



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS DO DESPORTO  
E EDUCAÇÃO FÍSICA  
UNIVERSIDADE DE  
**COIMBRA**

Pedro André Ribeiro dos Santos

# **ÍNDICE DE COORDENAÇÃO NO NADO DE CROL EM DISTÂNCIAS USUAIS EM TREINO**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Treino Desportivo para Crianças e Jovens orientada pelo Professor Doutor Luís Manuel Pinto Lopes Rama e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Abril de 2021





FACULDADE DE  
CIÊNCIAS DO DESPORTO  
E EDUCAÇÃO FÍSICA  
UNIVERSIDADE DE  
**COIMBRA**

**Pedro André Ribeiro dos Santos**

**Índice de Coordenação no Nado de Crol em distâncias usuais em treino**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra no âmbito do 2.º Ciclo de Estudos em Treino Desportivo para Crianças e Jovens (conducente ao grau de Mestre)

**Orientada pelo Professor Doutor Luís Manuel Pinto Lopes Rama**

**Coimbra, 2021**



Santos, P. (2021). *Índice de Coordenação no Nado de Crol em distâncias usuais em treino*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.



## **RESUMO**

### **Índice de Coordenação no nado de crol em distâncias usais em treino**

Este estudo insere-se no âmbito da análise técnica na natação pura desportiva e está focado na utilização o *Index of Coordination* (IdC) desenvolvido por Didier Chollet para caracterizar a modalidade de nado dos atletas. A amostra do estudo é constituída por 12 nadadores, 8 masculinos e 4 femininos, pertencentes a clubes federados da Associação de Natação de Coimbra. O objetivo do estudo é comparar o modelo coordenativo na técnica de Crol representados por nadadores de ambos os sexos, nadando à velocidade máxima em duas distâncias não-competitivas diferentes, os 25m e os 300m. Analisou-se as alterações cinemáticas e coordenativas na técnica de nado, impostas pela mudança na velocidade empregue em distâncias extremas não competitivas. A amostra deste estudo foi avaliada in loco, em parâmetros morfológicos, composição corporal e de força. Posteriormente na piscina foram realizados registos digitais (vídeo) para a avaliação do modelo de sincronização de acordo com o proposto por Chollet para o IdC, bem como em outras variáveis cinemáticas. Foram ainda controlados os valores de frequência cardíaca e lactato sanguíneo. Adicionalmente realizou-se a análise comparativa considerando o fator sexo para todas as variáveis em estudo, não se obtendo diferenças significativas para os valores cinemáticos e coordenativos. Os resultados estão, na sua maioria, de acordo com a literatura. O IdC aumenta quando a velocidade aumenta, com a diminuição da distância e assim como a frequência gestual aumenta quando a velocidade aumenta.

**Palavras-chave:** Índice de coordenação, natação, técnica de crol, braçada



## **ABSTRACT**

### **Index of coordination in crol technique in distances usually used during practices**

This study falls within the scope of technique analysis in competitive swimming and is focused on using the Index of Coordination (IdC) developed by Didier Chollet to characterize the swimming modality of athletes. The study sample consists of 12 swimmers, 8 males and 4 females, belonging to federated clubs of the Associação de Natação de Coimbra. The objective of the study is to compare the coordinative model in the crawl technique represented by swimmers of both sexes, swimming at maximum speed in two different non-competitive distances, the 25m and the 300m. It was analysed the kinematic and coordinative changes in the swimming technique, imposed by the change in speed employed over extreme non-competitive distances. The sample of this study was evaluated in loco (swimming pool), in terms of morphological parameters, body composition and leg strength and hand grip. Subsequently in the pool, digital records (video) were made to evaluate the synchronization model according to the one proposed by Chollet for the Index of Coordination, as well as other kinematic variables. The values of heart rate and blood lactate were also controlled. Additionally, a comparative analysis was carried out considering the gender factor for all variables under study, with no significant differences being obtained for the kinematic and coordinative values. The results are mostly in line with the literature. The IdC increases when the speed increases, with the distance decreasing as well as the gestural frequency increases when the speed increases.

**Keywords:** Index of coordination, swimming, crawl, swimming stroke



## ÍNDICE

RESUMO .....	I
ABSTRACT .....	III
REVISÃO DA LITERATURA .....	1
Caracterização da modalidade natação pura desportiva .....	1
Evolução histórica do crol .....	2
Modelo técnico atual: análise descritiva do movimento dos membros superiores e inferiores (braçada e pernada).....	5
Índice de Coordenação.....	6
Pertinência do estudo .....	14
OBJETIVOS DO ESTUDO .....	15
METODOLOGIA.....	16
Desenho do estudo .....	16
Amostra.....	16
Instrumentação e procedimentos .....	17
Avaliação Cineantropométrica.....	18
Avaliação da maturação .....	19
Avaliação da força dos membros superiores.....	20
Avaliação da potência dos membros inferiores.....	20
Avaliação da capacidade aeróbia .....	20
Protocolos de nado .....	21
Índice de coordenação (Chollet) .....	22
Análise e tratamento dos resultados.....	22
RESULTADOS .....	24
Resultados dos testes de força realizados .....	24
Resultados das variáveis cardiovascular (frequência cardíaca) e metabólica (lactato) nos protocolos de nado .....	25
Resultados das variáveis cinemáticas .....	26
Análise dos indicadores de coordenação .....	28
BIBLIOGRAFIA .....	35



## **ÍNDICE DE EQUAÇÕES**

Equação 1 – Cálculo da velocidade de nado .....	2
Equação 2 – Cálculo da EMP (Khamis-Roche; 1994,1995) .....	19
Equação 3 – Cálculo da percentagem da EMP .....	19
Equação 4 – Cálculo da velocidade média de nado no protocolo do T30.....	21
Equação 5 – Cálculo da velocidade .....	21
Equação 6 – Cálculo da distância de ciclo .....	21
Equação 7 – Cálculo do índice de nado.....	22
Equação 8 – Cálculo da eficiência propulsiva.....	22
Equação 9 – Cálculo do Índice de Coordenação (Chollet et al., 2000).....	22

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 – Diferentes modalidades de coordenação de acordo com Chollet et al. (2000)	8
Figura 2 – Linha cronológica do desenho do estudo .....	16



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização antropométrica da amostra separada por sexo. ....	17
Tabela 2 – Apresentação de resultados dos protocolos de força: preensão manual do braço dominante (F Dom.) e não dominante (F NDom), <i>Squat Jump (SJ)</i> e <i>Counter Movement Jump (CMJ)</i> .....	24
Tabela 3 – Apresentação de resultados das variáveis cardiovascular (frequência cardíaca) e metabólica (lactato).....	25
Tabela 4 – Apresentação de resultados das variáveis cinemáticas: frequência gestual (FG), velocidade (V), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (eP). .....	27
Tabela 5 – Apresentação de resultados das variáveis coordenativas: tempo de atraso entre cada fase da braçada (LT1 e LT2), tempo de atraso expresso em percentagem do tempo total de braçada (IdC1 e IdC2) e Índice de Coordenação (IdC). ....	29



## **REVISÃO DA LITERATURA**

Com esta revisão da literatura, pretende-se abordar de forma sumária os constrangimentos colocados ao deslocamento no meio aquático, em relação ao ambiente terrestre. Para ultrapassar a desvantagem decorrente das características do meio, justifica-se a procura pelos mecanismos que concorrem para a eficiência durante nado. Neste sentido partimos da evolução histórica da natação desportiva em particular do nado de crol, desde a técnica *sidestroke* ao crol moderno. Para melhor análise do modelo de nado, será abordado o modelo técnico atualmente usado pelos melhores especialistas nomeadamente a caracterização do ciclo de ação dos membros superiores – a braçada. De seguida, será abordado a metodologia proposta por Chollet e colaboradores (2000) para o estudo da coordenação nesta técnica de nado - Índice de coordenação, sendo apresentada a descrição e exemplificação do conceito. Serão descritos e comparados vários estudos de autores relevantes para o tema em estudo e, por fim, serão detalhadas incongruências na literatura publicada, e que sustentam e justificam a realização deste estudo.

### Caracterização da modalidade natação pura desportiva

De acordo com a FINA (Federação Internacional de Natação) “A natação é um desporto individual ou coletivo que envolve o uso de braços e pernas para movimentar o corpo na água”. Este desporto é assim praticado em meio aquático, seja numa piscina, mar, lago ou rio.

Pelo facto da natação ser praticada na água e não decorrer no meio terrestre, onde os fatores de resistência ao deslocamento são criados pelas características do fluido que compõe a atmosfera (o ar), existe uma resistência muito superior ( $1,225 \text{ kg/m}^3$  no ar e  $997 \text{ kg/m}^3$  na água). Esta diferença na densidade é o que torna este desporto possível, pois permite que a mão encontre uma resistência e simultaneamente um apoio durante a braçada ao movimentar-se dentro de água e faça o corpo deslocar-se de acordo com a 3ª lei de Newton (Maglischo, 2003). Embora vulgarmente aceite como teoria explicativa esta não é a única força que implica deslocação, existindo a força ascensional e teria dos vórtices (Collwin, 1992). Por outro lado, também é o que lhe confere mais desvantagens em relação aos outros desportos, pois durante o nado existe aumento da resistência ao

avanço, um arrasto superior e dissipação da energia usada nos movimentos da braçada e pernada para o meio envolvente. Na velocidade de nado entram assim em jogo cinco fatores: arrasto (A), eficiência bruta (Eg), a eficiência propulsiva (Ie), o *power input* (Pi) e o *power output* (Po), resultando na equação que determina a velocidade de nado (v). (adaptado de Toussaint, & Beek, 1992).

$$v = \sqrt[3]{\frac{Eg * Ie * Pi}{A}} = \sqrt[3]{\frac{Eg * Po}{A}}$$

Equação 1 - Cálculo da velocidade de nado (Adaptado de Toussaint & Beck, 1992)

É através da combinação destes cinco fatores que os atletas encontram a solução mais eficiente possível que lhes permite melhorar as suas marcas, diminuindo o arrasto é possível aumentar a velocidade através da eficiência na braçada bem como a potência mecânica externa.

Ao longo do tempo a procura da melhoria do desempenho, levou a que a técnica de crol evoluísse e sofresse alterações no modelo técnico de referência.

