

**COMPARAÇÃO DO PADRÃO CINEMÁTICO DO CHUTE NO
FUTEBOL ENTRE JOGADORES DE DOIS PAÍSES**

PAULO ROBERTO PEREIRA SANTIAGO

**Dissertação apresentada ao
Instituto de Biociências do Campus
de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre
em Ciências da Motricidade (Área
de Biodinâmica da Motricidade
Humana)**

**RIO CLARO
Estado de São Paulo-Brasil
Agosto de 2005**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**COMPARAÇÃO DO PADRÃO CINEMÁTICO DO CHUTE NO
FUTEBOL ENTRE JOGADORES DE DOIS PAÍSES**

PAULO ROBERTO PEREIRA SANTIAGO

Orientador: SERGIO AUGUSTO CUNHA

**Dissertação apresentada ao
Instituto de Biociências do Campus
de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre
em Ciências da Motricidade (Área
de Biodinâmica da Motricidade
Humana)**

**RIO CLARO
Estado de São Paulo-Brasil
Agosto de 2005**

"Em momentos de crise só a imaginação é mais importante que o conhecimento".

Albert Einstein

DEDICATÓRIA

À minha família e amigos pelo apoio e carinho.

Obrigado a todos!

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Sergio Augusto Cunha, não só pela orientação deste trabalho, mas pelo apoio, confiança e, principalmente, pela amizade nestes sete anos de UNESP.

Aos membros de minha banca, Luciano Allegretti Mercadante e Ana Maria Pellegrini, pela ajuda e paciência.

A todos os colegas de laboratório: Camilo, Fabiano, Fabio, Felipe, Jedson, Martin, Renato, Tatiane, Walter, que sempre me apoiaram.

A todos os professores da UNESP de Rio Claro: Lílian, Sebastião, José Roberto, Barela, Anízio, Cláudio, Mauro, pelas disciplinas ou apoio.

A todos os amigos de república e da faculdade: Alex, Fabrício, Marcelo, Murilo, Frederico, Edmar, Leandro, Ricardo, Leandro, Marcos.

Ao Rio Claro Futebol Clube e Antônio Carlos Galli de Souza, pelos garotos cedidos para a realização deste trabalho.

À Fundação de Ensino Superior de Passos (Fesp/Uemg), pelo auxílio financeiro fornecido nesses últimos doze meses.

À Fapesp (processo nº 00/07258-3), pelo financiamento dos materiais de laboratório.

À minha namorada Larissa, a seus pais e irmãos: Valdir, Ione e Talita, pela força e paciência.

Aos meus grandes amigos: Carlos Antônio, Carlo Fabrício, Renan Martelo e Thiago Brünner, simplesmente por existirem.

Aos meus pais e irmãos: Paulo, Luzia, Danilo e Fernanda. Vocês são e sempre serão meu porto seguro.

Muito obrigado!

RESUMO

O futebol é, sem dúvida, um dos esportes mais populares do mundo, tendo, atualmente, 205 associações afiliadas à FIFA (*Fédération Internationale de Football Association*), entidade que organiza o futebol mundial. Várias áreas de pesquisa têm objetivado estudar o futebol, entre elas, a Biomecânica. O chute é o fundamento mais importante e o mais pesquisado no futebol, pois o mesmo proporciona o objetivo principal do jogo: o gol.

O objetivo desta pesquisa foi comparar os padrões cinemáticos dos membros inferiores, durante chutes com a parte medial do pé, realizados por 14 praticantes jogadores, de futebol sendo 7 de nacionalidade brasileira e 7 de japonesa. Cada participante realizou 15 chutes a gol, simulando uma cobrança de falta com barreira. Esses chutes foram filmados por 4 câmeras digitais, focalizando o membro de chute e de apoio dos participantes, nos quais foram colocados 5 marcadores passivos, nos pontos anatômicos de interesse (trocânter maior do fêmur, epicôndilo lateral do fêmur, maléolo lateral, tuberosidade lateral do osso calcâneo e quinta articulação metatarsfalangeana), definindo, assim, os segmentos coxa, perna e pé.

Os dados tridimensionais foram obtidos através de procedimentos de cinemetria. Em seguida, estes foram suavizados e realizou-se a projeção estereográfica dos vetores normalizados, obtendo-se, assim, curvas no plano que descrevem a movimentação dos segmentos, durante a execução do chute ao longo do tempo. Realizou-se o cálculo de uma curva média para as 15 curvas da projeção estereográfica de cada segmento (coxa, perna e pé) do

membro de chute e apoio para cada um dos 14 participantes. Através das curvas médias de cada um, aplicou-se a análise por *cluster*, para cada segmento isoladamente, entre todas as curvas médias projetadas, a cada instante de tempo. Neste caso, foram definidos dois grupos e identificados em quais partes do ciclo do movimento houve uma separação em função do país do qual o participante era oriundo.

Através dos resultados obtidos concluiu-se que o comportamento dos segmentos inferiores entre os grupos estudados (brasileiros e japoneses) apresentaram padrões cinemáticos semelhantes. Com relação ao acerto dos chutes, verificou-se que os comportamentos dos segmentos inferiores entre os chutes acertaram e os imprecisos apresentaram padrões cinemáticos semelhantes. Deste modo, não foram encontradas relações entre os chutes que acertaram o alvo e os chutes que não acertaram o alvo.

Palavras-chave: Biomecânica, Futebol, Chute, Padrão cinemático, Projeção estereográfica, Análise por *cluster*.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 A técnica do chute.....	5
2.2 Membro de apoio.....	9
2.3 Membro de chute.....	11
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 Objetivo geral.....	18
3.2 Objetivos específicos.....	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1 Participantes.....	19
4.2 Colocação dos marcadores.....	22
4.3 Protocolo experimental.....	22
4.4 Filmagem.....	24
4.5 Captura das imagens	25
4.6 Obtenção das variáveis cinemáticas	26
4.6.1 Desentrelaçamento e compactação.....	26
4.6.2 Medição	26
4.6.3 Sincronização	26
4.6.4 Calibração	28
4.6.5 Reconstrução tridimensional	29
4.7 Tratamento dos dados	30
4.7.1 Determinação da acurácia do estudo	30
4.7.2 Suavização	33
4.7.3 Definição do ciclo de movimento analisado	36
4.7.4 Normalização e projeção estereográfica dos vetores	37
4.7.5 Cálculo da curva média.....	38
4.7.6 Separação das curvas.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
5.1 Comparação dos segmentos do membro de chute (coxa, perna e pé) entre G1 e G2.....	46
5.2 Comparação dos segmentos do membro de apoio (coxa, perna e pé) entre G1 e G2.....	51
5.3 Comparação entre os padrões cinemáticos dos chutes que acertaram o alvo com os chutes que não acertaram o alvo: segmentos do membro de chute (coxa, perna e pé).....	55
5.4 Comparação entre os padrões cinemáticos dos chutes que acertaram o alvo com os chutes que não acertaram o alvo: segmentos do membro de apoio (coxa, perna e pé).....	60

6. CONCLUSÃO	64
7. REFERÊNCIAS.....	66
ABSTRACT.....	72
APÊNDICES	74
Apêndice 1	75
Apêndice 2	77
Apêndice 3.....	78
Apêndice 4.....	79

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Representação dos marcadores definindo os segmentos corporais: coxa, perna e pé.....	22
Figura 2: Chute com a parte medial do pé, a partir de uma visão anterior (a) e inferior (b).....	23
Figura 3: Representação do alvo colocado no ângulo superior esquerdo do gol, para verificar o acerto dos chutes.	24
Figura 4: Esquema do posicionamento das câmeras, bola e barreira para as coletas.....	25
Figura 5: Sinal sonoro do apito (a) e do contato do pé com a bola (b), para sincronização das câmeras.....	27
Figura 6: Retirada do pé de chute do solo (1), toque do pé de apoio no solo (2) e toque do pé de chute com a bola, para sincronização das câmeras.....	28
Figura 7: Objeto volumétrico com os oitos marcadores que definem os eixos x, y e z.	29
Figura 8: Foto da haste de metal preta contendo os dois marcadores passivos em cada extremidade.....	30
Figura 9: Distância Euclidiana entre os dois marcadores (p1 e p2) durante sua movimentação. A linha contínua representa média e tracejada o desvio padrão (SD = 7.3mm).	31
Figura 10: Exemplo da suavização da coordenada x do primeiro marcador (trocanter maior do fêmur do membro de chute) através da função <i>Loess</i> com <i>span</i> = 0.7, com gráficos de posição, resíduos, primeira e segunda derivadas (velocidade e aceleração).	35
Figura 11: Retirada do pé de chute do solo (1), total aplanamento do pé de apoio (2) e toque do pé de chute com a bola, definindo as fases de suporte e contato.	36
Figura 12: Projeção estereográfica (magenta) do vetor perna, normalizado (azul) no plano “zx” tangente ao pólo sul da esfera.	38
Figura 13: Projeção estereográfica do segmento coxa de 15 chutes, com o primeiro ponto (t1) de cada curva (“O”)......	39

Figura 14: Ponto médio (“O”) no primeiro instante (t_1) para o conjunto 15 pontos (“*”).	39
Figura 15: Curva média (“O”), calculada ponto a ponto (tempo a tempo), para um conjunto de 15 curvas (“*”) da projeção estereográfica do segmento coxa.	40
Figura 16: Exemplificação do cálculo do $s(j)$ em um $t(i)$	42
Figura 17: SC calculado através da média de $s(j)$ em $t(i)$	42
Figura 18: Distribuição dos SC para cada uma das fases analisadas (FS e FC).....	43
Figura 19: <i>Boxplots</i> dos valores dos SC nas fases de suporte e contato (FS e FC).....	44
Figura 20: Curvas médias do segmento coxa de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento coxa ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).....	46
Figura 21: Curvas médias do segmento perna de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento perna ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).....	47
Figura 22: Curvas médias do segmento pé de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento pé ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).	48
Figura 23: Curvas médias do segmento perna de cada participante. Em destaque, a curva do participante G1A e G2D (linhas espessas).	49
Figura 24: SC em $t(i) = 45\%$ do ciclo. Os números de 1 a 7 representam os participantes do G1 e números de 8 a 14 representam os participantes do G2.....	50
Figura 25: Curvas médias do segmento coxa de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento coxa ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).....	51
Figura 26: Curvas médias do segmento perna de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento perna ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).....	52
Figura 27: Curvas médias do segmento pé de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento pé ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).	53

Figura 28: SC em $t(i) = 70\%$ do ciclo. Os números de 1 a 7 representam os participantes do G1 e números de 8 a 14 representam os participantes do G2.....	54
Figura 29: Curvas médias do segmento coxa de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento coxa ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).....	56
Figura 30: Curvas médias do segmento perna de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento perna ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).....	57
Figura 31: Curvas médias do segmento pé de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento pé ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).	58
Figura 32: SC do segmento coxa do membro de chute em $t(i) = 1\%$ do ciclo.	59
Figura 33: SC do segmento pé do membro de chute em $t(i) = 70\%$ do ciclo.	59
Figura 34: Curvas médias do segmento coxa de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento coxa ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).....	60
Figura 35: Curvas médias do segmento perna de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento perna ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).....	61
Figura 36: Curvas médias do segmento pé de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento pé ao longo do ciclo (C) e <i>boxplots</i> do SC (D).	62
Figura 37: SC do segmento perna do membro de apoio em $t(i) = 90\%$ do ciclo.	63
Figura 38: SC do segmento pé do membro de apoio em $t(i) = 35\%$ do ciclo.	63

1. INTRODUÇÃO

Uma das grandes questões que a ciência busca responder é, sem dúvida, como o movimento humano ocorre. Em decorrência disto, diversas áreas de conhecimento vêm realizando pesquisas sobre o tema.

A Biomecânica vem provendo grandes contribuições, na tentativa de responder algumas dessas questões. Esta ciência trata de análises físico-matemáticas de sistemas biológicos e, como consequência, de movimentos humanos (AMADIO, 1996).

Os métodos utilizados pela Biomecânica para abordar estas diversas formas de movimento são: a Antropometria, que estuda parâmetros para um modelo corporal; a Dinamometria, que estuda as forças internas e externas, e a distribuição de pressão; a Eletromiografia, que estuda a atividade muscular; e a Cinemetria, que estuda posição e orientação dos segmentos corporais (AMADIO, 1996).

A área da Biomecânica que descreve o movimento é a Cinemetria, que consiste em um conjunto de métodos que buscam medir os parâmetros cinemáticos do movimento. Isto é, a partir da aquisição de imagens, durante a execução do movimento, calculam-se as variáveis dependentes dos dados observados nas imagens, como posição, orientação,

velocidade e aceleração do corpo ou de seus segmentos (AMADIO, 1996). Deste modo, é possível, através da Cinemetria, definir o padrão cinemático de movimentos, possibilitando, assim, analisar e comparar o movimento desejado. Entre os diversos tipos de movimentos humanos, os realizados nas modalidades esportivas merecem destaque. O futebol é, sem dúvida, um dos esportes mais populares do mundo, tendo atualmente 205 associações afiliadas à FIFA (*Fédération Internationale de Football Association*), entidade máxima do futebol mundial.

Grande parte das pesquisas envolvendo Biomecânica e futebol direciona sua atenção para o fundamento chute (ELLIOT et al.; 1980; ASAMI & NOLTE, 1983; BARFIELD, 1998; LEVANON & DAPENA, 1998; NUNOME et al., 2002; CUNHA, 2002; TEIXEIRA, 2003).

Segundo Lees & Nolan (1998), o chute é o fundamento mais importante e o mais pesquisado no futebol, pois o mesmo proporciona o objetivo principal do jogo, o gol.

A técnica do chutar a bola por um jogador de futebol é decorrente de uma variedade de fatores, como por exemplo: idade, composição física (biotipo), tipo de chuteira, tipo do gramado, temperatura ambiente, estado emocional, aprendizado, treinamento, entre outros. Desse modo, será que a diferença cultural entre dois países pode ser considerada como um fator que exerce influência na técnica de um jogador chutar uma bola?

É notório que a análise Biomecânica possibilita avaliar e comparar o padrão de movimento dos segmentos durante o chute. Assim, abre-se

caminho para a compreensão dos mecanismos de aprendizagem e controle motor deste fundamento tão importante no futebol.

Desse modo, um estudo comparativo do chute entre jogadores de dois países de culturas e tradições tão díspares neste esporte vai gerar uma importante base teórica para que os profissionais da área da Educação Física e Esporte possam intervir, de forma mais eficaz, no ensino e treinamento deste fundamento, atuando nas populações específicas aqui estudadas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A literatura fornece uma variedade de trabalhos sobre o futebol, mas, quando se busca por trabalhos quantitativos a respeito do movimento empregado na técnica do chute, levando em consideração as questões relacionadas às variáveis cinemáticas, depara-se com certa escassez de trabalhos nesta área. Isto acentua-se ainda mais, quando esta busca é por trabalhos que definam ou comparem o padrão do chute no futebol. O padrão de movimento determinado através de uma análise cinemática do chute no futebol é um assunto que ainda necessita ser mais explorado cientificamente, possibilitando, assim, novos esclarecimentos a respeito deste fundamento tão importante no futebol.

Para uma melhor compreensão, a revisão de literatura apresenta-se subdividida em tópicos relacionados com os principais trabalhos encontrados na literatura, e que trazem conceitos e resultados relevantes aos objetivos deste estudo. Estes tópicos são:

- A técnica do chute;
- O membro de apoio;
- O membro de chute.

2.1 A técnica do chute

Na literatura, encontram-se alguns estudos relacionados à técnica do chute, com o objetivo de descrever e compreender melhor este complexo movimento.

Segundo Wisckstrom (1977), o desenvolvimento do chute ocorre de acordo com o aperfeiçoamento motor da pessoa e atinge um padrão maduro quando:

- O posicionamento da perna de suporte ao lado e ligeiramente atrás da bola parada;
- A perna de chute é primeiramente levada para trás e o joelho é flexionado;
- O movimento para frente é iniciado por uma rotação da pélvis em torno do membro inferior de suporte e, com o avanço da coxa e perna de chute, o joelho continua flexionado neste estágio;
- Uma vez iniciada a ação do chute, a coxa começa a desacelerar até ficar essencialmente imóvel, no momento de contato com a bola;
- Durante essa desaceleração, o joelho é estendido vigorosamente para quase uma extensão completa no contato com a bola;
- A perna mantém o movimento após o contato com a bola e inicia uma flexão de joelho, finalizando o movimento.

