

*“ Análise Cinemática  
da Saída na natação  
através de um sistema  
bi-dimensional”*

*EMÍLIO AUGUSTO DE CARVALHO CIPOLLI*

# **ANÁLISE CINEMÁTICA DA SAÍDA NA NATAÇÃO ATRAVÉS DE UM SISTEMA BI-DIMENSIONAL**

EMÍLIO AUGUSTO DE CARVALHO CIPOLLI

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof.Dr.Tamotsu Hirata

Guaratinguetá  
2005

## **DADOS CURRICULARES**

### **EMÍLIO AUGUSTO DE CARVALHO CIPOLLI**

**NASCIMENTO:** 12 de outubro de 1978

**FILIAÇÃO:** Antônio Luiz Reis Cipolli  
Ednéa Maria de Carvalho Cipolli

**1998/2002** Escola Superior de Educação Física de Cruzeiro  
Graduação: Licenciatura Plena em Educação Física

**2002/2004** DME/FEG/UNESP  
Aluno regular do Programa de Mestrado em Engenharia  
Mecânica – Área de Concentração: Projetos e Materiais

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus e à minha família, Ednéa, Fon e Léo, por todo o apoio dado nesses anos. Fundamental para continuar lutando;

À minha namorada Daniela pelo amor e paciência em minhas decisões;

Ao meu orientador Prof. Dr. Tamotsu Hirata pela confiança, respeito e sobretudo, pela sabedoria na condução do trabalho;

Aos professores doutores Tomazini, Brandão, Fernando Azevedo, João Alberto e Araildo pela dedicação e empenho nas aulas;

Ao amigo e Prof. Ms. Paulo Cezar Marinho pela ajuda e orientação nas escolhas;

Aos técnicos de natação Taba e Digiórgio pela colaboração na pesquisa;

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação de FEG/UNESP Regina Célia Galvão Faria Alves, Elisa Mara de Carvalho Nunes, Maria Auxiliadora Neves Alves pela dedicação e atenção no atendimento;

À secretária do DME/FEG/UNESP Rosiléia de Matos e aos técnicos Carlos Alberto Quirino e Walter Luiz Tupinambá pela colaboração;

Aos funcionários da Biblioteca da FEG/UNESP pela atenção no atendimento.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Resumo

Abstract

1	INTRODUÇÃO .....	14
1.1	Objetivo .....	15
1.2	Estrutura da Dissertação .....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1	Biomecânica .....	17
2.1.1	Métodos de medição .....	18
2.1.2	Instrumentação Biomecânica .....	21
2.2	A evolução da natação competitiva .....	22
2.3	A Saída .....	24
2.3.1	Principais estudos sobre saída .....	27
3	BASE DA METODOLOGIA .....	32
3.1	Modelo Antropométrico.....	32
3.2	Marcação e Digitalização das coordenadas .....	34
3.3	Calibração das coordenadas .....	35
3.4	Parâmetros cinemáticos e força de inércia .....	35

4	ENSAIO DE SAIDA.....	39
4.1	Amostra .....	39
4.2	Protocolo de medição da saída .....	39
4.3	Materiais e método .....	40
4.3.1	Calibração temporal e espacial das filmadoras .....	44
4.3.2	Digitalização das imagens .....	47
5	RESULTADOS E DISCUSSAO.....	50
5.1	Parâmetros temporais.....	50
5.2	Valores de angulo e velocidade .....	52
5.3	Valores de força de inércia .....	54
6	COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES .....	57
	REFERÊNCIAS .....	58
	GLOSSÁRIO .....	61
	ANEXO I .....	62

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Áreas para complexa análise biomecânica do movimento humano ....	17
FIGURA 2.2 – Nadador realizando o apoio da saída dentro d'água .....	23
FIGURA 2.3 – Nadador realizando o apoio da saída de fora d'água. ....	24
FIGURA 2.4 – Nadadora realizando o apoio dos pés que caracteriza a saída de agarre .....	24
FIGURA 2.5 – Nadador realizando o apoio dos pés que caracteriza a saída de atletismo .....	25
FIGURA 3.1 – Localização aproximada dos centros de massas de acordo com modelo modificado, adotado para saída tipo atletismo .....	31
FIGURA 3.2 – Localização das coordenadas cartesianas de cada membro a partir do modelo modificado proposto .....	32
FIGURA 3.3 – Marcação dos pontos das articulações e seu respectivo centro de massa .....	33
FIGURA 4.1 – Balança utilizada para medição da massa dos indivíduos .....	39
FIGURA 4.2 – Filmadora utilizada para medição dos parâmetros temporais e espaciais .....	39
FIGURA 4.3 – Visão superior do esquema de posicionamento das Filmadoras 1 e 2 e do local de medição .....	40
FIGURA 4.4 – Visão real da Fase de Vôo da Filmadora .....	41
FIGURA 4.5 – Visão real da Fase de Vôo da Filmadora 2 .....	42
FIGURA 4.6 – Sincronização temporal da Filmadora 1 com a Filmadora 2 através do sinal luminoso captado simultaneamente .....	42
FIGURA 4.7 - Sincronização temporal da Filmadora 1 com a Filmadora 2 através do sinal luminoso captado simultaneamente.....	42
FIGURA 4.8 - Esquema representativo da calibração espacial na direção horizontal .....	43
FIGURA 4.9 - Esquema representativo da calibração espacial na direção vertical.....	44

FIGURA 4.10 - Computador modelo Pentium 4. Modelo utilizado para digitalização das imagens .....46



## LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 – Características da Amostra .....	37
TABELA 4.2 – Análise descritiva dos dados de calibração espacial nas direções horizontal (xx) e vertical (yy). .....	45
TABELA 4.3 – Dados das coordenadas do centro de massa da imagem analisada pelos três avaliadores.....	47
TABELA 5.1 – Valores individuais de cada fase da saída e tempo total .....	48
TABELA 5.2 – Valores percentuais relativos de cada fase da saída e tempo total.....	49
TABELA 5.3 –Valores de ângulos e velocidades .....	50
TABELA 5.4 Valores de força de inércia relativo ao peso corporal .....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASCA	Associação Americana de Treinadores de Natação
CG	Centro de Gravidade
CM	Centro de Massa
F1	Filmadora 1
F2	Filmadora 2
$\hat{A}ab$	$\hat{A}$ ngulo de Abandono do Bloco de Saída
$\hat{A}ent$	$\hat{A}$ ngulo de Entrada na Água
Fin xx	Força de Inércia na direção horizontal
pc	Peso Corporal
Pico fin rel	Pico de Força de Inércia Relativo ao Peso Corporal
tb	Tempo da Fase de Bloco
tc	Tempo da Fase Complementar
ts	Tempo da Fase Submersa
tt	Tempo da Fase Total de Saída
tv	Tempo da Fase de Vôo
vab xx	Velocidade de Abandono na direção horizontal
vabyy	Velocidade de Abandono na direção vertical
vent xx	Velocidade de Entrada na direção horizontal
xx	Direção Horizontal
yy	Direção Vertical

CIPOLLI, E.A.C. **Análise cinemática da saída na natação através de um sistema bi-dimensional**. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2004

## **RESUMO**

A natação competitiva tem evoluído a cada ano que passa em vários países do mundo. Exemplos como os Estados Unidos e Austrália estão sendo seguidos em outras partes do planeta. Para chegar no nível elevado de performance é preciso que o esporte tenha como apoio pesquisas elaboradas para o aproveitamento direto entre os treinadores. No Brasil este conceito tem crescido, mas a natação ainda é carente em alguns aspectos, como por exemplo, as pesquisas para avaliação na área biomecânica. Sabe-se que a pesquisa nesta área requer um custo elevado de equipamentos e mão de obra especializada, porém os dados fornecidos são de grande valia para os treinadores e atletas que podem através disso aperfeiçoar sua técnica. Um bom exemplo são as pesquisas feitas com finalidade de corrigir a performance de saída dos nadadores. Neste trabalho é proposto um sistema de análise cinemática e dinâmica da performance de saída com base na cinemetria em que o centro de massa é calculado a cada momento no gesto de saída. Através desse método foram verificados os dados de Tempo de Bloco, Tempo de Vôo, Tempo Submerso, Tempo Complementar, Tempo Total de saída (15m), Ângulo de Abandono do bloco, Ângulo de Entrada na água, Velocidade Vertical e Horizontal de abandono do bloco, Velocidade Vertical e Horizontal de entrada na água, o Pico de Força de Inércia Horizontal e a Força de Inércia Horizontal no abandono. Os resultados foram considerados válidos neste trabalho e coerentes com os pesquisados na literatura, tornando o sistema de medição proposto adequado para futuras pesquisas.

**PALAVRAS-CHAVES:** Biomecânica, Natação, Saída, Centro de Massa.

CIPOLLI, E.A.C. **Analysis kinematics of start in swimming across of a bi-dimensional systems** . 59f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2004

## **ABSTRACT**

The competitive swimming has developed every year around the world. Samples with the United State and Australia were being following in others parts of planet. For to reach in high level of performance is need that the sports has with aid research developed to the direct progress between coaches. In Brazil this concept has growed, but the swimming still is deficient in some aspects with the researchs for biomechanics avaluation. The research in this area need expensive equipments and especialist professional, however the statistics datas are the most important to coaches and athletics to improve your thecnique. The good example are research with the objective to improve the performance of swimmer's starts. In this work is propose the analysis kinematics and dynamics of start in swimming based in cinemetry that the center of mass is calculated every moment in start movement. Through this method was verified the block time data, flight time, underwater time, complementar time, total time of start (15m), block leave angle, entry angle, vertical and horizontal speed of block leave, vertical and horizontal speed of entry, top horizontal inertia force and the horizontal inertial force in leave. The results were considered valid in this work and coherent with researched, becoming the propose meter system adequate to future researchs.

**PALAVRAS-CHAVES:** Biomechanics, swimming, Start, Center of mass.

# 1 INTRODUÇÃO

O alto rendimento esportivo é conseguido pela união de vários fatores intervenientes na performance. Pela extrema importância desses fatores no desempenho competitivo é que se faz necessário a observação de cada variável que compõe uma prova de natação, como por exemplo o tempo de saída, tempo de virada, tempo de chegada, velocidade média, frequência, amplitude de braçada, etc., afim de analisá-las separadamente e através disso incrementar o estado de preparação do atleta.

Segundo MARCON (2001) podemos dividir a natação em duas fases relacionadas ao tipo de movimento realizado, a fase cíclica e a fase acíclica. A fase cíclica engloba a fase de nado limpo do nadador e a fase acíclica as saídas, viradas e chegadas.

Analisando o percentual relativo ao trabalho cíclico realizado pelos nadadores, PLATONOV e FESSENKO (1986) afirmam que o tempo percorrido sem a participação da saída, viradas e chegada, é a variável que mais contribui para o desempenho final alcançado pelo nadador, independentemente da distância da prova (apresentando uma variação entre 50 a 70%). Por outro lado MAGLISCHO (1999) dá a relativa importância à fase de saída como responsável por 5 a 25% da performance final das provas de 25m, 50m e 100 metros. O mesmo autor ainda afirma que o treinamento sistemático da técnica de saída pode levar o atleta a uma melhora de pelo menos 0,10 segundo, tempo que pode definir o vencedor de uma competição, principalmente em provas de velocidade.

Apesar da grande importância dada a fase de saída nas provas de natação nota-se uma variação dos parâmetros e dos métodos destinados a investigação dos mesmos.

No país, poucos estudos foram feitos até o momento a fim de analisar a saída, suas fases, bem como os parâmetros que influenciam o seu resultado.

Observando assim a importância dada a esta fase, o pequeno volume de pesquisas no país, e conseqüentemente o seu potencial de melhora, este trabalho tem o objetivo:

## 1.1 OBJETIVO

**OBJETIVO GERAL:** Desenvolver um sistema de análise cinemática da performance de saída em nadadores através de um sistema bi-dimensional.

**OBJETIVO ESPECÍFICO:** Levantar os dados de tempo de bloco, tempo de vôo, tempo submerso, tempo complementar e tempo total de saída. Levantar também a trajetória do centro de massa dos nadadores nas fases de bloco e vôo para os cálculos de ângulos de saída e entrada, velocidades de abandono do bloco e entrada na água, e de força de inércia.

## 1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é composta por cinco capítulos, glossário e anexos, que são divididos na seguinte ordem:

Capítulo 1, **INTRODUÇÃO**. Descreve aspectos do rendimento esportivo na natação, como a necessidade de se estar avaliando, principalmente a performance de saída. E também define os objetivos geral e específico do trabalho.

Capítulo 2, **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**. Contém no início conceitos sobre biomecânica, métodos de medição e instrumentação, e logo a seguir faz uma explanação da evolução da natação competitiva, da saída e seus principais estudos.

Capítulo 3, **BASE DA METODOLOGIA**. Neste capítulo é abordada a estrutura da metodologia do trabalho. Contem o modelo antropométrico e a elaboração do programa de digitalização.

Capítulo 4, **ENSAIO DE SAIDA**. Apresentação da amostra, protocolo de medição e os materiais e métodos que foram utilizados no trabalho.

Capítulo 5, RESULTADOS E DISCUSSÃO. Neste capítulo é feita uma análise dos resultados obtidos na pesquisa e uma discussão dos mesmos.

Capítulo 6, COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES. E feito neste capítulo os devidos comentários e retirada as devidas conclusões do trabalho.

REFERÊNCIAS. Relaciona as fontes bibliográficas referenciadas que dão suporte teórico para desenvolvimento do trabalho.

GLOSSÁRIO. Descreve os significados de alguns termos empregados de forma específica no texto.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BIOMECÂNICA

O termo biomecânica foi adotado na década de setenta e partiu do campo de estudo relacionado com a análise mecânica dos organismos vivos. Surgiu naturalmente dos estudos da mecânica e da física em que se utilizavam suas ferramentas para o estudo do movimento de máquinas. (HAMILL e KNUTZEN, 1999)

Definida também por Hatze como o estudo da estrutura e da função dos sistemas biológicos utilizando os métodos da mecânica, é o ramo da física que envolve a análise das ações de força nos estudos de aspectos anatômicos e funcionais dos organismos vivos. (HALL, 1993)

A biomecânica é subdividida em duas áreas básicas, a cinemática e a cinética. A cinemática descreve os aspectos de movimento como a velocidade, frequência e deslocamentos, já a cinética estuda os fatores que causam o movimento, como as forças e momentos que atuam no corpo.

De acordo com AMADIO apud AMADIO e BARBANTI (2000) a biomecânica é classificada em biomecânica interna e biomecânica externa, sendo a primeira responsável em determinar as forças transmitidas pelas estruturas internas do corpo humano e a segunda responsável em determinar modelos de gestos esportivos ou de movimentos padrões cotidianos a fim de diagnosticar e corrigir os erros encontrados.

Segundo AMADIO et al. (1999) a biomecânica leva em consideração cada área que compõe sua formação. Por isso é considerada uma ciência multidisciplinar.

A instrumentação biomecânica se concentra na utilização de medidas experimentais metodológicas e equipamentos adaptados a fim de interpretar todos os acontecimentos relacionados ao movimento. No entanto a instrumentação biomecânica possui algumas dificuldades próprias que se propõe como desafios para os pesquisadores como, por exemplo, o alto custo dos equipamentos para se estar pesquisando. Apesar das dificuldades encontradas pelo lado financeiro, ela destaca-se pela validade dos parâmetros avaliados na busca da otimização da eficiência do movimento esportivo. (DUARTE, 2002)

#### 2.1.1 MÉTODOS DE MEDIÇÃO



A biomecânica como se pode perceber depende diretamente de instrumentos e métodos de medição. Basicamente quatro métodos são responsáveis pelas análises de movimento do corpo humano, a eletromiografia, dinamometria, cinemetria e antropometria.

