

VANESSA ZADOROSNEI REBUTINI

**SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**EFEITOS DO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO NA SAÍDA DA
NATAÇÃO**



**CURITIBA
2012**

VANESSA ZADOROSNEI REBUTINI

**EFEITOS DO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO NA SAÍDA DA
NATAÇÃO**

Dissertação apresentada como pré-requisito para a obtenção de título de Mestre em Educação Física no Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. ANDRÉ LUIZ FÉLIX RODACKI

A Deus, pois sem Ele nada sou!

Aos meus pais, pela vida e por quem sou. Sou infinitamente grata.

A Patricia e Raphael, que estiveram sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, possuidor da sabedoria, que em sua infinita misericórdia me iluminou e abençoou neste trabalho; Ele foi o fator principal e determinante nesta e em tantas outras etapas da minha vida.

Meus sinceros agradecimentos à minha irmã Patricia e meu cunhado Raphael, pois pouco teria feito sem suas orações, bom humor, boa vontade e grande ajuda! Obrigada pelo apoio incondicional nesta jornada.

Agradeço aos meus pais, Antonio e Estela e a minha avó Sophia, que tudo me proporcionaram para a conclusão deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador André, que com disposição, paciência, bom humor, ânimo, carisma e dedicação direcionou meus pensamentos e me acompanhou neste período atribulado, sempre me animando a prosseguir.

Agradeço às minhas colegas e amigas Rafaella Locks, Paula Born, Priscila Franco, Suelen Goes, Carolina Meister, Larissa Volpi, Karini Borges, Chris Breda e ao amigo Felipe Kutianski. Seu apoio foi fundamental e a mão de obra foi incondicional. Vocês marcaram minha vida!

Aos professores Helio Roesler e Joice Stefanello, que dispuseram do seu tempo para avaliar este trabalho, garantindo o bom andamento. Também a Gleber Pereira e Paulo Bento que o acompanharam.

À BPR Natação e Wellness Ltda. (Gustavo Borges), Ederley Scremen e Rafael Somma pelo apoio. Agradeço, de coração, aos atletas que participaram do estudo, tornado este trabalho possível: sem vocês, NADA aconteceria!

Agradeço a Daniel Dias, ao programa CAPES/REUNI e a todos os alunos e professores envolvidos no programa de pós-graduação.

“Não te mandei eu? Esforça-te, e tem bom ânimo; não pasmes, nem te espantes: porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde tu andares.”

Josué 1:9

RESUMO

A saída de bloco é uma das fases que compõem as provas de natação executadas em piscina. De acordo com a distância da prova, esta fase pode determinar 30% do tempo total de prova e influenciar o resultado da competição. Para melhorar a performance neste movimento, vários estudos tem descrito possibilidades de treinamento, uma destas é a pliometria, que melhora a capacidade contrátil, a força e o impulso. O presente estudo objetivou analisar as alterações na performance da saída de bloco decorrentes de um período de treinamento do salto *squat* horizontal duplo. Dez atletas, 7 homens ($22 \pm 1,42$ anos) e 3 mulheres ($21.33 \pm 7,57$ anos) foram treinados durante 9 semanas, 2 sessões semanais compostas por aquecimento e 15 saltos. Utilizou-se sobrecarga para a execução dos saltos, iniciando em 5% de 1RM e com aumentos de 5% a cada três semanas. Os participantes foram avaliados nos parâmetros de pico de força isométrica máxima, taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima, parâmetros da cinemática e da cinética nos instantes PRE,INI e POS treinamento. Ganhos foram encontrados para o pico de força e a taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima ($p<0.05$), indicando melhora na capacidade contrátil. Houve melhoras para os parâmetros da cinemática (velocidade de saída e entrada na água, pico de velocidade articular e deslocamento do centro de massa na horizontal), que aponta para ganhos na performance do movimento de saída de bloco. Os parâmetros da cinética (força, impulso e ângulo da força resultante) apresentaram modificações ($p<0.05$), possivelmente relacionado à influência da melhora na capacidade contrátil na força aplicada no bloco. Observou-se que houve modificações na trajetória do movimento em virtude da redução do ângulo da força resultante com a horizontal. A identificação dos ganhos obtidos neste estudo é relevante para que técnicos e atletas incluam treinamentos de saltos horizontais para a melhoria do desempenho na saída de bloco, visto que menores ângulos para a força resultante e maiores valores de velocidade e deslocamento de centro de massa na horizontal são associados às melhores performances.

Palavras chaves: saída de bloco, salto *squat*, natação.

ABSTRACT

The blockstart is one of the phases that make up the tests performed in swimming pool. In accordance with the distance of the test, this phase can determine 30% of the total time of testing and induce the outcome of the contest. To improve performance in this movement, several studies have described training possibilities, one of these is plyometrics, which improves contractile capacity, strength and momentum. This study aimed to analyze changes in performance resulting output block of a training period of the double horizontal squat jump. Ten athletes, seven men (22 + 1.42 years) and three women (21:33 + 7.57 years) were trained for nine weeks, two weekly sessions consisting of heating and 15 jumps. Overload for the execution of jumps was used, starting at 5% of 1RM and increases 5% every three weeks.

Participants were evaluated on the parameters of peak of maximal isometric force, rate of maximal isometric force development, parameters of kinematics and kinetics while the PRE, INI and POS training. Gains were found for peak force and rate of maximal isometric force development ($p < 0.05$), indicating an improvement in contractile capacity. There have been improvements to the kinematic parameters (speed input and output water, peak velocity joint and the center of mass offset horizontally) which indicates performance gains in the movement output block. The kinetic parameters (force, momentum and angle of the resultant force) showed changes ($p < 0.05$), possibly related to the influence of the improvement in contractile capacity to the force applied on the block. It was observed that there were changes in the path of movement due to the reduction of the resultant force angle with the horizontal. The identification of the gains obtained in this study is relevant to include training coaches and athletes for the horizontal jumping performance improvement in the output block, since smaller angles to the resultant force and higher values of velocity and displacement of center of mass horizontally are associated with better performances.

Keywords: blockstart; squat jump, swimming.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Diagrama do movimento parabólico para um corpo extenso.....	21
Figura 2.2: Diagrama do movimento bidimensional.....	22
Figura 2.3: Diagrama do vetor do movimento no bloco de partida.....	23
Figura 3.1: Seleção e amostragem do grupo experimental.....	32
Figura 3.2: Desenho experimental do estudo.....	34
Figura 3.3: Curva obtida no teste de contração isométrica voluntária máxima e suas respectivas variáveis.....	36
Figura 3.4: Representação das posições do teste de contração isométrica voluntária máxima, adaptado de Goes et al. (2012).....	38
Figura 3.5: Calibrador bidimensional.....	39
Figura 3.6: Diagrama das marcações corporais utilizadas.....	40
Figura 3.7a: Diagrama do ambiente de coleta e disposição dos materiais.....	41
Figura 3.7b: Configuração da área de coleta.....	41
Figura 3.8: Representação da estrutura do bloco de partida confeccionado para o estudo.....	42
Figura 3.9: Diagrama de representação das variáveis obtidas (azul) e normalizadas (vermelho).....	43
Figura 3.10: Representação do cálculo do impulso.....	43
Figura 3.11: Representação do posicionamento da carga no corpo do atleta..	44
Figura 3.12: Plataforma em madeira para o treinamento dos saltos.....	45

LISTA DE QUADROS E TABELAS

	Página
Quadro 3.1: Quadro de Sholik in Matvéiev (1981).....	35
Quadro 3.2: descritivo das variáveis do estudo.....	46
Tabela 4.1: Características (media +- desvio padrão) físicas, de nado e tipo de saída dos participantes.....	48
Tabela 4.2: Torque isométrico (média+desvio padrão), antes (PRE), imediatamente antes (INI) e após (POS) o treinamento.....	49
Tabela 4.3: Parâmetros cinemáticos da saída do bloco (média+desvio padrão) antes (PRE), no início (INI) e ao final do treinamento (POS).....	50
Tabela 4.4- Parâmetros cinéticos da saída do bloco (média+desvio padrão) antes (PRE), no início (INI) e ao final do treinamento (POS).....	51

LISTA DE ABREVIATURAS

PRE – instante de avaliação antes do período controle
INI – instante de avaliação antes do período de treinamento
POS – instante de avaliação após o período de treinamento
Txj – taxa de desenvolvimento da força isométrica máxima do joelho
Txq – taxa de desenvolvimento da força isométrica máxima do quadril
PTj – pico da força isométrica máxima do joelho
PTq – pico da força isométrica máxima do joelho
CMx – deslocamento do centro de massa na direção horizontal
CMy – deslocamento do centro de massa na direção vertical
VSx – velocidade de saída de bloco na direção horizontal
VSy – velocidade de saída de bloco na direção horizontal
VS – velocidade resultante de saída de bloco
VEx – velocidade de entrada na água na direção horizontal
VEy – velocidade de entrada na água na direção vertical
VE – velocidade de entrada na água
AS – ângulo de saída de bloco
AE – ângulo de entrada na água
AQ – ângulo interno do quadril, no instante da entrada na água
PVjD – pico de velocidade articular de joelho (direito)
PVjE – pico de velocidade articular de joelho (esquerdo)
PVq – pico de velocidade articular de quadril
PFy – pico de força de reação de solo da direção ântero-posterior
PFz – pico de força de reação de solo da direção vertical
PF – pico de força resultante de reação de solo
Im – impulso
AF – ângulo da força resultante de reação de solo com a horizontal
F – Força (N)
SV – saltos verticais
SSHD – salto *squat* horizontal duplo

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 HIPÓTESES.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 A Natação.....	15
2.1.1 A saída	18
2.1.2 As técnicas de saída	20
2.1.3 A saída de bloco sob o olhar da física.....	21
2.2 Melhoria da performance da saída.....	24
2.2.1 Treinamento de saída propriamente dito.....	24
2.2.2 Treinamento resistido e variações.....	25
2.2.3 Treinamento de saltos	25
2.3 Pliometria	27
2.3.1 O contra-movimento	28
2.3.2 A pliometria e a saída de bloco	29
3 METODOLOGIA.....	18
3.1 Amostra	18
3.2 Procedimentos	33
3.2.1 Teste de repetições máximas no agachamento	34
3.3 Sessões de avaliação.....	35
3.3.1 Teste de contração isométrica voluntária máxima	35
3.3.2 Avaliação dos parâmetros da cinemática	38
3.3.2.1 Teste de saída e esforço máximo em 15m no nado crawl	40
3.3.3 Avaliação dos parâmetros da cinética	42
3.4 O treinamento de saltos	44
3.5 Variáveis do estudo	45
3.5 Tratamento Estatístico	47
4 RESULTADOS	48
4.1 Caracterização da Amostra	48
4.2 Variáveis de torque.....	48
4.3 Variáveis cinemáticas	49

4.4	Variáveis da cinética.....	50
5	DISCUSSÃO	48
5.1	Pico de torque de força isométrica máxima.....	48
5.2	Taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima	53
5.3.	Deslocamento horizontal e vertical do centro de massa	54
5.4	Velocidades de saída do bloco e de entrada na água.....	55
5.5	Picos de velocidade angular de quadril e joelho	57
5.6	Forças horizontal, resultante e ângulo da força resultante.....	58
5.7	Impulso.....	59
5.8	Considerações	60
6	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS.....	63
	APÊNDICES.....	72

1 INTRODUÇÃO

O alto rendimento esportivo é resultado da soma de vários fatores que influenciam a performance. Atualmente, os resultados da natação competitiva de alto nível dependem de diferenças muito pequenas que determinam décimos ou centésimos de segundos (HUBERT *et al.*, 2005). Nessa perspectiva, torna-se importante analisar os fatores intervenientes mais relevantes em cada fase da prova, a fim de obter melhores desempenhos.

As provas de natação podem ser divididas em uma fase acíclica e outra cíclica. A fase acíclica engloba as saídas, viradas e chegadas, enquanto a fase cíclica considera o nado propriamente dito (MARCON, 2001). Na fase acíclica, o movimento de saída de bloco pode corresponder a uma fração significativa do tempo total de uma prova, até 26% de acordo com a distância e tipo de prova (MAGLISCHO, 2003).

A melhoria da performance da saída do bloco pode ser obtida através de várias estratégias que compreendem o treinamento de saídas propriamente dito (BLANKSBY *et al.*, 2002; GALBRAIT *et al.*, 2008), o treinamento resistido (BREED; YOUNG, 2003) e o treinamento de saltos, que incluem o movimento de salto vertical (LEE *et al.*, 2001; DAVIES *et al.*, 2007).

O treinamento de saltos verticais (SV) tem sido frequentemente empregado para a melhoria da saída do bloco e tem recebido ampla atenção da literatura (BISHOP *et al.*, 2009; POTDEVIN *et al.*, 2011). Sua utilização na natação deve-se pelos resultados obtidos em outras modalidades esportivas, que apresentam movimentos de saltos em diversas direções e movimentos de potência. Nestes estudos, evidencia-se a capacidade do treinamento de SV em aprimorar a capacidade dos membros inferiores em gerar elevados níveis de força e potência (TSALI *et al.*, 1999; SLEIVERT; TAINGAHUE, 2004; MARKOVIC, 2007; MARKOVIC *et al.*, 2007), que são pré-requisitos para a melhora da performance dos movimentos de salto.

A saída de bloco é descrita como um movimento de potência, um salto para cima e para frente que tem como objetivo percorrer a maior distância com a maior velocidade (MAGLISCHO, 2003). Tal fato justifica a aplicação do

treinamento de SV, porém, o movimento de SV não considera a característica do deslocamento na direção horizontal. A ausência do vetor horizontal no treinamento de SV é apontada fator limitante, pois os ganhos em força e potência adquiridos não são transferidos para o movimento de saída (LEE et al., 2001; DAVIES *et al.*, 2007).

A eficiência dos métodos de treinamento aplicados para a saída do bloco, que não são realizados a partir do próprio movimento de saída, é determinada pela transferência dos ganhos adquiridos para o movimento propriamente dito (DAVIES *et al.*, 2007). Neste sentido, sugere-se que o controle do vetor horizontal do centro de massa (CM) é necessário para garantir a otimização da força empregada pelo atleta para a horizontal, indicando a associação deste vetor ao treinamento de saltos em terra. Tal otimização na força pode resultar na redução do ângulo de sua aplicação em relação à horizontal, e na modificação da trajetória a favor da direção horizontal.

Portanto, o presente estudo tem por objetivo analisar as alterações na performance da saída de bloco decorrentes de um período de treinamento do salto *squat* horizontal duplo, em que o vetor resultante dos movimentos saltos verticais aproxima-se daquele observado durante a saída do bloco.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente estudo objetivou analisar as alterações na performance da saída de bloco decorrentes de um período de treinamento do salto *squat* horizontal duplo (SSHD).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as alterações nos valores de força isométrica máxima e na taxa de desenvolvimento desta força decorrentes do treinamento do SSHD;
- Analisar a influência do treinamento do SSHD sobre as variáveis cinemáticas e cinéticas (espaciais e temporais) da saída de bloco;

1.2 HIPÓTESES

H_1 : Haverá adaptações que conduzirão a aumentos no pico da força isométrica máxima após o período de treinamento de SSHD.

H_2 : Haverá adaptações que conduzirão a aumentos na taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima após o período de treinamento de SSHD.

H_3 : Haverá diferenças nas variáveis cinemáticas que descrevem o movimento de saída de bloco, decorrentes do treinamento de SSHD.

H_4 : Haverá diferenças nas variáveis cinéticas que descrevem o movimento de saída de bloco, decorrentes do treinamento de SSHD.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Natação

Em seu desenvolvimento, o homem necessitou deslocar-se em meio aquático para sobrevivência. Dos movimentos básicos, coordenação fundamental e no surgimento da natação enquanto prática, os primeiros passos foram em direção à diferenciação e aperfeiçoamento dos estilos (FERNANDES; LOBO DA COSTA, 2006), buscando uma melhora no desempenho dos nadadores e na técnica utilizada.

A aplicação desse esporte começou em um momento utilitário, uma ferramenta para a sobrevivência; passou (e passa) por uma idéia de prática para o bem-estar e também na prática competitiva, em que as frações de segundos são consideradas como elementos classificatórios (CBDA, 2007).

Dentro do prisma da performance, define-se que esta se divide em três etapas distintas: a saída, o nado e a virada (HAY, 1981). Destaca-se nesse estudo a primeira delas, a saída, que pode representar até 26,1% do tempo total de uma prova conforme sua distância (COSSOR; MANSON, 2001). Com a finalidade de rendimento, utiliza-se duas técnicas de saída: a de agarre e a de atletismo (OLIVEIRA *et al.*, 2002; MAGLISCHO, 2003). Entre as técnicas nota-se diferenças na execução e a predominância da técnica de atletismo, (MAGLISHO, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2002).

Como o tempo de saída do bloco pode representar uma fração significativa do tempo total de determinadas provas e os esforços desprendidos nesta etapa podem influenciar as demais etapas (TAKEDA *et al.*, 2009), vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de potencializar as técnicas e aperfeiçoar as execuções na busca de melhores resultados (PEREIRA *et al.*, 2005).

2.1.1 A saída

Em uma abordagem global, divide-se o movimento da saída em dois estilos: saída pranchada e carpada (WILKE; MADSEN, 1990). A saída pranchada é comum em alunos que ainda não dominam a técnica, que estão em fase de aprendizagem. A saída carpada é um movimento mais fino realizado com a finalidade de alcançar o ponto mais longe possível em um meio menos resistivo, observado em competições e executado por nadadores que dominam os gestos motores do movimento e o executam com a finalidade de rendimento (MAGLISHO, 2003).

Atualmente, com a finalidade de rendimento, utilizam-se duas técnicas de saída: a saída de agarre e a de atletismo (uma modificação da saída de agarre: os pés e pernas ficam mais separados, numa posição ântero-posterior). Esses tipos de saída são mais populares em relação às saídas desenvolvidas antes delas (OLIVEIRA *et al.*, 2002). A saída é dividida em fases: posição preparatória, empurrada, impulso no bloco, vôo, entrada, deslizamento e saída para o nado (MAGLISHO, 2003).

Na fase de posição preparatória, ao comando de “aos seus lugares”, o nadador se move em direção à sua posição preparatória em pé, sobre o bloco, e assume posição de partida. Nesta posição ele coloca os pés ligeiramente afastados, dedos curvados sobre a borda da frente do bloco, joelhos e quadril ligeiramente flexionados e a cabeça, pescoço e tronco inclinados à frente: flexiona todos os segmentos uns sobre os outros. Os braços se posicionam estendidos quase que verticalmente para baixo, com as mãos agarrando a borda da frente da plataforma de saída (HAY, 1981), ou serão levados para a lateral, dependendo do desequilíbrio habitual de cada nadador (MASSAUD & CORREA, 2003). O peso do corpo é levado pra frente, conservando uma margem de segurança, com variações na posição do tronco (CATTEAU, 1990). A flexão de pernas é menor e a flexão do tronco é muito mais acentuada na saída de agarre, permitindo que as mãos segurem na beirada anterior da plataforma de saída (CATTEAU, 1990).

As fases de empurrada e impulso no bloco ainda recebem influência do comportamento do nadador sobre o bloco e acontecem depois do sinal de saída. Estas fases começam com um período de latência, tempo necessário para o nadador perceber o sinal e reagir a ele. Este tempo varia de um indivíduo para o outro, mas pode ser reduzido com o treinamento (MAGLISCHO, 2003). Então acontece o desequilíbrio, uma queda controlada que pode ocorrer com o auxílio dos braços para potencializar o movimento (BREED; YOUNG, 2003). Esta queda permite levar o centro de gravidade para frente dos pontos de apoio e tirar melhor proveito do impulso. Nesse movimento o corpo vai girar em torno de um ponto fixo ideal representado pela aresta da plataforma de saída (CATTEAU, 1990) ou sobre um eixo que passa por seus tornozelos ou pés (HAY, 1981). Então, há a intensificação na flexão dos segmentos e o aumento na tensão dos músculos extensores para gerar força, e tal processo culmina na impulsão de saída (com a extensão simultânea de membros), enfatizando a necessidade da transmissão integral das forças dos membros inferiores ao tronco (COLWIN, 2000). A extensão das costas e a flexão da cabeça contribuem para o alinhamento vertebral e para a elevação dos braços, que atuam de uma maneira importante ao aumentar a pressão do corpo sobre o plano e, por sua vez, a impulsão das pernas (CATTEAU, 1990). As demais fases se desenvolvem como consequência dos movimentos feitos no bloco, e as alterações nestes padrões de movimento se dão por intenção do nadador em mudar as características, ou por falta de controle corporal (CATTEAU, 1990; MAGLISCHO, 2003).