Segundo Ximenes (2002), o chute é uma habilidade motora, cuja técnica de execução varia de indivíduo para indivíduo, possibilitando que se

diferenciem jogadores através da potência de seu chute e do toque certo ou sutil na bola.

A técnica do chute pode ser identificada e classificada segundo Barfield (1998) é possível determinar e denominar quatro fases:

- Corrida de aproximação – esta fase é caracterizada pela aproximação do jogador à bola, finalizando-se na retirada do pé de chute do solo.
- Posicionamento do pé de apoio – fase que vai da retirada do pé de chute do solo, até o contato do calcanhar do pé de apoio com o solo.
- Contato com a bola – esta fase vai do contato do calcanhar do pé de apoio com o solo, até o instante em que o pé de chute entra em contato com a bola.
- Finalização – esta fase é caracterizada pela continuação de todo o corpo em uma trajetória para frente, após o contato do pé com a bola, finalizando-se no contato do pé de chute com o solo.

No futebol existem vários tipos de chutes, e estes variam de acordo com: o objetivo de sua execução, a posição e forma que a bola se encontra, a posição do corpo, a parte do pé que toca a bola entre outros. Como exemplo podemos citar os chutes que a bola é tocada com o dorso do pé, com a parte medial do pé, com as pontas dos dedos.

Levanon e Dapena (1998) relatam que o chute realizado com a parte medial do pé (*pass-kick*) não possui muita potência. Entretanto, tem precisão muito superior aos demais chutes existentes no futebol. O pé de chute

atinge a bola com a parte medial do pé (articulação subtalar). No meio futebolístico, este chute é conhecido como “chute de chapa”, e a maioria dos jogadores de futebol utiliza este tipo de chute em situações de cobrança de pênaltis ou faltas próximas à grande área.

Nota-se que o grande avanço tecnológico das últimas décadas contribuiu para o surgimento de novos métodos de investigação do chute.

Cunha et al. (2001a) analisaram e definiram padrões cinemáticos do chute para um indivíduo experiente e outro inexperiente. Através do método de transformação de coordenadas cartesianas para coordenadas esféricas, visando à determinação destes padrões, foram apresentadas curvas da latitude em função da longitude dos padrões dos membros inferiores para os dois indivíduos. Desta forma, apresentou-se um novo método de análise do padrão do chute, o qual depende apenas das coordenadas de latitude e longitude de cada segmento.

Cunha et al. (2002) também testaram um novo método, utilizando a projeção estereográfica para comparar os padrões dos dois tipos de chutes estudados anteriormente. Nesse estudo, foram filmados dois jogadores habilidosos, que executaram dez chutes, sendo cinco com a parte medial do pé e cinco com o dorso do pé. Este novo método mostrou-se efetivo nas análises dos padrões cinemáticos dos referidos chutes. Como resultados, foram observadas diferenças nas curvas que representam o padrão do movimento para estes dois tipos de chutes. Tais diferenças se mostraram tanto nos aspectos intra-individuais como nos interindividuais, sendo que as maiores diferenças encontradas ocorreram no segmento pé.

Cunha (2003) apresentou um método para a análise biomecânica do chute futebol, e verificar se as variáveis obtidas desta análise representam bem o fenômeno investigado. Foi analisado o padrão cinemático dos segmentos coxa, perna e pé, do chute com a parte medial do pé, simulando cobrança de falta. Nesse estudo foram formados dois grupos: um constituído por participantes que realizaram treinamento de potência para membros inferiores, e o outro que realizou um treinamento específico de chute, ambos durante três meses. O autor utilizou o *software* Dvideow (BARROS et al., 1999) para a obtenção dos dados brutos tridimensionais. Os dados brutos foram suavizados para separar o sinal (coordenada real) dos ruídos (flutuação na região onde foi feita a marcação do ponto medido). Para isto, foi utilizada a função *Loess* que realiza o ajuste de uma função não paramétrica, levando em conta a vizinhança de cada ponto suavizado e aplicando uma reponderação dos pontos vizinhos a partir da análise dos resíduos, utilizando um procedimento robusto que evita que os valores discrepantes distorçam a característica do conjunto de dados (CLEVELAND, 1985; MOSTELLER & TURKEY, 1997 apud CUNHA, 2003). Após a suavização, realizou-se a projeção estereográfica e o cálculo da curva média (CUNHA et al., 2002) dos segmentos descritos, para então realizar as separações por *cluster* (KAUFMAN & ROUSSEEUW, 1990) destas curvas parametrizadas no tempo. Assim, possibilitam-se classificar os padrões dos chutes executados através das curvas médias. Os resultados mostraram que o treinamento específico de chute promoveu mudanças de orientação dos segmentos e que, apenas na coxa, não houve diferença significativa entre as fases do ciclo de chute. O autor

conclui, então, que com esse método apresentado, pode-se garantir uma análise fidedigna de vários aspectos que compõem os fenômenos inerentes ao futebol.

2.2 Membro de apoio

Alguns estudos realizados tiveram como foco o avanço do membro de apoio e o posicionamento do pé de apoio no momento da execução do chute.

Barfield (1998) comparou o posicionamento do pé de apoio entre jogadores habilidosos e não habilidosos. Este verificou que atletas habilidosos colocam o pé de apoio ao lado da bola e chutam, ao passo que os jogadores não habilidosos demonstram uma tendência do posicionamento do pé de apoio atrás da bola.

Valeta (1999) analisou o posicionamento do pé de apoio em relação à bola no chute com o dorso do pé. Para o estudo, foram selecionadas três crianças destros do sexo masculino, sendo uma de 12 anos e duas de 13 anos. Estes executaram os chutes da marca do pênalti, visando acertar um quadrante do gol pré-estabelecido. As filmagens foram divididas em duas etapas: pré-teste e pós-teste. No intervalo entre as duas etapas, os participantes foram submetidos a um protocolo de treinamento. Os resultados apontaram que, após o treinamento, a colocação do pé de apoio se dava mais próximo à bola, e que houve uma melhora significativa no desempenho do chute das crianças analisadas. Desta forma, pode-se afirmar que o

posicionamento do pé de apoio em relação à bola é um dos fatores que influenciam diretamente a desempenho do chute executado com o dorso do pé.

Lara Jr. (2003), verificou se existe uma relação na direção de saída da bola com posicionamento angular do pé de suporte. Nove jogadores juvenis (15 e 17 anos) executaram três séries de seis chutes a gol de bola parada (cada série para um determinado local do gol), com a parte medial do pé, e partindo de uma distância de 3 metros da bola. Como conclusão, o autor relata que, das quatro fases de colocação do pé de suporte classificadas no estudo (fase de suporte do calcanhar, fase em que o pé está totalmente apoiado, fase em que o pé de chute toca na bola e fase do pé de suporte no instante da saída da bola), a fase em que o pé está totalmente apoiado foi a que apresentou maior contribuição no ângulo de saída da bola. O autor afirma também que não há grande variação no ângulo de posição do pé de suporte ao longo da execução do movimento, ou seja, fixado o calcanhar, a posição do pé de suporte tende a permanecer até o final do chute. Foi encontrada também uma forte interdependência entre o ângulo do pé de suporte e o ângulo de saída da bola.

Moura (2003) analisou o padrão cinemático de movimento dos segmentos do membro de apoio no chute realizado com a parte medial do pé, em sujeitos praticantes e não praticantes de futebol. Para isto, foram analisadas as filmagens de cinco sujeitos praticantes de futebol e cinco sujeitos não-praticantes de futebol que realizaram uma série de cinco chutes a gol. Neste estudo, o autor utilizou a projeção estereográfica dos segmentos coxa, perna e pé para comparar os grupos. Os resultados permitiram concluir que há

diferenças entre os grupos com relação ao padrão cinemático da coxa. No entanto, os indivíduos praticantes e os indivíduos não-praticantes apresentaram uma similaridade nos padrões cinemáticos do segmento perna e pé.

2.3 Membro de chute

A faixa etária ideal para o ensino do chute tem despertado o interesse de alguns autores, com o intuito de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem deste fundamento.

Lees & Nolan (1998) relataram que a influência da idade cronológica na ação do chute realizado com o peito do pé, em jovens com idades de 2 a 12 anos, não foi um fator determinante para estabelecer o desenvolvimento da habilidade. Sugeriu-se que, para alcançar um rápido desempenho técnico, a faixa etária ideal seria de 4 a 6 anos, para um rápido aprendizado da técnica desse tipo de chute.

Wickstrom (1975) apud Davis et al. (2000) realizaram uma revisão do desenvolvimento motor do chute em crianças entre 2 e 6 anos de idade, sugerindo quatro estágios: o primeiro, sendo o envolvimento simples do movimento pendular da perna de chute com uma pequena flexão do joelho; o segundo, a exibição de aumento na flexão do joelho e uma completa extensão do quadril; o terceiro, a demonstração de uma grande flexão do joelho, e o quarto estágio, a existência de uma rotação pélvica.

Alguns estudos comparam os tipos de chute no futebol e, entre os vários tipos de chute, os mais utilizados são o chute com o dorso do pé e o

chute com a parte medial do pé (SANTOS, 1979; LEES & NOLAN, 1998; LEVANON & DAPENA, 1998; LEAL, 2000) e por isso são também os mais estudados.

Levanon & Dapena (1998) investigaram a *desempenho* de dois tipos de chute no futebol: o chute com o dorso do pé e o chute com a parte medial do pé. Para isto, os autores orientaram os segmentos envolvidos na tarefa de chutar de acordo com as variáveis longitude e latitude, definindo os planos da pelve, quadril, coxa, perna e pé. Essa orientação foi feita através dos ângulos de Cardan. Nos resultados apresentados, os autores verificaram que há diferença nas variáveis analisadas (ângulos entre os segmentos inferiores), na velocidade resultante da bola e também na velocidade do pé, comparando os dois tipos de chute. Quanto ao plano coxa-perna no chute com o dorso do pé, ocorre uma rotação interna, e durante a fase de apoio, o segmento de chute está quase alinhado ao plano neutro (plano do segmento na posição ortostática). No chute com a parte medial do pé, este plano sofre uma rotação externa mais acentuada, e ao final do movimento, uma rotação interna. Isto, segundo os autores, pode facilitar a abordagem da bola com a parte desejada do pé.

Nunome et al. (2002) investigaram as características cinemáticas de dois tipos de chute no futebol: chute com a parte medial e com o dorso do pé, utilizando uma técnica de análise tridimensional. Participaram do estudo cinco estudantes, de escola secundária, que realizaram os chutes com o dorso e com a parte medial do pé. Os chutes foram filmados por duas câmeras de vídeo. Foram colocadas marcas reflexivas nos pontos anatômicos apropriados,

determinando os segmentos coxa, perna e pé. Os resultados encontrados mostraram que a velocidade inicial da bola ($24.3 \pm 0.8 \text{ ms}^{-1}$) e a velocidade do pé, imediatamente antes do impacto do chute com a parte interna do pé ($17.7 \pm 0.5 \text{ ms}^{-1}$), mostraram-se significativamente inferiores em relação ao chute com o dorso do pé (bola: $28.0 \pm 2.4 \text{ ms}^{-1}$) (pé: $24.2 \pm 2.2 \text{ ms}^{-1}$).

Ximenes (2002) realizou uma análise cinemática de dois tipos de chute (chute com o dorso e com a parte medial do pé). Neste estudo comparou-se o chute com o dorso e o com a parte medial do pé. Também verificou-se a precisão dos chutes e descreveu-se o comportamento do membro de chute. O autor utilizou a projeção estereográfica como método para comparar e descrever os chutes. Os resultados encontrados mostraram que o chute executado com a parte medial do pé possui um maior poder de precisão em relação ao chute realizado com o dorso do pé; que o segmento coxa do chute executado com o dorso do pé apresentou padrões cinemáticos diferentes do chute executado com a parte medial do pé, devido aos movimentos mais acentuados da pélvis e quadril; que no chute executado com o dorso do pé, o segmento perna apresentou um maior afastamento entre as curvas, proporcionado por uma maior flexão da articulação do joelho; que dos segmentos analisados em ambos os chutes, o pé apresentou maiores diferenças entre os padrões cinemáticos, principalmente no final da ação do chute executado com a parte medial do pé, ocorrendo uma acentuada inclinação no sentido horário, objetivando atingir a bola com a região medial do pé.

Alguns autores realizaram estudos, comparando o padrão cinemático do membro de chute entre diferentes faixas etárias, visando assim, uma melhor compreensão do desenvolvimento da técnica do chute.

Elliot et al. (1980) determinaram e compararam os padrões cinemáticos dos segmentos do membro inferior de crianças com jogadores de alto nível. Para isto, utilizaram duas câmeras, focalizando os marcadores fixados no membro inferior de chute de 51 garotos, entre 2 e 12 anos de idade. A tarefa foi realizar um chute com a bola no ar, da forma mais natural possível, onde apenas a melhor execução, de duas tentativas, foi escolhida, a critério do observador. Os dados brutos foram suavizados, utilizando o filtro “*Butterworth*” de segunda ordem. A partir dos 51 chutes estudados, os autores fizeram uma divisão de cinco grupos de garotos, por nível de habilidade, separados através da comparação do padrão cinemático dos chutes apresentados pelos garotos com o padrão dos sujeitos de alto nível.

Anderson & Sidaway (1994) definiram os padrões cinemáticos do chute em cobrança de pênalti de dois indivíduos, sendo um experiente e o outro não experiente e verificaram as mudanças nestes padrões, após a prática de treinamento. Os resultados foram apresentados através dos gráficos da flexão, em função da extensão dos membros inferiores para cada indivíduo. Assim, os autores demonstraram que os padrões eram diferentes, mas se aproximaram, à medida que o treinamento técnico foi sendo executado.

Magalhães Jr. (2003), utilizou o método da projeção estereográfica e separação por *cluster*, para comparar o padrão cinemático do chute entre praticantes e não praticantes, nas situações de descanso e exaustão. Através

dos resultados obtidos, o autor verificou que há diferenças entre o padrão de movimento dos indivíduos que praticam regularmente o futebol com os que nunca o praticaram. Não foram detectadas diferenças intragrupos nas situações de descanso e exaustão. Estas diferenças aparecem de forma sistemática com menos ocorrência na perna, depois na coxa, e o pé é o segmento que apresenta as maiores diferenças. Em 90% das situações o segmento da coxa apresentou maiores diferenças na fase de contato. O que dá a possibilidade e abre espaço para uma possível intervenção na prática do ensino ou treinamento do chute no futebol ao profissional de Esporte e Educação Física, pois sabe-se que a dificuldade da boa execução neste segmento pode estar centralizada no final do movimento. Em todos os casos, o segmento perna apresentou suas maiores diferenças na fase de apoio. O segmento pé, assim como a coxa, apresenta suas maiores diferenças na fase de contato e talvez esteja neste segmento a grande possibilidade de intervenção do profissional para melhoria na execução do chute no futebol.

Teixeira et al. (2003a) compararam os valores de latitude em função do tempo (ciclo de movimento) do vetor ortonormal ao plano formado pelos segmentos coxa e perna entre participantes com 13 e 20 anos de idade. Os autores utilizaram as medianas da latitude e longitude em função do ciclo do movimento com seus respectivos intervalos de confiança. Como resultados, encontraram padrões diferentes apenas de 19 a 28% e de 93 a 100% do ciclo de movimento. Nos demais intervalos do ciclo, os padrões de ambos os grupos foram os mesmos, ou seja, o padrão foi semelhante entre os grupos estudados.

Teixeira et al. (2003b), utilizaram os mesmos procedimentos metodológicos da citação anterior para comparar participantes de 13 e 17 anos de idade. Os resultados mostraram que a latitude entre estas duas idades apresentou um padrão semelhante durante a fase de apoio. No entanto, foram observados padrões diferentes nos intervalos de 61% a 84% e de 90% a 100% do ciclo de movimento, na fase de contato. Na longitude, apresentou mesmo padrão na fase de apoio, mas padrões diferentes no final do movimento de 55% a 65% e também de 71% a 98% do ciclo de movimento. Assim, os padrões dos movimentos do chute entre essas idades são os mesmos na fase de apoio e diferentes na fase de contato. Provavelmente, essa diferença na segunda fase do movimento ocorre devido ao tempo de treinamento do grupo mais velho.

