

Luiza Ferreira Vieira

***EFEITO AGUDO DE UM PROTOCOLO ESPECÍFICO DE
POTENCIALIZAÇÃO PÓS-ATIVAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO NA SAÍDA
DE BLOCO DE NADADORES COMPETITIVOS***

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2017

Luiza Ferreira Vieira

***EFEITO AGUDO DE UM PROTOCOLO ESPECÍFICO DE
POTENCIALIZAÇÃO PÓS-ATIVAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO
NA SAÍDA DE BLOCO DE NADADORES COMPETITIVOS***

Projeto de dissertação que será apresentado ao Curso de Pós Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Área de concentração: Treinamento Esportivo

Linha de pesquisa: Análise biomecânica da técnica esportiva

Orientador: Prof. Dr. Luciano Sales Prado

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2017

*À minha mãe,
meu maior e melhor exemplo para tudo,
meu pai e minha irmã.*

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luciano Sales Prado, por tudo! Especialmente por me mostrar como abrir as comportas.

Ao professor Bruno Pena Couto, pela paciência e por tudo que me ensinou.

Ao meu “Clube do Bolinha” do CTE, pela convivência, experiências compartilhadas e aprendizado constante.

Aos professores Helio Roesler e Suzana Pereira, e a todos os membros do Laboratório de Biomecânica Aquática da UDESC, em especial ao Gustavo e Otávio, pela excelência e disposição em contribuir com o meu projeto. Este trabalho não teria saído do papel se não fosse pela contribuição de todos vocês.

Ao professor Paulo Roberto Pereira Santiago, pela prestatividade e vontade em contribuir com o trabalho da melhor forma possível.

Ao professor Silvio Soares dos Santos, por toda a ajuda prestada na coleta de dados, pelos ensinamentos e por ser sempre solícito.

Ao Gabriel Quinan, por toda contribuição em todas as etapas do trabalho, por todo companheirismo no CTE, por tudo.

À Sara Rodrigues e ao Felipe Shang, por toda disposição e boa vontade em ajudar sempre.

A todos que contribuíram de alguma forma e que foram fundamentais para a execução e realização do projeto.

A todos os atletas-voluntários.

À minha família.

Continue a nadar, continue a nadar, continue a nadar, nadar, nadar...

RESUMO

O desempenho na saída de bloco é um importante componente da prova de natação, especialmente aquelas de curta duração. Um protocolo de atividade preparatória que tem sido utilizado atualmente são as contrações musculares condicionantes que podem induzir uma potencialização pós-ativação (PPA). Sugere-se que a especificidade da ação muscular que induz a PPA seja relevante para melhora de desempenho. O principal objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de 2 atividades condicionantes (uma em posição específica de saída de bloco e outra em uma posição não específica) no desempenho da saída de bloco da natação. A amostra foi composta por 12 nadadores de nível nacional (idade $20,8 \pm 3,0$ anos; estatura $173,1 \pm 6,7$ cm; massa $66,5 \pm 5,5$ kg). Eles realizaram 3 tiros de 50 metros em diferentes dias, separados por 24 horas, sendo que antes de cada tiro os voluntários eram submetidos a 3 diferentes protocolos em 3 diferentes sessões: sessão controle, a qual não consistia na realização de nenhum exercício preparatório; sessão PPA convencional, a qual consistia na realização de 3 CVM em uma posição não específica à saída de bloco e sessão PPA específico, que consistiu na realização de 3 CVM em uma posição específica à saída de bloco. As condições experimentais foram randomizadas e balanceadas. Tempo de nado de 15 metros, tempo de nado de 50 metros, tempo de reação, pico de força horizontal e vertical, impulso horizontal e vertical e taxa de desenvolvimento da força horizontal e vertical foram registrados. Não foram observadas diferenças significativas em todas as variáveis entre as sessões, exceto para o tempo de nado de 15 metros. Após realizar o protocolo PPA específico, a média dos valores dessa variável foi significativamente menor quando comparada com a não realização de nenhuma atividade preparatória (sessão controle) ($p < 0,05$) (Controle: $7,22 \pm 0,4s$; PPA específico $7,15 \pm 0,4s$). Um menor tempo de nado de 15 metros foi observado após a realização da sessão PPA específico, mesmo as outras variáveis não demonstrando nenhuma alteração. Sugere-se que este achado seja devido à uma melhor execução da fase submersa, embora não seja possível, à luz dos dados obtidos, identificar com exatidão quais variáveis determinaram o melhor desempenho.

Palavras chave: Natação. Saída de bloco. Potencialização pós-ativação.

ABSTRACT

Performance during the start is determining of overall success in competitive swimming, specially in short-distance events. Preparatory muscle activities prior to the aimed sports action are believed to enhance performance (PAP), and various mechanisms have been proposed to explain this. Furthermore, it is suggested that the specificity of muscle action in the exercise protocol conceived to trigger a PAP may be of relevance. The main aim of the present investigation is to test the effectivity of 2 preparatory protocols (a specific and a non-specific protocol) designed to achieve a PAP on enhancing swimming overall start performance. The sample was composed by 12 national level swimmers (age $20,8 \pm 3,0$ years; height $173,1 \pm 6,79$ cm; weight $66,5 \pm 5,53$ kg). They carried out 3 maximal 50 meter crawl sprints in different days, prior to which they underwent 3 different preparatory exercise protocols: a control situation with no prior exercise (Control); a non-specific protocol consisted of 3 sets of isometric squats (convencional PAP) and a specific protocol, in which subjects performed 3 sets of maximal isometric contractions in the start position (attached to a wooden start block) (Specific PAP). The test conditions were randomized. Time to 15 meters swimming, time to swim 50 meters, reaction time, horizontal start velocity, horizontal and vertical peak power, horizontal and vertical impulse, horizontal and vertical peak of force development were recorded. No significant differences were observed in all the variables between situations, except the 15m swimming times. After performing the specific preparatory exercises, 15m swimming times were significantly shorter when compared to Control ($p < 0.05$) (Control: $7,221 \pm 0,411$ s; Specific $7,148 \pm 0,442$ s). Shorter swimming times (15 meters) were observed after the specific preparatory exercise protocol, even though the others variables showed no alterations. The underwater phase is expected to influence performance 15m swimming times, although it is not possible, in the light of the data obtained, to identify with accuracy which variables determined the best performance.

Keywords: Swimming. Swimming start. Post Activation Potenciation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fase de apoio da saída de bloco com pés desnivelados.....	17
Figura 2 - Fase de vôo da saída de bloco com pés desnivelados.....	18
Figura 3 - Fase submersa da saída de bloco com pés desnivelados.....	18
Figura 4 - Bloco de saída OMEGA OSB11 para saídas <i>kick start</i>	19
Figura 5 - Posição inicial da saída de bloco <i>kick start</i>	20
Figura 6 - Descargas neurais de uma fibra la aferente	30
Figura 7 - Modelo proposto por Sale	36
Figura 8 - Realização de uma CVM na posição específica à saída de bloco no equipamento desenvolvido para o presente estudo	43
Figura 9 - Realização de uma CVM na posição agachada e não específica à saída de bloco	44
Figura 10 - Sistema de cronometragem eletrônico Colorado - TimeSystem® - dispositivo que emite um sinal sonoro e um sinal visual	47
Figura 11 - Sistema de cronometragem eletrônico Colorado - TimeSystem® - placa de contato.....	47
Figura 12 – Posicionamento lateral da câmera	48
Figura 13 – Plataforma de força tridimensional adaptada como bloco de partida – vista posterior	49
Figura 14 – Plataforma de força tridimensional adaptada como bloco de partida – vista lateral	50
Figura 15 – Média \pm Desvio Padrão do Tempo de nado de 15 metros.....	53
Figura 16 – Tempo de nado de 15 metros (valores individuais)	53
Figura 17 – Média \pm Desvio Padrão do Tempo de nado de 50 metros.....	54
Figura 18 – Tempo de nado de 50 metros (valores individuais)	55
Figura 19 – Média \pm Desvio Padrão do Tempo de reação.....	56
Figura 20 – Tempo de reação (valores individuais)	57
Figura 21 – Média \pm Desvio Padrão da Velocidade Horizontal de Saída	58
Figura 22 – Velocidade Horizontal de Saída (valores individuais).....	59
Figura 23 – Média \pm Desvio Padrão do Pico de Força Horizontal	60
Figura 24 – Pico de Força Horizontal (valores individuais).....	61
Figura 25 – Média \pm Desvio Padrão do Pico de Força vertical	62
Figura 26 – Pico de Força Vertical (valores individuais).....	63

Figura 27 – Média \pm Desvio Padrão do Impulso Horizontal.....	64
Figura 28 – Impulso Horizontal (valores individuais)	65
Figura 29 – Média \pm Desvio Padrão do Impulso Vertical.....	66
Figura 30 – Impulso Vertical (valores individuais)	67
Figura 31 – Média \pm Desvio Padrão da Taxa de Desenvolvimento da Força Horizontal	68
Figura 32 – Taxa de Desenvolvimento da Força Horizontal (valores individuais)	69
Figura 33 – Média \pm Desvio Padrão da Taxa de Desenvolvimento da Força Vertical	70
Figura 34 – Taxa de Desenvolvimento da Força Vertical (valores individuais) .	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo de nado de 15 metros (s)	52
Tabela 2 – Tempo de nado de 50 metros (s)	54
Tabela 3 – Tempo de reação (s)	56
Tabela 4 – Velocidade horizontal de saída do bloco (m/s).....	58
Tabela 5 – Pico de Força Horizontal (N).....	60
Tabela 6 – Pico de Força Vertical (N)	62
Tabela 7 – Impulso Horizontal (Ns)	64
Tabela 8 – Impulso Vertical (Ns).....	66
Tabela 9 – Taxa de Produção de Força Horizontal (N/s)	68
Tabela 10 – Taxa de Produção da Força Vertical (N/s).....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 1RM – Uma repetição máxima
- ADP – Difosfato de adenosina
- ATP – Trifosfato de adenosina
- CBDA – Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos
- CLR – Cadeia leve regulatória
- CTE – Centro de Treinamento Esportivo
- CVM – Contração voluntária máxima
- DP – Desvio Padrão
- FAM – Federação Aquática Mineira
- PPA – Potencialização pós ativação
- T.C.L.E. – Termo de consentimento livre e esclarecido
- TPFH – Taxa de Produção da força horizontal
- TPFV – Taxa de Produção da força vertical
- UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina
- UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Revisão de literatura	16
1.1.1 Caracterização da saída de bloco	16
1.1.2 Fases da saída de bloco	17
1.1.3 Saída de bloco <i>kick start</i>	19
1.1.4 Variáveis de desempenho importantes na saída de bloco	21
1.1.5 Potencialização pós-ativação	23
1.1.5.1 Mecanismos que induzem a PPA	24
1.1.5.1.1 Fosforilação da cadeia leve regulatória da miosina	26
1.1.5.1.2 Recrutamento de unidades motoras com alto limiar de ativação	30
1.1.5.1.3 Mudança no ângulo de penação	34
1.1.5.2 PPA no contexto esportivo.....	36
1.2 Objetivo	40
1.3 Hipóteses	40
2 MÉTODOS	41
2.1 Cuidados Éticos	41
2.2 Amostra	41
2.3 Delineamento do estudo.....	41
2.3.1 Familiarização	41
2.3.2 Sessões experimentais	42
2.3.2.1 Sessão PPA específico.....	42
2.3.2.2 Sessão PPA convencional.....	44
2.3.2.3 Sessão Controle	45
2.4 Instrumentos e análise das variáveis	45
3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	51
4 RESULTADOS	52
4.1 Tempo de nado de 15 metros.....	52
4.2 Tempo de nado de 50 metros.....	54
4.3 Tempo de reação.....	56

4.4 Velocidade Horizontal de Saída	58
4.5 Pico de Força Horizontal	60
4.6 Pico de Força Vertical	62
4.7 Impulso Horizontal.....	64
4.8 Impulso Vertical	66
4.9 Taxa de Produção de Força Horizontal	68
4.10 Taxa de Produção de Força Vertical.....	70
5 DISCUSSÃO	72
6 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS.....	78
APÊNDICE 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido (T.C.L.E.)	89
ANEXO 1 – Carta de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.....	92
ANEXO 2 – Carta de aceite de abstract para 22nd annual Congress of the EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE.....	93
ANEXO 3 – Abstract submetido	94

1 INTRODUÇÃO

A saída de bloco é um importante componente das provas de natação, especialmente daquelas de curta duração (BURKETT *et al.*, 2010; KILDUFF *et al.*, 2011; WEST *et al.*, 2011; TOR *et al.*, 2014; CUENCA-FERNANDEZ *et al.*, 2015). Este componente consiste em um movimento explosivo no qual o nadador se impulsiona do bloco de partida para a água (BREED & YOUNG, 2003) e é tipicamente definido como o tempo total despendido desde o sinal de partida até o momento em que o centro da cabeça do nadador ressurgue da parte submersa (COSSOR & MASON, 2001). Ela é composta pelas fases de apoio, voo e submersa (COSSOR & MASON, 2001) e pode contribuir com até 30% do tempo total nas provas de 50 metros (COSSOR & MASON, 2000).

No decorrer de uma temporada competitiva, profissionais ligados ao treinamento esportivo dedicam grande parte do seu tempo no planejamento de estratégias adequadas de treinamento, na tentativa de garantir o desempenho máximo no dia da competição. Além disso, atividades condicionantes podem ser exploradas nos dias de competições e, assim, proporcionar benefícios para o rendimento competitivo (KILDUFF *et al.*, 2013). Contudo, segundo Tomaras e Macintosh (2011), as informações acerca dos procedimentos e estratégias, como um protocolo de exercícios preparatórios, de aquecimento, por exemplo, que poderiam ser adotados com o intuito de proporcionar a melhor preparação para um determinado evento são escassas, contraditórias e inconclusivas.

Uma forma de atividade condicionante que pode induzir uma potencialização pós-ativação (PPA), e assim oferecer benefícios para o rendimento competitivo, tem sido bastante investigada (ARABATZI *et al.*, 2014; EVETOVICH *et al.*, 2015). Este tipo de atividade é caracterizado pela realização de uma contração muscular intensa que antecede à contração muscular subsequente (SALE, 2002; MACINTOSH, 2003) e demanda um período de recuperação ótimo de 8 a 12 minutos (KILDUFF *et al.*, 2008). Diferentes métodos podem induzir a PPA, tais como contrações isométricas (GULLICH & SCHMIDTBLEICHER, 1996) e movimentos balísticos (WEST *et al.*, 2013). Convencionalmente, utiliza-se contrações isométricas e/ou movimentos balísticos em exercícios de

agachamento como um meio para induzir a PPA. Após a realização de tais atividades condicionantes, pode-se observar um aumento agudo na taxa de produção de força (STIEG *et al.*, 2011). Os mecanismos pelos quais sugere-se que uma eventual PPA induza melhorias no desempenho estão relacionados à fosforilação da miosina de cadeia leve e a um aumento do recrutamento de unidades motoras que possuem um alto limiar de ativação (TILLIN & BISHOP, 2009).

Fletcher (2010) e Samson (2011) afirmam que para se aumentar a eficácia de atividades condicionantes, os estímulos fornecidos devem ser específicos com relação à atividade principal a ser realizada. Da mesma forma, Cuenca-Fernandez *et al.* (2015) indicam a importância de se realizar um exercício na posição específica da saída de bloco, seja o exercício isométrico ou balístico. Os resultados desse estudo indicam que o desempenho muscular na execução da saída de bloco é aumentado, de forma aguda, após a realização de um exercício que induz a PPA na posição específica de saída de bloco. Esta melhora também é significativamente maior quando comparada a realização de um exercício preparatório em uma posição não específica à do movimento a ser executado posteriormente. Os autores desse trabalho utilizaram um aparelho fixo ao chão para simular a posição específica em condições laboratoriais.

Kilduff *et al.* (2013) chamam a atenção para o potencial prático das estratégias de aquecimento e atividades condicionantes adotadas por treinadores e atletas não apenas no dia-a-dia do treinamento, mas também em eventos competitivos. Desse modo, confere-se a relevância de se adotar protocolos de atividades condicionantes específicas aos gestos esportivos a serem realizados, assim como atividades com elevada aplicabilidade prática.

1.1 Revisão de literatura

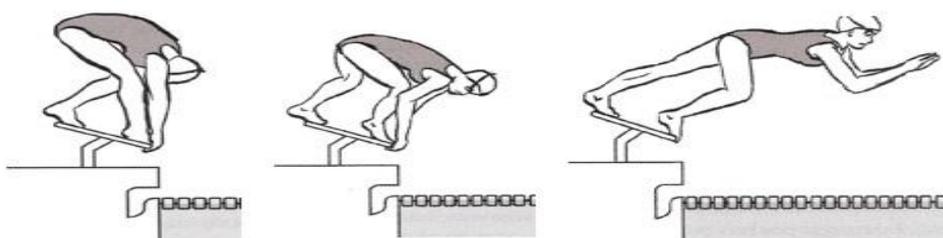
1.1.1 Caracterização da saída de bloco

Os nadadores usualmente iniciam as provas dos nados crawl, borboleta e peito em um bloco, posicionado na borda da piscina (MAGLISCHO, 2010). Ao longo dos anos, diversos estilos de saída foram utilizados pelos nadadores em competições (MAGLISCHO, 2010), sendo que atualmente existem três tipos de saída de bloco: saída de agarre, saída com pés desnivelados e uma das variações da saída de bloco lançada (KIRNER *et al.*, 1989; BLANKSBY *et al.*, 2002). Como mencionado anteriormente, a saída de bloco é um elemento essencial das provas de curta duração da natação (BURKETT *et al.*, 2010; KILDUFF *et al.*, 2011; WEST *et al.*, 2011; TOR *et al.*, 2014; CUENCA-FERNANDEZ *et al.*, 2015). A saída é caracterizada como o tempo total gasto desde o sinal de partida até o momento em que o centro da cabeça do nadador ressurge da parte submersa (COSSOR & MASON, 2001), sendo que a metragem máxima permitida para que isso ocorra é a de 15 metros, com relação à borda da piscina em que o indivíduo realizou a saída (REGRAS OFICIAIS NATAÇÃO – FINA 2013-2017).

1.1.2 Fases da saída de bloco

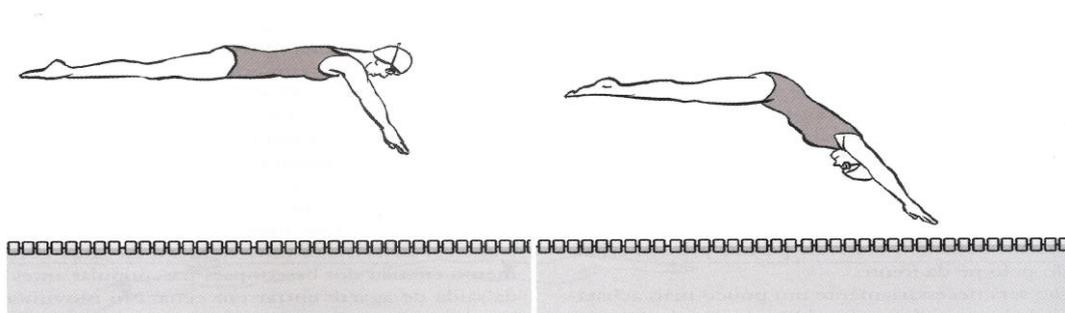
A saída de bloco é tipicamente dividida em três fases: a fase de apoio, fase de voo e fase submersa. A fase de apoio é definida a partir do sinal de partida até o momento em que o pé do nadador deixa o bloco de partida (Figura 1); a fase de voo é definida a partir do momento em que o pé do nadador deixa o bloco de partida até o momento em que a cabeça do nadador toca a água (Figura 2); a fase submersa é definida a partir do momento em que a cabeça do nadador toca a água até o momento em que o centro da cabeça do nadador ressurge da parte submersa (Figura 3) (COSSOR E MASON, 2001). As três fases da saída de bloco representam um papel fundamental no desempenho geral da saída de bloco. Contudo, a fase submersa é considerada a mais importante (ELIPOT *et al.*, 2009; NAEMI *et al.*, 2010; THOW *et al.*, 2012; TOR *et al.*, 2014a) devido à maior duração desta fase (ELIPOT *et al.*, 2009). A velocidade média na qual o nadador se movimenta na fase submersa é altamente dependente das forças de arrasto que agem sobre o nadador no deslize na água e da velocidade horizontal de saída do bloco (TOR *et al.*, 2014).

Figura 1 – Fase de apoio da saída de bloco com pés desnivelados.