Verifica-se que outros fatores podem influenciar as modificações na performance da saída. Há influência dos aspectos estruturais como a construção dos blocos de partida, que a inclinação e a altura (PEREIRA *et al.*, 2005) podem alterar os resultados obtidos por modificar a velocidade, o ângulo e o deslocamento (VINT *et al.*, 2009). Para esse quesito existe uma breve descrição de norma na regulamentação da federação internacional, que define a variações de inclinação e altura (FINA, 2009).

2.1.2 As técnicas de saída

São duas as técnicas mais utilizadas nas competições atualmente: a técnica de agarre e a de atletismo. A saída de agarre é dividida nas fases definidas por Maglischo (2003). Os pés são paralelamente dispostos na extremidade anterior do bloco de partida, proporcionando maior estabilidade em decorrência da área de apoio completo dos pés no bloco, maior ângulo de saída em virtude do maior direcionamento vertical, maior tempo de bloco e maior geração de impulso (VANTORRE *et al.*, 2010).

A técnica do tipo atletismo possui as mesmas fases já definidas e diferencia-se da técnica de agarre pelo posicionamento ântero-posterior dos pés no bloco de partida (um pé apoiado na extremidade anterior e o outro na posterior, esse último apenas toca o bloco com a porção do ante-pé). Quanto à ênfase no apoio, pode-se direcionar o apoio na região posterior para haver mais estabilidade, pois o atleta começa o movimento na propulsão do corpo pelo pé anteriormente posicionado (MAGLISCHO, 2003). Porém, tal posicionamento resulta em similaridades com a saída de agarre nas características de tempo de bloco e de velocidade na entrada da água (VILAS BOAS, 2000). O posicionamento inverso, apoio na região anterior do bloco, diminui o tempo de reação devido à ausência da transposição ântero-posterior do peso e um maior direcionamento do movimento à frente devido ao menor ângulo de saída (ISSURIN; VERBITSKI, 2002).

As diferenças na execução entre as duas técnicas são investigadas há anos (GUIMARÃES; HAY, 1985; PALMER, 1990). Atualmente, afirma-se que as diferenças de execução e comportamento de todas as variáveis que descrevem o movimento não são conclusivas e ainda precisam ser estudadas (MILLER *et al.*, 2002; JORGIC *et al.*, 2010). Para tal, sugere-se que as buscas se efetivem na compreensão do comportamento do movimento e nas possibilidades de melhorias (BLANKSBY *et al.*, 2002; WELCHER *et al.*, 2008), pois demonstra-se que a saída de bloco determina uma influência importante a ser transmitida às outras fases dos nados (TAKEDA *et al.*, 2009).

2.1.3 A saída de bloco sob o olhar da física

O corpo humano é constituído pelos esqueletos axial e apendicular. Os movimentos executados pelo corpo humano são constituídos por um conjunto de ações ou movimentos tridimensionais combinados (WATKINS, 2001). Devido às dimensões do corpo humano, os movimentos tridimensionais podem ser descritos pela física através da representação de um corpo extenso, pela localização do centro de massa de cada pedaço que o compõe (TIPPLER, 1993).

O movimento da saída do bloco é aproximado ao de uma trajetória parabólica (PALMER, 1990) e pode ser fisicamente calculado pelo modelo de lançamento de projéteis ou lançamento oblíquo, que é aplicável ao movimento de uma partícula (TIPPLER, 1995). Porém, as dimensões do corpo humano assemelham-se a um corpo extenso e considera-se que o atleta tem a capacidade de transladar e rotacionar durante o movimento de saída do bloco (MAGLISCHO, 2003). O centro de massa, indicado pelo ponto vermelho na figura 2.1, descreve um arco de parábola, comportando-se exatamente como um corpo puntiforme. Mas o corpo como um todo, que é um corpo extenso, gira ao redor do centro de massa. Entende-se então dois movimentos distintos, o parabólico (de translação do centro de massa) e o de rotação (giro ao redor do centro de massa) (TIPPLER, 1995).

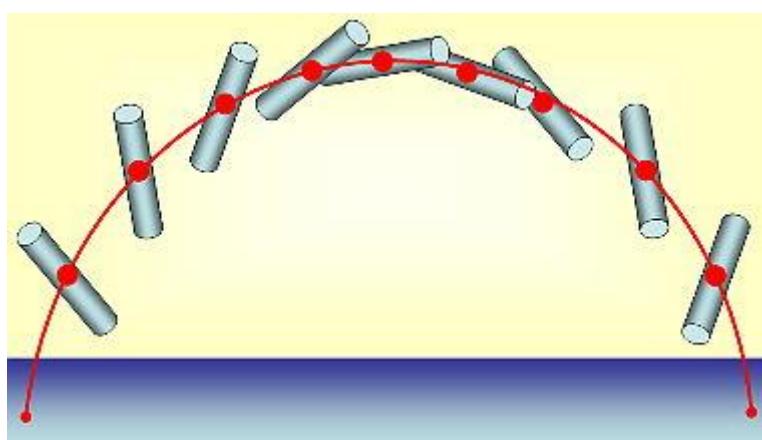


Figura 2.1: Diagrama do movimento parabólico para um corpo extenso.

A maior ou menor rotação no corpo resultará em mais ou menos voltas enquanto constrói-se a mesma parábola, moldada pela gravidade. Em outras

palavras, o movimento de translação não depende do movimento de rotação (TIPPLER, 1995).

Uma vez que o atleta saltou, velocidade inicial que forma um ângulo com a horizontal, a parábola está irremediavelmente definida e o tempo de vôo determinado, então o atleta deve executar os movimentos específicos do salto com a possibilidade dos movimentos rotacionais (TIPPLER, 1993). O domínio da técnica do salto reduz as movimentações durante a fase de voo e as rotações enquanto o centro de massa executa a parábola definida e desenhada pela gravidade frente aos parâmetros do salto (MAGLISCHO, 2003). Ao considerar a definição da parábola segundo a aplicação da técnica de salto, aproxima-se o movimento à situação ideal e despreza-se o movimento rotacional. Pelas características, o movimento de salto do bloco de partida pode ser associado a uma situação particular do modelo de lançamento de projéteis, pois consiste sair de uma altura “ h ” sobre um plano horizontal com velocidade inicial V_0 , fazendo um ângulo “ θ ” com a horizontal (figura 2.2).

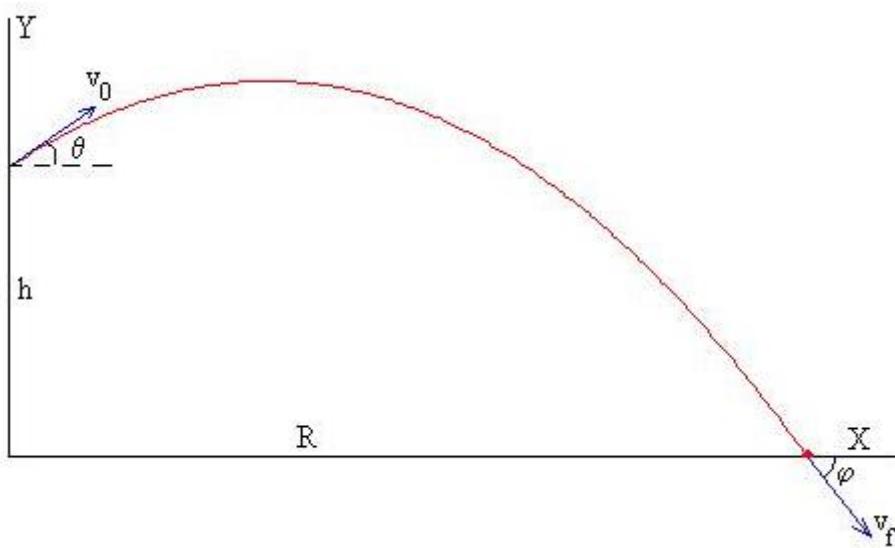


Figura 2.2: Diagrama do movimento bidimensional.

O instante inicial é o único momento em que o nadador executa uma aceleração propulsiva, movimentando-se na tentativa de desprender-se dele (MAGLISCHO, 2003). A partir desse instante, o nadador (projétil) estará sob efeito das forças por ele geradas no bloco (figura 2.3) e da aceleração da gravidade (desprezando a resistência do ar e outras forças dissipativas)

(TIPLER, 1995). Na ação propulsiva o atleta utiliza a pressão exercida pelos pés contra o bloco (salto), pelas mãos no bloco (aproximar o corpo do bloco, aumentando a fase excêntrica) e ação provocada pela ação dos braços quando jogados à frente como fontes de força (VINT *et al.*, 2009). Porém, considera-se essas três ações propulsivas como uma força resultante, um vetor de aceleração no movimento.

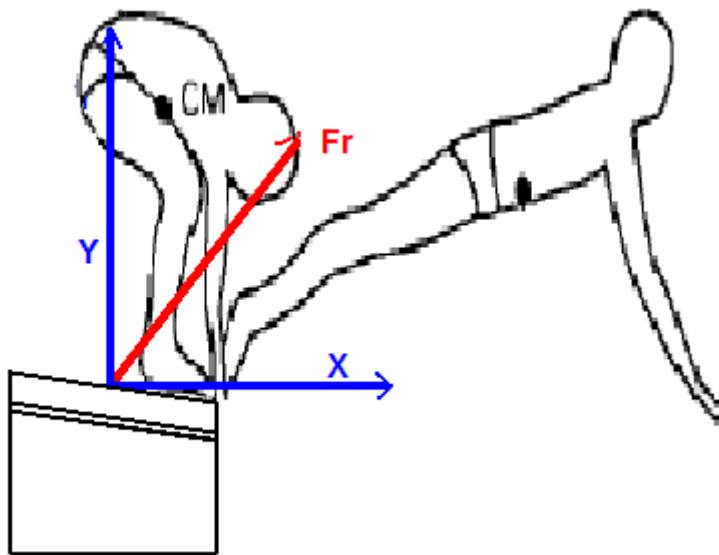


Figura 2.3: diagrama do vetor do movimento no bloco de partida.

Como no lançamento oblíquo, o lançamento de projéteis é caracterizado por dois movimentos simultâneos em direções perpendiculares (HALLIDAY *et al.*, 1996). Segundo o princípio de Independência de Movimentos proposto por Galileu, o movimento do nadador é bidimensional, sendo independentemente realizado nas direções horizontal (X) e vertical (Y): movimento uniforme e movimento uniformemente variado, respectivamente (HALLIDAY *et al.*, 1996).

Considerando a natureza dos movimentos nos eixos, observamos características importantes no comportamento das variáveis de velocidade e aceleração. O movimento uniforme, realizado na direção horizontal, possui velocidade constante a partir do valor inicial e aceleração nula. O movimento uniformemente variado, realizado na direção vertical, é realizado sob influência da aceleração da gravidade (g) que atrai os corpos em direção ao solo: isto resulta em um movimento progressivo retardado para cima, até o instante em que a velocidade seja nula, e retrógrada acelerada para baixo - tendo como

referência positiva o sentido do vetor da velocidade de lançamento (TIPLER,1995).

2.2 Melhoria da performance da saída

A saída de bloco para nados ventrais é um movimento que acontece nos dois meios. Na busca por melhores resultados, alguns estudos têm mostrado opções de treinamento para melhorar a performance deste movimento, como o treinamento de saídas propriamente dito, o treinamento resistido e o treinamento de saltos

2.2.1 Treinamento de saída propriamente dito

A diferença da execução de gestos motores nos meios aquático e terrestre é uma das maiores dificuldades para os treinadores de modalidades aquáticas (WILKE; MADISEN, 1990). Desta forma, o treinamento mais aceito como eficaz pelos técnicos é o realizado dentro da água.

Com o intuito de analisar as variações nas características da saída de bloco habitual e da aprendizagem de uma variação desta, Galbrait et al. (2008) treinou uma variação da técnica de atletismo em um grupo de nadadores de elite. Foram realizadas 4 semanas de treino, com 3 sessões de 30 minutos em cada uma: demonstrou que a aprendizagem da nova técnica, mesmo em uma população experiente, apenas melhorou os parâmetros já existentes, sem apresentar ganhos para a variação treinada em virtude do treinamento.

O treinamento específico também foi aplicado em atletas de elite durante 14 sessões compostas de 15 saídas de bloco, distribuídas em 5 saídas da técnica preferencial do atleta e 10 de uma técnica estipulada. Constatou-se uma melhora na performance dos atletas independente da técnica utilizada, comprovando a necessidade de implementar treinos específicos do movimento (BLANKSBY et al., 2002).

2.2.2 Treinamento resistido e variações

O treinamento resistido é uma das formas mais diretas de ação sobre o ganho de força (KRAEMER; RATAMESS, 2004). Porém, ao considerar as particularidades existentes no gesto motor de uma modalidade, este tipo de treinamento será eficiente se adaptações musculares específicas ao gesto e estímulo pretendido (CORNIE *et al.*, 2010).

Com o intuito de estabelecer a eficácia do treinamento resistido na saída de bloco, 9 semanas de treinamento resistido foram aplicados em mulheres praticantes de natação, que anteriormente executaram 8 semanas de treinamento de saída de bloco. Observaram melhoras nos testes realizados em terra (saltos), porém não obtiveram diferenças para o movimento de saída do bloco: tal fato indica que os ganhos obtidos na impulsão vertical não foram transferidos para o movimento no bloco de partida, sugerindo a necessidade de praticar os mergulhos para treinar as propriedades neuromusculares alteradas (BREED; YOUNG, 2003).

2.2.3 Treinamento de saltos

A ação propulsiva dos membros inferiores durante um salto vertical tem sido considerada apropriada para determinar as características explosivas desta região (MARKOVIC *et al.*, 2004). Demonstra-se que os saltos são utilizados por técnicos e treinadores com o intuito de melhorar a capacidade de movimento dos membros inferiores (MARKOVIC, 2007; MARKOVIC *et al.*, 2007). Dentre os tipos de saltos utilizados como treinamento para melhorar capacidades importantes para diversas modalidades, ressalta-se aqui o *squat jump* (salto *squat*) e o *countermovement jump* (salto com contra-movimento) (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998).

Quanto à utilização dos saltos na natação, vários estudos compararam as características biomecânicas dos saltos e da saída de bloco (WELCHER *et al.*, 1999; GEHLLSEN; WINGFIELD, 1998; GAMBREL *et al.*, 1991). Utilizou-se a

cinemática para demonstrar que a característica de posição de membro inferior na saída de agarre é similar ao salto *squat*, que o procedimento de saída é similar ao salto com contra-movimento e que o padrão de movimento de membros inferiores é similar aos dois tipos de salto (LEE *et al.*, 2001). Tais características podem produzir ganhos na força horizontal para a saída de bloco, mas outros estudos são necessários para tal conclusão.

Squat Jump é um estilo de salto vertical que parte da posição imóvel de meio agachamento, com as mão na cintura e uma forte e rápida extensão dos membros inferiores (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998). Verifica-se que este salto é uma das possibilidades dentre as técnicas de treinamento utilizadas para um movimento de potência (DA CRUZ, 2003), porém não apresenta contra-movimento (LEE *et al.*, 2001). Entende-se contra-movimento como o pré-estiramento das fibras dos membros inferiores para amplificar a geração de aceleração e potência na direção pretendida (WATKINS, 2001).

Estudos comprovam a relação entre o treinamento deste tipo de salto e a melhora na execução de movimentos que demandam potência, como corrida de curta duração e saltos de diversas modalidades (TSAI *et al.*, 1999; SLEIVERT & TAINGAHUE, 2004). No entanto, quando os movimentos também incluem vetores horizontais, indica-se a aplicação direta destes vetores no treinamento do salto *squat* (salto *squat* horizontal) (LEE *et al.*, 2001). Considerando que o salto *squat* também não possui características de contra-movimento, opta-se pela associação com a pliometria, adicionando um salto logo após a aterrissagem do salto *squat*: o salto duplo. Tais aplicações podem resultar em significativa relação entre a potência produzida no movimento específico e no salto *squat* horizontal (MAULDER; CRONIN, 2005).

A descrição do salto *squat* horizontal é similar à descrição do movimento de saída do bloco, pois ambos necessitam de potência, da capacidade de realizar força no mais curto período de tempo (DA CRUZ, 2003); porém encontra-se algumas diferenças, como a aterrissagem com as mãos, a inversão da orientação corporal e uma fase curta de contra-movimento (MAGLISCHO, 2003).

Considera-se a orientação corporal como uma especificidade da saída de bloco que não se opõe ao propósito da fase de propulsão do salto *squat*. Verifica-se na literatura que para a análise do contra-movimento treina-se a fase excêntrica da contração, que pode ser por meio de saltos como o com contra-movimento (CMJ) ou pliometria (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998; BISHOP *et al.*, 2009; POTDEVIN *et al.*, 2011). A associação do salto de contra-movimento com o *squat* descreveria o movimento de saída (LEE *et al.*, 2001). Considerando a pliometria, há diversas aplicações desta em treinamento (GEHRI *et al.*, 1998). A associação com o salto *squat* horizontal, como o proposto nesse estudo e testado em outros que comparam suas características em relação ao salto para cima (MAULDER, CRONIN; 2005), pode propiciar maior aproximação com as requisições da saída de bloco da natação.

2.3 Pliometria

Muitos movimentos como correr, saltar e lançar envolvem ações musculares em que o movimento desejado é precedido por um movimento na direção oposta. Isto acontece quando os músculos são pré-esticados antes de encurtamento na direção desejada. Estudos têm demonstrado que o pré-estiramento aumenta a produção de força e o trabalho dos músculos no movimento subsequente (LINTHORNE, 2001).

Este alongamento ou estiramento refere-se à dinâmica do ciclo alongamento-encurtamento, com movimentos similares aos adotados nas ações esportivas (YOUNG, 1991). O treinamento pliométrico tradicional é utilizado para melhorar a capacidade de ação deste mecanismo com a aceleração e desaceleração de pesos com a sobrecarga de atividades dinâmicas, tais como saltos sequenciais no plano, saltos de profundidade, barrancos (THOMAS; 1988; DAVIES *et al.*, 2007; MARKOVIC *et al.*, 2007) e com variações em intensidade e volume (SANKEY *et al.*, 2008). A pliometria relaciona força e potência musculares (ADAMS, 1985) associando fortes contrações musculares à rápida adaptação na dinâmica de carga e ao alongamento dos músculos envolvidos (DAVIES *et al.*, 2007; MARKOVIC, 2007).

Exercícios pliométricos evocam propriedades elásticas das fibras musculares e do tecido conjuntivo de uma maneira que permite que o músculo armazene mais energia durante a fase de desaceleração que durante o período de aceleração (RAHIMI; BEHPUR, 2005). Aponta-se para a natureza dinâmica desta formação, que é propícia para aumentar a eficiência neuromuscular ao facilitar o reflexo de estiramento (O'SHEA, 1985), permitindo a transferência de potência em outros movimentos biomecanicamente similares que requerem um forte impulso a partir dos quadris e coxas, como outras variações de salto e a corrida (RAHIMI; BEHPUR, 2005). Tais conclusões vão de encontro a estudos que indicaram que o mecanismo de capacidade de saltar melhor após o treinamento de saltos com contra-movimento é melhorada em virtude do componente contrátil ao invés de desempenho do componente elástico (GHERI *et al.*, 1998).

2.3.1 O contra-movimento

O ato de saltar é geralmente precedido por um contramovimento, que pode ser descrito como uma flexão rápida dos joelhos associada ao movimento do centro de massa do corpo para baixo e para cima (HARMAN *et al.*, 1990). O contramovimento utiliza o ciclo de alongamento-encurtamento (CAE) do músculo (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998; BISHOP *et al.*, 2009; POTDEVIN *et al.*, 2011). Neste ciclo, o alongamento das fibras na fase excêntrica armazena energia elástica, que é, em parte, liberada durante a contração muscular concêntrica imediatamente subsequente (HARMAN *et al.*, 1990; DAVIES *et al.*, 2007). O CAE é um mecanismo fisiológico que tem a função de aumentar o “output” motor em movimentos que utilizem ações musculares excêntricas, seguidas imediatamente, por ações musculares concêntricas (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998).

Entende-se que a dinâmica de pré-estirar os músculos potencializa os ganhos no movimento por acumular energia na fase de alongamento, que permite ao músculo reutilizá-la no estágio seguinte, construindo um maior nível de estado ativo de força, aumentando a capacidade de produzir trabalho para uma

mesma tarefa de contração (HARMAN *et al.*, 1990; BOBBERT *et al.*, 1996; BISHOP *et al.*, 2009; POTDEVIN *et al.*, 2011). Tais mecanismos podem se configurar na dinâmica intracelular (pontes cruzadas e miofilamentos), intramuscular (aponeuroses e tecidos) e nas estruturas extramusculares (tendões), em dinâmicas isoladas ou na associação destas (HUIJING, 1992).