### Evolução histórica do crol

Na natação desportiva, as provas individuais incluem a realização de diferentes distâncias divididas pelas quatro técnicas: mariposa, costas, bruços, estilo livre (crol) e estilos individuais. Ao nível coletivo, as estafetas incluem equipas de quatro nadadores, um para cada uma das quatro técnicas ou apenas em estilo livre. Para cada um dos nados oficiais existe regulamentação específica definida pelo organismo internacional que superintende na modalidade – Federação Internacional de Natação Amadora (FINA):

- Mariposa – estilo realizado em posição ventral, ambos os braços levantam simultaneamente para fora de água, realizando um movimento circular partindo da frente da cabeça, no plano do ombro até à coxa e novamente para a frente, combinando com uma pernada em movimento ondulatório à entrada e saída das mãos da água;

- Costas – estilo onde o nadador está na posição dorsal, fazendo batimento de pernas alternado para cima e para baixo e rotação dos braços alternadamente para trás, entrando na extensão do plano do ombro e saindo da água junto à coxa;

- Bruços – estilo nadado em uma posição ventral onde ambas as mãos se movem simultaneamente para a frente, para fora e para trás começando na frente do peito e da cabeça, e com movimento da pernada simultânea com flexão do joelho e rotação exterior do pé;

- Estilo Livre – prova onde os nadadores podem usar qualquer estilo de nado, mas o mais usual é o Crol. É realizado em posição ventral e caracterizado por movimentos alternados de braços, onde a mão entra à frente da cabeça e na projeção do plano do ombro e sai junto à coxa e pernada alternada em movimento contínuo para cima e para baixo.

O crol como o conhecemos hoje tem origem no nado de bruços, a primeira técnica ser usada competitivamente.

Embora os investigadores tenham rastreado a história do crol até a Idade da Pedra, a primeira menção ao estilo parecido com o que era hoje, em contexto competitivo, foi relatada pelo jornal *The Times* em 1844, onde se descreve que, convidados a nadar numa corrida em Londres, dois nativos norte-americanos, Flying Gull e Tobacco, estariam chicoteando a água, violentamente, com os braços como as velas de um moinho de vento e batendo com os pés para cima e para baixo. Quem observava ficou chocado com a diferença para o nado de bruços, o único estilo competitivo usado nos primeiros clubes de natação europeus. Esta forma de nadar não era usual e os ingleses não a adotaram de imediato.

Em 1855, em Londres, o australiano C. W. Wallis mostrou a técnica *Sidestroke*, que aprendeu com os nativos locais em Sidney, e os nadadores passaram a usar apenas um braço que rodava ao lado do corpo, sem alternância, pois o outro continuava a executar um movimento dentro de água semelhante à braçada de bruços, conjuntamente com a pernada de bruços. Esta forma de nado era conhecida como *sidestroke* (traduzido com “braçada de lado”) pois era nadada com o corpo de lado. Foi a técnica que dominou todas as competições, pois durante 46 anos, sendo que o vencedor dos campeonatos ingleses era sempre um atleta com esta técnica de nado. Com o passar do tempo, a pernada de bruços começou a encurtar, transformando-se numa pernada em tesoura curta e rápida.

Com a procura pela eficiência, o estilo alterou-se para uma braçada conhecida como estilo de Trudgen. Em agosto de 1873, o nadador inglês John Trudgen, ganhou várias competições de distâncias curtas com uma técnica que aprendera dos nativos sul

americanos. Esta forma de nadar usava uma pernada em tesoura (em que as pernas faziam um movimento de uma tesoura ao abrir e fechar) semelhante ao que vinha a ser usada na *sidestroke* e uma braçada semelhante ao que é hoje o crol, mas com uma rotação muito acentuada da cintura de modo a conseguir realizar a pernada mais eficientemente. Inicialmente a cabeça era levada alta e, mais tarde, o rosto do nadador ficaria submerso na maior parte do tempo, pois a única hipótese de respirar era quando a mão estava a voltar e no momento em que o cotovelo passasse por cima da cabeça.

Acredita-se que, mais tarde, o nome "crawl" (adaptado para o português como "Crol") tenha entrado em uso no final do século XIX, depois do nadador australiano Dick Cavill descrever a técnica como um rastejar (em inglês "crawl") na água.

Em 1912, a australiana Cecil Healy usou dois batimentos por ciclo, com uma braçada crol bem definida e semelhante à da atualidade. Esta variante foi apelidada de Crol Australiano. Era a forma de nado mais eficiente, até uma variante mais próxima do crol moderno surgir com Duke Kahanamoku. O nadador americano usou um ciclo de braçada com seis batimentos para ganhar o ouro nos 100m estilo livre nas Olimpíadas de Estocolmo em 1912. Assim, a variante do Crol Australiano foi descartada e a forma de nadar com 6 batimentos por ciclo tornou-se norma nas competições. Apesar da eficiência demonstrada pelo nado de crol com seis pernadas verticais nas provas curtas, nas provas longas, a incerteza ainda era grande. Andrew Charlton ganhou os 1500m livres nos Jogos Olímpicos de Paris, em 1924, usando ainda a pernada em tesoura. Entre os Jogos Olímpicos de 1928 e os de 1952, a evolução na técnica de crol foi mínima, o que se refletiu ao nível das marcas realizadas, havendo evoluções mínimas (menos de um segundo) nos tempos e recordes realizados. Com os japoneses a participarem nas olimpíadas, surgiram mais derivações na técnica de crol envolvendo a pernada (4 batimentos por ciclo, 8 batimentos por ciclo, pernada alternada entre tesoura e batimento vertical, batimentos irregulares – às vezes dois ou quatro, outras seis batimentos por ciclo). Além das modificações na número e tipo de pernada, também a técnica da braçada passou por modificações e experimentações. Alguns atletas começaram a nadar com os braços esticados, outros com uma braçada semelhante ao crol utilizado pelos jogadores de polo aquático. Ambas as técnicas foram relativamente abandonadas dando-se mais ênfase às modificações da técnicas de pernada, pois foram vistas como o melhor sentido para melhorar a eficiência e performance no crol.

Modelo técnico atual: análise descritiva do movimento dos membros superiores e inferiores (braçada e pernada)

Os modelos técnicos atuais da natação desportiva requerem “o uso de braços e pernas para movimentar o corpo na água”. Qualquer movimento executado deve ser o mais eficiente possível contribuindo para a melhor performance possível. Assume particular importância para o sucesso do modelo a coordenação entre a ação dos membros superiores e inferiores. A braçada diz respeito ao conjunto das ações e trajetórias dos membros superiores nas suas fases propulsivas e de recuperação. A pernada respeita as ações correspondentes realizadas pelos membros inferiores.

A pernada e a braçada têm funções diferentes e influenciam o nado de forma diferente. A braçada é principalmente propulsora, produzindo cerca de 90% da força propulsiva total durante um sprint de 25 metros crol (Deschodt, Arsac, & Rouard, 1999) enquanto a pernada, contribuindo com os outros 10%, é um elemento fundamentalmente estabilizador, contribuindo para a manutenção do equilíbrio e da posição à superfície da água, embora o seu contributo para a propulsão não deva ser desprezado.

A natação é um desporto cíclico, ou seja, os movimentos são repetidos segundo um padrão quase regular durante toda a prova/competição sem um início ou fim bem definidos, e assim, a coordenação entre braçada e pernada é importante (Maglischo, 2009). Além disso, focando no crol, os braços fazem um movimento contínuo e não simultâneo, sendo importante considerar a coordenação intersegmentar em cada braçada (Maglischo, 2009). Vários autores dividiram a braçada por fases para a melhor análise cinemática possível.

Chollet et al. (2000) consideram a braçada dividida em quatro fases:

-A entrada (*entry*) e agarre (*catch*) da mão na água - este é o momento em que a mão atravessa a superfície da água à frente do corpo do nadador e encontra uma resistência de forma a provocar o deslocamento do corpo, com o braço esticado no seguimento do ombro;

-A puxada (*pull*) – correspondendo ao início, a partir da superfície da água, do movimento da mão para trás até à chegada do membro superior ao plano vertical do ombro com o corpo, sendo esta fase o início da fase propulsiva e da aceleração do corpo do nadador;

-O empurre (*push*) – a fase final na parte subaquática da braçada, correspondente ao movimento da mão desde a sua posição no plano vertical do ombro até à sua saída da água. Há um movimento de aceleração, pois esta é a fase mais propulsiva e mais rápida da braçada;

-A recuperação (*recovery*) – a fase final da braçada, correspondente ao tempo desde que a mão sai da água até à sua próxima entrada na água. É assim a fase não-propulsiva.

Maglischo (2003), define a braçada em cinco fases mais detalhadas:

-A entrada da mão na água – o momento em que a mão atravessa a superfície da água na linha da projeção do ombro;

-A ação descendente da mão e braço – corresponde aos primeiros graus de movimento do cotovelo e do pulso em flexão, sendo o início da propulsão;

-A ação lateral interior – inicia-se no ponto mais fundo da trajetória da braçada, onde a mão acelera para cima e para dentro;

-A ação ascendente – corresponde à aceleração da mão para trás e para cima e ao aproximar da coxa;

-A saída e recuperação – a mão após sair da água junto à coxa, realiza o movimento fora de água até ao ponto na linha da projeção do ombro, à frente da cabeça, finalizando o ciclo.

### Índice de Coordenação

Na procura pela melhoria do rendimento na técnica de crol através do incremento da eficiência, vários autores desenvolveram métodos para quantificar a técnica e procurar os resultados. Neste caso, para medir a coordenação entre braçadas e fases da braçada, no ano de 2000, Chollet et al. apresentaram e desenvolveram o *Index of Coordination* (tradução: Índice de coordenação).

O índice de coordenação (IdC) foi apresentado pela primeira vez por Chollet et al (2000), apresentando uma nova forma de categorizar a coordenação dos braços na

Pedro A. R. Santos Índice de Coordenação no nado de crol em distâncias usais em treino natação. O IdC é um índice que caracteriza os padrões de coordenação medindo o tempo de atraso (*lag time*; LT) entre as fases propulsoras de cada braço. O LT é assim o tempo entre o início da propulsão do braço direito e o final da propulsão do braço esquerdo e entre o início da propulsão do braço esquerdo e o final da propulsão do braço direito. Dessa forma, este intervalo de tempo é expresso como uma percentagem da duração média de um ciclo de braçada (braço direito-esquerdo-direito). O IdC é a média dos dois índices obtidos na última etapa.

Este índice expressa as três modalidades principais apresentadas também noutros estudos anteriores:

- i) em oposição (Esquema 1, na Figura 1), onde um braço começa a fase de puxada quando o outro está a terminar a fase de empurre, é caracterizada por propulsão ininterrupta e a duração das fases propulsivas é igual à duração das fases não-propulsivas;
- ii) em coordenação sobreposta (*catch-up*) (Esquema 2, na Figura 1), onde existe um *lag time* entre as fases propulsivas dos dois braços, havendo assim um espaço temporal em que o atleta está a deslizar;
- iii) e em semi-sobreposição (Esquema 3, na Figura 1), que descreve uma sobreposição nas fases propulsivas, em que ambos os braços estão dentro de água ao mesmo tempo.

Apresenta assim três valores possíveis, um para cada solução de coordenação, podendo ser nulo quando se diz que a coordenação é oposta, negativo quando a coordenação é sobreposta (*catch-up*); ou positivo quando a coordenação é semi-sobreposta.