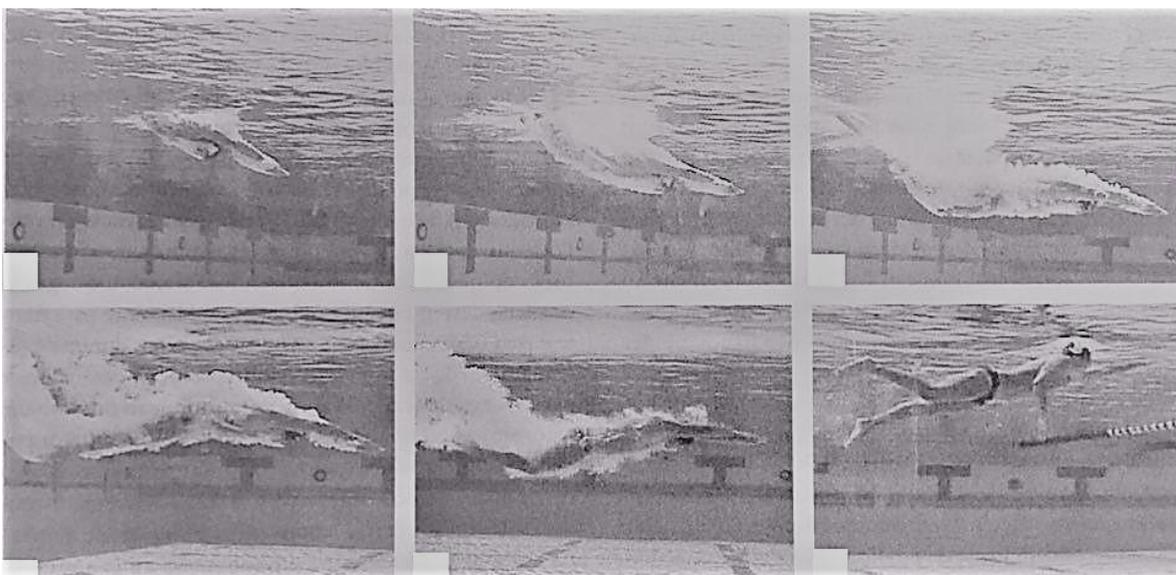
Fonte: Maglischo, 2010, p. 238.

Figura 2 – Fase de vôo da saída de bloco com pés desnivelados.



Fonte: Maglischo, 2010, p. 238.

Figura 3 – Fase submersa da saída de bloco com pés desnivelados.



Fonte: Maglischo, 2010, p. 233.

1.1.3 Saída de bloco *kick start*

Após os Jogos Olímpicos de Pequim em 2008, um novo bloco de partida foi introduzido em competições internacionais, o OMEGA OSB11 (Swiss Timing, Corgémont, Switzerland) (HONDA *et al.*, 2012) (Figura 4).

Figura 4 – Bloco de saída OMEGA OSB11 para saídas *kick start*.



Fonte: <https://www.flickr.com/photos/morshus/4641712436>.

Este bloco de partida possui uma placa de apoio ajustável para o pé de apoio da saída com os pés desnivelados. Esta placa de apoio é fixada a um ângulo de 30 graus com relação à superfície do bloco de partida e pode ser movida para cinco diferentes posições (35mm de intervalo entre cada posição) ao longo do comprimento da superfície do bloco de partida, que é posicionada a uma inclinação de 10 graus com relação à superfície horizontal. Como resultado da introdução deste novo bloco de partida, uma diferente técnica de saída foi desenvolvida e é utilizada pela grande maioria de nadadores de elite

durante as competições, a saída de bloco *kick start* (TOR *et al.*, 2015) (Figura 5). Estudos apontam que nadadores podem se beneficiar de uma vantagem adicional ao realizar esta nova técnica (HONDA *et al.*, 2010; TAKEDA *et al.*, 2012). A vantagem se deve principalmente ao aumento da velocidade horizontal de saída, por meio de um aumento da força que pode ser produzida pela perna de apoio (HONDA *et al.*, 2010).

Figura 5 – Posição inicial da saída de bloco *kick start*.



Fonte: <https://www.omegawatches.com/pt/planet-omega/sport/our-sports/swimming>.

1.1.4 Variáveis de desempenho importantes na saída de bloco

Diversas variáveis podem determinar o desempenho global da saída de bloco, como: velocidade de saída do bloco, ângulo e velocidade de entrada na água, tempo gasto na fase submersa e velocidade na fase submersa (COSSOR & MASON, 2001). Estas variáveis são diretamente influenciadas por características que são específicas de cada indivíduo, como largura em que o atleta posiciona os pés em uma base no bloco de partida, posição da perna da frente, altura do centro de gravidade, etc. Estas características específicas atuarão sobre as variáveis que determinam o desempenho na saída de bloco, como tempo de permanência no bloco, pico de força horizontal, pico de força vertical, distância que a mão toca a água ao realizar a saída de bloco, velocidade horizontal de saída, impulso, etc, além das já citadas anteriormente (SLAWSON *et al.*, 2011). Tor *et al.* (2014) enumeraram as principais variáveis de desempenho que afetam a saída de bloco, levando-se em consideração as fases de apoio, vôo e submersa. De acordo com os autores, foram desenvolvidas algumas equações com diferentes combinações de parâmetros preditores do desempenho na saída, baseados em valores de uma análise fatorial. Os resultados do trabalho revelaram três variáveis de desempenho principais para a fase de apoio e quatro para a fase submersa. Velocidade horizontal de saída, velocidade vertical de saída e tempo de permanência no bloco foram consideradas as principais variáveis que influenciam o desempenho na fase de apoio. Tempo gasto para se atingir 15 metros da piscina, tempo gasto na fase submersa deslocando-se para baixo, tempo gasto na fase submersa deslocando-se para cima e tempo gasto até a realização da primeira pernada foram consideradas as principais variáveis que influenciam o desempenho na fase submersa.

Pressupõe-se que a fase submersa exerça grande influência no desempenho global da saída de bloco (ELIPOT *et al.*, 2009; NAEMI *et al.*, 2010; THOW *et al.*, 2012; TOR *et al.*, 2014). Contudo, o desempenho nessa fase é altamente dependente do desempenho nas fases anteriores, sobretudo da fase de apoio (WEST *et al.*, 2011). A velocidade de saída do bloco, por exemplo, define o

tempo que o atleta permanecerá na fase de voo e a velocidade na qual ele entra na água (TOR *et al.*, 2014).

De modo geral, durante a fase de apoio, três fatores devem ser otimizados: o tempo de permanência no bloco (BENJANUVATRA *et al.*, 2007; VANTORRE *et al.*, 2010; TOR *et al.*, 2014), o impulso gerado no bloco de partida (BENJANUVATRA *et al.*, 2007; VANTORRE *et al.*, 2010) e a velocidade de saída (TOR *et al.*, 2014). O tempo de permanência no bloco deve ser o menor possível, mas, ao mesmo tempo, possuir duração suficiente para maximizar o impulso gerado pelo nadador para atingir uma elevada velocidade horizontal de saída (BREED & YOUNG, 2003). Honda *et al.* (2010) relatam que com o uso da placa de apoio na saída de bloco *kick start*, nadadores podem diminuir o tempo na fase de apoio sem comprometer a velocidade horizontal de saída. Ou seja, o pé de apoio estar posicionado na placa de apoio a 30 graus da superfície do bloco permite a aplicação de força em uma direção mais horizontal. Platzer *et al.* (2009) citam a potência muscular de membros inferiores como parâmetro determinante para uma saída eficiente, porque essa capacidade influencia diretamente na magnitude do impulso realizado pelo atleta. Desse modo, é recomendável que nadadores busquem aumentar o impulso realizado na fase de apoio da saída de bloco (PLATZER *et al.*, 2009; WEST *et al.*, 2011) e, assim, aumentem também a velocidade horizontal de saída (TOR *et al.*, 2014). Uma possível estratégia para atingir este objetivo é aumentar a força e potência muscular de membros inferiores (WEST *et al.*, 2011). Essas capacidades podem ser aperfeiçoadas no decorrer do treinamento do atleta, assim como podem ser otimizadas no próprio evento competitivo (KILDUFF *et al.*, 2013).

1.1.5 Potencialização Pós-Ativação

A resposta do músculo esquelético a um comando voluntário ou a um estímulo induzido eletricamente é afetada pelo histórico contrátil do músculo (HODGSON *et al.*, 2005), que pode ser caracterizado como uma ativação prévia ao comando posterior. A fadiga neuromuscular, que pode ser brevemente definida como a diminuição da força observada após um período de ativação repetida do músculo em questão (RASSIER & MACINTOSH, 2000), é o efeito mais evidente do histórico contrátil do músculo (HODGSON *et al.*, 2005). Em contraste com a fadiga, que prejudica a produção de força muscular, existem evidências que o histórico contrátil do músculo esquelético, ou seja, a ativação prévia do músculo em questão, pode potencializar a produção de força voluntária subsequente. Esse fenômeno é conhecido como potencialização pós-ativação (PPA) (SALE, 2002). A ativação muscular prévia pode ser caracterizada pela realização de uma série de contrações voluntárias (SALE, 2002), pela provocação de uma contração tetânica (DESMEDT & HAINAUT, 1968), ou pela sustentação de uma contração voluntária máxima (HAMADA *et al.*, 2000).

Embora fadiga e potencialização tenham efeitos opostos na produção de força do músculo esquelético, esses dois mecanismos podem coexistir (RASSIER & MACINTOSH, 2000). A produção de força seguida da atividade contrátil prévia reflete o equilíbrio entre o processo que potencializa o desenvolvimento da força e o que o diminui. A identificação dos mecanismos fisiológicos que mediam as alterações na produção de força irá promover o desenvolvimento de estratégias eficazes em otimizar a produção de força do músculo esquelético (HODGSON *et al.*, 2005).

1.1.5.1 Mecanismos que induzem a PPA

A capacidade de induzir a PPA no músculo esquelético tem sido estudada tanto em mamíferos não humanos como em seres humanos (MANNING & STULL, 1982; GRANGE *et al.*, 1998). Este fato propicia a discussão entre autores de artigos de revisão recentes acerca dos mecanismos que podem provocar a PPA (SALE, 2002; HODGSON *et al.*, 2005), assim como sua aplicação no contexto esportivo (SALE, 2002; HODGSON *et al.*, 2005; DOCHERTY & HODGSON, 2007), embora ainda não se saiba o que de fato acontece no músculo e no organismo humano e qual a verdadeira explicação para uma eventual PPA. Tem-se na literatura registros de eletromiografia (EMG) (GULLICH & SCHMIDTBLEICHER, 1996; GOSSEN & SALE, 2000; HODGSON *et al.*, 2008) ao se executar uma atividade condicionante que possivelmente ocasiona PPA, assim como a realização de biópsia muscular (SMITH & FRY, 2007) e estimulação transcutânea (GULLICH & SCHMIDTBLEICHER, 1996), tentando-se entender o que ocorre no músculo esquelético durante as atividades condicionantes.

É consenso que a PPA é um fenômeno que deve ser melhor investigado (TILLIN & BISHOP, 2009; WILSON *et al.*, 2013; CUENCA-FERNANDEZ *et al.*, 2015). As explicações acerca dos mecanismos que induzem a PPA são abordadas a seguir. Devido às inconsistências presentes na literatura, as pesquisas permanecem inconclusivas com relação aos possíveis benefícios de atividades condicionantes que induzem à PPA, sejam eles periféricos ou intracelulares, envolvidos na melhora de desempenho, tanto em competições de esportes que demandam um alto desempenho em ações explosivas, como no próprio dia-a-dia de treinamento. As inconsistências na literatura podem ser atribuídas à complexa interação de fatores que influenciam, de forma aguda, o desempenho após uma atividade condicionante (SALE, 2002; HODGSON *et al.*, 2005; DOCHERTY & HODGSON, 2007).

Dois mecanismos principais foram propostos como os indutores à PPA (TILLIN & BISHOP, 2009) e ao consequente aumento da potência muscular em um curto espaço de tempo (LIM *et al.*, 2016). O primeiro deles é a fosforilação da

cadeia leve regulatória (CLR) da miosina (GOSSEN & SALE, 2000; HAMADA *et al.*, 2000; SALE, 2002; CHIU *et al.*, 2003; SALE, 2004; HODGSON *et al.*, 2005; BAUDRY & DUCHATEAU, 2007). O outro mecanismo é o aumento do recrutamento de unidades motoras que possuem alto limiar de ativação (GULLICH & SCHMIDTBLEICHER, 1996; CHIU *et al.*, 2003; HODGSON *et al.*, 2005). Existem evidências que apontam para que a mudança no ângulo de penação do músculo ativado também possa contribuir para que a PPA aconteça (TILLIN & BISHOP, 2009). Contudo, ainda são poucas as evidências e não suficientemente claras com relação a esse mecanismo.

1.1.5.1.1 Fosforilação da cadeia leve regulatória da miosina

A molécula de miosina é composta por seis cadeias polipeptídicas (GUYTON & HALL, 2011), sendo duas cadeias pesadas (SZCZESNA, 2003; GUYTON & HALL 2011). Segundo Enoka (1988), uma cadeia polipeptídica consiste em uma sequência de cerca de mil aminoácidos e é também conhecida como cadeia alfa. As duas cadeias pesadas se espiralam uma com a outra para formar uma dupla hélice chamada cauda ou haste da miosina (ENOKA, 2015). Uma ponta de cada uma dessas cadeias é dobrada para um dos lados, formando a estrutura polipeptídica globular chamada cabeça da miosina. Desse modo, existem duas cabeças livres na extremidade livre da molécula de miosina de dupla hélice (GUYTON & HALL, 2011; ENOKA, 2015). As quatro cadeias leves fazem parte da cabeça da miosina, sendo duas para cada cabeça (VANDENBOOM *et al.*, 1993; SZCZESNA, 2003; GUYTON & HALL, 2011; ENOKA, 2015). Essas cadeias leves ajudam a regular o funcionamento da cabeça da miosina durante a contração muscular (GUYTON & HALL, 2011), e cada uma delas possui um sítio de ligação específico para incorporar uma molécula de fosfato (TILLIN & BISHOP, 2009). Isso faz com que a estrutura da cabeça da miosina seja alterada, afastando-a de sua cauda (SZCZESNA, 2003; HODGSON *et al.*, 2005). Além disso, as CLR estão localizadas na junção da cabeça com a cauda da molécula de miosina, o que demonstra a importância das CLR no ciclo das pontes cruzadas durante a contração muscular (SZCZESNA *et al.*, 2002)

As projeções das cabeças formam as pontes cruzadas. Cada cabeça de uma molécula de miosina atua como enzima ATPase, característica fundamental para a contração muscular. Essa característica permite que a cabeça degrade o trifosfato de adenosina (ATP) e utilize a energia derivada das ligações de alta energia do fosfato do ATP para energizar o processo de contração (GUYTON & HALL, 2011).

O filamento de actina é composto por um filamento duplo e de duas moléculas de proteína actina-F. Cada filamento em dupla hélice da actina F é composto por moléculas de actina G polimerizadas. Ligada a cada molécula de actina G

existe uma molécula de difosfato de adenosina (ADP) (GUYTON & HALL, 2011). Postula-se que essas moléculas de ADP sejam os locais ativos nos filamentos de actina com as quais interagem as pontes cruzadas dos filamentos de miosina para produzir a contração muscular. Os locais ativos nos dois filamentos de dupla hélice de actina-F são alternados, fazendo com que por todo o filamento de actina exista um local ativo (GUYTON & HALL, 2011; ENOKA, 2015).

Os filamentos de actina contém também outra proteína, a tropomiosina. Essas moléculas estão espiraladas nos sulcos da dupla hélice da actina-F. (GUNNING *et al.*, 2008; GUYTON & HALL, 2011; ENOKA, 2015). Durante o período de repouso, as moléculas de tropomiosina recobrem os locais ativos do filamento de actina, de forma a impedir que ocorra atração entre os filamentos de actina e miosina, o que levaria à produção de pontes cruzadas, logo, a uma tendência de encurtamento de sarcômero (MACINTOSH, 2003; GUNNING *et al.*, 2008; ENOKA, 2015).

Ligada de forma intermitente aos lados das moléculas de tropomiosina existe outro tipo de molécula de proteína, a troponina (ENOKA, 2015). Ela é, na realidade, um complexo de três subunidades proteicas frouxamente ligadas, cada uma com participação específica na regulação da contração muscular. Uma das subunidades, troponina-I, tem forte afinidade com a actina; outra subunidade, troponina-T, tem forte afinidade com a tropomiosina, e a terceira subunidade, troponina-C, tem forte afinidade com o cálcio. Admite-se que esse complexo seja responsável pela ligação da tropomiosina com a actina, e que a forte afinidade da troponina-C pelos íons cálcio seja o fator que desencadeia o processo da contração (MACINTOSH, 2003; GUYTON & HALL, 2011; ENOKA, 2015).

O filamento puro de actina, na falta do complexo troponina-tropomiosina, mas em presença de íons magnésio e ATP, se liga instantânea e fortemente às cabeças das moléculas de miosina. Sendo assim, se o complexo troponina-tropomiosina for adicionado ao filamento de actina, a união entre actina e miosina não ocorre. Por isso, acredita-se que os locais ativos do filamento

normal de actina no músculo em repouso sejam inibidos ou fisicamente recobertos pelo complexo troponina-tropomiosina. Desse modo, esses locais não podem se ligar às cabeças dos filamentos de miosina para produzir a contração. Antes que a contração possa acontecer, os efeitos inibidores do complexo troponina-tropomiosina devem ser inibidos (MACINTOSH, 2003; DIRKSEN, 2009; GUYTON & HALL, 2011).

Em presença de grande quantidade de íons cálcio, os efeitos inibidores do complexo troponina-tropomiosina são, por sua vez, inibidos. O mecanismo da inibição não é conhecido, mas sugere-se que, quando os íons cálcio se ligam à troponina-C, cada uma dessas moléculas pode se ligar fortemente a até quatro íons cálcio (DIRKSEN, 2009; GUYTON & HALL, 2011). Assim, o complexo de troponina supostamente passa por uma alteração conformacional que de algum modo traciona, com grande intensidade, a molécula de tropomiosina, deslocando-a para o fundo do sulco entre os dois filamentos de actina. Isto expõe os locais ativos da actina, permitindo que atraiam as cabeças da miosina, fazendo com que a contração prossiga (ZOT & POTTER, 1987; MOSS, 1992; MACINTOSH, 2003; GUYTON & HALL, 2011; ENOKA, 2015). Apesar de ser um mecanismo hipotético, ele enfatiza que a relação normal entre o complexo troponina-tropomiosina com a actina é alterada pelos íons cálcio, criando assim nova condição que leva à contração (DIRKSEN, 2009; GUYTON & HALL, 2011).

A fosforilação da cadeia leve regulatória é catalisada pela enzima miosina de cadeia leve quinase, que é ativada quando as moléculas de cálcio, liberadas pelo retículo sarcoplasmático durante a contração muscular, ligam-se à troponina-C (MANNING & STULL, 1982; SZCZESNA *et al.*, 2002; SZCZESNA, 2003; HODGSON *et al.*, 2005). *In vivo*, a fosforilação desse tipo relaciona-se diretamente com a taxa de produção de força por meio de extensas contrações isométricas máximas prévias (SWEENEY *et al.*, 1993; SZCZESNA *et al.*, 2002). Stuart *et al.* (1998) registraram uma correlação positiva entre a magnitude da potencialização induzida nos músculos extensores dos joelhos e a quantidade de fosfato incorporada a cada cadeia leve regulatória, durante uma contração isométrica de 10 segundos. De forma geral, o papel da fosforilação da cadeia

leve regulatória parece ser mais importante na modulação da contração do músculo esquelético do que o originalmente pressuposto (SWEENEY *et al.*, 1993; SZCZESNA *et al.*, 2002).

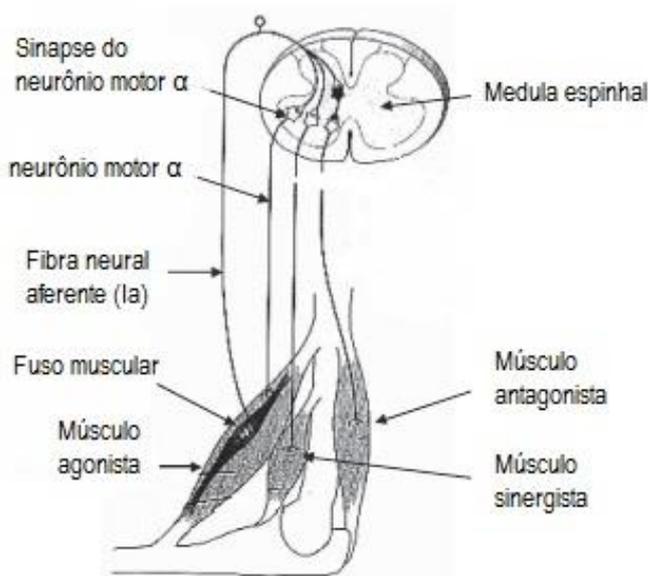
Em contrapartida, Smith & Fry (2007) não encontraram diferença significativa na magnitude da fosforilação da cadeia leve regulatória ocorrida antes e após uma contração condicionante de 10 segundos no músculo vasto lateral. A diferença na distribuição do tipo de fibra muscular em humanos e animais pode explicar a inconsistência observada no aumento ou na ausência de fosforilação da cadeia leve regulatória em diferentes experimentos (TILLIN & BISHOP, 2009). Indivíduos que possuem maior percentual de fibras do tipo II na composição corporal são mais susceptíveis aos efeitos da potencialização advindos da fosforilação da cadeia leve regulatória (AAGAARD & ANDERSEN, 1998), pois este tipo de fibra exibe um maior teor de fosfatos incorporados às CLR após uma contração condicionante (MOORE & STULL, 1984).