Teixeira (2004) comparou o comportamento dos segmentos coxa, perna e pé, utilizando projeção estereográfica e separação por *cluster*, e também relacionou a diferença nos padrões do chute com sua precisão, através da observação visual das médias dos segmentos por grupo e dos chutes que acertaram o alvo, entre participantes de 15 e 17 anos de idade. Como resultado, encontrou pequenas separações entre os grupos nos segmentos coxa e perna, e estas separações ocorreram somente na fase de apoio. No segmento pé, a separação aconteceu na fase de contato. Em todos os segmentos ocorreram diferenças significativas entre as fases. As maiores diferenças foram encontradas no segmento pé. Em relação à precisão dos chutes, encontrou uma porcentagem muito próxima entre os grupos, e os padrões cinemáticos destes chutes foram bastante semelhantes visualmente,

quando comparados com o padrão do próprio grupo. Também não foram encontradas relações entre as diferenças dos chutes que acertaram o alvo dos chutes que não o acertaram.

Santiago (2002) comparou os padrões cinemáticos do chute com a parte medial do pé entre participantes de 13 e 20 anos de idade. Estes realizaram dez chutes cada um, simulando uma cobrança de falta a 20 metros do gol. Os chutes foram filmados por duas câmeras digitais que focalizavam o membro inferior de chute, o qual continha marcadores passivos nos pontos anatômicos de interesse, para que fossem definidos os segmentos coxa, perna e pé. As imagens foram capturadas e armazenadas em um computador e utilizado o *software* Dvideow (BARROS et al., 1999) para a obtenção dos dados tridimensionais dos marcadores. Em seguida, os dados brutos foram suavizados, para então realizar-se a projeção estereográfica dos vetores (coxa perna e pé) normalizados, obtendo-se assim, curvas no plano que descreveram a movimentação dos segmentos durante a realização do chute. Logo após, realizou o cálculo da curva média (tempo a tempo) para os segmentos de cada sujeito. As curvas médias dos sujeitos foram analisadas e comparadas de forma qualitativa. Através dos resultados obtidos, verificou-se que os participantes de 13 anos apresentaram um padrão cinemático de movimento similar aos de 20 anos.

Estes trabalhos apresentados são importantes, pois, trazem conceitos ou métodos para descrever e comparar o chute no futebol, que foram utilizados neste trabalho, que comparou o padrão cinemático do chute entre jogadores de dois países.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar os padrões cinemáticos dos membros inferiores durante chutes com a parte medial do pé (simulando uma cobrança de falta), realizados por praticantes de futebol de nacionalidades brasileira e japonesa.

3.2 Objetivos específicos

Comparar o comportamento dos segmentos coxa, perna e pé, entre os participantes (brasileiros e japoneses) utilizando projeção estereográfica e separação por *cluster*, na execução dos chutes simulando cobrança de falta.

Verificar se há relação entre os padrões dos que acertaram o alvo pré-determinado e os padrões dos chutes que não acertaram o alvo pré-determinado, através da projeção estereográfica e separação por *cluster*.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para uma melhor compreensão dos procedimentos metodológicos desta pesquisa, esse item apresenta-se dividido em partes referentes à ordem de realização deste estudo, que são:

- 4.1 Participantes;
- 4.2 Colocação dos marcadores;
- 4.3 Protocolo experimental;
- 4.4 Filmagem;
- 4.5 Captura das imagens;
- 4.6 Obtenção das variáveis cinemáticas;
- 4.7 Tratamento dos dados.

4.1 Participantes

Para a realização deste trabalho foram formados dois grupos de 7 participantes (**G1** e **G2**), todos do sexo masculino com 17 anos de idade e preferência pedal direita para o chute no futebol. Como restrição para este estudo

todos os participantes apresentavam um histórico de experiência e treinamento no futebol em seu país de nascimento de no mínimo 5 anos, como ilustram as tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Identificação e experiência com o futebol dos participantes do grupo (G1 - brasileiros)

Identificação	Experiência com futebol
G1A	11 anos
G1B	9 anos
G1C	8 anos
G1D	10 anos
G1E	10 anos
G1F	9 anos
G1G	11 anos

Tabela 2 – Identificação e experiência com o futebol dos participantes do grupo (G2 - japoneses)

Identificação	Experiência com futebol
G2A	6 anos
G2B	8 anos
G2C	11 anos
G2D	7 anos
G2E	11 anos
G2F	10 anos
G2G	10 anos

O primeiro grupo (**G1**) foi composto por participantes de nacionalidade brasileira, integrantes da categoria de base do Rio Claro Futebol Clube. O segundo (**G2**) foi composto por participantes de nacionalidade japonesa, integrantes do time de futebol da escola *Nihon Daigaku Koutouggokou* da cidade *Miyazaki* do Japão.

Antes da realização deste experimento, todos os participantes foram informados dos procedimentos e os responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da UNESP – Campus Rio Claro (Apêndices 1 e 2).

O experimento foi realizado em dois dias, sendo que, no primeiro dia, foram filmados os participantes do **G1**, e em outro dia, foram filmados os participantes do **G2**.

4.2 Colocação dos marcadores

Os participantes utilizaram calça de lycra, chuteira e meião pretos, tendo em vista uma melhor identificação dos marcadores fixados nos pontos anatômicos, facilitando posteriormente o processo de medição automática dos marcadores.

Estes marcadores passivos (esferas de isopor) de 25 mm de diâmetro foram fixados nos acidentes anatômicos que representaram os centros das articulações de interesse: articulações do quadril (trocânter maior do fêmur), joelho (epicôndilo lateral do fêmur), tornozelo (maléolo lateral), calcâneo (tuberosidade lateral) e metatarso lateral (articulação metatarsofalangeana do quinto dedo do pé), definindo assim, os segmentos coxa, perna e pé (Figura 1).

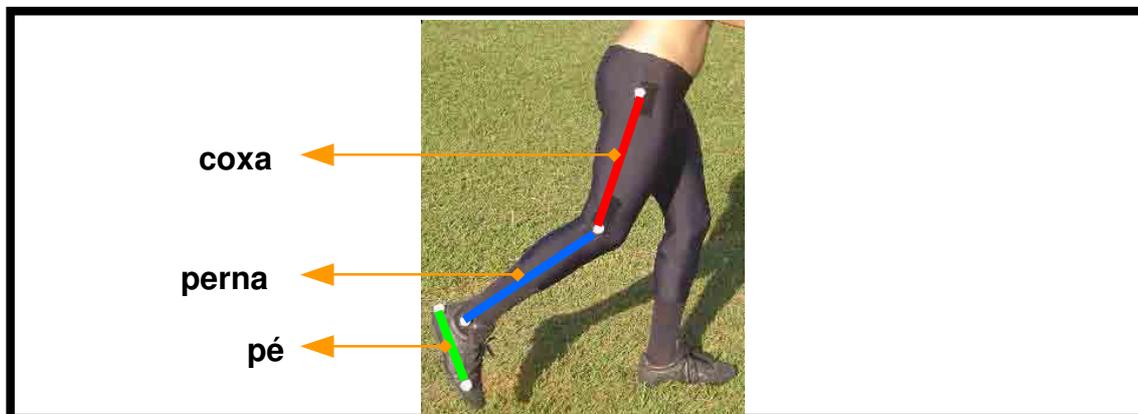


Figura 1: Representação dos marcadores definindo os segmentos corporais: coxa, perna e pé.

4.3 Protocolo experimental

Inicialmente, os participantes realizaram aquecimento e alongamento adequados para a atividade realizada. Posteriormente, cada participante realizou três séries de cinco chutes, com a bola parada

posicionada a uma distância de 20 m do gol, perpendicular à trave esquerda em relação ao participante. O intervalo de descanso entre as séries chute ficou a critério do participante, assegurando, assim, que o padrão de movimento nesta tarefa não estava sendo alterado em virtude de uma possível fadiga muscular localizada.

Como tentativa de padronizar o movimento específico, todos os participantes foram instruídos a realizarem o mesmo tipo de chute a gol, no qual a bola é tocada com a parte medial do pé (Figura 2). A bola deveria passar sobre uma barreira de 1.80 m de altura e 2 m de largura posicionada a 9.15 m da bola, e alcançar um alvo de 1 m², fixado no ângulo superior esquerdo do gol em relação ao jogador, simulando, assim, uma cobrança de falta.

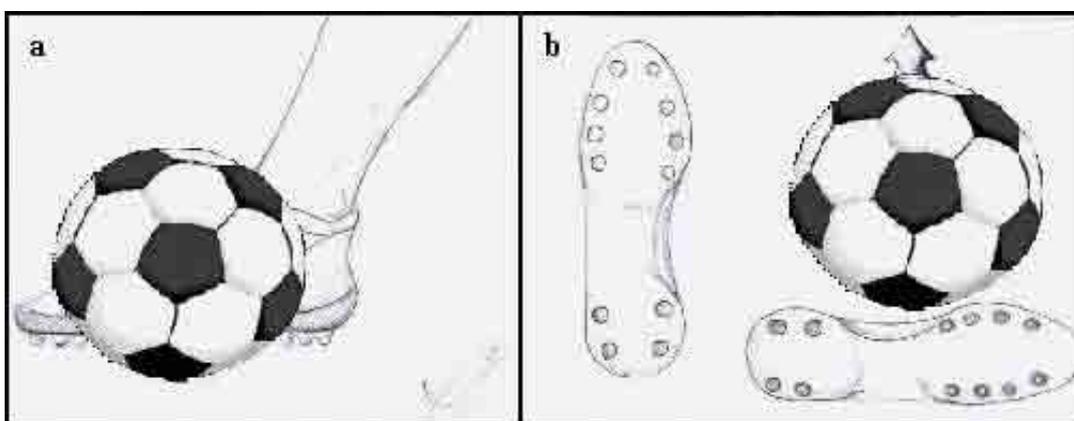


Figura 2: Chute com a parte medial do pé, a partir de uma visão anterior (a) e inferior (b).

Os chutes foram classificados em no alvo (**A**), se a bola o acertasse ou ultrapassasse o alvo, e fora do alvo (**F**), se a bola não acertasse ou ultrapassasse o alvo (Figura 3) (Apêndice 3).

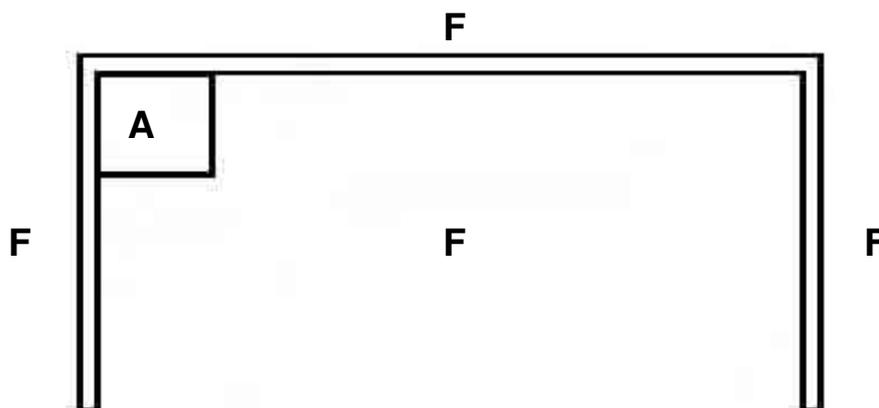


Figura 3: Representação do alvo colocado no ângulo superior esquerdo do gol, para verificar o acerto dos chutes.

A corrida de aproximação ficou a critério dos participantes, evitando, assim, possíveis influências no padrão de movimento.

4.4 Filmagem

As filmagens foram realizadas no campo de futebol do Instituto de Biociências da UNESP – Campus Rio Claro. Para as filmagens, foram utilizadas quatro câmeras de vídeo digitais JVC, modelo GR-DVL9800u®, fixadas em tripés. Foram feitos alguns ajustes nas câmeras, visando à aquisição de imagens satisfatórias para as futuras análises. Estes ajustes foram: frequência de aquisição das imagens de 120 Hz, “*shutter*” de 1/250, foco manual e balanço do branco regulado para ambientes externos com grande luminosidade. As câmeras foram posicionadas lateralmente ao movimento realizado, de maneira que, pelo menos duas focalizassem os marcadores (Figura 4).

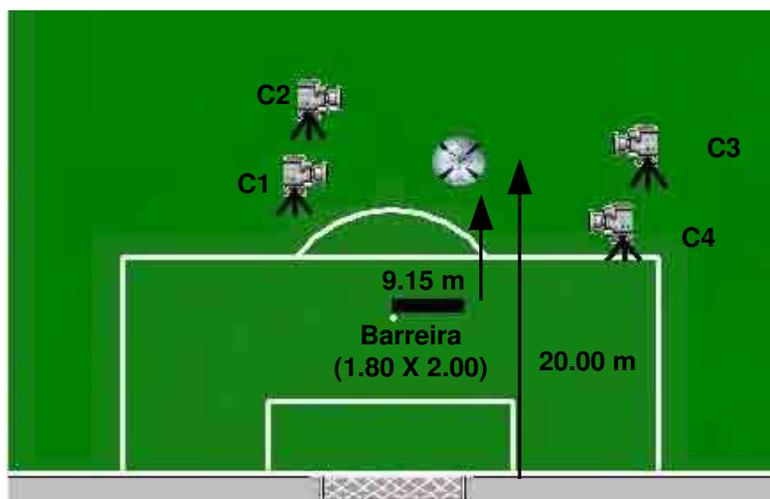


Figura 4: Esquema do posicionamento das câmeras, bola e barreira para as coletas.

Durante as filmagens, todos os participantes foram identificados por uma letra do alfabeto (Tabelas 1 e 2 - primeira coluna), bem como cada chute realizado foi enumerado de 01 a 15, através de cadernos classificatórios visíveis nas quatro câmeras que focalizavam o membro de chute e de apoio. Este procedimento ajudou a identificação e o controle das seqüências dos chutes dos participantes analisados.

4.5 Captura das imagens

Para a análise das imagens, foram capturadas as seqüências de imagens desejadas, ficando armazenadas no computador em formato de arquivos AVI (*Audio Video Interlece*). Para isto, foi utilizada uma placa de captura de vídeo Studio DV da Pinnacle®.

4.6 Obtenção das variáveis cinemáticas

Após a captura, foi utilizado o *software* Dvideow (*Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits*) (BARROS et al., 1999; FIGUEROA et al., 2003), para o desentrelaçamento e compactação, medição, sincronização e reconstrução tridimensional.

4.6.1 Desentrelaçamento e compactação

Após a captura foi realizado o desentrelaçamento das imagens (separar os campos –*fields*–) e a compactação destas através do codificador de vídeo “Indeo video 5.11®”, permitindo, assim, que estes novos arquivos de vídeo pudessem ser visualizados em qualquer computador que possuísse este codificador.

4.6.2 Medição

Para padronização, a medição dos marcadores iniciou-se pelo quadril, depois joelho, tornozelo, calcâneo e quinto metatarso.

Neste estudo foi utilizado o *tracking* semi-automático, pois eventualmente ocorreu a perda de alguns dos marcadores durante o processo de *tracking* automático, sendo, assim, necessário à intervenção do operador utilizando-se do *tracking* manual.

4.6.3 Sincronização

Para a sincronização das imagens foram utilizados os sinais sonoros de um apito (Figura 5a) e do som emitido pelo contato do pé com a

bola (Figura 5b), identificados nas imagens. Eventualmente, o sinal de áudio não foi captado por alguma das câmeras durante as coletas, para esses casos foram identificados eventos comuns (quadro de imagem correspondente) nas imagens de cada câmera. Estes eventos foram: a retirada do pé de chute do solo (1), o contato do pé de apoio no solo (2) e o contato do pé de chute na bola (3) (Figura 5). Este procedimento permite que o *software* faça a sincronização das imagens.