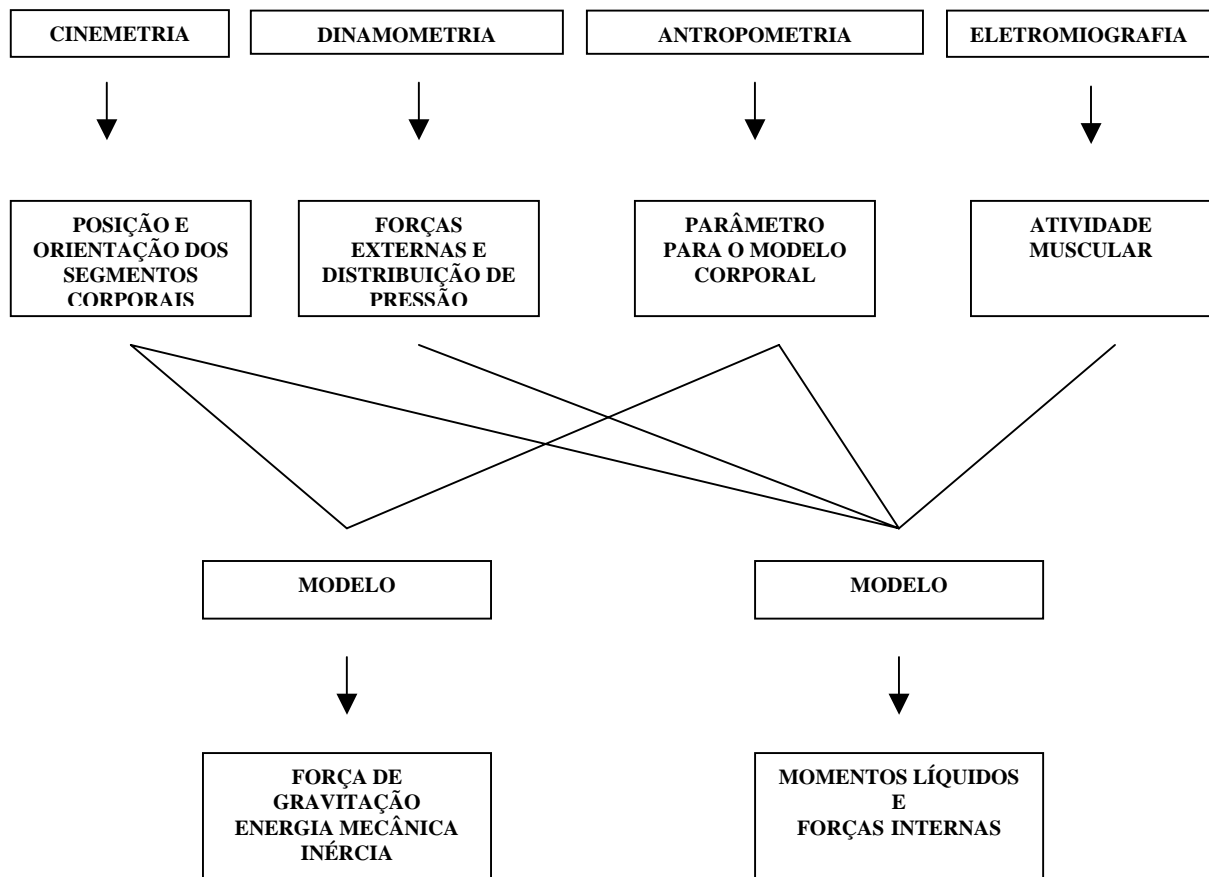


FIGURA 2.1 Áreas para complexa análise biomecânica do movimento humano.  
( BAUMANN, 1995 apud AMADIO e DUARTE, 1996).

A eletromiografia implica no emprego de transdutores conhecidos como eletrodos que captam o nível de atividade mioelétrica existente em um determinado músculo durante um exercício realizado.

É utilizada para estudar a função neuromuscular inclusive a identificação dos músculos que desenvolvem tensão durante um movimento, e qual movimento que

demanda mais ou menos tensão de um músculo em particular ou de um grupo muscular.

Utiliza-se também a eletromiografia para medir as velocidades de condução dos nervos e a resposta muscular em conjunto com o diagnóstico das condições patológicas do sistema neuromuscular. Os cientistas empregam as técnicas eletromiográficas para estudar a maneira pela qual as unidades motoras de um indivíduo respondem a um comando do sistema nervoso central. (HALL, 1993).

A antropometria se preocupa em determinar características e propriedades do aparelho locomotor como as dimensões das formas geométricas de segmentos corporais, distribuição de massa, braços de alavanca e posições articulares, definindo então um modelo antropométrico contendo parâmetros necessários para a construção de um modelo biomecânico da estrutura analisada.

De acordo com CHAFFIN et al. apud HALL (1993) a antropometria proporciona métodos quantitativos para medir várias dimensões físicas e outras propriedades de populações específicas, cujos resultados são dados estatísticos indispensáveis para a predição da performance humana.

A antropometria busca, portanto, modelos que possam ser utilizados para representar o corpo humano. Para isso, é necessário obter medidas médias de densidade corporal por segmentos, assim como o tamanho e proporção média dos segmentos corporais. (AMADIO e DUARTE, 1996).

A dinamometria é um método de avaliação biomecânica onde se utiliza dinamômetros e medidores de pressão tendo como função detectar a força de compressão ou de tração realizada sobre o corpo. Este método é utilizado quando se visa medir o nível de força aplicado por um indivíduo através de um contato com alguma superfície ou de uma tração realizada no movimento.

Segundo AMADIO apud (AMADIO e DUARTE, 1996) através da dinamometria pode-se interpretar o comportamento do movimento humano e reestruturar o processo de treinamento da técnica e do potencial de força do indivíduo.

Os pesquisadores projetaram diversos tipos de plataformas e sistemas portáteis para medir força e pressão dos seguimentos corporais. Estes sistemas foram empregados primariamente em pesquisas de marcha, mas também foram usados em estudos como fenômeno de partidas, impulsões, aterrissagens, balanços e equilíbrio. (HALL, 1993).

A cinemetria é o método de avaliação biomecânica que se utiliza recursos de registros de imagens afim de analisá-las posteriormente e identificar o comportamento cinemático de um corpo extenso ou ponto material. Segundo AMADIO apud (AMADIO e DUARTE, 1996) existe dois procedimentos de cinemetria, a fotogrametria e a cinematografia. A fotogrametria como o próprio nome diz é o procedimento em que se utiliza recursos fotográficos para a análise da imagem enquanto a cinematografia utiliza meios de filmagens para as observações do movimento.

O tipo de movimento e as necessidades da análise determinam em grande parte a escolha da câmera ideal e dos sistemas de análise. A precisão de uma análise cinemática é o fator positivo deste método, pois são desenvolvidos equipamentos de precisão e de alta resolução de imagens. Outra vantagem está no fato de que neste método o corpo fica livre dos efeitos retroativos, em que o indivíduo pode realizar movimentos livres sem a interferência de qualquer aparelho de avaliação biomecânica que esteja conectado ao corpo do atleta.

Este método seguramente é o mais utilizado no meio esportivo, expondo os padrões técnicos como modelos do gesto esportivo e também identificando as falhas dos atletas.

Conhecendo os métodos de avaliação biomecânica, suas vantagens e desvantagens, pode-se então aplicá-los separadamente ou combinados, respeitando as características do movimento humano.

### 2.1.2 INSTRUMENTAÇÃO BIOMECÂNICA

Segundo MORAES apud AMADIO e BARBANTI (2000) para a realização das pesquisas na biomecânica é necessário instrumentos de medição a fim de compreender os fenômenos e corrigir os movimentos no esporte. Estes instrumentos podem ser utilizados dentro ou fora do laboratório de acordo com o objetivo de cada evento. Apesar de obter através dos instrumentos um grande suporte para as pesquisas, muitos estudiosos não se preocupam com a precisão e a calibração dos aparelhos, utilizando-os como simples ferramentas para suas medidas.

Para manter a precisão desses instrumentos precisa-se controlar os erros que fazem parte do processo de medida. De acordo com a sua natureza os erros podem ser estáticos ou dinâmicos, sistemáticos ou ocasionais, e absolutos ou relativos. (AMADIO e DUARTE, 1996)

Assim como os erros devemos classificar também os procedimentos de medição, como Procedimentos Mecânicos – observações diretas ou indiretas de grandezas físicas, tais como comprimento, massa, força, etc. Procedimentos Eletrônicos – transformações das grandezas mecânicas em elétricas, que permitem medições dinâmicas; Procedimentos Ópticos-Eletrônicos – representação geométrica do objeto para análise do modelo representado. Cada procedimento acima é caracterizado por um tipo ou combinação de tipos de sensores.

Os sensores podem ser divididos em três tipos básicos de acordo com a aplicação biomecânica, sendo eles para medida antropométrica, para medida de movimento e para medida de força e torque.

Verificando-se a validade de alguns fatores que determinam os instrumentos e métodos de medição, conclui-se que o processo de medição biomecânica possui um grau de importância significativo para a análise dos movimentos esportivos, proporcionando credibilidade e oferecendo suporte fundamental para as medidas, buscando melhores resultados nos esportes.

## 2.2 A EVOLUÇÃO DA NATAÇÃO COMPETITIVA

A introdução de um novo conceito no meio da natação competitiva sempre foi um processo vagaroso para ser aceito entre os treinadores, todavia um grande volume de pesquisas surgiu durante a segunda metade do século XX tanto que nenhum treinador conseguia se manter atualizado sem ajuda de uma equipe que trabalhasse em tempo integral. Apesar disso na maior parte do século o empirismo tomou conta dos processos de treinamento em que a observação e a tentativa e erro contribuíram mais do que a teoria científica para o processo de treinamento COLWIN (2000).

A melhora dos meios de locomoção aumentou o número de atletas nas competições no qual pôde-se selecionar os nadadores mais habilidosos elevando o nível das competições nacionais e internacionais COLWIN (2000).

Paralelo a esse progresso, o desenvolvimento dos meios de comunicação auxiliou os treinadores a trocarem informações técnicas eficientes sobre cada assunto específico e o incremento de programas nacionais de esporte fez com que a natação ganhasse um maior espaço nos países e uma melhor estrutura administrativa. Contudo as raras pesquisas científicas que surgiram foram de pouca utilidade sendo sua linguagem não adaptada a um meio prático para o dia-a-dia dos técnicos e sim com uma linguagem muito técnica tendo pouca utilidade no meio competitivo. Passou-se então a ter um melhor aproveitamento quando os cientistas iam às competições onde uniam experiências e idéias daquilo que propunham a pesquisar. Devido a esses desajustes os resultados positivos ficavam dependentes de treinadores práticos e atletas talentosos, fenômeno característico do empirismo.

Com o início de algumas pesquisas a natação obteve uma considerável melhora, fato este comprovado com o surgimento da chamada “ciência útil”. Houve então uma grande explosão de informações entre os anos de 1976 e 1981 COLWIN (2000).

Os Estados Unidos dominaram a grande parte do século XX e junto aos australianos começaram a divulgar suas pesquisas para o mundo. Um bom exemplo disso foi a criação da ASCA - Associação Americana de Treinadores de Natação - que permitiu a vários países ligados ao esporte compartilhar suas descobertas e discutir os achados da ciência da natação.

Semelhante a esse processo houve também a criação das mais diversas revistas científicas internacionais relacionadas à natação que contribuíram com a distribuição de informações sobre pesquisas neste esporte.

Pode-se observar que todas essas conquistas da ciência não surgiram por acaso e sim pelo grande empenho dos treinadores, atletas e principalmente os pesquisadores. Contudo não se poderia evoluir sem as mudanças nos métodos e nas avaliações do treinamento. Sendo esta uma necessidade fundamental na quantificação dos dados obtidos nos treinos proporcionando parâmetros para que os treinadores possam direcionar o trabalho de seus atletas. A partir daí pode-se dar o respectivo valor aos processos de avaliação e com isso verificar o seu devido papel dentro do cenário da natação competitiva, tornando-se imprescindível para a evolução desse esporte.

O esporte é atualmente uma ciência aplicada, baseada em fundamentos científicos, deixando de ser uma formação empírica dos fatos passados. (VERKHOSHANSKI, 2001)

Percebe-se, portanto que o treinamento evoluiu e junto a ele as exigências com os treinadores, tornando o trabalho mais complexo e realizando tarefas diferentes das formas tradicionais. O mesmo autor expõe algumas características do período contemporâneo do treinamento, entre elas o surgimento de novos materiais desenvolvidos pela engenharia que contribuem para a melhora da performance como vestimentas, aparelhos para treinamento e equipamentos para testes específicos.

Como se pode ver há nos dias de hoje um predomínio da base científica em relação à formação do conhecimento subjetivo, graças a descobertas de leis específicas relacionadas ao organismo do ser humano. (VERKHOSHANSKI, 2001)

## 2.3 A SAÍDA

A Saída marca o início de todas as provas na natação. Como citado acima, pode-se verificar sua importância na performance total da prova. De acordo com MAGLISCHO (1999), o treinamento sistemático da técnica de saída pode levar o atleta a uma melhora de pelo menos 0,10 segundo, tempo que pode definir o vencedor de uma prova, principalmente em provas de velocidade.

Existe duas maneiras de executar a saída, uma de dentro d'água, utilizada exclusivamente para o nado de costas e a outra de fora d'água, utilizada exclusivamente para os nados borboleta, peito e crawl.

A saída de dentro d'água é feita da seguinte maneira:

O nadador apoia os dois pés na parte interna da borda da piscina e simultaneamente segura com as duas mãos o apoio para as mãos no bloco de partida. Veja a figura a seguir que demonstra o apoio para a saída dentro d'água.



FIGURA 2.2 Nadador realizando o apoio da saída dentro d'água.

A saída de fora d'água é realizada da seguinte maneira:

O nadador se coloca em cima do bloco de partida com os dois pés apoiados na superfície superior do bloco podendo segura-lo na borda dianteira ou nas laterais. Veja a figura a seguir que mostra a posição de apoio para a saída de fora d'água.



FIGURA 2.3 Nadador realizando o apoio da saída de fora d'água.

Analisando a saída fora d'água percebe-se atualmente dois tipos diferentes de posicionamento do corpo no bloco de saída em que a posição do pé sofre variação.

O primeiro tipo é chamado de Saída de Agarre (Grab Start), foi introduzido no final dos anos 60 em que o nadador posiciona seus pés de forma paralela no bloco de partida. Veja a figura a seguir que demonstra o apoio feito no bloco que caracteriza a saída de agarre.



FIGURA 2.4 Nadadora realizando o apoio dos pés que caracteriza a saída de agarre.



O segundo tipo de saída começou a ser utilizada a partir dos anos 80 chamada de Saída de Atletismo (Track Start), em que o posicionamento dos nadadores no bloco de partida era semelhante aos praticantes de atletismo com um pé á frente e outro atrás.

Veja a figura a seguir que mostra o apoio e posicionamento dos pés que caracteriza a saída de atletismo.