Não existe um consenso óbvio entre os autores sobre a melhor opção para os nadadores usarem como padrão de natação. Costill et al. (1992) sugeriu que a melhor solução era a de oposição, pois fornece braçadas mais suaves e deslize sem paragens. No entanto, Chatard et al. (1990) defenderam que a sobreposição seria mais eficiente considerando o custo energético. Apesar da falta de consenso, a opção apresentada pelo nadador é dependente de vários fatores como a estatura do atleta, especialidade do nadador (velocista, de meia distância ou de fundo), o tipo de pernada realizada (pode ser um estilo de 2 pernadas por ciclo, 4 pernadas ou 6 pernadas) (adaptado de Chollet et al, 2000) ou o nível de experiência/desempenho do atleta.

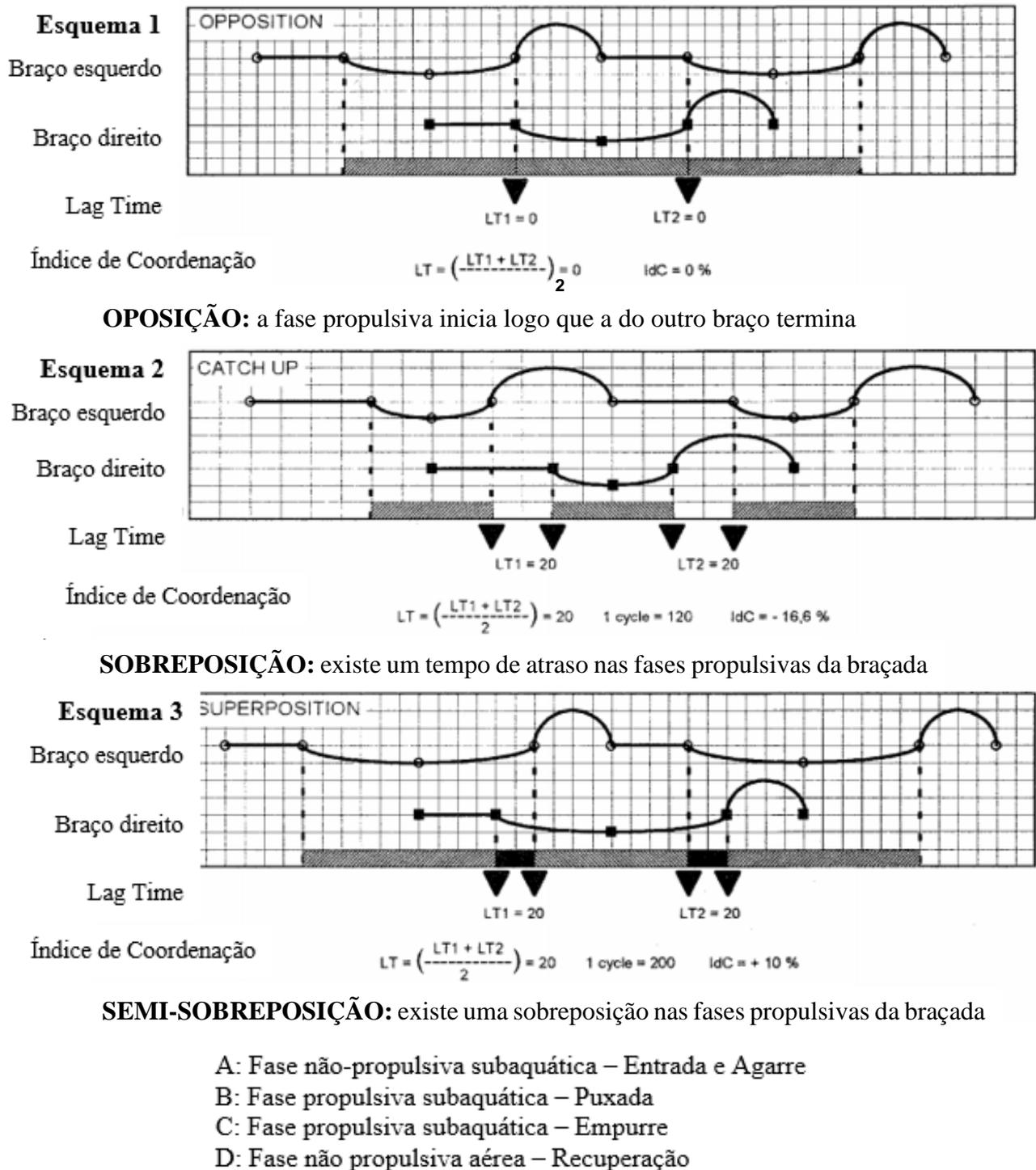


Figura 1 - Diferentes modalidades de coordenação de acordo com Chollet et al. (2000)

Em trabalhos publicados nos últimos anos, dois autores, Chollet e Seifert, destacaram-se no estudo da sincronização de nado.

Chollet et al. (2000) estudaram, com 43 nadadores, o IdC para medir a coordenação da braçada, com quantificação precisa dos tempos propulsivos no movimento dos membros superiores entre o início da propulsão de um braço e o final da propulsão do outro (“*lag time*”). Os nadadores foram divididos em três categorias: G1 - os que apresentaram melhor desempenho; G2 - os intermédios; e G3 - os de menor desempenho. Todos cumpriram um protocolo em que nadaram nos ritmos de 800m (V800), 100m (V100) e 50m (V50).

Os resultados mostraram que a fase não propulsora (entrada e agarre) diminui com o aumento da velocidade ( $31,9 \pm 6\%$  para V800;  $27,1 \pm 4\%$  para V100;  $24,5 \pm 5\%$  para V50), enquanto as fases propulsivas das braçadas (puxada e empurre) ficam mais longas à medida que a velocidade aumenta ( $43,1 \pm 3,3\%$  para o V800;  $46,5 \pm 3\%$  para o V100 e  $49 \pm 3\%$  para o V50). Embora se tenham verificado modificações nestas fases, a fase de recuperação permanece sem alterações significativas. Os resultados mostram que o IdC mais baixo estava na velocidade de 800m nos nadadores com desempenhos mais fracos -  $9,4 \pm 5,1\%$  - identificando uma estratégia de coordenação em sobreposição (*catch-up*) e o mais alto na velocidade de 50m nos nadadores com melhores desempenhos -  $+2,53 \pm 4,4\%$  - correspondendo a uma estratégia de superposição/oposição. Além disso, eles concluíram que o IdC era inversamente proporcional à duração da fase de entrada e agarre, diretamente proporcional à duração das fases de puxada e empurre e quase não tinha relação com a duração da fase de recuperação.

Seifert, Chollet, & Bardy, (2004) foram mais longe nos estudos da variação da coordenação dos braços com a velocidade/distância nadada, usando o IdC. Seguindo um procedimento semelhante de Chollet et al. (2000) com 14 atletas franceses do sexo masculino, de nível nacional ou internacional, que nadaram à sua velocidade máxima as distâncias de 3000m, 1500m, 800m, 400m, 200m, 100m e 50m. Obtiveram resultados semelhantes aos apresentados antes. O IdC aumenta com o aumento da velocidade (de  $-10,5 \pm 5,3\%$  para o ritmo de 3000m, com velocidade de  $1,43 \pm 0,07\text{m} / \text{s}$ , para  $2,6 \pm 6,1\%$  na velocidade máxima, com velocidade de  $1,93 \pm 0,10\text{m} / \text{s}$ ) O IdC médio de todos os ritmos foi de  $-4,9 \pm 7,0\%$  e a velocidade média foi de  $1,67 \pm 0,18\text{m} / \text{s}$ . Além disso, a percentagem de tempo da fase de entrada e agarre é mais curta com o aumento da

Pedro A. R. Santos Índice de Coordenação no nado de crol em distâncias usais em treino velocidade ( $35,8 \pm 6,3\%$  no ritmo de 3000m para  $18,5 \pm 6,3\%$  na velocidade máxima) e as fases de puxada e empurre (fases propulsivas) aumentam a duração com o incremento de velocidade ( $39,1 \pm 5,2\%$  para o ritmo de 3000m para  $52,4 \pm 6,1\%$  na velocidade máxima).

Outro trabalho de Seifert, Boulesteix e Chollet (2004) compara os IdC em ambos os géneros a 8 velocidades diferentes (ritmos de 3000m, 1500m, 800m, 400m, 200m, 100m, 50m e velocidade máxima). Foi usada uma amostra de 24 nadadores de elite franceses, 14 homens (grupo 1, G1) e 10 mulheres (grupo 2, G2), que nadaram apenas 25m a cada uma das velocidades. Como espectável os resultados seguem a mesma linha dos apresentados em estudos anteriores. A média do IdC da amostra era de  $-6,3 \pm 7,0\%$ , sugerindo assim um nado em coordenação sobreposta. Em ambos grupos o IdC aumentou com o aumento da velocidade, passando de  $-10,9 \pm 5,4\%$  para  $-7,24 \pm 5,4\%$  até ao ritmo de 200m, mostrando um nado em coordenação sobreposta, e de  $-3,34 \pm 5,8\%$  para  $-0,12 \pm 6,8\%$ , até à velocidade máxima, mostrando um nado em próximo de ser em oposição. Separando os grupos, a elite masculina apresentou resultados diferentes da elite feminina. Os homens aumentam o seu IdC com o aumento da velocidade muito mais do que as mulheres, nadando em coordenação sobreposta até ao ritmo de 200m e depois mudando para oposição e até mesmo semi-sobreposição (para velocidade máxima, o IdC médio dos homens foi de  $2,57 \pm 6,1\%$ ). As mulheres mantêm-se sempre em coordenação sobreposta, mudando apenas algumas para uma quase oposição à velocidade máxima. Estes resultados do IdC são parcialmente explicados pelas alterações na duração de cada fase da braçada. A elite masculina reduz o tempo da fase entrada e agarre e aumenta a duração das outras com o aumentar da velocidade, havendo um acentuar desta mudança no patamar crítico à velocidade de 200m, levando assim à diminuição do tempo de atraso entre braçadas, a um aumento do IdC e à mudança de nado em coordenação sobreposta para oposição ou semi-sobreposição. A duração de cada fase da braçada na elite feminina segue o mesmo padrão da masculina, mas enquanto os homens têm um patamar crítico à velocidade de 200m, as mulheres apenas conseguem esse patamar à velocidade máxima, havendo então um acentuar nas diferenças da duração entre a fase de entrada e agarre e as fases de puxada, empurre e recuperação.

