

VANESSA ZADOROSNEI REBUTINI

**ANÁLISE CINEMÁTICA DA SAÍDA DE BLOCO DA NATAÇÃO: COMPARAÇÃO
DOS FATORES CINEMÁTICOS ASSOCIADOS À PERFORMANCE DAS SAÍDAS
DO TIPO AGARRE E ATLETISMO**

Monografia apresentada como requisito para a conclusão do Curso de Bacharelado em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

ORIENTADOR: PROF. DR. ANDRÉ LUIZ FÉLIX RODACKI

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, pois pouco teria feito sem sua ajuda, suas orações, seu bom humor e boa vontade. Obrigada pelo apoio incondicional nesta jornada.

Agradeço ao meu amado Junior pela compreensão, carinho, paciência e tolerância neste período de dedicação aos estudos.

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

Agradeço ao meu orientador, André, que com disposição direcionou meus pensamentos e me acompanhou neste período atribulado. Também a Felipe e Danielle, que com muita dedicação me auxiliaram neste trabalho; e ao professor Homero, que tornou este estudo possível.

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

Josué 1:9

“E não vos conformeis com este mundo, mas transformai-vos pela renovação do
vosso entendimento, para que experimenteis qual seja a boa, agradável e perfeita
vontade de Deus.”

Romanos 12:2

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
RESUMO.....	vi
1.0 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Objetivo Geral.....	7
1.2 Objetivos Específicos	8
2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 Dos conceitos físicos.....	9
2.1.1 Da trajetória	9
2.1.2 Do Impulso.....	10
2.2 Dos conceitos específicos	11
2.2.1 As regras de saída	11
2.2.2 As saídas	12
2.2.2.1 Análise de movimento	14
2.2.2.2 Variáveis de movimento	16
3.0 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 População e Amostra	19
3.2 Instrumentos e Procedimentos	19
3.3 Tratamento Estatístico	22
4.0 RESULTADOS	23
5.0 DISCUSSÃO	29
5.1 Ângulo de Saída (AS).....	29
5.2 Ângulo de Entrada (AE).....	29
5.3 Velocidade de Saída (VS)	30
5.4 Velocidade de Entrada (VE).....	30
5.5 Posição de CM (Bloco, Saída e Entrada)	31
5.6 Velocidade Angular, Pico de Velocidade Angular e Tempo de Pico (Quadril, Joelho e Tornozelo).....	32
5.7 A variável Tempo (Total, Bloco e Vôo).....	33
6.0 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelos de saída em visão global (WILKE, 1990).	12
Figura 2a e 2b. Modelos de saída de agarre e atletismo respectivamente.	13
Figura 3. Diagrama de saída de bloco adaptado para o estudo (GUIMARAES & HAY, 1985).	14
Figura 4. Descrição de variáveis para o instante de bloco (GUIMARAES & HAY, 1985).	15
Figura 5. Descrição de variáveis para o instante de vôo (GUIMARAES & HAY, 1985).	15
Figura 6. Descrição de variáveis para o instante de água (GUIMARAES & HAY, 1985).	16
Figura 7. Exemplo de marcação de pontos anatômicos. Figura cedida pelo professor orientador.	20
Figura 8. Quadro explicativo: descrição das variáveis utilizadas neste estudo.	21
Figura 9. Quadro explicativo: descrição das variáveis utilizadas neste estudo.	21
Figura 10. Quadro explicativo: apresentação dos valores de média e desvio padrão das variáveis analisadas.	23
Figura 11. Diferença entre os valores de ângulo de saída (unidade: graus).	24
Figura 12. Diferença entre os valores de velocidade de saída no eixo 'y' (unidade: m/s).	24
Figura 13. Diferença entre os valores de velocidade de entrada no eixo 'x' (unidade: m/s). ...	24
Figura 14. Diferença entre os valores de velocidade de entrada no eixo 'y' (unidade: m/s). ...	24
Figura 15. Diferença entre os valores da velocidade de entrada resultante (unidade: m/s).	25
Figura 16. Diferença entre os valores de tempo de bloco (unidade: s).	25
Figura 17. Diferença entre os valores de tempo total (unidade: s).	25
Figura 18. Diferença entre os valores de CM de saída no eixo 'y' (unidade: m).	25
Figura 19. Diferença entre os valores de CM de bloco no eixo 'y' (unidade: m).	25
Figura 20. Diferença entre os instantes de pico da velocidade angular de quadril (unidade: s).	25
Figura 21. Diferença entre os instantes de pico da velocidade angular de joelho (unidade: s). ..	26
Figura 22. Diferença entre os instantes de pico da velocidade angular de tornozelo (unidade: s).	26
Figura 23. Comparativo de velocidade angular das articulações na trajetória de movimento, valores obtidos pelo cálculo da média dos valores da amostra.	26
Figura 24. Gráfico demonstrativo de ação articular seqüencial na saída de agarre – dados referentes aos comportamentos de cada articulação dispostos de forma sobreposta para análise.	27
Figura 25. Gráfico demonstrativo de ação articular seqüencial na saída de atletismo – dados referentes aos comportamentos de cada articulação dispostos de forma sobreposta para análise.	27

RESUMO

Este estudo analisou e comparou os fatores cinemáticos pertinentes aos dois tipos de saídas na natação (agarre e atletismo) associados à performance, assim como as ações segmentares (parâmetros espaciais e temporais do movimento) com o desempenho, determinados pelas variáveis: Ângulo de Saída (AS), Ângulo de Entrada (AE), Velocidade de Saída (VS), Velocidade de Entrada (VE), Posição de Centro de Massa de Bloco (CMb), Posição de CM de Saída (CMs), Posição de CM de Entrada (CMe), Velocidade Angular de Tornozelo, Pico de Velocidade Angular de Tornozelo (PVt), Velocidade Angular de Joelho, Pico de Velocidade Angular de Joelho (PVj), Velocidade Angular de Quadril, Pico de Velocidade Angular de Quadril (PVq), Tempo Total (T), Tempo de Bloco (Tb), Tempo de Vôo (Tv) e Tempo de Pico (Tp). Participaram do estudo quinze nadadores com idades que variam entre 14 e 26 anos, sendo 11 meninas ($15,73 \pm 3,55$ anos) e 4 meninos ($16,25 \pm 0,96$ anos); o local escolhido é utilizado para sediar competições oficiais e obedece os padrões atuais de construção propostos pela FINA. As filmagens foram realizadas pelo plano sagital direito por uma câmera com frequência de 60Hz, com auxílio de luzes incandescentes, para detectar os deslocamentos de um conjunto de marcas corporais dispostos diretamente sobre a pele e/ou traje de banho por meio de um lápis dermatológico preto (maquiagem); utilizou-se calibrador bidimensional. As variáveis foram submetidas ao tratamento estatístico descritivo de média e desvio padrão e comparativo por meio do teste "T" de Student (intervalo de confiança de 95%). Os dados foram retirados dos gráficos gerados pelo software de manipulação gráfica e normalizados a 100% com o auxílio de softwares estatísticos. Os valores relacionados a variáveis analisadas pelo comportamento da trajetória foram obtidos, após normalização, pela média destes. Verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) para as variáveis TT, Tb e Tp de quadril, joelho e tornozelo, VS Y, VE, VE X, VE Y, CMb Y e CMs Y quando comparadas as duas técnicas. Observando todos os fatores resultantes dos dados coletados e considerando o resultado final obtido a partir do agrupamento das destas, cuja diferença foi significativa, infere-se que a saída do tipo atletismo proporciona melhor desempenho.

Unitermos: Biomecânica. Natação. Saídas. Saída de agarre. Saída de atletismo.

1.0 INTRODUÇÃO

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 a diferenciação e aperfeiçoamento dos estilos (FERNANDES e LOBO DA COSTA, 2006), buscando uma melhora no desempenho dos nadadores e na técnica utilizada.

A aplicação desse esporte começou em um momento utilitário, utilizado como arma para sobrevivência; passou (e passa) por uma idéia de prática para o bem-estar e culmina num fim competitivo, em que as frações de segundos são consideradas como elementos classificatórios (CBDA, 2007).

Dentro do prisma da performance da natação, HAY (1981) estabelece que esta se divide em três etapas distintas: a saída, o nado e a virada. 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 e Mason *apud* HUBERT e col, 2005). Como o tempo de saída do bloco pode representar uma fração significativa do tempo total de determinadas provas, vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de potencializar as técnicas e aperfeiçoar as execuções na busca de melhores resultados (PEREIRA e col, 2005).

Atualmente, utilizam-se dois tipos de saídas: a saída de agarre e a de atletismo (uma modificação da saída de agarre). Esses tipos de saída são mais populares em relação às saídas desenvolvidas antes delas (OLIVEIRA e col, 2002). A saída é dividida em fases: posição preparatória, empurrada, impulso no bloco, vôo, entrada, deslizamento e saída para o nado (MAGLISHO, 2003). Entre as duas técnicas há poucas diferenças na execução, porém ainda não se estabeleceu uma superioridade ou igualdade substancial entre ambas, demandando ainda mais atenção e dedicação ao assunto (GUIMARAES & HAY, 1985).

Desta forma, procura-se neste trabalho esclarecer qual é a relação entre os fatores intervenientes na execução da saída e de que forma estes influenciam o movimento, visando à performance no estilo de saída escolhido.

1.1 **Objetivo Geral**

Analisar e comparar os fatores cinemáticos pertinentes aos dois tipos de saídas na natação associados à performance, assim como as ações segmentares (parâmetros espaciais e temporais do movimento) com o desempenho.

1.2 *Objetivos Específicos*

O presente estudo tem como objetivos específicos:

- 1.2.1 Descrever os aspectos cinemáticos e as variáveis (espaciais e temporais) das técnicas de saída do tipo agarre e atletismo da natação;
- 1.2.2 Comparar as variáveis espaciais e temporais das ações segmentares em relação ao desempenho.
- 1.2.3 Comparar a performance decorrente dos dois tipos de saída;

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

Com o objetivo de facilitar a compreensão dos aspectos aqui revisados, este item será dividido de acordo com a origem dos conceitos: abordando os conceitos físicos (mecânicos, cinemáticos, etc.) que descrevem ou se aplicam ao movimento estudado e os conceitos específicos, que descrevem o movimento propriamente dito, ou estão relacionados a este.

2.1 Dos conceitos físicos

2.1.1 Da trajetória

O movimento aqui estudado é descrito, aproximadamente, por uma trajetória parabólica (PALMER, 1990). O ponto de saída, referente às coordenadas cartesianas do Centro de Massa (0; 0), é a baliza e o ponto final é o momento em que as mãos do nadador tocam a água, referente às coordenadas do Centro de Massa (x; y).

Nesse movimento, a aceleração propulsiva ocorre quando o atleta está no bloco, movimentando-se na tentativa de deprender-se dele. Neste instante, o elemento físico que se opõe é a aceleração da gravidade, pois a partir do momento em que ele se desprende do bloco, a aceleração horizontal é nula (desprezando a resistência do ar e outras forças dissipativas), tornando a componente horizontal da velocidade constante.

O atleta se utiliza de três fontes de força: a pressão exercida contra o bloco com os pés, com as mãos e aquela provocada pelo deslocamento do centro de massa (quando o nadador joga os braços para frente). Porém, consideram-se essas três forças como uma única força que provocará uma única aceleração no movimento.