FIGURA 2.5 Nadador realizando o apoio dos pés que caracteriza a saída de atletismo

Este tipo de variação provocou discussão no meio da natação competitiva despertando curiosidade sobre a eficiência deste tipo de saída, comparando-a com a já existente.

A partir destas discussões, novos estudos foram criados desmembrando cada trecho da saída, desde a reação ao sinal sonoro até o nado após o deslize. Com o objetivo de se aperfeiçoar cada detalhe desta fase foram desenvolvidos protocolos específicos para o diagnóstico da saída e suas subfases, o que gerou o aumento da sua performance e de toda a prova.

### 2.3.1 PRINCIPAIS ESTUDOS SOBRE SAÍDA

As pesquisas com a performance de saída em nadadores são feitas desde os anos cinquenta. Vários estudos se empenharam nestes anos em verificar qual o tipo de saída mais eficiente ou qual variável explicaria melhor a saída na natação.

COSSOR e MASON (2001) pesquisaram as subfases na saída bem como o seu tempo total. Variáveis como o tempo de bloco, tempo de vôo, tempo submerso, tempo complementar e tempo total de saída foram correlacionadas. Encontraram uma correlação de 0,73 e 0,81 ( $p < 0,05$ ) entre a velocidade submersa e o tempo total de saída (15m) das provas de 100m estilos peito e costas respectivamente para o sexo masculino, e 0,89, 0,69 e 0,78 para ( $p < 0,05$ ) entre as mesmas fases para as provas de 100m costas, 200m estilos borboleta e peito respectivamente para o sexo feminino. Concluíram que a fase submersa tem uma grande influência na performance de saída e que futuros estudos devem ser feitos com finalidade de investigar esta fase da saída.

KOLLIAS et al. apud VILAS-BOAS et al. (2000) que verificaram os parâmetros cinemáticos da saída de agarre para os dois sexos. Parâmetros como o tempo de bloco, tempo de vôo, tempo total até o primeiro contato com a água, velocidades vertical e horizontal de abandono, ângulo de saída e distância até o contato com a água foram analisados e correlacionados entre si. Estes parâmetros foram baseados no centro de massa de cada sujeito onde o autor utilizou o modelo antropométrico de Dempster para o cálculo do centro de massa. O estudo mostrou que os nadadores masculinos atingiram velocidade resultante de abandono maior que as mulheres (aumento de 9%) sem atraso no bloco de saída e ângulos de saída localizados acima do plano horizontal.

VILAS-BOAS et al. (2000) realizaram um estudo em que integraram as variáveis cinemáticas e dinâmicas de dois tipos de saída de atletismo. O primeiro tipo foi com o centro de gravidade deslocado à frente durante o apoio no bloco de saída e o segundo tipo foi com o centro de gravidade deslocado para trás. No estudo verificaram dentre as variáveis cinemáticas o tempo de reação, tempo para aplicação do impulso, tempo de bloco, tempo de vôo, tempo de deslize submerso, tempo total de saída até a marca de seis metros, a junção parcial destes tempos e as velocidades horizontal e vertical durante o abandono e a entrada na água, além do ângulo de entrada e deslocamento do

centro de gravidade (CG) até seu contato com a água. Nos parâmetros dinâmicos analisaram impulso horizontal, impulso vertical e resultantes. No total realizaram uma análise descritiva de 27 variáveis biomecânicas onde encontraram diferenças nos parâmetros entre as duas variações de saída de atletismo. Apesar disto todas as diferenças desapareceram quando o corpo do nadador entrou na água, em que encontram a resistência contrária ao movimento de deslocamento. Isso provavelmente ocorreu pela mudança do meio de locomoção do ar para a água, onde o nadador com o melhor aproveitamento submerso teve uma maior velocidade de saída.

ZATSIORSKY et al. (1979) compararam a eficiência da saída e identificaram os fatores chave que afetam sua performance. Neste estudo se propuseram a medir no primeiro experimento os tempos de saída e no segundo experimento dividiu a saída em três fases através do tempo de bloco, tempo de vôo e tempo submerso. Após a análise de cada experimento eles correlacionaram as variáveis e encontraram a relação de 0,60 ( $p < 0,05$ ) entre a velocidade horizontal de vôo e a velocidade submersa concluindo que houve uma forte influencia da velocidade horizontal de vôo na velocidade submersa.

BREED e YOUNG (2003) tiveram como objetivo estabelecer a efetividade do programa de treinamento com pesos (musculação) na performance de salto e conseqüentemente nos três tipos de saída (Atletismo, Agarre e Com Balanço dos braços). Verificaram melhoras na potência muscular e na performance de salto. Os resultados indicaram que a melhora na performance de salto aumentou os componentes de força nas técnicas de saída. No entanto chegaram a conclusão que não houve transferências dessas melhoras para os parâmetros de saída.

GROVES e ROBERTS (1972) tentaram identificar o ângulo ótimo de abandono do bloco nos movimentos de saída para 16 nadadores. Encontraram através de simulação e cálculos matemáticos o valor do ângulo de  $13^\circ$  como sendo o ângulo ótimo de projeção para que os indivíduos alcançassem a velocidade horizontal máxima. Respeitando as diferenças de massa de cada sujeito e suas individualidades, os autores sugeriram, através dos cálculos, que para este grupo os ângulos de saída deveriam ficar próximos de  $13^\circ$  para que os mesmos atingissem maiores velocidades de saída.

PEARSON et al. (1998) também utilizaram as variáveis cinemáticas e dinâmicas da performance de saída para comparar a influência de um bloco de saída construído de forma tradicional com um modificado onde possuía um aparato para apoio das mãos nas laterais. Entre essas variáveis verificaram o tempo de bloco, tempo de vôo, tempo de deslize, tempo total, ângulo de abandono, velocidade de abandono, distância de vôo e força de reação vertical e horizontal. Comparando os dados eles verificaram que não houve diferenças significativas nessas variáveis quando utilizados os dois tipos de blocos, e que as diferenças entre as performances de saída podem ocorrer devido ao nível de treinamento que cada nadador possui para os movimentos de saída.

STEVENSON e MOREHOUSE apud BREED e YOUNG (2003) também utilizaram algumas variáveis cinemáticas para verificar se a mudança na inclinação do bloco de partida ( 0°, 10°, 20° e 30°) traria alguma diferença nesses itens. O tempo de bloco, tempo de vôo, tempo de entrada e tempo total de 22,75m (25 jardas) foram medidos juntamente com a força de reação no bloco de partida. Os autores concluíram que inclinações maiores que 20° proporcionam um tempo de saída menor e subsequentemente um tempo total de 22,75m (25 jardas) inferior comparado com outras inclinações.

Outro estudo que se preocupou em verificar a mudança nas variáveis de saída através da mudança da altura e inclinação dos blocos de partida foi o de PEREIRA et al. (2001). Os pesquisadores mediram a força de reação e o impulso nas direções vertical e horizontal para as inclinações de 0° e 10°, e alturas de 0,40m e 0,60m. Neste estudo não encontraram diferenças significativas nas variações de altura e inclinação e sugerem um aumento no tamanho da amostra para que seja possível a determinação de padrões de referências para os valores de força e impulso.

PEDRALLI e ROESLER (2001) utilizaram os parâmetros de tempo de bloco, tempo de vôo, tempo de performance, impulso horizontal, ângulo de saída e de entrada para verificar diferenças entre as saídas de agarre e atletismo. No estudo verificaram que não houve diferenças significativas nessas variáveis medidas entre as duas saídas e que as mesmas apresentaram resultados semelhantes ao encontrado na literatura. Concluíram, portanto que cada sujeito realiza a saída de maneira individual de acordo com suas adaptações ao posicionamento de partida.

GUIMARÃES e HAY (1985) realizaram uma análise mecânica da saída de agarre através das medidas de parâmetros cinemáticos e dinâmicos do movimento de saída. Variáveis como o tempo de bloco, tempo de vôo, tempo submerso assim como os valores de força exercida pelos pés e pelas mãos dos nadadores foram analisadas. Através de suas análises concluíram que os nadadores para melhorarem suas performances de saída de agarre devem mover o seu centro de massa o mais rápido possível para frente enquanto ainda estão em contato com o bloco e ainda maximizar a força exercida pelas mãos e pés contra o bloco de partida.

LEWIS (1980) comparou cinco técnicas de saída com o objetivo de identificar qual variável característica influenciaria a performance de saída que foi estabelecida através do tempo total em 8 metros. A primeira técnica foi com os braços para trás, a segunda com os braços caídos, a terceira com balanço circular dos braços para trás, a quarta com o agarre na frente do bloco e a quinta com o agarre feito nas laterais do bloco. O tempo de reação, tempo de abandono, tempo total de 8 metros, os ângulos de abandono e entrada, as distâncias de vôo, e a velocidade de abandono, velocidade de entrada e a velocidade de vôo horizontal serviram como referência para o autor verificar que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nestas cinco técnicas de saída e assim concluir que o nadador deve utilizar a técnica que está mais habituado ou a que ele já vêm obtendo melhor resultado.

McLEAN et al. (2000) analisaram a influência de três tipos de aproximação nas saídas de revezamento. A primeira aproximação foi partindo da posição de saída de atletismo e realizando um passo simples, a segunda foi partindo da posição dos pés paralelos e realizando um passo simples e a terceira foi partindo da posição dos pés paralelos e realizando um passo duplo. Utilizaram os parâmetros cinemáticos da saída comparados com o tempo total de 10m para diferenciá-las. Esses parâmetros foram velocidade horizontal, velocidade vertical e velocidade resultante de abandono, velocidade vertical e velocidade resultante de entrada, ângulo de abandono e ângulo de entrada, altura de abandono e altura de entrada, distância de abandono, distância de entrada e distância de vôo. Os autores relataram não haver melhora significativa no tempo total de saída entre os três tipos de aproximação, havendo somente um pequeno aumento na velocidade horizontal para a aproximação no terceiro tipo de 0,2 m/s

comparada com a saída sem aproximação. Concluíram assim que esta melhora se deu pela habilidade dos nadadores em realizar passos mais longos no momento que precede o abandono.

HOBBIE (1980) analisou dois tipos de entrada na água. O primeiro tipo foi a entrada plana, com orientação quase paralela à água e o segundo tipo com uma orientação inclinada, em que o corpo do nadador teoricamente entra pelo mesmo local na água. As variáveis propostas pelo autor foram o tempo de entrada na água, tempo de entrada até a primeira braçada, tempo de saída até a primeira braçada, velocidade inicial, ângulo de projeção, ângulo de inclinação corporal e ângulo de entrada. O autor concluiu que apesar das diferenças nas medidas de ângulo de inclinação, ângulo de projeção e ângulo do tronco nos dois tipos de entrada, não houve diferença significativa nas variáveis como o tempo de entrada na água, tempo subaquático, tempo até a primeira braçada e velocidade inicial do centro de gravidade no momento do abandono. Concluiu também que nenhuma entrada é superior à outra neste grupo e que certas particularidades dos sujeitos podem tornar um tipo de entrada diferente da outra e conseqüentemente influir no resultado final da saída.

Podemos perceber algumas características comuns nos principais trabalhos que envolvem os parâmetros de performance de saída. Uma delas mostra a influência da fase submersa no resultado final de saída. A outra demonstra o fator de treinabilidade, em que o nadador obtém o melhor resultado naquele tipo de saída que está mais preparado. E a terceira é que os mesmos apresentam diferenças nos parâmetro e subfases da saída, o que representa uma particularidade técnica adotada pelos nadadores na realização do movimento de saída.

### **3 BASE DA METODOLOGIA**

#### **3.1 MODELO ANTROPOMÉTRICO**

O modelo antropométrico adotado neste trabalho é baseado no modelo proposto por WINTER (1991) para a análise de marcha humana.

O modelo proposto foi modificado para adequar a saída do tipo atletismo do nadador. Este modelo é composto de 10 membros, são eles, cabeça, tronco, coxa esquerda, perna esquerda, pé esquerdo, coxa direita, perna direita, pé direito, braço esquerdo e antebraço esquerdo + mão esquerda (m1, m2, m3, m4, m5, m6, m7, m8, m9, m10) com respectivos centros de massa (CM1, CM2, CM3, CM4, CM5, CM6, CM7, CM8, CM9, CM10). Veja a figura a seguir a localização aproximada dos centros de massas do nadador no movimento de saída.

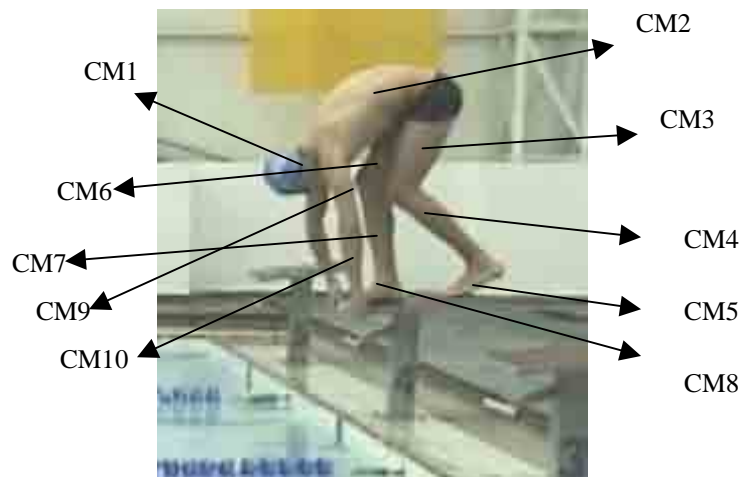


FIGURA 3.1 Localização aproximada dos centros de massas de acordo com modelo modificado, adotado para saída tipo atletismo.

No modelo adotado neste trabalho a mão e o antebraço formam apenas um membro (m10).

As localizações do centro de massa de cada membro são determinadas através das identificações dos pontos das articulações (ombro, quadril, joelho, tornozelo, metatarso, cotovelo e metacarpo), e um ponto relativo ao centro de massa da cabeça. A figura 3.2 apresenta os pontos das coordenadas cartesianas (x, y) do nadador para a identificação dos centros de massas de cada membro.

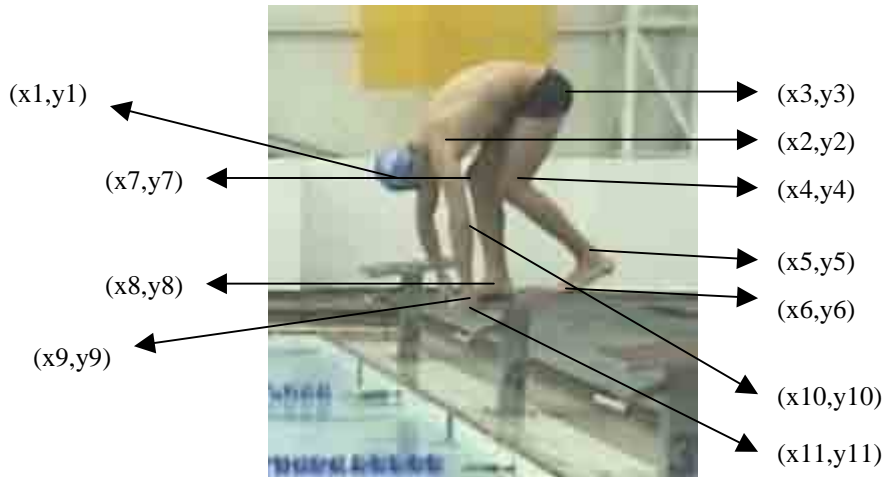


FIGURA 3.2 Localização das coordenadas cartesianas de cada membro a partir do modelo modificado proposto.