Alguns autores encontraram que o acúmulo de energia potencial elástica está baseado em duas estruturas proprioceptivas auxiliares no controle do movimento: os fusos musculares e os órgãos tendinosos de Golgi (PIRES *et al.*, 2011). Primeiramente, os fusos musculares são responsáveis pela detecção do grau de alongamento músculo-tendinoso, onde, a partir de determinado limiar, existe uma ação muscular reflexa, concêntrica ou isométrica, como forma de proteção da estrutura a um alongamento excessivo e rápido. Os órgãos tendinosos de Golgi são responsáveis pela detecção do grau de tensão muscular e suas respostas reflexas causam o relaxamento do músculo ou músculos envolvidos na tarefa (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998; DE SOUZA *et al.*, 2010; PIRES *et al.*, 2011).

2.3.2 A pliometria e a saída de bloco

Os efeitos do ciclo estira-encurtamento são identificados no movimento de saída do bloco no instante em que o nadador realiza os primeiros movimentos para sair do bloco, deslocando o centro de massa para baixo e para cima, logo após o sinal de partida (MAGLISCHO, 2003). Pelas características do trabalho pliométrico, por ser realizada em velocidades mais altas do que os métodos tradicionais de treinamento de peso, aumentando a sua especificidade para o desempenho competitivo (YOUNG, 1991), estudos procuraram identificar os efeitos da pliometria na saída de bloco da natação.

Davies *et al.* (2007) treinaram um grupo de 14 atletas por seis semanas, com 3 treinos semanais composto por sessões de treinamento pliométrico de intensidade moderada. Os atletas foram avaliados por testes de salto vertical e de saída de bloco seguida de 5m de nado. Concluiu-se que o treinamento melhorou a performance do salto vertical, pois os atletas conseguiram alcançar

maiores distâncias. Porém, não foi eficiente para melhorar as variáveis da saída de bloco.

Houve tentativas de treinamento que combinaram o treinamento pliométrico e o treinamento habitual de saltos do bloco, simulando a saída de prova. Com a aplicação de 8 semanas de treinamento habitual, parte do grupo foi submetida ao treinamento pliométrico. Houve diferenças significativas para o grupo treinado com pliometria para as variáveis analisadas, apontando melhora na performance do salto (BISHOP *et al.*, 2009).

Seguindo a mesma proposta, aplicou-se 6 semanas de treinamento pliométrico para avaliar as diferenças em relação ao treinamento habitual das técnicas de natação. Observou-se efeitos positivos da pliometria nos movimentos de saída e virada, sugerindo a inclusão deste tipo de treinamento na periodização de atletas de natação (POTDEVIN *et al.*, 2011).

A diferença entre os meios aquático e terrestre, bem como a dinâmica da saída de bloco (salto em membro inferior e aterrissagem em membro superior), frequentemente apresentam-se como fatores limitantes na prescrição de treinamento, limitando os ganhos adquiridos com os trabalhos propostos. Apesar dos estudos já realizados sobre o treinamento de saída de bloco mostrarem, cada um em sua abrangência, pontos positivos para a sua aplicação, ainda são necessário estudos que apresentem possibilidades de treinamento em terra que se aproximem das características do movimento propriamente dito.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo visa demonstrar os procedimentos metodológicos empregados no estudo. Inicialmente, a composição da amostra e os critérios de seleção serão apresentados. Em seguida, os procedimentos experimentais serão detalhados. Após os procedimentos experimentais, apresentam-se as avaliações aplicadas no estudo, as variáveis observadas e os procedimentos estatísticos adotados.

3.1 Amostra

Foram convidados os atletas pertencentes às cinco maiores equipes de clubes e academias da cidade de Curitiba que participavam das principais competições do calendário da federação local (FDAP – Federação de Desportos Aquáticos do Paraná) no ano de 2010. Após o contato inicial, os atletas que se interessaram em obter maiores informações sobre o estudo foram convidados a participar de uma reunião de esclarecimento acerca dos procedimentos. Aqueles que, após a reunião, se prontificaram a participar assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 7) previamente aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal do Paraná (CEP/SD 1085.010.11.03; CAAE 0009.091.000-11, de 11 de abril de 2011).

Foi selecionada a equipe que apresentou o maior número de voluntários (40). Utilizou-se este critério de exclusão devido ao controle das variáveis intervenientes relacionadas ao treinamento específico, dentro da água. Desta forma, todos os atletas foram submetidos aos mesmos estímulos de treinamento específico, o que contribuiu para a homogeneidade da amostra.

Foram excluídos aqueles com idade inferior a 16 anos, com o intuito de eliminar as variações maturacionais; os que não treinavam ou participavam do calendário oficial de competições há pelo menos um ano; que eram especialistas no nado costas, que por especificidade não treinavam ou

competiram nadando com saída ventral; que apresentaram contra-indicações absolutas ou relativas aos protocolos de testes ou ao treinamento, como lesões, dores articulares em membro inferior e coluna, impossibilidade de comparecer ao treinamento ou aos testes. Dentre os quarenta atletas que concordaram em participar, 26 foram excluídos por não atender aos critérios do estudo. Quatorze participantes que iniciaram o estudo, porém 4 desistiram por motivos diversos (dores nos joelhos e na lombar).

O estudo foi conduzido com 10 atletas, 7 homens ($22 \pm 1,42$ anos; $69,8 \pm 4,83$ kg; $1,78 \pm 0,06$ m) e 3 mulheres ($21,33 \pm 7,57$ anos; $59,92 \pm 2,93$ kg; $1,70 \pm 0,05$ m) (Figura 3.1). Os participantes são atletas experientes e apresentam resultados expressivos, como colocações de destaque no Campeonato Brasileiro de 2010-2011 (entre os 5 primeiros), finalista do troféu José Finkel 2010-2011, recordista Sul-Brasileiro na categoria absoluto e por faixa etária (2010-2011).

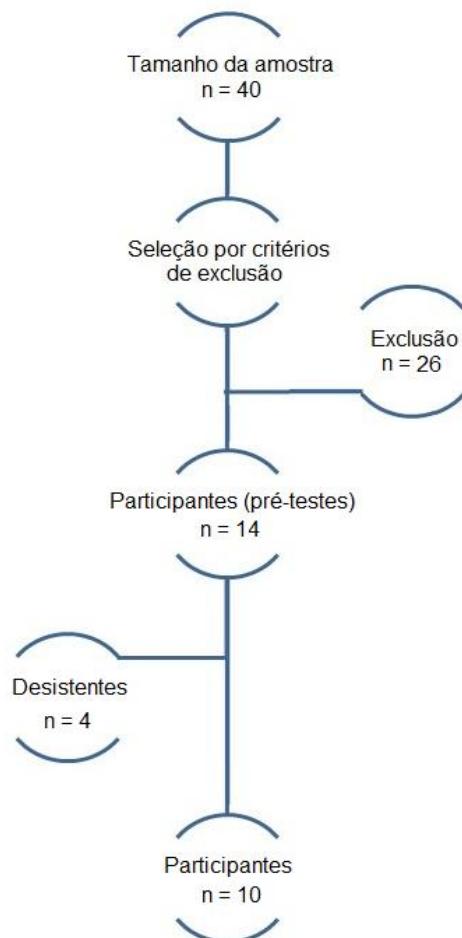


Figura 3.1: Seleção e amostragem do grupo experimental.

3.2 Procedimentos

Durante a realização do estudo os atletas continuaram a rotina de treinamento de natação sob orientações do técnico responsável pela equipe (5 a 8 sessões de semanais de treinamento na água, distância média de 7km) e de musculação (3 sessões semanais com exercícios em máquina: supino, voador, pulley, remada, legpress, máquinas extensora, flexora, adutora e abdutora). Os exercícios e cargas para membros superiores na musculação continuaram e as modificações ficaram a critério do técnico, porém, os exercícios para membros inferiores não foram alterados em volume ou intensidade durante todo o período. O treinamento na água que envolvia o movimento de saída de bloco era realizado em duas das sessões semanais de treinamento na água, algo que os atletas realizam há dois ciclos competitivos.

Para determinar as alterações decorrentes de um treinamento de saltos sobre o movimento de saída do bloco da natação, a saída do bloco foi analisada antes (INI) e após (POS) o término de um programa específico para a melhora da capacidade contrátil para membros inferiores. Em função do pequeno tamanho da amostra, os participantes foram analisados antes (PRE) e após (INI) um período de 15 dias em que suas atividades regulares de treinamento foram mantidas e nenhuma intervenção dos pesquisadores foi efetuada. Tal período serviu como controle para possíveis alterações do desempenho da amostra em função do treinamento específico a que os atletas se submeteram durante o período de intervenção. Após a segunda sessão de avaliação (INI), o treinamento específico para a melhoria da saída do bloco foi iniciado. O treinamento consistiu em um período de 9 semanas, com duas sessões a cada semana. As sessões tiveram um intervalo de 48h (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998). Ao final do período de treinamento, os participantes foram novamente avaliados (POS). A figura 3.2 demonstra o desenho experimental do estudo.

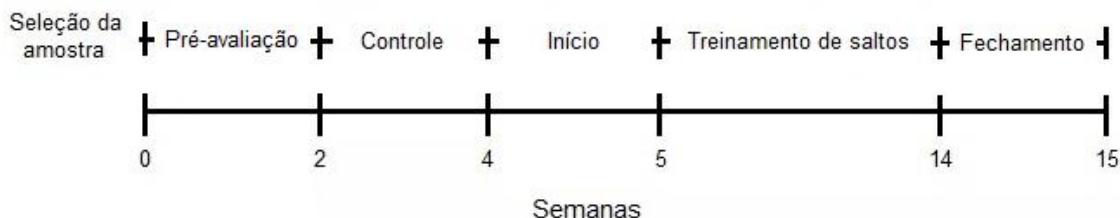


Figura 3.2: Desenho experimental do estudo.

3.2.1 Teste de repetições máximas no agachamento

Este teste foi utilizado para determinar as cargas de treinamento de saltos. Esse método de avaliação foi utilizado porque não foi possível/indicada a execução do teste de carga máxima (MATVÉIEV, 1981). Considerando o nível dos atletas trabalhados, o risco de lesão devido à provável aplicação de altas cargas no teste de carga máxima, no movimento de agachamento e a especificidade em relação à modalidade, optou-se por estimar o valor da carga de 1RM pelo método das repetições.

O teste de carga por repetições máximas consiste na metodologia inversa do teste de carga máxima, ou seja, realiza-se um número máximo de movimentos com uma carga menor que a máxima. Neste estudo, esta carga inicial do teste foi estimada com o acréscimo de 10% nos valores de carga utilizada na série de força executada pelos atletas na última prescrição.

Segundo a proposta do teste, o participante foi estimulado a executar o movimento com uma carga que possibilite a realização de no mínimo 10 e no máximo 15 repetições. Quando o participante conseguiu realizar um número maior que 15 repetições, houve intervalo de 5 minutos e a resistência foi aumentada para atingir o objetivo de repetições, obedecendo as proporções de estimativa do protocolo (quadro 3.1).

Quadro 3.1: Quadro de Sholik in Matvéiev (1981).

Correspondência aproximada entre a carga adicional e o número máximo de repetições em cada série nos exercícios de força		
1. Apreciação das condições de intensidade	2. Carga adicional (% do máximo)	3. Número de repetições possíveis em cada série
Máxima	100%	1
Submaximas	90% a 99%	2 a 3
Grande 1a subzona	80% a 89%	4 a 6
Grande 2a subzona	70% a 79%	7 a 10
Moderada 1a subzona	60% a 69%	11 a 15
Moderada 2a subzona	50% a 59%	16 a 20
Pequena 1a subzona	40% a 49%	21 a 30
Moderada 2a subzona	30% a 39%	31 e mais

Após a realização do teste, obtém-se o número de repetições segundo a carga aplicada. Considerando os valores tabelados (quadro 4.2), realiza-se uma regra de três para obter o valor da carga máxima: 100%.

3.3 Sessões de avaliação

O número reduzido de participantes fez necessário o uso de um período de controle de 15 dias, no qual a amostra foi avaliada antes (PRE) e ao final, correspondendo ao início (INI) do treinamento. Análise estatística foi utilizada para determinar se houve alterações entre o PRE e o INI ($p>0,05$). As comparações do estudo foram realizadas apenas entre as fases imediatamente antes do treinamento de saltos (INI) e após o período de treinamento (POS).

As avaliações foram selecionadas de forma a contemplar os diferentes meios envolvidos no estudo. O teste de contração isométrica voluntária máxima foi utilizado com o intuito de comparar os ganhos adquiridos pelo atleta devido ao treinamento de saltos no movimento de extensão de quadril e joelho. O teste de saída de bloco e esforço máximo de 15m no nado crawl, associando a cinemática e a cinética, foi utilizado para comparar as modificações no movimento de saída do bloco devido ao treinamento de saltos.

3.3.1 Teste de contração isométrica voluntária máxima

A contração isométrica voluntária máxima (PT) e a taxa do desenvolvimento de força (Tx) dos membros inferiores foram avaliadas com o auxílio de um sistema

de medição de forças que foi conectado a um computador, composto por uma célula de carga (Kratos, modelo CZC500), um conjunto de correias de fixação, uma placa conversora A/D (National Instruments, modelo NI USB 6218) e um amplificador (Kratos, modelo IK-1C) (PERSCH, 2008).

O valor da PT corresponde ao mais alto valor de torque, ou pico de torque, obtido após o início da contração voluntária e a Tx foi determinada pelo coeficiente de inclinação da curva da força em função do tempo (figura 3.3), descartando 20% dos valores mínimos e 20% dos valores máximos da curva obtida (PERSCH, 2008; BENTO *et al.*, 2010).

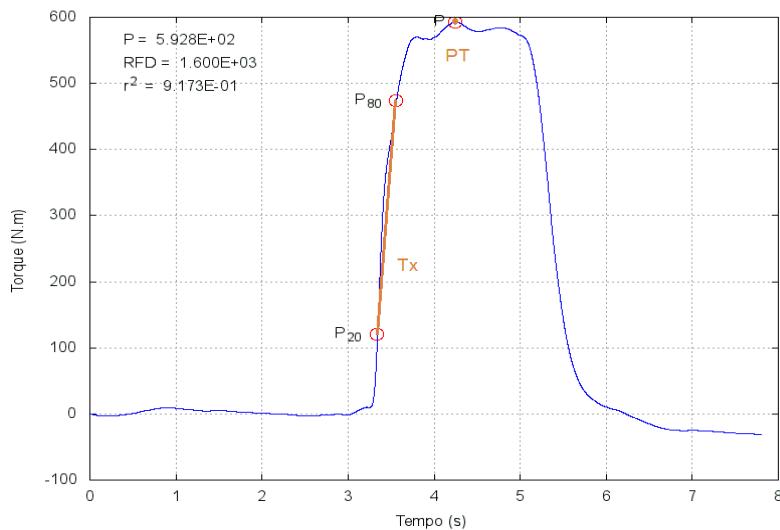


Figura 3.3: Curva obtida no teste de contração isométrica voluntária máxima e suas respectivas variáveis.

Os dados de força com relação ao tempo foram obtidos a partir da célula de carga, que foi fixada firmemente em um poste que permitiu alinhar a linha de tração perpendicularmente ao segmento testado. Um cinto com velcro foi utilizado para prender o cabo aos segmentos dos participantes. A distância perpendicular entre a célula de carga e o centro articular foi e registrada para ser utilizada no cálculo dos torques articulares. Foi permitido que o participante realizasse de três a cinco tentativas para familiarização com o teste. Posteriormente, três tentativas máximas foram realizadas e aquela com o mais alto pico de torque foi utilizada para análises (BENTO *et al.*, 2010).

Os participantes foram instruídos a realizar o movimento o mais rápido e forte possível, tracionando a célula de carga com o segmento testado, e a manter a

contração por um curto período de tempo (dois a três segundos). O avaliador impediu que eles usassem movimentos compensatórios durante a execução dos movimentos (BENTO *et al.*, 2010). Foi dado um minuto de repouso entre cada tentativa (PERSCH *et al.*, 2009; BENTO *et al.*, 2010). O pico de torque foi continuamente monitorado durante o teste e, se houvesse uma variação de torque maior que 10% da média do pico de torque para um determinado movimento, este era repetido (BENTO *et al.*, 2010). Os sinais de força-tempo foram amostrados com freqüência de 1000 Hz (PERSCH *et al.*, 2009; BENTO *et al.*, 2010).

Foram avaliados os torques máximos isométricos voluntários de extensão de quadril e de joelho no membro dominante dos participantes, considerando que estes grupos musculares são influentes nos movimentos de salto, quadril para impulsão (UGRINOWITSCH *et al.*, 2007) e quadríceps para frenagem (KUITUNEN *et al.*, 2007). A descrição do teste foi adaptado de Bento *et al.* (2010), respeitando as seguintes posições dos participantes para cada movimento (figura 3.4):

- Extensão de quadril: o avaliado foi posicionado em decúbito dorsal em uma maca de modo que seus pés ficasse distais e sua cabeça proximal ao poste. O velcro foi fixado no terço distal da coxa de modo que a célula de carga foi posicionada no sentido contrário ao movimento. Os joelhos e quadris do membro testado ficaram fletidos, de modo que a coxa foi posicionada a 90° com relação ao plano horizontal, e o tornozelo em posição neutra. O membro contralateral permaneceu estendido.
- Extensão de joelho: realizada com o avaliado de costas para o poste, sentado em uma maca, com as pernas para fora e joelhos fletidos, de modo que a perna testada ficou a 90° do plano horizontal.



Figura 3.4: Representação das posições do teste de contração isométrica voluntária máxima, adaptado de Goes et al. (2012)

Considerando os efeitos de aprendizagem para a perfeita execução do teste, os atletas participaram de uma sessão de familiarização. Nesta sessão, os procedimentos de teste foram repetidos até que o avaliado reproduzisse os movimentos de forma que as curvas de dados observadas no software de captura apresentassem comportamento similar. As sessões deste teste foram aplicadas nas fases pré, inicial e fechamento, obedecendo as rotinas descritas.

3.3.2 Avaliação dos parâmetros da cinemática

A área para as filmagens foi definida por um calibrador bidimensional, composto por duas hastes cilíndricas de madeira (4,1m x 2,05m x 0,03m) com dois níveis de bolha metálicos acoplados (Figura 3.5).

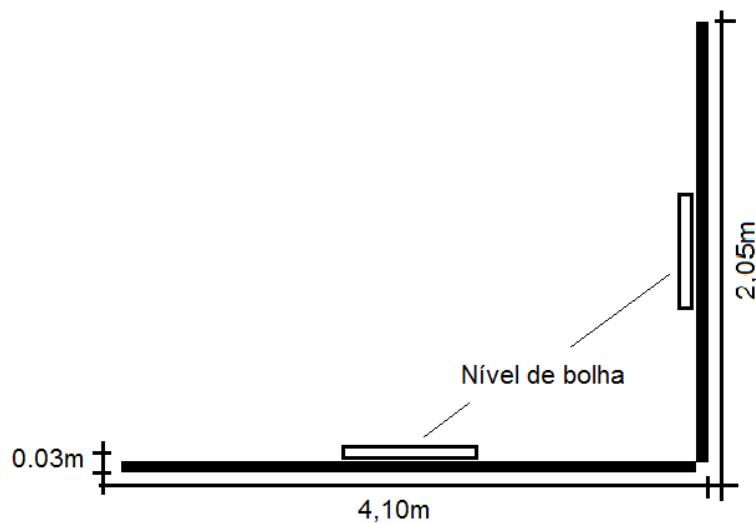


Figura 3.5: Calibrador bidimensional.

As filmagens foram realizadas no plano sagital esquerdo (CASIO, 210Hz) com auxilio de uma lanterna (fixada na base anterior do bloco, para determinar o último instante em que o atleta tocou o bloco), de um led sinalizador (acionado no instante do sinal de saída, para determinar o ponto de corte dos vídeos) e de luzes incandescentes para detectar os deslocamentos de um conjunto de marcas corporais dispostos diretamente sobre a pele, feitos com lápis dermatológico preto. Foram demarcados os seguintes pontos na lateral do hemi-corpo esquerdo: 5º metatarso, maléolo do tornozelo, côndilo lateral da tíbia, trocânter maior do quadril, acrômio, epicôndilo lateral do cotovelo, processo estilóide da ulna, epicôndilo ulnar medial, falange distal do dedo médio, glabella e ponta do queixo; e os pontos do hemicorpo direito: epífise medial do I osso do metatarso, maléolo medial, côndilo medial da tíbia, epicôndilo medial do úmero (ou região da tróclea), processo estilóide do rádio, falange distal do dedo médio (figura 3.6).