Para o estudo do salto de nadadores é possível aplicar o modelo de lançamento de projéteis. Para o lançamento de um projétil, admite-se que as posições inicial e final têm a mesma elevação e mesma angulação; assim, pode-se então calcular o alcance através da seguinte equação:

$$R = [V_0^2/g] \cdot \text{sen}2\theta$$

Onde:

R: alcance

V_0 : velocidade inicial

g: aceleração da gravidade

θ : ângulo de saída

Nesse caso, o alcance será máximo para uma mesma velocidade inicial quando:

$$\text{Sen}2\theta=1 \therefore \theta=45^\circ$$

Logo, o melhor ângulo para a saída (considerando fatores físicos ideais) é 45°.

Porém, quando um atleta salta, ele está acima do nível da água, segundo disposições para construção de blocos (FINA, 2007). Ou seja, a altura que corresponderá à sua posição final é diferente da altura teórica. Assim, o ângulo de saída ótimo será menor que 45°. E quanto maior a altura do bloco, menor deverá ser o ângulo de saída (TIPLER, 1995).

Com relação à altura percorrida e o tempo do movimento, ainda considerando a analogia de movimento, analisa-se:

$$Y = g.t^2/2$$

Onde:

Y: deslocamento vertical

g: aceleração da gravidade

t : tempo

Sabendo-se que g é constante, observa-se uma relação direta entre y e t². Conseqüentemente, haverá um ganho em altura proporcional quadrado ao tempo decorrido.

2.1.2 Do Impulso

Neste trabalho, o impulso é observado no instante imediatamente após o sinal de partida, na reação do atleta em provocar deslocamento utilizando a plataforma de saída como elemento propulsivo. Porém, não houve no estudo elementos de medida direta para esta variável (a exemplo: plataforma de força), sendo assim, pensa-o subjetivamente avaliando-se os elementos relacionados ao impulso, descritos a seguir.

Definimos o impulso como a relação entre a força aplicada em um movimento e tempo em que este se realizou:

$$I = \int F . dt = F . T$$

Onde:

I : impulso

F : força

T : tempo

Porém, para uma definição mais acurada, podemos considerar que nesse movimento aconteça o seguinte: uma força muito grande atuando durante um pequeno intervalo de tempo sobre um ponto material, produzindo uma influência considerável na quantidade de movimento

envolvida. Tal força é chamada de *força impulsiva* e o movimento de *movimento impulsivo*. (BEER & JOHNSTON, 1980).

Fatores como potência e pressão estão relacionados ao impulso, os quais exercem influência no desenvolvimento do movimento.

Pressão (P) é definida pela relação entre uma força (F) aplicada em um movimento e a área (A) sobre a qual esta força é aplicada:

$$P = F / A$$

A potência (Pot), por sua vez, é definida como a rapidez com a qual um trabalho é realizado, como a taxa de transferência de energia de um sistema para o outro ou ainda como uma relação entre a força (F) exercida num movimento e a velocidade (V) empregada:

$$\text{Pot} = F \cdot V$$

Ao dispor todos os casos em uma única equação, podemos aproximar matematicamente os fatores relacionados ao impulso:

$$I = F \cdot T = (P / A) \cdot T = (\text{Pot} / V) \cdot T$$

Para o movimento estudado, estas variáveis de potência, velocidade e pressão estão ligadas ao movimento específico do nadador no bloco, ou seja, à posição inicial que ele ocupa, sua distribuição no bloco de acordo com a técnica e a ação angular de membros inferiores, responsáveis pela propulsão.

2.2 Dos conceitos específicos

2.2.1 As regras de saída

A baliza ou bloco de saída é um dispositivo fixo ou móvel da borda da piscina. A superfície da plataforma é levemente inclinada para o lado da piscina (o ângulo máximo que apresenta com a horizontal é de 10°). A altura inferior pode estar entre 0,5m e 0,75m acima da superfície da água. A superfície superior deve ter 0,5m x 0,5m, recoberta por material antiderrapante. Os suportes para a saída do nado costas devem estar entre 0,3m e 0,6m acima da superfície da água, paralelos a superfície da parede e não devem ultrapassar a mesma (CATTEAU & GAROFF, 1990; FINA, 2007).

O processo de saída começa com um sinal do juiz para os nadadores se posicionarem na parte de superior dos blocos de partida. Ao sinal de comando "as suas marcas", estes tomam posição na região da frente do bloco, com os pés posicionados firmemente e o corpo flexionado sobre si mesmo. Quando todos estiverem imóveis, o juiz dará o sinal de partida (FINA, 2007).

2.2.2 As saídas

Quanto aos movimentos possíveis, em uma abordagem global, pode-se dividi-los em dois estilos: saída pranchada e carpada. A saída pranchada é comum em alunos que ainda não dominam a técnica, estão em fase de aprendizagem. A saída carpada, um movimento mais fino realizado com a finalidade de alcançar o ponto mais longe possível em um meio menos resistivo, é realizado por nadadores que dominam os gestos motores do movimento e o executam com a finalidade de rendimento (MAGLISCHO, 2003). A saber:

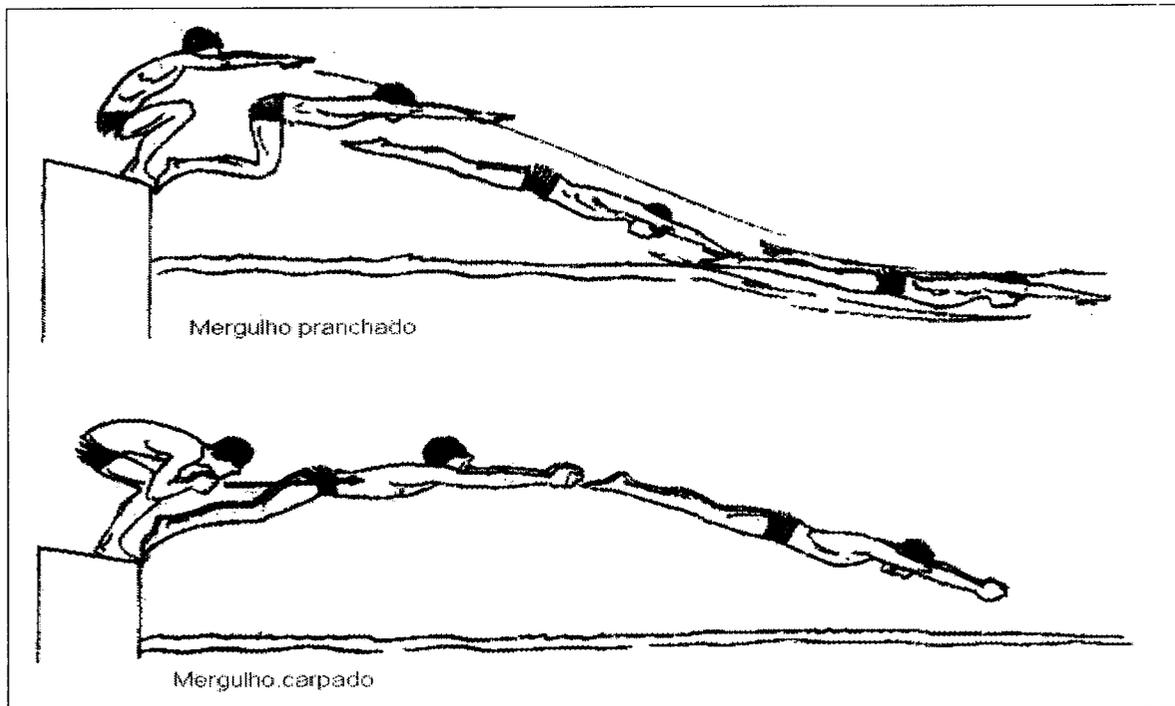


Figura 1. Modelos de saída em visão global (WILKE, 1990).

Atualmente, utilizam-se dois tipos de saídas: a saída de agarre e a de atletismo (sendo esta 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 destas, que utilizavam a circundação dos braços (OLIVEIRA e col, 2002). Nas duas técnicas citadas divide-se o movimento em fases: posição preparatória, empurrada, impulso no bloco, vôo, entrada, deslizamento e saída para o nado (MAGLISCHO, 2003); sendo que nestas, alguns elementos são comuns às duas técnicas. A saber:

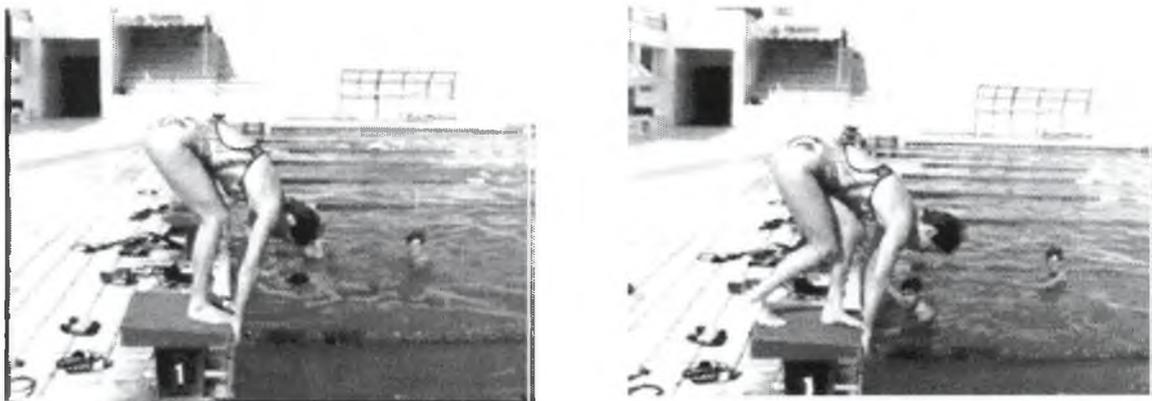


Figura 2a e 2b. Modelos de saída de agarre e atletismo respectivamente.

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 frente ou trás, dependendo do desequilíbrio habitual de cada nadador (MASSAUD, 2003). O peso do corpo é levado pra frente, conservando uma margem de segurança. Na saída de agarre a flexão de pernas é menor, porém a flexão do tronco é muito mais acentuada, 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. Começa com um período de latência, tempo necessário para o nadador perceber o sinal e reagir a ele. Esse tempo varia de um indivíduo para o outro, mas pode ser reduzido com o treinamento. Então acontece o desequilíbrio, uma queda controlada que 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).

Na saída de agarre, o desequilíbrio se inicia e se reforça por uma puxada dos braços, utilizando as mãos na borda da plataforma. A intensificação na flexão dos segmentos constitui um aumento na tensão dos músculos extensores, aumentando sua força, caracterizando a explosão da impulsão de saída (com a extensão simultânea de membros). Há a necessidade da transmissão integral das forças ao tronco. A extensão das costas e a flexão da cabeça contribuem para o alinhamento vertebral. Os braços atuam de uma maneira importante, pois sua forte elevação aumenta a pressão do corpo sobre o plano e, se coordenada com a extensão geral, a pressão se manifesta por um aumento da impulsão das pernas (CATTEAU, 1990).

As demais fases se desenvolvem como consequência dos movimentos feitos no bloco. Alguma alteração se dá por intenção do nadador em mudar o ângulo de entrada, ou por falta de controle corporal (CATTEAU, 1990).