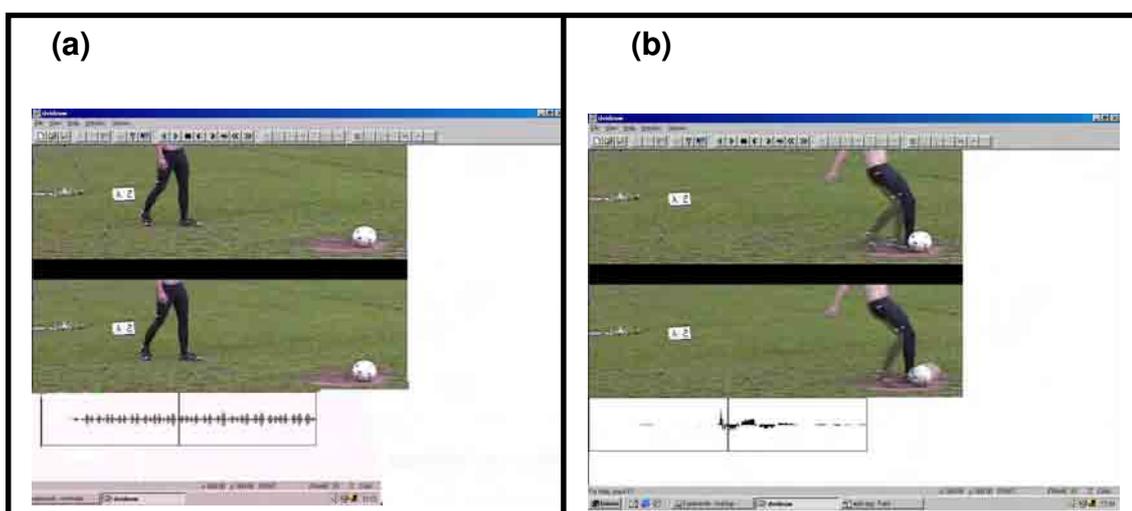


Figura 5: Sinal sonoro do apito (a) e do contato do pé com a bola (b), para sincronização das câmeras.

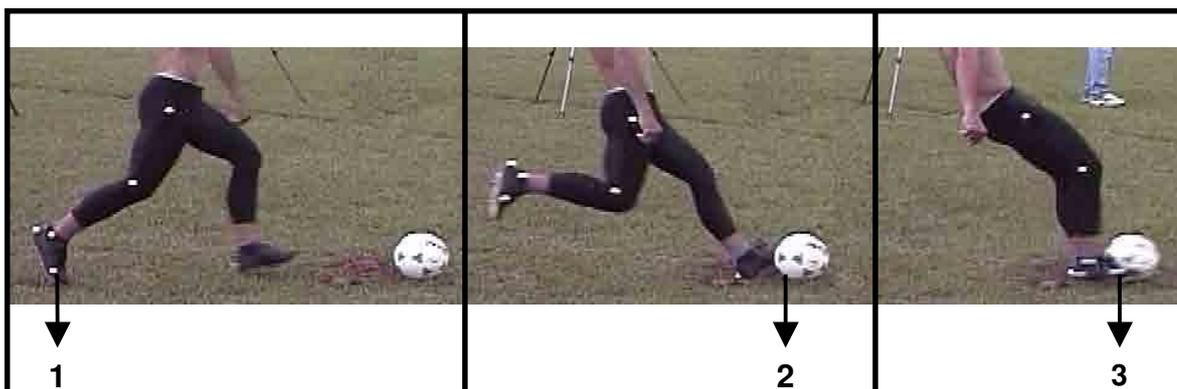


Figura 6: Retirada do pé de chute do solo (1), toque do pé de apoio no solo (2) e toque do pé de chute com a bola, para sincronização das câmeras.

4.6.4 Calibração

Para a calibração das câmeras, foi filmado um objeto volumétrico, contendo oito marcadores de dimensões previamente mensuradas, colocado no local onde a bola foi posicionada para a realização do chute (Apêndice 4).

O eixo **y** foi determinado como sendo na direção vertical, orientado para cima. O eixo **x** foi orientado na horizontal, em direção à linha de fundo, formando um ângulo reto em relação à mesma, e sendo ortogonal ao eixo **y**. O eixo **z** foi definido como produto vetorial de **x** por **y** (Figura 7).

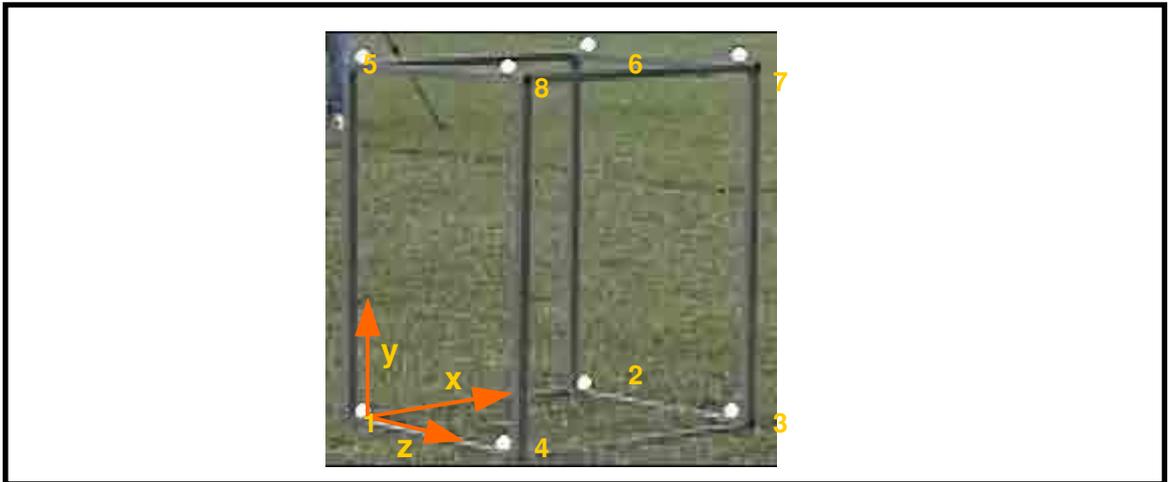


Figura 7: Objeto volumétrico com os oitos marcadores que definem os eixos x, y e z.

O calibrador foi filmado por todas as câmeras e suas imagens passaram pelo processo de captura, desentrelaçamento e medição de seus oito marcadores com medidas reais conhecidas.

4.6.5 Reconstrução tridimensional

Após as etapas acima, os marcadores medidos foram reconstruídos tridimensionalmente pelo método do DLT (*direct linear transformation*) (ABDEL-AZIZ & KARARA, 1971), que é aplicação um método de equações lineares para quantificar os parâmetros da reconstrução (BARROS, 1997), que está implementado no *software* Dvideow.

Após este processo, foram obtidas matrizes de dados contendo as coordenadas espaciais de cada marcador medido em função do tempo ($\mathbf{x}(t)$, $\mathbf{y}(t)$ e $\mathbf{z}(t)$), para cada chute realizado pelos participantes.

4.7 Tratamento dos dados

Para os procedimentos apresentados abaixo foi utilizado o *software* S-PLUS 2000®.

4.7.1 Determinação da acurácia do estudo

A acurácia ou exatidão é um conceito utilizado para avaliar o erro do experimento. Um estudo muito acurado apresenta um elevado grau de concordância entre o resultado obtido e fenômeno estudado (VUOLO, 1996).

Para a verificação da acurácia, neste estudo utilizou-se uma haste de metal de cor preta, contendo dois marcadores passivos de 25 mm de diâmetro, fixados um em cada extremidade desta haste. A menor distância centro a centro entre estes marcadores foi previamente mensurada através de uma trena com escalas em milímetros. Esta medida foi adotada como o valor verdadeiro ($v = 500$ mm) da distância entre os dois marcadores (Figura 8).

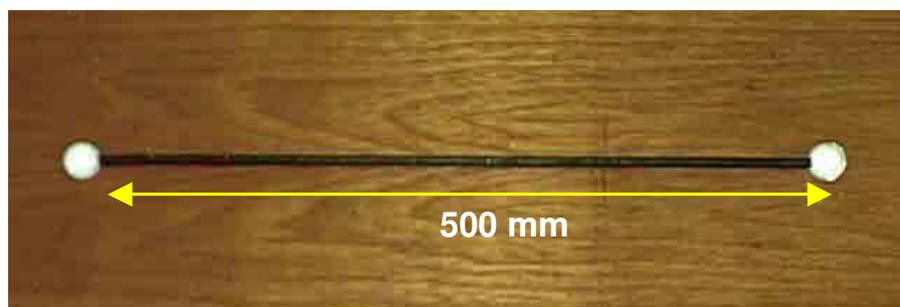


Figura 8: Foto da haste de metal preta contendo os dois marcadores passivos em cada extremidade.

Esta haste foi filmada no ambiente de coleta, onde uma pessoa a movimentou de forma aleatória, na região onde os participantes realizaram os

chutes. Nas imagens desta haste realizaram-se os mesmos procedimentos (captura, desentrelaçamento, compactação, medição, sincronização, calibração e reconstrução tridimensional), para a obtenção das variáveis cinemáticas de seus dois marcadores. Logo após, realizou-se o cálculo da distância (Distância Euclidiana) entre os dois marcadores, durante sua movimentação, sendo estes valores adotados como os valores mensurados (ou valor medido) (Figura 9).

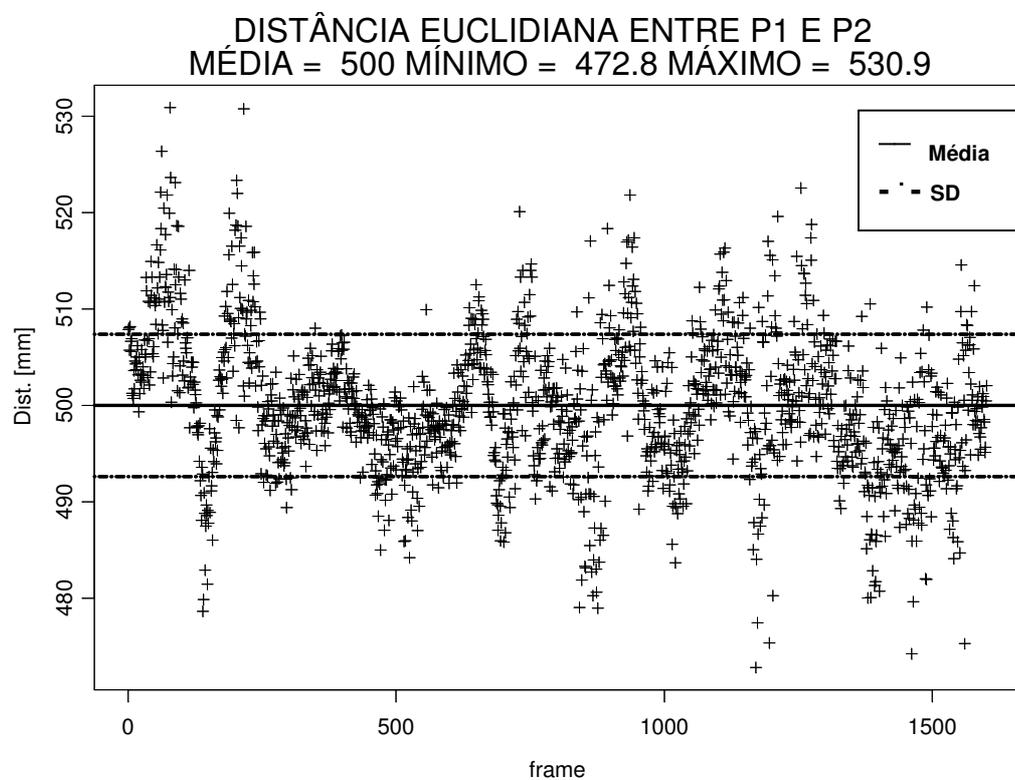


Figura 9: Distância Euclidiana entre os dois marcadores (p1 e p2) durante sua movimentação. A linha contínua representa média e tracejada o desvio padrão (SD = 7.3mm).

Os valores mensurados foram calculados conforme a equação (1):

$$d(i) = \sqrt{(x2(i) - x1(i))^2 + (y2(i) - y1(i))^2 + (z2(i) - z1(i))^2} \quad (1)$$

Onde $i = 1, \dots, n$, em que n é o número de medidas realizadas no cálculo da distância entre os dois marcadores (número de linhas da matriz de dados), $d(i)$ é a Distância Euclidiana entre os dois marcadores em cada, $x1(i)$, $y1(i)$ e $z1(i)$ correspondem às coordenadas do primeiro marcador em cada i e $x2(i)$, $y2(i)$ e $z2(i)$ correspondem às coordenadas do segundo marcador em cada i .

A determinação da acurácia do estudo foi realizada, considerando os valores do erro sistemático (*bias*) e do erro aleatório (precisão), conforme as equações (2, 3 e 4):

$$a = \sqrt{b^2 + p^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |v - d(i)| \quad (3)$$

$$p = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^n (d(i) - \bar{d})^2} \quad (4)$$

Onde a é a acurácia (2), b é o *bias* (3), p é a precisão (4), $| |$ = módulo do vetor, v = valor verdadeiro adotado da distância entre os dois marcadores obtidos pela medição direta, $d(i)$ ($i = 1, \dots, n$) = o numero de medidas realizadas do cálculo da distância entre os dois marcadores (número

de linhas da matriz de dados), \bar{d} = valor médio das n medidas. Deste modo, quanto menor for o valor encontrado da soma do *bias* (erro sistemático do estudo) e da precisão (erro aleatório do estudo), mais acurado serão os dados obtidos.

Para este estudo o *bias* encontrado foi de 5.6 mm, a precisão 7.3 mm e a acurácia 9.3 mm. Este valor de acurácia é aceitável, tendo em vista que é menor que o diâmetro dos marcadores utilizados nas coletas (25 mm), pela ordem de grandeza das variáveis obtidas, tendo em vista que as coletas foram realizadas em ambiente não controlado (fora de laboratório).

4.7.2 Suavização

O movimento humano se apresenta de forma suave e contínua. Porém, no processo de reconstrução tridimensional, obtêm-se dados discretos em função do tempo, sendo assim, torna-se necessária a suavização destes. A suavização é também um filtro que separa o sinal dos ruídos, minimizando os erros que estão embutidos em todas as pesquisas de caráter quantitativo.

Neste estudo optou-se pela função *Loess*, também conhecida como uma função não paramétrica ponderada local robusta (CUNHA & LIMA FILHO, 2003).

A função *Loess* mostra-se adequada a este tipo de análise por ter um ajuste não paramétrico, ou seja, não leva em conta a existência de um modelo para este tipo de movimento, fazendo assim com que a sua forma seja referente ao conjunto dos dados apresentados. Essa função também é robusta, ou seja, não permite que os valores discrepantes (*outliers*) influenciem na

curva, além de ser local, porque trabalha em partes (janelas) do conjunto de dados. É ponderada, pois atribui valores maiores aos dados mais próximos e valores menores aos dados distantes, dando valores iguais a zero aos pontos fora da janela do ponto a ser suavizado.

Esta função suaviza as coordenadas de cada ponto através de um parâmetro (*span*) previamente definido pelo operador. A escolha do parâmetro que melhor represente este fenômeno foi definida através das análises do gráfico da curva ajustada em função dos dados brutos, do gráfico dos resíduos, que é a distância (diferença) do ponto medido à função suavizada, e dos gráficos da primeira e segunda derivadas (velocidade e aceleração).

A Figura 10 demonstra os gráficos para a suavização ($span = 0.7$) da coordenada x do marcador do trocânter maior do fêmur, durante a execução de um chute. Na figura pode-se observar no gráfico da posição (“+”) e da curva ajustada (“—”), o gráfico dos resíduos, que deve variar aleatoriamente em torno de zero, e os gráficos da primeira e segunda derivadas, que devem apresentar-se de forma suave, representando, assim, o movimento analisado.