Os estudos de Chollet et al (2000), Seifert et al (2004) e Seifert, Boulesteix e Chollet (2004) chegaram a resultados idênticos em relação à questão da coordenação dos braços quando a velocidade muda. O IdC aumenta com a velocidade com que o atleta está

a nadar. Essas mudanças ocorrem porque o atleta aplica mais pressão na água e faz o movimento do braço mais rapidamente quando o objetivo é nadar mais rápido. A fase não propulsora é assim mais curta e rápida para permitir uma fase propulsora maior e, conseqüentemente, mais impulsão para avançar (Chatard et al, 1990; Counsilman, 1981; adaptado de Chollet et al, 2000). Além disso, a rotação do tronco é mais acentuada, fazendo com que a mão entre ainda mais longe na superfície da água. É importante observar também a mudança na duração de cada fase da braçada. Os resultados obtidos nos três estudos de que a fase de entrada e agarre diminuem sua duração, enquanto a fase da puxada, a de empurre e a de recuperação aumentam sua duração com o aumento da velocidade de nado, concordam com as descobertas de outros autores sobre este assunto, como por exemplo Keskinen & Komi (1993). Sobre o estudo de Chollet et al (2000), as mudanças na coordenação e na duração das fases da braçada também são justificadas pelo nível de desempenho do atleta, previamente divididos em três grupos. Observa-se que os atletas com desempenho inferior nadam principalmente na modalidade de sobreposição, o que não é eficiente, e os melhores atletas nadam principalmente em oposição ou mesmo semi-sobreposição, modalidades mais eficientes. Os melhores atletas têm maior capacidade de adaptar seu estilo de natação à distância/velocidade que desejam nadar. Estas conclusões são semelhantes às mais tarde feitas por Seifert, Chollet & Rouard (2007).

O estudo de Seifert et al (2004) provou que as conclusões de Chollet et al (2000) estavam corretas, mostrando os mesmos resultados em mais distâncias e parâmetros. A principal mudança deveria ter ocorrido no ritmo de 200m, onde o índice passa de negativo (coordenação sobreposta) para quase 0 (modalidade de oposição) e depois se torna positivo (modalidade de semi-sobreposição) na velocidade submáxima e máxima (ritmo de 50m e de velocidade máxima, respetivamente). Essas mudanças foram correspondentes ao limiar entre os ritmos de longa e média distância e o ritmo do sprint. No entanto, as principais mudanças ocorreram no ritmo de 100m pois, como disseram os autores, todos os nadadores envolvidos no teste eram velocistas.

Todas as diferenças observadas entre estudos derivam de constrangimentos, sejam eles intrínsecos (do individuo), ambientais (do ambiente que rodeia o sujeito) ou da tarefa (relacionados com a tarefa que o sujeito está a executar). De acordo com a dinâmica de sistemas avançada por Kugler, Kelso e Turvey (1980) e Newell (1986), a coordenação surge não como o resultado de prescrições simbólicas de padrões de ação, mas sim como

uma consequência das restrições impostas à ação, refletindo assim uma propensão para uma otimização auto-organizada dos sistemas biológicos (adaptado de Seifert, Chollet & Rouard, 2007). Na natação já foi provado por vários estudos que a coordenação é influenciada pelas condicionantes de nado como a disciplina (triatlo ou natação, por exemplo), género, equipamento usado (palas ou barbatanas, por exemplo) ou o tipo de respiração. Aplicando o conceito da limitação de Newell (1986) na natação, podemos dizer que os fatores intrínsecos incluem: o género, a antropometria ou a experiência na modalidade. Na antropometria, as dimensões das mãos, dos braços dos pés e das pernas são os fatores mais influentes; os fatores ambientais, dificilmente controláveis ou manipuláveis, mas na natação podemos enquadrar nestes fatores a frequência de braçada e a distância de ciclo num cenário de nado livre; e os fatores de tarefa, representando todas as condicionantes impostas numa determinada tarefa sejam elas um objetivo, uma restrição ou regra ou um equipamento adicional.

No estudo de Seifert, Chollet & Rouard (2007), 42 nadadores franceses (15 da elite masculina, 15 masculinos de nível médio e 12 da elite feminina) nadaram crol a 7 ritmos diferentes (1500m, 800m, 400m, 200m, 100m, 50m e velocidade máxima) em cada 25m, mais uma vez para evitar a variável fadiga acumulada. Mais uma vez existiu a transição no tipo de coordenação da braçada no patamar crítico dos 200m, onde todos os sujeitos tinham aproximadamente uma frequência de braçada de 40Hz. Apenas a elite masculina atingiu velocidades superiores a 1,8m/s e frequências de braçada superiores a 50Hz. Segundo os autores, isto aconteceu, pois, os sujeitos adotaram um estilo de nado em sobreposição como consequência dos constrangimentos associados com o ambiente (mais resistência em avançar com o aumento da velocidade). Os autores encontraram também que os grupos com menos expertise e do sexo feminino não conseguiam fazer esta transição de coordenação, continuando a nadar em sobreposição. Concluindo, é necessário pensar o nado em coordenação sobreposta, considerado um erro por alguns autores, como uma adaptação a um certo constrangimento/limitação e não como uma “escolha” do atleta.

Os estudos de Potdevin et al. (2003) mostraram, por sua vez, que os atletas tendem a modificar o IdC quando se aumenta a frequência de braçada, mesmo sem aumentar a velocidade. Os autores concluíram que, se a frequência de braçada ao ultrapassar os 50 Hz, os atletas têm um IdC muito semelhante e em sobreposição, revelando que ao aumentar a frequência de braçada, os atletas não conseguem controlar tão bem a sua ação

motora levando a uma alteração naquilo que é o seu estilo de nado próprio. Na discussão do seu trabalho, Potdevin et al (2003) acrescentam que os treinadores deveriam dar instrução nas suas tarefas para qual a frequência de braçada pretendida, não usando só a velocidade como fator de controlo.

Outro estudo de Komar et al. (2012), focando os constrangimentos que modificam a coordenação, estudou as alterações que o nado poderia ter dependendo do custo e gastos energéticos. Sete nadadores franceses de nível nacional fizeram, em piscina de 50m um protocolo que consistia em seis séries de 300m com um intervalo de 30s entre cada. Os nadadores usaram um *snorkel* para respirar, eliminando assim a variável do tipo de respiração. O objetivo do estudo é assim examinar de que forma a coordenação da braçada e os parâmetros de nado são influenciados pelo custo energético para os sujeitos se deslocarem. A tarefa estava desenhada de modo que a intensidade aumentasse e houvesse fadiga acumulada, pelo aumento das forças de arrasto com o aumento da velocidade. A análise da braçada foi feita de acordo com Chollet et al. (2000) dividindo assim a braçada em quatro fases e usando IdC para quantificar a coordenação. Foi, como esperado, encontrada uma forte relação entre o gasto energético e o aumento da frequência gestual, bem como entre o gasto energético a diminuição da distância de ciclo. Apesar destas conclusões gerais, os autores analisaram os valores obtidos por cada atleta individualmente, chegando a uma importante conclusão: apesar de todos os sujeitos terem cumprido a tarefa dentro do que era suposto, todos usaram mecanismos de *coping* (adaptação) diferentes, sendo que uns não alteraram em quase nada o valor do IdC, apenas alterando significativamente o valor da frequência gestual ou da distância de ciclo, enquanto outros atletas modificaram os três parâmetros referidos. Outra conclusão foi que, com o aumento da velocidade e do gasto energético, os atletas aumentaram a velocidade da mão, sem necessariamente aumentarem a força propulsiva gerada, devido ao cansaço acumulado.

Para as condicionantes do material, um estudo de Telles (2011) com 11 atletas masculinos, que nadaram duas vezes 25m em cada uma das condições nado livre, nado com palas, nado com paraquedas e nado com palas e paraquedas, concluiu que apesar de haver modificações no IdC, na frequência de braçada e na distância de ciclo, estas não eram estatisticamente significativas ao ponto de alterar a organização da braçada. Apesar disso é importante notar que a modalidade de coordenação mudou de sobreposição para oposição quando foi adicionado paraquedas ou palas e paraquedas.

### Pertinência do estudo

Apesar da extensividade dos trabalhos de Chollet e Seifert é possível ver algumas falhas que apresentamos seguidamente . Olhando para os estudos de Chollet et al (2000), percebemos que foram usados apenas três ritmos, correspondentes às distâncias de 800m, 100m e 50m, o que é pouco. Apesar de mais tarde os trabalhos de Seifert, Chollet, & Bardy, (2004) colmatarem esta falha, a amostra era composta apenas por sprinters do sexo masculino o que influencia os resultados. Para aplicar e generalizar as conclusões os estudos deveriam ser replicados com uma amostra mista de nadadores (nadadores de longa e média distância e velocistas) e comparar os dois grupos para verificar como ocorrem as alterações de sincronização em função da velocidade de nado. Além disso, talvez sejam necessários mais estudos comparativos entre os dois sexos, fator que não fora tido em conta anteriormente todos tinham como amostra sujeitos do sexo masculino. Esta falha foi colmatada mais tarde por Seifert, Boulesteix e Chollet (2004), que fez o seu estudo usando uma amostra composta por sujeitos de ambos os sexos e diferentes níveis competitivos, mas mais uma vez usando distâncias competitivas (3000m, 1500m 800m, 400m, 200m, 100m, 50m). Olhando para todos os estudos apresentados ao longo desta revisão, vemos que todos usam distâncias competitivas oficiais e julgamos, assim, que se justifica realizar um estudo recorrendo a distâncias intermédias, não oficiais, ou seja, distâncias que não são usadas nas competições, mas que são usadas regularmente em ambiente de treino, como por exemplo os 300m ou os 600m.

Os protocolos usados ao longo deste estudo servem assim para colmatar as falhas descritas. Será usada uma amostra de atletas de ambos os sexos e com experiências competitivas diferentes para melhor refletir a realidade da natação competitiva em Portugal, serão usadas distâncias não-usuais em competição, os 300 metros e os 25 metros, mas largamente usadas no treino em tarefas e sprints.

É de grande utilidade encontrar o modelo de coordenação adequado para os atletas e treinadores. Com a procura pela perfeição, a eficiência da braçada é posta em jogo e melhorada ao máximo e daí surgir a necessidade de encontrar um modelo de coordenação eficaz. Ajustamentos no padrão exibido pelos nadadores poderão ser refletidas no aumento na eficiência e na capacidade de treino bem como na melhoria nas marcas dos atletas. Para os treinadores irão significar um maior rigor no controlo de treino e no conhecimento do potencial dos atletas.

## **OBJETIVOS DO ESTUDO**

1. Analisar comparativamente variáveis cinemáticas e associadas à estratégia de coordenação na técnica de crol, em nadadores de bom nível competitivo, durante a realização de tarefas de treino em distâncias distintas das usadas em competição e durante o protocolo de T30.
  - a. Comparar o Índice de Coordenação, e variáveis cinemáticas (velocidade média de nado, a frequência gestual, a distância de ciclo, o índice de nado e eficiência propulsiva) nas distâncias de 25m e 300m.
2. Comparar variáveis metabólica e cardiovascular associadas ao cumprimento destas tarefas.
3. Analisar a influência da maturação e do sexo nas estratégias coordenativas de nado nas tarefas em estudo.