Apesar de todo o conhecimento disponível acerca da influência do mecanismo “fosforilação da cadeia leve regulatória da miosina” no músculo esquelético e em uma eventual potencialização na produção de força após uma atividade condicionante, sugere-se que outros fatores também forneçam uma significativa contribuição para a ocorrência da potencialização pós-ativação (TILLIN & BISHOP, 2009).

1.1.5.1.2 Recrutamento de unidades motoras com alto limiar de ativação

Pesquisas recentes realizadas com animais têm demonstrado que uma contração tetânica isométrica induzida, causada por uma estimulação específica das fibras neurais aferentes, que por sua vez ativa o neurônio motor α , pode elevar a transmissão de potenciais de ação por meio das junções sinápticas na medula espinal (TILLIN & BISHOP, 2009) (Figura 6). Um potencial de ação gerado na fibra neural aferente vai em direção à medula espinal, onde é transferido para o neurônio motor α do músculo agonista. O potencial de ação vai, então, diretamente para o músculo agonista, iniciando assim o processo de contração muscular (TILLIN & BISHOP, 2009). Este estado do músculo pode perdurar por vários minutos após a contração tetânica (GULLICH & SCHMIDTBLEICHER, 1996), e como resultado tem-se um aumento no potencial pós-sináptico para o mesmo potencial pré-sináptico durante a atividade subsequente (LUSCHER *et al.*, 1983; GOSSARD *et al.*, 1994).

Figura 6 – Descargas neurais de uma fibra la aferente.



Fonte: TILLIN & BISHOP, 2009.

Maiores potenciais excitatórios pós-sinápticos representam maior despolarização da membrana do neurônio motor α , o que pode aumentar a possibilidade deste neurônio motor alcançar o limiar demandado para iniciar um potencial de ação, e subsequentemente contrair as fibras musculares da unidade motora inervada pelo neurônio motor α (TILLIN & BISHOP, 2009).

Um possível mecanismo subjacente à elevada transmissão de potenciais de ação através de junções sinápticas na medula espinal foi proposto por Luscher *et al.* (1983). Para cada fibra neural, como por exemplo a fibra aferente Ia, numerosas sinapses são projetadas para cada neurônio motor α . A ativação de um neurônio motor α ocorre de acordo com o Princípio do Tudo ou Nada, no qual a liberação do transmissor pré-sináptico deve coincidir com a sensibilidade do receptor pós-sináptico. Uma falha do transmissor em várias junções sinápticas é uma ocorrência comum durante respostas reflexas normais ou respostas voluntárias, devido a uma reserva de proteção autônoma do sistema nervoso (HIRST *et al.*, 1981; LUSHER *et al.*, 1983). Assim, sugere-se que uma contração induzida diminui a falha no transmissor durante a atividade subsequente, por meio de uma ou de uma combinação de diversas respostas possíveis. Estas respostas podem ser um aumento na quantidade de neurotransmissores liberados, aumento na eficácia do neurotransmissor, ou uma redução da falha no ponto de ramificação do axônio ao longo das fibras neurais aferentes (ENOKA, 2002).

Luscher *et al.* (1983) também mensuraram potenciais excitatórios pós-sinápticos em um neurônio motor α de gatos em resposta a uma estimulação elétrica. Foi encontrada uma correlação positiva e significativa ($r = 0.77$; $p < 0.01$) entre a resistência de entrada do neurônio motor α e a amplitude do potencial excitatório pós-sináptico, para um estímulo padrão. A resistência de entrada foi associada ao tamanho do neurônio motor α . Assim, uma menor resistência de entrada representou um maior neurônio motor α . Esses achados sugerem que a falha do transmissor monossináptico é maior em neurônios motores maiores, ou seja, os responsáveis pela ativação de unidades motoras de contração rápida e com alto limiar de ativação.

De maneira inversa, quando a estimulação foi feita por meio de uma contração tetânica com duração de 10 segundos, Luscher *et al.* (1983) encontraram uma correlação negativa e significativa ($r = -0,92$; $p < 0,001$) entre a resistência de entrada do neurônio motor α e a amplitude do potencial excitatório pós-sináptico. Isso demonstra que a contração tetânica faz com que haja uma menor falha do transmissor, esta que ocorre de forma primária em neurônios motores maiores, e resulta em um considerável efeito de potencialização pós-ativação nestes neurônios motores. Uma contração condicionante induz um aumento no recrutamento de unidades motoras com alto limiar de ativação; este efeito pode, em teoria, aumentar a contribuição das fibras de contração rápida na contração muscular, e assim melhorar o desempenho em atividades explosivas subsequentes (GULLICH & SCHMIDTBLEICHER, 1996).

Uma ferramenta de mensuração que tem sido utilizada por pesquisadores para estudar os efeitos do histórico contrátil na resposta neuromuscular (PALMIERI *et al.*, 2004; ARMSTRONG *et al.*, 2008) e os efeitos de uma contração condicionante no recrutamento de neurônios motores (GULLICH & SCHMIDTBLEICHER, 1996; TRIMBLE & HARP, 1998) é o Reflexo de Hoffmann (Reflexo H). Originalmente descrito por Paul Hoffman, em 1910, o Reflexo H é um reflexo induzido eletricamente e é análogo ao reflexo de estiramento espinal que é induzido mecanicamente (PALMIERI *et al.*, 2004; ARMSTRONG *et al.*, 2008). A diferença primária do Reflexo H para o reflexo de estiramento é que o Reflexo H não está relacionado ao fuso muscular, o que o faz, portanto, uma valiosa ferramenta na avaliação da modulação da atividade reflexa monossináptica na medula espinal (HUGON, 1973; SCHIEPPATI, 1987; HAMADA *et al.*, 2000; PALMIERI *et al.*, 2002; HOFFMAN *et al.*, 2003; PALMIERI *et al.*, 2004).

O Reflexo H é amplamente estabelecido como uma medida da excitabilidade do neurônio motor α (HAMADA *et al.*, 2000; PALMIERI *et al.*, 2002; HOFFMAN *et al.*, 2003; PALMIERI *et al.*, 2004). Ele é registrado nas fibras musculares por meio de eletromiografia, e é o resultado de uma descarga de potencial de ação da via neural eferente (AAGARD *et al.*, 2002). Essa medida pode ser usada para avaliar a resposta do sistema nervoso a várias condições neurológicas

(FISHER, 1992), lesões musculoesqueléticas (HOPKINS *et al.*, 2000; HOPKINS *et al.*, 2002; PALMIERI *et al.*, 2003; PALMIERI *et al.*, 2004; HOPKINS & PALMIERI, 2004), carga de treinamento (MAFFIULETTI *et al.*, 2000; EARLES *et al.*, 2002) e desempenho em tarefas motoras (HOFFMANN & KOCEJA, 1995; CAPADAY, 1997).

Um aumento na resposta ao Reflexo H após a execução de uma contração condicionante pode representar uma diminuição na falha de transmissão nas junções sinápticas, e um subsequente aumento do recrutamento de unidades motoras com alto limiar de ativação (TILLIN & BISHOP, 2009). Gullich & Schmidtbleicher (1996) estimularam o nervo tibial e mediram alterações na amplitude do Reflexo H no músculo gastrocnêmio antes e após 5 segundos de uma contração voluntária máxima (CVM) dos flexores plantares. Foi reportada uma diminuição na amplitude do Reflexo H um minuto após a realização da CVM, mas uma resposta potencializada da amplitude do Reflexo H foi registrada após 5 a 13 minutos da realização da CVM. Outros estudos também reportaram uma potencialização na amplitude do Reflexo H cinco a onze minutos após a realização de uma CVM com duração de 10 segundos (FOLLAND *et al.*, 2008), e três a dez minutos após oito repetições de contrações voluntárias (TRIMBLE & HARP, 1998).

De uma forma geral, os resultados citados anteriormente sugerem que uma contração condicionante aumenta a amplitude da resposta do Reflexo H em humanos, sempre após uma recuperação ótima. Isso pode ser resultado de um maior recrutamento de unidades motoras com alto limiar de ativação. Independente da resposta, uma contração condicionante pode aumentar o recrutamento de neurônios motores, e o desempenho durante uma contração voluntária subsequente pode ser influenciado por este fator (TILLIN & BISHOP, 2009). Apesar disso, alguns autores encontraram que o fenômeno PPA está dissociado da excitabilidade do Reflexo H, mas que reside periféricamente, em nível muscular (HODGSON *et al.*, 2008). Por isso, a indução à PPA por meio deste mecanismo neural deve ser melhor testada e esclarecida.

1.1.5.1.3 Mudança no ângulo de penação

O ângulo de penação do músculo, ou o ângulo formado pelos fascículos e pela aponeurose interna, reflete a orientação das fibras musculares em relação ao tecido conjuntivo (FOLLAND & WILLIAMS, 2007). Sendo assim, o ângulo de penação irá afetar a transmissão de força aos tendões e ossos (FUKUNAGA *et al.*, 1997; FOLLAND & WILLIAMS, 2007), e parece ter também um papel significativo no desempenho da potência muscular (EARP *et al.*, 2010).

Ângulos de penação maiores estão associados a uma maior geração de força (EARP *et al.*, 2010), ainda que a magnitude da força gerada por seção transversal nestas condições esteja associada a uma diminuição do potencial de geração de força (IKEGAWA *et al.*, 2008). Por outro lado, ângulos de penação menores têm sido associados à capacidade de realizar movimentos rápidos (KUMAGAI *et al.*, 2000).

A soma das forças de todas as fibras musculares aplicadas no tendão do músculo durante a contração muscular é reduzida de acordo com a magnitude do $\cos\theta$ (onde θ = ângulo de penação) (JACOBSON *et al.*, 1992; LIEBER, 1992; LIEBER *et al.*, 1992; KAWAKAMI *et al.*, 1992). Assim, quanto maior o ângulo de penação, maior será a redução na produção de força, o que faz com, que nessa situação, haja uma desvantagem mecânica na transmissão de força (FUKUNAGA *et al.*, 1997).

Mahlfield *et al.* (2004) reportaram uma diminuição no ângulo de penação do músculo quadríceps cerca de 3 a 6 minutos após a realização de uma contração voluntária máxima. Esta mudança no ângulo de penação foi equivalente a um aumento de, aproximadamente, 0,9% na transmissão de força ao tendão muscular, o que foi considerado um aumento associado à uma potencialização pós ativação. Além disso, aumentos na espessura muscular também são altamente correlacionados com a capacidade de produzir força a longo prazo (SEYNNES *et al.*, 2007). As contrações condicionantes ocasionam, no entanto, um aumento da complacência entre tecido conjuntivo e tendão (KUBO *et al.*, 2001), o que pode anular qualquer aumento na transmissão de

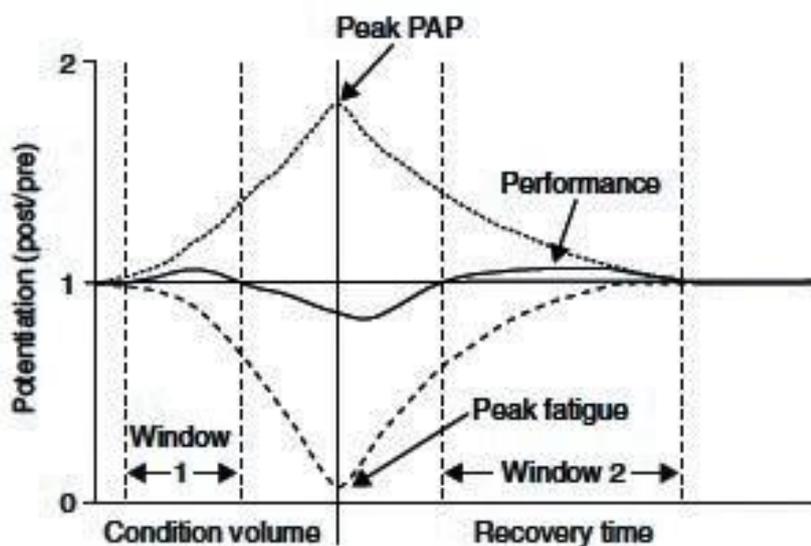
força causado pela diminuição do ângulo de penação (TILLIN & BISHOP, 2009). Contudo, os mecanismos que resultam no aumento da complacência após repetidas contrações musculares são desconhecidos (KUBO *et al.*, 2001). Sendo assim, a possibilidade de mudanças na arquitetura muscular contribuírem para uma indução à PPA merece uma investigação apropriada (TILLIN & BISHOP, 2009).

1.1.5.2 PPA no contexto esportivo

A magnitude com que uma atividade condicionante pode induzir uma PPA depende do equilíbrio entre fadiga e potencialização (TILLIN & BISHOP, 2009). Este balanço é afetado por numerosos fatores, tais como: experiência com o treinamento esportivo (KILDUFF *et al.*, 2007), período de descanso entre a atividade condicionante e a atividade a ser potencializada (KILDUFF *et al.*, 2008) e intensidade da atividade condicionante realizada (SALE, 2002).

É possível observar, por meio do modelo proposto por Sale (2002), a relação hipotética entre PPA e fadiga seguidos de um protocolo prévio de atividade condicionante (Figura 7).

Figura 7 – Modelo proposto por Sale



Fonte: TILLIN & BISHOP, 2009.

Nota-se que, quando o volume da atividade condicionante é baixo, a PPA prevalece com relação à fadiga, fazendo com que o desempenho seja potencializado em uma ação explosiva realizada imediatamente após a execução deste baixo volume condicionante. À medida que o volume condicionante aumenta, a fadiga se torna dominante, o que faz com que o

desempenho em uma ação explosiva subsequente seja afetado negativamente. No decorrer do tempo, a fadiga se dissipa em um ritmo mais rápido do que a potencialização. Assim, a potencialização do desempenho em uma ação explosiva pode ser observada em algum ponto durante este período de recuperação.

Chiu *et al.* (2003) relataram um aumento de 1 a 3% na altura dos saltos vertical e em profundidade cinco minutos após a realização de cinco séries de uma repetição do exercício agachamento, com uma carga de 90% de uma repetição máxima (1RM) em sujeitos treinados. Por outro lado, foi relatado também que indivíduos considerados atletas recreacionais exibiram uma queda de 1 a 4% no desempenho dos saltos vertical e em profundidade. Além da experiência com treinamento esportivo, a força absoluta de cada indivíduo pode também influenciar a PPA, pois existe uma correlação positiva moderada ($r= 0.63$) entre o valor de 1RM e o desempenho no salto com contramovimento realizado após uma atividade condicionante de alta intensidade (KILDUFF *et al.*, 2007). Esses achados podem ser explicados pela alta resistência à fadiga, após a execução de uma atividade condicionante, característica de indivíduos treinados quando comparados com os não treinados. Esta característica é observada principalmente quando a atividade condicionante é de alta intensidade, como em um exercício com 75 a 95% de um 1RM, por exemplo (WILSON *et al.*, 2013). De forma geral, embora alguns autores tenham identificado diversos fatores que podem afetar a ocorrência de uma PPA, não há um consenso relacionado à combinação ideal desses fatores no intuito de otimizar o desempenho após uma atividade condicionante (TILLIN & BISHOP, 2009).

Ao conduzir uma metanálise para identificar quantitativamente quais características das atividades condicionantes, tais como o tipo de atividade, intensidade e período de intervalo, influenciam mais o desempenho de potência e força explosiva após a realização das mesmas, Wilson *et al.* (2013) encontraram resultados mais sólidos. Um dos principais objetivos do trabalho era verificar como as características das atividades condicionantes eram afetadas pela experiência em treinamento esportivo do indivíduo e pelo gênero. Desse modo, o primeiro achado do estudo foi o de que uma atividade

condicionante melhora o desempenho na potência muscular durante a atividade subsequente, e este efeito é maior em indivíduos com mais experiência com treinamento esportivo. Além disso, não houve diferença significativa no desempenho quando se comparou os gêneros masculino e feminino. Outro achado da metanálise foi a detecção de uma potencialização ótima após séries com múltiplas repetições, quando comparadas com séries de apenas uma repetição, executadas com cargas moderadas, entre 60 a 84% de 1RM, e com um período de intervalo entre a atividade condicionante e a atividade subsequente de 7 a 10 minutos. Os resultados também indicaram que aumentos “muito pequenos”, “pequenos” e “moderados” ocorrem no desempenho de potência de indivíduos não treinados, treinados e atletas, respectivamente. Os atletas com mais de 3 anos de experiência em treinamento de força parecem responder de melhor maneira às atividades condicionantes. Estes achados corroboram os de Chiu *et al.* (2003), e são justificados pelo fato da coexistência entre fadiga e potencialização tender à potencialização em indivíduos com elevada experiência em treinamento esportivo (WILSON *et al.*, 2013).

Apesar do estudo de Wilson *et al.* (2013) sugerir que uma maior potencialização ocorre após atividades condicionantes moderadas (60 a 84% de 1RM) e realizadas em séries com múltiplas repetições, existem evidências que sugerem que atividades condicionantes executadas por meio de contrações isométricas podem induzir uma maior PPA quando comparadas com aquelas executadas em séries com múltiplas contrações concêntricas e/ou excêntricas (RIXON *et al.*, 2007; ESFORMES *et al.*, 2011; BOGDANIS *et al.*, 2014). Rixon *et al.* (2007) compararam os efeitos de três CVM com duração de três segundos na posição agachada, com a realização de três séries com três repetições do exercício agachamento a uma intensidade de 90% de 1RM, no salto com contramovimento. Este salto foi realizado 3 minutos após a execução de cada uma das atividades condicionantes, e conclui-se que a atividade condicionante realizada de forma isométrica resultou em uma maior potencialização quando compara com a atividade dinâmica. Bogdanis *et al.* (2014) conduziu um estudo semelhante ao de Rixon *et al.*, contudo, uma situação experimental com outro tipo de atividade condicionante foi adicionada:

a execução de três contrações excêntricas, com um minuto de intervalo entre cada contração. Os resultados deste estudo também demonstraram uma maior eficácia da atividade condicionante com contrações isométricas em induzir a PPA. Entretanto, a amplitude com que os indivíduos realizavam o exercício isométrico não foi controlada, ainda que alguns autores sugiram que o movimento seja realizado em uma posição auto-selecionada (TSOUKOS *et al.*, 2016).

O tipo de contração, assim como o período de intervalo e a intensidade devem ser levados em consideração ao se realizar uma atividade condicionante com o objetivo de induzir uma PPA. Além disso, a literatura indica que as atividades condicionantes que possivelmente induzem à PPA são mais eficazes quando realizadas com características biomecânicas semelhantes à do movimento real (SAMSON, 2011; ESFORMES *et al.*, 2011; CUENCA-FERNANDEZ *et al.*, 2015). Breed & Young (2003) também chamaram a atenção para a importância da realização de exercícios em uma posição específica ao gesto esportivo a ser executado. Neste estudo, os autores identificaram uma melhora no desempenho da saída de bloco ao submeterem os voluntários a um período de treinamento de força em posições específicas às que seriam testadas posteriormente. Soma-se ao importante fator da especificidade da atividade condicionante, o potencial prático que a atividade possui ao ser realizada. Segundo Kilduff *et al.* (2013), quanto maior a aplicabilidade prática da atividade condicionante, maior será o benefício causado por ela durante a competição.

1.2 Objetivo

Verificar o efeito de duas atividades condicionantes (específica e não específica) sobre o desempenho global na saída de bloco e no tempo de nado de 50 metros em nadadores competitivos, bem como comparar a magnitude dos eventuais efeitos dessas atividades condicionantes.

1.3 Hipóteses

H1: A realização de uma atividade condicionante em uma posição específica à de saída de bloco repercutirá em uma melhora de desempenho na saída de bloco e no tempo de nado de 50 metros quando comparada com ausência de atividade condicionante antes da realização da saída de bloco.

H2: A realização de uma atividade condicionante em uma posição específica à de saída de bloco repercutirá em uma melhora de desempenho na saída de bloco e no tempo de nado de 50 metros de maior magnitude quando comparada com a realização de uma atividade condicionante em uma posição não específica à saída de bloco.

2 MÉTODOS

2.1 Cuidados Éticos

O projeto deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, sob o número de parecer: 44351715.7.0000.5149 e respeita todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Res 466/2012). Após esclarecimento de todos os procedimentos realizados, os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, no qual concordaram com a participação nos experimentos.