O modelo proposto possui um fator de multiplicação que calcula a massa de cada membro do corpo baseado na massa total do sujeito como o proposto por Winter. A seguir podemos verificar o fator de multiplicação para cada membro.

$$m_1 = 0,081 * m$$

$$m_2 = 0,0497 * m$$

$$m_3 = m_6 = 0,1 * m$$

$$m_4 = m_7 = 0,465 * m$$

$$m_5 = m_8 = 0,0145 * m$$

$$m_9 = 0,056 * m$$

$$m_{10} = 0,044 * m$$

### 3.2 MARCAÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DAS COORDENADAS

O método adotado para este trabalho é a determinação das coordenadas bi-dimensionais (2D) do CM. Como o movimento do nadador na fase investigada é simétrico com relação ao plano sagital, o método bi-dimensional foi suficiente, sem a



necessidade da análise tri-dimensional (3D) que aumentaria a complexidade da análise dos dados.

Os pontos de identificação apresentados na figura 3.2 foram marcados manualmente através do mouse do computador, sobre cada quadro da imagem da saída do nadador.

As coordenadas reais (x,y) foram obtidas após a conversão de unidade de pixel da tela do computador para unidade em metros, de acordo com os dados de calibração descrita na seção 3 deste capítulo.

A figura 3.3 apresenta um exemplo de um quadro com os pontos marcados e o respectivo centro de massa.



FIGURA 3.3 Marcação dos pontos das articulações e seu respectivo centro de massa.

As coordenadas ( $X_{cm}$ ,  $Y_{cm}$ ) do CM são determinadas após a marcação de cada ponto de identificação e a digitalização dos pontos conforme os dados de calibração.

$$X_{CM} = \frac{\sum X_{CMi} \cdot m_i}{\sum m_i}$$

$$Y_{CM} = \frac{\sum Y_{CMi} \cdot m_i}{\sum m_i}$$

$$\sum m_i$$

$$i = 1, 2, \dots, 10$$

Onde  $m_i$  é a massa de cada membro,  $X_{CMi}$  é a coordenada na direção horizontal de cada membro e  $Y_{CMi}$  é a coordenada na direção vertical de cada membro.

### 3.3 CALIBRAÇÃO DAS COORDENADAS

A fim de verificar a possível distorção da imagem registrada e converter as unidades de “pixel” da imagem em unidade de “m” nas duas direções ortogonais (x,y), foi realizada a calibração local utilizando uma régua específica. Desta maneira foram determinados os coeficientes de calibração nas duas direções (horizontal e vertical) que ao multiplicar as coordenadas registradas na imagem obtém as coordenadas reais XCM e YCM.

Detalhes desta calibração local encontram-se na seção 4.3.1 do capítulo 4.

### 3.4 PARÂMETROS CINEMÁTICOS E FORÇA DE INÉRCIA

Conforme as pesquisas bibliográficas apresentadas no capítulo 2, os parâmetros cinemáticos para a avaliação de saída tiveram como base o trabalho de COSSOR e MASON (2001). Também foram agregadas outras variáveis que são descritas nesta seção.

Os parâmetros cinemáticos foram separados em parâmetros temporais e espaciais. Os parâmetros temporais levantados neste trabalho são:

- Tempo de bloco (tb)
- Tempo de vôo (tv)
- Tempo submerso (ts)

- Tempo complementar ( $t_c$ )
- Tempo total ( $t_t$ )

Onde o tempo total para alcançar a distância de 15m do bloco de partida é a soma dos tempos de bloco ao complementar ( $t_t = t_b + t_v + t_s + t_c$ ).

Os parâmetros temporais são obtidos com os dados de duas filmadoras instaladas na beira da piscina onde detalhes do esquema de instalação se encontram na seção 4.3 do capítulo 4.

Os parâmetros espaciais investigados são:

- Ângulo de entrada ( $A_{ent}$ )
- Ângulo de abandono ( $A_{ab}$ )
- Velocidade de entrada ( $v_{ent}$ )
- Velocidade de abandono ( $v_{ab}$ )

Onde os ângulos de entrada e abandono são determinados respectivamente entre o centro de massa do nadador e a horizontal no momento da entrada na água, e entre o centro de massa do nadador e a horizontal no momento do abandono do bloco.

Veja a seguir nas figuras 3.4 e 3.5 um exemplo de determinação dos ângulos de abandono e entrada respectivamente.



FIGURA 3.4 Exemplo de determinação do ângulo de abandono do bloco.



FIGURA 3.5 Exemplo de determinação do ângulo de entrada na água.

As velocidades e acelerações do CM são determinadas pelos dados de coordenadas do CM e os tempos correspondentes em cada instante registrado.

E importante revelar que durante o processo de determinação de velocidades e acelerações, foi utilizado a técnica de suavização de dados para minimizar os erros de

digitalização e do cálculo de coordenadas do CM em função do modelo antropométrico adotado.

Alem dos parâmetros temporais e espaciais, os parâmetros de força de inércia na direção horizontal (FI) também foram investigados. A escolha da direção horizontal foi proposital devido ser a direção principal do movimento do nadador no momento do abandono.

$$F_{li} = MCM * (ACM)_i$$

Onde MCM é a massa total do corpo do nadador e  $(ACM)_i$  é a aceleração linear do centro de massa na direção horizontal para cada instante registrado (i).

## 4 ENSAIO DE SAIDA

### 4.1 AMOSTRA

Para este estudo foi utilizado como amostra oito sujeitos, todos do sexo masculino, com média de idade de 15,9 anos. A média de altura foi 1,79m e a média da massa foi de 75,5Kg. Veja a tabela 4.1.

TABELA 4.1 Características da amostra.

SUJEITO	IDADE (Anos)	MASSA (Kg)	ALTURA (m)
1	16	82	1,91
2	17	64	1,75
3	15	85	1,86
4	16	79	1,79
5	16	71	1,73
6	15	71	1,77
7	16	65	1,68
8	16	87	1,85
MÉDIA	15,9	75,5	1,79

Todos os indivíduos se encontravam em perfeito estado de saúde, não possuindo naquele momento nenhum tipo de doença ou deficiência física que os impedissem de realizar o teste.

### 4.2 PROTOCOLO DE MEDIÇÃO DA SAÍDA

O protocolo de medição foi constituído pela distância nadada de saída de 15m, que se deu desde o sinal sonoro até a cabeça do nadador atingir a marca de 15m, conforme o adotado por COSSOR e MASON (2001), PEREIRA et al. (2001), ARELLANO (2000), e foi dividido nas seguintes fases:

- 1- Fase de bloco - do sinal sonoro até o último contato do pé com o bloco de saída.
- 2- Fase de vôo – do último contato do pé com o bloco de saída até a mão do nadador atingir a água.
- 3- Fase submersa – do toque da mão do nadador com a água até a emersão da cabeça.
- 4- Fase complementar – da emersão da cabeça até a mesma alcançar a marca de 15m.
- 5- Fase total de saída – Consiste na somatória de todas as fases anteriores.

Cada nadador realizou três saídas com um intervalo de três minutos entre as mesmas. O tipo de saída escolhida foi a Saída de Atletismo e foi analisada a melhor performance das três realizadas.

Todos os indivíduos do grupo foram submetidos ao teste nas mesmas condições ambientais em que estavam habituados a treinar, isto é, entre 16:00h e 18:30h, no Esporte Clube Pinheiros, com temperatura do ar de 27°C e da água de 28°C.

#### 4.3 MATERIAIS E MÉTODO

Para a medição de massa foi utilizada uma balança da marca SENSIMAX com uma precisão de 1 Kg e com uma faixa de medição de zero a 130 Kg. Veja a seguir a foto da balança utilizada para a medição da massa dos indivíduos.



FIGURA 4.1 Balança utilizada para medição da massa dos indivíduos.

Para a medição dos parâmetros temporais e espaciais foram utilizadas duas filmadoras idênticas da marca SONY modelo DCR-TRV 22 NTSC com frequência de captura de imagem de 30 Hz (30 quadros por segundo), que após ser desentrelaçado permitiu que o quadro fosse dividido em dois campos e assim o tempo que era de 0,0333s entre um quadro e outro passou a ser de 0,0166s, proporcionando maior precisão da imagem. Esta técnica de desentrelaçamento foi utilizada por McLean et al. (2000) para estudo da técnica de saída. A mesma filmadora possuía velocidade do obturador automática. Veja a seguir a foto da filmadora utilizada neste estudo.



FIGURA 4.2 Filmadora utilizada para medição dos parâmetros temporais e espaciais.



A filmadora 1 (f) foi posicionada perpendicularmente ao plano de movimento do nadador (g) a uma distancia de 7,60m do bloco de partida (c) e a 2,5m da borda da raia n°3 da piscina (a).

A filmadora 2 (e) ficou a uma distancia de 5,00m do plano de movimento do nadador (g) e na marca dos 15m (d) acompanhando todo o movimento do nadador desde o bloco até os 15m. Veja a seguir o esquema de posicionamento das filmadoras na figura 4.3.

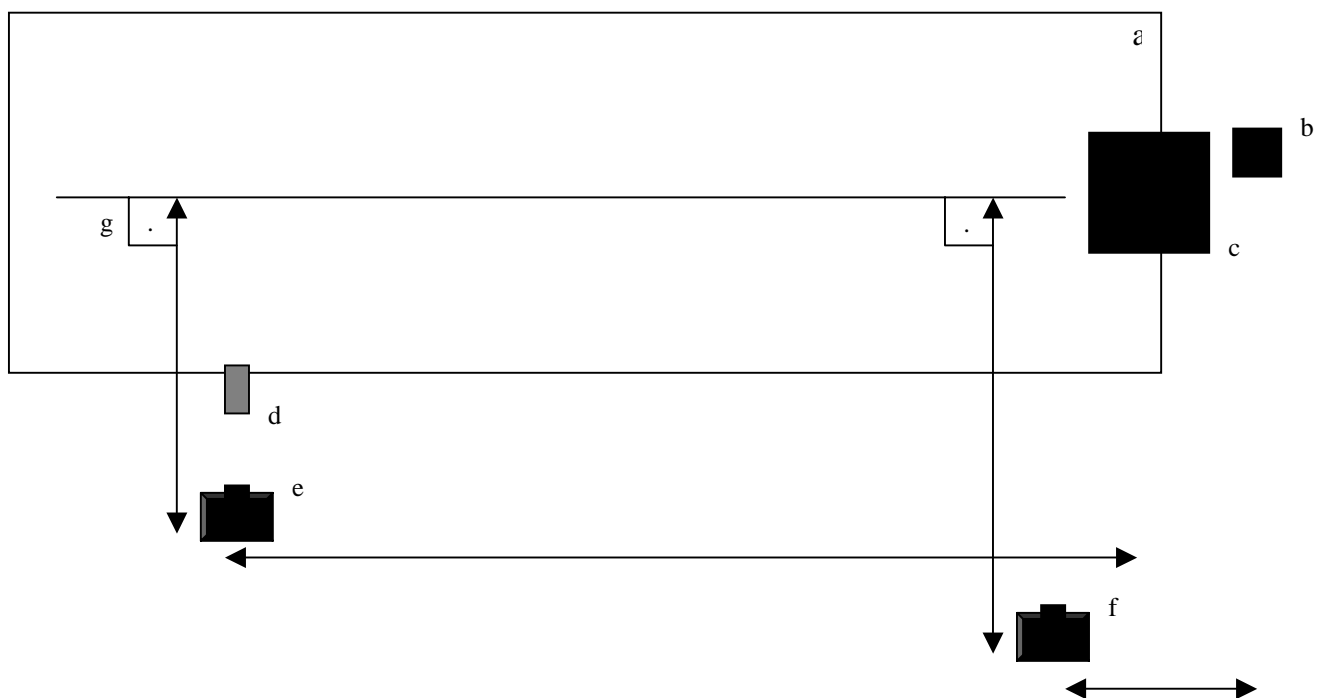


FIGURA 4.3 Visão superior do esquema de posicionamento das Filmadoras 1 e 2 e do local de medição.

Onde:

- a – Raia n°3 da piscina
- b – Emissor de luz e som
- c – Bloco de partida
- d – Haste sinalizadora da marca de 15m
- e – Filmadora 2

f – filmadora 1

g – Plano sagital de movimento do nadador

A filmadora 1 (f) capturou as imagens das fases de bloco e vôo dos nadadores, enquanto a filmadora 2 (e) realizou a captura de todas as fases até a cabeça do nadador passar pela marca dos 15m onde se encontrava a haste sinalizadora (d).

A seguir, veja alguns exemplos de imagens que mostram a visão real das filmadoras na saída.



FIGURA 4.4 Visão real da fase de vôo da Filmadora 1.



FIGURA 4.5 Visão real da fase de vôo da Filmadora 2.

#### 4.3.1 CALIBRAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DAS FILMADORAS

As duas filmadoras foram calibradas no tempo por um aparelho emissor de luz e som controlado pelo técnico que simulava o procedimento oficial de saída. A sincronização se deu na captação do sinal luminoso pelas duas filmadoras no momento da saída, onde o mesmo (sinal luminoso) correspondia ao tempo zero ( $t_0$ ) e ao primeiro ponto da calibração do tempo, enquanto que o segundo ponto se deu no momento do último contato do pé do nadador com o bloco de partida. Veja a seguir nas figuras 4.6 (esquerda) e 4.7 (direita) o momento exato da sincronização das duas filmadoras.



FIGURA 4.6 e 4.7 Sincronização temporal da Filmadora 1(esquerda) com a Filmadora 2 (direita) através do sinal luminoso captado simultaneamente.

A calibração espacial foi realizada somente na filmadora 1, pois a filmadora 2 foi utilizada apenas para a coleta de dados temporais. Foi feita a calibração nas direções horizontal e vertical conforme o objetivo deste trabalho de um sistema de análise bi-dimensional (2D).

A calibração espacial foi realizada por uma régua específica (gabarito de calibração) de dimensão conhecida, que foi filmada no mesmo local do movimento do nadador. A dimensão conhecida foi relacionada com o numero de pixels – unidade formadora da imagem na tela do computador – podendo posteriormente transformar o valor de deslocamento em pixel para metros.

A calibração na direção horizontal foi realizada por um gabarito rígido de 3m de comprimento dividido em 6 trechos de 0,5m colocado no mesmo plano de movimento do nadador. Veja a seguir o esquema que representa a calibração espacial na direção horizontal.