## METODOLOGIA

### Desenho do estudo

O desenho do estudo está representado na Fig. 2 e descrito em seguida.

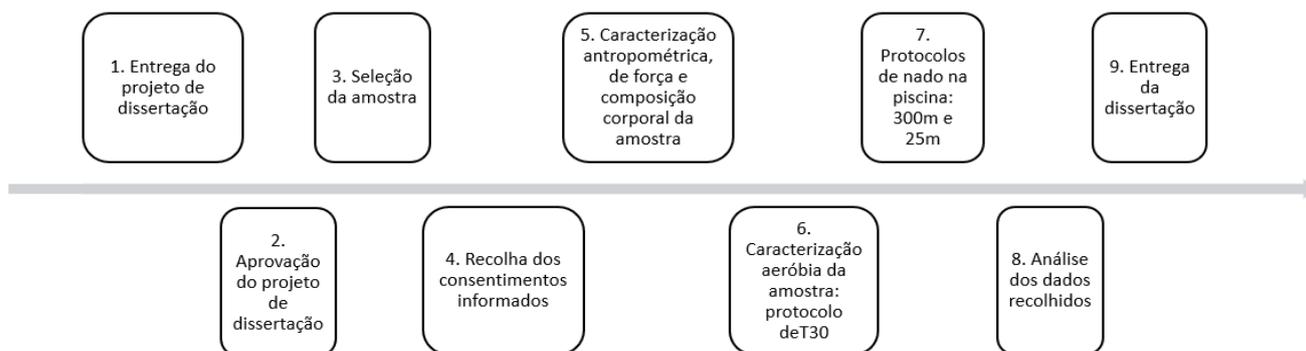


Figura 2 - Linha cronológica do desenho do estudo

1. Foi feita a entrega do projeto de dissertação.
2. O projeto foi aprovado pela comissão de ética e concelho científico.
3. Foi feita a seleção da amostra com base nos critérios definidos.
4. Foram entregues e posteriormente recolhidos os consentimentos informados devidamente assinados pelos encarregados de educação ou atletas (se maiores de idade).
5. Foi realizada a caracterização antropométrica, de força e de composição corporal da amostra, através dos protocolos definidos
6. Foi realizada a caracterização aeróbia da amostra através do teste de T30.
7. Foram realizados os protocolos de nado para as distâncias de 300m e 25m em piscina.
8. Foram analisados estatisticamente os dados recolhidos nas fases 4, 5 e 6.
9. Foi entregue a dissertação.

### Amostra

A amostra foi constituída por 12 nadadores de ambos os sexos (4 femininos e 8 masculinos) com pelos três anos de experiência de treino e competição em natação pura desportiva, sem limitações por lesões ou quaisquer outros impedimentos para realizar esforços máximos. Todos os participantes têm registo oficial de marcas nas distâncias de 400m livres, 100m livres e 50m livres.

**Tabela 1** – Caracterização antropométrica da amostra separada por sexo.

	MASCULINOS			FEMININOS		
	Máximo	Mínimo	Média ± Dp	Máximo	Mínimo	Média ± Dp
Idade	23,46	13,26	17,04±3,38	18,33	14,75	16,14±1,47
Massa Corporal (kg)	73,90	49,40	60,55±8,67	61,70	47,70	58,10±6,01
Estatura (cm)	185,00	162,00	173,75±7,95	173,00	156,00	164,50±6,26
%EMP (%)	98,42	93,85	95,69±1,84	98,44	97,97	98,15±0,21
Envergadura (cm)	192,00	162,00	178,75±9,90	175,00	160,00	168,50±5,68
Pontuação FINA	705	297	507,38±143,35	731,00	372,00	535,25±137,72

O valor de média da idade dos indivíduos masculinos é superior à dos indivíduos femininos. No que diz respeito à morfologia e como seria de esperar, os sujeitos masculinos são também mais pesados e mais altos e com uma envergadura maior. As raparigas, apesar de mais novas estão mais próximas da sua estatura matura predita que os rapazes. As raparigas são também aquelas que apresentam, em média uma pontuação FINA superior, e por consequência, melhores resultados em comparação com os resultados mundiais. Em termos estatísticos, os resultados não se apresentam estatisticamente diferentes entre os grupos do sexo masculino e do grupo feminino.

### Instrumentação e procedimentos

Serão apresentados os materiais e os métodos usados ao longo de todo o estudo para recolha de dados antropométricos, de maturação, força dos membros superiores, de potência dos membros inferiores e durante os protocolos de nado.

### *Avaliação Cineantropométrica*

Os elementos da amostra foram avaliados cineantropometricamente, no espaço da piscina, por um antropometrista experiente e recorrendo ao equipamento disponível, em concordância com Ross & Marfell-Jones (1983) e Marfell-Jones, Stewart & Carter, (2006). Assim foi medida:

-A estatura – o sujeito foi medido no estadiómetro, na posição de pé. Os pés devem estar encostados e assentes no solo e o corpo encostado ao estadiómetro. O sujeito deve ter a cabeça erguida, mantendo o plano de Frankfurt paralelo com o solo. A medida é feita até ao ponto Vertex;

-A altura sentada – o sujeito foi medido no estadiómetro. Deve estar sentado no chão, com as pernas fletidas a 90° e com ambos os pés a tocar totalmente no solo. A coluna deve estar em posição neutra e as palmas das mãos apoiadas no chão ao lado do corpo sem fazer força. O plano de Frankfurt deve estar paralelo ao solo. A medida é feita até ao ponto Vertex;

-A massa corporal – foi usada a balança digital Seca Bella 840. O atleta deve estar de pé, com o mínimo de roupa, centrado e com o peso distribuído igualmente por ambos os pés. Deve manter o olhar dirigido para a frente e o corpo relaxado.

-A envergadura – foi usada uma fita métrica. O atleta ficou encostado à parede, com os membros superiores esticados, paralelos ao solo, à altura dos ombros e palmas da mão viradas para a frente, sendo medida desde a ponta do dedo médio de uma mão até à ponta do dedo médio da outra mão;

-O comprimento do braço e antebraço – foi medido usando um antropómetro grande (modelo 01290). O sujeito ficará com o membro superior esticado e com a palma da mão ligeiramente afastada da coxa. O comprimento do braço e antebraço será medido do ponto *Acromiale* ao ponto *Stylian*.

-O comprimento e largura da mão – foram medidos usando um antropómetro pequeno (modelo 01291). O sujeito manteve com a mão em supinação e com os dedos esticados. O comprimento foi medido do ponto *Mid-Stylian* até ao ponto mais distal da mão e a largura foi medida na perpendicular com a medida do comprimento na parte mais larga da mão.

-O comprimento e largura do pé – foram medidos usando um antropómetro pequeno (modelo 01291) O sujeito manteve-se sentado com os pés assentes no solo, sem exercer força. O comprimento foi medido do ponto *Pternion* até ao ponto *Acropodian*. A largura foi medida na parte mais larga do pé, perpendicular à medida do comprimento.

-O diâmetro biacromial – foi medido usando um antropómetro grande (modelo 01290). O sujeito manteve-se de pé com os membros superiores relaxados ao lado do corpo. Obteve-se a medida entre os pontos mais laterais dos processos acromiais.

-O diâmetro bicristal – foi medido usando um antropómetro grande (modelo 01290). O sujeito manteve-se de pé com os membros superiores cruzados sobre o peito. Obteve-se a medida entre os pontos mais laterais dos tubérculos ilíacos.

#### *Avaliação da maturação*

Como os sujeitos serão de diferentes idades, será estimada a estatura matura predita (EMP) com o objetivo de verificar a influência da maturação no IdC (Khamis-Roche; 1994, 1995). Na equação,  $\beta_0$  é uma constante referente à idade, coef1, coef2 e coef3 correspondem aos coeficientes de acerto da estatura, da massa corporal e da estatura parental média, respetivamente. EST corresponde à estatura em *inches*, MC corresponde à massa corporal em *pounds* e EPM corresponde à estatura parental média em *inches*.

$$EMP = \beta_0 + \text{coef1} * EST + \text{coef2} * MC + \text{coef3} * EPM$$

Equação 2 - Cálculo da EMP (Khamis-Roche; 1994,1995)

Para comparar o estado de maturação dos atletas será feita a percentagem da EMP (%EMP) em relação a sua estatura atual (Est), segundo a seguinte fórmula:

$$\%EMP = \frac{Est}{EMP} * 100$$

Equação 3 - Cálculo da percentagem da EMP

#### *Avaliação da força dos membros superiores*

Adicionalmente, será avaliada a preensão manual.

A força preensão manual foi avaliada através do protocolo com o dinamómetro (Dinamómetro manual hidráulico Lafayette, modelo J00105). O sujeito está de pé com o membro superior ligeiramente afastado do tronco e em extensão. O dinamómetro foi ajustado

à mão de cada sujeito. O protocolo foi repetido três vezes com cada mão, alternando entre mão direita e esquerda com um minuto de intervalo entre cada repetição. Guardou-se o valor mais elevado atingido para cada mão, em Newton.

#### *Avaliação da potência dos membros inferiores*

A força relativa dos membros inferiores foi avaliada através dos protocolos *Squat Jump* e do *Counter Movement Jump* (Optojump).

O protocolo do *Squat Jump* consistiu num salto vertical partindo da posição de agachamento fazendo 90° entre a coxa e a perna, os pés totalmente assentes no solo e à largura dos ombros. Os membros superiores não devem influenciar o salto, ficando as mãos apoiadas na cintura. O sujeito realizou o salto à máxima altura que conseguiu. Este protocolo foi repetido 3 vezes, tendo sido guardada a medida mais elevada.

O protocolo do *Counter Movement Jump* é semelhante ao protocolo do *Squat Jump*, mas o atleta parte da posição de pé. O sujeito realizou o agachar e saltar num único movimento contínuo e explosivo, saltando à máxima altura que conseguiu. O protocolo foi repetido três vezes com intervalo de 1min, tendo sido guardada a medida mais elevada (Bosco, Luhtanen & Komi, 1983).

#### *Avaliação da capacidade aeróbia*

Todos os sujeitos foram avaliados neste domínio através do protocolo de T30 (Olbrecht, 2015). Este protocolo consiste em nadar durante 30 minutos à velocidade possível. Antes da realização do protocolo foi recolhida a frequência cardíaca e o lactato, ambos repouso. No final do protocolo foi igualmente recolhida a frequência cardíaca e o lactato. Durante o protocolo foram controlados os parciais a cada 100 metros, para assegurar a estabilidade da intensidade empregue. No final foram registados a distância

Pedro A. R. Santos Índice de Coordenação no nado de crol em distâncias usais em treino total nadada e calculada a velocidade média de nado (V) em  $m.s^{-1}$  através da fórmula seguinte.

$$V = d/1800$$

Equação 4 - Cálculo da velocidade média de nado no protocolo do T30

### *Protocolos de nado*

Os protocolos para a determinação do comportamento das variáveis cinemáticas e índice de coordenação, foram realizados em piscina de 25m coberta e aquecida. Foram usadas 3 câmaras de vídeo, duas colocadas dentro de água, ambas *GoPro* com 60Hz, uma frontalmente e outra lateralmente, e uma fora de água, câmara de telemóvel também com 60Hz, ortogonal ao deslocamento do atleta. Cada atleta nadou as distâncias de 300 metros e 25m à sua velocidade máxima. Para efeito de recolha dos dados, foram analisados, os 10m centrais. Os registos-vídeo foram analisados no programa *Kinovea* (versão 0.8.15).