2.2 Amostra

A amostra foi composta por doze voluntários, sendo 5 mulheres e 7 homens (idade: $20,8 \pm 3,0$ anos, massa corporal: $66,5 \pm 5,53$ kg, estatura: $173,1 \pm 6,79$ cm, percentual de gordura: $13,09 \pm 9,27\%$), atletas de natação há pelo menos dez anos. Os voluntários estavam inseridos em um programa de treinamento no momento da coleta de dados e todos participaram de pelo menos uma competição nacional no ano corrente ao dos experimentos.

2.3 Delineamento do estudo

O presente estudo foi constituído por 4 sessões: 3 sessões experimentais e 1 sessão para familiarização. Cada situação experimental foi separada por um intervalo de 24 horas e os indivíduos foram alocados em cada uma das sessões de forma aleatória e balanceada. A sessão de familiarização aconteceu com 5 dias de antecedência à primeira sessão experimental.

2.3.1 Familiarização

Na sessão para familiarização foram mensurados os dados antropométricos, como estatura, massa corporal e percentual de gordura para caracterização da amostra. Após esta mensuração, os indivíduos realizaram a familiarização ao exercício na posição específica à de saída de bloco e ao exercício na posição não específica à de saída de bloco. Desse modo, os voluntários realizaram

uma CVM com duração de 8 segundos na posição específica à de saída de bloco e uma CVM, também com duração de 8 segundos, na posição não específica. Para tal, as CVM foram realizadas nos equipamentos que seriam utilizados nas sessões experimentais. Estas duas CVM tiveram um intervalo de 10 minutos. A ordem de execução das CVM nas diferentes posições na sessão de familiarização foi aleatorizada entre os sujeitos.

2.3.2 Sessões experimentais

2.3.2.1 Sessão PPA específico

No início desta sessão, os indivíduos realizaram um aquecimento dentro da piscina. Este aquecimento foi padronizado, e todos os atletas o executaram em todas as situações. O aquecimento consistiu em realizar:

- 500 metros nado crawl em uma baixa intensidade;
- 2 tiros de 15m com 2 minutos de intervalo (o atleta deveria nadar, em uma baixa intensidade, durante este intervalo, e realizar os tiros saindo da plataforma de força adaptada como bloco de partida);
- 100 metros em uma baixa intensidade.

Passados 1 minuto e 30 segundos da realização do aquecimento na água, o voluntário realizou o protocolo “PPA específico”. Este protocolo é composto por 3 CVM, com duração de 8 segundos, e um intervalo de três minutos entre cada contração (FRENCH et al., 2003). As CVM foram realizadas utilizando o equipamento desenvolvido para o presente trabalho, na posição de saída de bloco com os pés desnivelados, semelhante à realizada em situações de competição (Figura 8). O equipamento desenvolvido foi registrado e depositado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial sob o número BR10201601745, e é composto por fitas de poliéster ajustáveis aos membros inferiores de cada atleta, assim como um protótipo do bloco de partida, constituído por madeira maciça.

Figura 8 - Realização de uma CVM na posição específica à saída de bloco no equipamento desenvolvido para o presente estudo



Fonte: Acervo do Centro de Treinamento Esportivo da UFMG (CTE)

Passados oito minutos da realização do protocolo “PPA específico”, o atleta executou uma saída da plataforma de força adaptada como bloco de partida e, posteriormente, um tiro de 50 metros na piscina. O sinal de partida foi dado por uma árbitra da Federação Aquática Mineira (FAM) por meio de um sistema de cronometragem eletrônico que emitiu um sinal sonoro e um sinal visual, no momento da largada, conforme padrão utilizado em competições oficiais da Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (CBDA). A duração do intervalo entre a execução do protocolo de PPA e a execução do tiro de 50 metros foi selecionada com base no estudo de WILSON *et al.* (2013), e foi de 8 minutos, como acima descrito.

2.3.2.2 Sessão PPA convencional

A sessão PPA convencional é semelhante à sessão PPA específico. Contudo, nesta situação, o voluntário realizou o protocolo “PPA convencional”, já reportado pela literatura como indutor à PPA (KILDUFF *et al.*, 2011), em vez do protocolo “PPA específico”. Este protocolo consiste na realização de 3 CVM de 8 segundos, com 3 minutos de intervalo entre cada CVM, em uma posição agachada e não específica à saída de bloco (Figura 9). O voluntário posicionou articulações do quadril e joelhos a aproximadamente 120 e 90 graus, respectivamente, posição na qual ele se sentia mais confortável.

Figura 9 - Realização de uma CVM na posição agachada e não específica à saída de bloco



Fonte: Acervo do Centro de Treinamento Esportivo da UFMG (CTE)

2.3.2.3 Sessão Controle

A sessão controle é semelhante às sessões anteriores. Entretanto, nesta sessão, o indivíduo não realizou nenhum protocolo que possivelmente induza à PPA. Em vez disso, ele aguardou 14 minutos e 24 segundos após a realização do aquecimento na água, equivalentes à soma do intervalo de 8 minutos para a realização do tiro de 50 metros com o tempo de 6 minutos e 24 segundos gastos para a realização dos protocolos de PPA. Passado este tempo, o atleta executou a saída na plataforma adaptada como bloco de partida e realizou o tiro de 50 metros na piscina.

2.4 Instrumentos e análise das variáveis

As variáveis de desempenho da saída de bloco analisadas no presente estudo foram: tempo gasto para percorrer os primeiros 15 metros, tempo de reação, velocidade horizontal de saída do bloco, tempo gasto para percorrer 50 metros, pico de força horizontal e vertical, impulso horizontal e vertical e taxa de desenvolvimento da força horizontal e vertical.

O tempo gasto para percorrer os primeiros 15 metros é o que melhor define o desempenho na saída de bloco, visto que esta é a metragem máxima permitida para a realização da fase submersa, característica da saída, antes de iniciar o nado.

Da mesma forma, o tempo de reação e a velocidade horizontal de saída são variáveis que podem influenciar de forma significativa o tempo de nado de 15 metros, influenciando assim o desempenho global da saída de bloco (TOR *et al.*, 2014).

O tempo de nado de 50 metros é o que define o desempenho global na prova de curta duração. Esta variável é capaz também de demonstrar se uma eventual melhora no desempenho da saída de bloco pode influenciar o desempenho da prova de uma forma geral.

As variáveis relacionadas à produção de força na saída durante a fase de bloco, ou seja, pico de força horizontal e vertical, impulso horizontal e vertical e taxa de desenvolvimento da força horizontal e vertical, são também parâmetros importantes para avaliar o desempenho na saída de bloco (TOR *et al.*, 2014), além de possivelmente serem as variáveis mais sensíveis às intervenções realizadas no presente estudo.

O tempo gasto para nadar os primeiros 15 metros da piscina foi mensurado por meio de uma câmera digital (Marca: GoPro; modelo: Hero 4), com frequência de aquisição de 30Hz, posicionada a 15 metros da borda da piscina onde estava posicionado o bloco de partida. A câmera era acionada momentos antes do sinal de partida, e a mensuração do tempo gasto para se percorrer os primeiros 15 metros foi feita por meio da sincronização desta câmera com o sistema de cronometragem eletrônico. A contagem do tempo se iniciava com o sinal de partida e era encerrada assim que a cabeça do nadador cruzava a marca dos 15 metros na piscina. Estes dados foram analisados no programa Kinovea (versão 8.15). Esta variável será denominada como tempo de nado de 15 metros.

O tempo gasto para nadar 50 metros foi mensurado por meio do sistema de cronometragem eletrônico Colorado - TimeSystem®. Este sistema possui um dispositivo que emite um sinal sonoro e um sinal visual (Figura 10), assim como uma placa de contato que é posicionada na borda da piscina para que o atleta a toque no momento de chegada (Figura 11). A contagem do tempo se iniciava com o sinal de partida e era encerrada assim que o atleta tocasse a mão na placa de contato. Esta variável será denominada como tempo de nado de 50 metros.

Figura 10 - Sistema de cronometragem eletrônico Colorado - TimeSystem® - dispositivo que emite um sinal sonoro e um sinal visual



Fonte: Acervo da Federação Aquática Mineira.

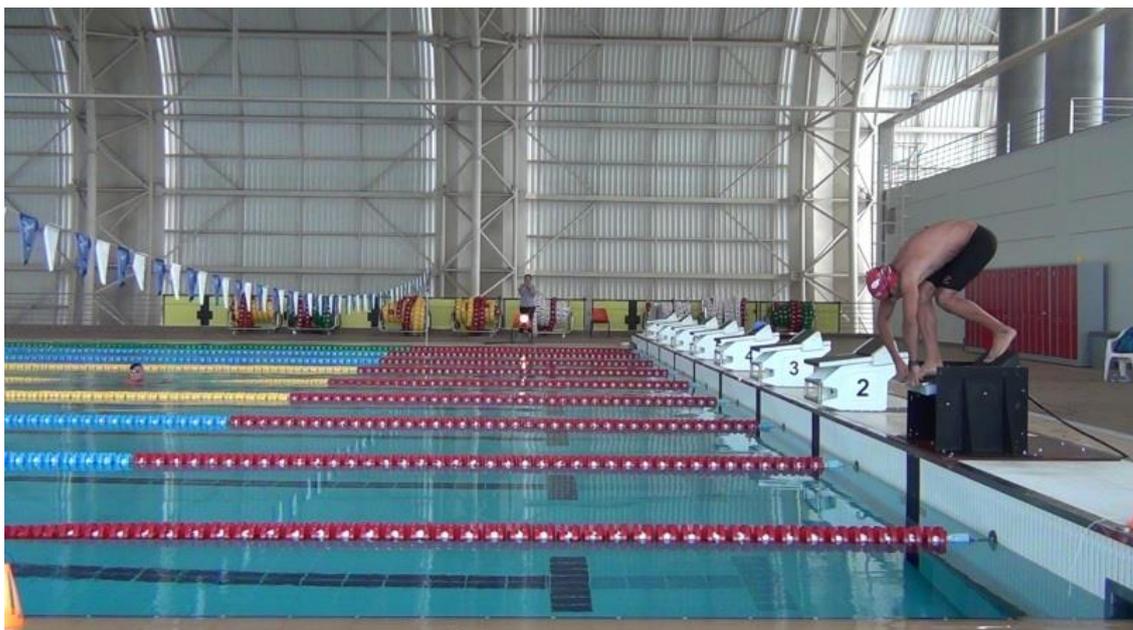
Figura 11 - Sistema de cronometragem eletrônico Colorado - TimeSystem® - placa de contato



Fonte: Acervo da Federação Aquática Mineira.

O tempo de reação foi mensurado por meio de uma câmera digital (Marca: Sony; modelo: HDR – CX485), com frequência de aquisição de 60Hz. A câmera foi posicionada a 5 metros da borda lateral da piscina, de modo que a apenas a distância entre um ponto específico na borda onde estava posicionado o bloco de partida e a marca dos primeiros 5 metros da piscina foram projetados como imagem na câmera, assim como o sinal visual no momento da largada (Figura 12). Para mensuração do tempo de reação foi considerado o tempo a partir do momento em que era dada a largada, ou seja, o momento em que o sinal visual era projetado na câmera, até o momento em que o nadador realizava o primeiro movimento, seja com os membros inferiores, superiores ou com a cabeça. Estes dados foram analisados no programa Kinovea (versão 8.15).

Figura 12 – Posicionamento lateral da câmera



A velocidade de saída do bloco foi mensurada por meio da mesma câmera digital descrita acima. Foi dividida a distância em que a mão do voluntário tocou a água ao realizar a saída de bloco pelo tempo gasto a partir do sinal de partida até o momento em que a mão do nadador tocou a água. Estes dados foram analisados no programa Kinovea (versão 8.15).

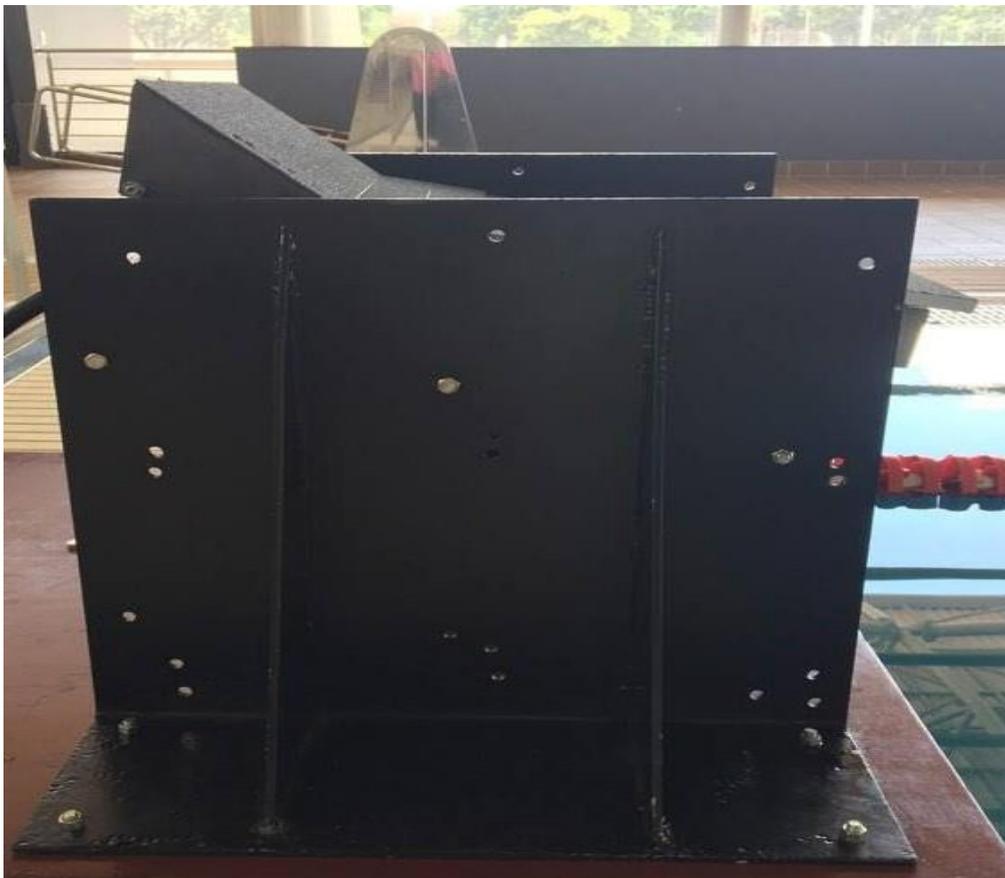
Para a mensuração do pico de força horizontal e vertical, impulso horizontal e vertical e taxa de desenvolvimento da força horizontal e vertical, foi utilizada uma plataforma de força tridimensional extensométrica, de 600mm x 400mm, adaptada como bloco de partida, com uma inclinação de 10 graus e com um apoio para o pé posterior de acordo com o bloco OSB11 para saídas *kick start*, validada conforme Roesler (1997), com erro menor que 2% e sensibilidade de 2N (Figura 13 e Figura 14). Os picos de força horizontal e vertical foram descritos de acordo com o valor de força máxima realizada pelo voluntário ao executar o movimento de saída de bloco. Os impulsos horizontal e vertical foram analisados por meio do cálculo da área sob a curva força x tempo fornecidas quando os voluntários executavam a saída de bloco. As taxas de desenvolvimento de força horizontal e vertical foram analisadas tomando como base a inclinação inicial da curva força x tempo até que o valor máximo de força fosse atingido durante a execução do movimento, ou seja, a área sob a curva força x tempo até que o valor máximo de força. As análises das curvas força-tempo foram realizadas no programa Matlab (versão R2016b).

Figura 13 – Plataforma de força tridimensional adaptada como bloco de partida – vista posterior



Fonte: acervo do Laboratório de Biomecânica Aquática – UDESC

Figura 14 – Plataforma de força tridimensional adaptada como bloco de partida
– vista lateral



Fonte: acervo do Laboratório de Biomecânica Aquática - UDESC

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise descritiva dos dados foi realizada de forma inicial e expressa em média e desvio padrão para todas as variáveis. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. A comparação entre os valores das variáveis de desempenho nas diferentes sessões experimentais foi feita por meio de uma ANOVA *one-way* com medidas repetidas. Para identificar onde se encontravam as diferenças, foi utilizado o teste *post-hoc* de *Tukey*. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no programa Sigma Plot 11.0. O nível de significância adotado foi $\alpha < 0,05$.

4 RESULTADOS

Todos dados apresentaram distribuição normal.

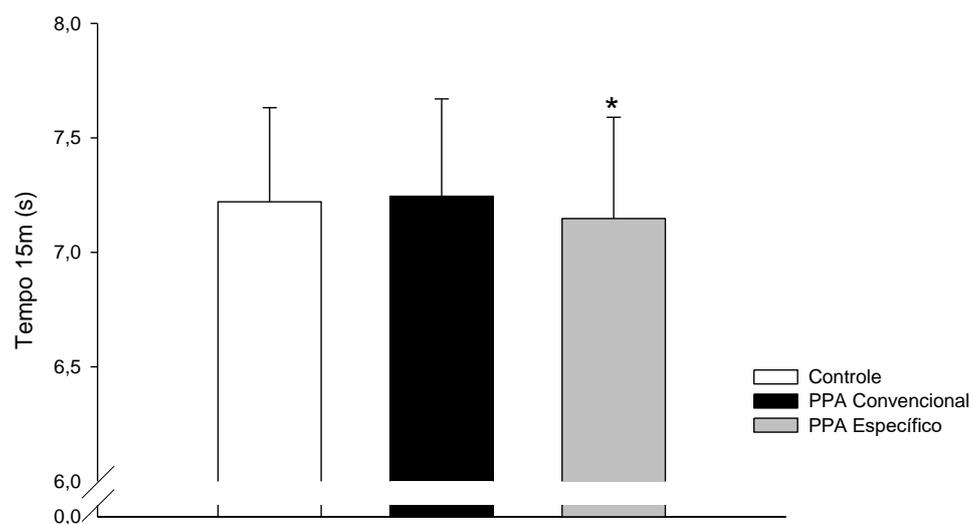
4.1 Tempo de nado de 15 metros

Os valores relacionados ao tempo de nado de 15 metros nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 1). Foi encontrada diferença significativa entre os valores de tempo de nado de 15 metros entre as sessões PPA específico e Controle ($p < 0,05$). As Figuras 15 e 16 ilustram graficamente os valores de tempo de nado de 15 metros e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Tabela 1 – Tempo de nado de 15 metros (s)

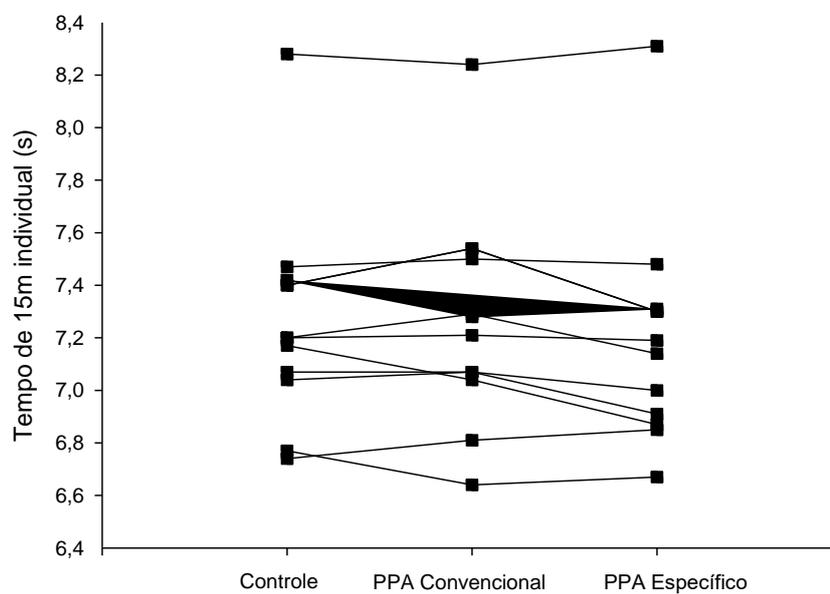
Sessão	Média \pm DP
Controle	7,221 \pm 0,411
PPA Convencional	7,245 \pm 0,425
PPA Específico	7,148 \pm 0,442*

* Diferença significativa entre a situação PPA específico e Controle ($p < 0,05$)

Figura 15 - Média \pm Desvio Padrão do Tempo de nado de 15 metros

* Diferença significativa entre a situação PPA específico e Controle ($p < 0,05$)

Figura 16 – Tempo de nado de 15 metros (valores individuais)



4.2 Tempo de nado de 50 metros

Os valores relacionados ao Tempo de nado de 50 metros nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 2). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de tempo de nado de 50 metros das três sessões. As Figuras 17 e 18 ilustram graficamente os valores de tempo de nado de 50 metros e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Tabela 2 – Tempo de nado de 50 metros (s)

Sessão	Média ± DP
Controle	28,287 ± 1,692
PPA Convencional	28,218 ± 1,826
PPA Específico	28,404 ± 1,982