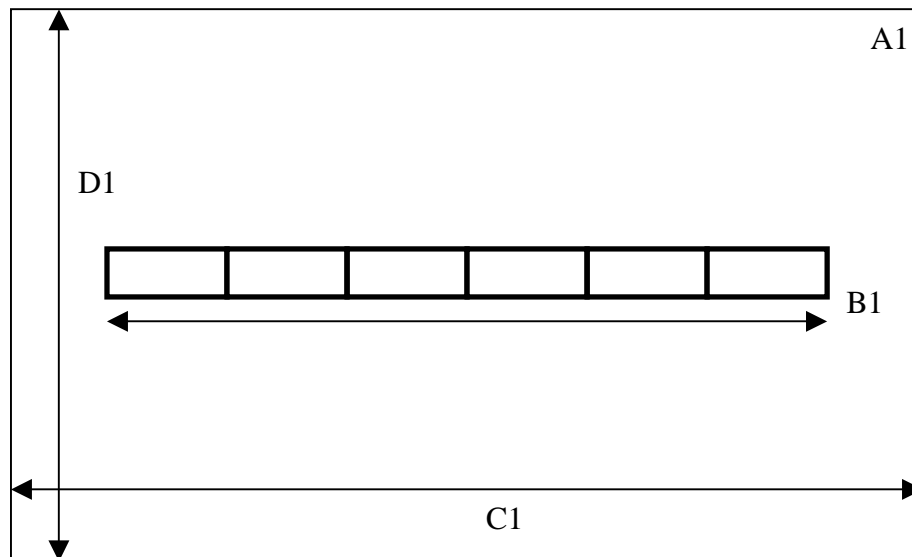


FIGURA 4.8 Esquema representativo da calibração espacial na direção horizontal.

A1 – Tela do computador ( 720 x 480 pixels )

B1 – Régua específica de calibração ( x = 3m dividida em trechos de 0,5m)

C1 – Dimensão horizontal da tela do computador ( 720 pixels )

D1 – Dimensão vertical da tela do computador ( 480 pixels )

Já a calibração na direção vertical foi realizada pelo mesmo gabarito, porém o quadro da imagem só permitiu a visualização de 2m. Utilizou-se então quatro trechos de 0,5m. Veja a seguir o esquema que ilustra a calibração espacial na direção vertical.

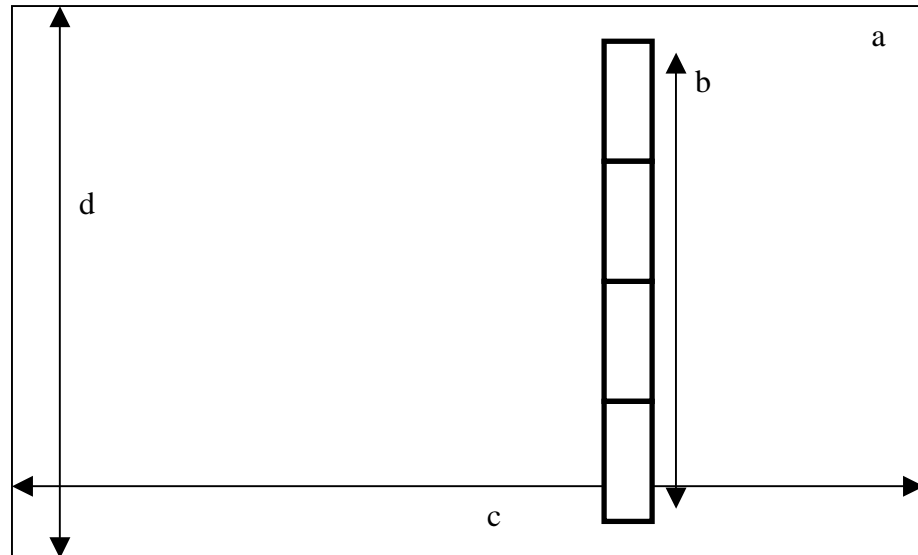


FIGURA 4.9 Esquema representativo da calibração espacial na direção vertical.

a – Tela do computador ( 720 x 480 pixels )

b - Régua específica de calibração (  $x = 2\text{m}$  dividida em trechos de 0,5m)

c – Dimensão horizontal da tela do computador ( 720 pixels )

d – Dimensão vertical da tela do computador ( 480 pixels )

Para a validação do sistema de calibração, foi realizada uma coleta no mesmo local onde seria feito o estudo para a análise da distorção da imagem na região onde se localizava cada trecho de 0,5m para uma correção posterior. Os dados passaram por um tratamento estatístico e foi verificado que não houve distorção na imagem.

Não houve diferença em pixel para cada trecho de 0,5m. De acordo com a análise descritiva, os mesmos foram construídos com 95% de confiança, o que permitiu a validação e utilização desse sistema. Veja a seguir a tabela que mostra os valores obtidos na calibração.

TABELA 4.2 Análise descritiva dos dados de calibração espacial nas direções horizontal (XX) e vertical (YY).

Calibração	Em XX		Em YY	
	Pixel/0,5m	pixel/cm	Pixel/0,5m	pixel/cm
Média	57,50	1,15	52,50	1,05
Mediana	58	1,16	52,5	1,05
Desvio Padrão	1,22	0,02	0,58	0,01
Mínimo	56	1,12	52	1,04
Maximo	59	1,18	53	1,06
Tamanho	6	6	4	4
Limite Inferior	56,52	1,13	51,93	1,04
Limite Superior	58,48	1,17	53,07	1,06

Nota-se nos dados que a variação foi muito pequena. Observando o desvio padrão, podemos verificar que o mesmo corresponde a 2% da media na direção horizontal (XX), e 1% da media na direção vertical (YY). Esses resultados garantem a confiabilidade das medidas para os cálculos de calibração espacial. Vale ressaltar também a precisão dessas medidas que chegaram a aproximadamente 1cm (0,01m) por pixel.

Após a filmagem e o processo de calibração foi realizada a digitalização das imagens obtidas dos nadadores.

#### 4.3.2 DIGITALIZAÇÃO DAS IMAGENS

A digitalização das imagens foi feita por um computador notebook da marca Toshiba modelo Pentium 4 através de uma placa de captura de vídeo da marca Pinnacle e o software Studio Versão 9, conforme utilizado por PUSSIELDI et al. (2003). Veja a seguir a figura que ilustra o computador utilizado no estudo.



FIGURA 4.10 Computador modelo Pentium 4. Modelo utilizado para digitalização das imagens.

Após a digitalização os vídeos foram desentrelaçados, conforme descrito na seção 4.3 do capítulo 4. Logo que foram desentrelaçados, os vídeos foram transformados em fotos pelo software Studio Versão 9 (PUSSIELDI et al., 2003) e armazenados no computador.

Após o armazenamento das fotos, foi realizado o processamento das imagens, a fim de extrair os dados baseados no centro de massa do nadador.

Foi utilizado o programa “MARCA2M” para a marcação dos pontos  $(x_1, y_1)$  a  $(x_{11}, y_{11})$  apresentados na figura 3.2 para calcular os centros de massa (CM) para cada instante. E o programa “TRAJ2M” para conversão das unidades de CM (pixel para m) e determinar as velocidades, acelerações e forças de inércia. O programa foi construído em ambiente MATLAB, desenvolvido especificamente para este estudo pelo Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Engenharia FEG/UNESP – Campus de Guaratinguetá.

Para a validação do programa foi realizado um teste com os quatro avaliadores. Cada um dos avaliadores simulou três vezes a digitalização da mesma imagem. Somente um dos avaliadores possuía experiência com o teste. Os dados obtidos por cada avaliador separadamente passaram por um tratamento estatístico, que consistiu de uma análise descritiva e de dois testes não paramétricos que serviram para verificar se houve diferença entre os avaliadores. Veja a tabela a seguir com os dados dos testes.

TABELA 4.3 Dados das coordenadas do centro de massa da imagem analisada pelos quatro avaliadores.

Digitalização	Digitalização X (pixel)				Digitalização Y (pixel)			
	Aval 1	Aval 2	Aval 3	Aval 4	Aval 1	Aval 2	Aval 3	Aval 4
Média	420,61	417,06	392,54	388,21	170,31	171,79	172,83	175,98
Mediana	420,7	416,9	392,5	388,0	170,1	171,8	172,7	175,9
Desvio Padrão	0,31	0,46	0,16	0,74	0,50	0,82	0,38	0,15
Tamanho	3	3	3	3	3	3	3	3

Podemos notar que a variabilidade das medidas de cada avaliador separadamente foi muito pequena. Porém a diferença entre os avaliadores foi significativa. Isso nos leva a concluir que o teste de digitalização é confiável desde que seja feito por um avaliador que tenha experiência com o teste, neste caso o avaliador 1.

O avaliador 1 foi o responsável pelo processamento e extração dos dados do programa. O programa realizou o cálculo de localização do centro de massa para cada quadro da imagem, bem como as variáveis que envolviam o centro de massa do nadador descritas na seção 3.4 do capítulo 3.



Antes de iniciar a observação dos dados, vale destacar que os mesmos foram construídos com um intervalo de confiança de 95% para uma amostra de oito sujeitos.

Isso significa que se o teste for aplicado novamente, os resultados terão 95% de chance de apresentar valores dentro do intervalo de confiança encontrado neste estudo.

## 5.1 PARÂMETROS TEMPORAIS

Os parâmetros temporais obtidos para cada nadador através da filmagem do sistema de medição proposto são apresentados na tabela a seguir.

TABELA 5.1 Valores individuais de cada fase da saída e tempo total.

atleta	Tempo de cada fase (s)				
	tb	tv	ts	tc	tt
1	0,62	0,27	2,08	3,72	6,69
2	0,8	0,28	2,64	3,56	7,28
3	0,75	0,2	3,6	2,32	6,87
4	0,75	0,27	2,28	3,76	7,06
5	0,77	0,25	3,2	2,8	7,02
6	0,63	0,37	2,88	3,6	7,48
7	0,65	0,35	1,8	4,26	7,06
8	0,82	0,17	2,8	3,48	7,27

Onde,

- tb = tempo de bloco
- tv = tempo de vôo
- ts = tempo submerso
- tc = tempo complementar
- tt = tempo total

Pode-se notar que houve pouca variação no tempo total (tt) em relação às variações dos outros tempos (tb, tv, ts e tc). Há uma tendência, no entanto de que cada nadador possua uma característica particular em toda a trajetória de saída. Veja a seguir a tabela

5.2 com os valores percentuais do desvio padrão em relação à média, o que mostra se houve pouca ou muita variação nas medidas.

TABELA 5.2 Valores percentuais relativos de cada fase da saída e tempo total.

Média, Desvio padrão e percentual relativo					
	Tempo Total (s)	Tempo de Bloco (s)	Tempo de Vôo (s)	Tempo Submerso (s)	Tempo Complem. (s)
Média	7,09	0,72	0,27	2,66	3,44
Desvio Padrão	0,25	0,08	0,07	0,59	0,60
Percentual (Devpad/Média)	3%	11%	25%	22%	17%

Nesta tabela pode-se verificar melhor como houve pouca variação no tempo total e uma variação considerável nas fases da saída.

Nota-se também que não existe um padrão definido para a técnica de saída, fator este que ainda não foi explorado pelos pesquisadores.

Além destas observações, pode-se destacar ainda a semelhança de alguns dados encontrados na literatura com os levantados neste estudo.

Para a variável de tempo de bloco, JUERGENS apud VILAS-BOAS et al. (2000) encontrou tempos com média de 0,76s para a saída de atletismo. Outro trabalho que pareceu semelhante foi o de LEWIS (1980) onde encontrou valores de tempo de bloco para a saída de agarre com média de 0,76s. SHIN e GROPPPEL apud VILAS-BOAS et al. (2000) encontraram valores de tempo de bloco com média de 0,73s para saída de atletismo, próximo ao deste estudo.

Para a variável de tempo de vôo PEDRALLI e ROESLER (2001) encontraram valores médios para a saída de atletismo de 0,32s, valor este dentro do intervalo de confiança descrito neste estudo. KOLLIAS et al. apud VILAS-BOAS et al. (2000)

encontravam valores semelhantes para o tempo de vôo na saída de agarre para o sexo feminino em que o tempo médio foi de 0,31s.

Para as variáveis de tempo submerso e tempo complementar não foram encontrados na literatura valores que pudesse referenciar neste trabalho. O pequeno volume de trabalhos empenhados em investigar estas variáveis se deve talvez pela grande variação do movimento dos nadadores nestas fases, devido ao contato com a água. Para a variável de tempo total, PEDRALLI e ROESLER (2001) utilizando o mesmo protocolo de avaliação de saída desse estudo, encontraram tempo total de 7,11s, tempo este dentro do intervalo de confiança adotado ( 6,92 - 7,26).

## 5.2 VALORES DE ÂNGULO E VELOCIDADE

Como foi descrito nas seções 3.2 e 3.4 do capítulo 3, os dados espaciais são baseados nas imagens registradas na filmadora 1, próximo ao bloco de saída.

Os ângulos de entrada, de abandono e as velocidades correspondentes são obtidas através da localização das coordenadas do centro de massa (CM) para cada instante analisado. A figura 5.1 apresenta um exemplo de variação da trajetória do CM durante as fases de bloco e vôo.

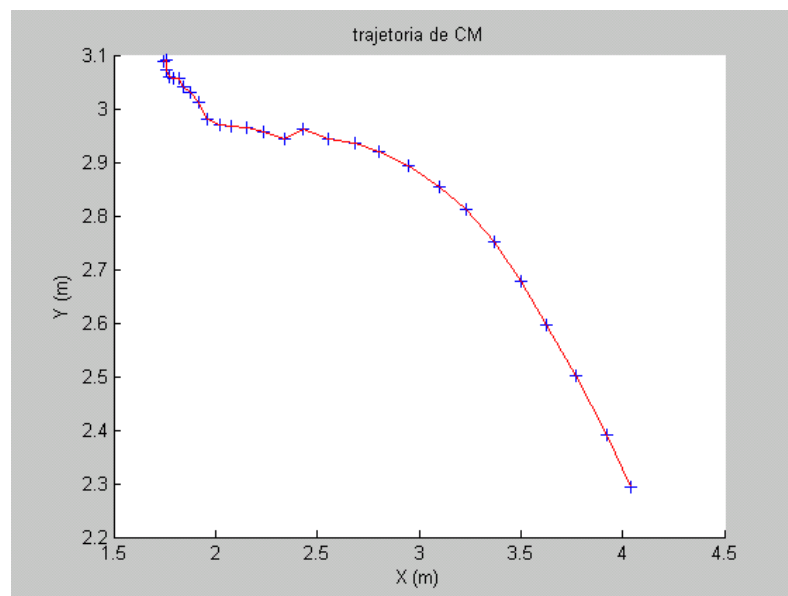


FIGURA 5.1 Exemplo de variação da trajetória do CM nas fases de bloco e vôo.

Os valores de ângulo e velocidade são apresentados na tabela a seguir.

TABELA 5.3 Valores de ângulos e velocidades

		Valores de ângulos e velocidades						Limite inferior	Limite superior
		média	mediana	Desvio padrão	mínimo	máximo	tamanho		
Ângulo (grau)	Âab	23,08	21,71	5,72	16,34	33,18	8	19,11	27,04
	Âent	39,86	39,49	5,29	32,01	48,58	8	36,19	43,52
velocidade ab (m/s)	vab xx	3,62	3,59	0,23	3,36	3,95	8	3,46	3,77
	vab yy	-0,48	-0,46	0,40	-0,98	0,20	8	-0,76	-0,21
velocidade ent (m/s)	vent xx	4,02	4,03	0,31	3,60	4,43	8	3,80	4,23

Onde,

Âab - ângulo de abandono

Âent - ângulo de entrada

vab xx – velocidade de abandono horizontal

vab yy – velocidade de abandono vertical

vent xx – velocidade de entrada horizontal

Pode-se notar nos dados apresentados na tabela 5.3 que houve uma variação considerável nos dados de ângulos e velocidades apresentados. Esta variação é possivelmente a causadora das mudanças individuais que cada nadador realizou no movimento de saída. Mudanças na velocidade e no ângulo de abandono podem levar o nadador a uma saída eficiente do bloco de partida, e um ajuste no ângulo de entrada na água pode levá-lo à melhor posição hidrodinâmica e por fim a um menor tempo submerso. Como foi comentado no capítulo anterior, não foi estabelecido até o momento valores ideais de ângulos e velocidades de abandono e entrada na água, o que torna complexa a interpretação dos dados.