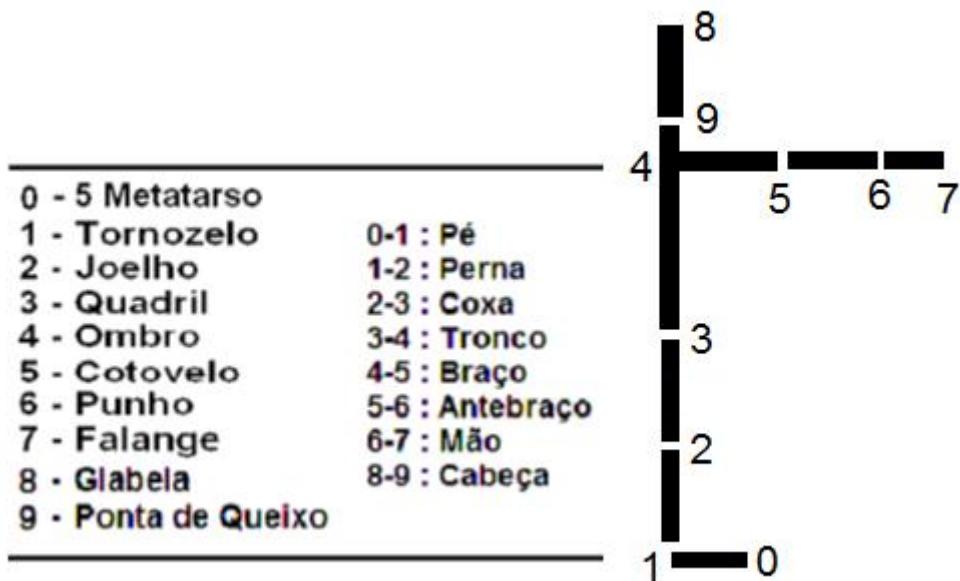


Figura 3.6: Diagrama das marcações corporais utilizadas.

Os pontos anatômicos marcados foram utilizados para a construção de um modelo biomecânico e dos deslocamentos dos marcadores, digitalizados no software SIMME.

3.3.2.1 Teste de saída e esforço máximo em 15m no nado crawl

A rotina deste teste obedeceu as normas e sequência de competição estabelecidos pela federação (FINA, 2009). Os participantes foram instruídos a realizar de maneira máxima, para simular os movimentos de competição, o movimento de saída e do nado crawl até alcançar a marca de 15m – onde havia um anteparo para o toque de chegada. Cada teste foi cronometrado a partir do sinal de saída para efeito de registro. A técnica de saída utilizada para o teste foi a normalmente aplicada pelo atleta em competições (figuras 3.7a e 3.7b).



Figura 3.7a: Diagrama do ambiente de coleta e disposição dos materiais.



Figura 3.7 b: Configuração da área de coleta.

O teste foi realizado em um dia à parte do calendário de treinamento. Foram dois tiros máximos de 15m com intervalo entre cada tentativa de 2', simulando uma situação de competição oficial. Com o intuito de minimizar efeitos de aprendizagem, não foram fornecidas informações ou *feedbacks* em relação à performance ou características do movimento executado. O grupo de atletas organizado ordenadamente, de forma que as saídas fossem executadas sequencialmente entre os componentes do grupo, obedecendo o intervalo de descanso estabelecido.

3.3.3 Avaliação dos parâmetros da cinética

A aquisição dos dados foi feita através do teste de saída e esforço máximo em 15m no nado crawl. A plataforma de força (AMTI, modelo OR6, USA, 1kHz) foi envolta em uma embalagem plástica e acoplada a um bloco de partida, confeccionado em metal (cantoneira metálica) com inclinação de 8,6° (figura 3.8) e fixado na borda da piscina segundo os padrões de construção estabelecidos pela federação (FINA, 2009). A aquisição foi realizada a 1kHz e a análise feita por softwares matemáticos (Excel, MatLab) e por rotinas de programação (VisualStudio).

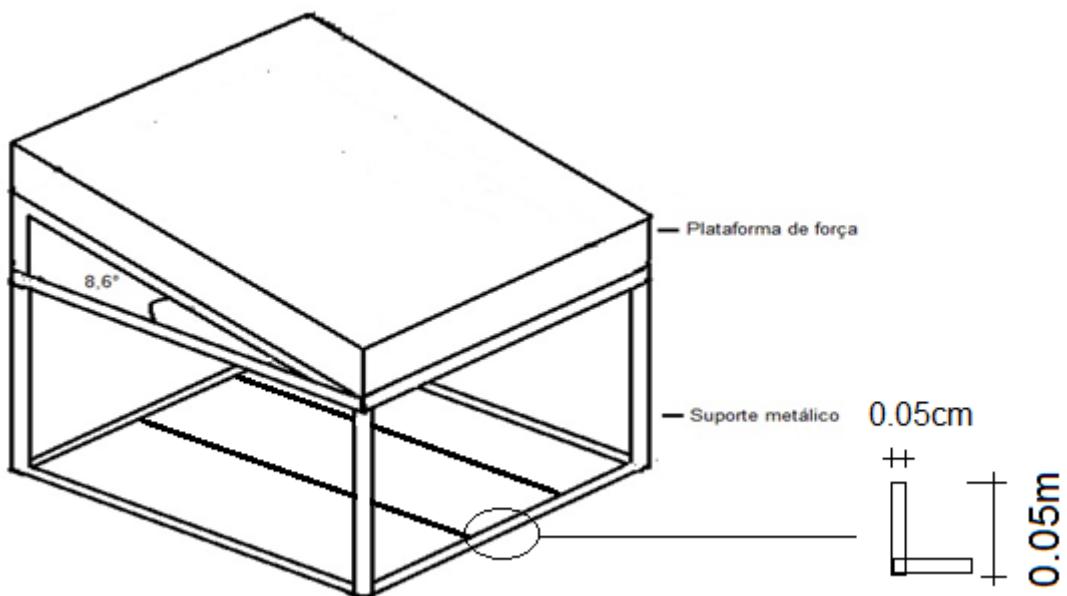


Figura 3.8: Representação da estrutura do bloco de partida confeccionado para o estudo.

Ao sinal de 'às suas marcas', a plataforma foi ativada e foi apertado o botão do mecanismo de sincronização, liberando o primeiro sinal visual (led). Ao soar o sinal de saída, foi dado o segundo sinal visual indicando a liberação para a partida do atleta. Os dados registrados pela plataforma são valores de variáveis de força e momento nos eixos 'z', 'y' e 'x', que foram normalizados para a horizontal (figura 3.9).

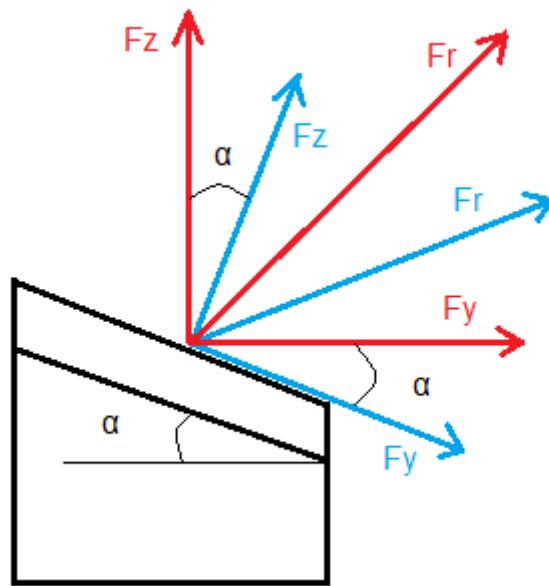


Figura 3.9: Diagrama de representação das variáveis obtidas (azul) e normalizadas (vermelho).

A partir dos valores de força resultante, obtidos após a normalização em relação ao peso do atleta, foram calculados os valores de impulso. O impulso, definido como a quantidade de movimento gerada pela força aplicada no movimento de saída do bloco pelo atleta (HALLIDAY *et al.*, 1996), foi calculado através da área abaixo da curva de dados da força resultante pelo método dos trapézios (figura 3.10).

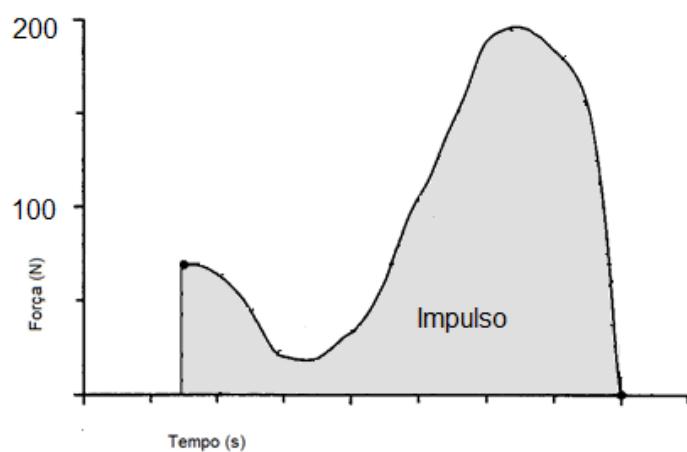


Figura 3.10: Representação do cálculo do impulso.

3.4 O treinamento de saltos

A carga calculada pelo teste de repetições máximas foi utilizada para o treinamento de saltos. Esta foi estipulada inicialmente em 5% do 1RM estimado no teste de repetições máximas, com incremento de 5% a cada 3 semanas, e foi presa ao corpo do atleta como demonstra a figura 3.11.

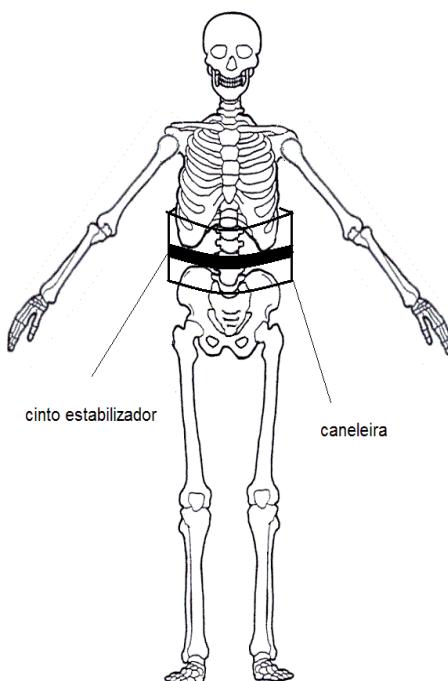


FIGURA 3.11: Representação do posicionamento da carga no corpo do atleta.

As sessões de treinamento de salto foram compostas por dois momentos: o aquecimento e a série de saltos. O aquecimento foi realizado seguindo o protocolo normal para o teste de carga máxima (MASAMOTO *et al.*, 2003), definido por 2 séries de 8 saltos verticais com 1 minuto de intervalo (valores considerando que os atletas fizeram os treinamentos em uma sessão subsequente ao treino de piscina, condição pré-acordada com a equipe técnica). A série de saltos foi única, com 15 repetições e intervalos de 5' (RAHIMI, 2005). Os participantes deveriam ter frequência superior a 90% das sessões de treinamento de saltos, sendo que não faltaram a mais de duas sessões sucessivas de treinamento.

O salto consistiu em partir de uma posição de semi-agachamento, com os braços na altura da cintura e realizar o salto para frente e para cima. Ao

aterrissar, realizou-se um novo salto para frente e para cima, terminando o movimento em uma aterrissagem final. Os movimentos iniciais foram realizados a partir de uma plataforma de madeira com uma inclinação próxima a do bloco de partida utilizado para treino e testes (figura 3.12), Os demais movimentos foram realizados no mesmo plano e a ênfase esteve na execução rápida dos amortecimentos e impulsos. Uma sessão de familiarização, com as mesmas características do treinamento e sem a carga, foi realizada no dia que antecedeu o primeiro dia de treinamento.

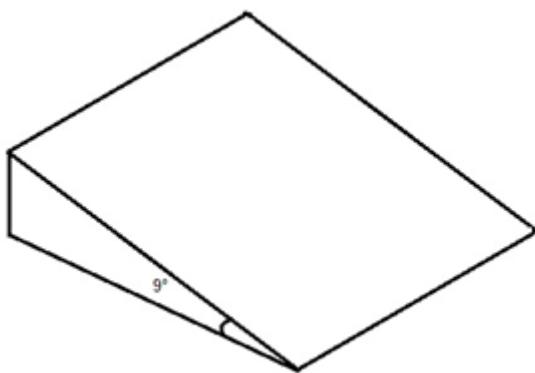


Figura 3.12: plataforma em madeira para o treinamento dos saltos.

A fase de fechamento foi composta pelos testes de contração isométrica máxima e de saída e esforço máximo em 15m no nado crawl. Os efeitos do programa de treinamento de saltos foram determinados pela diferença entre os valores obtidos nos testes aplicados na fase de início e de fechamento.

3.5 Variáveis do estudo

Para analisar as modificações no movimento de saída do bloco segundo as influências do treinamento de salto *squat* horizontal duplo, um conjunto de variáveis que descrevem o movimento foi selecionado. O quadro 3.2 apresenta as variáveis analisadas, divididas segundo as características dos testes que as originaram, ou seja, variáveis da cinemática, da cinética e de força isométrica máxima. Para todas as variáveis descritas, houve a classificação para as três fases de teste, a pré-avaliação (PRE), o início (INI) e o fechamento (POS).

Quadro 3.2: descritivo das variáveis do estudo.

	Variável	Definição
Torque	PT_q (N.m)	Máximo valor de torque dos músculos extensores do quadril.
	PT_j (N.m)	Máximo valor de torque dos músculos extensores do joelho.
	Tx_q (N.m/s)	Taxa de desenvolvimento da força isométrica máxima dos músculos extensores do quadril.
	Tx_j (N.m/s)	Taxa de desenvolvimento da força isométrica máxima dos músculos extensores do joelho.
Cinemática	VS ($m.s^{-1}$)	Velocidade resultante dos vetores horizontal e vertical no último instante de contato na saída do bloco.
	VS_x ($m.s^{-1}$)	Velocidade horizontal do CM no último instante de contato na saída do bloco.
	VS_y ($m.s^{-1}$)	Velocidade vertical do CM no último instante de contato na saída do bloco.
	VE ($m.s^{-1}$)	Velocidade resultante dos vetores horizontal e vertical no instante da entrada na água.
	VE_x ($m.s^{-1}$)	Velocidade horizontal do CM no instante da entrada na água.
	VE_y ($m.s^{-1}$)	Velocidade vertical do CM no instante da entrada na água.
	CM_x (m)	Deslocamento horizontal do CM, obtido no instante da entrada em relação à posição no bloco.
	CM_y (m)	Deslocamento vertical do CM, no instante da entrada em relação à posição no bloco.
	AS ($^{\circ}$)	Ângulo de saída definido pela reta entre a posição do CM e do 5º metatarso em relação à horizontal, no instante da saída do bloco.
	AE ($^{\circ}$)	Ângulo de entrada definido pela reta entre a posição do CM e do epicôndilo ulnar em relação à horizontal, no instante da entrada na água.
	AQ ($^{\circ}$)	Ângulo do quadril no instante da entrada na água, definido pela relação epicôndilo ulnar/trocânter/maléolo lateral.
	PV_q ($^{\circ}.s^{-1}$)	Máxima velocidade de deslocamento angular de extensão do quadril.
	PV_j ($^{\circ}.s^{-1}$)	Máxima velocidade de deslocamento angular de extensão do joelho.
Cinética	PF_y (N)	Máxima força horizontal depreendida no bloco de partida durante a saída.
	PF_z (N)	Máxima força vertical depreendida no bloco de partida durante a saída.
	PF (N)	Máxima força resultante depreendida no bloco de partida durante a saída.
	AF ($^{\circ}$)	Ângulo da força resultante aplicada sobre o bloco de partida no instante de saída, em relação à horizontal.
	Im (N.s)	Impulso líquido ou quantidade de movimento gerada pela resultante da força aplicada pelo atleta no movimento de saída do bloco, normalizada pelo peso.

3.5 Tratamento Estatístico

Primeiramente, os dados a partir dos arquivos das três fases de teste (PRE,INI e POS), da avaliação dos parâmetros da cinética e do teste de contração isométrica voluntária máxima, foram extraídos por um programa redigido em linguagem Fortran e compilado no software Microsoft Visual Studio 2010®. Os códigos estão disponíveis nos Apêndices 1, 2 e 3. Os dados referentes à avaliação dos parâmetros da cinemática foram coletados do software SIMME e processados no Excel. Os dados foram filtrados para eliminar ruídos de aquisição e processamento em um programa elaborado para tal tarefa, no mesmo software compilador (Apêndice 4), por um filtro recursivo do tipo Butterworth passa-baixa de 2^a ordem. Este filtro foi escolhido por ser o mais utilizado nas análises cinemáticas, pois elimina os componentes de freqüência mais altos (OKAZAKI et al., 2004). As frequências de corte do filtro (Fc=10Hz para cinemática e cinética; Fc=6Hz para o teste de força isométrica máxima) foram obtidas pelo método da análise residual (WINTER, 1990).

Os dados foram tratados através da estatística descritiva padrão (média e desvio padrão). Todas as variáveis foram submetidas ao teste de Kolgomorov-Smirnov e de Levene, que confirmaram a normalidade e o comportamento homogêneo dos dados.

Para comparar o efeito do treinamento de saltos sobre as variáveis obtidas pelos testes aplicados nas fases de pré-avaliação (PRE), início (INI) e fechamento (POS), foi aplicada Anova One-Way com medidas repetidas. Em seguida foi aplicado o teste de Fischer para verificar em quais condições experimentais ocorreram tais diferenças. Os testes estatísticos foram aplicados através do software Statistica® (versão 10.0) tendo o nível de significância aceito em $p<0.05$.

4 RESULTADOS

O número reduzido de participantes fez necessário o uso de um período de controle de 15 dias, no qual a amostra foi avaliada antes (PRE) e após este período, correspondente ao início (INI) do treinamento de saltos. As análises estatísticas indicaram que nenhuma das variáveis selecionadas para o estudo apresentou alteração entre o PRE e o INI ($p>0,05$). Portanto, as comparações do estudo serão realizadas apenas entre as fases imediatamente antes (INI) e após (POS) o período de treinamento.

4.1 Caracterização da Amostra

A amostra foi composta por 10 atletas, (7 homens, $22,0\pm1,4$ anos; $69,8 \pm 4,8$ kg; $1,78\pm0,06$ m; e 3 mulheres, $21,3\pm7,6$ anos; $59,9\pm2,9$ kg; $1,70\pm0,05$ m). Todos eram componentes da mesma equipe e participaram efetivamente do calendário oficial de competições da Federação local e nacional há pelo menos um ano. Os dados apresentados na tabela 4.1 caracterizam a amostra.

Tabela 4.1: Características (media +- desvio padrão) físicas, de nado e tipo de saída dos participantes.

	Homens (n=7)		Mulheres (n=3)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Idade (anos)	22.0	7.4	21.3	7.6
Massa (kg)	69.6	10.3	59.4	4.1
Estatura (m)	1.78	0.06	1.70	0.05
Saída de atletismo	4		1	
Saída de agarre	3		2	
Nado Crawl	6		2	
Nado Peito	-		1	
Nado Borboleta	1		-	

4.2 Variáveis de torque

O pico e a taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima do joelho e quadril estão apresentados na Tabela 4.2. Foram encontrados aumentos para o pico de torque máximo das articulações de joelho e de quadril (PTj e PTq,

respectivamente). Os ganhos nessas articulações corresponderam a 24 e 48% em relação aos valores iniciais ($p<0,05$), respectivamente. A taxa de desenvolvimento da força isométrica máxima para as articulações de joelho (Txj) e quadril (Txq) também aumentaram após o período de treinamento de saltos (POS-INI). Os aumentos na taxa corresponderam a 41% para o joelho e 108% para o quadril ($p<0,05$).

Tabela 4.2: Torque isométrico (média \pm desvio padrão), antes (PRE), imediatamente antes (INI) e após (POS) o treinamento.

	PRE	INI	POS	P
Txj	433.4 \pm 168.3	427.5 \pm 116.9	604.4 \pm 240.4	*0.02
Txq	656.7 \pm 317.6	585.7 \pm 220.1	1217.3 \pm 512.3	*0.01
PTj	154.9 \pm 49.7	148.7 \pm 44.4	185.2 \pm 71.9	*0.04
PTq	263.2 \pm 96.1	266.1 \pm 75.6	393.4 \pm 124.5	*0.01

PRE: avaliação antes do período de controle; INI: avaliação imediatamente antes do início do treinamento de saltos; POS: avaliação após o período de treinamento (*diferença entre INI e POS, $p<0.05$).

Os exemplos de gráficos com curvas do comportamento das variáveis segundo o teste de contração isométrica máxima são apresentados do Apêndice 5.

4.3 Variáveis cinemáticas

O deslocamento do centro de massa na direção horizontal (CMx) foi maior ($p=0.01$) no POS do que no INI, o que indica um efeito do treinamento sobre o deslocamento para frente. O deslocamento do centro de massa na direção vertical (CMy) diminuiu ($p<0,05$) após o treinamento de saltos, indicando um menor direcionamento do movimento para cima ($p<0,05$).

A velocidade de saída do bloco na direção horizontal (VSx) e a velocidade resultante (VS) aumentaram após o período de intervenção ($p<0,05$). Tal diferença indica maior capacidade de acelerar o centro de massa em resposta aos treinamento.

