2005). Arm coordination symmetry and breathing effect in front crawl. *Human Movement Science*, pp.24(2):234–256 <https://doi.org/10.1016/j.humov.2005.05.003>.

Silva, A., Reis, V., Marinho, D., Carneiro, A., Novaes, G., & Aidar, F. (2006)., Economina de Nado: Factores determinantes e avaliação. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 8(3), <https://doi.org/10.1590/%25x>.

Silva, C. (2023). *Caracterização Técnica e Neuromuscular do Nadador de Águas Abertas*. Dissertação Mestrado em Treino Desportivo, Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior de Desporto de Rio Maior (ESDRM).

Stirn, I., Jarm, T., Kapus, V., & Strojnik, V. (2013). Evaluation of mean power spectral frequency of EMG signal during 100-meter crawl. *European Journal of Sports Science*, 13(2), 164-173, <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.630100>

Tipton M., Bradford C. (2014). *Moving in extreme environments: open water swimming in cold and warm water*. *Extreme Physiology & Medicine*, 3(1); <https://doi.org/10.1186/2046-7648-3-12>

Tipton, M., J., (2014). *Sudden cardiac death during open water swimming. British Journal of Sports Medicine, Volume 48, Número 15, 1134–1135*, <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-092021>.

Toussaint, H., M., (2006). Effect of fatigue on stroking characteristics in an arms-only 100-m front-crawl race. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(9), 1635-1642, <https://doi.org/10.1249/01>.

Ulsamer, S., Rüst, C, A., Rosemann, T., Lepers, R., & Knechtle, B., (2014). Swimming performances in long distance open-water events with and without wetsuit. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 6(1), 1-13, <https://doi.org/10.1186/2052-1847-6-20>.

Vanheest JL, Mahoney CE, Herr L., (2004). Characteristics of elite openwater swimmers. *National Strength and Conditioning Association* 18(2); 302–30, <https://doi.org/10.1519/R-13513.1>.

Vogt P., Rüst C, A., Rosemann T., Lepers R., (2013). Analysis of 10 km swimming performance of elite male and female open-water swimmers. *Springer Plus Journal*, 2(1); <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-603>.

Zacca R, Neves V, da Silva Oliveira T, Soares S, Rama LMPL, de Souza Castro FA, Vilas-Boas JP, Pyne DB, Fernandes RJ. 5 km front crawl in pool and open water swimming: breath-by-breath energy expenditure and kinematic analysis. *European Journal of Applied Physiology*. 2020 Sep;120(9):2005-2018. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04420-7>. Epub 2020 Jun 26. PMID: 32591994.