KIRNER et al. apud VILAS-BOAS et al. (2000) encontraram valores de ângulo de entrada para a saída de atletismo dentro de um intervalo de 36,21° e 43,67°, muito semelhante ao deste estudo que ficou entre 36,19° e 43,52° para o mesmo tipo de

saída. McLEAN et al. (2000) encontraram em seus estudos valores de ângulo de entrada de  $40^\circ$ , próximo ao intervalo determinado. Já PEARSON et al. (1998) encontraram para a saída de agarre ângulos de entrada na água de  $43^\circ$ .

Para os valores de ângulo de abandono, HOBBIE (1980) encontrou ângulos de abandono do bloco entre  $23,1^\circ$  e  $26,5^\circ$ , próximos ao encontrado neste trabalho.

Os dados de velocidade de abandono foram definidos neste trabalho separadamente nas direções vertical e horizontal. Na direção horizontal, VILAS-BOAS et al. (2000) encontraram valores de  $3,64\text{m/s}$ , semelhantes ao encontrado neste trabalho, que ficaram entre  $3,46\text{m/s}$  e  $3,77\text{m/s}$ . Já LEWIS (1980) encontrou para a saída de agarre velocidade de abandono horizontal de  $3,58\text{m/s}$ . KOLLIAS et al. apud VILAS-BOAS et al. (2000) encontraram valores parecidos, de  $3,67\text{m/s}$ .

Para os dados de velocidade de entrada na água, SHIN e GROPPÉL apud VILAS-BOAS et al. encontraram valores de  $4,05\text{m/s}$  para velocidade horizontal, próximos aos valores encontrados neste trabalho, e VILAS-BOAS et al. (2000) valores de  $3,89\text{m/s}$ .

### 5.3 VALORES DE FORÇA DE INÉRCIA

De acordo com os dados de aceleração na direção horizontal, a força de inércia foi calculada utilizando a equação descrita na seção 3.4 do capítulo 3. A figura 5.2 apresenta em detalhes a variação de força de inércia no tempo.

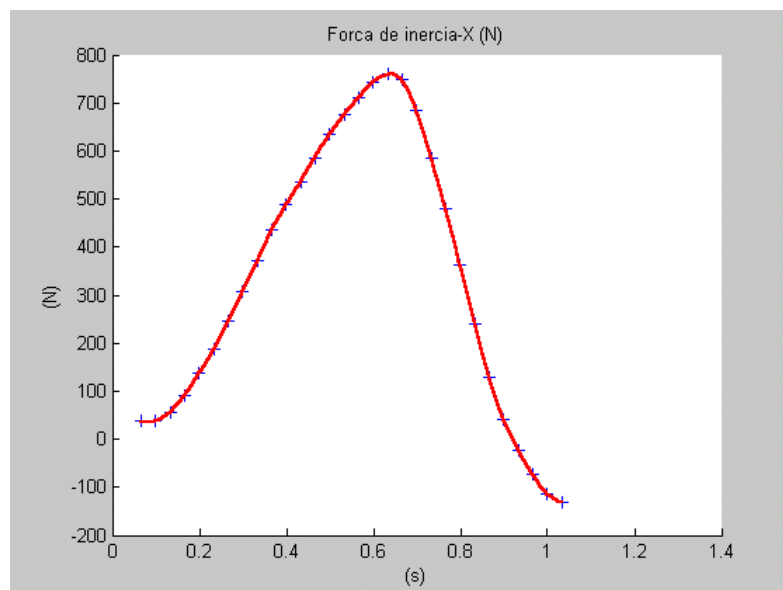


FIGURA 5.2 Variação da força de inércia no tempo.

Como mostrado na tabela 5.4, os valores de força de inércia foram calculados relativamente ao peso corporal de cada nadador. Nota-se a verificação da força de inércia somente na direção horizontal (fin xx), isso se deu por ser a direção principal do movimento do nadador, e por isso foi desprezada a direção vertical.

TABELA 5.4 Valores de força de inércia relativo ao peso corporal

Dinâmicos		Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Tamanho	Limite Inferior	Limite Superior
fin rel ab (pc)	fin xx	0,50	0,50	0,08	0,39	0,63	8	0,45	0,55
pico fin rel (pc)	pfinrel xx	0,78	0,81	0,10	0,61	0,88	8	0,71	0,85
% tb p/ alcance	pfinrel xx	0,72	0,72	0,05	0,63	0,80	8	0,68	0,76
% queda	fin rel xx	0,35	0,32	0,12	0,21	0,56	8	0,27	0,43

Onde,

fin rel ab (pc) – força de inércia relativa no momento do abandono do bloco

$$\text{fin rel} = \frac{f_i(t)}{pc}$$

Pico fin rel (pc) – pico da força de inércia relativa

$$P_{\text{fin rel}} = [f_i(t) * ax] \text{ max.}$$

% tb p/ alcance – percentual do tempo de bloco para alcance do pico da força de inércia

% queda – percentual de queda do pico da força de inércia até o momento do abandono

Um item que devemos chamar a atenção nos valores de força é a porcentagem do tempo de bloco para o alcance do pico de força. Como foi mostrado na tabela 5.4 houve pouca variação neste dado, sendo o valor do desvio padrão na faixa de 6%. Isso pode levarmos a conclusão de que para chegar ao pico de força, todos os nadadores precisam de um tempo padrão individual para alcançar a máxima aceleração no bloco

de partida. Estudos futuros podem verificar se com a melhora da potência muscular o nadador pode diminuir o tempo para alcançar o pico de força de inércia.

Outro dado interessante que foi levantado foi o percentual de queda da força de inércia, desde o pico até o momento do abandono do bloco. Esse dado variou consideravelmente entre os nadadores (34%), valor este que dividimos o desvio padrão pela média alcançada entre os mesmos.

Não foi encontrada na literatura nenhuma referência que mostrou os valores de força de inércia dos nadadores. Isso se deve talvez pela preferência dos pesquisadores pela medição através das plataformas de força no bloco de partida.

## 6 COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Observando o pequeno volume de pesquisas no meio esportivo do país, especificamente para a avaliação da saída de nadadores, pode-se considerar que o sistema desenvolvido neste trabalho para Análise Cinemática da Saída na Natação vem contribuir de forma relevante para o monitoramento e conseqüentemente o aperfeiçoamento do movimento de saída dos nadadores.

Muitos ajustes ainda devem ser feitos para aperfeiçoar este sistema, como por exemplo, a automatização do sistema de digitalização da imagem.

Outro fator que pode ser levantado nos futuros trabalhos com saída são o aumento do número de indivíduos analisados a fim de se criar um estudo correlacional para os dados cinemáticos e dinâmicos com a performance de saída.

É importante revelar que o sistema adotado não requer grande investimento para a análise de performance do nadador. Entretanto o mesmo pode fornecer diversos parâmetros para uma análise minuciosa de cada fase da saída do nadador.

Apesar dos fatores citados para a melhorar do sistema de medição, podemos concluir que os objetivos deste estudo foram alcançados de forma considerável, demonstrando dados coerentes e satisfatórios, podendo ser utilizado no dia a dia dos treinadores.

O sistema de análise bi-dimensional para a saída na natação com base na programação em ambiente MATLAB mostrou ser uma ferramenta bastante eficiente nos levantamentos dos dados fundamentais dos parâmetros de saída.

Entre os parâmetros temporais levantados, tempo de bloco, tempo de vôo, tempo submerso, tempo complementar e tempo total de saída, houve pequenas variações entre os nadadores testados. As variações relativamente maiores nesses parâmetros demonstraram as diferentes características de cada nadador para alcançar a máxima eficiência na performance de saída.



## REFERÊNCIAS

AMADIO, A.C. et al.; Introdução à biomecânica para análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos de medição. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, **3**, 41-54, 1999.

AMADIO, A.C. e DUARTE, M., Fundamentos Biomecânicos para análise do movimento humano. São Paulo, EEFUSP, 1996.

ARELLANO, R. **Evaluating the technical race components during the training season**, 2000, 8p. Disponível em <http://www.ed.ac.uk/papers4/cm.html>. Acesso em: 22 jan. 2002.

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

COSSOR, J.; MASON, B. **Swim Start Performances at the Sydney 2000 Olympic Games**, 2001, 5p. Disponível em <<http://www.ed.ac.uk/papers4/cm.html>>. Acesso em: 20 jan. 2002.

COLWIN, C.M. **Nadando para o século XXI**, São Paulo, Manole, 2000.

DUARTE, M., **Introdução à Mecânica**. Disponível em: <http://www.usp.br/eef/efb/nduarte>. Acesso em 29 mai. 2002.

GROVES, R.; ROBERTS, J.A. A further investigation of the optimum angle of projection for the racing start in swimming. **The Research Quarterly**, v.43, n.2, p.167-174, 1972.

GUIMARÃES, A.C.S.; HAY, J.G. A Mechanical Analysis of the Grab Starting Technique in Swimming. **International Journal of Sport Biomechanics**, v.1, p.25-35, 1985.

HALL, S. **Biomecânica Básica**, Rio de Janeiro, Guanabara, 1993.

HOBBIE, P. Analysis of the Flat vs. the Hole Entry. **Swimming Technique**, v.6, n.4, p.112-117, 1980.

LEWIS, S. Comparison of Five Swimming Starting Techniques. **Swimming Technique**, v.16, n.4, p.124-128, 1980.

MAGLISCHO, E.W. **Nadando ainda mais rápido**, São Paulo, Manole, 1999.

MARCON, D. O controle biomecânico no treinamento de nadadores de 50 metros livre, **IX Congresso Brasileiro de Biomecânica** (volume II), 29-34, 2001.

Mc.LEAN, S.P. et al. Addition of an Approach to a Swimming Relay Start. **Journal of Applied Biomechanics**, v.16, p.342-355, 2000.

PEARSON, C.T. et al. A comparison of the swimming start using traditional and modified starting blocks. **Journal of Human Movement Studies**, v.34, p.49-66, 1998.

PEDRALLI, M.; ROESLER, H. **Análise biomecânica da saída de agarre e atletismo da natação**, 2001, 2p. Disponível em <[http://www.udesc.br/cefid/pos/mov\\_hum/pedralli.htm](http://www.udesc.br/cefid/pos/mov_hum/pedralli.htm)>. Acesso em: 03 fev. 2002.

PEREIRA, S.M. et al. Análise dinamométrica da saída de um nadador em diferentes alturas e ângulos de inclinação do bloco de partida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9.,2001. **Anais ...** Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2001, p.76-79.

PLATONOV, V.N. e FESSENKO, S.L. **Los sistemas de entrenamiento de los mejores nadadores del mundo**, Barcelona, Paidotribo, 1986.

PUSSIELDI, G. et al. Comparação do tempo de saída do bloco de partida em três tipos distintos de saída de cima em natação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 10, 2003. **Anais...** Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2003, p. 282-285.

VERKHOSHANSKI, Y.V. **Treinamento Desportivo: Teoria e metodologia**, Porto Alegre, Artmed, 2001.

VILAS-BOAS, J.P. et al. Integrated Kinematical e Dynamics Analysis of 2 Track-Start Techniques. 2000, 5p. Disponível em <<http://www.ed.ac.uk/swim>>. Acesso em: 03 fev. 2002.

ZATSIORSKY, V.M. et al. Biomechanical Analysis of Start Techniques in Swimming. In: **SWIMMING III**, p.199-206, 1979, Baltimore.

## GLOSSÁRIO

**ÂNGULO DE ENTRADA** – Ângulo entre o centro de massa e a horizontal no momento da entrada na água.

**ÂNGULO DE SAÍDA** – Ângulo entre o centro de massa do nadador e a horizontal no momento do abandono do bloco.

**FIRE WIRE** – Tipo de cabo de conexão utilizado para conectar a filmadora na placa de captura de vídeo.

**GABARITO DE CALIBRAÇÃO** – Haste de metal de três metros de comprimento utilizada para referenciar uma distância conhecida no vídeo.

**SAÍDA DE AGARRE** – Saída com pés paralelos segurando a borda dianteira do bloco de saída.

**SAÍDA DE ATLETISMO** – Saída com um pé à frente e outro atrás segurando a borda dianteira do bloco de saída.

**TEMPO DE BLOCO** – Tempo do sinal sonoro de saída até o último contato do pé do nadador com o bloco de saída.

**TEMPO COMPLEMENTAR** – Tempo da emersão da cabeça do nadador até a mesma passar na marca dos 15 metros.

**TEMPO SUBMERSO** – Tempo do primeiro contato da mão do nadador com a água até a emersão da cabeça.

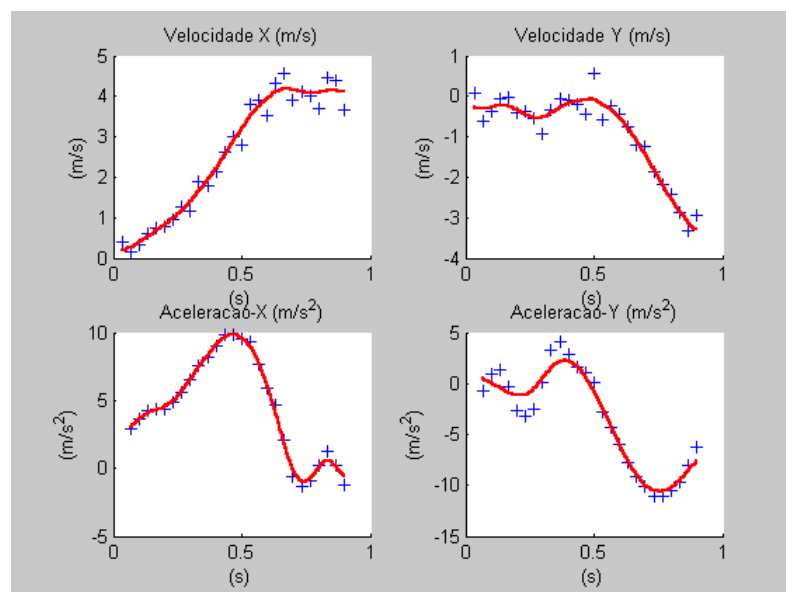
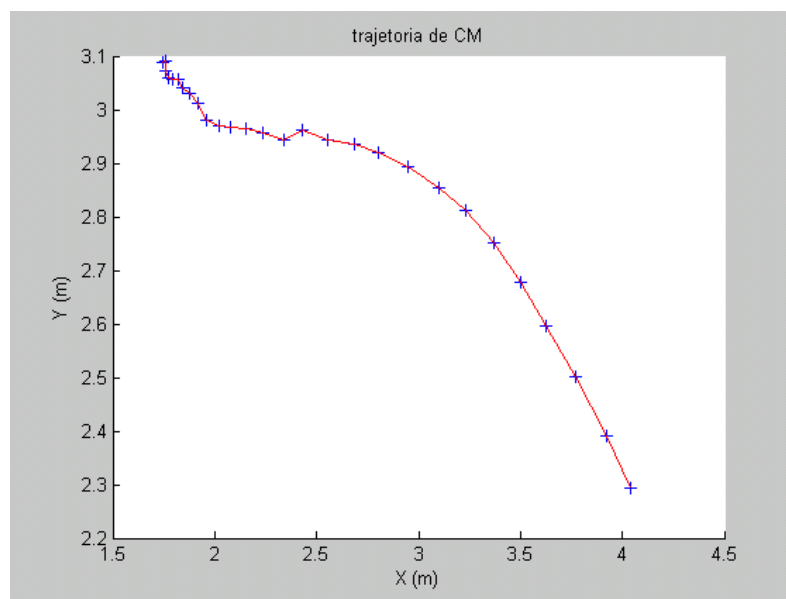
**TEMPO TOTAL** – Tempo que o nadador leva para passar na marca dos 15 metros.