2.2.2.1 Análise de movimento

Ainda considerando as fases acima descritas, pode-se fazer uma análise mais detalhada de cada movimento envolvido. Para esta análise observam-se elementos fundamentais às técnicas, como ângulos, vetores de movimento, etc. Nesta linha, GUIMARÃES e HAY (1985) estabeleceram procedimentos, variáveis e lógicas de evolução de movimento, produzindo alguns diagramas:

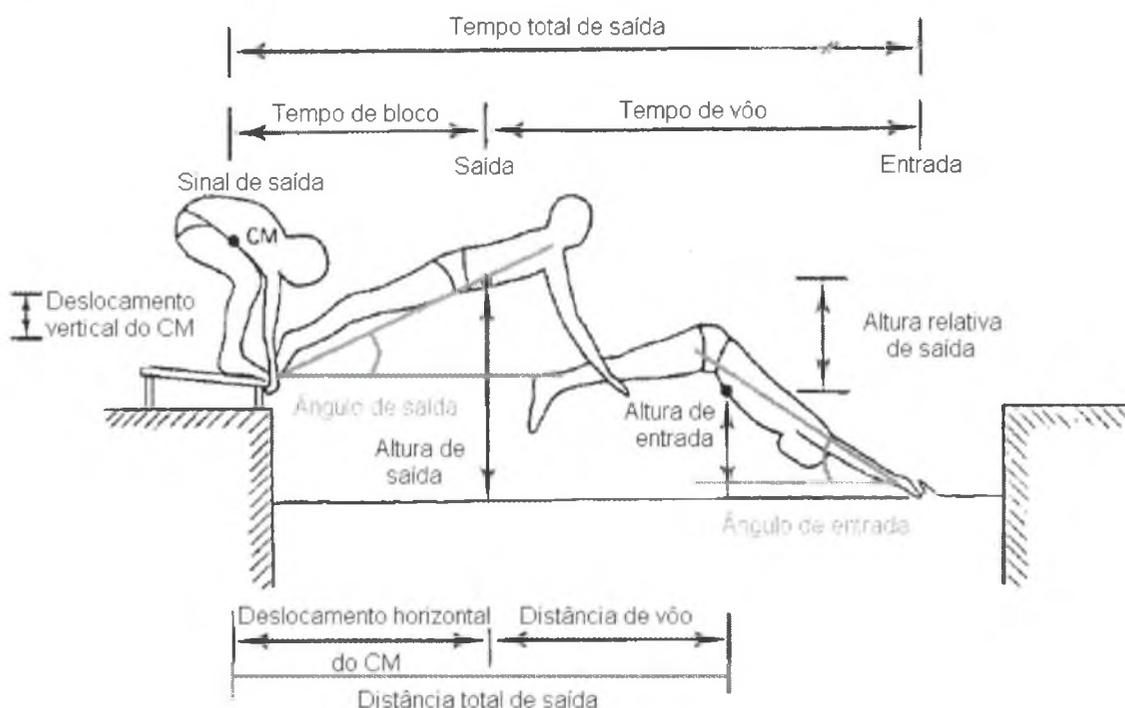


Figura 3. Diagrama de saída de bloco adaptado para o estudo (GUIMARAES & HAY, 1985).

Dos elementos apresentados, os ângulos de saída de bloco e entrada na água encontram-se referenciados pela literatura: estes variam entre 30° e 40°, influenciados pelo tipo de saída e o estilo de nado a ser desenvolvido (MAGLISCHO, 2003).

No diagrama aqui adaptado (GUIMARAES & HAY, 1985), foram determinados os elementos fundamentais ao movimento, desenvolvendo-se assim um raciocínio de evolução. A partir deste, os autores descreveram as dependências, as relações entre as variáveis, explicando os componentes diagramados acima. As idéias básicas foram divididas em: instante de bloco, instante de voo e instantes de água. Segue:

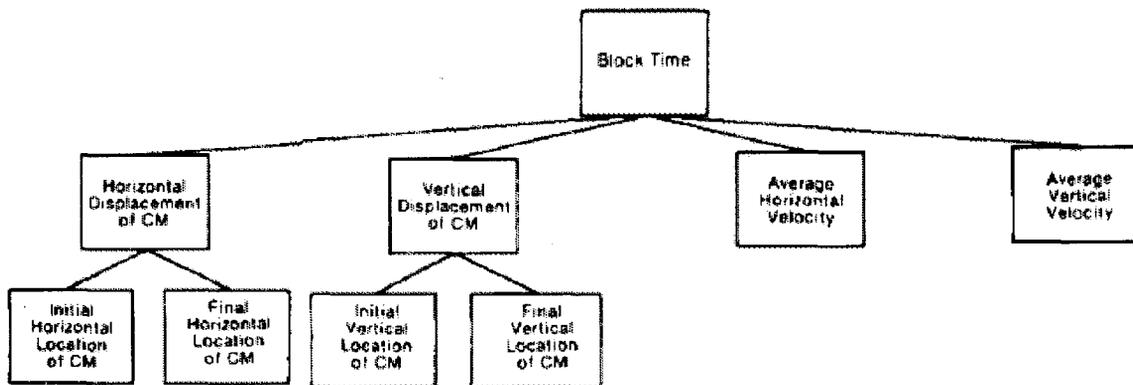


Figura 4. Descrição de variáveis para o instante de bloco (GUIMARAES & HAY, 1985).

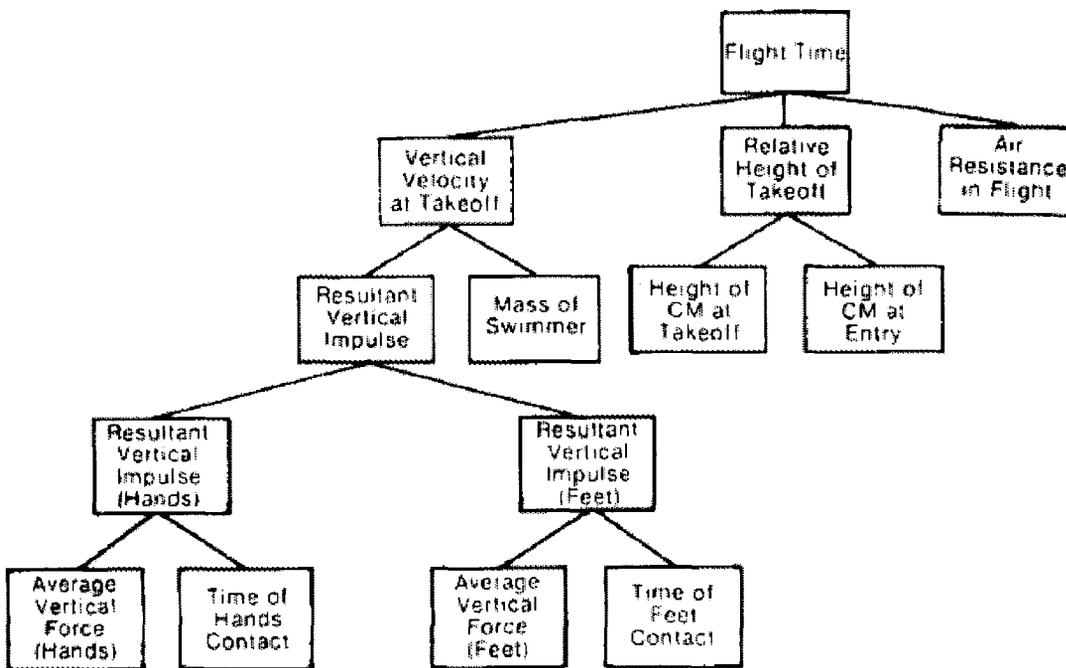


Figura 5. Descrição de variáveis para o instante de vôo (GUIMARAES & HAY, 1985).

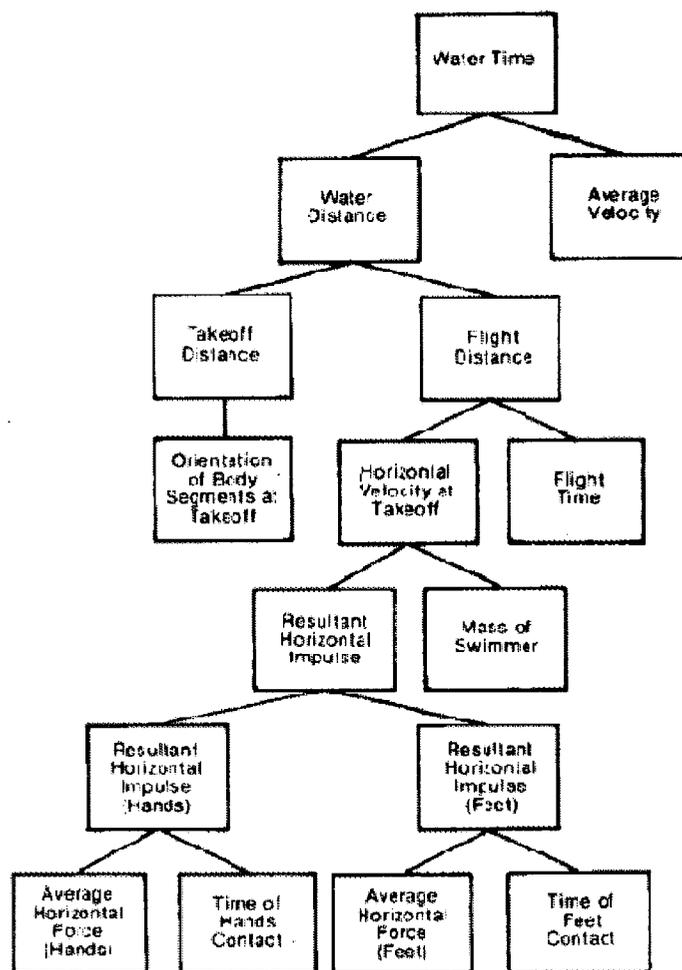


Figura 6. Descrição de variáveis para o instante de água (GUIMARAES & HAY, 1985).

Neste estudo foram utilizadas apenas algumas variáveis da descrição do instante de bloco e de vôo, como: deslocamento horizontal e vertical, velocidade de saída do bloco, etc. O experimento realizado não contempla as variáveis de tempo de água, explicitadas acima.

2.2.2.2 Variáveis de movimento

Além das variáveis cinemáticas apresentadas, existem elementos intrínsecos e extrínsecos ao movimento gerador propriamente dito. Tendo em vista os elementos intrínsecos, olha-se para o movimento corporal e seus elementos geradores de propulsão: as articulações e respectivos grupos musculares. Estima-se que as velocidades angulares das articulações de membros inferiores representam um papel fundamental na resultante de movimento, já que este se dá pela potência funcional dos mesmos. Também pode-se considerar o movimento dos braços, que podem auxiliar e potencializar o impulso empregado (BREED & YOUNG, 2003), fato

não abordado neste estudo.

Ao considerar os fatores mecânicos e fisiológicos relacionados ao movimento específico, e a potência com a qual este é realizado, aproxima-se da técnica aplicada ao movimento “Squat Jump”: um estilo de salto vertical que parte da posição imóvel de meio agachamento, com uma forte e rápida extensão dos membros inferiores, tendo as mãos na cintura – movimento com dinâmica similar às saídas de bloco pelo posicionamento dos membros inferiores (e similar ao presente estudo por não considerar a ação dos braços na propulsão). Verifica-se que este salto é mais eficiente que outras técnicas utilizadas para um movimento de potência (DA CRUZ, 2003), porque, para gerar potência, utiliza-se do pré-estiramento de certas partes relevantes do corpo para gerar aceleração na direção pretendida – contramovimento (WATKINS, 2001).

A eficiência do salto depende da massa muscular envolvida e da velocidade de contração do músculo; é necessário ter força explosiva, ou seja, capacidade de realizar força no mais curto período de tempo (DA CRUZ, 2003).

Além disso, a coordenação do movimento também é fundamental para potencializar a propulsão gerada no bloco e a sua transmissão. Nesta idéia descrevem-se três padrões de movimento para o salto: o modo seqüencial clássico (SEQ) - cada segmento inicia o movimento no momento do pico de velocidade do segmento anteriormente adjacente; o modo simultâneo (SIM) - todos os segmentos iniciam a extensão ao mesmo tempo; e o modo modificado simultâneo (MSIM) - a extensão é buscada, mas a aceleração da extensão do tronco é esperada para potencializar o joelho e o tornozelo em uma flexão adicional, depois o movimento se torna simultâneo (Hudson apud DA CRUZ, 2003).