A velocidade de entrada na água nos componentes horizontal (VEx), vertical (VEy) e resultante (VE) também apresentaram alterações, o aumento dos valores indica melhora na performance.

Houve aumento do pico de velocidade angular dos joelhos e da articulação do quadril (PVjd, PVje, PVq, respectivamente). Esses aumentos corresponderam a 14%, 8% e 16% em relação ao INI. Os parâmetros cinemáticos estão apresentados na tabela 4.3.

Tabela 4.3: Parâmetros cinemáticos da saída do bloco (média \pm desvio padrão) antes (PRE), no início (INI) e ao final do treinamento (POS).

	PRE	INI	POS	P
CMx	2.5 \pm 0.3	2.6 \pm 0.2	2.7 \pm 0.4	*0.03
CMy	1.5 \pm 0.1	1.5 \pm 0.1	1.4 \pm 0.1	*0.04
VSx	1.8 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2	2.1 \pm 0.2	*0.01
VSy	-0.4 \pm 0.4	-0.4 \pm 0.5	-0.3 \pm 0.4	0.09
VS	1.9 \pm 0.2	1.9 \pm 0.2	2.1 \pm 0.3	*0.02
VEx	1.9 \pm 0.3	1.8 \pm 0.3	2.2 \pm 0.3	*0.01
VEy	-1.9 \pm 0.3	-2.0 \pm 0.4	-2.3 \pm 0.3	*0.03
VE	2.8 \pm 0.3	2.8 \pm 0.3	3.2 \pm 0.3	*0.01
AS	19 \pm 6.2	19.9 \pm 3.7	21.1 \pm 4.7	0.06
AE	37.4 \pm 4.6	38.5 \pm 4.1	39.4 \pm 3.9	0.07
AQ	156.1 \pm 12.7	153.4 \pm 12.2	156.9 \pm 12.3	0.12
PVjd	510.3 \pm 110.3	523.6 \pm 137.6	600.8 \pm 181.2	*0.02
PVje	543.6 \pm 114.9	558.2 \pm 120.2	603.6 \pm 162.4	*0.04
PVq	-417.7 \pm 66.3	-421.7 \pm 78.6	-490.9 \pm 97.5	*0.02

PRE: avaliação antes do período de controle; INI: avaliação imediatamente antes do início do treinamento de saltos; POS: avaliação após o período de treinamento (*diferença entre INI e POS, $p<0.05$).

4.4 Variáveis da cinética

Os picos da força horizontal (PFy) e resultante (PF) apresentaram diferenças após o período de treinamento de saltos ($p<0.05$), com aumentos de 7% e 4% respectivamente. O ângulo da força resultante em relação ao eixo horizontal diminuiu 19% após o treinamento ($p=0.01$), o que indica que a trajetória do salto ocorreu mais horizontalmente do que verticalmente. O impulso relacionado à força resultante aumentou 10% em relação ao INI. Os parâmetros da cinética estão apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4- Parâmetros cinéticos da saída do bloco (média \pm desvio padrão) antes (PRE), no início (INI) e ao final do treinamento (POS).

	PRE	INI	POS	P
PFy	210.1 \pm 32.6	209.2 \pm 37.6	223.7 \pm 33.8	*0.04
PFz	835.5 \pm 146.4	837.0 \pm 152.5	847.3 \pm 164.2	0.06
PF	887.6 \pm 154.3	890.0 \pm 154.9	920.9 \pm 176.9	*0.04
Im	223.5 \pm 58.2	221.9 \pm 61.6	242.5 \pm 60.9	*0.03
AF	26.5 \pm 8.1	27.3 \pm 7.8	22.2 \pm 10.3	*0.01

PRE: avaliação antes do período de controle; INI: avaliação imediatamente antes do início do treinamento de saltos; POS: avaliação após o período de treinamento (*diferença entre INI e POS, $p<0.05$).

Os exemplos de gráficos com o comportamento das variáveis da cinética, segundo o teste de saída de bloco e 15m de nado crawl, são apresentados do Apêndice 6.

5 DISCUSSÃO

O uso frequente da técnica de saída para nados ventrais empregada pelos nadadores que compuseram a amostra (crawl, peito e borboleta) e a ausência de *feedbacks* verbais sobre o desempenho no movimento de saída podem ter minimizado efeitos de aprendizagem. Além disso, a amostra foi composta por atletas com experiência em campeonatos nacionais, o que pode ter contribuído ainda mais para a redução de possíveis efeitos da aprendizagem. Tais características diferem dos demais estudos que analisaram estudantes, atletas amadores ou recreacionais (BREED; YOUNG, 2003; BISHOP *et al.*, 2009; POTDEVIN *et al.*, 2011; WEST *et al.*, 2011), que os quais são mais propensos a aumentar a performance por efeito de aprendizado da técnica.

5.1 Pico de torque de força isométrica máxima

Os ganhos no pico de torque isométrico máximo foram de 24 e 48% para as articulações de joelho e quadril, respectivamente. Estudos que determinaram a associação entre os valores de força isométrica máxima e o desempenho no SV apresentaram ganhos similares após um período de treinamento. Os resultados do treinamento de SV indicam ganhos sobre o pico de força isométrica máxima, melhorias que oscilam entre 13% (DAL PUPO *et al.*, 2011) e 100% (KRASKA *et al.*, 2009) tem sido reportadas. Os incrementos sobre o pico da força isométrica máxima foram comparáveis com aqueles reportados por Burgess *et al.* (1996) e Hewett *et al.* (1996), que reportaram ganhos de 30 e 26%, respectivamente após um programa de treinamento de seis semanas com duas sessões semanais de saltos verticais.

Provavelmente, a condição inicial dos participantes de experiência com o movimento e as características do treinamento influenciaram tais ganhos. Independentemente da magnitude dos ganhos encontrados, observa-se que o treinamento pliométrico foi efetivo para causar incrementos sobre a capacidade dos atletas em produzir elevados níveis de tensão muscular.

A força de membros inferiores é um fator determinante no desempenho dos saltos e seu aumento é descrito como importante para melhora na potência

muscular e do desempenho (TRICOLLI *et al.*, 2005; WEST *et al.*, 2011). O pico de torque isométrico tem sido analisado em atletas, sendo que aqueles com elevados níveis de força isométrica máxima têm apresentado melhores desempenhos no salto vertical do que outros com menor capacidade de produzir máxima tensão muscular (MATAVULJ *et al.*, 2001). O desempenho do salto horizontal e vertical é altamente dependente da capacidade de produzir força nas articulações do joelho e quadril (POWERS, 1996; UGRINOWITSCH *et al.*, 2007; YOUNG *et al.*, 1999), que são as articulações onde ocorre a maior produção de torque e potência (BOBBERT; VAN INGEN SCHENAU, 1988).

Independente dos mecanismos associados às melhorias do treinamento, o protocolo empregado foi efetivo para causar ganhos importantes sobre a força isométrica máxima dos atletas. Em adição, os ganhos de força isométrica máxima são comparáveis com aqueles obtidos em treinamentos pliométrico que envolvem saltos verticais.

Portanto, H_1 foi confirmada em virtude do aumento no pico de força isométrica máxima observado após o período de treinamento de SSHD.

5.2 Taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima

A taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima tem se mostrado importante para a avaliação do desempenho de movimentos explosivos (KRAEMER; NEWTON, 1994), especialmente de membros inferiores (DAL PUPO *et al.*, 2011). A taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima reflete a capacidade de gerar elevados níveis de força em função do tempo (DAL PUPO *et al.*, 2011; KRAEMER; NEWTON, 1994).

Os aumentos obtidos na taxa de desenvolvimento de força isométrica ao redor das articulações do joelho (41%) e do quadril (108%) indicam que o treinamento foi efetivo para modificar as propriedades contráteis musculares. Maiores taxas de desenvolvimento de força têm sido associadas a incrementos nas propriedades contáteis e podem explicar melhorias sobre a performance. Neste sentido, Ruiter *et al.* (2006) encontraram correlações positivas entre a taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima, a eletromiografia e a

performance no salto vertical. A análise permitiu identificar níveis de ativação muscular mais altos na contração isométrica máxima para os participantes que obtiveram melhor performance no salto vertical (DE RUITER *et al.*, 2006). identificando níveis de ativação mais altos na contração isométrica máxima para os participantes que obtiveram melhor performance no salto vertical.

O treinamento aplicado foi efetivo para causar mudanças sobre a taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima. Portanto, a hipótese H_2 foi confirmada.

5.3. Deslocamento horizontal e vertical do centro de massa

Houve aumento de 6% no deslocamento horizontal e redução de 5% no deslocamento vertical do centro de massa após o período de treinamento. Os resultados apontam para um maior deslocamento horizontal do centro de massa quando comparados à literatura. Foram observados ganhos de 1% no deslocamento horizontal para a técnica mais empregada por nadadores (BLANKSBY *et al.*, 2002). Outros estudos reportaram ganhos de 2,5% após um período de 15 sessões de treinamento de saídas de bloco (GALBRAITH *et al.*, 2008). Em comparação aos ganhos encontrados na literatura, os resultados encontrados no presente estudo indicam que o treinamento específico de saltos que emprega a pliometria como forma de estímulo é mais efetiva do que o treinamento que emprega apenas a repetição dos movimentos usados na saída do bloco como forma de estímulo. Parece que apesar de contemplar elementos específicos dos movimentos usados na saída do bloco, estímulos que promovam melhorias sobre a função contrátil sejam necessários.

O deslocamento horizontal do centro de massa obtido ao final do treinamento foi menor do que os reportados em estudos que avaliaram técnicas de saída do bloco. Holte e McLean (2001) encontraram distâncias de 3.5m e 3.1m para as saídas de agarre e atletismo respectivamente, enquanto que Miller *et al.* (2006) reportaram 3.31m e 3.17m. Vaghetti *et al.* (2010) observaram 4.05m para a saída de agarre. A menor estatura dos atletas pode influenciar o deslocamento do centro de massa (PALMER, 1991). No presente estudo participaram atletas com estatura de 1,73m, enquanto que Holte e McLean (2001) analisaram

atletas mais altos (1.81m). Além disso, a forma de determinação do deslocamento horizontal do centro de massa pode diferir entre estudos. Por exemplo, Vaghetti et al. (2010) determinaram o deslocamento do centro de massa como a distância entre a borda e o ponto de entrada das mãos na água, enquanto outros, observaram a posição do centro de massa no instante do toque das mãos na água. Logo, diferenças na composição da amostra e na metodologia empregada para determinar o deslocamento podem explicar tais discrepâncias.

A redução no deslocamento vertical do centro de massa após o treinamento indica uma tendência em reduzir a projeção vertical do centro de massa. Tal modificação permite otimizar as forças de impulso na direção horizontal e otimizar a aplicação de forças para aumentar a performance (TIPLER, 1995). O treinamento de saltos verticais determina melhorias na produção de força e no deslocamento na direção vertical (GOMES et al., 2009). Entretanto, o tipo de salto empregado como forma de estímulo de treinamento (*squat* horizontal duplo) visa reproduzir as condições encontradas na saída do bloco, as quais apresentam uma orientação específica do vetor resultante das forças de reação do solo. Dessa forma, a redução no vetor vertical pode ser vista como resposta específica ao estímulo empregado que resultaram em aumento do deslocamento horizontal e diminuição do deslocamento vertical do centro de massa.

5.4 Velocidades de saída do bloco e de entrada na água

Os ganhos sobre a velocidade resultante da saída de bloco e as componentes horizontal e vertical foram de 10, 22 e 11%, respectivamente. Os ganhos obtidos neste estudo foram maiores que os relatados na literatura. Breed e Young (2003) e Galbraith et al. (2008) apresentaram ganhos de 4% na velocidade resultante da saída de bloco, após 9 semanas de treinamento resistido e 15 sessões de treinamento de saídas repetidas do bloco, respectivamente. Ao comparar estes resultados aos ganhos relatados no presente estudo, que foram 105% maiores em relação aos encontrados na

literatura, demonstra-se que as duas metodologias de treinamento não se mostraram efetivas para a melhora na velocidade de saída de bloco.

Comparativamente, valores absolutos da velocidade resultante de deslocamento do centro de massa (2.11m/s, 2.24m/s e 2.26m/s) são menores do que reportados na literatura. A literatura aponta para velocidades resultantes que variam entre 3.2m/s e 3.7m/s (CIPOLLI, 2005; VILAS BOAS *et al.*, 2000; JORGIC *et al.*, 2010; LEWIS, 1980; WELCHER *et al.*, 2008). A diferença entre os valores encontrados na literatura e no presente estudo pode ser explicada por fatores metodológicos, pois dependem do instante em que são observados.

O salto da saída de bloco caracteriza-se pela extensão completa das articulações na direção do movimento, para frente e para cima (MAGLISCHO, 2003), que é finalizado pela extensão da articulação do tornozelo, no instante em que o atleta perde contato com o bloco. Pequenas variações na determinação do instante da perda do contato do pé com a plataforma podem ocasionar erros importantes na quantificação da velocidade resultante (GOMES *et al.*, 2009; KRAEMER; NEWTON, 1994). A possibilidade de erros mais expressivos também pode ser influenciada pela baixa frequência de aquisição de imagens (30Hz e 60Hz) empregadas nas coletas (CIPOLLI, 2005). Tais erros podem ter ocorrido no presente estudo, porém a elevada frequência em que os filmes foram gravados indica que a magnitude dos erros pode ter sido consideravelmente menor do que em outros estudos, pois houve mais eficiência na determinação do instante de perda de contato com o bloco.

O aumento obtido na velocidade horizontal do centro de massa é determinante para a melhora da performance de salto e da fase aquática (GALBRAITH *et al.*, 2008). A velocidade horizontal é o vetor responsável pelo deslocamento no sentido horizontal, o aumento desta variável determina o maior alcance para a saída de bloco (TIPLER, 1995; MAGLISCHO, 2003). As ações no bloco são determinantes para o movimento de saída, pois é o último instante em que o nadador pode interferir nas forças propulsivas (MAGLISCHO, 2003). Após a perda do contato com o bloco, a trajetória do centro de massa está sujeita à resistência do ar e às modificações na posição do corpo realizadas pelo nadador. Portanto, a velocidade horizontal contribui para redução do tempo

gasto na fase de voo e pode melhorar a performance da saída (BISHOP *et al.*, 2009; POTDEVIN *et al.*, 2011).

As velocidades resultante, horizontal e vertical de entrada na água apresentaram ganhos de 16, 23 e 10% respectivamente. Os resultados apresentaram-se menores que os encontrados na literatura Villas Boas *et al.* (2000) observou 4m/s para a velocidade resultante, enquanto Bishop *et al.* (2009) observaram 0.1 m/s e HOLTHER e MCLEAN (2001) 0.3 m/s, respectivamente. Todavia. Esses estudos analisaram a velocidade de entrada na água a partir da fase inicial de nado, que diferem da velocidade de saída (TIPLER, 1993). A possível transferência destes vetores para a fase aquática, fase submersa e retomada do nado, implica em melhorias sobre os tempos parciais de nado e no tempo total da prova (BISHOP *et al.*, 2009; TAKEDA *et al.*, 2009; POTDEVIN *et al.*, 2011).

5.5 Picos de velocidade angular de quadril e joelho

Os aumentos obtidos nos picos de velocidade angular foram de 10% para a extensão do joelho e 16% para a extensão da articulação do quadril. Mesmo sem referenciais na literatura para o movimento de saída do bloco, os ganhos obtidos podem ser atribuídos aos efeitos do treinamento pliométrico.

As maiores velocidades de deslocamento angular observadas ao redor do joelho e do quadril podem ser interpretadas como modificações da capacidade contrátil desses músculos. Maiores velocidades angulares do quadril representam uma melhor capacidade dos extensores do tronco em mover o segmento do tronco.

H_3 foi confirmada, pois houve diferenças nas variáveis cinemáticas que descrevem o movimento de saída de bloco, decorrentes do treinamento de SSHD.

5.6 Forças horizontal, resultante e ângulo da força resultante

Os ganhos obtidos no componente horizontal e na resultante da força de reação do solo foram 7% e 4%, respectivamente. Estudos que utilizaram o treinamento pliométrico para observar ganhos de força e performance (MARKOVIC, 2012; MASAMOTO *et al.*, 2003; PANDY *et al.*, 1990) relataram ganhos semelhantes aos observados no presente estudo. Não são conhecidos estudos que tenham analisado as forças de reação do solo em resposta ao treinamento, e que, especificamente, tenham observado sua influência sobre os componentes horizontal, vertical e resultante durante a saída do bloco. Os estudos que analisaram o efeito da repetição das ações de saída do bloco observaram uma elevada relação entre o componente horizontal, a performance do salto e a potência muscular (POTDEVIN *et al.*, 2011). Apesar de apresentarem relações que indicam a importância da função muscular na saída do bloco, os resultados foram consideravelmente menores quando comparados ao presente estudo (BISHOP *et al.*, 2009; GALBRAITH *et al.*, 2008). Esses resultados indicam que o treinamento pliométrico é fundamental para melhorar a função muscular e prover resultados expressivos sobre a distância alcançada na saída do bloco e, consequentemente, sobre a performance.

O treinamento de saltos foi efetuado com uma plataforma de forças que visou reproduzir as condições iniciais do bloco de partida da natação e preservar a especificidade do movimento. A saída do bloco é bastante caracterizada pelo ângulo de saída do bloco, que é um dos principais determinantes da distância horizontal que pode ser obtida na saída da natação. A força resultante apresentou um ângulo de 27° antes do início do treinamento, os quais foram reduzidos em 19% após o treinamento. A redução do ângulo da força resultante em relação à horizontal indica mudança na trajetória do deslocamento do centro de massa (TIPLER, 1993). Tais ajustes explicam os ganhos no componente horizontal da força de reação do solo.

Os estudos que analisaram os ângulos de saída do bloco relatam maiores ângulos de saída (40°), os quais apresentam grande variação. Provavelmente, esses fatores se devem a diferenças associadas aos procedimentos

cinemáticos aplicados na determinação dessa variável. De fato, parece que os dados cinemáticos e cinéticos não apresentam boa concordância. No presente estudo, os dados da cinemática também indicam para maiores ângulos de saída do que aqueles encontrados por procedimentos que envolveram análises de parâmetros cinéticos. A baixa frequência com que os dados são coletados pode explicar as diferenças entre alguns estudos (CIPOLLI, 2005). Todavia, tais diferenças persistiram no presente estudo em que a frequência de aquisição dos dados foi consideravelmente maior (210 Hz).

Para a cinética, o aumento na força está associado a maiores velocidades no movimento estudado (TIPLER, 1995). Tal fato foi observado neste estudo, pois houve modificações para as velocidades na saída de bloco e de entrada na água nas respectivas direções. Estes resultados corroboram com a melhora de performance da saída da natação proposta pela literatura, determinada pelo ato de alcançar o ponto mais distante possível com a maior velocidade (MAGLISCHO, 2003).

5.7 Impulso

Houve ganho de 10% para o impulso resultante. Os valores encontrados neste estudo foram maiores aos apresentados por outros estudos, que analisaram alunos treinados (BREED; MCELROY, 2000) e atletas de elite de natação (VANTORRE *et al.*, 2010). Como observado neste estudo, a pliometria aprimorou a capacidade de gerar força (MARKOVIC, 2012; MASAMOTO *et al.*, 2003; PANDY *et al.*, 1990), a qual influenciou e determinou o impulso resultante (TIPLER, 1993). A associação entre os ganhos de força e o ângulo de saída podem explicar os ganhos na performance. Os estudos que analisaram a influência do salto vertical sobre a saída do bloco indicam que o treinamento do salto vertical não determina ganhos na performance na saída, pois os ganhos observados não foram transferidos para a saída de bloco (DAVIES *et al.*, 2007). Estes resultados indicam que a especificidade quanto à inclinação da força resultante durante o treinamento determina a resposta no movimento de saída de bloco.

O acréscimo observado neste estudo corresponde ao impulso associado a um vetor que, conforme a redução no ângulo com a horizontal, determina maior quantidade de movimento para a horizontal. A melhora desta variável determina aumentos na velocidade da fase aérea (MILLER *et al.*, 2006) e subsequentes (TAKEDA *et al.*, 2009), resultando em melhorias na performance. H₄ foi confirmada, pois houve diferenças nas variáveis da cinética decorrentes do treinamento de SSHD.

5.8 Considerações

O objetivo do treinamento para melhorar a performance da saída de bloco é deixar o bloco com a maior velocidade horizontal possível, com ganho máximo na distância de voo em função de um ângulo de projeção ótimo, minimizando a perda de velocidade horizontal associada ao atrito aéreo ou arrasto na entrada da água (PEARSON *et al.*, 1998). Estes fatores foram observados como resposta do treinamento de SSHD, determinando sua efetividade.