Foram obtidas as seguintes medidas cinemáticas:

-A velocidade média de nado (V) em  $m.s^{-1}$ , determinada através da divisão da distância nadada (d) em metros pelo tempo total de nado (t) em segundos:

$$V = d/t$$

Equação 5 - Cálculo da velocidade

-A frequência gestual (FG) em Hertz (ciclos.seg-1), determinada através da contabilização de 3 ciclos completos de braçada e tempo correspondente para a realização do mesmo. Esta contagem pode ser feita usando um cronometro, com contagem de ciclos de base 3 em ciclos por minuto convertendo posteriormente para ciclos/segundo (Maglischo, 2003).

-A distância de ciclo (DC) em metros, determinada através da divisão da velocidade (V) pela frequência gestual (FG):

$$DC = V/FG$$

Equação 6 - Cálculo da distância de ciclo

-O índice de nado (IN) em  $m.s^2$ , determinado através da multiplicação da velocidade de nado pela distância de ciclo (Costill, 1986):

$$IN = V * DC$$

Equação 7 - Cálculo do índice de nado

-A eficiência propulsiva (eP) em percentagem, determinado através da fórmula seguinte (Zamparo, 2005)

$$eP = \left( \frac{V * 0.9}{2\pi * FG * 1} \right) * \frac{2}{\pi} * 100$$

Equação 8 - Cálculo da eficiência propulsiva

### *Índice de coordenação (Chollet)*

Posteriormente, foi feita novamente a análise detalhada do registo de vídeo, para determinar a duração de cada fase da braçada e calculando o IdC para cada atleta e distância. Medindo-se o tempo de atraso (LT), tempo entre o início da propulsão da primeira braçada do lado esquerdo e o término da propulsão da primeira braçada do lado direito (LT1) e tempo entre o início da propulsão da segunda braçada do lado direito e o término da propulsão da primeira braçada do lado esquerdo (LT2), e expressando esse tempo em percentagem do tempo médio de um ciclo de braçada ( $T_t$ ) obtemos o IdC1 e IdC2. A média destes dois valores corresponde ao índice de coordenação.

$$IdC = \frac{\left( \frac{LT1}{T_t} * 100 \right) + \left( \frac{LT2}{T_t} * 100 \right)}{2} = \frac{IdC1 + IdC2}{2}$$

Equação 9 - Cálculo do Índice de Coordenação (Chollet et al., 2000)

### Análise e tratamento dos resultados

As variáveis serão apresentadas descritivamente através dos valores de média, desvio padrão, máximo e mínimo.

Inicialmente foi calculada uma amostra de 20 e 28 atletas de clubes diferentes, do sexo masculino e feminino, tentando assim obter uma amostra equilibrada entre sexos, que espelhe a realidade da natação portuguesa (à priori foi calculada a compare means: matched pairs)  $ES=0.3$ ;  $\alpha=0.05$ ;  $\beta=90\%$ ;  $N=22$ ). Posteriormente os constrangimentos determinados pela crise pandémica conduziram á necessidade de alteração do desenho do estudo com inerente limite amostra ( $ES=0.6$ ;  $\alpha=0.05$ ;  $\beta=84\%$ ;  $N=12$ ) (GPower 3.1).

Será analisada a normalidade e a homogeneidade da distribuição das diferentes variáveis recolhidas respetivamente pelos testes Shappiro-Wilk e Levene). Para todas as análises foi exigida uma significância de  $p \geq 0,05$ .

Como o objetivo central do estudo é a comparação dos valores cinemáticos e de coordenação em cada uma das distâncias consideradas, para verificar se existe um padrão, serão comparados os valores médios entre sexos assim como os valores médios entre o grupo de velocistas e de fundistas. Adicionalmente serão correlacionadas as medidas antropométricas com o IdC para verificar se existe influência do tamanho corporal e das proporções nos indicadores cinemáticos e de coordenação, bem como entre estes indicadores de desempenho. Todos os procedimentos estatísticos serão realizados nos SPSS (versão SPSS Statistics 27)

## RESULTADOS

Os resultados são apresentados em tabelas com o máximo, mínimo e média  $\pm$  desvio padrão. Após realização de estatística comparativa entre os resultados obtidos pelos sujeitos do sexo masculino com os do sexo feminino, percebemos que não existem diferenças estatisticamente significativas entre grupos. Por isso, os resultados apresentados correspondem ao grupo como um todo.

### Resultados dos testes de força realizados

Na tabela 2 são apresentados os valores dos testes de prensão manual, em Newton, do braço dominante (F Dom.) e do braço não dominante (F NDom.) e a diferença entre ambos, em percentagem (% Diferença). Todos os sujeitos envolvidos eram destros. São apresentados também os resultados da altura máxima obtida, em centímetros, nos protocolos de *Squat Jump* (H SJ) e *Counter Movement Jump* (H CMJ).

**Tabela 2** – Apresentação de resultados dos protocolos de força: prensão manual do braço dominante (F Dom.) e não dominante (F NDom), *Squat Jump* (SJ) e *Counter Movement Jump* (CMJ)

	Máximo	Mínimo	Média $\pm$ DP	p
F Dom. (N)	52,00	26,00	35,33 $\pm$ 6,75	<0,05
F NDom. (N)	45,00	26,00	33,67 $\pm$ 5,56	
% Diferença	13,46	0,00	5,12 $\pm$ 3,42	-
H SJ (cm)	36,60	18,90	28,23 $\pm$ 6,66	0,229
H CMJ (cm)	36,90	18,00	27,60 $\pm$ 6,85	

É possível observar que os atletas têm, em média, mais força no braço dominante que no braço não dominante (+1,66N), sendo que existem diferenças estatisticamente significativas entre as variáveis. A percentagem média de diferença entre a força da mão dominante e não dominante está dentro dos valores normais, tendo em conta a regra dos 10% (as diferenças entre dominante e não dominante para destros pode rondar os 10%; Peterson et al., 1989).

Os valores do *Squat Jump* também são em média mais altos que os valores do *Counter Movement Jump* (0,63cm), apesar de não existirem diferenças estatisticamente significativas.

Resultados das variáveis cardiovascular (frequência cardíaca) e metabólica (lactato) nos protocolos de nado

Na tabela 3 são apresentados os valores das variáveis cardiovascular (frequência cardíaca; FC) e metabólica (lactato; Lact) obtidos durante os protocolos T30 e nas distâncias dos 300m e 25m.

**Tabela 3** – Apresentação de resultados das variáveis cardiovascular (frequência cardíaca) e metabólica (lactato)

	Máximo	Mínimo	Média ± DP	p
FC 25m	199,00	152,00	167,50±11,60	<0,01
FC 300m	212,00	162,00	182,00±13,29	
FC T30	200,00	159,00	168,67±10,57	
Lact 25m	12,40	3,90	7,27±2,49	<0,01
Lact 300m	13,40	5,80	8,47±2,28	
Lact T30	5,40	2,70	3,78±0,76	

Foi feita análise comparativa entre variáveis fisiológicas e cinemáticas nos protocolos de T30 e das distâncias de 25m e 300m .

É possível observar que os valores de frequência cardíaca aumentam, em média, da distância de 25 para a distância de 300m. sendo que a média do protocolo T30 apresenta um valor intermédio, próximo dos valores obtidos para a distância de 25m. A distância de 25m tem valores mais baixos pois, sendo uma prova rápida, a frequência cardíaca não tem tempo para aumentar (Wilmore & Costill, 1994). Existe esfericidade entre as três variáveis FC e  $Z=9,46$ ;  $p=0,01$ . A frequência cardíaca dos 25m e do protocolo

Pedro A. R. Santos Índice de Coordenação no nado de crol em distâncias usais em treino de T30 não se mostram diferentes ( $p=0,795$ ), enquanto entre os valores dos 25m e os dos 300m e entre os valores dos 300m e o do protocolo de T30 a diferença atinge significado ( $p<0,05$ ).

Os valores para a concentração de lactato apresentam um comportamento diferente dos valores da FC. Aumentam os valores médios do protocolo de T30 para os 300m, sendo que a distância de 25m apresenta um valor intermédio, mais próximo do valor dos 300m do que do valor do protocolo de T30. Uma vez que a esfericidade não foi confirmada, optou-se pela correção de Greenhouse-Geisser, ( $Z=36,45$ ;  $p<0,01$ ). Nesta variável verificam-se diferenças entre os diferentes protocolos de nado ( $p<0,01$ ).

#### Resultados das variáveis cinemáticas

Na tabela 4 são apresentados os valores recolhidos durante os protocolos T30, distância de 300m e de 25m, das variáveis cinemáticas frequência gestual (FG) em Hz, velocidade média de nado (V) em  $m.s^{-1}$ , distância de ciclo (DC) em m, o índice de nado (IN) em  $m^2.s$  e a eficiência propulsiva (eP) em percentagem.

**Tabela 4** – Apresentação de resultados das variáveis cinemáticas: frequência gestual (FG), velocidade (V), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (eP).

	Máximo	Mínimo	Média ± DP	p
FG 25m (Hz)	1,00	0,79	0,90±0,06	<0,01
FG 300m (Hz)	0,72	0,54	0,62±0,05	
FG T30 (Hz)	0,62	0,53	0,59±0,02	
V 25m (m.s <sup>-1</sup> )	2,17	1,50	1,77±0,17	<0,01
V 300m (m.s <sup>-1</sup> )	1,53	1,23	1,36±0,09	
V T30 (m.s <sup>-1</sup> )	1,38	1,04	1,23±0,09	
DC 25m (m)	2,39	1,76	1,96±0,18	<0,01
DC 300m (m)	2,65	1,86	2,20±0,24	
DC T30 (m)	2,40	1,73	2,09±0,20	
IN 25m (m <sup>2</sup> .s)	5,20	2,81	3,49±0,66	<0,01
IN 300m (m <sup>2</sup> .s)	3,83	2,30	3,02±0,48	
IN T30 (m <sup>2</sup> .s)	3,55	2,08	2,71±0,46	
eP 25m (%)	21,81	16,02	17,91±1,68	<0,05
eP 300m (%)	24,12	16,98	20,08±2,17	
eP T30 (%)	21,86	15,82	19,08±1,84	

Foi utilizada a análise de medidas repetidas, para comparar cada trio de valores do protocolo de T30 e das distâncias de 25m e 300m.