Para o movimento descrito no estudo, análogo ao salto vertical citado acima, a coordenação é resumidamente descrita como Próximo-Distal (PD) – em que a seqüência de ativação muscular tem início no quadril, com os músculos de quadril e pernas, depois a articulação de joelho e posteriormente de tornozelo (análoga à técnica SEQ). Nesta descrição, define-se que essa seqüência de movimento permite um fluxo de energia do quadril para o tornozelo, em uma ação bi-articular – mono-articular (PANDY & ZAJAC, 1991); porém, esse movimento utiliza do ciclo estira-encurta no movimento sem o contramovimento.

Pode-se afirmar que a seqüência ordenada temporalmente no salto, com relação ao aumento da ativação muscular, está associada a uma necessidade de seqüência próximo-distal nas rotações articulares, ideais para evitar a rápida extinção do impulso gerado. A energia liberada nos músculos mono-articulares parece ser transferida para as demais articulações, o que pode contribuir para aumentar a eficácia energética do saltador. A co-ativação, observada nos músculos agonistas mono-articulares e seus respectivos antagonistas bi-articulares, é necessária para esse transportar de energia. A coordenação intermuscular pode observada através da efetiva utilização da capacidade de trabalho dos músculos para o aumento da utilização energética do saltador, sem a perda de energia em contrações excêntricas (VAN INGEN SCHENAU, 1989).

Tendo em vista os elementos extrínsecos, verifica-se a influência dos aspectos

estruturais como a construção dos blocos de partida: a inclinação e a altura podem influenciar nos resultados obtidos com o movimento efetuado: blocos mais altos e inclinados resultam em influência positiva sobre o movimento (PEREIRA e col, 2005). Para esse quesito existe uma breve descrição de norma na regulamentação da FINA, que apenas define a possibilidade de inclinação (FINA, 2007).

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 População e Amostra

O grupo de participantes estudado foi intencionalmente selecionado: 15 atletas de um clube desportivo tradicional de Curitiba que participam, com êxito, de competições do calendário oficial, regional e nacional. As idades variam entre 14 e 26 anos, sendo 11 meninas ($15,73 \pm 3,55$ anos) e 4 meninos ($16,25 \pm 0,96$ anos). Todos treinam e utilizam oficialmente a saída do tipo atletismo para a realização das provas de estilo que determinam o movimento fora da água.

O local foi intencionalmente escolhido: a piscina utilizada sedia competições oficiais, sendo assim, está dentro dos padrões atuais de construção propostos pela FINA (2007).

3.2 Instrumentos e Procedimentos

Inicialmente, os sujeitos foram esclarecidos acerca dos procedimentos do estudo e concordaram verbalmente em participar voluntariamente. O teste foi realizado em um dia normal de treinamento; o grupo avaliado foi separado em duplas e a seleção destas foi aleatória. O estudo tem caráter descritivo, comparativo e transversal.

Cada nadador foi instruído a realizar primeiro a saída tipo agarre e depois a saída tipo atletismo. A avaliação foi realizada ao longo de 30 tentativas alternadas, havendo um revezamento entre cada elemento da dupla a fim de evitar o efeito deletério da fadiga. Os participantes foram instruídos em realizar a saída de maneira máxima, ou seja, simulando uma situação de competição oficial. Após a execução da primeira técnica de saída, os participantes retornaram ao bloco para a tentativa restante. O período para o retorno à posição inicial foi de 90s.

A área para as filmagens foi definida por um calibrador bidimensional com três barras de madeira de 2,05m cada, sendo uma na vertical e duas seqüenciais na horizontal (4,10m x 2,05m), nas quais foram acoplados dois níveis de bolha metálicos. Os sujeitos foram filmados no plano sagital direito por meio de uma câmera (JVC) com uma frequência de 60Hz, com o auxílio de luzes incandescentes, para detectar os deslocamentos de um conjunto de marcas corporais dispostos diretamente sobre a pele e/ou traje de banho por meio de um lápis dermatológico preto (maquilagem). Foram demarcados os seguintes pontos no hemi-corpo direito: 5º metatarso, maléolo do tornozelo, epicôndilo lateral do joelho, trocânter maior do quadril, acrômio, epicôndilo lateral do cotovelo, processo estilóide do punho, epicôndilo ulnar medial, falange distal do dedo médio, glabella e ponta do queixo. Esses pontos anatômicos foram utilizados para a construção de um modelo biomecânico, conforme a figura 7:

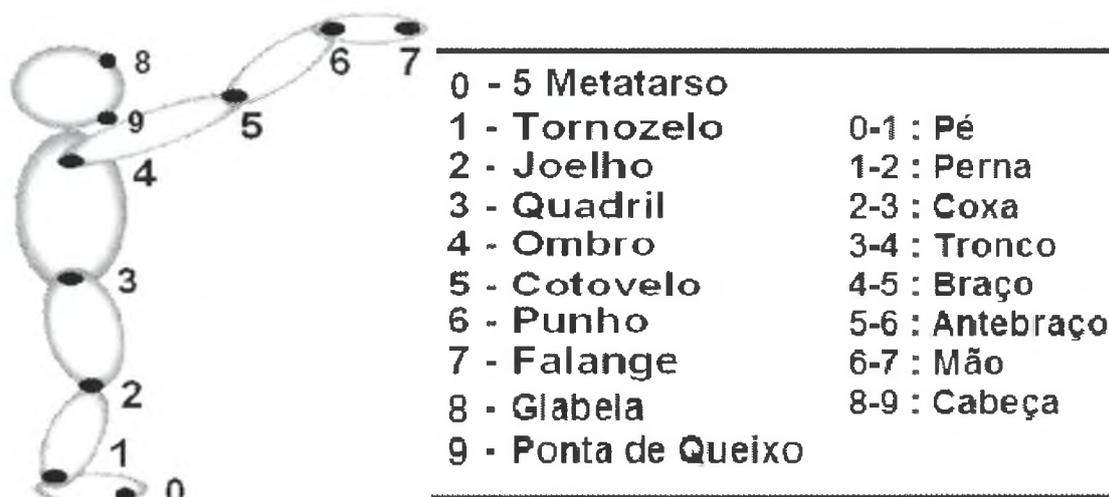


Figura 7. Exemplo de marcação de pontos anatômicos. Figura cedida pelo professor orientador.

As filmagens dos movimentos foram utilizadas para a reconstrução dos deslocamentos dos marcadores corporais após terem sido digitalizados no software DgeeMe. Os dados foram utilizados para determinar um conjunto de variáveis espaciais e temporais do movimento e encontram-se descritas abaixo:

Variável	Descrição
Ângulo de Saída (AS)	Ângulo definido pela posição do Centro de Massa (CM) e o ponto do 5º metatarso em relação à horizontal no instante do último toque do nadador no bloco
Ângulo de Entrada (AE)	Ângulo definido pela posição do CM e o ponto do epicôndilo ulnar em relação à horizontal no instante do primeiro toque do nadador na água
Velocidade de Saída (VS)	Resultante composta pelos valores dos vetores das velocidades de CM nos eixos 'x' e 'y' definida no instante do último toque do nadador no bloco
Velocidade de Entrada (VE)	Resultante composta pelos valores dos vetores das velocidades de CM nos eixos 'x' e 'y' definida no instante do primeiro toque do nadador na água
Posição de CM de Bloco (CMb)	Valores obtidos nos eixos 'x' e 'y' nos instantes iniciais do movimento, em que o nadador está posicionado para efetuar a saída
Posição de CM de Saída (CMs)	Valores obtidos nos eixos 'x' e 'y' no último instante em que o nadador toca o bloco de partida
Posição de CM de Entrada (CMe)	Valores obtidos nos eixos 'x' e 'y' no instante em que o nadador toca a superfície da água

Velocidade Angular de Tornozelo	Velocidade relativa entre os membros da articulação do tornozelo (o direito para a saída de agarre, o da perna de propulsão – último a deixar o bloco – para a saída de atletismo) definida pelo seu comportamento na trajetória
Pico de Velocidade Angular de Tornozelo (PVt)	Pico de velocidade no movimento de extensão da articulação de tornozelo
Velocidade Angular de Joelho	Velocidade relativa entre os membros da articulação do joelho (o direito para a saída de agarre, o da perna de propulsão – último a deixar o bloco – para a saída de atletismo) definida pelo seu comportamento na trajetória
Pico de Velocidade Angular de Joelho (PVj)	Pico de velocidade no movimento de extensão da articulação de joelho
Velocidade Angular de Quadril	Velocidade relativa entre os membros da articulação do quadril (o direito para a saída de agarre, o da perna de propulsão – último a deixar o bloco – para a saída de atletismo) definida pelo seu comportamento na trajetória
Pico de Velocidade Angular de Quadril (PVq)	Pico de velocidade no movimento de extensão da articulação de quadril

Figura 8. Quadro explicativo: descrição das variáveis utilizadas neste estudo.

A figura abaixo apresenta as variáveis temporais do movimento:

Variável	Descrição
Tempo Total (T)	Composto pelas parciais de bloco e de vôo, determina o tempo total do movimento
Tempo de Bloco (Tb)	Tempo entre o sinal de saída e o último toque do nadador no bloco
Tempo de Vôo (Tv)	Tempo entre o primeiro instante de vôo e o primeiro toque do nadador na água
Tempo de Pico (Tp)	Tempo relativo ao aparecimento do pico de velocidade angular das articulações de tornozelo, joelho e quadril

Figura 9. Quadro explicativo: descrição das variáveis utilizadas neste estudo.

3.3 Tratamento Estatístico

As variáveis do estudo foram submetidas ao tratamento estatístico descritivo de média e desvio padrão no software Excel e comparados por meio do teste “t” de Student, adotando-se um intervalo de confiança de 95% no software Statistica®, versão 7.0.

Para efeitos de comparação, os dados foram retirados dos gráficos gerados pelo software de manipulação gráfica (DgeeMe) e normalizados a 100% com o auxílio dos softwares Excel e Normal. Os valores relacionados ao comportamento de variáveis em relação à trajetória foram obtidos pela média apresentada na amostra, para valores obtidos após a normalização.

4.0 RESULTADOS

Segue abaixo o quadro 3 apresentando os valores obtidos para as variáveis observadas, separados segundo a técnica de saída executada. Os valores negativos apenas apresentam sentido contrário ao referencial adotado.