O aumento observado na taxa de desenvolvimento de força isométrica máxima e no pico de torque demonstraram que houve melhorias na capacidade de gerar força, pois houve maior estado de ativação (BOBBERT *et al.*, 1996). As melhorias na ativação muscular são observadas através da cinética, pois houve aumento na força de reação de solo e no impulso, que estão associados à capacidade desenvolvida pelo treinamento pliométrico (MILLER *et al.*, 2006). A força e o impulso também são fatores responsáveis por melhorias na velocidade e na distância alcançada pelo salto, observadas pela cinemática. Os ganhos obtidos na velocidade horizontal e no deslocamento horizontal do centro de massa foram expressivos em relação à literatura.

Os resultados demonstraram que o objetivo de sair do bloco com a maior força e velocidade possíveis, direcionadas na horizontal para atingir o ponto mais distante possível, foi atingido. Entende-se que o treinamento foi efetivo em alcançar a melhora da performance no movimento estudado, pois influenciou os fatores apontados como determinantes da performance da saída de bloco da natação.

6 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo determinar a influência do treinamento de salto *squat* horizontal duplo na melhora da performance da saída de bloco da natação. Os achados do presente estudo revelaram que o treinamento de saltos foi efetivo para alterar a taxa de desenvolvimento de torque (capacidade contrátil), pico de velocidade articular, o pico de torque isométrico, o pico de força dinâmica, velocidade do deslocamento do centro de massa e o deslocamento do centro de massa na horizontal. Tais variáveis têm sido relacionadas à melhora da performance da saída de bloco. As alterações decorrentes do programa de saltos (pliometria) induziram melhorias sobre as características do movimento de saída de bloco, pois determinou maior direcionamento da trajetória para a horizontal. Houve melhora na capacidade contrátil, associada à melhora na força aplicada sobre o bloco, demonstrando que este tipo de treinamento constitui um importante recurso para melhorar a performance.

LIMITAÇÕES

A similaridade nas condições iniciais dos sujeitos e as mesmas condições de treinamento na água são fatores que poderiam intervir no treinamento proposto caso não considerados. A consequencia da seleção dos participantes segundo estas condições é uma pequena amostra, como observado neste estudo. Por este motivo, não houve consistência para observar as variações do treinamento segundo a técnica de saída aplicada ou o estilo de nado. Faz-se necessário outros estudos que apliquem a mesma metodologia de treinamento em uma amostra mais representativa, observando os ganhos segundo as técnicas de saída de bloco.

REFERÊNCIAS

- AAGARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHREPOULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, v. 93, p. 1318-1326, 2002.
- ARELLANO, R.; PARDILLO, S.; DE LA FUENTE, B.; GARCIA, F. A System to Improve the Swimming Start Technique Using Force Recording, Timing and Kinematic Analyses. *Proceedings of 18 International Symposium on Biomechanics in Sports*, Hong Kong, p. 25-30, junho, 2000.
- ARELLANO, R.; LLANA, S.; TELLA, V.; MORALES, E.; MERCADÉ, J. Estudio de la fuerza de impulso en la salida de natación. *Livro de Atas do 25 Congresso Internacional de Técnicas de Natação*, Madri, outubro, p. 21-23, 2005.
- BACA, A. A comparison of methods for analyzing drop jump performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 31, n. 3, p. 437-442, 1999.
- BEER, F.; JOHNSTON, E. R. Jr *Mecânica Vetorial para engenheiros*. 3^a. Edição, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.
- BENJANUVATRA, N.; EDMUNDS, K., BLANKSBY, B. Jumping ability and swimming grab-start performance in elite and recreational swimmers . *Int J Aquatic Res Educ.*, v. 1, p. 231 – 241, 2007.
- BENJANUVATRA, N.; LYTTLE, A.; BLANKSBY, B.; LARKIN, D. Force development profile of the lower limbs in the grab and track start in swimming. *XXII International Symposium on Biomechanics in Sports*, Ottawa, Canada, Faculty of Health Sciences, University of Ottawa, p. 399 – 402, 2004.
- BENTO, P. C. B.; PEREIRA, G.; UGRINOWITSCH, C.; RODACKI, A. L. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. *Clinical Biomechanics*, v.25, p.450-454, 2010.
- BISHOP, D.; SMITH, R.; SMITH, M. F.; RIGBY, H. Effect of plyometric training on swimming block start performance in adolescents. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 23, n. 7, p. 2137-2143, 2009.
- BOCALINI, D. S.; ANDRADE, R. M. P.; UEZU, P. T.; SANTOS, R. N.; NAKAMOTO, F. P. O treinamento pliométrico melhora o desempenho de saída de bloco de nadadores. *Revista Brasileira de Educação Física, Esporte, Lazer e Dança*, v.2, n.1, p.1-8. São Paulo: Refeld, mar, 2007.
- BOMPA, T. O. A periodização no treinamento desportivo. 1^a Ed., São Paulo: Manole, 2001.
- BLANKSBY, B.; NICHOLSON, L.; ELLIOTT, B. Biomechanical Analysis of the grab, track and handle swimming starts: an intervention study. *Sports Biomechanics*, v.1, p 11-24, 2002.

BREED, R; YOUNG W. The effect of a resistance training programme on the grab, track and swing starts in swimming. *Journal of Sports Sciences*, v. 21, 2003.

BURGESS, K. E.; CONNICK, M. J.; GRAHAM-SMITH, P.; PEARSON, S. J. Plyometric vs. isometric training influences on tendon properties and muscle output. *J Strength Cond Res.*, v. 21, n. 3, p. 986-989, ago., 2007.

CHEN, S.; TANG, W. The comparsion of effectiveness between grab start and track start in competitive swimming. *ISB XXth Congress - ASB 29th Annual Meeting*, 2005.

CHIMERA, N. J.; SWANIK, K. A.; SWANIK, C. B.; STRAUB, S. J.. Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, v. 39, n. 1, p. 24–31, 2004

COLWIN, C Nadando para o século XXI 1^a Ed, São Paulo: Manole, 2000.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE DESPORTOS AQUÁTICOS. História da natação. Disponível em: <http://www.cbda.org.br>. Acesso em: 20 mai. 2010.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med Sci Sports Exerc.*, v. 42, n. 8, p. 1582-1598, 2010.

CORVINO, R. B.; CAPUTO, F.; DE OLIVEIRA, A. C.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Taxa de Desenvolvimento de Força em Diferentes Velocidades de contrações musculares. *Rev Bras Med Esporte*, v. 15, n. 6, nov/dez, 2009.

COSSOR, J.M.; MANSON, B.R. Swim start performances at the Sydney 2000 Olympic Games. In: Proc of 19th ISBS; 2001 Jun 19-29; San Francisco, USA: Universidade da California, p. 25-30, 2001.

COUNSILMAN, J.E.; COUNSILMAN, B. E., NOMURA, T. & ENDO, M. Three types of grab start for competitive swimming. *Swimming Science*, Champaign, v. 18, 1988.

CRONIN, J. B.; HANSEN, K. T. Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 19, n. 2, p. 349–357, 2005

DA CRUZ, E. M. ESTUDO DO SALTO VERTICAL: Uma análise da relação de forças aplicadas Dissertação de Mestrado, U. E. de Campinas, Campinas/SP, 2003.

DAL PUPO, J.; DETANICO, D., SANTOS, S. G.. Parâmetros cinéticos determinantes do desempenho nos saltos verticais. *Rev. Bras. Cineantropometria Desempenho Humano*, v. 14, n. 1, p. 41-51, 2012.

DAVIES BA, MURPHY, A, WHITTY, A, WATSFORD, M. The effects of plyometric training on the swimming block start. *Australian Conference of*

Science and Medicine in Sport. Available at: <http://www.ausport.gov.au/fulltext/2001/acsms/papers/DAVB.pdf>. Acessado em Agosto de 2011.

DE RUITER, C. J., D. VAN LEEUWEN, A. HEIJBLOM, M. F. BOBBERT , and A. DE HAAN. Fast Unilateral Isometric Knee Extension Torque Development and Bilateral Jump Height. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 38, n. 10, p. 1843–1852, 2006.

DE SOUZA, C. J. B.; BICALHO, K. A.; SANTOS, J. B.; RAIMUNDO, A. K. S. Pliometria aplicada no treinamento de potência muscular em atletas: uma revisão da literatura. *EFDeportes*, v. 15, n. 144, maio, 2010.

ENOKA, R. M. Neuromechanical Basis of Human Moviment. 4th ed. Human Kinetics, Champaign, Illinois, US, 2008.

FINA Fédération Internationale de Natacion. Regras: 2005-2009. Disponível em <http://www.fina.org/>. Acesso em 20 mai. 2010.

FERNANDES, J.R.P.; LOBO DA COSTA, P.H. Pedagogia da natação: um mergulho para além dos quatro estilos. *Revista Brasileira de Educação Física Esp.*, São Paulo, v.20, n.1, p.5-14, jan./mar. 2006.

FOURÉ, A.; NORDEZ, A.; CORNU, C. Plyometric training effects on Achilles tendon stiffness and dissipative properties. *J Applied Physiol.*, v. 109, p. 849-854, 2010.

GALBRAITH, H.; SCURR, J.; HENCKEN, C.; WOOD, L.; GRAHAM-SMITH, P. Biomechanical Comparison of the Track Start and the Modified One-Handed Track Start in Competitive Swimming: An Intervention Study. *Journal of Applied Biomechanics*, v. 24, p. 307-315, 2008.

GEHRI, D. J.; RICARD, M. D.; KLEINER, D. M.; KIRKENDALL, D. T. A Comparison of Plyometric Training Techniques for Improving Vertical Jump Ability and Energy Production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 12, n. 2, p. 85-89, 1998.

GÓES, S. M.; LEITE, N.; SHAY, B. L.; HOMANN, D.; STEFANELLO, J. M. F.; RODACKI, A. L. F. Functional capacity, muscle strength and falls in women with fibromyalgia. *Clin. Biomech.*, 2012.

GOMES, M. M.; PEREIRA, G., DE FREITAS, P. B.; BARELA, J. A. Características cinemáticas e cinéticas do salto vertical: comparação entre jogadores de futebol e basquetebol. *Rev. Bras. Cineantropometria e Desempenho Humano*, v. 11, n. 4, p. 392-399, 2009.

GUIMARAES, A., HAY, J. A mechanical analysis of the grab starting technique in swimming. *International Journal of sport biomechanics*, n. 1, 1985.

HALLIDAY, D.; RESNICK; WALKER. Fundamentos de Física I. 4^a. Edição, Rio de Janeiro: LTC, 1996.

HAKKINEN, K. Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. *J. Sports Med.*, v. 29, p. 9-26, 1989.

HAKKINEN, K., KOMI, P.V. The effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scand. J. Sports Sci.*, v. 7, p. 65-76, 1985.

HAKKINEN, K.; KOMI, P. V.; ALEN, M. EMG, muscle fibre and force production characteristics during a one year training period in elite weightlifters. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 56, p. 419-427, 1987.

HAKKINEN, K.; KOMI, P. V.; TESCH, P. A. Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. *Scand. J. Sports Sci.*, v. 3, p. 50-58, 1981.

HANIN, Y.; MALVELA, M.; HANINA, M. Rapid Correction of Start Technique in an Olympic-level Swimmer: A Case Study Using Old Way/New Way. *J. Swimming Research*, v. 16, p. 11-17, 2004.

HARMAN, E. A.; ROSENSTEIN, M. T.; FRYKMAN, P. N.; ROSENSTEIN, R. M. the effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 22; n. 6, p. 825-833, 1990.

HAY, J. Biomecânica das técnicas desportivas. 2^a. Edição, Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.

HERRERO, J. A.; IZQUIERDO, M.; MAFFIULETTI, N. A.; GARCÍA-LÓPEZ, J. Electromyostimulation and Plyometric Training Effects on Jumping and Sprint Time. *Int J Sports Med.*, v. 27, p. 533-539, 2006.

HOLTHE, M. J.; MCLEAN, S. P. Kinematic comparison of grab and track starts in swimming. *Biomechanics Symposia*, University of San Francisco, 2001.

HUBERT, M. Determinação do procedimento para coleta de dados biomecânicos da saída do nado crawl. *Dissertação de Mestrado – UDESC*, Florianópolis; 2005.

HUBERT, M.; SCHUTZ, G. R.; SILVEIRA, G. A.; RUSCHEL, C.; ROESLER, H. Comportamento de variáveis biomecânicas da saída na natação: comparação de diferentes técnicas e nados. *Buenos Aires: EFDeportes*, n. 90, 2005.

HUIJING, P. A. Elastic Potential of Muscle. In P. V. Komi (ed.) *Strength and Power in Sport*, Blackwell Science, p. 151-168, 1992.

ISSURIN, V. B.; VERBITSKI, O. Track Start vs. Grab Start: Evidence of the Sydney Olympic Games. *Proceedings of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. France: University of Saint-Etienne, p. 213-218; 2002.

- JORGIĆ, B; PULETIĆ, M; STANKOVIĆ, R; OKIČIĆ, T; BUBANJ, S; BUBANJ, R. The kinematic analysis of the grab and track start in swimming. *Physical Education and Sport*, v. 8, n. 1, p. 31 – 36, 2010.
- KRAEMER, W. J., NEWTON, R. U. Training for improved vertical jump. *Sports Science Exchange*, v. 7, n. 6, p. 1-12, 1994.
- KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamental of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.*, v. 36, p. 674-88, 2004.
- KRASKA, J. M.; RAMSEY, M. W.; HAFF, G. G.; FETHKE, N.; SANDS, W. A.; STONE, M. E.; STONE, M. H. Relationship Between Strength Characteristics and Unweighted and Weighted Vertical Jump Height. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 4, p. 461-473, 2009.
- KUITUNEN, S.; KYROLAINEN, H.; AVELA, J.; KOMI, P. V. Leg stiffness modulation during exhaustive stretch-shortening cycle exercise. *Scand J Med Sci Sports*, v. 17, p. 67–75, 2007.
- LEE, C.; HUANG, C; WANG, L.; LIN, D. Comparison of the Dynamics of the Swimming Grab Start, Squat Jump, and Countermovement Jump of the Lower Extremity. *Biomechanics Symposia*. University of San Francisco, 2001.
- LINTHORNE, N. P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *Am. J. Phys. Teachers*, v. 69, n. 11, novembro, 2001.
- MACBETH, E. V. Does plyometric training improve swim starts? MSESS, UF College of Health & Human Performance, dezembro, 2002. Disponível em: http://www.hhp.ufl.edu/apk/ces/affil/bm/res_td.php
- MAGLISCHO, E. W. *Swimming Fastest*. Human Kinetics, 2003.
- MARCON, D. O controle biomecânico no treinamento de nadadores de 50 metros livre. *IX Congresso Brasileiro de Biomecânica*, v. 2, p. 29-34, 2001.
- MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *Br J Sports Med.*, v. 41, p. 349–355, 2007.
- MARKOVIC, G.; JUKIC, I.; MILANOVIC, D.; METIKOS, D.. Effects of Sprint and Plyometric Training on Muscle Function and Athletic Performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 21, n. 2, 2007.
- MASAMOTO, N.; LARSON, R.; GATES, T.; FAIGENBAUM, A. Acute Effects of Plyometric Exercise on Maximum Squat Performance in Male Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 17, n. 1, p. 68–71, 2003.
- MASSAUD, M. G.; CORREA, C. *Natação da iniciação ao treinamento*. 2^a Edição, Rio de Janeiro: Sprint, 2003.

MATAVULJ, D.; KUKOLJ, M.; UGARKOVIC, D.; TIHANYI, J.; JARIC, S. Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *Journal of sports medicine and physical*, v. 41, n. 2, p. 159-164, 2001.

MATVEEV, L.P., O processo de treino desportivo. Lisboa, Livros Horizonte, 1981.

MAULDER, J.; CRONIN, J. Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport*, v. 6, p. 74-82, 2005.

MILLER M, ALLEN D; PEIN R. A kinetic and kinematic comparison of the grab and track starts in swimming. Book of Abstracts of IXthWorld Symposium of Biomechanics andMedicine in Swimming. Saint-Etienne, p.231-235, 2002.

MILLER, M. G.; HERNIMAN, J. J.; RICARD, M. D.; CHEATHAM, C. C.; MICHAEL, T. J. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 5, p. 459-465, 2006.

MORRISS, C. J.; TOLFREY, K.; COPPACK, R. J. Effects of short-term isokinetic training on standing long-jump performance in untrained men. *J. Strength Cond. Res.*, v. 15, n. 4, p. 498-502, 2001.

NAVARRO, Fernando et al Natacion. Espanha: Comité Olímpico Español, 1990.

OKAZAKI, V. H. A.; RODACKI, A. L. F.; OKAZAKI, F. H. A. O Efeito da Freqüência da Amostragem e da Intensidade do Filtro na Análise Cinemática. In: XVI Simpósio de Educação Física e Desportos do Sul do Brasil, Ponta-Grossa - PR, p. 127-133, 2004.

PALMER, Mervyn. A ciência do ensino da natação. São Paulo: Manole, 1990.

PANDY, M. G. and ZAJAC, F. D. Optimal muscular coordination strategies for jumping. *I Bwmzchann*, v. 24, n. 1, 1991.

PEREIRA, S. M.; ARAÚJO, L. G.; RUSCHEL, C.; ROESLER, H. A influência das variações de altura e inclinação dos blocos de partida na performance de nadadores. Buenos Aires: EFDeportes, n. 80, 2005.

PERSCH, L. N. Efeito do treinamento da força muscular sobre parâmetros da marcha associados ao risco de quedas em idosas. Dissertação de mestrado, UFPR, 2008.

PERSCH, L. N.; UGRINOWITSCH, C.; PEREIRA, G.; RODACKI, A. L. et al. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomized controlled trial. *Clinical Biomechanics*, v.24, n.10, p.819-825, 2009.

PIRES, A. B.; MATOS, A. R. O.; DA SILVA, R. S.; LACERDA, R. C.; GONÇALVES, S. D. P.; LANDWEHR, R. Treinamento pliométrico. EFDeportes, v. 15, n. 152, 2011.

POWERS, M.E. Vertical jump training for volleyball. *Strength and Conditioning*, p. 18-23, fev, 1996.

POTDEVIN, F.J.; ALBERTY, M. E.; CHEVUTSCHI, A.; PELAYO, P.; SIDNEY, M. C. Effects of a 6-week plyometric training program on performances in pubescent swimmers. *J. Strength Cond. Res.*, v. 25, n. 1, p. 80-6, 2011.

RAHIMI, R. Effect of different rest intervals on the exercise volume completed during squat bouts. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 4, 361-366, 2005.

SANDERS, R. Biomechanics Feedback in Swimming. *Proceedings of 28 International Symposium on Biomechanics in Sports*, Michigan, p. 19-23; 2010.

SANKEY, S. P.; JONES, P. A.; BAMPOURAS, T. M. Effects of two plyometric training programmes of different intensity on vertical jump performance in high school athletes. *Serbian Journal of Sports Sciences*, v. 2, n.1-4, p. 123-130, 2008.

SLEIVERT, G; TAINGAHUE, M. The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *Eur J Appl Physiol*, v. 91, p. 46–52, 2004.

TAKEDA, TSUYOSHI, ICHIKAWA, HIROSHI, TAKAGI, HIDEKI, TSUBAKIMOTO. Do differences in initial speed persist to the stroke phase in front-crawl swimming? *Journal of Sports Sciences*, v. 27, n. 13, p. 1449-1454, 2009.

TIPLER, P. *Física para cientistas e engenheiros*. V. 1, 3^a Edição, Rio de Janeiro: LTC, 1995.

TOUMI, H.; BEST, T. M.; MARTIN, A.; POUMARAT, G. Muscle Plasticity after Weight and Combined (Weight + Jump) Training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 36, n. 9, pp. 1580-1588, 2004.

TRICOLI, V.; LAMAS, L.; CARNEVALE, R.; UGRINOWITSCH, C. Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 19, n. 2, p. 433-437, 2005.

TSAI, Y.J.; LIU, G.C.; CHEN, C.Y.; HUANG, C. The Effect of Different Plyometric-Squat Trainning on Taekwondo Power Development in the Lower Extremity. *Proceedings of 17 International Symposium on Biomechanics in Sports*, Australia, v. 6; jun/jul, 1999.

UGRINOWITSCH, C.; BARBANTI, V. J. O ciclo de alongamento e encurtamento e a “performance” no salto vertical. *Rev. paul. Educ. Fís.*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 85-94, jan./jun. 1998.

UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, W.; RODACKI, A. L. F.; BATISTA, M.; RICARD, M. D. Influence of training background on jumping height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 21, n. 3, p. 848–852, 2007.

VAGHETTI, C. A. O; BERNEIRA, J. O.; ROESLER, H. Análise cinemática da saída de agarre na natação. Buenos Aires: EFDeportes Revista Digital, v. 14, n.140; 2010.

VAN INGEN SCHENAU, G. J. From rotation to translation: constraints on multi-joint movements and the unique action of bi-articular muscles. *Human Movement Science* 8, North-Holland, p. 301-337, 1989.