Pela observação da tabela 4 é possível ver que nos valores médios de frequência gestual, de velocidade e de índice de nado aumentam do T30, para a distância de 300m e

para a distância de 25m. Os valores médios de distância de ciclo e eficiência propulsiva aumentam da distância de 25m, para o T30 e para a distância de 300m. É possível ver que todas as medidas são diferentes ( $p < 0,05$ ). Comparando cada trio de medidas entre si, é possível observar que para a FG se verifica o respeito pela esfericidade e  $Z=159,74$ ;  $p < 0,01$ . Neste trio existem diferenças entre FG 25m e FG 300m, entre FG 25m e FG T30 e entre FG300m e FG T30. Para a V, não se comprova o respeito pela esfericidade, optamos pela correção de Greenhouse-Geisser ( $Z=149,88$ ;  $p < 0,01$ ). Individualmente, os pares de variáveis V 25m e V 300m, V 25m e V T30 e V 300m e V T30 apresentam diferenças ( $p < 0,01$ ). Para a variável DC, ( $Z=10,13$ ;  $p < 0,01$ ). Para cada par, DC 25m e DC 300m, DC 25m e DC T30 e DC 300m e DC T30 existe sempre diferenças ( $p < 0,01$ ). Para a variável IN não se comprova a esfericidade pelo que, pela correção de Greenhouse-Geisser,  $Z=26,15$ ;  $p < 0,01$ . A análise comparativa revela que IN 25 m e IN 300m, IN 25m e IN T30 e IN 300m e IN T30 existem diferenças ( $p < 0,01$ ). Por último, para a variável eP verificamos um valor de  $Z=10,40$ ;  $p < 0,01$ . Para cada par, eP 25m e eP 300m, eP 25m e eP T30 e eP 300m e eP T30, existem diferenças ( $p < 0,05$ ).

#### Análise dos indicadores de coordenação

Na tabela 5, são apresentados os valores relativos aos valores das variáveis coordenativas obtidas para cálculo do IdC. São apresentados o tempo de atraso (LT1 – Tempo entre o início da propulsão da primeira braçada do lado esquerdo e o término da propulsão da primeira braçada do lado direito; LT2 - tempo entre o início da propulsão da segunda braçada do lado direito e o término da propulsão da primeira braçada do lado esquerdo), o tempo de atraso expresso em percentagem do tempo total de um ciclo (IdC1 – LT1 expresso em percentagem do tempo médio de um ciclo de braçada; IdC2 – LT2 expresso em percentagem do tempo médio de um ciclo de braçada) e por fim o Índice de Coordenação (IdC) como uma média dos valores IdC1 e IdC2.

**Tabela 5** – Apresentação de resultados das variáveis coordenativas: tempo de atraso entre cada fase da braçada (LT1 e LT2), tempo de atraso expresso em percentagem do tempo total de braçada (IdC1 e IdC2) e Índice de Coordenação (IdC).

	Máximo	Mínimo	Média ± DP	p
LT1 25m (s)	0,06	-0,03	0,00±0,03	<0,01
LT1 300m (s)	-0,06	-0,31	-0,14±0,07	
LT2 25m (s)	0,10	-0,06	0,01±0,04	<0,01
LT2 300m (s)	-0,07	-0,28	-0,14±0,06	
IdC1 25m	5,45	-2,83	0,21±2,92	<0,01
IdC1 300m	-2,18	-16,85	-7,87±3,81	
IdC2 25m	7,94	-5,66	0,92±3,74	<0,01
IdC2 300m	-2,70	-14,97	-8,05±3,39	
IdC 25m	6,35	-4,25	0,57±3,14	<0,01
IdC 300m	-2,44	-15,91	-7,96±3,56	

Foi usado um teste *T de amostras pareadas* para comparar os diferentes pares de variáveis (LT1 25m e LT1 300m; LT2 25m e LT2 300m; LT1 25m e LT2 25m; LT1 300m e LT2 300m; IdC1 25m e IdC1 300m; IdC2 25m e IdC2 300m; IdC1 25m e IdC2 25m; IdC1 300m e IdC2 300m; IdC 25m e IdC 300m).

Existem diferenças entre cada os dados recolhidos em cada uma dos pares de variáveis dos 25m e 300m. Pela análise da tabela 5, observamos que os valores de todas as variáveis são superiores na distância de 25m e inferiores na distância de 300m. Em média, os atletas apresentam um modelo de coordenação em oposição na distância de 25m e em coordenação sobreposta na distância de 300m. Os atletas apresentam, em média, *lag time* igual entre as fases propulsiva e não propulsiva da distância de 300m ( $t = 0,45$ ;  $p = 0,662$ ), mas diferente na distância de 25m, apesar de não atingir significado estatístico ( $t = -1,07$ ;  $p = 0,306$ ). Apesar disso, em nenhum dos sujeitos o tempo de atraso

Pedro A. R. Santos Índice de Coordenação no nado de crol em distâncias usais em treino

médio entre fases de braçada é igual (consultar tabela 1, em anexo, para mais informação).

Por fim, o par de variáveis IdC 25m e IdC 300m apresenta-se diferentes ( $t = 5,85$ ;  $p < 0,01$ ).

## Discussão dos resultados

Após a análise estatística de todos os dados coordenativos é possível perceber que na sua larga maioria concordam com o reportado ao longo da revisão da literatura, nos artigos de Chollet et al., 2000 e Seifert, Boulesteix, & Chollet, 2004. Os atletas modificaram o seu Índice de Coordenação com o aumento da velocidade, passando de uma modalidade em *coordenação sobreposta* nos 300m ( $v = 1,36 \pm 0,09 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $\text{IdC} = -7,96 \pm 3,56$ ) para uma modalidade em oposição ( $v = 1,77 \pm 0,17 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $\text{IdC} = 0,57 \pm 3,14$ ). Apesar desta clara alteração, através da análise do mínimo e máximo para a distância de 25m, observamos que o valor máximo pertence a um sujeito que nada em clara sobreposição (Sujeito1:  $v = 1,50 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $\text{IdC} = 6,35$ ). Por outro lado, o valor mínimo na distância de 25m pertence a um sujeito que nada em *coordenação sobreposta* (Sujeito 4:  $v = 1,70 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $\text{IdC} = -4,25$ ). Ao olhar para os valores de velocidade entendemos que o Sujeito 4 atinge uma velocidade média superior à do Sujeito 1, mas mesmo assim ambos ficam abaixo da média do grupo para a distância de 25m. Para a distância de 300m, olhando para o mínimo e o máximo, a modalidade de coordenação não se altera, mantendo-se em oposição. Apesar disso, existe uma diferença de 13,47 entre o máximo e o mínimo. Para o valor mínimo, o Sujeito 3 ( $v = 1,35 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $\text{IdC} = -2,44$ ) apresenta um IdC relativamente alto, para uma velocidade abaixo da média. Para o valor máximo, o Sujeito 5 ( $v = 1,23 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $\text{IdC} = -15,91$ ), um IdC baixo para uma velocidade também abaixo da média. Assim, é possível perceber que para este grupo os extremos não são o mais favorável pelo que é necessário alterar ou melhorar o nado destes atletas.

Após a análise estatística, conclui-se que não existiam diferenças entre os IdC 25m masculino e o IdC 25m feminino ( $p=0,55$ ). De acordo com Seifert, Chollet, & Bardy, (2004) percebe-se que os sujeitos alteraram o seu nado em função das normais diferenças antropométricas entre sexos, o que acontece neste estudo. Os sujeitos masculinos apresentam, em média, uma envergadura e uma altura superior à dos sujeitos femininos (Rapazes:  $173,75 \pm 7,95 \text{ cm}$  e  $178,75 \pm 9,90 \text{ cm}$  respetivamente; Raparigas:  $164,50 \pm 6,26 \text{ cm}$  e  $168,50 \pm 5,68 \text{ cm}$  respetivamente), pelo que o IdC será diferente por si só. Os rapazes conseguem exercer mais força na água e têm uma adaptação mais eficaz da sua coordenação com as modificações na distância e na velocidade. Analisando os dados de cada grupo individualmente, para uma velocidade dada, chegamos a conclusões semelhantes a Seifert, Boulesteix, & Chollet (2004) e Seifert, Chollet, & Rouard (2007).

Os autores afirmam que as raparigas apresentam IdC superior aos rapazes o que é visível neste estudo (IdC Rapazes = 0,04, IdC Raparigas = 1,62 para a distância de 25m; IdC Rapazes = -9,25, IdC Raparigas = -5,37 para a distância de 300m). Toussaint & Beek (1992) e Toussaint et al. (2006) mostraram que as raparigas apresentam uma potencia mecânica externa (*power output*) menor e por isso menor valor de arrasto (“*drag*”) para ultrapassar, o que explica uma distância de ciclo menor. Neste estudo, as raparigas apresentam uma distância de ciclo efetivamente menor em ambas as distâncias estudadas (25m: DC Raparigas = 1,89m; DC Rapazes = 2,00m; 300m: DC Raparigas = 2,01m; DC Rapazes = 2,30m). Os autores referem ainda que estes valores mais baixos nas raparigas são compensados por alterações na frequência de braçada, apresentando valores mais altos – o que também é visível neste estudo, mas apenas para a distância de 300m (25m: FG Raparigas = 0,88Hz; FG Rapazes = 0,91Hz; 300m: FG Raparigas = 0,65Hz; FG Rapazes = 0,61Hz) – e consequentemente, no IdC.

A duração média de um ciclo de braçada é uma das variáveis que influencia a modalidade de coordenação. Apesar disso é possível observar sujeitos com frequências gestuais semelhantes, e consequentemente tempos de ciclo semelhantes, mas com modalidades de coordenação diferentes – Sujeito 10 e 11: FG 25m = 0,91Hz e IdC 25m = 5,45 para o sujeito 10 (nado em sobreposição) e IdC 25m = -1,36 para o Sujeito 11 (nado em coordenação sobreposta). Estes valores devem-se a outra variável, as diferenças no tempo de deslize entre as fases propulsiva e não propulsiva das braçadas direita e esquerda tempo de atraso (*lag time*) cuja duração muda de um sujeito para outro, e consequentemente refletem-se na eficiência propulsiva (Sujeito 10 eP 25m = 21,81%; Sujeito 11 eP 25m = 16,02%). É necessário entender que a eficiência propulsiva depende de várias variáveis pelo que não se pode relacionar diretamente. No estudo de Fernandes et al. (2021) foram encontrados resultados semelhantes. Com uma distância de 25m, os atletas têm uma necessidade de aumentar a velocidade de nado, aumentando a frequência de braçada. As fases propulsivas tornam-se relativamente maiores, perdendo-se parte da eficácia. Com a prática e o ganho de *skills*, o sistema neuromuscular assegura uma adaptação fiável aos constrangimentos e assim uma melhoria dos resultados apresentados.