Figura 17 - Média ± Desvio Padrão do Tempo de nado de 50 metros

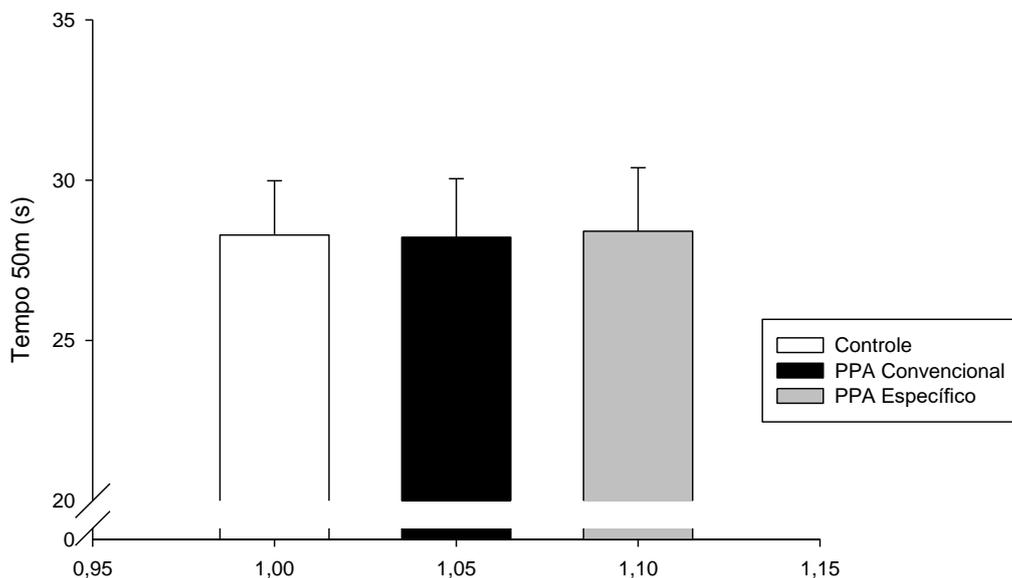
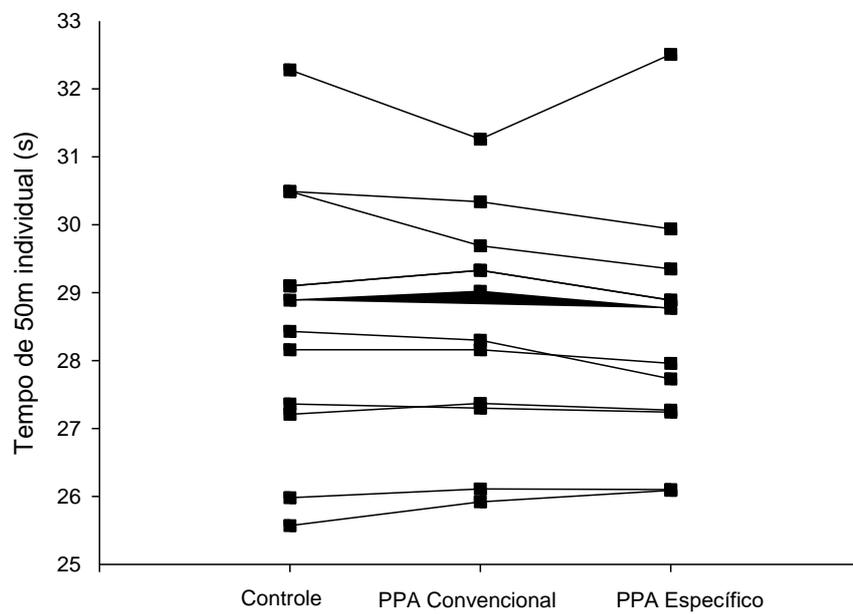


Figura 18 – Tempo de nado de 50 metros (valores individuais)



4.3 Tempo de reação

Os valores relacionados ao Tempo de reação nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 3). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de tempo de reação das três sessões. As Figuras 19 e 20 ilustram graficamente os valores de tempo de reação e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Sessão	Média ± DP
Controle	0,211 ± 0,032
PPA Convencional	0,195 ± 0,026
PPA Específico	0,198 ± 0,022

Figura 19 - Média ± Desvio Padrão do Tempo de reação

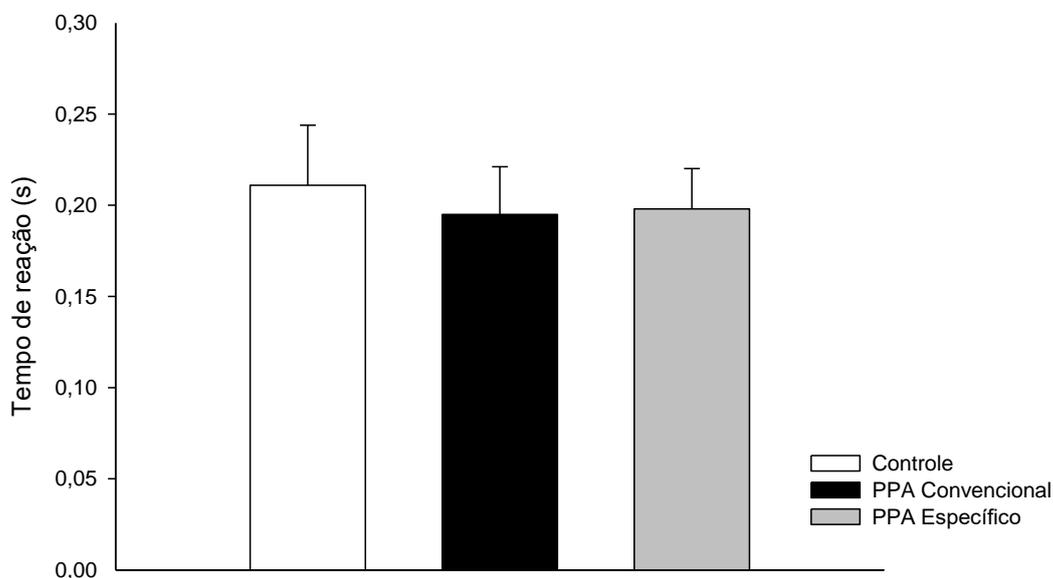
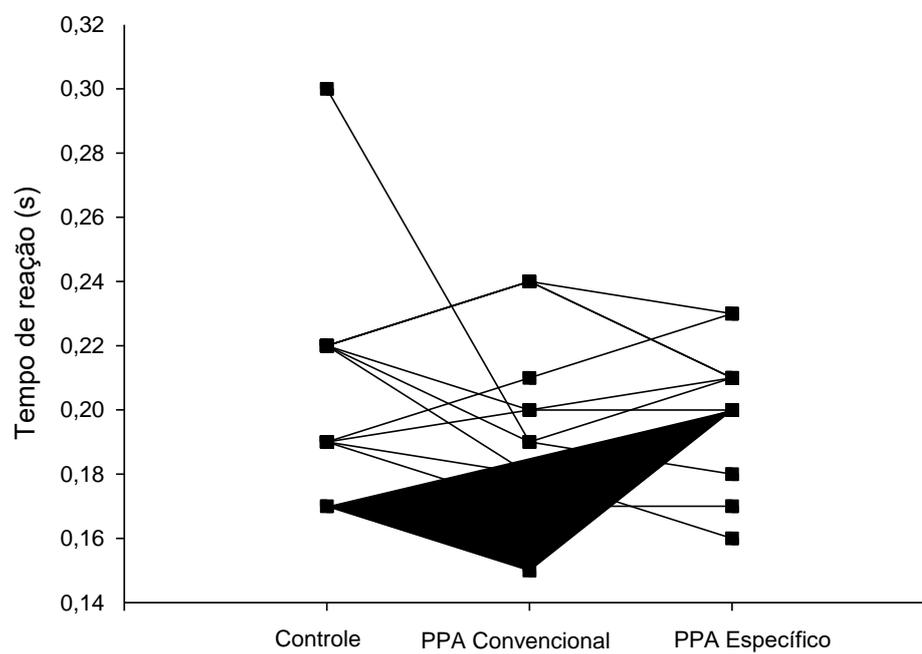


Figura 20 – Tempo de reação (valores individuais)



4.4 Velocidade Horizontal de Saída

Os valores relacionados à Velocidade Horizontal de Saída do bloco nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 4). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de velocidade horizontal de saída das três sessões. As Figuras 21 e 22 ilustram graficamente os valores de velocidade horizontal de saída das 3 sessões e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Tabela 4 – Velocidade horizontal de saída do bloco (m/s)

Sessão	Média ± DP
Controle	2,984 ± 0,230
PPA Convencional	3,060 ± 0,219
PPA Específico	3,051 ± 0,196

Figura 21 – Média ± Desvio Padrão da Velocidade Horizontal de Saída

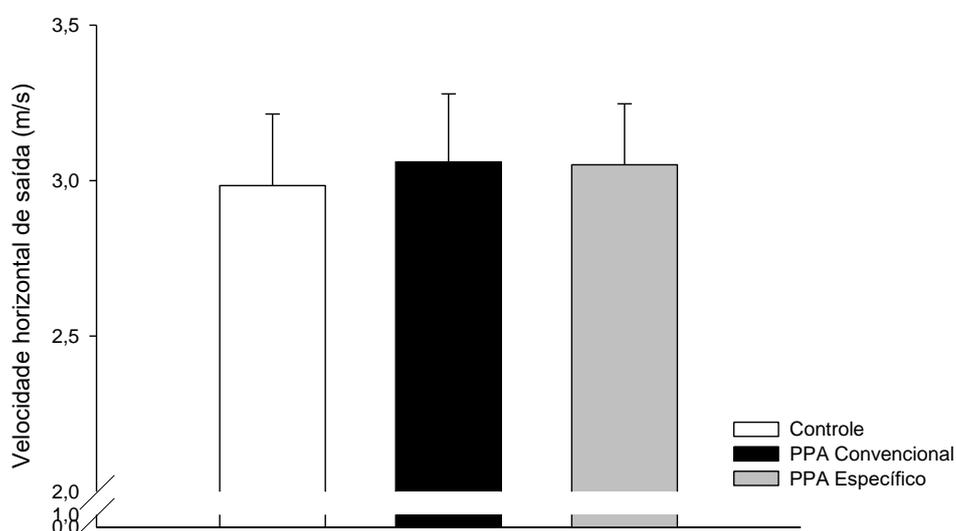
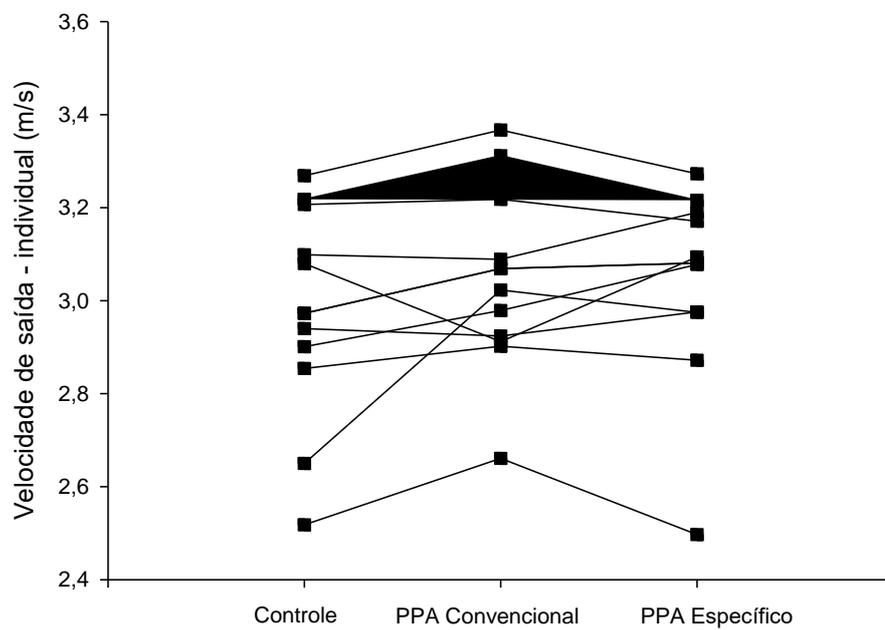


Figura 22 – Velocidade Horizontal de Saída (valores individuais)



4.5 Pico de força horizontal

Os valores relacionados ao Pico de Força Horizontal nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 5). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de pico de força horizontal das três sessões. As Figuras 23 e 24 ilustram graficamente os valores de velocidade horizontal de saída das 3 sessões e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Tabela 5 – Pico de Força Horizontal (N)	
Sessão	Média ± DP
Controle	905,750 ± 169,787
PPA Convencional	908,894 ± 171,132
PPA Específico	916,917 ± 181,885

Figura 23 – Média ± Desvio Padrão do Pico de Força Horizontal

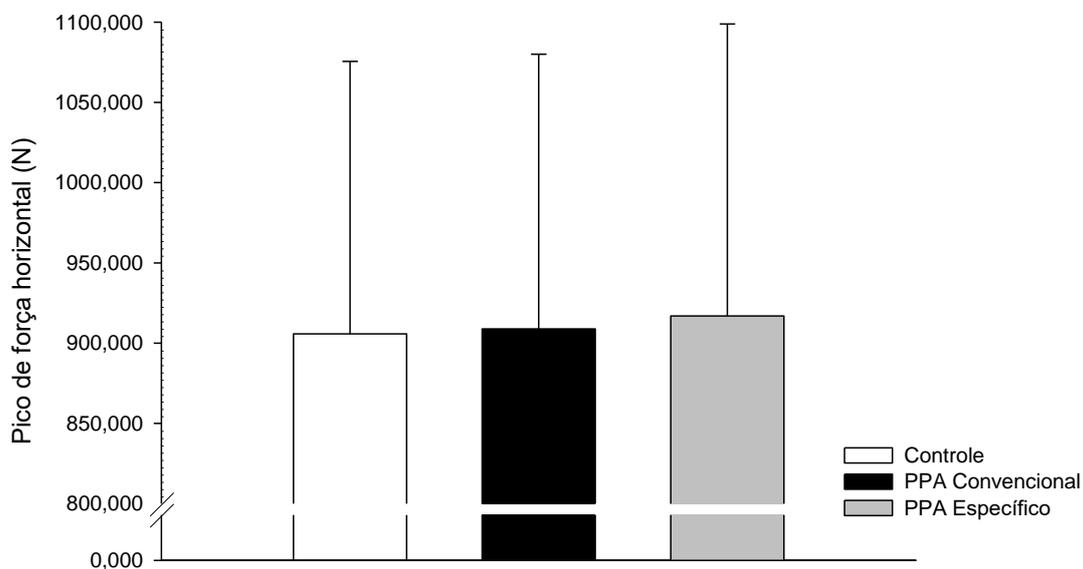
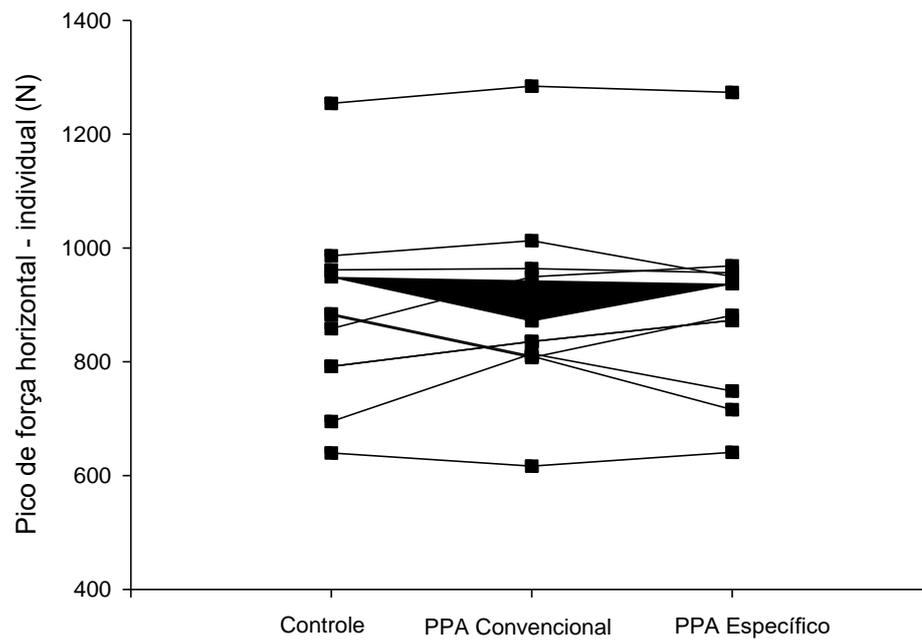


Figura 24 - Pico de Força Horizontal (valores individuais)



4.6 Pico de Força Vertical

Os valores relacionados ao Pico de Força Vertical nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 6). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de pico de força vertical das três sessões. As Figuras 25 e 26 ilustram graficamente os valores de velocidade horizontal de saída das 3 sessões e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Tabela 6 – Pico de Força Vertical (N)	
Sessão	Média ± DP
Controle	492,618 ± 131,748
PPA Convencional	519,498 ± 162,974
PPA Específico	498,942 ± 131,746

Figura 25 – Média ± Desvio Padrão do Pico de Força Vertical

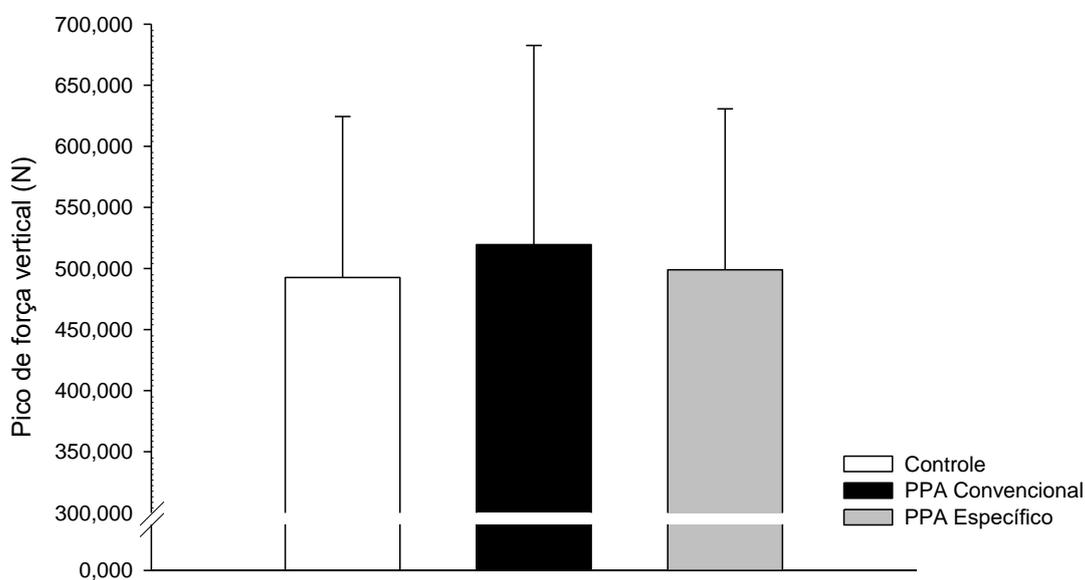
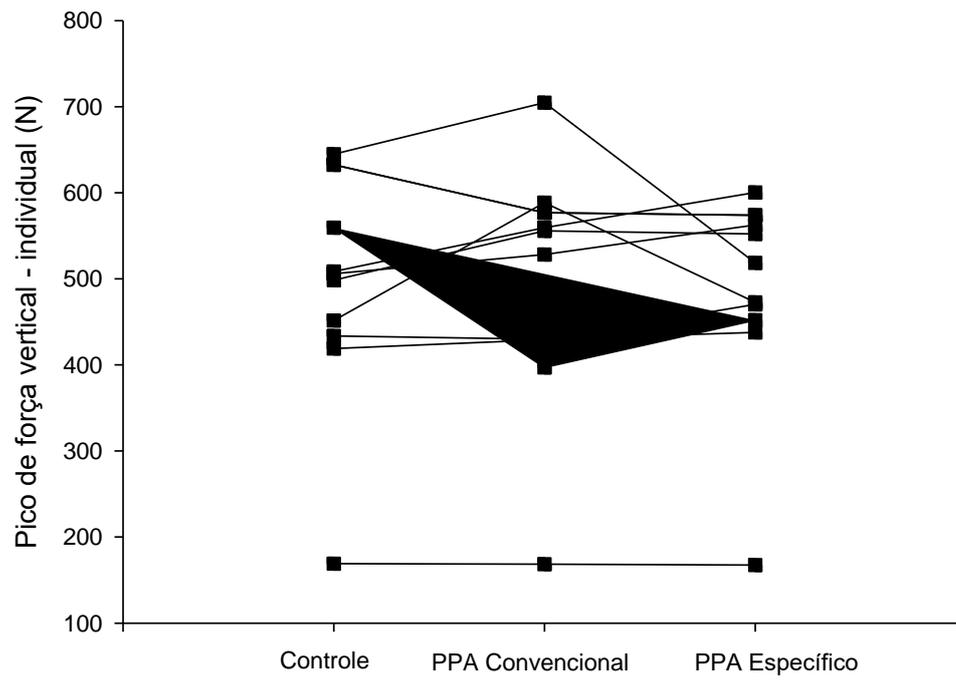