VANTORRE, J.; SEIFERT, L.; FERNANDES, R. J.; VILAS BOAS, J. P.; CHOLLET, D. Kinematical Profiling of the Front Crawl Start. *Int Journal Sports Med.* v. 31, p. 16-21, 2010.

VANTORRE, J.; SEIFERT, L.; FERNANDES, R. J.; VILAS BOAS, J. P.; CHOLLET, D. Comparison of Grab Start between Elite and Trained Swimmers. *Int J Sports Med.*, v. 31, p. 887–893, 2010.

VANTORRE, J.; SEIFERT, L.; VILAS BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J.; BIDEAU, B.; NICOLAS, G.; CHOLLET, D. Biomechanical analysis of starting preference for expert swimmers. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, v. 11, n. 2, 2011.

VINT, P.; MCLEAN, S.; HINRICHES, R.; RIEWALD, S.; MASON, R. Effects of handle and block configuration on swim start performance. 27 International Conference on Biomechanics in Sports, Limerick, Ireland, 2009.

WATKINS, J Estrutura e função do sistema musculoesquelético. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

WELCHER, R.L., HINRICHES, R.N.; GEORGE, T.R. Front- or rear-weighted track start or grab start: Which is the best for female swimmers? *Sports Biomechanics*, v. 1, n. 7, p. 100-113, 2008.

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. *J Strength Cond Res*, v. 24, 2010.

WILKE, Kurt; MADSEN, Orjan El entrenamiento del nadador juvenil. Buenos Aires, Argentina: Editorial Stadium, 1990.

YOUNG, W; WILSON, G; BYRNE, C. Relationship between strength qualities and performance in standing and run-up... *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 39, n. 4; Dec 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Linhas de código do programa para aquisição dos dados do teste de contração isométrica máxima.....	73
APÊNDICE 2 - Linhas de código do programa para aquisição dos dados da cinemática.....	77
APÊNDICE 3 - Linhas de código do programa para aquisição dos dados da cinética.....	80
APÊNDICE 4 - Linhas de código do programa para filtragem dos dados.....	83
APÊNDICE 5 - Este sessão contém os gráficos do comportamento das variáveis segundo o teste de contração isométrica máxima.....	88
APÊNDICE 6 - Gráficos do comportamento das variáveis da cinética, obtidas através da plataforma de força.....	90
APÊNDICE 7 – TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	91

APÊNDICE 1 - Linhas de código do programa para aquisição dos dados do teste de contração isométrica máxima.

```

implicit none

character(100) :: file_name
integer, parameter :: txt_unit=10, pts_unit=20,
plt_unit=30, out_unit=40
real, parameter :: grav=9.81
real, parameter :: m_cal=78.181
real, parameter :: b_cal=0.6275
integer :: status
integer :: ndata, nr2
real, dimension(:), allocatable :: data, data0
integer :: I, Ipeak, I20, I80
real :: sample_rate
real :: dt
real :: length
real :: peak, peak20, peak80, time,
time20, time80
real :: r2, rfd, sumtem, sumtor,
sumtem2, sumtor2, sumtt

type(TRbjEqFilter) :: Filter
real, parameter :: Fc = 6.0

call get_command_argument(number=1, value=file_name)

open (unit=txt_unit, file=trim(file_name)//".txt", status="old",
action="read", iostat=status)

if (status/=0) then
    write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
trim(file_name)//".txt"
    stop
end if

read (txt_unit,*) length

read (txt_unit,*) sample_rate
dt=1.0/sample_rate

read (txt_unit,*) ndata
allocate (data(0:ndata-1), data0(0:ndata-1), stat=status)

if (status/=0) then
    write (*,*) "Memoria insuficiente! Arquivo ",
trim(file_name)//".txt"

```

```

      stop
end if

do I=0,ndata-1
  read(txt_unit,*, iostat=status) data(I)
  if (status/=0) then
    write (*,*) "Erro de leitura do arquivo e linha: ",
    trim(file_name)//".txt", I+4
    stop
  end if
end do

data=(m_cal*data-b_cal)*grav*length

data0 = data

!filtro
call InitFilter(Filter, sample_rate, 0)
call CalcFilterCoeffs(Filter,kLowPass,Fc,0.3,0.0,.FALSE.)
do I=0,ndata-1
  data(I) = Process1(Filter, data0(I))
end do

open(unit=out_unit, file=trim(file_name)//".out",
status="replace", action="write", iostat=status) ! abrir arquivo
com pontos para por no grafico
if (status/=0) then ! teste de rotina
  write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
  trim(file_name)//".out"
  stop
end if

peak = maxval(data)

do I=0, ndata-1
  if (data(I) == peak) then
    time = I*dt
    Ipeak = I
    exit
  end if
end do

do I=0, ndata-1 !
  if (data(I) > 0.2*peak) then
    peak20 = data(I)
    I20 = I
    time20 = I*dt
    exit
  end if
end do

```

```

    end if
end do

do I=0, ndata-1
    if (data(I) > 0.8*peak) then
        peak80 = data(I)
        I80 = I
        time80 = I*dt
        exit
    end if
end do

sumtem = 0.0
sumtor = 0.0
sumtem2 = 0.0
sumtor2 = 0.0
sumtt = 0.0
nr2 = I80 - I20 +1

do I=I20, I80
    sumtem = sumtem + I*dt
    sumtor = sumtor + data(I)
    sumtem2 = sumtem2 + (I*dt)**2
    sumtor2 = sumtor2 + (data(I))**2
    sumtt = sumtt + (I*dt)*data(I)
end do

r2 = (nr2*sumtt-sumtem*sumtor)**2/((nr2*sumtem2-
sumtem**2)*(nr2*sumtor2-sumtor**2))

rfd = (peak80-peak20)/(time80-time20)

write(out_unit,*) trim(file_name), peak, rfd, r2

open(unit=pts_unit, file=trim(file_name) //" .pts",
status="replace", action="write", iostat=status)

if (status/0) then
    write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
trim(file_name) //" .pts"
    stop
end if

do I=0,ndata-1
    write(pts_unit,*) I*dt, data(I)
end do

open(unit=plt_unit, file=trim(file_name) //" .plt",
status="replace", action="write", iostat=status)

```

```

if (status/=0) then
    write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
    trim(file_name)//".plt"
    stop
end if

write(plt_unit,*) "set terminal gif size 800,600 enhanced"
write(plt_unit,*) "set grid"
write(plt_unit,*) "set output ", "", trim(file_name)//".gif",
""

write(plt_unit,*) "set xlabel ", "", "Tempo (s)", ""
write(plt_unit,*) "set ylabel ", "", "Torque (N.m)", ""
write(plt_unit,"(A, ES10.3, A, ES10.3, A, ES10.3, 5A)") "set
object circle at ", time20, "", peak20, " size ",
ndata*dt*0.01, " fc rgbcolor ", "", "red", "", " back"
write(plt_unit,"(A, ES10.3, A, ES10.3, A, ES10.3, 5A)") "set
object circle at ", time80, "", peak80, " size ",
ndata*dt*0.01, " fc rgbcolor ", "", "red", "", " back"
write(plt_unit,"(A, ES10.3, A, ES10.3, A, ES10.3, 5A)") "set
object circle at ", time , "", peak , " size ",
ndata*dt*0.01, " fc rgbcolor ", "", "red", "", " back"
write(plt_unit,"(5A, ES10.3, A, ES10.3, A)") "set label ", "",
"P_{20} ", "", " at ", time20, "", peak20, " right"
write(plt_unit,"(5A, ES10.3, A, ES10.3, A)") "set label ", "",
"P_{80} ", "", " at ", time80, "", peak80, " right"
write(plt_unit,"(5A, ES10.3, A, ES10.3, A)") "set label ", "",
"P " , "", " at ", time , "", peak , " right"

write(plt_unit,"(3A, ES10.3, 2A)") "set label ", "", "P = " ,
peak , "", " at graph 0.05,0.95 left"
write(plt_unit,"(3A, ES10.3, 2A)") "set label ", "", "RFD = " ,
rfd , "", " at graph 0.05,0.90 left"
write(plt_unit,"(3A, ES10.3, 2A)") "set label ", "", "r^2 = " ,
r2 , "", " at graph 0.05,0.85 left"

write(plt_unit,*) "plot ", "", trim(file_name)//".pts", "", "
with lines notitle lc rgbcolor ", "", "blue", ""

close (unit=txt_unit, status="keep")
close (unit=pts_unit, status="keep")
end program celula

```

APÊNDICE 2 - Linhas de código do programa para aquisição dos dados da cinemática.

```

program plataforma

use Filter_R

implicit none

character(1024) :: file_name
integer, parameter :: txt_unit=10, pts_unit=20,
plt_unit=30, out_unit=40
character(1024) :: reading
integer :: status, ndata=15000, I
real, dimension(:), allocatable :: Fxp, Fyp, Fzp, Mxp, Myp, Mzp,
Fx, Fy, Fz, Fr
real, parameter :: sample_rate=1000,
dt=1.0/sample_rate, tetap=0.15, grav=9.81
real :: mxFx, mxFy, mxFz, mxFr,
massa, peso

!vars do filtro
type(TRbjEqFilter) :: Filter
real, parameter :: Fc = 6.0

call get_command_argument(number=1, value=file_name)

open (unit=txt_unit, file=trim(file_name)//".txt", status="old",
action="read", iostat=status)

if (status/=0) then
    write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
trim(file_name)//".txt"
    stop
end if

allocate (Fxp(0:ndata-1), Fyp(0:ndata-1), Fzp(0:ndata-1),
Mxp(0:ndata-1), Myp(0:ndata-1), Mzp(0:ndata-1), Fr(0:ndata-1),
Fx(0:ndata-1), Fy(0:ndata-1), Fz(0:ndata-1), stat=status)

do I=0,ndata-1
    read (txt_unit,* , iostat=status) Fxp(I), Fyp(I), Fzp(I),
Mxp(I), Myp(I), Mzp(I)
    if (status/=0) then
        write (*,*) "Erro de leitura do arquivo e linha: ",
trim(file_name)//".txt", I+1
        stop
    end if
end do

```

```

end do

!filtros
call InitFilter(Filter, sample_rate, 0)
call CalcFilterCoeffs(Filter,kLowPass,Fc,0.3,0.0,.FALSE.)
do I=0,ndata-1
  Fxp(I) = Process1(Filter, Fxp(I))
  Fyp(I) = Process1(Filter, Fyp(I))
  Fzp(I) = Process1(Filter, Fzp(I))
end do

Fx = Fxp
Fy = -Fyp*cos(tetap)+Fzp*sin(tetap)
Fz = +Fyp*sin(tetap)+Fzp*cos(tetap)
Fr = sqrt(Fz**2 + Fy**2)

mxFx = maxval (Fx)
mxFy = maxval (Fy)
mxFz = maxval (Fz)
mxFr = maxval (Fr)

open (unit=out_unit, file=trim(file_name)//".out",
status="replace", action="write", iostat=status)

if (status/=0) then
  write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
trim(file_name)//".out"
  stop
end if

write(out_unit,*) trim(file_name), mxFx, mxFy, mxFz, mxFr !

open(unit=pts_unit, file=trim(file_name)//".pts",
status="replace", action="write", iostat=status)

if (status/=0) then
  write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
trim(file_name)//".pts"
  stop
end if

do I=0,ndata-1
  write(pts_unit,*) I*dt, Fx(I), Fy(I), Fz(I), Fr(I)
end do

open(unit=plt_unit, file=trim(file_name)//".plt",
status="replace", action="write", iostat=status)

```

```

if (status/=0) then
    write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
    trim(file_name)//".plt"
    stop
end if

write(plt_unit,*) "set terminal gif size 800,600 enhanced"
write(plt_unit,*) "set grid"
write(plt_unit,*) "set xlabel ", "", "Tempo (s)", ""
write(plt_unit,*) "set ylabel ", "", "Força (N)", ""

write(plt_unit,*) "set output ", '',
    trim(file_name)//"_Fx.gif", ""
write(plt_unit,*) "plot ", "", trim(file_name)//".pts", "",,
    using 1:2 with lines notitle lc rgbcolor ", "", "blue", ""

write(plt_unit,*) "set output ", '',
    trim(file_name)//"_Fy.gif", ""
write(plt_unit,*) "plot ", "", trim(file_name)//".pts", "",,
    using 1:3 with lines notitle lc rgbcolor ", "", "blue", ""

write(plt_unit,*) "set output ", '',
    trim(file_name)//"_Fz.gif", ""
write(plt_unit,*) "plot ", "", trim(file_name)//".pts", "",,
    using 1:4 with lines notitle lc rgbcolor ", "", "blue", ""

write(plt_unit,*) "set output ", '',
    trim(file_name)//"_Fr.gif", ""
write(plt_unit,*) "plot ", "", trim(file_name)//".pts", "",,
    using 1:5 with lines notitle lc rgbcolor ", "", "blue", ""

close (unit=txt_unit, status="keep")
close (unit=out_unit, status="keep")
close (unit=pts_unit, status="keep")
close (unit=plt_unit, status="keep")

end program plataforma

```

APÊNDICE 3 - Linhas de código do programa para aquisição dos dados da cinética.

```

program cinematica

use Filter_R

implicit none

character(1024) :: file_name
integer, parameter :: txt_unit=10, pts_unit=20,
plt_unit=30, out_unit=40
integer :: status=0, I, ndata
real, dimension(:), allocatable :: xmao, ymao, xcab, ycab, xcm,
ycm, velx, vely, velr
real, parameter :: sample_rate=100,
dt=1.0/sample_rate, grav=9.81

!vars do filtro
type(TRbjEqFilter) :: Filter
real, parameter :: Fc = 6.0

call get_command_argument(number=1, value=file_name)

open (unit=txt_unit, file=trim(file_name)//".txt", status="old",
action="read", iostat=status)
if (status/=0) then
    write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
trim(file_name)//".txt"
    stop
end if

read (txt_unit,*) ndata

allocate (xmao(0:ndata-1), ymao(0:ndata-1), xcab(0:ndata-1),
ycab(0:ndata-1), xcm(0:ndata-1), ycm(0:ndata-1), velx(0:ndata-
1), vely(0:ndata-1), velr(0:ndata-1), stat=status)
if (status/=0) then
    write (*,*) "Memoria insuficiente! Arquivo ",
trim(file_name)//".txt"
    stop
end if

do I=0, ndata-1
    read (txt_unit, *, iostat=status) xmao(I), ymao(I), xcab(I),
ycab(I), xcm(I), ycm(I), velx(I), vely(I)

```

```

    if (status/=0) then
        write (*,*) "Erro de leitura do arquivo e linha: ",
trim(file_name)//".txt", I+2
        stop
    end if
end do

!filtros
call InitFilter(Filter, sample_rate, 0)
call CalcFilterCoeffs(Filter,kLowPass,Fc,0.3,0.0,.FALSE.)
do I=0,ndata-1
    xmao(I) = Process1(Filter, xmao(I))
end do
do I=0,ndata-1
    ymao(I) = Process1(Filter, ymao(I))
end do
do I=0,ndata-1
    xcab(I) = Process1(Filter, xcab(I))
end do
do I=0,ndata-1
    ycab(I) = Process1(Filter, ycab(I))
end do
do I=0,ndata-1
    velx(I) = Process1(Filter, velx(I))
end do
do I=0,ndata-1
    vely(I) = Process1(Filter, vely(I))
end do

velr = sqrt(velx**2 + vely**2)

open (unit=out_unit, file=trim(file_name)//".out",
status="replace", action="write", iostat=status)

if (status/=0) then
    write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
trim(file_name)//".out"
    stop
end if

write(out_unit,*) trim(file_name), maxval(xmao), maxval(xcab),
maxval(xcm), maxval(ycm)

open(unit=pts_unit, file=trim(file_name)//".pts",
status="replace", action="write", iostat=status)

if (status/=0) then
    write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
trim(file_name)//".pts"

```

```

    stop
end if

do I=0,ndata-1
    write(pts_unit,*) I*dt, xcm(I), ycm(I)
end do

open(unit=plt_unit, file=trim(file_name)//".plt",
      status="replace", action="write", iostat=status)

if (status/=0) then
    write (*,*) "Erro ao abrir o arquivo ",
    trim(file_name)//".plt"
    stop
end if

write(plt_unit,*) "set terminal gif size 800,600 enhanced"
write(plt_unit,*) "set grid"
write(plt_unit,*) "set xlabel ", "", "Tempo (s)", ""
write(plt_unit,*) "set ylabel ", "", "Distância (m)", ""

write(plt_unit,*) "set output ", '',
trim(file_name)//"_xcm.gif", ""
write(plt_unit,*) "plot ", "", trim(file_name)//".pts", "",,
using 1:2 with lines notitle lc rgbcolor ", "", "blue", ""

write(plt_unit,*) "set output ", '',
trim(file_name)//"_ycm.gif", ""
write(plt_unit,*) "plot ", "", trim(file_name)//".pts", "",,
using 1:3 with lines notitle lc rgbcolor ", "", "blue", ""

close (unit=txt_unit, status="keep")
close (unit=out_unit, status="keep")
close (unit=pts_unit, status="keep")
close (unit=plt_unit, status="keep")

end program cinematica

```

APÊNDICE 4 - Linhas de código do programa para filtragem dos dados.

Module Filter_R

```
integer, parameter :: &
  kLowPass=0,          & !-LowPass
  kHighPass=1,          & !-HiPass
  kBandPassCSG=2,      & !-BandPass CSG
  kBandPassCZPG=3,     & !-BandPass CZPG
  kNotch=4,             & !-Notch
  kAll=5,               & !-AllPass
  kPeaking=6,            & !-Peaking
  kLowShelf=7,           & !-LowShelf
  kHighShelf=8           & !-HiShelf
```

```
Type TRbjEqFilter
  real b0a0,b1a0,b2a0,a1a0,a2a0
  real in1,in2,ou1,ou2
  real fSampleRate
  integer fMaxBlockSize
  integer fFilterType
  real fFreq,fQ,fDBGain
  logical fQIsBandWidth
  real, pointer :: out1(:)
End Type TRbjEqFilter
```

contains

Subroutine InitFilter(filter, SampleRate, MaxBlockSize)

```
type(TRbjEqFilter) filter
real SampleRate
integer MaxBlockSize

filter%fMaxBlockSize = MaxBlockSize
filter%fSampleRate = SampleRate

filter%fFilterType=0
filter%fFreq=500
filter%fQ=0.3
filter%fDBGain=0
filter%fQIsBandWidth=.TRUE.

filter%in1=0
filter%in2=0
filter%ou1=0
```

```

filter%ou2=0

return

End Subroutine InitFilter

Subroutine SetQ(filter, NewQ)
  type(TRbjEqFilter) filter
  real NewQ
  filter%fQ = (1-NewQ)*0.98
  return
End Subroutine SetQ

Subroutine CalcFilterCoeffs(filter, pFilterType, pFreq, pQ,
  pDBGain, pQIsBandWidth)
  type(TRbjEqFilter) filter
  integer pFilterType
  real pFreq, pQ, pDBGain
  logical pQIsBandWidth

  filter%fFilterType=pFilterType
  filter%fFreq=pFreq
  filter%fQ=pQ
  filter%fDBGain=pDBGain
  filter%fQIsBandWidth=pQIsBandWidth

  call CalcFilterCoeff(filter)

  return

End Subroutine CalcFilterCoeffs

Subroutine CalcFilterCoeff(filter)
  type(TRbjEqFilter) filter
  real alpha,a0,a1,a2,b0,b1,b2
  real A,beta,omega,pi,tsin,tcos

  pi = 3.1415926535

  if (filter%fFilterType>=6) then
    A = 10.0**(filter%fDBGain/40.0)
    omega = 2.0*filter%fFreq/filter%fSampleRate
    tsin = sin(omega)
    tcos = cos(omega)
    if (filter%fQIsBandWidth=='true') then
      alpha = tsin*sinh(log(2.0)/2.0*filter%fQ*omega/tsin)
    else
      alpha = tsin/(2.0*filter%fQ)
    end if
  