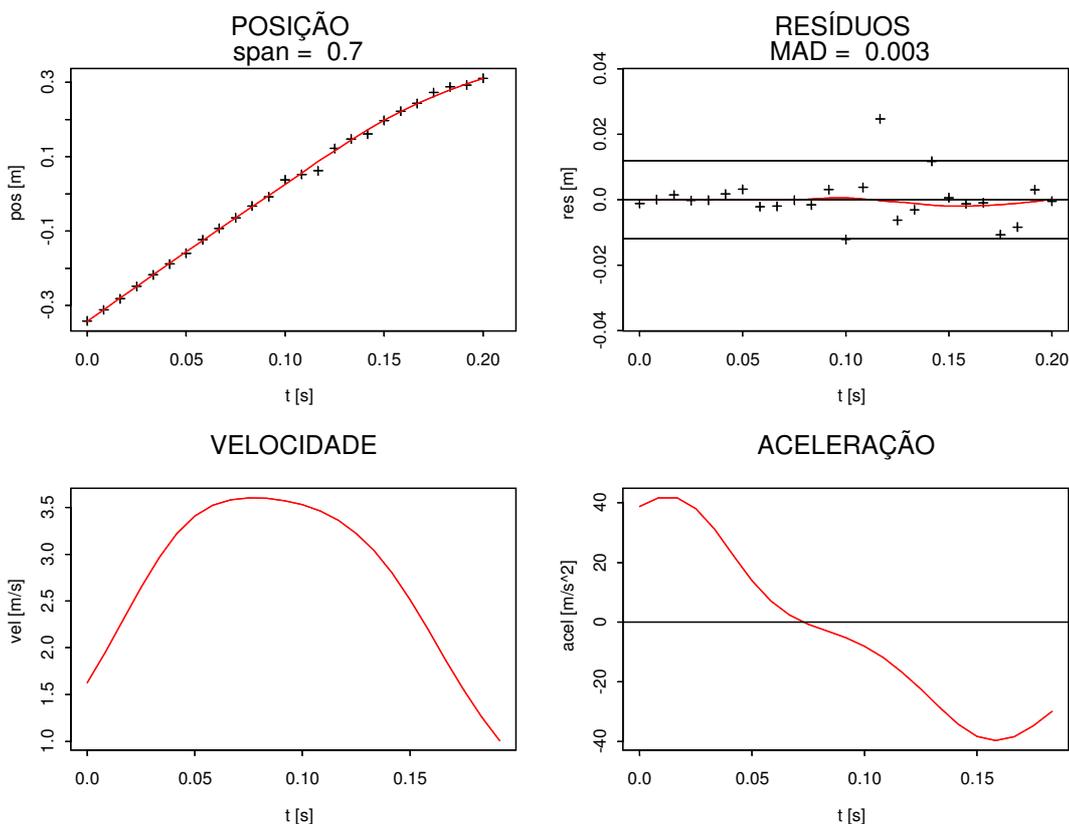


Figura 10: Exemplo da suavização da coordenada x do primeiro marcador (trocânter maior do fêmur do membro de chute) através da função *Loess* com $span = 0.7$, com gráficos de posição, resíduos, primeira e segunda derivadas (velocidade e aceleração).

Também foi utilizado um dos argumentos opcionais dessa função, o *evaluation*, que permite ao operador determinar o número de pontos (linhas da matriz de dados) que o conjunto de dados passará a ter após a suavização. Neste caso, o valor do *evaluation* foi igual a 200. Este argumento mantém a proporção temporal dos dados suavizados em relação aos dados originais (dados brutos), facilitando posteriormente o cálculo das curvas médias (tópico 4.7.5).

4.7.3 Definição do ciclo de movimento analisado

Feitas algumas adequações na classificação da técnica do fundamento definida por BARFIELD (1998), determinaram-se as quatro fases para esse tipo de chute: Fase 1 (**F1**), caracterizada pela aproximação do jogador à bola, finalizando-se na retirada do pé de chute do solo no penúltimo passo; Fase 2 (**F2**), com início na retirada do pé de chute do solo (último passo) e fim no total aplanamento do pé de apoio no solo; Fase 3 (**F3**), com início no total aplanamento do pé de apoio no solo e fim no contato do pé de chute com a bola; Fase 4 (**F4**), caracterizada pela finalização do chute, com o corpo descrevendo uma trajetória para frente, iniciando no contato do pé com a bola. Para este estudo, o ciclo de movimento analisado abrangeu as Fases 2 e 3 (**F2 e F3**) que serão denominadas, respectivamente, de Fase de Suporte (**FS**) e Fase de Contato (**FC**) (Figura 11). Esse ciclo teve aproximadamente duração de 200 milésimos de segundos (100% do ciclo de movimento) entre os participantes. As fases **FS** e **FC** tiveram, respectivamente, duração de aproximadamente 130 e 70 milésimos de segundos cada (65% e 35% do ciclo de movimento).



Figura 11: Retirada do pé de chute do solo (1), total aplanamento do pé de apoio (2) e toque do pé de chute com a bola, definindo as fases de suporte e contato.

4.7.4 Normalização e projeção estereográfica dos vetores

Realizada a suavização, foram determinados os vetores que representarão os segmentos coxa, perna e pé ($\overrightarrow{\text{COX}}$, $\overrightarrow{\text{PER}}$ e $\overrightarrow{\text{PEE}}$, respectivamente). Logo após, estes vetores foram normalizados, ou seja, todos passaram a ter tamanho unitário (norma euclidiana igual a 1), conforme demonstrado nas equações (5, 6 e 7):

$$\text{Vetor normalizado da coxa} \Rightarrow \overrightarrow{\text{COX}} = \frac{(\overrightarrow{\text{EF}} - \overrightarrow{\text{TF}})}{(\|\overrightarrow{\text{EF}} - \overrightarrow{\text{TF}}\|_2)} \quad (5)$$

$$\text{Vetor normalizado da perna} \Rightarrow \overrightarrow{\text{PER}} = \frac{(\overrightarrow{\text{MF}} - \overrightarrow{\text{EF}})}{(\|\overrightarrow{\text{MF}} - \overrightarrow{\text{EF}}\|_2)} \quad (6)$$

$$\text{Vetor normalizado do pé} \Rightarrow \overrightarrow{\text{PEE}} = \frac{(\overrightarrow{\text{MT}} - \overrightarrow{\text{CA}})}{(\|\overrightarrow{\text{MT}} - \overrightarrow{\text{CA}}\|_2)} \quad (7)$$

Onde $\|\cdot\|_2$ = norma euclidiana do vetor, $\overrightarrow{\text{EF}}$ = marcador do epicôndilo lateral do fêmur, $\overrightarrow{\text{TF}}$ = marcador do trocânter maior do fêmur, $\overrightarrow{\text{MF}}$ = maléolo lateral da fíbula, $\overrightarrow{\text{CA}}$ = marcador do calcâneo e $\overrightarrow{\text{MT}}$ = marcador da quinta articulação metatarsofalangeana.

A seguir, foi realizada a projeção estereográfica destes vetores (CUNHA et al., 2001b). A projeção estereográfica consiste em centrar uma esfera imaginária de raio um (1) na articulação proximal de cada vetor (coxa, perna e pé). A movimentação deste vetor percorre a superfície da esfera (movimento semelhante ao de um lápis, riscando a casca de uma esfera). Logo, a projeção estereográfica nada mais é do que uma reta imaginária que

sai do pólo norte da esfera, passa pela extremidade desse vetor, perfura a casca da esfera e atinge um plano (“ zx ”) que tangencia o pólo sul desta esfera. Tal procedimento é biunívoco, ou seja, para um ponto na esfera, só existe um ponto que o represente no plano (COXETER, 1969).

Este procedimento realizado em cada instante de tempo desenha uma curva neste plano (Figura 12). Esta curva é a representação da movimentação do segmento, durante a execução de um chute.

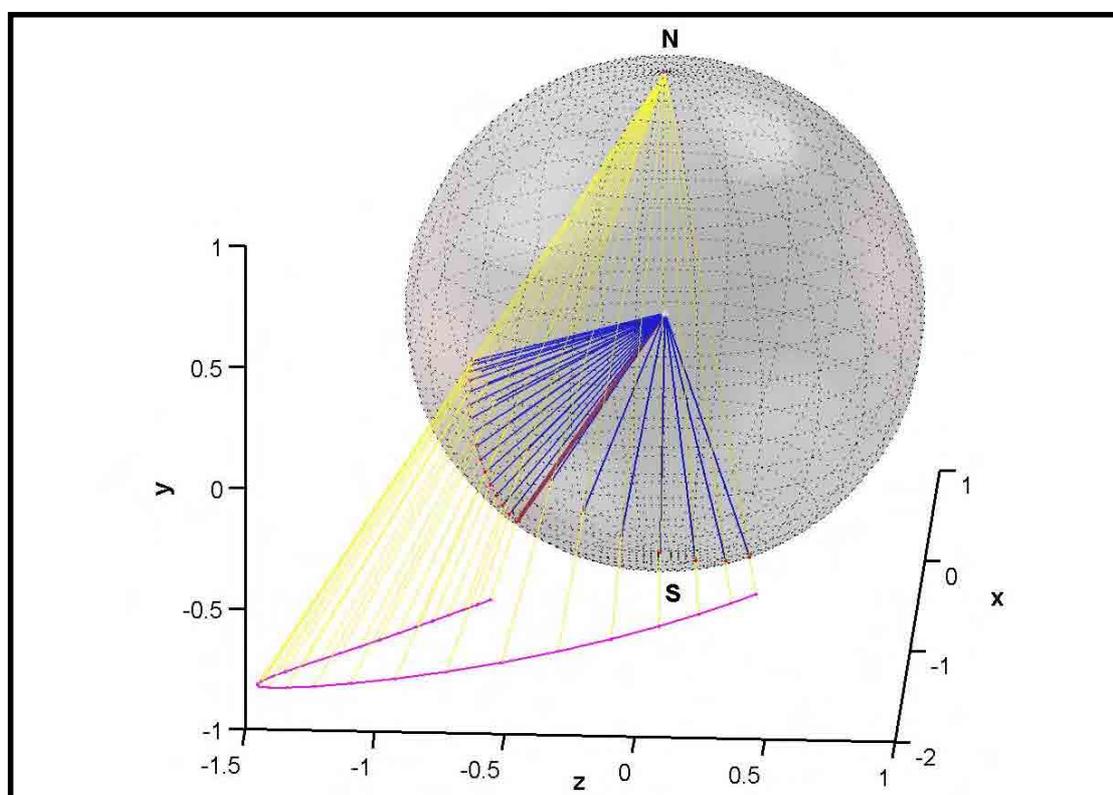


Figura 12: Projeção estereográfica (magenta) do vetor perna, normalizado (azul) no plano “ zx ” tangente ao pólo sul da esfera.

4.7.5 Cálculo da curva média

Realizada a projeção estereográfica, foram calculadas curvas médias (ponto a ponto) para o conjunto de curvas parametrizadas, no tempo de cada segmento, para cada participante (Figuras 13, 14 e 15).

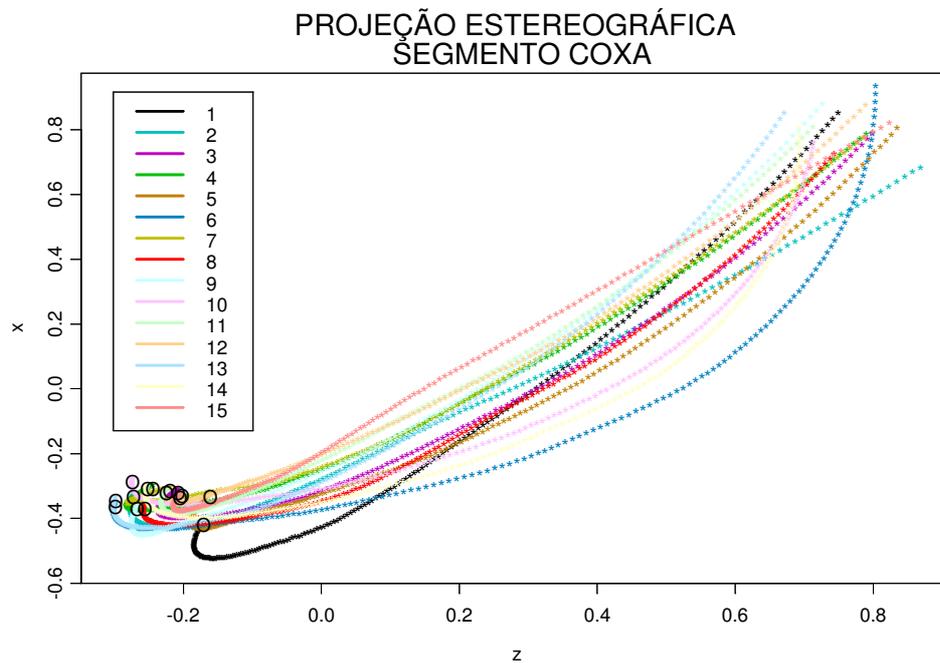


Figura 13: Projeção estereográfica do segmento coxa de 15 chutes, com o primeiro ponto (t_1) de cada curva (“O”).

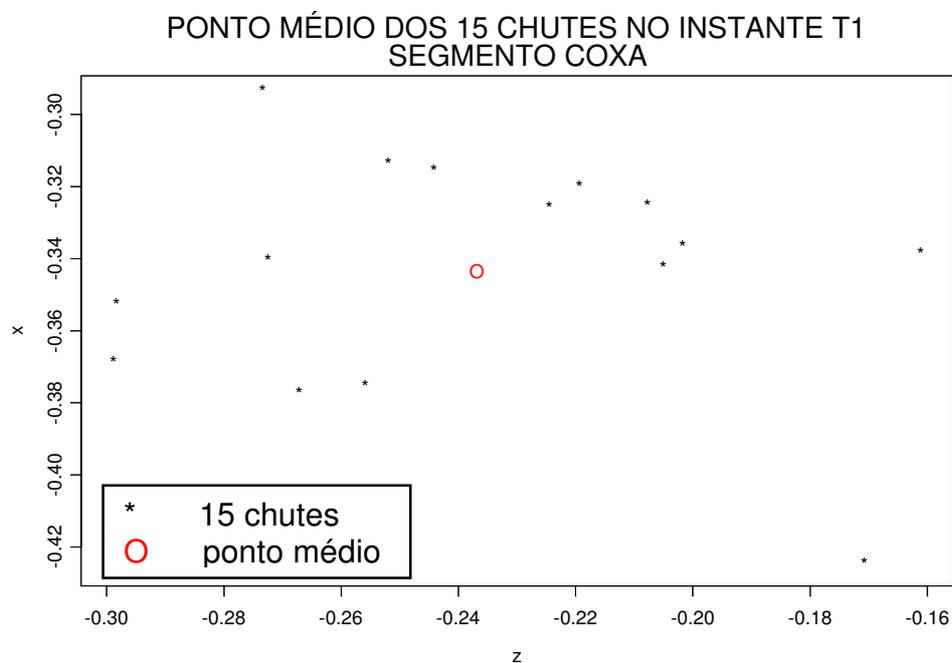


Figura 14: Ponto médio (“O”) no primeiro instante (t_1) para o conjunto 15 pontos (“*”).

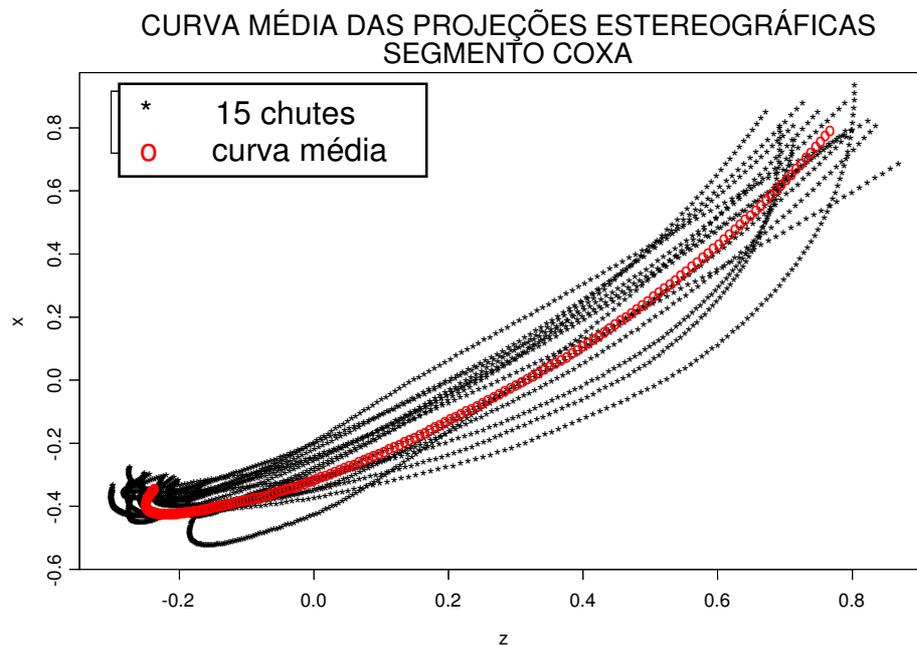


Figura 15: Curva média (“O”), calculada ponto a ponto (tempo a tempo), para um conjunto de 15 curvas (“*”) da projeção estereográfica do segmento coxa.