	Agarre	Atletismo	P ($<0,05$)
AS	21,53 \pm 5,28	24,4 \pm 4,05	0,0167
AE	35,93 \pm 3,37	36,27 \pm 3,77	0,6420
VS	3,42 \pm 0,24	3,51 \pm 0,29	0,2160
VS X	3,4 \pm 0,24	3,46 \pm 0,26	0,3921
VS Y	- 0,21 \pm 0,37	- 0,54 \pm 0,27	0,0042
VE	4,55 \pm 0,19	4,79 \pm 0,22	0,0007
VE X	3,33 \pm 0,21	3,48 \pm 0,27	0,0153
VE Y	- 3,10 \pm 0,24	- 3,28 \pm 0,19	0,0006
CMb Y	1,30 \pm 0,04	1,32 \pm 0,04	0,0282
CMs X	0,95 \pm 0,11	0,95 \pm 0,09	0,7777
CMs Y	1,18 \pm 0,06	1,24 \pm 0,05	0,0033
CMe X	1,982 \pm 0,14	1,96 \pm 0,15	0,4006
CMe Y	0,67 \pm 0,04	0,68 \pm 0,05	0,3710
PVq	- 564,75 \pm 83,45	- 537,96 \pm 77,18	0,1638
PVj	830,50 \pm 90,03	828,33 \pm 113,87	0,4744
PVt	- 1149,14 \pm 165,31	- 763,03 \pm 202,84	0,0930
TT	0,97 \pm 0,08	0,86 \pm 0,07	0,0000
Tb	0,67 \pm 0,09	0,55 \pm 0,06	0,0001
Tv	0,31 \pm 0,05	0,30 \pm 0,03	0,2451
Tp quadril	0,57 \pm 0,05	0,48 \pm 0,08	0,0016
Tp joelho	0,59 \pm 0,05	0,49 \pm 0,07	0,0005
Tp tornozelo	0,59 \pm 0,05	0,50 \pm 0,08	0,0021

Figura 10. Quadro explicativo: apresentação dos valores de média e desvio padrão das variáveis analisadas.

Observa-se um maior valor de média das variáveis de posição de CM de entrada na água (CMe) no eixo 'x'; Pico de Velocidade Angular de quadril, joelho e tornozelo (PVq, PVj, PVt); Tempo Total (TT); Tempo de Bloco (Tb); Tempo de Vão (Tv) e Tempo de Pico de Velocidade Angular de quadril, joelho e tornozelo (Tpq, Tpj, Tpt) para a saída de agarre, sendo observadas diferenças significativas para as variáveis TT, Tb e Tp de quadril, joelho e tornozelo quando comparadas as duas técnicas de saída.

Observa-se um maior valor de média para as variáveis de Ângulo de Saída de bloco (AS), Ângulo de Entrada na água (AE); Velocidade de Saída de bloco (VS) e suas componentes de eixo 'x' e 'y'; Velocidade de Entrada na água (VE) e suas componentes de eixo 'x' e 'y'; posição de CM de bloco (CMb) no eixo 'y', de saída (CMs) no eixo 'y' e de entrada na água (CMe) no eixo 'y' quando há a utilização da saída do tipo atletismo, sendo encontradas diferenças estatisticamente significativas para as variáveis VS Y, VE, VE X, VE Y, CMb Y e CMs Y quando comparadas as duas técnicas. Nota-se que não houve diferença entre as médias ou diferença significativa para os valores de CMs no eixo 'x' para as duas técnicas.

Dos dados apresentados acima, doze das vinte e duas variáveis observadas apresentaram diferença significativa quando comparados os dois tipos de saída. Para delinear esta diferença, segue abaixo as ilustrações gráficas de média e desvio padrão dos valores apresentados acima.

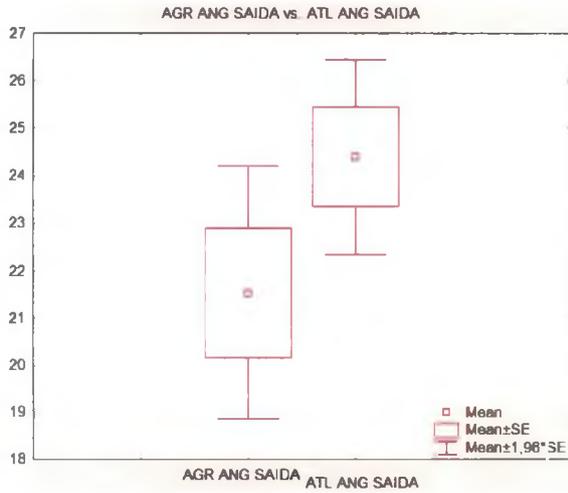


Figura 11. Diferença entre os valores de ângulo de saída (unidade: graus).

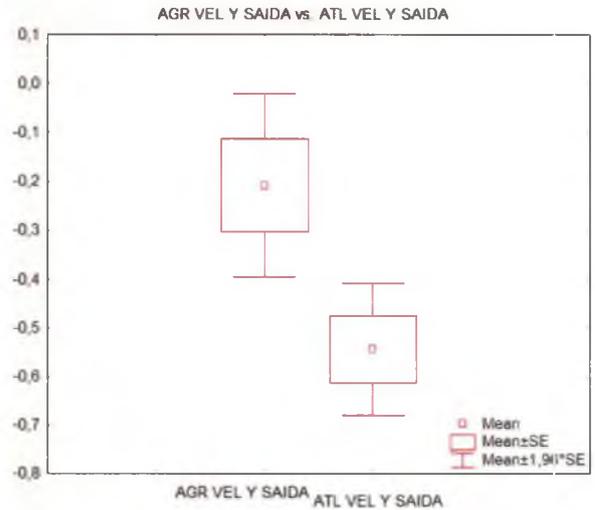


Figura 12. Diferença entre os valores de velocidade de saída no eixo 'y' (unidade:m/s).

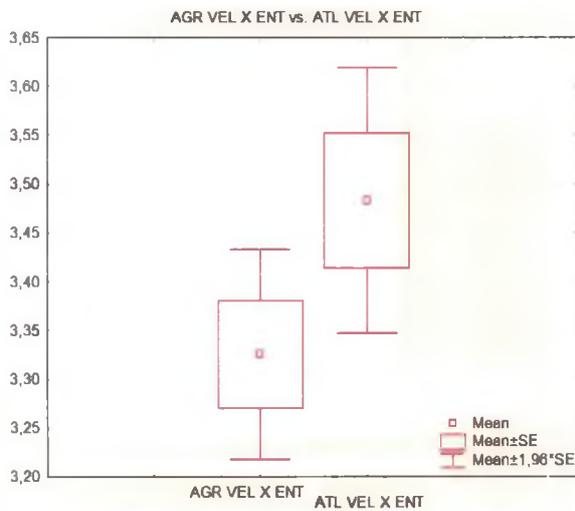


Figura 13. Diferença entre os valores de velocidade de entrada no eixo 'x' (unidade: m/s).

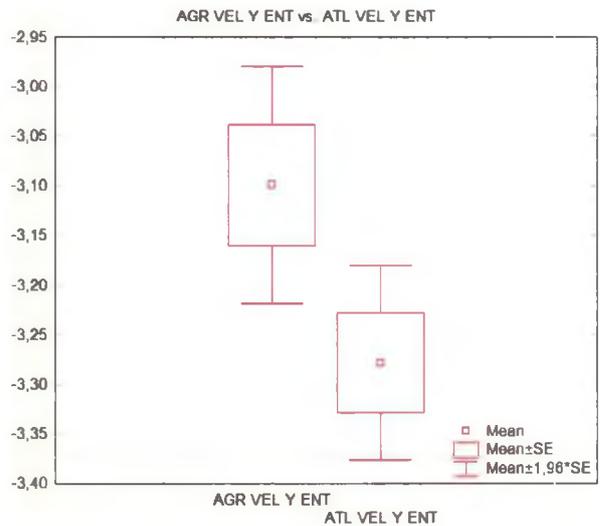


Figura 14. Diferença entre os valores de velocidade de entrada no eixo 'y' (unidade: m/s).

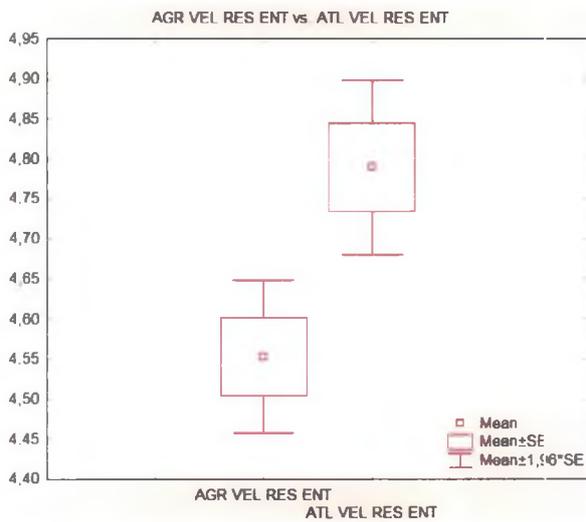


Figura 15. Diferença entre os valores da velocidade de entrada resultante (unidade: m/s).

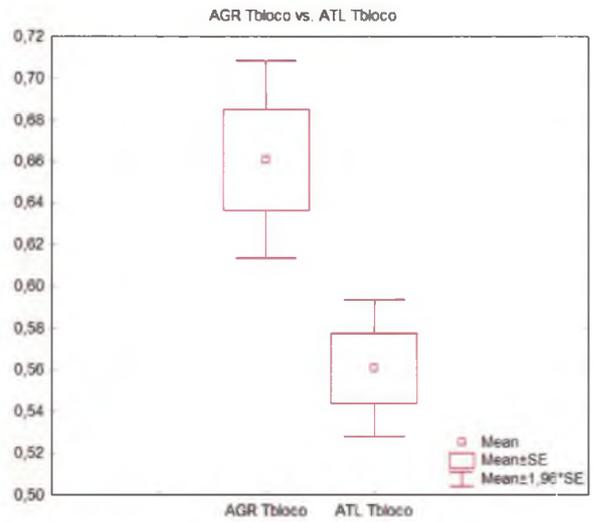


Figura 16. Diferença entre os valores de tempo de bloco (unidade: s).

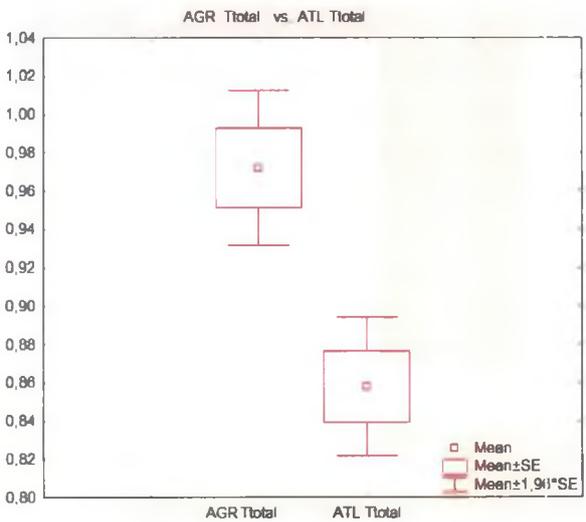


Figura 17. Diferença entre os valores de tempo total (unidade: s).

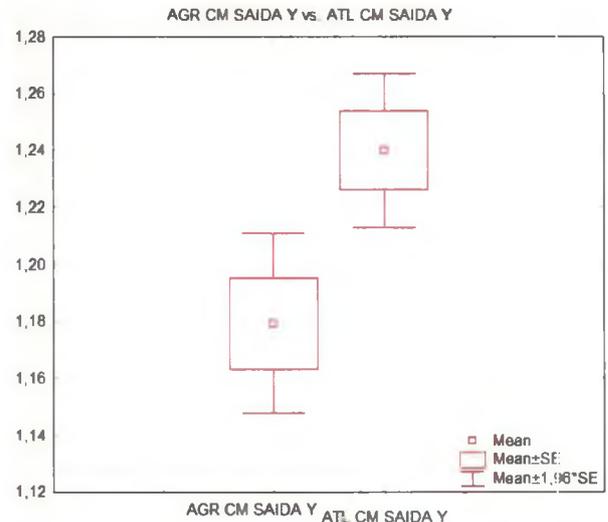


Figura 18. Diferença entre os valores de CM de saída no eixo 'y' (unidade: m).