Os sujeitos mais velhos e consequentemente com mais experiência são aqueles que melhor adaptam o seu estilo de nado, mantendo um estilo mais propulsivo e eficiente em resposta às alterações do meio (nomeadamente mudança de velocidade e cansaço). Normalmente, estes sujeitos nadam em sobreposição (IdC>0,00), enquanto os sujeitos

mais novos e menos experientes nadam em *coordenação sobreposta* ( $IdC < 0,00$ ) e por vezes em oposição ( $IdC = 0,00$ ) (Chollet et al., 2004; Lerda & Cardelli, 2003). O exemplo anterior do Sujeito 10 e 11 continua a ser válido. O sujeito 10 é mais velho e mais experiente que o sujeito 11 (20,01 anos e 15,81 anos, respetivamente) e assim, de acordo com apresentado consegue ajustar o seu nado à distância e velocidade pretendida.

A concentração de lactato e a frequência cardíaca são dependentes da velocidade de nado. Nos 25m, sendo uma distância curta, o tempo de nado não é suficiente para que a FC aumente de acordo (Wilmore & Costill, 1994). Isto leva-nos a verificar que esta medição nem sempre é a mais correta para o controlo da intensidade de treino. A influência da fadiga no IdC foi estudada por Alberty et al. (2004). Neste estudo os autores encontram um aumento no IdC com o aumento da fadiga. Os sujeitos realizaram dois sprints de 25m com uma série de 200m à velocidade máxima no meio. No caso presente, a fadiga pode ter influenciado os resultados dos 25m apesar de ter havido um descanso suficiente entre a distância de 300m e a distância de 25m. O cansaço influencia assim aos tempos de deslize entre fases nas braçadas de cada sujeito ao longo dos 300m.

## **Conclusões**

O estudo apresenta conclusões semelhantes aos estudos descritos ao longo da dissertação. Os atletas aumentam o IdC com o aumento da velocidade e diminuição da distância. Os sujeitos masculinos apresentam um IdC mais baixo que os femininos, tendo frequências de braçadas menores, com distâncias de ciclo maiores. As velocidades atingidas pelos sujeitos masculinos são também maiores tanto na distância de 300m como na de 25m. A experiência dos sujeitos é um fator que influencia a adaptação da estratégia de nado, sendo que os sujeitos mais experientes conseguem ser mais eficazes na sua braçada.

## **Limitações do estudo e propostas futuras**

As limitações do estudo residem na dimensão da amostra e ter testado apenas duas distâncias não competitivas. Devido à situação pandémica vivida no momento da realização, o número de sujeitos não é o melhor para realizar as comparações entre sexos, obtendo-se assim resultados ligeiramente diferentes dos obtidos noutros estudos neste âmbito. Na mesma linha de pensamento, com apenas duas distâncias (os 25m e os 300m) não se percebe tão claramente as alterações que o IdC e de variáveis cinemáticas têm com as mudanças da velocidade. Por causa da situação pandémica, os fatores de controlo foram também ser alterados, não tendo sido usado o controlo da respiração, para efeitos de cálculos de dispêndio energético.

Como proposta futura, este mesmo estudo deve ser replicado para mais sujeitos de ambos os sexos e diferentes níveis competitivos e para outras distâncias não competitivas como por exemplo os 600m ou os 150m. Deve ser também feito um controlo do dispêndio energético para melhor perceber as alterações do IdC e variáveis cinemáticas.

## **BIBLIOGRAFIA**

Alberty, M., Sidney, M., Huot-Marchand, F., Hespel, J. M., & Pelayo, P. (2005). Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. *International Journal of Sports Medicine*, 26(6), 471-475.

Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 50 (2), 273-282.

Chatard, J. C., Collomp, C., Maglischo, E., & Maglischo, C. (1990). Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *International journal of sports medicine*, 11(02), 156-161.

Chollet, D., Chalies, S., & Chatard, J. C. (2000). A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International journal of sports medicine*, 21(01), 54-59.

Colwin, C. (1992). *Swimming into the 21st century*: Champaign, Ill.: Leisure Press.

Conceição, A. T., Garrido, N., Marinho, D. A., Costa, A. M., Barbosa, T. M., Louro, H., ... & Silva, A. J. (2011). As técnicas alternadas em natação pura desportiva: modelo biomecânico, modelo técnico, modelo de ensino. *As técnicas alternadas em Natação Pura Desportiva: modelo biomecânico, modelo técnico, modelo de ensino*.

Costill, D. L., & Maglischo, E. W. Richardson. AB (1992). *Swimming. Handbook of Sports Medicine and Science Swimming*. Oxford: Blackwell Scientific Publications

Deschodt, V. J., Arsac, L. M., & Rouard, A. H. (1999). Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 80(3), 192-199.

Keskinen, K. L., & Komi, P. V. (1993). Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *Journal of applied biomechanics*, 9(3), 219-226.

Lerda, R., & Cardelli, C. (2003). Breathing and propelling in crawl as a function of skill and swim velocity. *International journal of sports medicine*, 24(01), 75-80.

Maglischo, E. W. (1993). *Swimming Even Faster*. Mountain View, CA: Mayfield Publishing Company, 363-388.

Pedro A. R. Santos Índice de Coordenação no nado de crol em distâncias usais em treino

Maglischo, E. W. (2003). Part II – Training, in *Swimming Fastest*. Champaign: Human Kinetics.

Maglischo, E. W., & Schofield, D. (2009). *Natación: técnica, entrenamiento y competición*. Editorial Paidotribo.

Marfell-Jones, T. O. M., Stewart, A., & Carter, L. (2006). International standards for anthropometric assessment: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.

Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesel H, Hollman W. Relationship between swimming velocity and lactic acid concentration during continuous and intermittent training exercise. *Int J Sports Med* 1985; 6: 74 – 77

Olbrecht, J. (2015). *The science of winning: planning, periodizing and optimizing swim training*. F&G Partners.

Pelayo, P., Sidney, M., Kherif, T., Chollet, D., & Tourny, C. (1996). Stoking characteristics in freestyle swimming and relationships with anthropometric characteristics. *Journal of applied biomechanics*, 12(2), 197-206.

Petersen, P., Petrick, M., Connor, H., & Conklin, D. (1989). Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule. *American Journal of Occupational Therapy*, 43(7), 444-447.

Potdevin, F., Delignières, D., Dekerle, J., Albery, M., Sidney, M., & Pelayo, P. (2003). Does stroke rate determine swimming velocity values and coordination. *Biomechanics and medicine in swimming IX*, 163-167.

Ross, W., & Marfell-Jones, M. (1983). Kinanthropometry. In J. Macdougall, H. Wenger, & H. Green (Eds.), *Physiological Testing of the Elite Athlete* (pp. 75-115). New York: Movement Publications, Inc.

Seifert, L., Boulesteix, L., & Chollet, D. (2004). Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl. *International Journal of Sports Medicine*, 25(03), 217-223.

Seifert, L., Chollet, D., & Bardy, B. G. (2004). Effect of swimming velocity on arm coordination in the front crawl: a dynamic analysis. *Journal of sports sciences*, 22(7), 651-660.

Pedro A. R. Santos Índice de Coordenação no nado de crol em distâncias usais em treino

Seifert, L., Chollet, D., & Chatard, J. C. (2007). Kinematic changes during a 100-m front crawl: effects of performance level and gender. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(10), 1784-1793.

Seifert, L., Chollet, D., & Rouard, A. (2007). Swimming constraints and arm coordination. *Human movement science*, 26(1), 68-86.

Telles, T., Barbosa, A. C., Campos, M. H., & Júnior, O. A. (2011). Effect of hand paddles and parachute on the index of coordination of competitive crawl-strokers. *Journal of sports sciences*, 29(4), 431-438.

Toussaint, H. M., & Beek, P. J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports medicine*, 13(1), 8-24.

Toussaint, H. M., Carol, A., Kranenborg, H., & Truijens, M. J. (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.

Wilmore, J.H. and Costill, D.L. (1994) *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics, Champaign, Ill, USA.

Zamparo, P., Pendergast, D. R., Mollendorf, J., Termin, A., & Minetti, A. E. (2005). An energy balance of front crawl. *Eur J Appl Physiol*, 94(1-2), 134-144. doi:10.1007/s00421-004-1281-4

## ANEXOS

ANEXO 1

Tabela de dados cinemáticos recolhidos. São apresentados os dados para as distâncias de 25m, 300m e para o protocolo T30 para as variáveis frequência gestual (FG\_25; FG\_300; FG\_T30), velocidade (V\_25; V\_300; V\_T30), distância de ciclo (DC\_25; DC\_300; DC\_T30), índice de nado (IN\_25; IN\_300; IN\_T30) e eficiência propulsiva (eP\_25; eP\_300; eP\_T30).

N	Sexo	FG_25	FG_300	FG_T30	v_25	v_300	v_T30	DC_25	DC_300	DC_T30	IN_25	IN_300	IN_T30	eP_25	eP_300	eP_T30
1	F	0,79	0,66	0,62	1,50	1,23	1,15	1,89	1,86	1,87	2,84	2,30	2,15	17,25	16,98	17,04
2	M	0,83	0,58	0,53	1,92	1,43	1,28	2,31	2,48	2,40	4,44	3,54	3,16	21,04	22,58	21,86
3	F	0,88	0,70	0,61	1,65	1,35	1,21	1,86	1,92	1,97	3,08	2,59	2,32	17,00	17,50	17,94
4	M	0,94	0,72	0,59	1,71	1,39	1,18	1,81	1,94	2,01	3,09	2,71	2,30	16,49	17,71	18,28
5	M	0,83	0,54	0,59	1,69	1,25	1,13	2,03	2,32	1,91	3,42	2,92	2,62	18,48	21,17	17,43
6	M	1,00	0,55	0,57	1,92	1,45	1,34	1,92	2,65	2,36	3,70	3,83	3,55	17,54	24,12	21,51
7	M	0,97	0,66	0,59	1,81	1,46	1,25	1,87	2,22	2,12	3,38	3,24	2,78	17,02	20,27	19,32
8	M	0,88	0,61	0,59	1,71	1,35	1,31	1,93	2,24	2,21	3,29	3,04	2,93	17,58	20,47	20,19
9	F	0,88	0,61	0,60	1,71	1,39	1,23	1,93	2,28	2,05	3,31	3,16	2,79	17,64	20,75	18,68
10	M	0,91	0,63	0,58	2,17	1,53	1,38	2,39	2,45	2,36	5,20	3,77	3,37	21,81	22,33	21,51
11	M	0,91	0,61	0,58	1,60	1,26	1,23	1,76	2,06	2,13	2,81	2,59	2,52	16,02	18,79	19,39
12	F	0,97	0,63	0,60	1,81	1,27	1,04	1,87	2,00	1,73	3,38	2,55	2,08	17,02	18,25	15,82