Deste modo foram obtidas, para cada participante, três curvas médias, uma para cada segmento (coxa, perna e pé) e que foram consideradas como representação do seu padrão cinemático de movimento para esse tipo de chute.

4.7.6 Separação das curvas

A separação das curvas para determinar as diferenças de padrões cinemáticos entre os grupos será feita pela análise de *cluster*. Ela é uma técnica para detectar diferenças em dados e classificá-los em grupos diferentes. Será aplicado o método do *cluster PAM (Partition Around Medoid)* (KAUFMAN & ROUSSEEUW, 1990) para cada segmento, isoladamente, entre todas as curvas médias projetadas, a cada instante de tempo. Neste caso,

serão definidos dois grupos (brasileiros e japoneses) e identificados em quais partes do ciclo do movimento pode haver separação.

A variável escolhida para determinar o grau de separação entre os grupos (conjunto de curvas representativas das situações estudadas) foi o Coeficiente de Silhueta (**SC** = *Silhouette Coefficient*). Ele é determinado para cada **t(i)**, onde **i** = 1,...,**n**, onde **n** (**n** = 200) é o número de pontos de cada curva (KAUFMAN & ROUSSEEUW, 1990). O coeficiente de silhueta é obtido conforme a expressão (8):

Seja **k** = 2 que é número de *cluster* previamente informado pelo operador, **j** = 1,...,número de pontos do *cluster A* em **t(i)**. **a(j)** = distância média entre o ponto **j** e todos os outros pontos do *cluster A* ao qual **j** pertence. **d(j,B)** = distância do ponto **j** para cada um os pontos do *cluster B*. O menor valor de **d(j,B)** é denominado de **b(j)**, e pode ser visto como a distância entre **j** e o *cluster* vizinho (Figura 16).

Então:

$$s(j) = \frac{b(j) - a(j)}{\max\{a(j), b(j)\}}, -1 \leq s(j) \leq 1 \text{ para cada } j. \quad (8)$$

Onde **s(j)** é o valor de silhueta do ponto **j** em **t(i)**.

Então, **SC(i)** = média de **s(j)** para todos os pontos **j** (Figura 17).

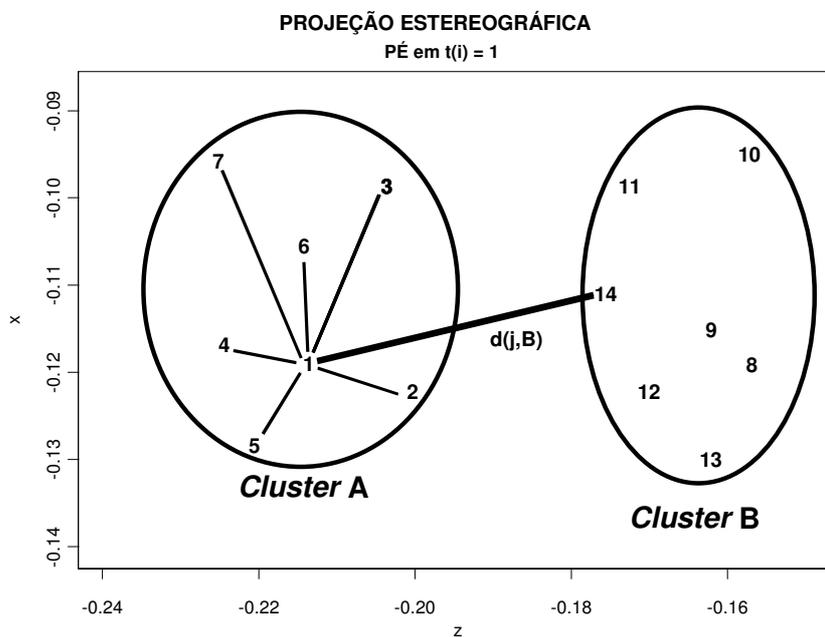


Figura 16: Exemplificação do cálculo do $s(j)$ em um $t(i)$.

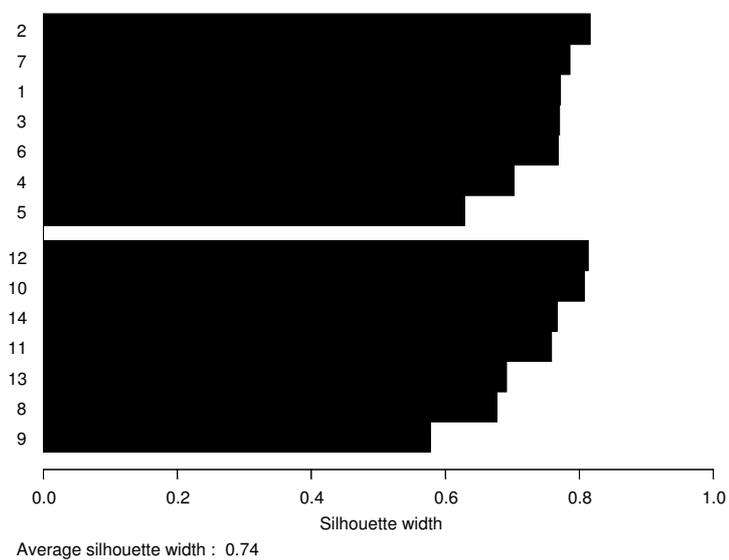


Figura 17: SC calculado através da média de $s(j)$ em $t(i)$.

Assim, tem-se uma distribuição dos **SC** para cada uma das fases analisadas (**FS** e **FC**) (Figura 18). Para analisar as diferenças entre elas,

utilizou-se a comparação entre os intervalos de confiança das medianas (95%) representados nos *boxplots* dos valores do **SC** em cada fase (**FS** e **FC**). Pôde-se, assim, determinar em que fases do chute e em quais segmentos aparecem essas diferenças. Os gráficos das curvas médias para cada grupo representam os padrões cinemáticos da situação específica. Os intervalos de confiança da mediana da distribuição do **SC** em cada fase, representados nos *boxplots*, indicam se houve separação entre os grupos, que ocorre quando o intervalo de confiança da mediana dos **SC** abrange o valor igual ou maior que 0.5, e se há diferença entre as fases **FS** e **FC**, quando os intervalos de confiança das respectivas medianas não se sobrepõem (McGILL, et al. 1978) (Figura 19). Todas as análises foram feitas para cada um dos segmentos envolvidos.

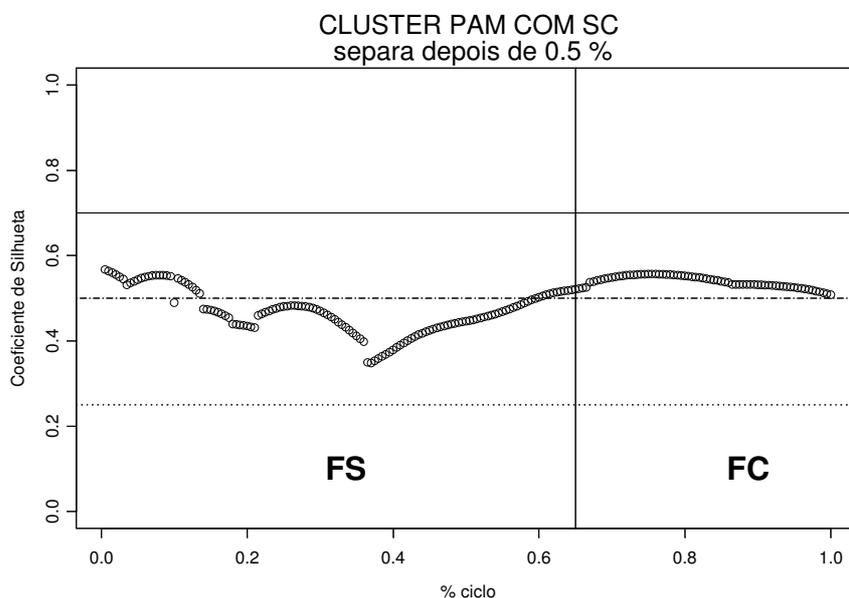


Figura 18: Distribuição dos SC para cada uma das fases analisadas (FS e FC).

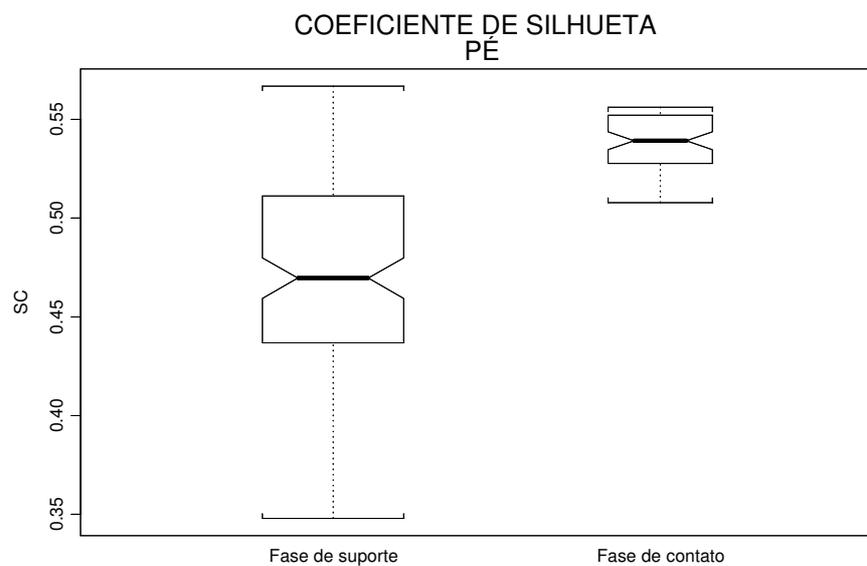


Figura 19: *Boxplots* dos valores dos SC nas fases de suporte e contato (FS e FC).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para uma melhor compreensão e discussão dos resultados, este item apresenta-se dividido em tópicos referentes às comparações que foram realizadas. Para todos os segmentos analisados (coxa, perna e pé do membro de chute e do membro de apoio) são apresentados quatro gráficos. O primeiro mostra as curvas médias de cada participante, representando seus respectivos padrões de movimento. O segundo mostra duas curvas médias, uma representando o padrão de movimento para os participantes de **G1** e a outra o padrão de movimento dos participantes de **G2**. O terceiro mostra os valores do **SC** ao longo do ciclo de movimento. O quarto mostra os *boxplots* do **SC** para a fase de suporte e contato.

5.1 Comparação dos segmentos do membro de chute (coxa, perna e pé) entre G1 e G2.

SEGMENTO COXA

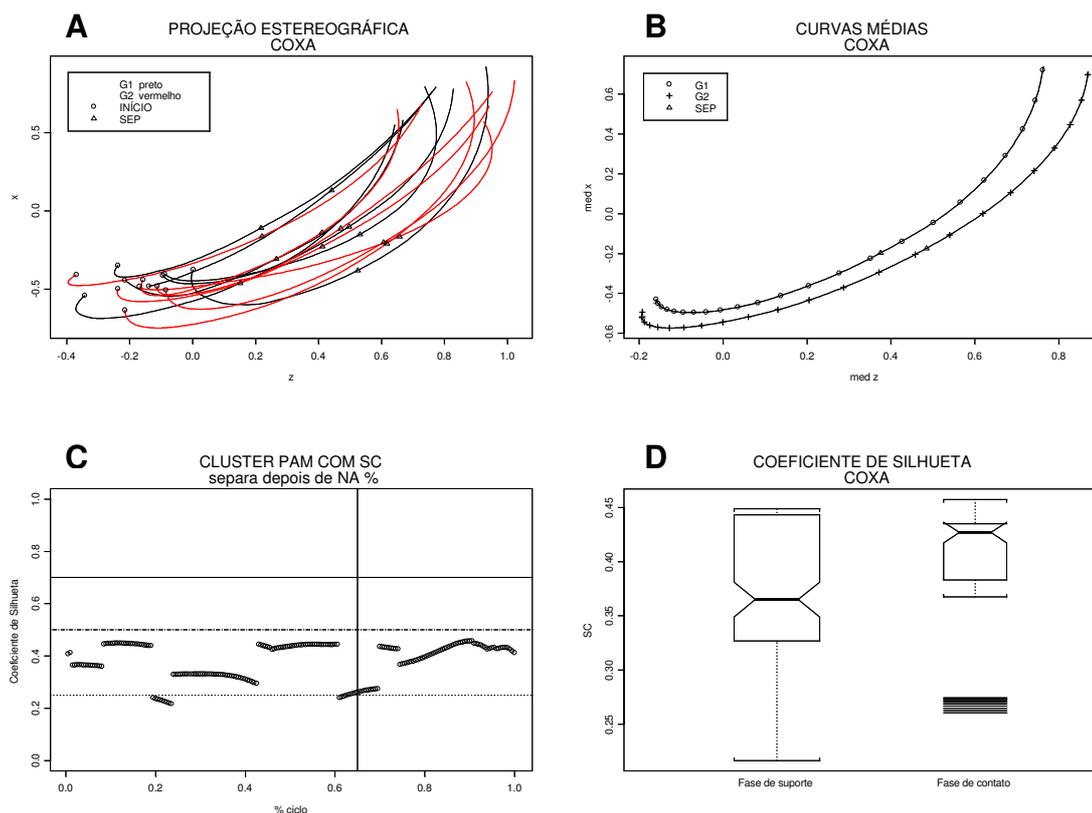


Figura 20: Curvas médias do segmento coxa de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento coxa ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

SEGMENTO PERNA

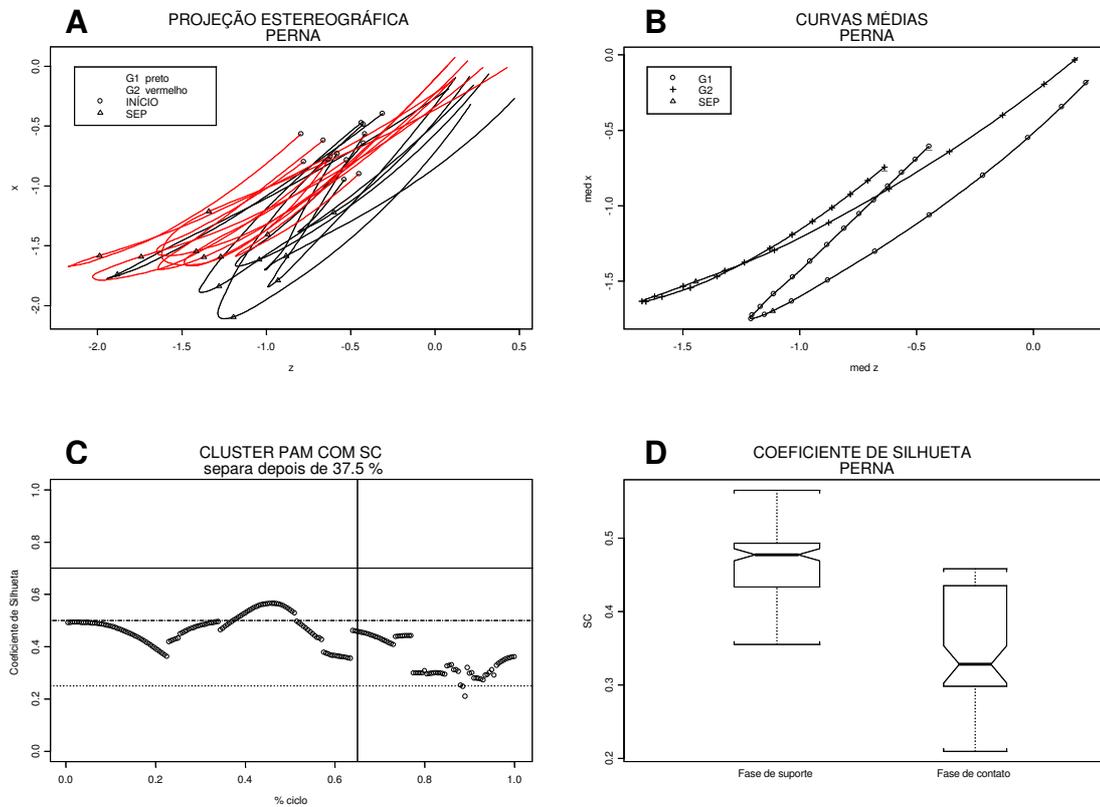


Figura 21: Curvas médias do segmento perna de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento perna ao longo do ciclo (C) e boxplots do SC (D).