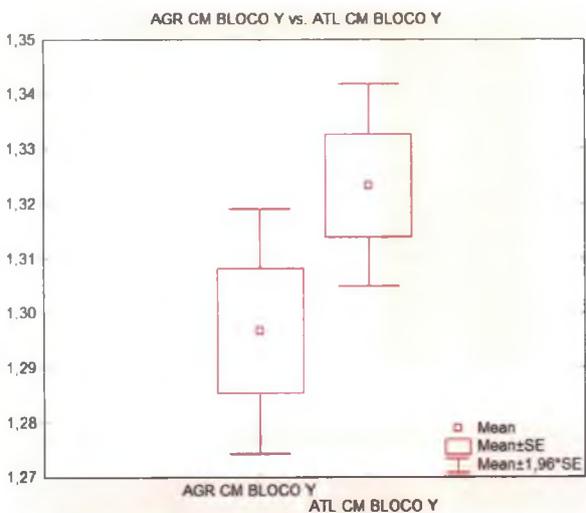


Figura 19. Diferença entre os valores de CM de bloco no eixo 'y' (unidade: m).

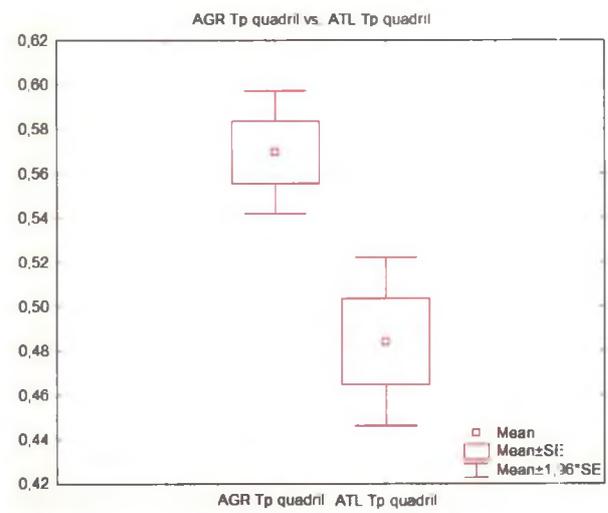


Figura 20. Diferença entre os instantes de pico da velocidade angular de quadril (unidade: s).

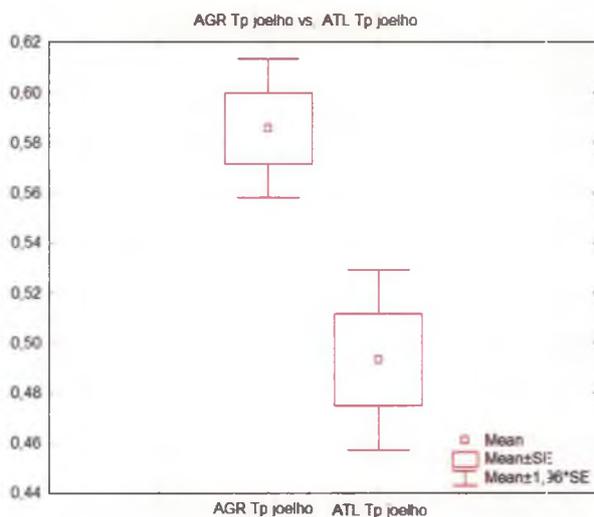


Figura 21. Diferença entre os instantes de pico da velocidade angular de joelho (unidade: s).

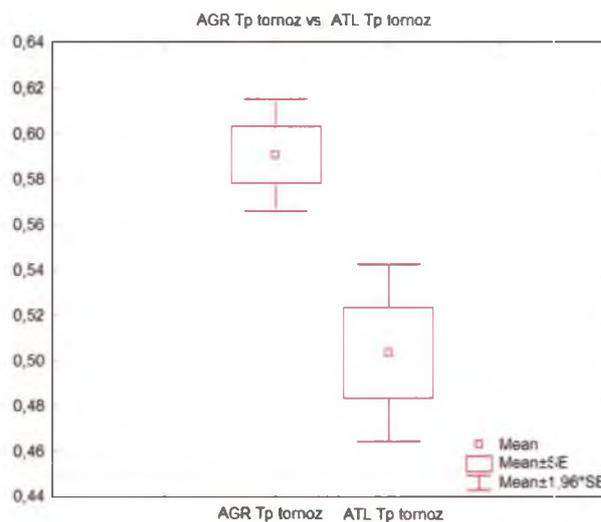


Figura 22. Diferença entre os instantes de pico da velocidade angular de tornozel (unidade: s).

As variáveis de velocidade angular, com relação ao comportamento durante o movimento, apresentaram a forma abaixo:

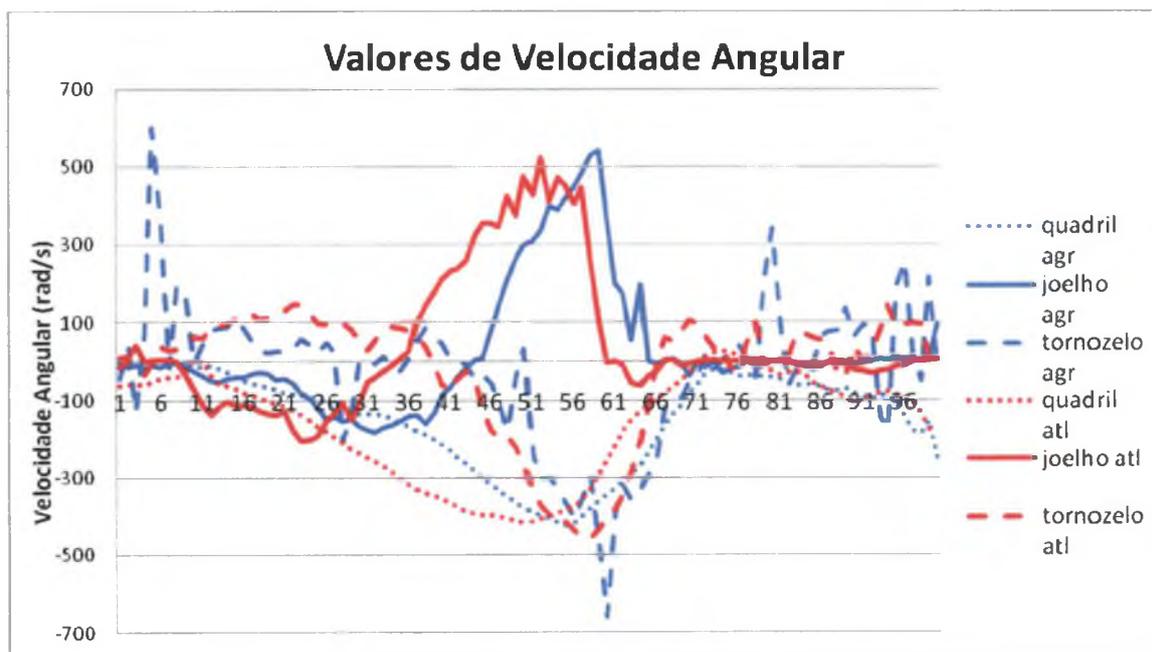


Figura 23. Comparativo de velocidade angular das articulações na trajetória de movimento, valores obtidos pelo cálculo da média dos valores da amostra.

A figura acima apresenta um comparativo entre as técnicas analisadas neste estudo, agarre e atletismo, segundo as distribuições das velocidades angulares das articulações de quadril, joelho e tornozelo. Para as linhas pontilhadas, observam-se os valores para as velocidades angulares de quadril; para as linhas cheias, observam-se os valores de velocidade angular de joelho; e para as linhas tracejadas os valores de velocidade angular de tornozelo.

Nota-se, com relação à distribuição das curvas, que para as velocidades de quadril e joelho há uma antecipação do comportamento da técnica de atletismo em relação à de agarre. Com relação distribuição dos valores de velocidade angular de tornozelo, não há diferenças gráficas.

Considerando o comportamento da velocidade angular em relação à ordem temporal do movimento articular de membro inferior, as técnicas apresentaram as formas abaixo:

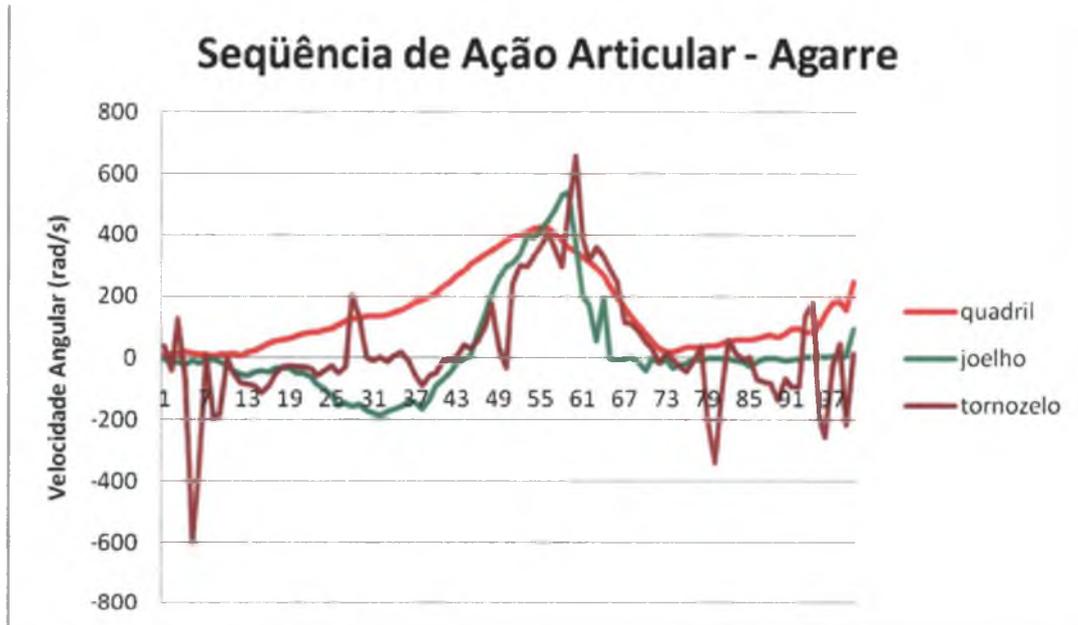


Figura 24. Gráfico demonstrativo de ação articular seqüencial na saída de agarre – dados referentes aos comportamentos de cada articulação dispostos de forma sobreposta para análise.

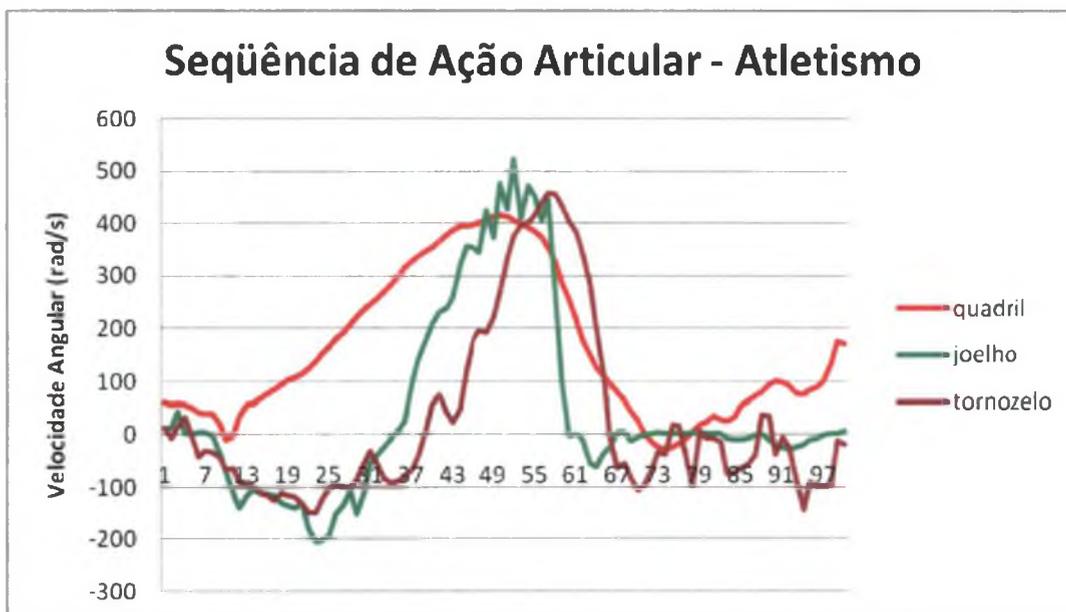


Figura 25. Gráfico demonstrativo de ação articular seqüencial na saída de atletismo – dados referentes aos comportamentos de cada articulação dispostos de forma sobreposta para análise.