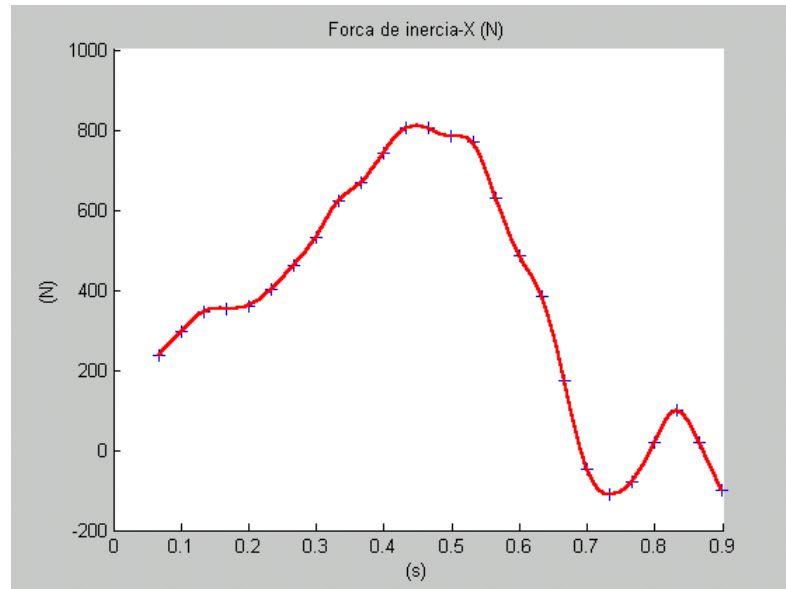
**TEMPO DE VÔO** – Tempo do último contato do pé do nadador com o bloco de saída até o primeiro contato da mão com a água.

## ANEXO I

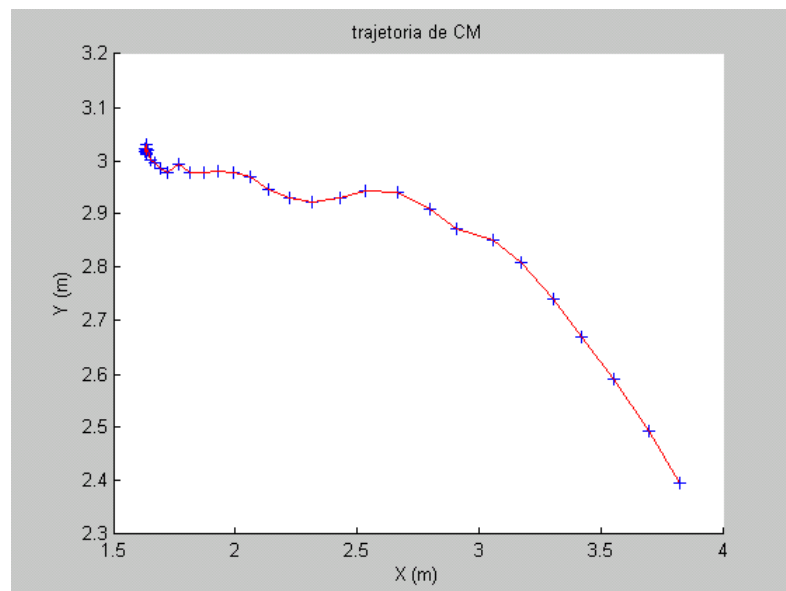
GRÁFICO DA TRAJETÓRIA, VELOCIDADE, ACELERAÇÃO E FORÇA DE INÉRCIA DOS NADADORES.

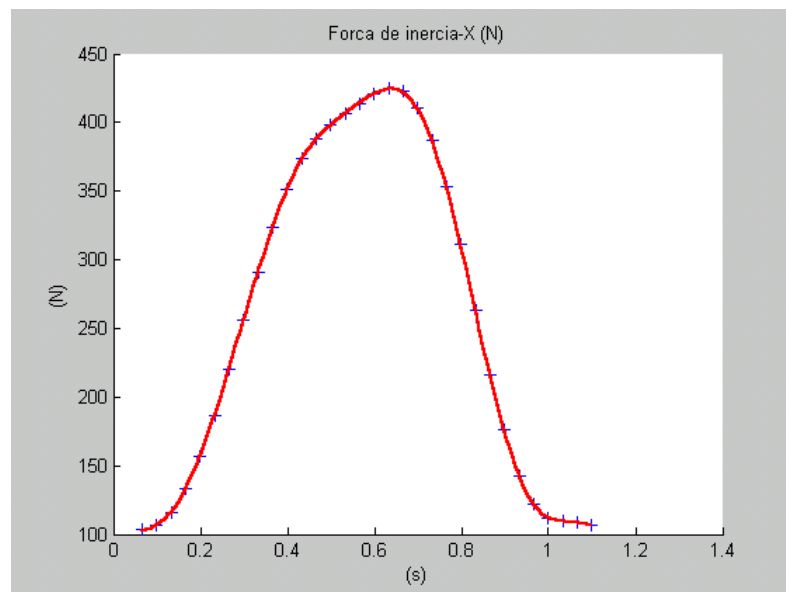
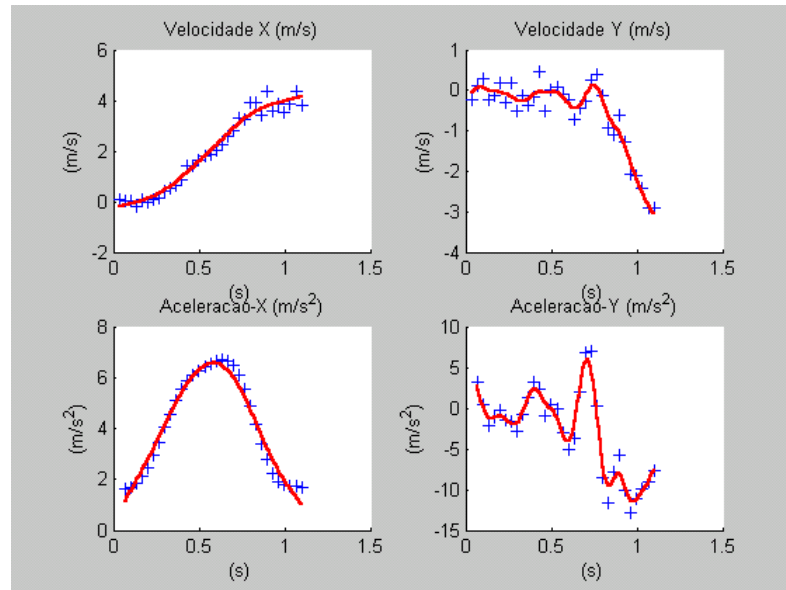
### ATLETA 1



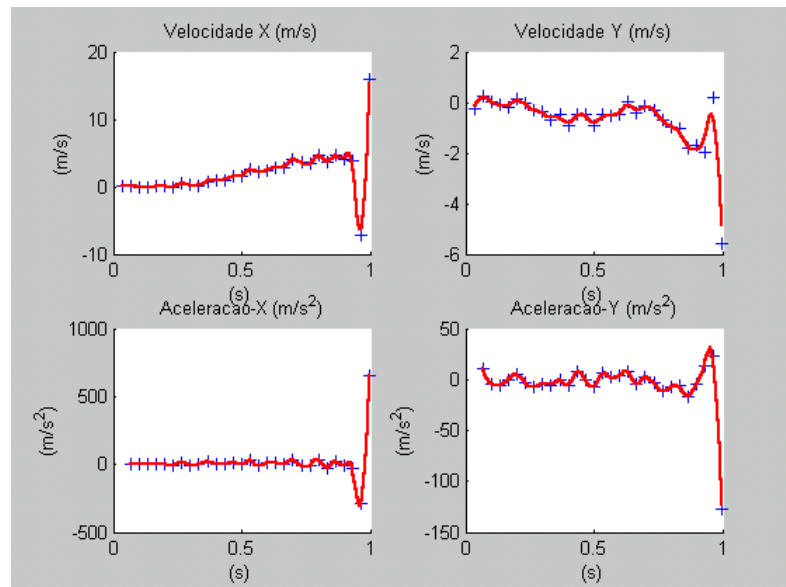
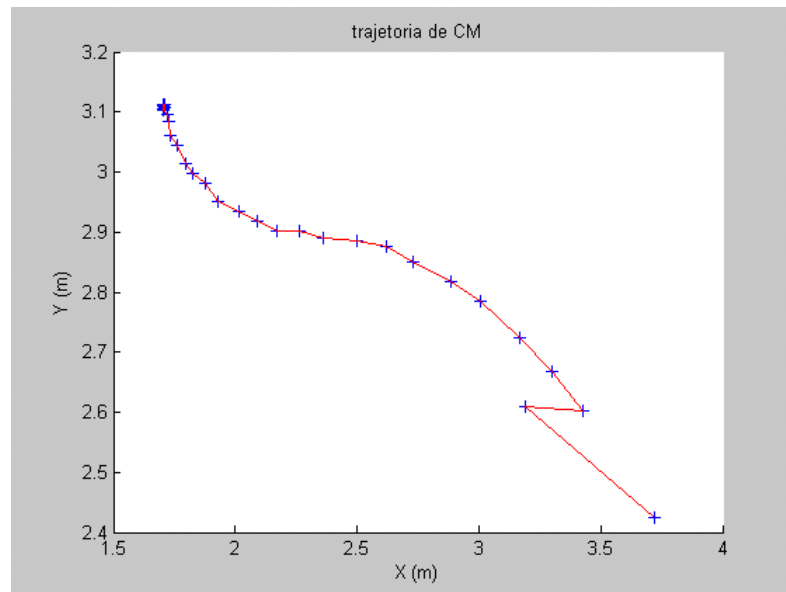


## ATLETA 2

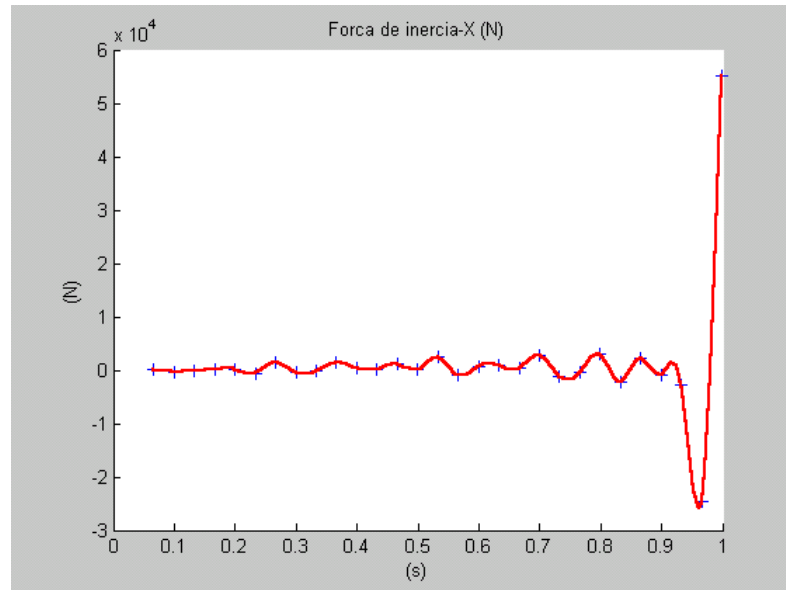




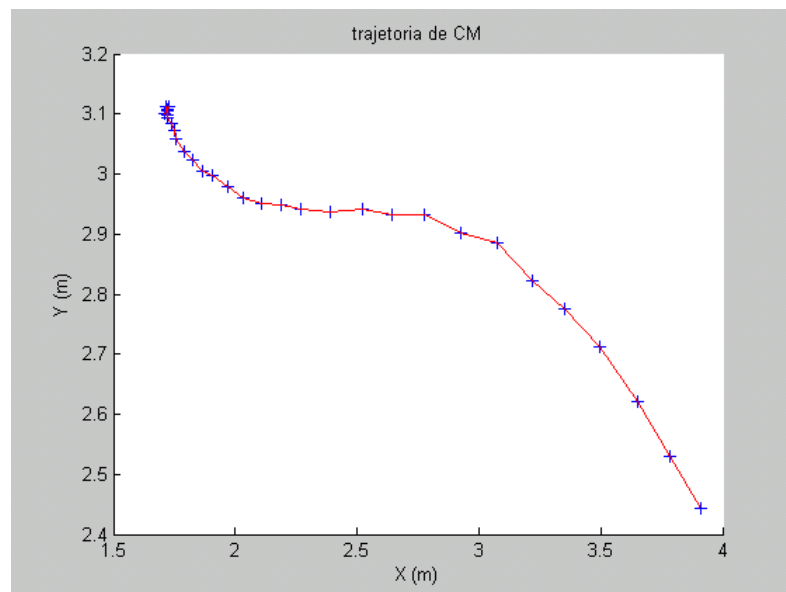
### ATLETA 3

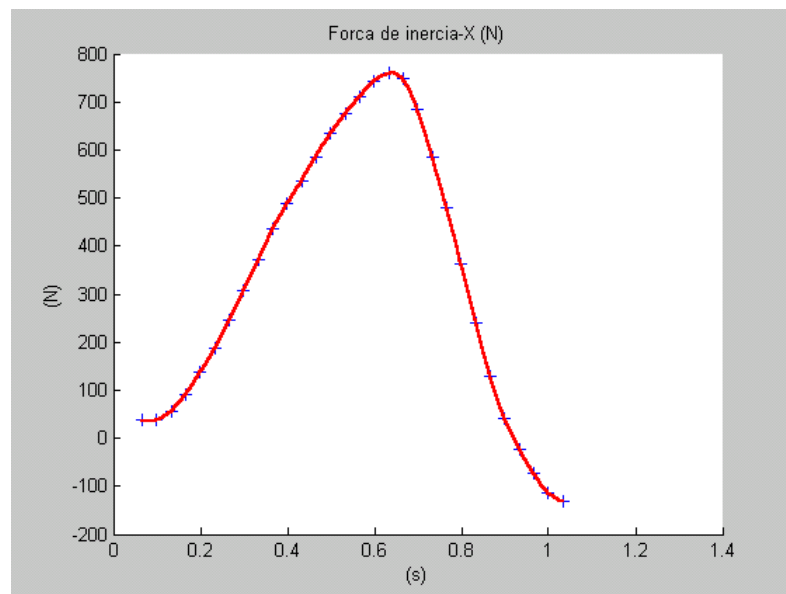
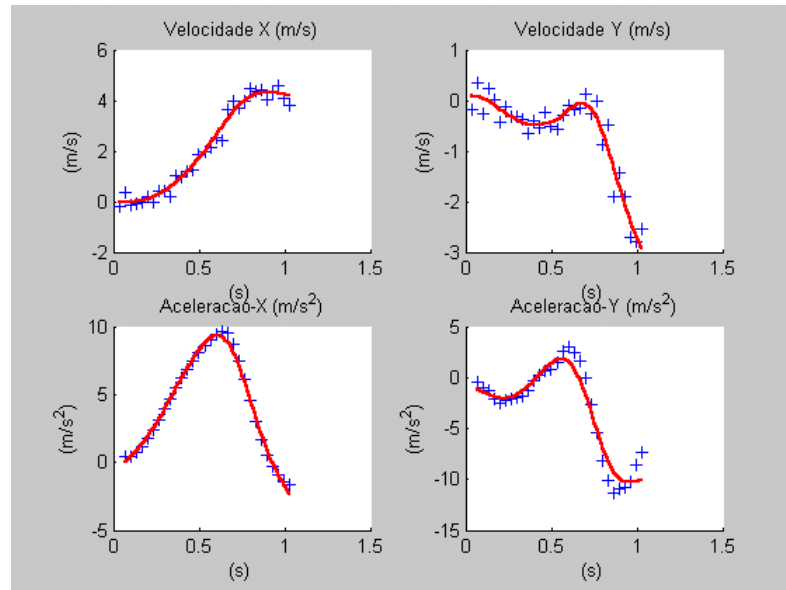