SEGMENTO PÉ

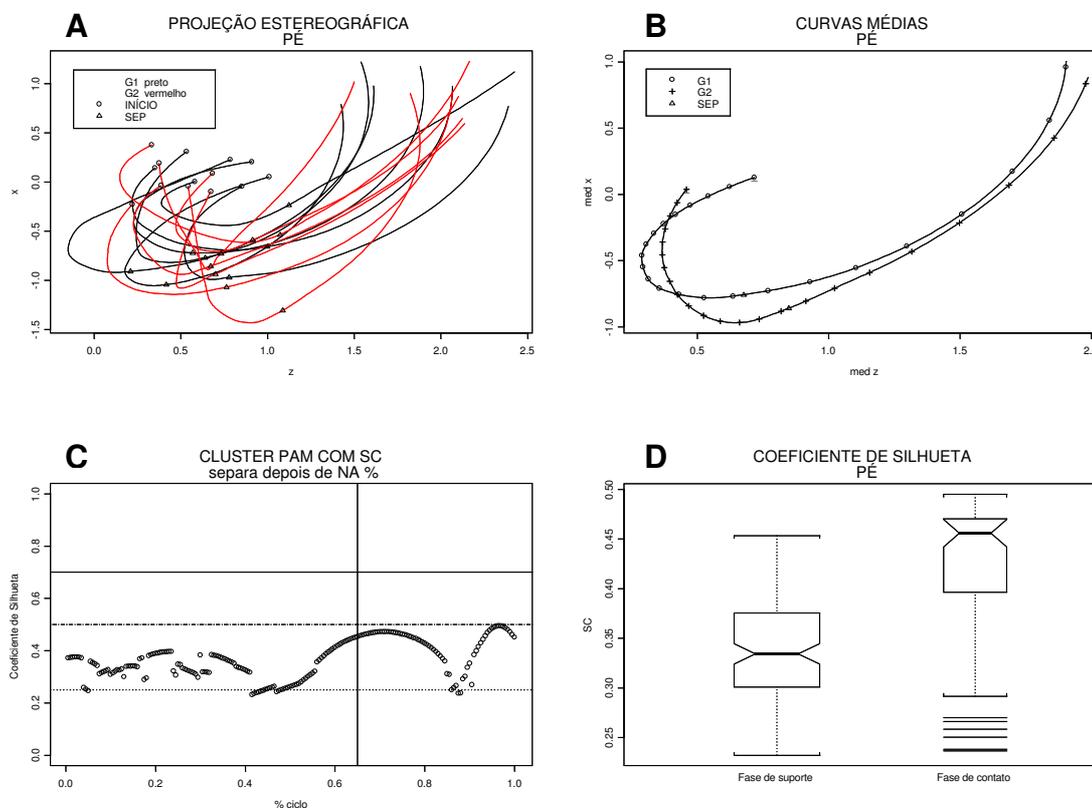


Figura 22: Curvas médias do segmento pé de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento pé ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

As Figuras 20, 21 e 22 A e B, mostram que os padrões cinemáticos para todos os segmentos (coxa, perna e pé) do membro de chute apresentam semelhanças entre os participantes de **G1** e **G2**. Isto é confirmado com os *boxplots* com intervalos de confiança das medianas dos **SC**, apresentando valores menores que 0.5 (Figura 20, 21 e 22 D). No entanto, nota-se que, em um intervalo do ciclo de movimento do segmento perna, existe um afastamento entre as curvas de **G1** e **G2**, indicando, assim, separação entre **G1** e **G2** neste intervalo (Figura 21 A e B). Essa separação é confirmada, quando observamos os valores dos **SC**, ao longo do ciclo de movimento,

apresentando no intervalo entre 37,5% e 52,0% valores do **SC** maiores de 0.5 (FIGURA 21 C).

Ao analisar especificamente este intervalo (37,5% a 52,0%), observa-se que uma das curvas do **G1** está mais próxima das curvas do **G2**, e uma das curvas do **G2** está mais próxima das curvas do **G1** (Figura 23). Isto é confirmado com o **SC**, para cada instante de tempo (t_i), com a classificação das curvas pertencentes a cada grupo, onde a análise por *cluster* classificou o participante **G1A** (indicado pelo número 1), no mesmo grupo dos participantes do **G2**, e classificou o participante **G2D** (indicado pelo número 11), no mesmo grupo dos participantes do **G1** (Figura 24).

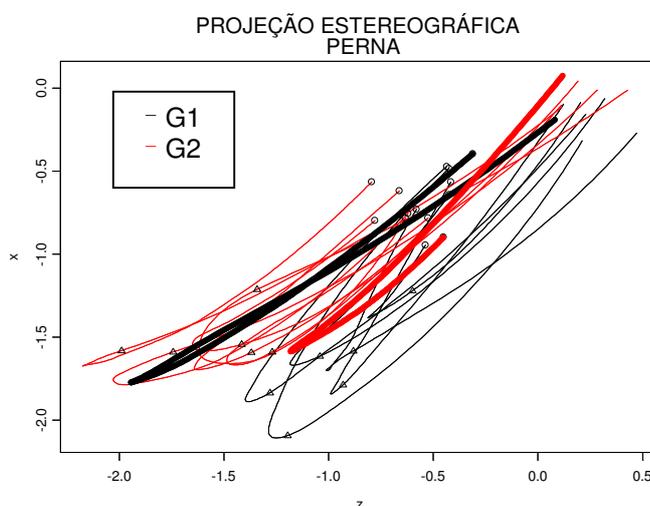


Figura 23: Curvas médias do segmento perna de cada participante. Em destaque, a curva do participante G1A e G2D (linhas espessas).

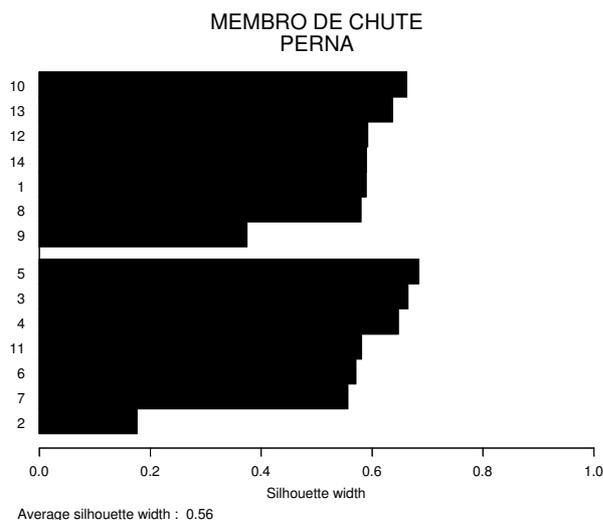


Figura 24: SC em $t(i) = 45\%$ do ciclo. Os números de 1 a 7 representam os participantes do G1 e números de 8 a 14 representam os participantes do G2.

Com relação às fases, não ocorreram separações entre **FS** e **FC** para os segmentos, pois, para que isto ocorresse, o intervalo de confiança da mediana dos **SC** deveria ser maior ou igual a 0.5, e os intervalos de confiança das medianas não deveriam se apresentar sobrepostos.

As curvas das projeções estereográficas dos segmentos coxa, perna e pé, encontradas neste estudo, assemelham-se visualmente às curvas apresentadas em outros estudos que utilizaram os mesmos procedimentos metodológicos para comparar o padrão cinemático deste tipo de chute (parte medial do pé) entre grupos distintos (MAGALHÃES Jr., 2003; CUNHA, 2003; TEIXEIRA, 2004). Porém, nesses estudos, os autores admitiram o valor igual ou maior a 0.4 dos intervalos de confiança da mediana dos **SC**, para indicar se houve diferença entre os grupos. Essa escolha do **SC** inferior a 0.5 implica em diminuir o critério para aceitar ou não a separação entre os grupos. Nesses estudos, de maneira geral, os intervalos de confiança da mediana dos **SC**

ficaram entre 0.35 e 0.48. Isto levou os autores a concluírem que existem pequenas diferenças entre o padrão de movimento dos grupos estudados (situações que o **SC** foi maior ou igual a 0.4).

Contudo no presente estudo optou-se pelo **SC** igual ou maior a 0.5, tendo como referência Kaufman & Rousseeuw, 1990, os quais apontam que acima de 0.5 uma razoável estrutura de separação é encontrada.

5.2 Comparação dos segmentos do membro de apoio (coxa, perna e pé) entre G1 e G2.

SEGMENTO COXA

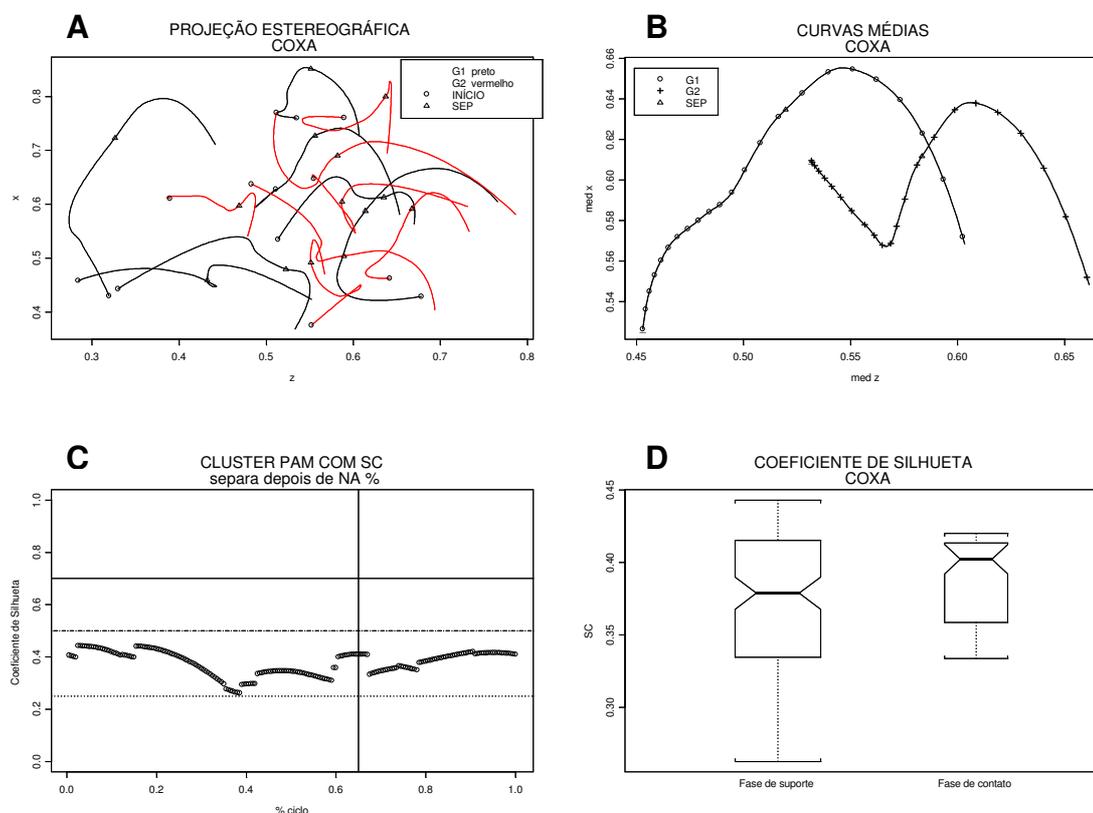


Figura 25: Curvas médias do segmento coxa de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento coxa ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

SEGMENTO PERNA

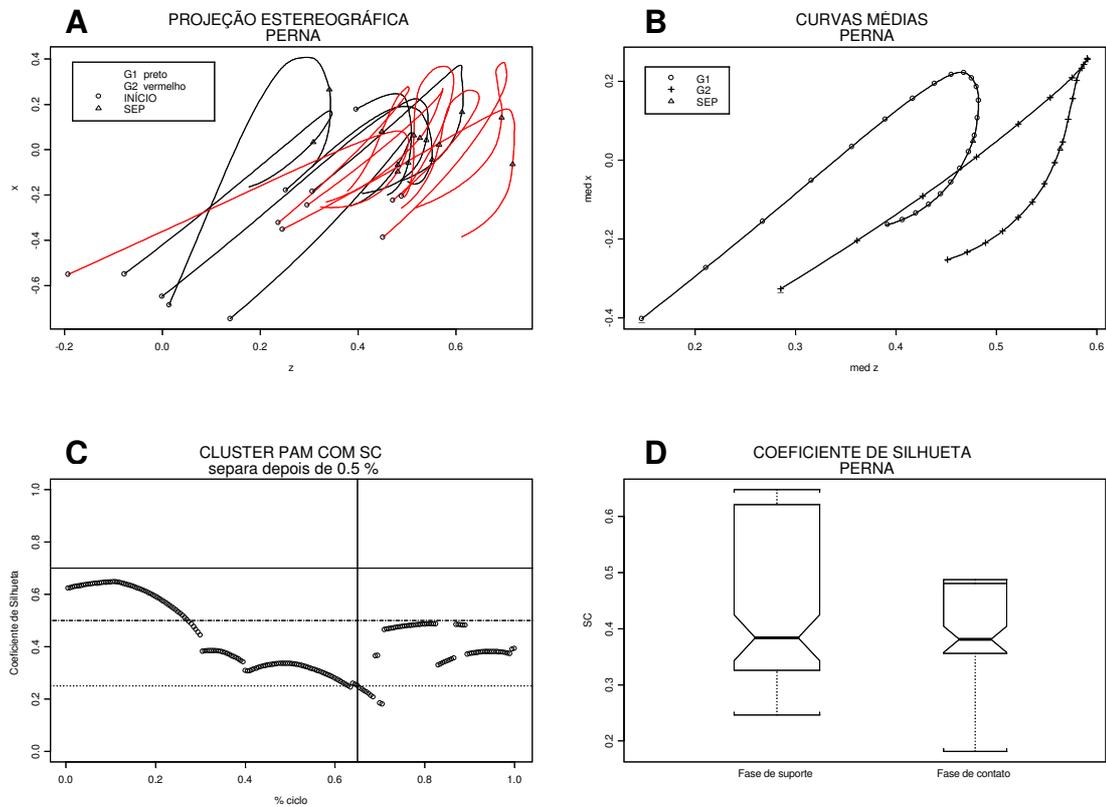


Figura 26: Curvas médias do segmento perna de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento perna ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

SEGMENTO PÉ

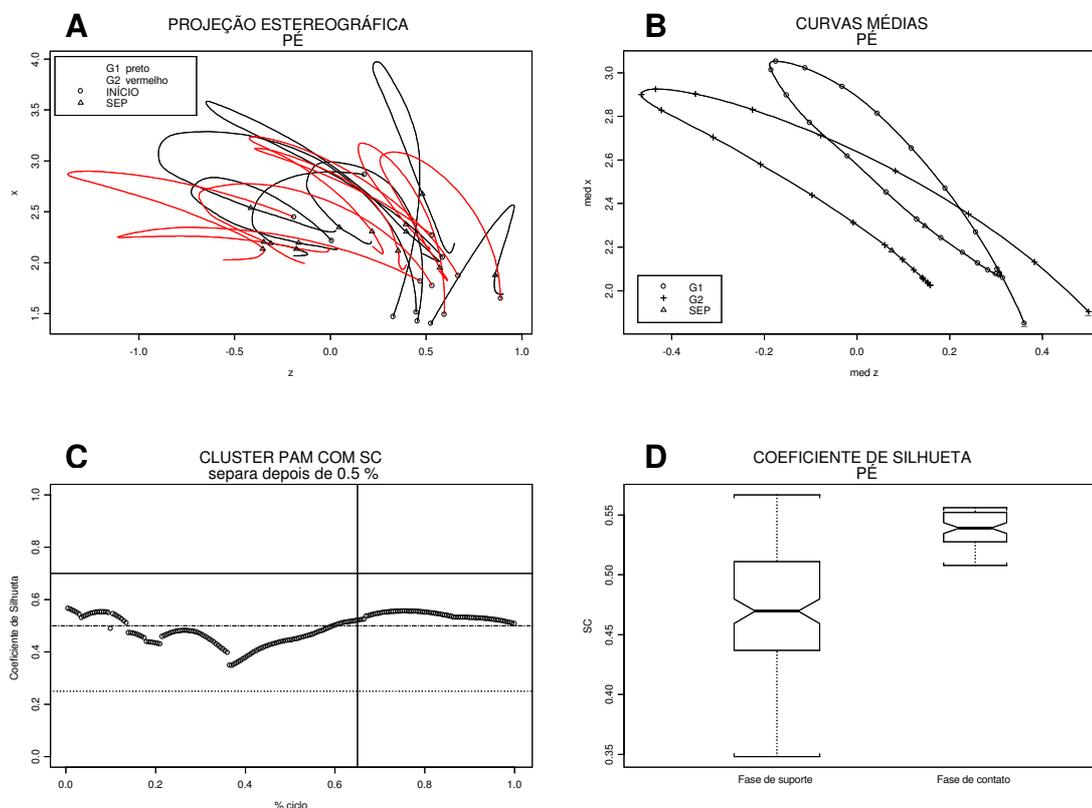


Figura 27: Curvas médias do segmento pé de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento pé ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

Detecta-se que no membro de apoio existe uma maior variabilidade entre as curvas da projeção estereográfica, que representam o padrão cinemático de cada participante (Figuras 25, 26 e 27 A). No entanto, a variabilidade entre as curvas não foi analisada neste estudo.