As figuras 24 e 25 apresentam as curvas de velocidade angular de quadril, joelho e tornozelo para as técnicas de agarre e atletismo, respectivamente. Os valores, considerados em módulo para a análise, determinam uma relação temporal entre o aparecimento dos valores de pico da velocidade angular das articulações: nota-se que, para as duas figuras, o primeiro pico corresponde aos valores relacionados à articulação do quadril, o segundo pico aos valores da articulação do joelho e o terceiro, do tornozelo.

5.0 DISCUSSÃO

O comportamento de cada variável observada é discutido abaixo, observando a ordem estabelecida na metodologia.

5.1 Ângulo de Saída (AS)

Os valores de ângulo de saída obtidos neste estudo são menores que os valores referenciados atualmente: média de 30° a 40° (MAGLISCHO, 2003), porém apresentaram diferentes valores de média e diferença significativa entre as técnicas executadas. Estes resultados concordam com os apresentados por Miller e col. *apud* ROESLER (2005): a observação de maiores valores para a técnica de atletismo.

Ao considerar a trajetória parabólica que descreve o movimento estudado, os valores encontrados encontram-se muito menores que o valor de 45°, determinado para uma trajetória ótima (HALLIDAY e col, 1996). Esta redução gera uma diminuição no alcance, segundo a equação:

$$R = [Vo^2/g].\text{sen}2\theta$$

Onde:

R: alcance Vo: velocidade inicial g: aceleração da gravidade θ : ângulo de saída

Porém, deve-se considerar as demais variáveis externas ao movimento: a altura e a angulação do bloco de partida – elementos que influenciam no ângulo de saída e na trajetória a ser descrita (PEREIRA e col., 2005), modificando, assim, os valores de referência para este caso. Essas variáveis não devem ser negligenciadas, uma vez que estão diretamente relacionadas com o ângulo de entrada na água – dada a comprovação física da origem do movimento (TIPLER, 1995) e a influência que esse fato determina nas demais fases do nado (COLWIN, 2000; MAGLISCHO, 2003).

5.2 Ângulo de Entrada (AE)

Os valores de ângulo de entrada são compatíveis com aqueles reportados na literatura atual: 30° a 40° (MAGLISCHO, 2003). Concordando com os resultados de Miller e col. *apud* ROESLER (2005), houve, neste estudo, uma maior média para os valores obtidos na técnica de atletismo; porém, esta variável não apresentou diferença significativa entre as técnicas executadas.

Sob o ponto de vista da física, considerando as descrições no item anterior, esta variável é diretamente influenciada pelo ângulo de saída, ou seja: para valores de ângulo de saída

menores, valores de ângulo de entrada menores; para valores de ângulo de saída maiores, valores de ângulo de entrada na água maiores (HALLIDAY e col., 1996) – situação confirmada segundo os dados obtidos no estudo. Além disso, também há a altura e inclinação do bloco: consideramos que a estrutura oferecia está dentro dos padrões propostos pela FINA (2007), situação que proporciona uma melhor execução do movimento (PEREIRA e col., 2005). Ainda segundo PEREIRA e col. (2005), a inclinação do bloco favorece a execução da técnica de atletismo pelo aumento no impulso vertical, horizontal e nos valores de ângulo de entrada: os resultados aqui obtidos para esta variável corroboram a idéia, atestada pelos valores de ângulo obtidos.

5.3 Velocidade de Saída (VS)

A Velocidade de Saída de bloco, por determinar a velocidade em que o atleta deixa o bloco e inicia o movimento aéreo, é análoga à velocidade inicial no movimento parabólico – elemento que define as ações que se seguirão na trajetória, em módulo, direção e sentido (BEER e col., 1980). Esta variável está dividida em duas componentes, uma em cada eixo: VS X e VS Y, sendo a resultante VS. Com relação às componentes, considerando o movimento parabólico, a componente do eixo 'y' varia de acordo com a influência da ação a gravidade: reduzindo até o ponto máximo, em que se torna zero, e aumentando com a queda; e a componente do eixo 'x' é constante, a partir da velocidade de saída, ambas agindo independentemente (HALLIDAY e col., 1996).

A parcial do eixo 'x' apresentou diferença entre as médias, mas não apresentou diferença significativa entre as técnicas executadas. A parcial do eixo 'y' apresentou 0,33 m/s de diferença entre as médias obtidas e apresentou diferença significativa entre as técnicas estudadas (a favor da técnica de atletismo). A velocidade resultante apresentou diferença entre as médias obtidas, porém não apresentou diferença significativa entre as técnicas executadas.

Considerando o modelo de salto vertical com a técnica "Squat Jump", e a analogia feita, a relação direta seria que a técnica de agarre obtivesse melhores resultados pela semelhança de posicionamento de membros inferiores no instante inicial do movimento. Porém, nota-se pelos valores obtidos, que a técnica de atletismo atingiu resultados superiores.

5.4 Velocidade de Entrada (VE)

Pela descrição física do movimento base, movimento parabólico, a Velocidade de Entrada é de mesmo módulo e dirigida em sentido contrário, em relação à Velocidade de Saída, para um ponto equidistante ao centro (HALLIDAY e col., 1996). Essa variável é decomposta em

outras duas, cada uma em seu respectivo eixo 'x' e 'y', a saber: VE X e VE Y, e VE sua resultante. A parcial de velocidade no eixo 'x' apresentou 0,15 m/s de diferença entre as médias e também diferença significativa entre as técnicas estudadas (a favor da técnica de atletismo). A parcial no eixo 'y' apresentou 0,18 m/s de diferença entre as médias e também diferença significativa entre as técnicas empregadas (idem). A resultante apresentou 0,24m/s de diferença entre as médias e diferença significativa entre as técnicas (idem).

Com relação ao movimento parabólico, a componente de velocidade do eixo 'x' é constante (a partir do valor da velocidade de saída) e tem seu comportamento dissociado da componente do eixo 'y' (HALLIDAY e col., 1996). Considerando os valores das médias para a velocidade de saída no eixo 'x' (3,4m/s para a técnica de agarre e 3,46m/s para a de atletismo) e a velocidade de entrada no mesmo eixo (3,33m/s para a técnica de agarre e 3,48m/s para a de atletismo), nota-se que os valores permaneceram próximos, constantes, afirmando os pressupostos físicos do modelo utilizado. Considerando os respectivos valores, em módulo, para o eixo 'y': a velocidade de saída (0,21m/s para a técnica de agarre e 0,54m/s para a de atletismo) e a velocidade de entrada (3,10m/s para a técnica de agarre e 3,28m/s para a de atletismo), comprovam-se, novamente, os pressupostos do modelo utilizado. Isso se dá porque o ponto de entrada na água está mais baixo na trajetória que o ponto equidistante da saída, estando assim, sujeito por mais tempo a ação da gravidade (HALLIDAY e col., 1996).

5.5 Posição de CM (Bloco, Saída e Entrada)

A posição do Centro de Massa no movimento determina, no eixo 'x', o alcance – quanto o atleta se deslocou efetivamente na direção do movimento com as técnicas estudadas; e, no eixo 'y', o deslocamento vertical. Três instantes ou posições foram observadas neste estudo: a de bloco, de saída do bloco e de entrada na água.

Para a parcial de bloco, posição inicial do atleta para o movimento, os valores verticais apresentaram diferença de 0,02m nas médias e diferença significativa entre as técnicas aplicadas. Esse fato determina uma posição inicial de CM mais baixa para a técnica de agarre. Os valores horizontais desta parcial foram considerados marco inicial da trajetória.

Para as posições de saída, último instante em que o atleta toca o bloco, os valores verticais apresentaram 0,06m de diferença nas médias e diferença significativa entre as técnicas executadas, os valores horizontais não apresentaram diferença entre as médias ou diferença significativa entre as técnicas avaliadas. Com relação ao alcance total ou efetivo do movimento (posição de entrada na água), os valores verticais apresentaram diferença de 0,01m nas médias, e os horizontais de 0,02m: ambos não apresentaram diferenças significativas entre as técnicas, fato que não propiciou conclusões sobre a diferença de desempenho entre as técnicas.

Para PEREIRA e col. (2005), em seu estudo, as maiores distâncias de vôo foram

atingidas por um posicionamento mais elevado do bloco de partida, no quesito estrutural (limitado pelas regras oficiais). Porém, como o estudo aqui apresentado foi realizado no mesmo bloco de partida, para todos os nadadores e nas duas técnicas avaliadas, infere-se que a diferença entre os valores de CM de bloco estão relacionadas ao posicionamento do atleta segundo cada técnica aplicada: diferença de posicionamento de membros inferiores, como descrito na revisão de literatura.

Miller e col. *apud* ROESLER (2005) apresenta uma relação de interdependência entre as variáveis de ângulo de entrada e o alcance do movimento, ou seja, maiores ângulos de entrada na água proporcionam menores distâncias de vôo – fato também comprovado pela física (HALLIDAY e col., 1996). Nos valores obtidos neste estudo, relacionando as duas variáveis (ângulo de entrada e alcance horizontal), também se encontrou confirmação para a proposição: ainda que a diferença entre as médias dos valores do alcance seja de 2cm, a saída do tipo atletismo, que apresentou maior média para os valores de ângulo de entrada, apresentou menores valores de alcance horizontal.

5.6 Velocidade Angular, Pico de Velocidade Angular e Tempo de Pico (Quadril, Joelho e Tornozelo)

As figuras apresentadas anteriormente demonstraram o comportamento das variáveis angulares durante o movimento, seus valores e sua distribuição temporal.

Com relação à figura 23, uma média calculada para comparação entre técnicas pelas distribuições das variáveis, notou-se que, por se tratar de técnicas derivadas (a de atletismo em relação à de agarre), as variáveis se comportaram de maneira similar: apresentando seqüências de picos paralelas. Notou-se também que os valores de picos das velocidades apresentaram-se próximos, em tempo e valores. Porém, mesmo não havendo diferença significativa entre as técnicas, houve diferença numérica de 27°/s nas médias dos valores de pico de velocidade angular de quadril e 2°/s entre as médias dos valores de pico de velocidade angular de joelho (a favor da técnica de agarre). Para os valores de pico de velocidade angular de tornozelo, houve diferença entre as médias de 380°/s e diferença significativa entre as técnicas (*idem*).

Observando as figuras 24 e 25, notamos a distribuição temporal do movimento. No movimento de salto vertical, de técnica 'Squat Jump', conforme o corpo é acelerado para cima, os quadris e joelhos estendem com a produção de forças no solo. Quando os membros estão completamente estendidos (incluindo a flexão plantar da articulação do tornozelo), o corpo se levanta e a fase de vôo começa (DA CRUZ, 2003) - ou seja, há o início da fase de vôo logo após a extensão completa dos membros. Os valores de média para o tempo de pico de velocidade angular obtidos, respectivamente, para quadril, joelho e tornozelo foram: 0,57s, 0,59s e 0,59s para a técnica de agarre; e 0,48s, 0,49s e 0,50s para a de atletismo – houve diferença significativa entre as técnicas executadas para as três variáveis.