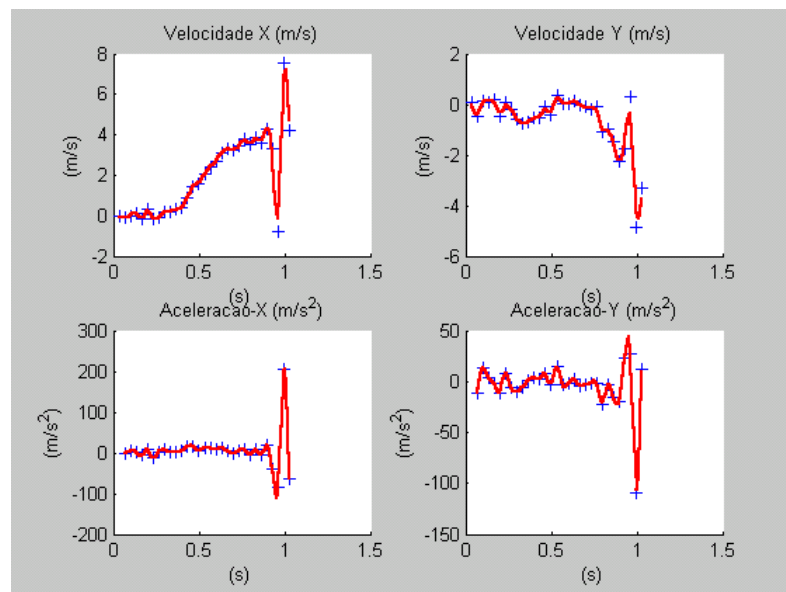
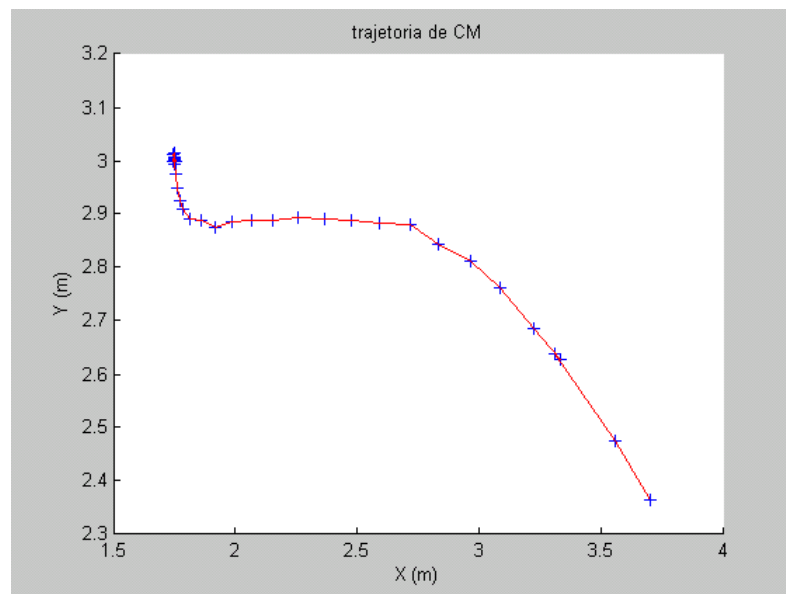


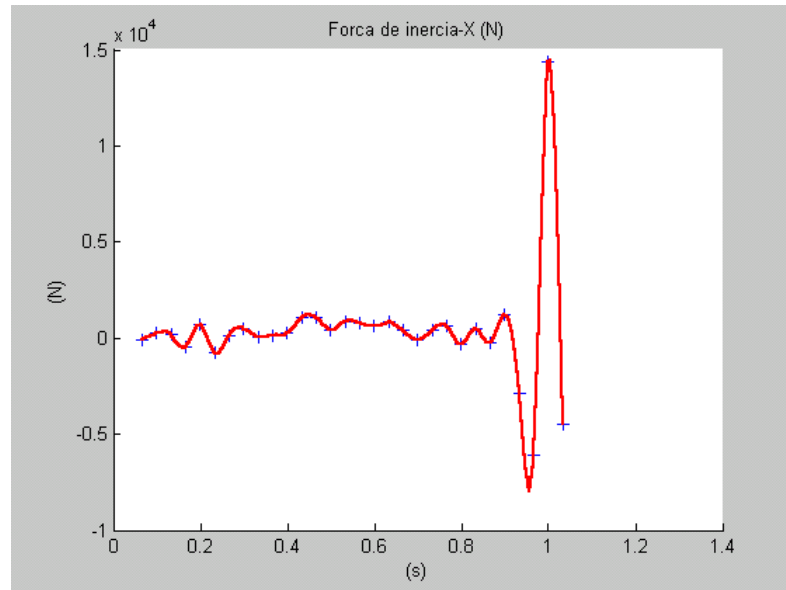
#### ATLETA 4



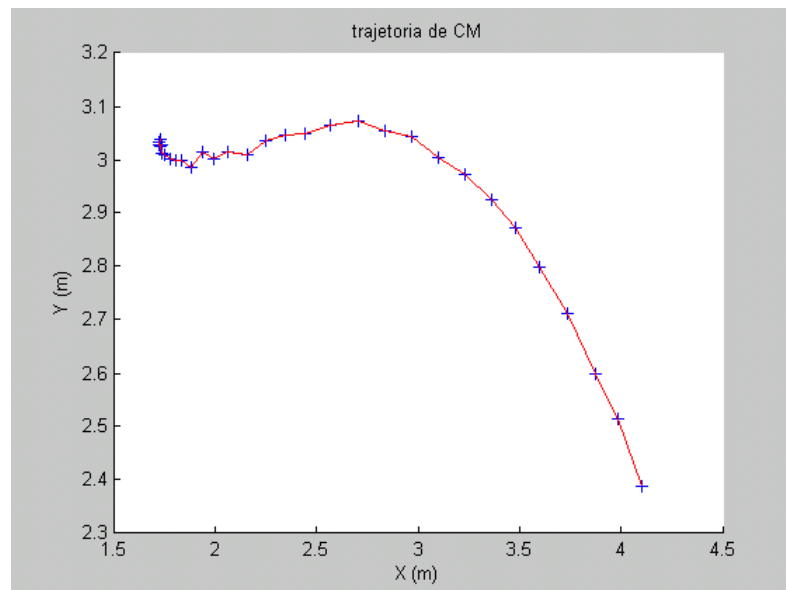


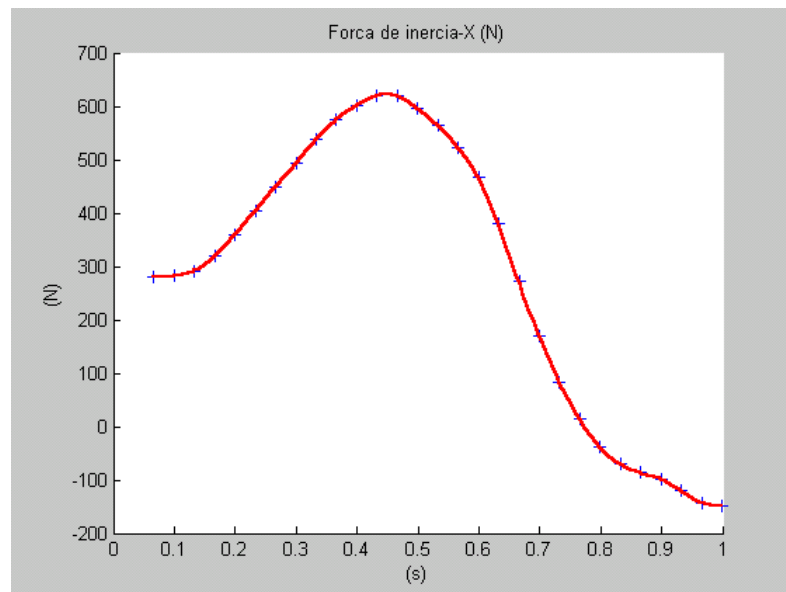
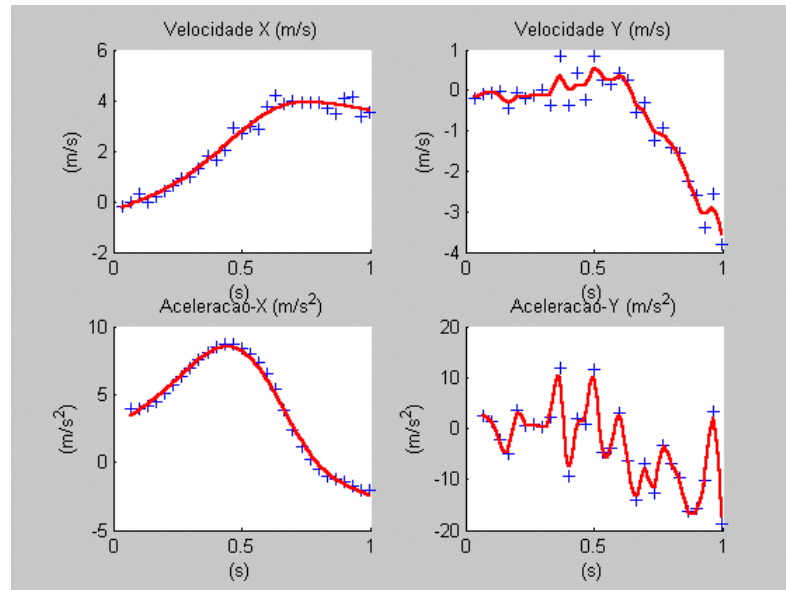
## ATLETA 5



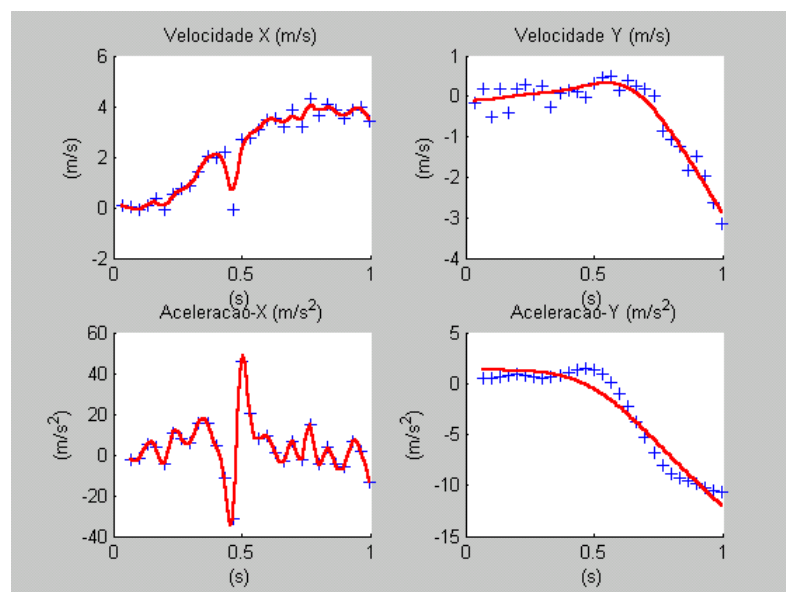
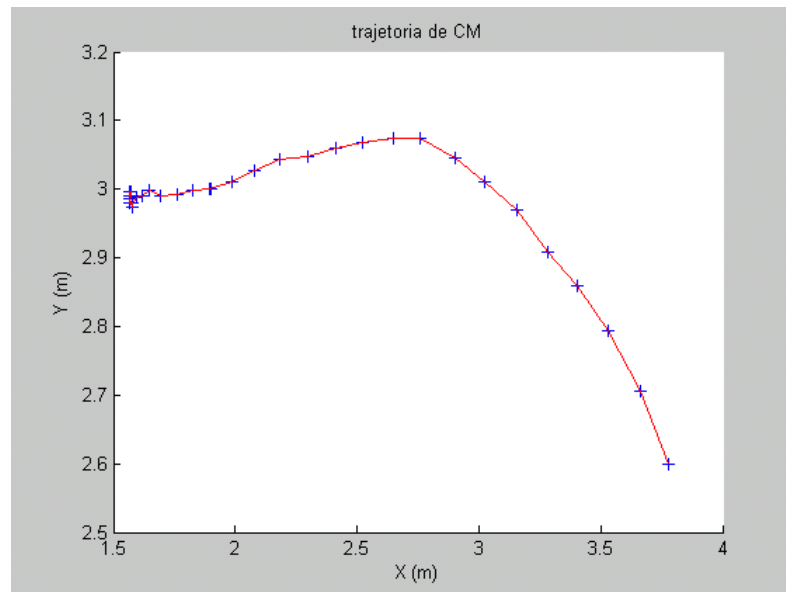


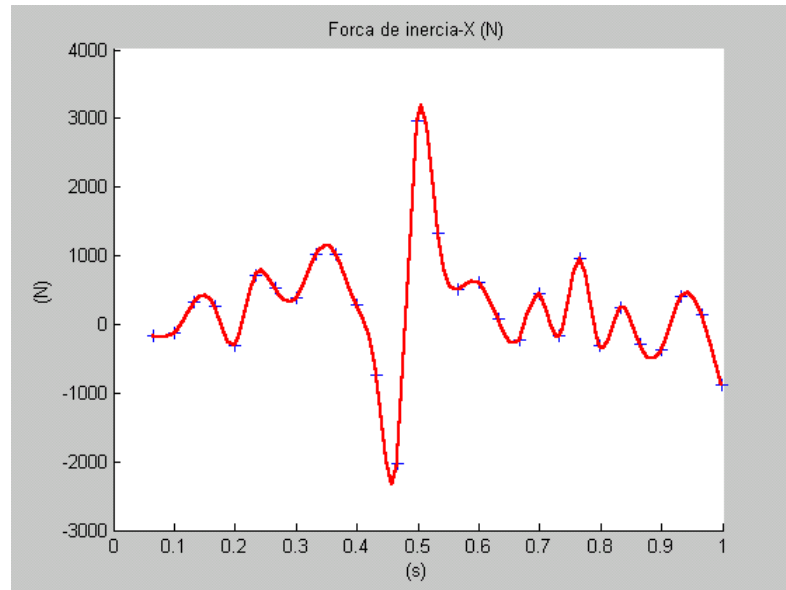
## ATLETA 6





## ATLETA 7





## ATLETA 8