```

```

beta = sqrt(A)/filter%fQ

if (filter%fFilterType==6) then
  b0=1.0+alpha*A
  b1=-2.0*tcos
  b2=1.0-alpha*A
  a0=1.0+alpha/A
  a1=-2.0*tcos
  a2=1.0-alpha/A
else if (filter%fFilterType==7) then !lowshelf
  b0=(A*((A+1.0)-(A-1.0)*tcos+beta*tsin))
  b1=(2.0*A*((A-1.0)-(A+1.0)*tcos))
  b2=(A*((A+1.0)-(A-1.0)*tcos-beta*tsin))
  a0=((A+1.0)+(A-1.0)*tcos+beta*tsin)
  a1=(-2.0*((A-1.0)+(A+1.0)*tcos))
  a2=((A+1.0)+(A-1.0)*tcos-beta*tsin)
else if (filter%fFilterType==8) then !hishelf
  b0=(A*((A+1.0)+(A-1.0)*tcos+beta*tsin))
  b1=(-2.0*A*((A-1.0)+(A+1.0)*tcos))
  b2=(A*((A+1.0)+(A-1.0)*tcos-beta*tsin))
  a0=((A+1.0)-(A-1.0)*tcos+beta*tsin)
  a1=(2.0*((A-1.0)-(A+1.0)*tcos))
  a2=((A+1.0)-(A-1.0)*tcos-beta*tsin)
else
  continue
end if
else !other filter types
  omega=2.0*pi*filter%fFreq/filter%fSampleRate
  tsin = sin(omega)
  tcos = cos(omega)
  if (filter%fQIsBandWidth==.true.) then
    alpha = tsin*sinh(log(2.0)/2.0*filter%fQ*omega/tsin)
  else
    alpha = tsin/(2.0*filter%fQ)
  end if
  if (filter%fFilterType==0) then !lowpass
    b0=(1.0-tcos)/2.0
    b1=1.0-tcos
    b2=(1.0-tcos)/2.0
    a0=1.0+alpha
    a1=-2.0*tcos
    a2=1.0-alpha
  else if (filter%fFilterType==1) then !highpass
    b0=(1.0+tcos)/2.0
    b1=-(1.0+tcos)
    b2=(1.0+tcos)/2.0
    a0=1.0+alpha
    a1=-2.0*tcos
  end if
end if

```

```

    a2=1.0-alpha
  else if (filter%fFilterType==2) then !bandpass CSG
    b0=tsin/2.0
    b1=0.0
    b2=-tsin/2.0
    a0=1.0+alpha
    a1=-1.0*tcos
    a2=1.0-alpha
  else if (filter%fFilterType==3) then !bandpass CZPG
    b0=alpha
    b1=0.0
    b2=-alpha
    a0=1.0+alpha
    a1=-2.0*tcos
    a2=1.0-alpha
  else if (filter%fFilterType==4) then !notch
    b0=1.0
    b1=-2.0*tcos
    b2=1.0
    a0=1.0+alpha
    a1=-2.0*tcos
    a2=1.0-alpha
  else if (filter%fFilterType==5) then !allpass
    b0=1.0-alpha
    b1=-2.0*tcos
    b2=1.0+alpha
    a0=1.0+alpha
    a1=-2.0*tcos
    a2=1.0-alpha
  else
    continue
  end if
end if

filter%b0a0=b0/a0
filter%b1a0=b1/a0
filter%b2a0=b2/a0
filter%a1a0=a1/a0
filter%a2a0=a2/a0
return

```

End Subroutine CalcFilterCoeff

```

real Function Process1(filter, input)
  type(TRbjEqFilter) filter
  real input, LastOut

  !filter

```

```

LastOut = (filter%b0a0)*input + (filter%b1a0)*(filter%in1) + &
          (filter%b2a0)*(filter%in2) -
(filter%a1a0)*(filter%ou1) - &
          (filter%a2a0)*(filter%ou2)

filter%in2=filter%in1
filter%in1=input
filter%ou2=filter%ou1
filter%ou1=LastOut

Process1 = LastOut

return

End Function Process1

Subroutine Process(filter, input, Sampleframes)
  type(TRbjEqFilter) filter
  real input(*)
  integer Sampleframes, i
  real LastOut

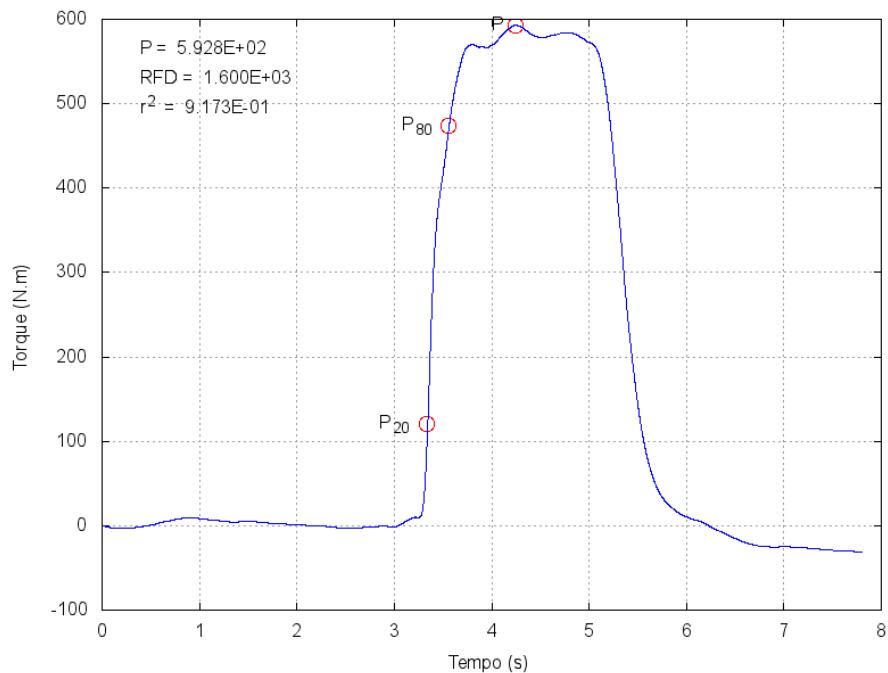
  allocate(filter%out1(0:Sampleframes),stat=ialloc)

  do i=0, Sampleframes-1
    ! filter
    LastOut = filter%b0a0*(input(i)) + filter%b1a0*filter%in1 +
  &
    filter%b2a0*filter%in2 - filter%a1a0*filter%ou1 -
  &
    filter%a2a0*filter%ou2
  ! LastOut=input[i];
  ! push in/out buffers
  filter%in2=filter%in1
  filter%in1=input(i)
  filter%ou2=filter%ou1
  filter%ou1=LastOut

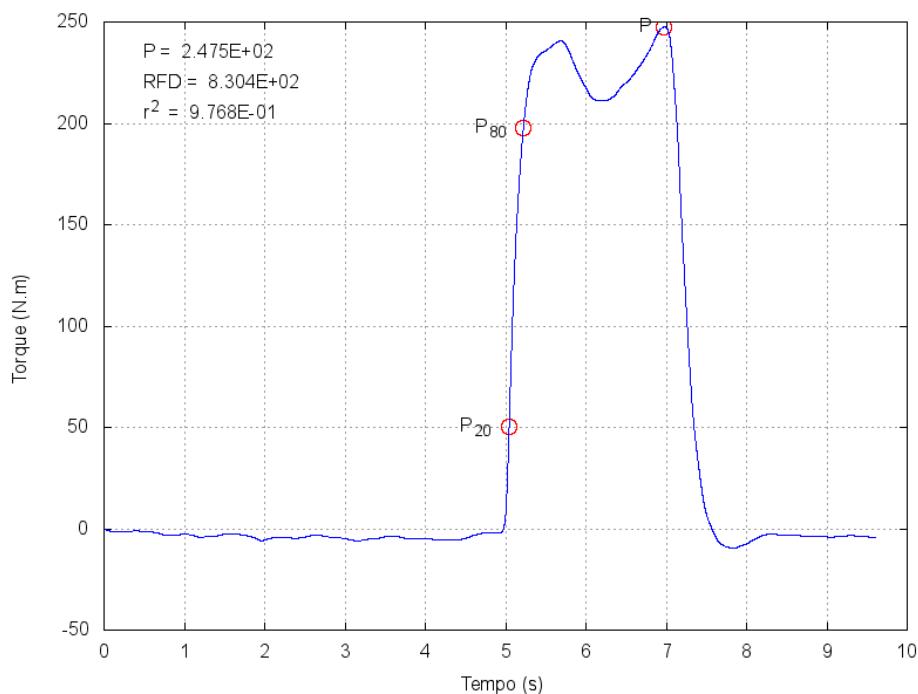
    filter%out1(i)=LastOut
  end do
  return
End Subroutine Process
End Module Filter_R

```

APÊNDICE 5 - Este sessão contém os gráficos do comportamento das variáveis segundo o teste de contração isométrica máxima.

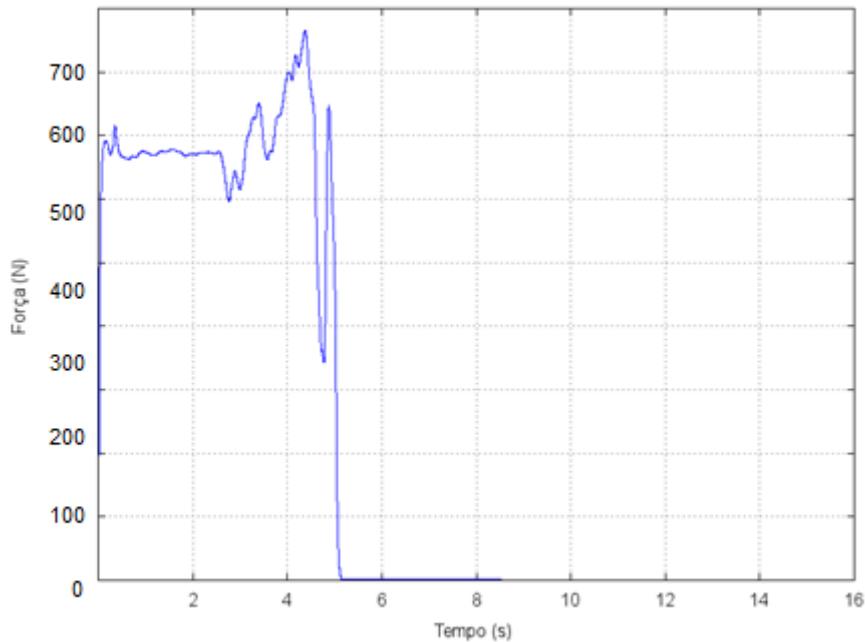


APÊNDICE 5.1: curva da contração isométrica máxima da articulação do quadril.

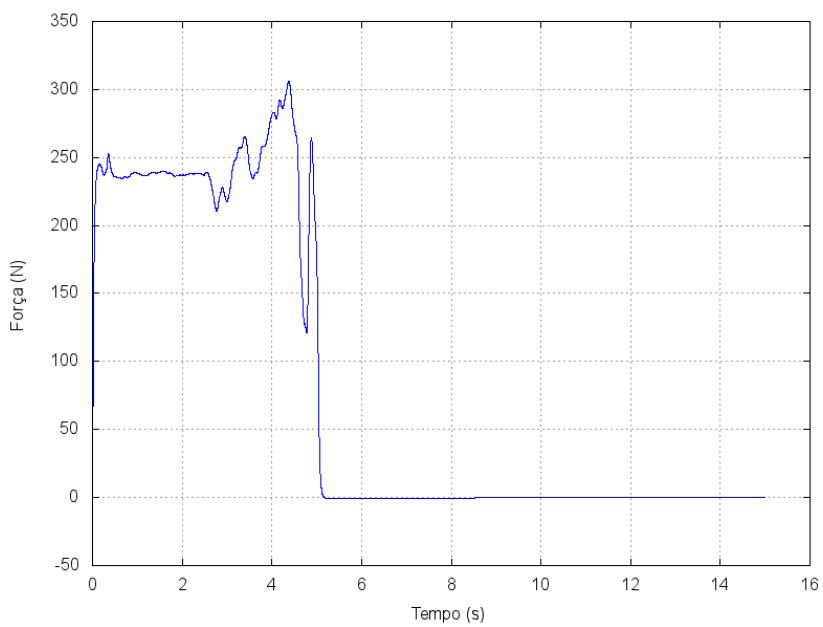


APÊNDICE 5.2: curva da contração isométrica máxima de joelho.

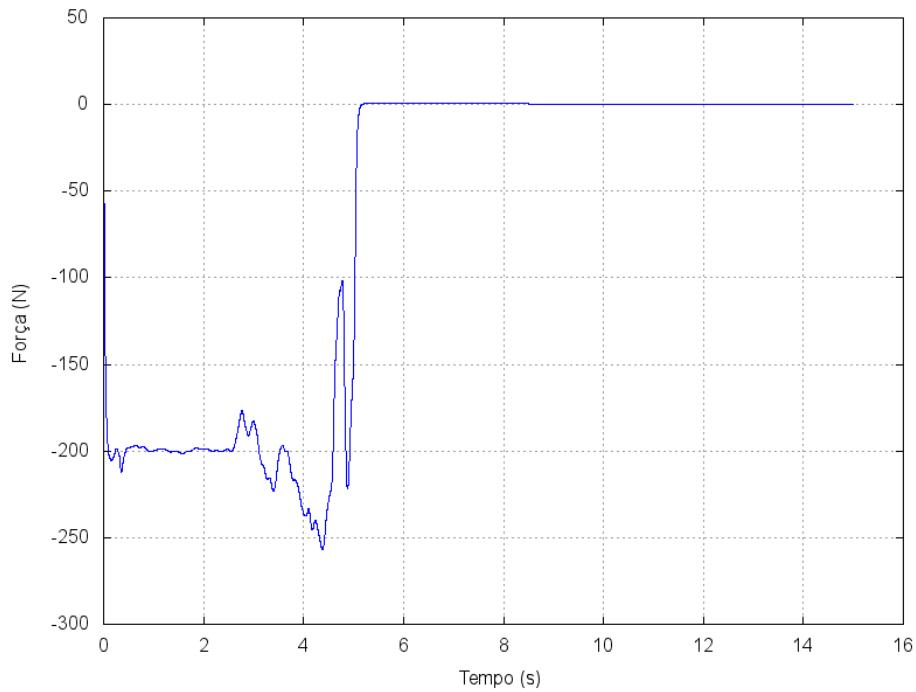
APÊNDICE 6 - Gráficos do comportamento das variáveis da cinética, obtidas através da plataforma de força.



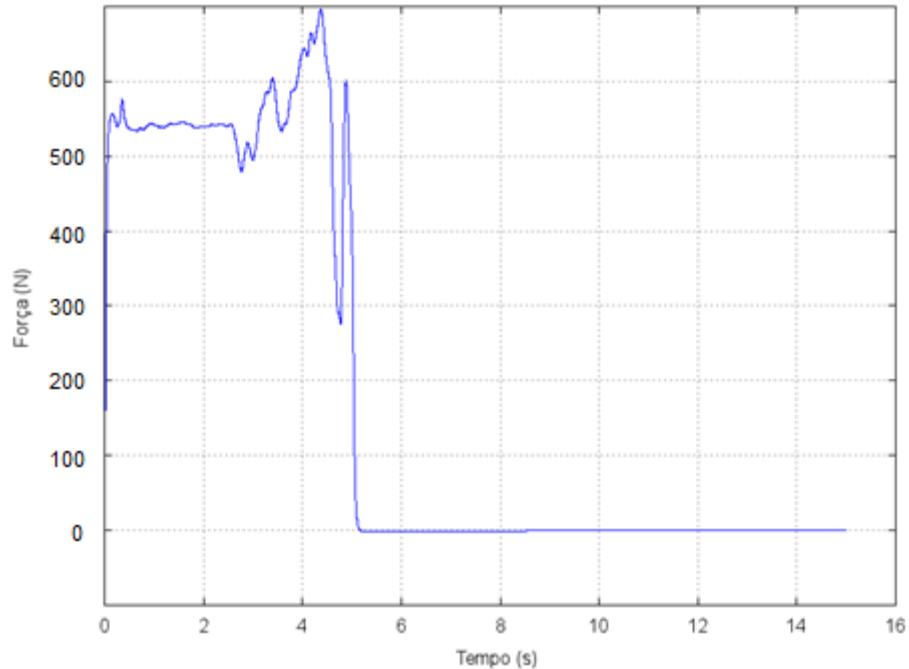
Apêndice 6.1: gráfico da força resultante (Fr).



Apêndice 6.2: força de reação do solo da direção médio-lateral (Fx).



Apêndice 6.3: força de reação do solo na direção ântero-posterior (F_y).



Apêndice 6.4: força de reação do solo na direção vertical (F_z).

APÊNDICE 7 – TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido).

Você, atleta e adulto jovem com idade entre 18 e 29 anos, está sendo convidado a participar de um estudo intitulado “ANÁLISE DOS FATORES CINEMÁTICOS E CINÉTICOS PERTINENTES AOS DOIS TIPOS DE SAÍDAS DE BLOCO DA NATAÇÃO OBSERVANDO OS EFEITOS DO TREINAMENTO DO SALTO SQUAT HORIZONTAL DUPLO”. É através das pesquisas que ocorrem os avanços importantes em todas as áreas, e sua participação é fundamental.

O objetivo desta pesquisa é descrever e analisar os fatores cinemáticos e cinéticos observando os efeitos do treinamento do salto *squat* horizontal. Caso você participe da pesquisa, será necessário que você participe de uma sequência de testes, cada um em um dia específico e diferente, que está descrito a seguir. O primeiro e terceiro testes serão repetidos após o período de treinamento, caracterizando a segunda coleta de dados para estudo.

O primeiro teste (contração isométrica voluntária máxima) avalia a força muscular e será realizado em duas sessões, a primeira de familiarização com os procedimentos do teste e a segunda para coleta de dados. Esta rotina será realizada na articulação do quadril e do joelho, ambos em movimento de extensão. Para o segundo teste (teste de 1RM pelo método das repetições) será necessário que você realize um número máximo de movimentos de agachamento uma carga estipulada. Se você realizar mais que 30 repetições, haverá um intervalo de 5', um incremento na carga e uma nova tentativa. Este teste fornecerá a carga para o treinamento. Para o terceiro teste, sobre sua pele serão marcados pontos anatômicos com lápis dermatológico preto. Depois, você deverá se posicionar sobre o bloco de partida (equipado com plataforma de força e material anti-derrapante), executar a saída (com a técnica de sua preferência) e nadar no estilo crawl até a marca dos 15m, tocando o anteparo disposto na piscina (serão duas repetições).

O treinamento será composto por 9 semanas com duas sessões semanais. Nestas sessões serão realizados um exercício de aquecimento (2 sequências de 8 repetições do movimento trabalhado, na direção vertical, com 1 minuto de intervalo) e uma série de saltos horizontal duplo com uma carga estipulada para você (segundo os valores obtidos no segundo teste, aplicados por caneleiras). Todos os movimentos serão realizados no mesmo plano e a ênfase está na execução rápida dos amortecimentos e impulsos.

Todos os procedimentos serão realizados da forma mais segura possível. Por tratar-se de procedimentos simples e não invasivos, riscos ou desconfortos durante os testes são mínimos ou inexistentes. As respectivas providências serão tomadas para evitar qualquer risco de queda, caso haja algum desconforto ou cansaço devido aos testes, será feito um intervalo maior para descanso ou, se necessário, o teste será interrompido imediatamente sem que você sofra nenhum dano.

Para participar do projeto você deverá comparecer ao seu ambiente de treinamento regular: a BPR Natação e Wellnes LTDA., localizada no bairro Campina do Siqueira, Curitiba/Pr, nos dias e horários que serão agendados. A

duração dos procedimentos será variável (30 minutos – 1 hora), de acordo com o teste ou sessão de treinamento. Sua participação nesse estudo contribuirá para a obtenção de resultados que podem melhorar os programas de treinamento destinados à modalidade.

Os pesquisadores Vanessa Zadorosnei Rebutini (mestranda em Educação Física – UFPR, diariamente no telefone: (41) 9981-0989) e o Dr. André Luiz Félix Rodacki (professor dos curso de graduação e pós-graduação em Educação Física da UFPR) poderão ser contatados no Centro de Estudos do Comportamento Motor (CECOM) da UFPR, localizado à Rua Coração de Maria, 92 – Jardim Botânico, Curitiba – Paraná, de segunda à sexta, das 8h às 12h e das 13h30 às 17h30, e no telefone (41) 3360-4333. Eles são os responsáveis pelo seu tratamento e poderão esclarecer eventuais dúvidas a respeito desta pesquisa. Estão garantidas todas as informações que você queira, antes, durante e depois do estudo.

A sua participação neste estudo é voluntária e você tem a liberdade de se recusar a participar ou, se aceitar participar, retirar seu consentimento a qualquer momento, sem que você sofra qualquer tipo de dano ou penalização. As informações relacionadas ao estudo somente poderão ser inspecionadas pelos pesquisadores que executam a pesquisa e pelas autoridades legais. Se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **confidencialidade** seja mantida. Tanto suas fotos, como seu desempenho nos testes e suas informações pessoais são tratadas com sigilo para garantir a sua privacidade. Você não terá nenhum custo para participar dos testes. Todos os equipamentos e materiais necessários serão disponibilizados e os testes serão realizados no local que você freqüenta diariamente (Academia Gustavo Borges), evitando que você tenha gastos extras com transporte para a realização dos testes. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro.

Eu, _____ li o texto acima e comprehendi a natureza e objetivo do estudo para o qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem que esta decisão afete meu tratamento. Eu entendi o que não posso fazer durante minha participação no estudo e sei que qualquer problema relacionado a ela será tratado sem custos para mim. Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

PARTICIPANTE

ASSINATURA

LOCAL E DATA

PESQUISADOR