Relacionando o texto descrito, os valores apresentados no parágrafo acima e os valores de média de tempo de bloco para as técnicas (0,67s para a saída do tipo agarre e 0,56s para a de atletismo), nota-se que houve um atraso entre o pico de velocidade angular e a saída do bloco de 0,08s para a técnica de agarre e 0,06s para a de atletismo: situação explicada por Durward e col. *apud* DA CRUZ (2003), pois momentos antes da decolagem (em que a curva de força peso ativa no apoio passa para menos da metade do seu módulo) há uma fase de desaceleração geral do atleta no movimento que corresponde a finalização da extensão completa dos membros.

A coordenação próximo-distal de movimento pôde ser visualizada pela relação do aparecimento dos picos de velocidade, ou das modulações de crescimento das curvas de aparecimento, das articulações. Nota-se, porém, na saída de atletismo um atraso na coordenação de picos entre os movimentos de joelho e tornozelo. Para este fato, a influência do comportamento dos picos de velocidade, encontramos estudos com resultados contraditórios: Gregoire e col. *apud* PANDY e col. (1991) determinou que músculos uniarticulares geram potência na alta velocidade de contração, e que esta é transmitida pelos músculos biarticulares para as articulações distais, determinando a coordenação próximo distal como potencializadora de movimento. Porém, PANDY (1991) refutou esta idéia nas conclusões de seu estudo: não há a transferência de energia entre as articulações pelos grupos musculares envolvidos, apenas os músculos uniarticulares responsáveis são os geradores de energia para o movimento – o autor não relacionou o fato à coordenação de movimento entre as articulações.

5.7 A variável Tempo (Total, Bloco e Vôo)

A variável temporal, Tempo Total, é dividida em Tempo de Bloco e Tempo de Vôo, como mostrado a partir do estudo de GUIMARÃES e HAY (1985) e descrito na metodologia.

O Tempo de Bloco se dá pelas ações sobre o bloco, necessárias ao desprender deste, tais como o tempo de reação, a força explosiva dos músculos em ação e a técnica escolhida para o salto (PEREIRA e col., 2005). Esta parcial apresentou valores menores que os encontrados na literatura: 0,70 a 0,90 segundos (BLOOM e col. *apud* MAGLISCHO, 2003), com diferença entre as médias e diferença significativa entre as técnicas executadas. Utilizando os valores das médias obtidas, 0,67s para a saída de agarre e 0,56s para a de atletismo, nota-se uma diferença de 0,19s. Um valor menor que esta diferença foi fundamental para Fernando Scherer (na prova de 50m Livre dos Jogos Pan-Americanos, em Santo Domingo, 2003), situação em que brasileiro foi o ganhador da medalha de ouro, superando o segundo e o terceiro colocados pelas diferenças respectivas de 0,02s e 0,03s (FINA, 2007). Situações similares também são encontradas em campeonatos mundiais desde esta data até o presente ano.

A parcial de vôo também apresentou valores menores que os reportados pela literatura: 0,30 a 0,40 segundos (SPINA, LEWIS e HANAUER *apud* MAGLISCHO, 2003), com 0,01s de diferença entre as médias (a favor da técnica de atletismo) e não apresentou diferença significativa entre as técnicas estudadas. Embora não tenha apresentado diferença significativa, a exemplo da situação citada no parágrafo anterior, a diferença entre as médias seria condição suficiente para determinar colocações em provas de 50m. Para uma análise física, a parcial de vôo é consequência das ações desprendidas no bloco (impulso e velocidades), pois sem o contato com o bloco, o movimento acontece apenas sob interferência da força da gravidade (BEER e col., 1980).

Para os valores de Tempo Total, não há valores de referência para pesquisas que apenas consideram a fase aérea, porém a redução nesta fase também é fundamental para o todo (COLWIN, 2000). Os valores obtidos apresentaram diferenças superiores a 10% entre as médias (a favor da técnica de atletismo) e diferenças significativas entre as técnicas estudadas. Numericamente, considerando as diferenças entre as médias, a saída de atletismo apresentou-se 0,11s mais eficiente que a técnica de agarre: elemento, como justificado na situação descrita acima, decisivo na performance.

6.0 CONCLUSÃO

Com base nas sessões de revisão de literatura, metodologia e discussão, nas quais foram apresentadas e discutidas as variáveis de movimento e os aspectos cinemáticos das técnicas, foi possível inferir o que segue.

Os valores obtidos para Ângulo de Saída apresentaram-se menores que os reportados atualmente na literatura, indicando um maior direcionamento de movimento para a horizontal. As maiores médias encontram-se relacionadas à saída de atletismo.

Os valores obtidos para Ângulo de Entrada na água apresentaram-se compatíveis com a literatura atual. Também confirmaram a analogia com o movimento parabólico, relacionando seus valores com os valores de Ângulo de Saída, bem como com os resultados dos estudos apresentados, referenciando maiores valores de ângulo para a técnica de atletismo segundo a inclinação do bloco.

Apenas os valores para o eixo 'y', obtidos para a Velocidade de Saída, apresentaram diferença significativa entre as técnicas. A diferença entre as médias foi maior que 100% a favor da técnica de atletismo, isto é, seria necessário no mínimo duas vezes os valores obtidos para a técnica de agarre para que houvesse equivalência com o resultado da técnica de atletismo. Este fato determinou, em relação à analogia com o salto vertical, um resultado diferente do esperado: a técnica de atletismo mostrou-se superior apesar das semelhanças de posicionamento de membros inferiores que há entre a técnica de agarre e o modelo de salto vertical.

Com relação à Velocidade de Entrada na água, confirmou-se a analogia com o movimento parabólico, apresentando valores constantes para a componente do eixo 'x' (em relação aos valores de saída de bloco) e relação positiva para os valores do eixo 'y'. As diferenças entre as médias das componentes vertical, horizontal e resultante, 0,15m/s, 0,18m/s e 0,24m/s respectivamente, e a diferença significativa entre as técnicas para os valores do eixo 'y' e resultante, indicaram que a saída de atletismo é mais eficiente – um maior valor de velocidade na entrada da água contribui para um melhor desenvolvimento das demais fases do nado, pois entendemos a saída como o momento em que o nadador executa movimentos que o levem com uma maior velocidade para o nado (JUNIOR e DUNDER, 2002).

Para os valores de CM, a parcial de bloco demonstrou que há diferença entre as técnicas com relação ao posicionamento de bloco. Pela parcial de saída, infere-se que há uma maior projeção corporal na direção vertical na técnica de atletismo, confirmada pelos valores de velocidade de saída no eixo 'y'. Os valores de alcance efetivo de movimento, ou ponto de entrada na água, não forneceram dados conclusivos em termos de desempenho.

As trajetórias observadas para as velocidades angulares demonstraram a derivação ou proximidade entre as técnicas descritas na literatura. Para os valores de pico de velocidade angular, as três médias foram maiores para a técnica de agarre, principalmente a de tornozelo, com uma diferença de 380°/s. Este fato é corroborado por estudos que verificaram uma

transmissão de potência pelos músculos biarticulares para as articulações distais, determinando a coordenação próximo distal como potencializadora de movimento – elemento melhor observado na técnica de agarre, bem como a analogia desta situação com o salto vertical.

Com relação à variável tempo, a parcial de bloco e o tempo total demonstraram diferenças significativas entre as médias e as técnicas, sendo estas determinantes para provas de curta distância. Para esta variável, a técnica de atletismo se mostrou superior, pois o tempo é o principal fator determinante do desempenho, sendo o principal objetivo da performance realizar os movimentos dentro do menor tempo possível (Cossor e Mason *apud* HUBERT e col, 2005; GUIMARAES & HAY, 1985).

A favor da técnica de agarre, observou-se que as variáveis de velocidade angular e tempo de pico de velocidade angular, para as três articulações, apresentam condições mais favoráveis ao desempenho em módulo e distribuição. Além destas, os menores valores de ângulo de saída de bloco, e sua relação com o ângulo de entrada na água, resultam em um melhor direcionamento do movimento e um maior alcance.

A favor da técnica de atletismo, observou-se que as variáveis de CM de saída, velocidade de saída de bloco e de entrada na água apresentam condições mais favoráveis ao desempenho. Além destas, os valores de Tempo de bloco e Tempo Total correspondem a fatores determinantes para o desempenho, principalmente em virtude do alcance total apresentar valores próximos, sem diferença significativa..

Ao observar todos os fatores descritos acima, considerando o resultado final obtido a partir do agrupamento das variáveis cuja diferença foi significativa, infere-se que a saída do tipo atletismo proporciona melhor desempenho. Porém, esta diferença poderia ser questionada pelo fato dos atletas treinarem regularmente e executarem em competições apenas a técnica de atletismo. Nota-se, então, a necessidade de um estudo que inclua indivíduos que treinem regularmente e apliquem a técnica de agarre.

REFERÊNCIAS

BEER, Ferdiand; JOHNSTON, E. R. Jr Mecânica Vetorial para engenheiros. 3ª. Edição, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.

CATTEAU, R.; GAROFF, G. O Ensino da Natação. 3ª. Edição, São Paulo: Manole, 1990.

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

COUNSILMAN, James E. A NATAÇÃO Ciência e técnica para a preparação de campeões. 2ª. Edição, Rio de Janeiro: Livro Ibero-Americano Ltda, 1984.

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

HALLIDAY, D e col. Fundamentos de Física I. 4ª. Edição, Rio de Janeiro: LTC, 1996.

JUNIOR, O. A., DUNDER, L. H. NataÇÃO Treinamento Fundamental. 1ª Ed., São Paulo: Manole, 2002.

MAGLISCHO, Ernest W.. Swimming Fastest. Human Kinetics, 2003.

MASSAUD, Marcelo G.; CORREA, Celia Natação da iniciação ao treinamento. 2ª Edição, Rio de Janeiro: Sprint, 2003.

NAVARRO, Fernando e col. Natacion. Espanha: Comité Olímpico Español, 1990.

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

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

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

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

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.

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

COUNSILMAN, James E. e col. Three types of grab start for competitive swimming. *Swimming Science*, Champaign, v. 18, 1988.

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.

GUIMARAES, Antonio; HAY, James A mechanical analysis of the grab starting technique in swimming. *International Journal of sport biomechanics*, Número 1, 1985.

HUBERT, Marcelo e col. Comportamento de variáveis biomecânicas da saída na natação: comparação de diferentes técnicas e nados. Buenos Aires: EFDeportes, Número 90, 2005.

PANDY, M. G. and ZAJAC, F. D. Optimal muscular coordination strategies for jumping. *I Bwmzchann*, Vol. 24, No. 1, 1991.

PEREIRA, Suzana M. e col. A influência das variações de altura e inclinação dos blocos de partida na performance de nadadores. Buenos Aires: EFDeportes, Número 80, 2005.

ROESLER, H e col. Comportamento de variáveis biomecânicas da saída na natação: comparação de diferentes técnicas e nados. Buenos Aires: EFDeportes, Número 90, 2005

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.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE DESPORTOS AQUÁTICOS. História da natação. Disponível em: <http://www.cbda.org.br>. Acesso em: 20 mai. 2007.

FINA Fédération Internationale de Natation. Regras: 2005-2009. Disponível em <http://www.fina.org/>. Acesso em 20 mai. 2007.