Figura 26 - Pico de Força Vertical (valores individuais)



4.7 Impulso Horizontal

Os valores relacionados ao Impulso Horizontal nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 7). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de impulso horizontal das três sessões. As Figuras 27 e 28 ilustram graficamente os valores de impulso horizontal das 3 sessões e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Sessão	Média ± DP
Controle	319,040 ± 30,511
PPA Convencional	319,515 ± 33,121
PPA Específico	326,540 ± 37,198

Figura 27 – Média ± Desvio Padrão do Impulso Horizontal

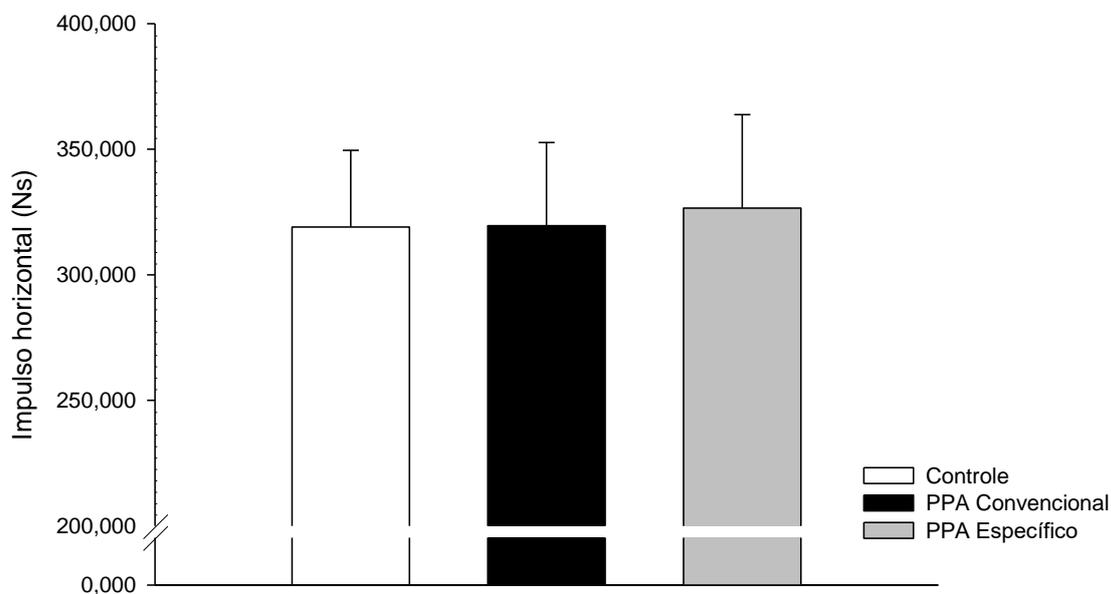
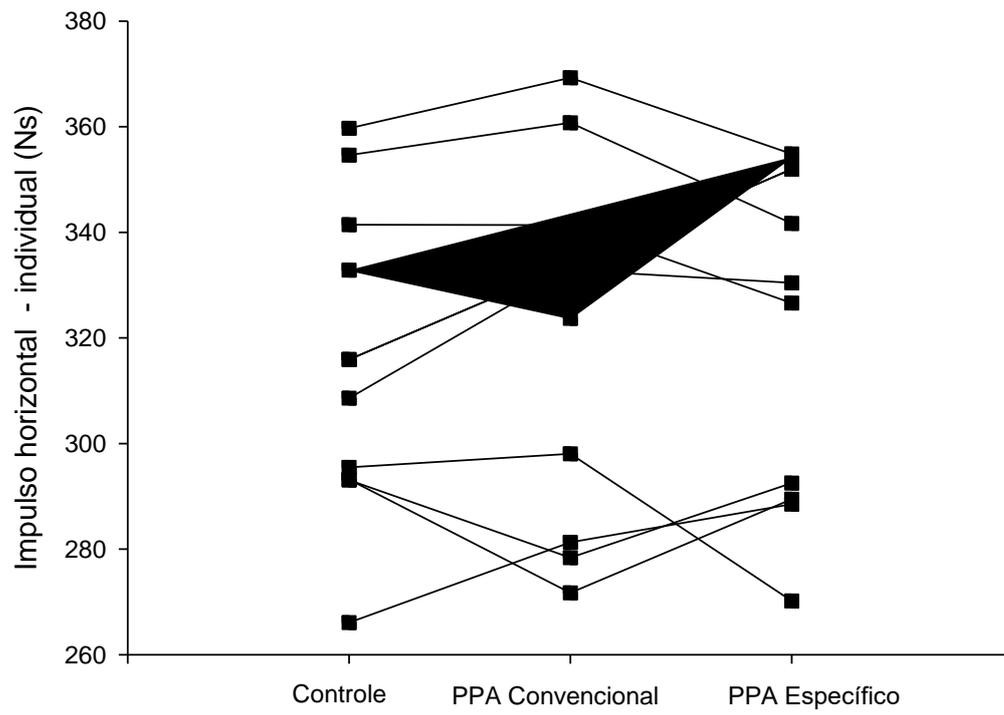


Figura 28 - Impulso Horizontal (valores individuais)



4.8 Impulso vertical

Os valores relacionados ao Impulso Vertical nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 8). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de impulso vertical das três sessões. As Figuras 29 e 30 ilustram graficamente os valores de impulso vertical das 3 sessões e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Tabela 8 – Impulso Vertical (Ns)	
Sessão	Média ± DP
Controle	97,431 ± 44,913
PPA Convencional	94,089 ± 36,975
PPA Específico	99,511 ± 43,722

Figura 29 – Média ± Desvio Padrão do Impulso Vertical

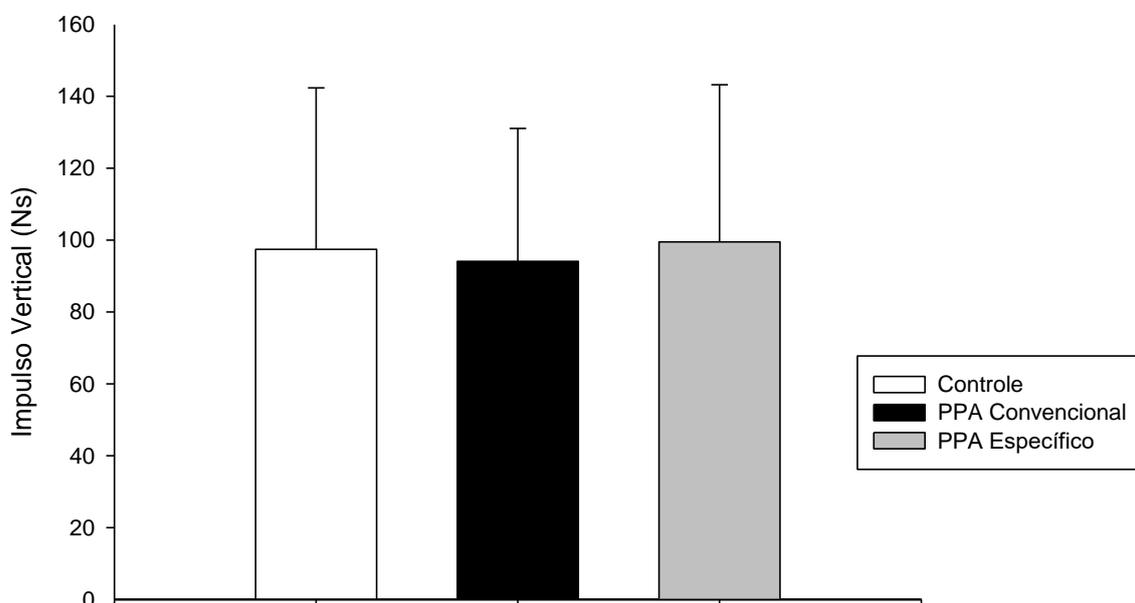
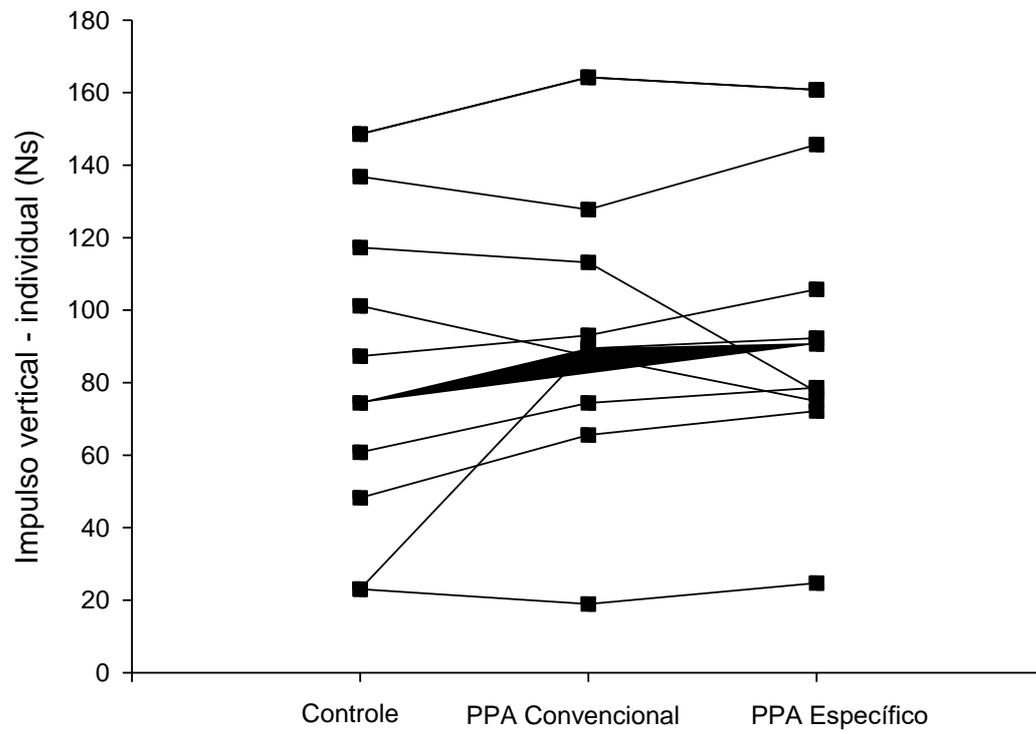


Figura 30 - Impulso Vertical (valores individuais)



4.9 Taxa de Produção da Força Horizontal

Os valores relacionados á Taxa de Produção da Força Horizontal (TPFH) nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 9). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de TPFH das três sessões. As Figuras 31 e 32 ilustram graficamente os valores de TPFH das 3 sessões e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Tabela 9 – Taxa de Produção de Força Horizontal (N/s)

Sessão	Média ± DP
Controle	176,097 ± 60,513
PPA Convencional	166,430 ± 54,440
PPA Específico	169,906 ± 55,306

Figura 31 – Média ± Desvio Padrão da Taxa de Produção da Força Horizontal

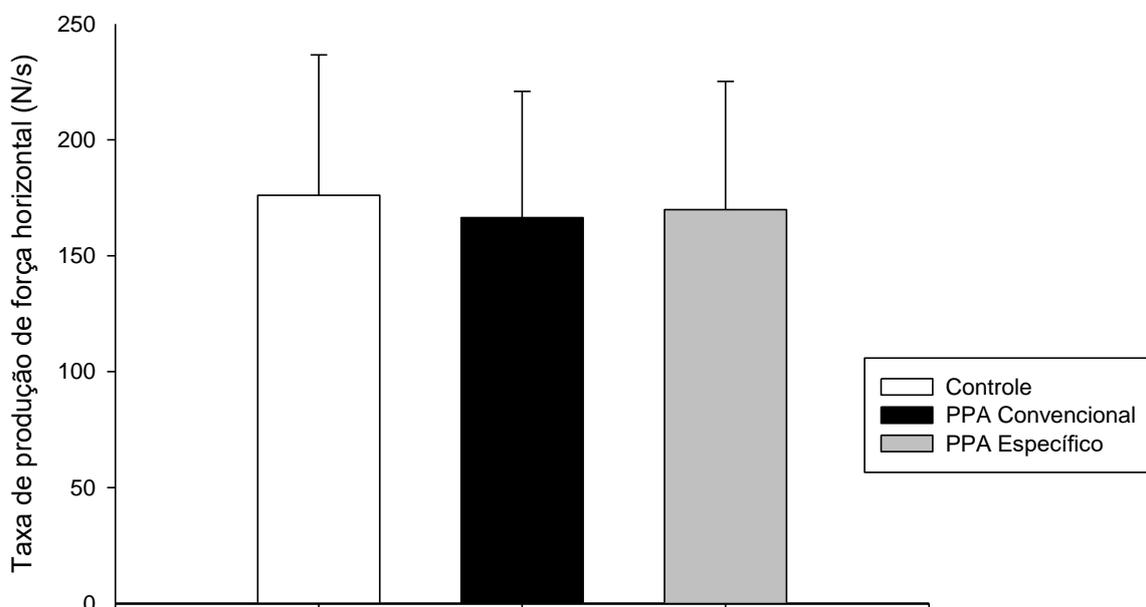
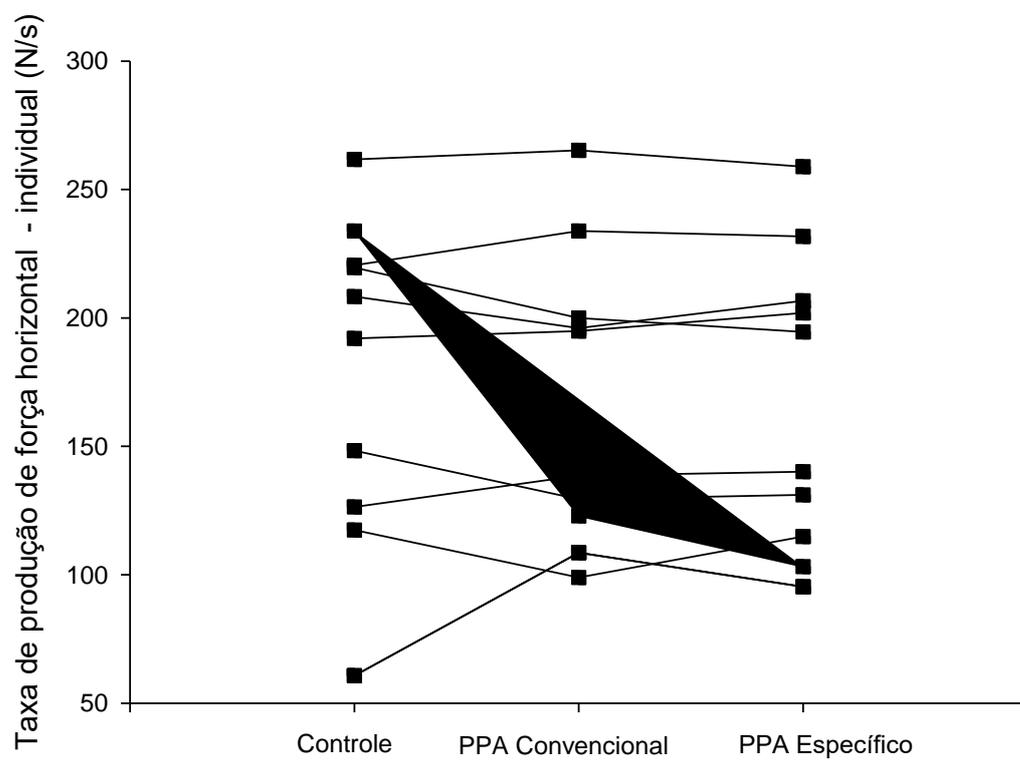


Figura 32 - Taxa de Produção da Força Horizontal (valores individuais)



4.10 Taxa de Produção da Força Vertical

Os valores relacionados á Taxa de Produção da Força Vertical (TPFV) nas 3 sessões são exibidos na (TABELA 10). Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de TPFV das três sessões. As Figuras 33 e 34 ilustram graficamente os valores de TPFV das 3 sessões e os valores individuais em cada sessão, respectivamente.

Tabela 10 – Taxa de Produção da Força Vertical (N/s)

Sessão	Média ± DP
Controle	59,232 ± 30,410
PPA Convencional	54,511 ± 21,461
PPA Específico	61,640 ± 35,577

Figura 33 – Média ± Desvio Padrão da Taxa de Produção da Força Vertical

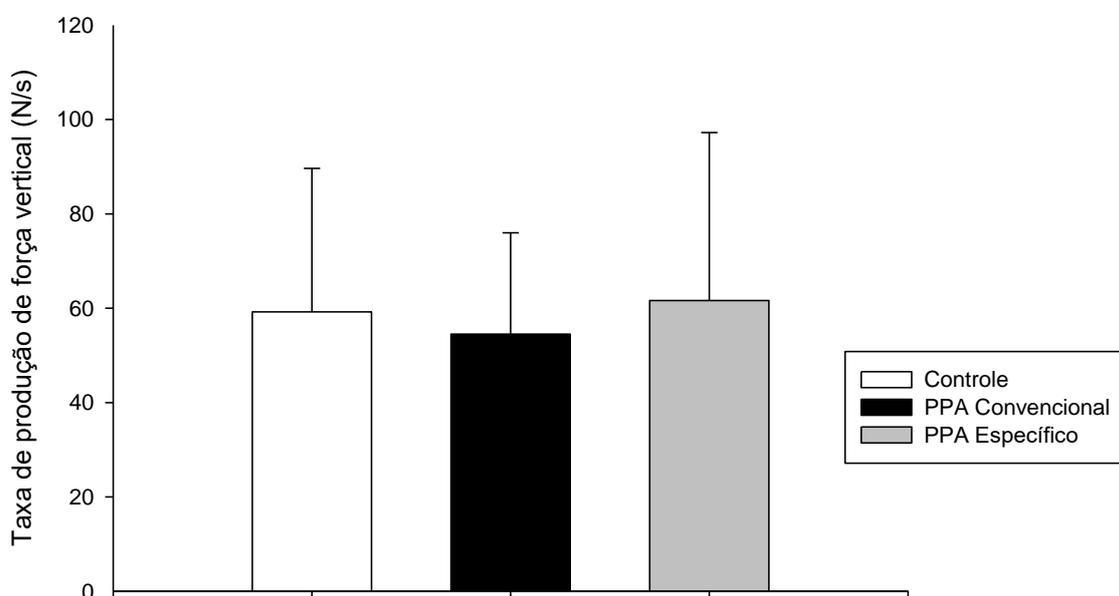
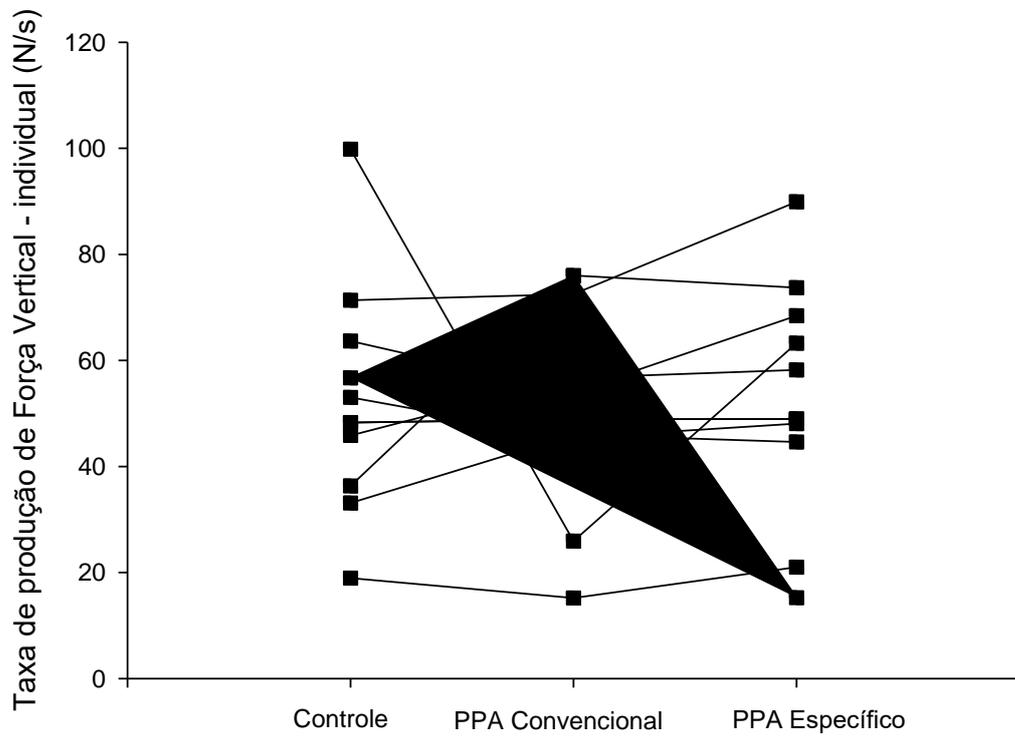


Figura 34 - Taxa de Produção da Força Vertical (valores individuais)



5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como principal objetivo verificar o efeito da atividade condicionante em uma posição específica à posição de saída de bloco no desempenho global da saída de bloco e no tempo de nado de 50 metros em condições competitivas. Para tal objetivo, a hipótese formulada foi a de que a realização de uma atividade condicionante em uma posição específica à de saída de bloco repercutiria em uma melhora de desempenho na saída de bloco e no tempo de nado de 50 metros quando comparada com a ausência de atividade condicionante. Além disso, hipotetizou-se também que a realização de uma atividade condicionante em uma posição específica à de saída de bloco repercutiria em uma melhora de desempenho na saída de bloco e no tempo de nado de 50 metros de maior magnitude quando comparada com a realização de uma atividade condicionante em uma posição não específica à saída de bloco. O resultado encontrado para a variável tempo de nado de 15 metros ilustra a melhora de desempenho global da saída de bloco registrada após a realização do protocolo PPA específico. Entretanto, os resultados das análises das outras variáveis deste estudo não confirmam as hipóteses formuladas, pois diferenças significativas entre as diferentes situações experimentais não foram encontradas.

Como proposto por Tor *et al.* (2014), a fase submersa exerce grande influência no desempenho global da saída de bloco, compreendido pelas fases de apoio, voo e submersa. Desse modo, é possível que a fase submersa tenha sido determinante para o desempenho no tempo gasto para percorrer os primeiros 15 metros. Entretanto, os fatores que influenciam o desempenho na fase submersa, como tempo gasto nesta fase deslocando-se para cima e tempo gasto até a realização da primeira pernada, não são necessariamente influenciados pela intervenção realizada no estudo. A atividade condicionante a que os voluntários foram submetidos nas diferentes sessões deveria ser capaz de aprimorar o desempenho na fase de apoio, característica da saída de bloco, o que ocasionaria uma melhora no desempenho global da saída de bloco (WEST *et al.*, 2011). Contudo, os resultados relacionados à produção de força durante a fase de apoio deste estudo não foram suficientes para explicar a

melhora de desempenho no tempo de nado de 15 metros observada quando os voluntários realizaram a atividade condicionante na posição específica à saída de bloco quando comparada à ausência de atividade condicionante. Dessa forma, concordando com Connaboy *et al.* (2010), a fase submersa parece ter sido determinante para o desempenho global na saída de bloco dos voluntários deste estudo. Além disso, apesar dos resultados das análises das outras variáveis não apontarem diferenças significativas entre as intervenções, pode-se observar melhores médias de desempenho nas situações que eram precedidas pela realização de uma atividade condicionante, principalmente na situação PPA específico, para as variáveis: tempo de reação, velocidade horizontal de saída, pico de força horizontal e impulso horizontal. Sendo assim, é possível que, além da influência da fase submersa no tempo de nado de 15 metros, a somatória de médias de desempenho melhoradas nas variáveis acima citadas também contribuiu para a melhora de desempenho global da saída de bloco na situação PPA específico, apesar da ausência de diferenças estatisticamente significativas.

O tempo de nado de 50 metros não foi diferente, estatisticamente, entre as sessões experimentais. Joyce *et al.* (2012) e Zajac *et al.* (2009) compararam o desempenho no tempo gasto para nadar provas de curta duração da natação, com distâncias de 50 a 200 metros, mediante diferentes intervenções, e também não encontraram diferença significativa no tempo gasto para realizar estas tarefas nas diferentes circunstâncias. Como as diferenças nos tempos gastos para percorrer 50 metros entre as diferentes sessões são extremamente pequenas, dificilmente a análise estatística seria sensível a tais mudanças. Contudo, apesar de serem pequenas as melhoras no tempo de nado de 50 metros após diferentes intervenções, são progressos relevantes em uma competição, por exemplo. Em um recente campeonato mundial organizado pela FINA, uma diferença de 30 centésimos foi o que separou o primeiro do quarto colocado na prova de 50 metros nado livre (WEST *et al.*, 2011). Em contraste com estes resultados, Sarramian *et al.* (2015) encontraram uma diferença significativa nos tempos gastos para percorrer 50 metros após diferentes intervenções. Neste estudo, os voluntários eram todos nadadores de provas de velocidade e de alto nível. Além disso, o intervalo entre atividade

condicionante e realização do tiro de 50 metros foi individualizado, de modo que diferentes voluntários tiveram diferentes intervalos de recuperação entre o estímulo condicionante e o tiro de 50 metros, sendo que estes intervalos variaram de 4 a 12 minutos. O achado deste estudo sugere que uma diferença entre tempos gastos para percorrer 50 metros mediante diferentes intervenções pode ser detectada estatisticamente. Entretanto, para que isso ocorra, é sugerido que os voluntários possuam características semelhantes, como pertencer a um grupo de competição somente de provas de velocidade, por exemplo, e que os intervalos e cargas aplicados nas intervenções sejam individualizados. Sendo assim, não foi encontrada uma diferença significativa para o tempo de nado de 50 metros entre diferentes sessões no presente estudo possivelmente devido à heterogeneidade da amostra que compôs o trabalho e à difícil detecção de pequenas, mas relevantes, melhoras no tempo pela análise estatística.

A relação entre força e potência de membros inferiores com o desempenho na saída de bloco da natação já foi demonstrada em estudos anteriores (BREED e YOUNG, 2003; WEST *et al.*, 2011; SARRAMIAN *et al.*, 2015), assim como a alta eficácia da realização de uma atividade condicionante que induz à PPA momentos antes de se executar uma tarefa que exige movimentos rápidos e explosivos, como saltar e lançar (HARRISON, 2011; ZARAS *et al.*, 2016). Na tentativa de aumentar o impulso realizado no momento da saída de bloco, como sugerido por Platzer *et al.* (2009) e West *et al.* (2011), e aumentar, conseqüentemente, a velocidade horizontal de saída de bloco (TOR *et al.*, 2014), atletas de nível nacional foram submetidos neste estudo a protocolos que eventualmente induziriam uma PPA, e assim melhorariam o desempenho muscular no momento da saída. Contudo, mesmo ao serem sujeitos à uma atividade condicionante que possivelmente induziria uma PPA (KILDUFF *et al.*, 2007; KILDUFF *et al.*, 2008), os voluntários da amostra deste estudo não conseguiram melhorar o desempenho muscular durante a execução da saída de bloco. Acredita-se que isto seja devido principalmente à heterogeneidade da amostra que compôs o trabalho, visto que os estudos que encontraram melhora de desempenho nos parâmetros relacionados à força muscular na realização da saída são compostos por voluntários com características muito

semelhantes, além de serem atletas voluntários do mais alto nível (KILDUFF *et al.*, 2011; WEST *et al.*, 2011; CUENCA-FERNANDEZ *et al.*, 2015; SARRAMIAN *et al.*, 2015). Reconhece-se também o fato de que voluntários que compõem amostras de estudos como este deveriam ser atletas que competem em provas de velocidade da natação, pois, partindo do pressuposto que estes atletas possuem um maior percentual de fibras do tipo II, eles estariam mais susceptíveis aos efeitos da potencialização das fibras musculares (HAMADA *et al.*, 2000; HAMADA *et al.*, 2003; CHIU *et al.*, 2003; TILLIN e BISHOP, 2009), principalmente aos efeitos advindos da fosforilação da cadeia leve regulatória da miosina (AAGAARD & ANDERSEN, 1998), propiciados por atividades condicionantes de alta intensidade que induzem a PPA. Igualmente, Zaras *et al.* (2016) indicam que o tipo de fibra que compõe a musculatura dos indivíduos pode influenciar na taxa de produção de força desenvolvida por cada um, de forma que os que possuem maior porcentagem de fibras tipo II são capazes de produzir mais força.

A realização de uma tarefa complexa, no que se refere à execução do protocolo PPA específico, pode ter influenciado de forma negativa o desempenho na tarefa subsequente. Segundo Freudenheim *et al.* (2005), a realização de uma tarefa complexa afeta a consistência do desempenho na mesma. Dessa forma, não é possível excluir a possibilidade de que, mesmo realizando uma sessão de familiarização às atividades que seriam realizadas no decorrer das sessões experimentais, os voluntários não conseguiram realizar as CVM da melhor forma possível, o que fez com que as variáveis relacionadas à força e potência de membros inferiores, principalmente, não fossem diferentes entre as intervenções.

Outro ponto que contribui para que os efeitos de uma PPA provenientes de atividades como as do presente estudo sejam verificados de forma clara é o nível de treinamento dos atletas. Chiu *et al.* (2003) sugerem que os indivíduos que possuem um maior nível de treinamento, e que estão mais acostumados a altas cargas de treinamento de força, desenvolvem uma resistência à fadiga como adaptação aos regimes de treinamento a que são submetidos, sendo, assim, mais sensíveis aos efeitos de atividades condicionantes que induzem a

PPA. Da mesma forma, Hamada *et al.* (2000) ressaltam que, além de os indivíduos que possuem um maior percentual de fibras musculares do tipo II serem mais susceptíveis aos efeitos de uma atividade condicionante que induz uma PPA, o nível de treinamento dos indivíduos contribui de forma considerável no processo de recuperação física dos sujeitos, fazendo com que a PPA seja evidente. Em outro estudo, Chiu *et al.* (2004) também comprovam que o nível de treinamento dos indivíduos influencia na magnitude da potencialização, assim como da fadiga, após a realização de atividades condicionantes que eventualmente induzem uma PPA. Isto é, quanto mais treinado em força for o indivíduo, melhor ele responderá às atividades condicionantes. Esta melhor resposta deve ser registrada por meio de uma maior potencialização na atividade subsequente à atividade condicionante.

Ainda que a amostra do presente estudo tenha sido selecionada da forma mais criteriosa possível, ela possuía características que divergiam das “ideais” citadas pela literatura, ou seja, uma amostra composta por indivíduos com características semelhantes com relação à composição de fibras musculares no corpo e com equivalentes experiências relacionadas ao treinamento esportivo (no caso, principalmente especialistas em provas de velocidade, com treinamento ao longo de anos também específico para tal). No presente estudo, apenas 4 voluntários eram velocistas clássicos, o que pode ter contribuído para o fato das variáveis relacionadas à produção de força, principalmente, não apresentarem diferenças significativas entre as sessões experimentais, mas que não impediram a melhora de desempenho global da saída de bloco.

6 CONCLUSÃO

A realização de uma atividade condicionante em uma posição específica à de saída de bloco repercutiu em uma melhora global do desempenho na saída de bloco, expresso pelo tempo de nado de 15 metros, que engloba e reflete o desempenho das três fases que constituem a saída: apoio, voo e submersa. Este efeito pode estar associado à melhora de desempenho na fase submersa, embora não seja possível, à luz dos dados obtidos, identificar com exatidão quais variáveis determinaram o melhor desempenho.

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; ANDERSEN, J.L. Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, n. 8, p. 1217-1222, 1998.

_____; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 6, p. 2309–2318, 2002.

ADELSTEIN, R.S.; EISENBERG, E. Regulation and kinetics of the actin-myosin-ATP interaction. **Annual Review of Biochemistry**, v. 49, p. 921–956, 1980.

ARABATZI, F.; PATIKAS, D.; ZAFEIRIDIS, A.; GIAVROUDIS, K.; KANNAS, T.; GOURGOULIS, V.; KOTZAMANIDIS, C.M. The post-activation potentiation effect on squat jump performance: Age and Sex Effect. **Pediatric Exercise Science**, v.26, n. 2, p.187-194, 2014.

ARMSTRONG, W.J.; NESTLE, H.N.; GRINNELL, D.C.; COLE, L.D.; VAN GILDER, E.L.; WARREN, G.S.; CAPIZZI, E.A. The acute effect of whole-body vibration on the Hoffmann reflex. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 471-476, 2008.

BANDY, W.D.; IRION, J.M.; BRIGGLER, M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. **Journal of the American Physical Therapy Association**, v.77, n. 10, p. 1090-1096, 1997.

BAKER, D. Acute effects of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 17, n. 3, p. 493–497, 2003.

BAUDRY, S.; DUCHATEAU J. Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 4, p. 1394-1401, 2007.

BAZZUCCHI, I.; FELICI, F.; MONTINI, M.; FIGURA, F.; SACCHETTI, M. Caffeine improves neuromuscular function during maximal dynamic exercise. **Muscle Nerve**, v.43, n. 6, p. 839–844, 2011

BEVAN, H.R.; CUNNINGHAM, D.J.; TOOLEY, E.P.; OWEN, N.J.; COOK, C.J.; KILDUFF, L.P. Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 3, p.701–705, 2010.

BISHOP D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. **Sports Medicine**, v. 33, n. 6, p.439-54, 2003.

BISHOP D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. **Sports Medicine**, v. 33, n. 6, p. 439-54, 2003a.

BOGDANIS, G.C.; TSOUKOS, A.; VELIGEKAS, P.; TSOLAKIS, C.; TERZIS, G. Effects of muscle action type with equal impulse of conditioning activity on postactivation potentiation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.28, n. 9, p. 2521– 2528, 2014.

BURKETT, B.; MELLIFONT, R.; MASON, B. The influence of swimming start components for selected Olympic and Paralympic swimmers. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 26, n. 2, p. 134–141, 2010.

BREED, R.V.P.; YOUNG, W.B. The effect of a resistance training programme on the grab, track and swing starts in swimming. **Journal of Sports Sciences**, v. 21, n. 3, p. 213-220, 2003.

CAPADAY, C. Neurophysiological methods for studies of the motor system in freely moving human subjects. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 74, n. 2, p. 201–218, 1997.

CHIU, L.Z.; FRY, A.C.; WEISS, L.W.; SCHILLING, B.K.; BROWN, L.E.; SMITH, S.L. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 4, p. 671-78, 2003.

COSSOR, J.; MASON, B. Swim start performances at the Sydney 2000 Olympic Games. **International Symposium on Biomechanics in Sports**, 2001.

DESMEDT, J. E.; HAINAUT, K. Kinetics of myofilament activation in potentiated contraction: staircase phenomenon in human skeletal muscle. **Nature**, v. 217, n. 5128, p. 529-532, 1968.

DIRKSEN, R.T. Checking your SOCCs and feet: the molecular mechanisms of Ca²⁺ entry in skeletal muscle. **The Journal of Physiology**, v. 587, n. 13, p. 3139-3147, 2009.

DOCHERTY D, HODGSON M. The application of postactivation potentiation to elite sport. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 2, n. 4, p. 439-444, 2007.

DUCLAY, J.; MARTIN, A. Evoked H-Reflex and V-Wave Responses During Maximal Isometric, Concentric, and Eccentric Muscle Contraction. **Journal of Neurophysiology**, v. 94, n. 5, p. 3555-3562, 2005.

EARLES, D.R.; DIERKING, J.T.; ROBERTSON, C.T.; KOCEJA, D.M. Pre- and post-synaptic control of motoneuron excitability in athletes. **Medicine and Science in Sports Exercise**, v. 34, n. 11, p. 1766–1772, 2002.

EARP, J.; KRAEMER, W.; NEWTON, R.; COMSTOCK, B.; FRAGALA, M.; LEWIS, C.; HILL, G.; PENWELL, Z. Lower body muscle structure and its role in jump performance during squat, countermovement and depth drop jumps. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 3, p. 722-729, 2010.

ENOKA R. **Neuromechanical basis of kinesiology**. 5 ed. Champaign: Human Kinetics, 2015.

ESFORMES, J.I.; KEENAN, M.; MOODY, J.; BAMPOURAS, T.M. Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 1, p. 143–148, 2011.

EVETOVICH, T. K.; CONLEY, D. S.; MCCAWLEY, P. F. Postactivation potentiation enhances upper and lower body athletic performance in collegiate male and female athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.29, n. 2, p. 336-342, 2014

FISHER, M.A. H reflexes and F waves: Physiology and clinical indications. **Muscle Nerve**, v. 15, n. 11, p. 1223–1233, 1992.

FOLLAND, J.P.; WILLIAMS, A.G. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports Medicine**, v. 37, n. 2, p. 145-168, 2007.

_____; WAKAMATSU, T.; FINLAND, M.S. The influence of maximal isometric activity on twitch and H-reflex potentiation, and quadriceps femoris performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 4, p. 739-748, 2008.

FRENCH, D.N.; KRAEMER, W.J.; COOKE, C. B. Changes in Dynamic Exercise Performance Following a Sequence of Preconditioning Isometric Muscle Actions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 4, p. 678-685, 2003.

FREUDENHEIM, A.; OLIVEIRA, J.; CORRÊA, U.; OLIVEIRA, P.; DANTAS, L.; SILVA, J.; MOREIRA, C.; TANI, G. Efeito da velocidade do estímulo no desempenho de uma tarefa complexa de timing coincidente em crianças e adolescentes. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, v. 5, n.2, p. 160-166, 2005.

FUKUNAGA, T.; ICHINOSE, Y.; ITO, M.; KAWAKAMI, Y.; FUKASHIRO, S. Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo. **Journal of Applied Physiology**, v. 82, n.1, p. 354-358, 1997.

GOSSEN, E.R.; SALE, D.G. Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 6, p.524-530, 2000.

GOSSARD, J.P.; FLOETER, M.K.; KAWAI, Y.; BURKE, R.E.; CHANG, T.; SCHIFF, J. Fluctuations of excitability in the monosynaptic reflex pathway to lumbar motoneurons in the cat. **Journal of Neurophysiology**, v. 72, n. 3, 1227-1239, 1994.

GOURGOULIS, V.; ANTONIOU, P.; AGGELOUSSIS, N.; MAVRIDIS, G.; KASIMATIS, P.; VEZOS, N.; BOLI, A.; MAVROMATIS, G. Kinematic characteristics of the stroke and orientation of the hand during front crawl resisted swimming. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, n. 11, p.1165-1173, 2010.

GRANGE, R.W.; VANDENBOOM, R.; XENI, J.; HOUSTON, M. E.. Potentiation of in vitro concentric work in mouse fast muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 1, p. 236-243, 1998.

GULLICH, A.; SCHMIDTBLEICHER, D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. **New Studies in Athletics**, v. 11, n. 4, p. 67-81, 1996

GUNNING, P.; O'NEILL, G.; HARDEMAN, E. Tropomyosin-based regulation of the actin cytoskeleton in time and space. **Physiological Reviews**, v. 88, n. 1, p. 1-35, 2008.

HAMADA, T.; SALE, DG.; MACDOUGALL, J.D.; TARNOPOLSKY, M.A. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 6, p. 2131-2137, 2000.

_____; SALE, D.G.; MACDOUGALL, J.D.; TARNOPOLSKY, M.A. Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. **Acta Physiologica**, v. 178, n. 2, p. 165-73, 2003.

HARTSHORNE, D.J.; MRWA, U. Regulation of smooth muscle actomyosin. **Journal of Vascular Research**, v. 19, n. 1, p. 1–18, 1982.

HIRST, G.D.; REDMAN, S.J.; WONG, K. Post-tetanic potentiation and facilitation of synaptic potentials evoked in cat spinal motoneurons. **Journal of Physiology**, v. 321, p. 97-109, 1981.

HODGSON, M.; DOCHERTY, D.; ROBBINS, D. Post activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. **Sports Medicine**, v. 35, n. 7, p. 585-595, 2005.

HODGSON, M.; DOCHERTY, D.; ZEHR, E. Postactivation potentiation of force is independent of h-reflex excitability. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 3, n. 2, p. 219–231, 2008.

HOFFMAN, M.A.; KOCEJA, D.M. The effects of vision and task complexity on Hoffmann reflex gain. **Brain Research**, v.700, n. 1-2, p. 303–307, 1995.

HOFFMAN, M.; PALMIERI, R.M.; INGERSOLL, C.D. Simultaneous Hoffman reflex measurements in multiple muscles around the ankle. **International Journal of Neuroscience**, v. 113, n. 1, p. 39–46, 2003.

HONDA, K.E.; SINCLAIR, P.J.; MASON, B.R.; PEASE, D.L. A Biomechanical comparison of elite swimmers start performance using the traditional Track Start and the new Kick Start. **Biomechanics and Medicine in Swimming XI**, p. 94–96, 2010.

HOPKINS, J.T.; INGERSOLL, C.D.; EDWARDS, J.E.; CORDOVA, M.L. Changes in soleus motoneuron pool excitability after artificial knee joint effusion. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 81, n. 9, p. 1199–1203, 2000.

HOPKINS, J.T.; INGERSOLL, C.D.; EDWARDS, J.E.; KLOOTWYK, T.E. Cryotherapy and transcutaneous electric nerve stimulation decrease arthrogenic muscle inhibition of the vastus medialis after knee joint effusion. **Journal of Athletic Training**, v. 37, n. 1, p. 25–31, 2002.

_____.; PALMIERI, R.M. Effects of ankle joint effusion on lower leg function. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 14, n. 1, p. 1–7, 2004.

HUGON, M. Methodology of the Hoffmann reflex in man. **New Developments in Electromyography and Chemical Neurophysiology**, v. 3, p. 277-293, 1973.

IKEGAWA, S.; FUNATO, K.; TSUNODA, N.; KANESHIA, H.; FUKUNAGA, T.; KAWAKAMI, Y. Muscle force per cross sectional area is inversely related with pennation angle in strength trained athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 1, p.128- 131, 2008.

JACOBSON, M. D.; RAAB, R.; FAZELI, B.M.; ABRAMS, M.D.; BOTTE, M.D.; LIEBER, R.L. Architectural design of the human intrinsic hand muscles. **Journal of Hand Surgery**, v. 17, n. 5, p. 804–809, 1992.

JOYCE, S.; MINAHAN, C.; ANDERSON, M.; OSBORNE, M. Acute and chronic loading of sodium bicarbonate in highly trained swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, p. 461-469, 2012.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; FUKUNAGA, T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. **Journal of Applied Physiology**, v. 74, n. 6, p. 2740-2744, 1993.

KILDUFF L.P.; BEVAN H.R.; KINGSLEY M.I.C.; OWEN N.J.; BENNETT M.A.; BUNCE, P.J.; HORE A.M.; MAW J.R.; CUNNINGHAM D.J. Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1134-1138, 2007.

_____.; BEVAN, H; OWEN, N; KINGSLEY, M.I.C.; BUNCE, P; BENNETT, M; CUNNINGHAM, D. Optimal loading for peak power output during the hang

power clean in professional rugby players. **International journal of sports physiology and performance**, v. 2, n. 3, p. 260-269, 2007.

KILDUFF, L.P.; OWEN, N.; BEVAN, H.; BENNETT, M.; KINGSLEY, M.I.C.; CUNNINGHAM, D. Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. **Journal of sports sciences**, v. 26, n. 8, p. 795-802, 2008.

_____; CUNNINGHAM, D.J.; OWEN, N.J.; WEST, D.J.; BRACKEN, R.M.; COOK, C.J. Effect of postactivation potentiation on swimming starts in international sprint swimmers. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 9, p. 2418-2423, 2011.

_____; FINN, C.V.; BAKER, J.S.; COOK, C.J.; WEST, D.J. Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of competition. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, n. 6, p. 677-681, 2013.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. Effects of repeated muscle contractions on the tendon structures in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 1-2, p. 162-166, 2001.

KUMAGAI, K.; ABE, T.; BRECHUE, W.F.; RYUSHI, T.; TAKANO, S.; MIZUNO, M. Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 3, p. 811-816, 2000.

LIEBER, R.L.; BROWN, C.G. Quantitative method for comparison of skeletal muscle architectural properties. **Journal of Biomechanics**, v. 25, n. 5, p. 557-560, 1992.

LUSCHER, H.R.; RUENZEL, P.; HENNEMAN, E. Composite EPSPs in motoneurons of different sizes before and during PTP: implications for transmission failure and its relief in Ia projections. **Journal of Neurophysiology**, v. 49, n. 1, p. 269-289, 1983.

MACINTOSH, B.R. Role of calcium sensitivity modulation in skeletal muscle performance. **Physiology**, v. 18, n. 6, p. 222-225, 2003.

MAFFIULETTI, N.A.; MARTIN, A.; VAN HOECKE, J.; SCHIEPPATI, M. The relative contribution to the plantar-flexor torque of the soleus motor units activated by the H reflex and M response in humans. **Neuroscience Letters**, v. 288, n. 2, p. 127-130, 2000.

_____; _____.; BABAULT, N.; PENSINI, M.; LUCAS, B.; SCHIEPPATI, M. Electrical and mechanical Hmax-to-Mmaxratio in power-and endurance-trained athletes. **Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 1, p. 3-9, 2001.

MAHLFIELD, K.; FRANKE, J.; AWSZUS, F. Post-contraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. **Muscle and Nerve**, v. 29, n. 4, p. 597-600, 2004.

MAGLISCHO, E.W. **Saídas, viradas e chegadas**. In: MAGLISCHO, E.W. (3^a Ed.). *Nadando o mais rápido possível*. Editora Manole, 2010, p.229-274.

MAHLFELD, K.; FRANKE, J.; AWISZUS, F. Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. **Muscle & Nerve**, v. 29, n. 4, p. 597-600, 2004.

MANNING, D.R.; STULL, J.T. Myosin light chain phosphorylation-dephosphorylation in mammalian skeletal muscle. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 242, n. 3, p. C234-C241, 1982.

MAUGHAN, R.J.; SHIRREFFS, S.M. Dehydration and rehydration in competitive sport. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 20, n. s3, p. 40-47, 2010.

MASON, B.; COSSOR, J. What can we learn from competition analysis at the 1999 Pan Pacific swimming championships? **International Symposium on Biomechanics in Sports**. p. 75–82, 2000.

MOORE, R.L.; STULL, J.T. Myosin light chain phosphorylation in fast and slow skeletal muscles in situ. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 247, n. 5, p. C462-C471, 1984.

MOSS, R.L. Ca²⁺ regulation of mechanical properties of striated muscle. Mechanistic studies using extraction and replacement of regulatory proteins. **Circulation Research**, v. 70, n. 5, p. 865-884, 1992.

PALMIERI, R.M.; HOFFMAN, M.A.; INGERSOLL, C.D. Intersession reliability for H-reflex measurements arising from the soleus, peroneal, and tibialis anterior musculature. **International Journal of Neuroscience**, v. 112, n. 7, p. 841-850, 2002.

_____; HOFFMAN, M.A.; INGERSOLL, C.D. The Hoffman reflex: methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research. **Journal of Athletic Training**, v. 39, n. 3, p. 268–277, 2004.

_____; _____; HOFFMAN, M.A.; CORDOVA, M.L.; PORTER, D.A.; EDWARDS, J.E.; STONE, M.B. Arthrogenic muscle response to a simulated ankle joint effusion. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 1, p. 26-30, 2004.

_____; INGERSOLL, C.D.; EDWARDS, J.E.; HOFFMAN, M.A.; STONE, M.B.; BABINGTON, J.P.; KRAUSE, B.A. Arthrogenic muscle inhibition is not present in the limb contralateral to a simulated knee joint effusion. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 82, n. 12, p. 910-916, 2003.

PLATZER, HP.; RASCHNER, C.; PATTERSON, C. Performance-determining physiological factors in the luge start. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 3, p. 221-226, 2009.

PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P.; MEHALIK C.L. Power analysis and determination of sample size. **Foundations of Clinical Research: Applications to Practice**, 1 ed. Norwalk, p. 651-667, 1997.

RASSIER, D.E.; MACINTOSH, B.R. Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 33, n. 5, p. 499-508, 2000.

REGRAS oficiais Natação – FINA 2013-2017.

RIXON, K.P.; LAMONT, H.S.; BEMBEN, M.G. Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 500-505, 2007.

SALE, D.G. Postactivation potentiation: role in human performance. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 30, n. 3, p. 138-143, 2002.

SALE, D.G. Postactivation potentiation: role in performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 4, p. 386-387, 2004.

SAMSON, M.F. Effects of dynamic and static stretching protocols within activity specific and general warm ups. 2011. 98 f. Tese (Doutorado em ciência e cinesiologia) - School of human Kinetics and Recreation Memorial, University of Newfoundland, St. John's Newfoundland, 2011.

SARRAMIAN, V.G.; TURNER, A.N.; GREENHALGH, A.K. Effect of postactivation potentiation on fifty-meter freestyle in national swimmers. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1003-1009, 2015.

SEITZ, L.B.; DE VILLARREAL, E.S.; HAFF, G.G. The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 3, p. 706-715, 2014.

SEYNNES, O.R.; DE BOER, M.; NARICI, M.V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 1, p. 368-373, 2007.

SCHIEPPATI, M. The Hoffmann reflex: a means of assessing spinal reflex excitability and its descending control in man. **Progress in Neurobiology**, v. 28, p. 345–376, 1987.

SILVA, H.R.; COUTO, B.P.; SZMUCHROWSKI, L.A. Effects of mechanical vibration applied in the opposite direction of muscle shortening on maximal isometric strength. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 4, p. 1031-1036, 2008.

SLAWSON, S.E.; CONWAY, P.P.; COSSOR, J.; CHAKRAVORTI, N.; LE-SAGE, T.; WEST, A.A. The effect of start block configuration and swimmer kinematics on starting performance in elite swimmers using the Omega OSB11 block. **Procedia Engineering**, v. 13, p. 141-147, 2011.

SMALL, J.V.; SOBIESZEK, A. Ca-Regulation of Mammalian Smooth Muscle Actomyosin via a Kinase-Phosphatase-Dependent Phosphorylation and Dephosphorylation of the 20000-Mr Light Chain of Myosin. **European Journal of Biochemistry**, v. 76, n. 2, p. 521-530, 1977.

SMITH, J.C.; FRY, A.C. Effects of a ten-second maximum voluntary contraction on regulatory myosin light-chain phosphorylation and dynamic performance measures. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 1, p. 73-76, 2007.

STIEG, J.L.; FAULKINBURY, K.J.; TRAN, T.T.; BROWN, L.E.; COBURN, J.W.; JUDELSON, D.A. Acute effects of depth jump volume on vertical jump performance in collegiate women soccer players. **Kineziologija**, v. 43, n. 1, p. 25-30, 2011.

STUART, D.S.; LINGLEY, M.D.; GRANGE, R.W.; Houston, M.E. Myosin light chain phosphorylation and contractile performance of human skeletal muscle. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 66, n. 1, p. 49-54, 1988.

SWEENEY, H.L.; BOWMAN, B.F.; STULL, J.T. Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 264, n. 5, p. C1085-C1095, 1993.

SZCZESNA, D.; ZHAO, J.; JONES, M.; ZHI, G.; STULL, J.; POTTER, J.D. Phosphorylation of the regulatory light chains of myosin affects Ca²⁺ sensitivity of skeletal muscle contraction. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4, p. 1661-1670, 2002.

SZCZESNA-CORDARY, D. Regulatory light chains of striated muscle myosin. Structure, function and malfunction. **Current Drug Targets-Cardiovascular & Hematological Disorders**, v. 3, n. 2, p. 187-197, 2003.

TAKEDA, T.; TAKAGI, H.; TSUBAKIMOTO, S. Effect of inclination and position of new swimming starting block's back plate on track-start performance. **Journal of the International Society of Biomechanics in Sports**, v. 11, n. 3, p. 370-381, 2012.

THAYER, A.L.; HAY, J.G. Motivating start and turn improvement. **Swimming Technique**, v. 20, n. 4, p. 17-20, 1984.

THOW, J.L.; NAEMI, R.; SANDERS, R.H. Comparison of modes of feedback on glide performance in swimming. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 1, p. 43-52, 2012.

TILL, K.A.; COOKE, C. The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 7, p. 1960-1967, 2009.

TILLIN, N.A.; BISHOP, D. Factors modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. **Sports Medicine**, v. 39, n. 2, p. 147-166, 2009.

TOMARAS, E.K.; MACINTOSH, B.R. Less is more: standard warm-up causes fatigue and less warm-up permits greater cycling power output. **Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 1, p. 228-235, 2011.

TRIMBLE, M.H.; HARP, S.S. Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 30, n. 6, p. 933-941, 1998.

TURNER, A.P.; BELLHOUSE, S.; KILDUFF, L.P.; RUSSELL, M. Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 2, p. 343-350, 2015.

UPTON, A.R.M.; MCCOMAS, A.J.; SICA, R.E.P. Potentiation of late responses evoked in muscles during effort. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, v. 34, n. 6, p. 699-711, 1971.

VANDENBOOM, R.; GRANGE, R.W.; HOUSTON, M.E. Threshold for force potentiation associated with skeletal myosin phosphorylation. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 265, n. 6, p. C1456-C1462, 1993.

WEST, D.J.; OWEN, N.J.; CUNNINGHAM, D.J.; COOK, C.J.; KILDUFF, L.P. Strength and power predictors of swimming starts in international sprint swimmers. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 4, p. 950-955, 2011.

WILSON, J.M.; DUNCAN, N.M.; MARIN, P.J.; BROWN, L.E.; LOENNEKE, J. P.; WILSON, S.M.C.; JO, E.; LOWERY, R.P.; UGRINOWITSCH, C. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 854-859, 2013.

ZAJAC, A.; CHOLEWA, J.; POPRZECKI, S.; WASKIEWICZ, Z.; LANGFORT, J. Effects of sodium bicarbonate ingestion on swim performance in youth athletes. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 8, p. 45-50, 2009.

ZOT, A.S.; POTTER, J.D. Structural aspects of troponin-tropomyosin regulation of skeletal muscle contraction. **Annual review of biophysics and biophysical chemistry**, v. 16, n. 1, p. 535-559, 1987.

APÊNDICE 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido (T.C.L.E.)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (T.C.L.E.)

Convidamos você a participar do projeto intitulado “Efeito agudo de um protocolo específico de potencialização pós-ativação sobre o desempenho na saída de bloco de nadadores competitivos”, sob a orientação do professor Luciano Sales Prado.

OBJETIVOS DA PESQUISA:

Comparar os efeitos agudos de dois protocolos, um específico e um convencional, que induzem a PPA sobre o desempenho na saída de bloco e em um *sprint* de 50 metros.

PROCEDIMENTOS:

A coleta de dados será constituída de três situações experimentais, nas quais serão realizados os protocolos de potencialização pós-ativação e saídas de bloco com os pés desnivelados. Cada situação será realizada em um dia, levando a um total de 3 encontros.

A coleta de dados ocorrerá no Centro de Treinamento Esportivo da UFMG.

RISCOS E BENEFÍCIOS:

A realização deste estudo envolve os riscos gerais relacionados à prática de exercícios físicos. Porém, a frequência com que esses eventos ocorrem em condições controladas, como no caso deste estudo, é mínima. Além disso, vale ressaltar que para a realização dos testes de avaliação serão adotados todos os critérios de segurança relativos a esses procedimentos. A possibilidade da ocorrência de riscos como constrangimento, cansaço ou desconforto durante a prática dos protocolos de potencialização pós-ativação e saídas de bloco serão mínimos ou inexistentes. Os possíveis benefícios da pesquisa estão relacionados ao fornecimento de informações sobre a realização de um diferente protocolo para potencialização da ação de membros inferiores, fazendo com que o repertório de protocolos com esse objetivo seja ampliado.

CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS:

Todos os dados de cada voluntário são confidenciais, sendo que sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso a estas informações que serão utilizadas para fins de pesquisa. Você dispõe de total liberdade para esclarecer questões que possam surgir durante o andamento da pesquisa.

Qualquer dúvida, por favor, entre em contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo. Você poderá recusar-se a participar deste estudo e/ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar. Você também deve compreender que os pesquisadores podem decidir sobre a sua exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais você será devidamente informado.

Não está prevista qualquer forma de remuneração. Você assinará duas vias do termo de consentimento livre esclarecido e receberá uma via que ficará em seu poder.

CONSENTIMENTO:

Eu, _____, RG nº _____ declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

Belo Horizonte, ____ de _____ de 2016.

Assinatura do voluntário: _____

Declaro que expliquei os objetivos deste estudo para o voluntário, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Luiza Ferreira Vieira

Prof. Dr. Luciano Sales Prado

Endereço dos responsáveis pela pesquisa:

Pesquisadores responsáveis: Luciano Sales Prado

Luiza Ferreira Vieira (Aluna de Mestrado)

Instituição: UFMG / Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 – Campus Pampulha – Belo Horizonte, MG

CEP 31270-901

Telefones para contato: (31)3409-2359 e (31) 3409-2326

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa

Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II – 2o andar – Sala
2005
Campus Pampulha – Belo Horizonte, MG
CEP: 31270.901
Email: coep@prpq.ufmg.br
Telefax: (31) 3409-4592.

ANEXO 1 – Carta de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE – 44351715.7.0000.5149

**Interessado(a): Prof. Bruno Pena Couto
Departamento de Esportes
EEFFTO- UFMG**

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 20 de maio de 2015, o projeto de pesquisa intitulado **"Potencialização de membros inferiores e o seu efeito agudo no desempenho de nadadores competitivos na saída de bloco"** bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

A handwritten signature in blue ink, reading 'Telma Campos Medeiros Lorentz', is written over the typed name.

Profa. Dra. Telma Campos Medeiros Lorentz
Coordenadora do COEP-UFMG

ANEXO 2 – Carta de aceite de abstract para 22nd annual Congress of the EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE



22nd annual Congress of the EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE

SPORT SCIENCE IN A METROPOLITAN AREA

5th - 8th July 2017

Ruhr University Bochum, Technical University of Dortmund and University of Duisburg-Essen



European College of Sport Science e.V.

Feldblumenweg 26

50858 Cologne

GERMANY

VAT-ID: DE251715668 - St.Nr.: 223/5905/0216

register of associations: VR12508

Cologne, 05.05.2017

Letter of acceptance

To

Name: LUIZA
Surname: VIEIRA
Institution: UFMG - MG
Department: DEPARTMENT OF SPORTS
Address: AV. ANTÔNIO CARLOS, 6627 - PAMPULHA
31270-901 Belo Horizonte, Brazil
Account-ID: 25781
Registration category: ECSS Member
Amount: 450 €

To whom it may concern

We hereby confirm that the below listed abstract(s) is/are accepted for presentation at the 22nd annual Congress of the European College of Sport Science – ECSS MetropolisRuhr 2017.

Submitted abstracts

Abstr.-ID: 1320, Presentation format: CP-poster, Session name: CP-BN03 - Neuromuscular function 1
Title: Acute effects of a specific post-activation potentiation protocol on swimming start performance of competitive swimmers
Authors: Vieira, L., Pereira, S., Quinan, G., Santos, S., Shang, F., Penna, E., Couto, B., Prado, L.
Institution: Federal University of Minas Gerais
Presentation date: 07.07.2017, 13:00, Lecture room: Berlin/West, No: 1

ANEXO 3 – Abstract submetido

Acute effects of a specific post-activation potentiation (PAP) protocol on swimming start performance of competitive swimmers

Luiza Ferreira Vieira¹, Suzana Matheus Pereira², Gabriel de Resende Quinan^{1,3}, Silvio Soares dos Santos⁴, Felipe Lioe Teh Shang¹, Eduardo Macedo Penna^{1,5}, Bruno Pena Couto¹, Luciano Sales Prado¹

(1. Federal University of Minas Gerais; 2. State University of Santa Catarina; 3. UNIBH; 4. Federal University of Uberlândia; 5. Federal University of Pará)

INTRODUCTION: Performance during the start is determining of overall success in competitive swimming, specially in short-distance events. Preparatory muscle activities prior to the aimed sports action are believed to enhance performance (PAP), and various mechanisms have been proposed to explain this. Furthermore, it is suggested that the specificity of muscle action in the exercise protocol conceived to trigger a PAP may be of relevance. Aim of the present investigation is to test the effectivity of two specific protocols (a specific and a non-specific protocol) designed to achieve a PAP on enhancing swimming performance.

METHODS: Our sample was composed by 5 female and 7 male national level swimmers (age 20.8 ± 3.0 years; height 173.1 ± 6.79 cm; weight 66.5 ± 5.53 kg). They carried out 3 maximal 50 meter crawl sprints in different days, prior to which they underwent 3 different preparatory exercise protocols: a control situation with no prior exercise (Control); a non-specific protocol consisted of 3 sets of isometric squats (Squat) and a specific protocol, in which subjects performed 3 sets of maximal isometric contractions in the start position (attached to a wooden start block) (Specific). The test conditions were randomized. Starts were recorded by cameras placed alongside the pool. Horizontal start velocity and 15 meter swimming time were recorded.

RESULTS: No significant differences were observed in horizontal start velocity between situations. However, after performing the specific preparatory exercises, 15m swimming times were significantly shorter ($p < 0.05$) (Control: $7,221 \pm 0,411$ s; Squat: $7,245 \pm 0,425$ s; Specific $7,148 \pm 0,442$ s).

DISCUSSION: Shorter swimming times were observed after the specific preparatory exercise protocol, even though horizontal start speed showed no alterations. The underwater phase is expected to be influenced by specific start preparatory exercises. Therefore, we also expect that other variables influencing start performance may have changed, like reaction time, distance of the flight phase or impulse, which might explain the improved 15m swimming times.

Keywords: Post Activation Potenciation. Swimming start. Swimming.

References:

Burkett, B, Mellifont, R, and Mason, B. The influence of swimming start components for selected Olympic and Paralympic swimmers. *Journal of Applied Biomechanics* 26: 134–141, 2010.

Evetovich, T. K., Conley, D. S., McCawley, P. F. Postactivation potentiation enhances upper and lower body athletic performance in collegiate male and female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.29, p. 336-342, 2014.