Observa-se que, através das escalas e do fenômeno, que o segmento coxa apresenta menor amplitude de movimento, quando comparado com os segmentos perna e pé (Figuras 25, 26 e 27 A). Desta forma, pequenas movimentações deste segmento, durante o chute, aparentam ter grandes alterações nas projeções estereográficas, dificultando assim, a identificação de

padrões cinemáticos desse segmento.

As Figuras 25, 26 e 27, gráfico D, mostram que não ocorreu separação entre os grupos em todos os segmentos, com exceção do segmento pé na **FC**. Neste caso, o intervalo de confiança da mediana do **SC** ficou acima de 0.5 (Figura 27 D). Porém, ao Analisar os gráficos do **SC**, em um instante de tempo deste intervalo, verifica-se que a análise por *cluster* classificou um grupo formado pelos participantes **G1C, G1D, G1F, G2B, G2C, G2E** e **G2G**, e outro formado pelos participantes **G1A, G1B, G1E, G1G, G2A, G2D** e **G2F** (Figura 28). Portanto, não ocorreu separação entre os grupos pré-estabelecidos, e sim a identificação movimentos semelhantes entre integrantes do **G1** e do **G2**.

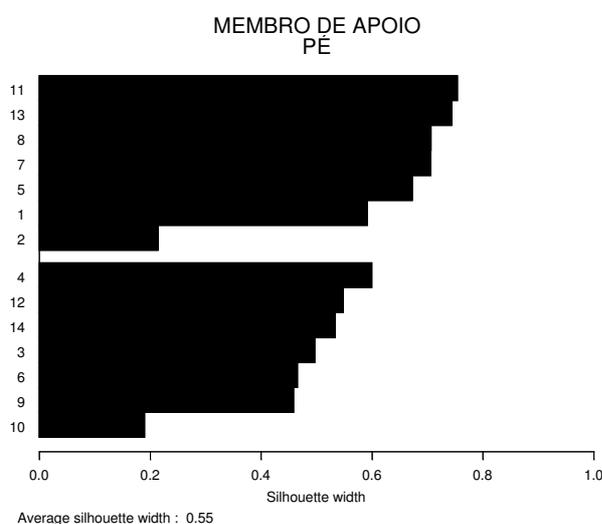


Figura 28: SC em $t(i) = 70\%$ do ciclo. Os números de 1 a 7 representam os participantes do G1 e números de 8 a 14 representam os participantes do G2.

A menor amplitude de movimento das curvas da projeção estereográfica do segmento coxa do membro de apoio, e a dificuldade em definir um padrão de movimento também foram apresentadas por Moura

(2003), comparando praticantes e não-praticantes de futebol. Já as curvas para os segmentos perna e pé do presente estudo, assemelham-se, visualmente, às curvas apresentadas por Moura (2003), que verificou a existência de um padrão cinemático para este tipo de chute.

5.3 Comparação entre os padrões cinemáticos dos chutes que acertaram o alvo com os chutes que não acertaram o alvo: segmentos do membro de chute (coxa, perna e pé).

Para este e os próximos tópicos, o grupo G1 foi formado por todas as curvas dos chutes que não acertaram o alvo (189 curvas = 90%), e o grupo G2 foi formado por todas as curvas dos chutes que acertaram o alvo (21 curvas = 10%).

SEGMENTO COXA

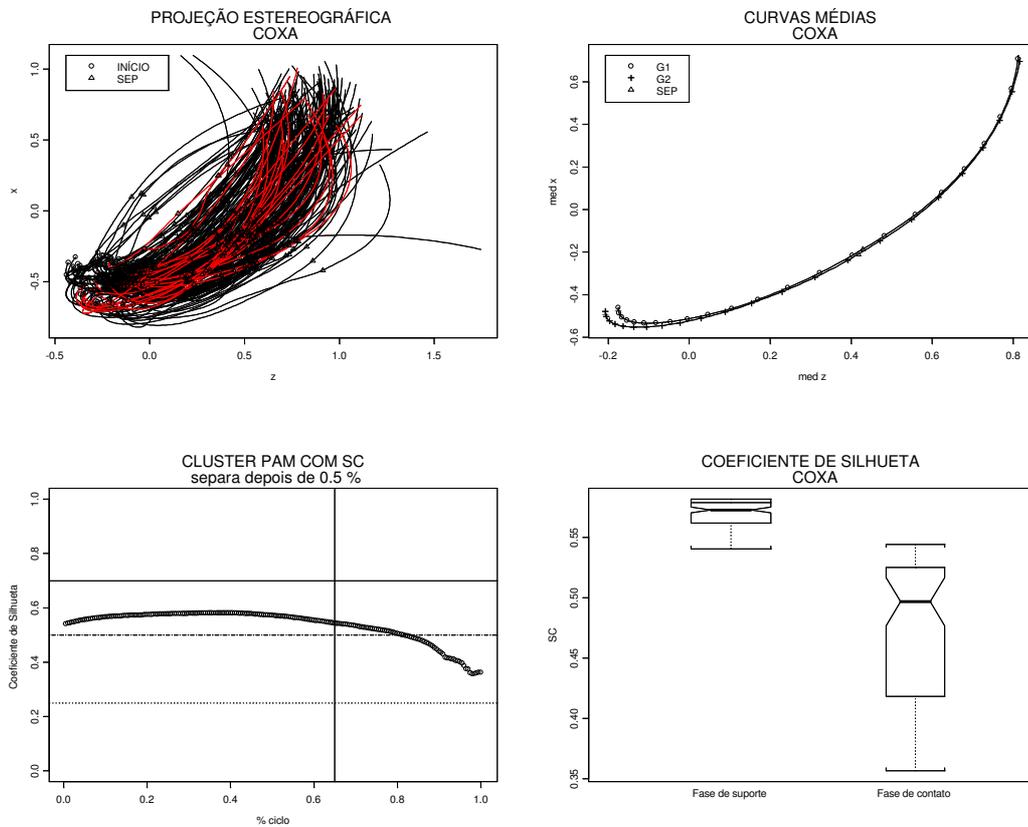


Figura 29: Curvas médias do segmento coxa de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento coxa ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

SEGMENTO PERNA

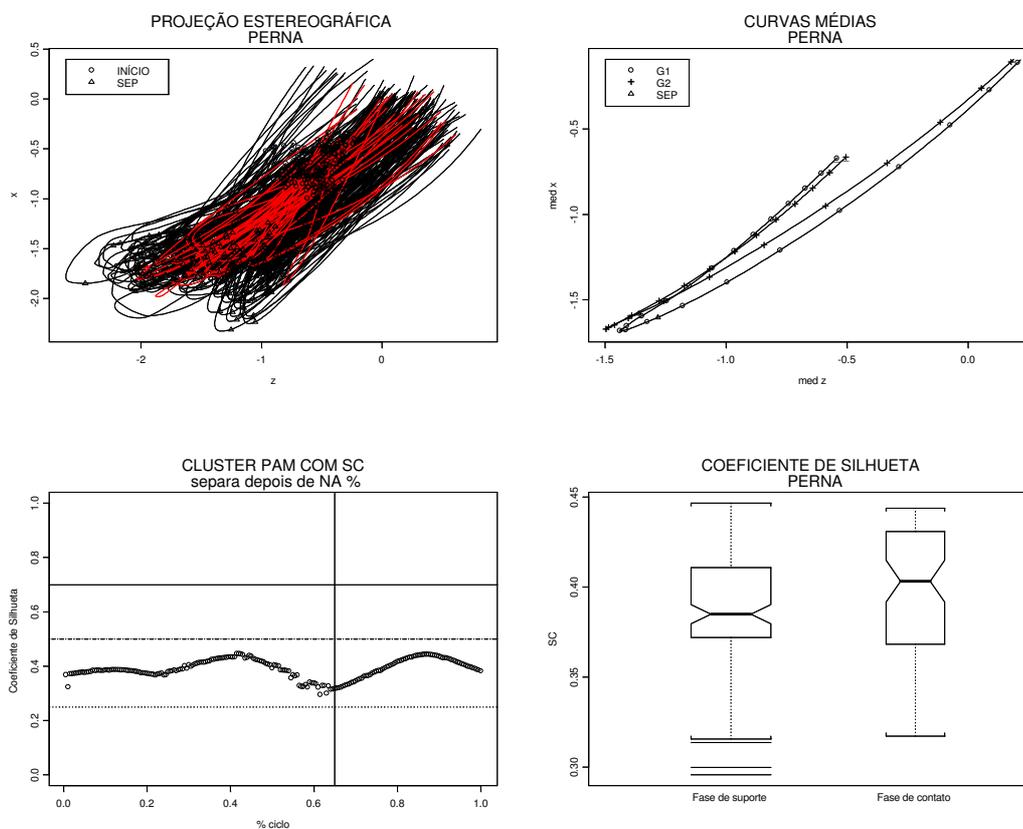


Figura 30: Curvas médias do segmento perna de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento perna ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

SEGMENTO PÉ

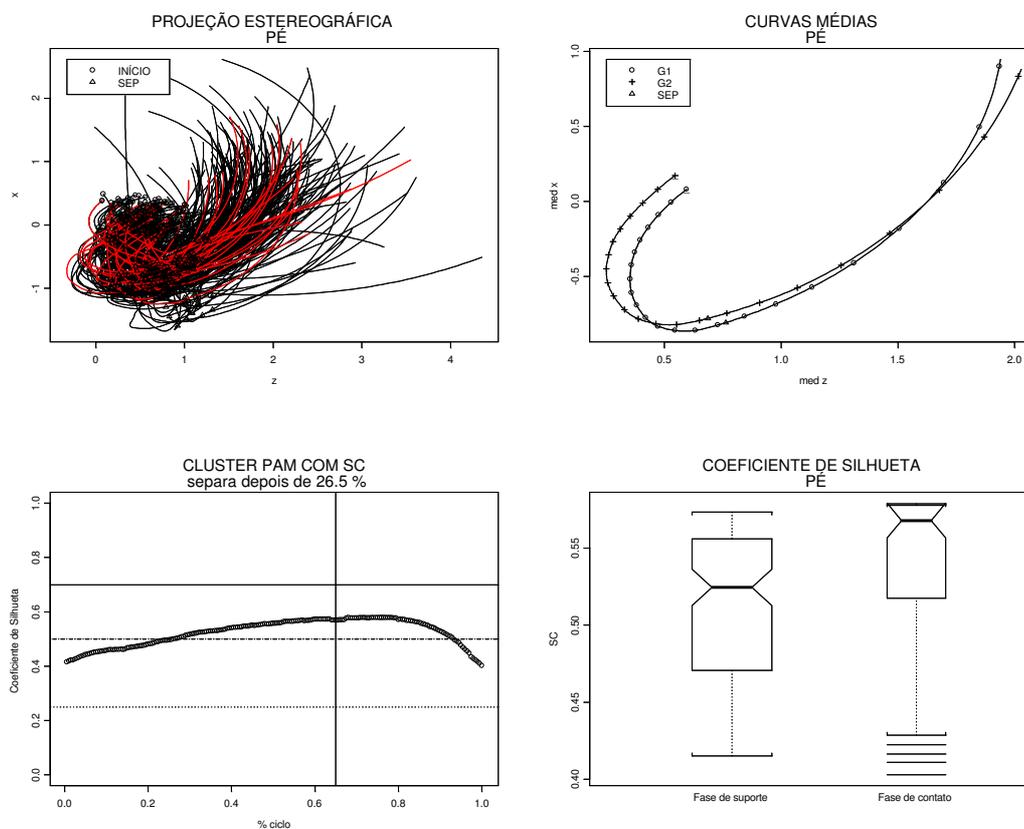


Figura 31: Curvas médias do segmento pé de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento pé ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

Observa-se, nas Figuras 29, 30 e 31 A, que as curvas do **G1** e **G2** estão sobrepostas para todos os segmentos. Isto é confirmado com as Figuras 29, 30 e 31 B, onde as curvas médias de **G1** e **G2** estão muito próximas. No entanto, o intervalo de confiança da mediana do **SC** dos segmentos coxa e perna foram iguais ou superiores a 0.5 nas duas fases (**FS** e **FC**) (Figuras 29 e 31 D). Ao analisar os gráficos do **SC** em um instante de tempo, constata-se que essa separação não ocorreu entre os grupos pré-estabelecidos (21 chutes com acerto no alvo e 189 chutes que não acertaram o alvo). Observa-se nas

Figuras 32 e 33, que não ocorreu separação entre as curvas dos chutes precisos e os imprecisos.

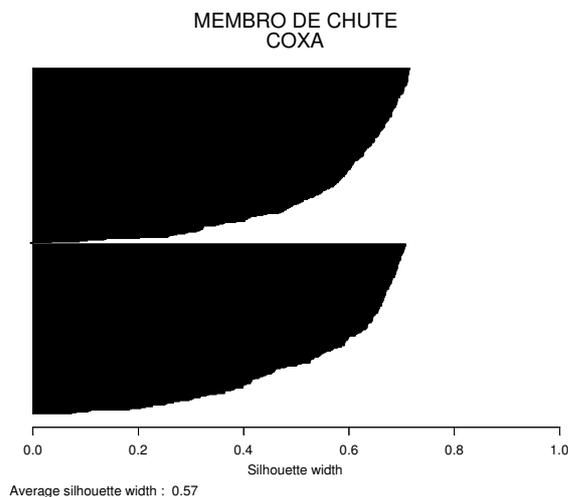


Figura 32: SC do segmento coxa do membro de chute em $t(i) = 1\%$ do ciclo.

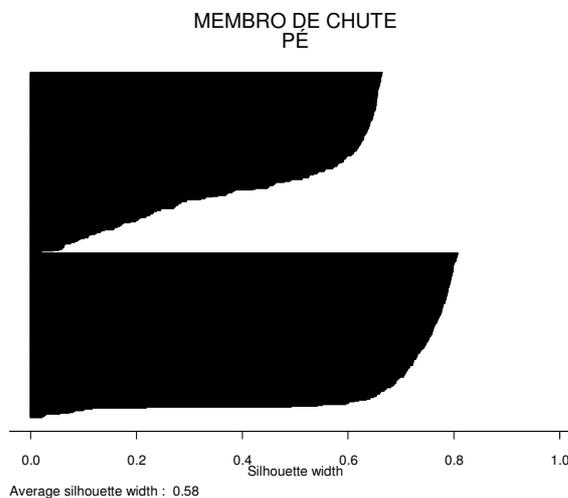


Figura 33: SC do segmento pé do membro de chute em $t(i) = 70\%$ do ciclo.

Estes resultados corroboram com Teixeira (2004), que comparou visualmente uma curva média dos chutes que acertaram o alvo com uma curva

média dos chutes que não acertaram, entre participantes com 15 e 17 anos de idade.

5.4 Comparação entre os padrões cinemáticos dos chutes que acertaram o alvo com os chutes que não acertaram o alvo: segmentos do membro de apoio (coxa, perna e pé).

SEGMENTO COXA

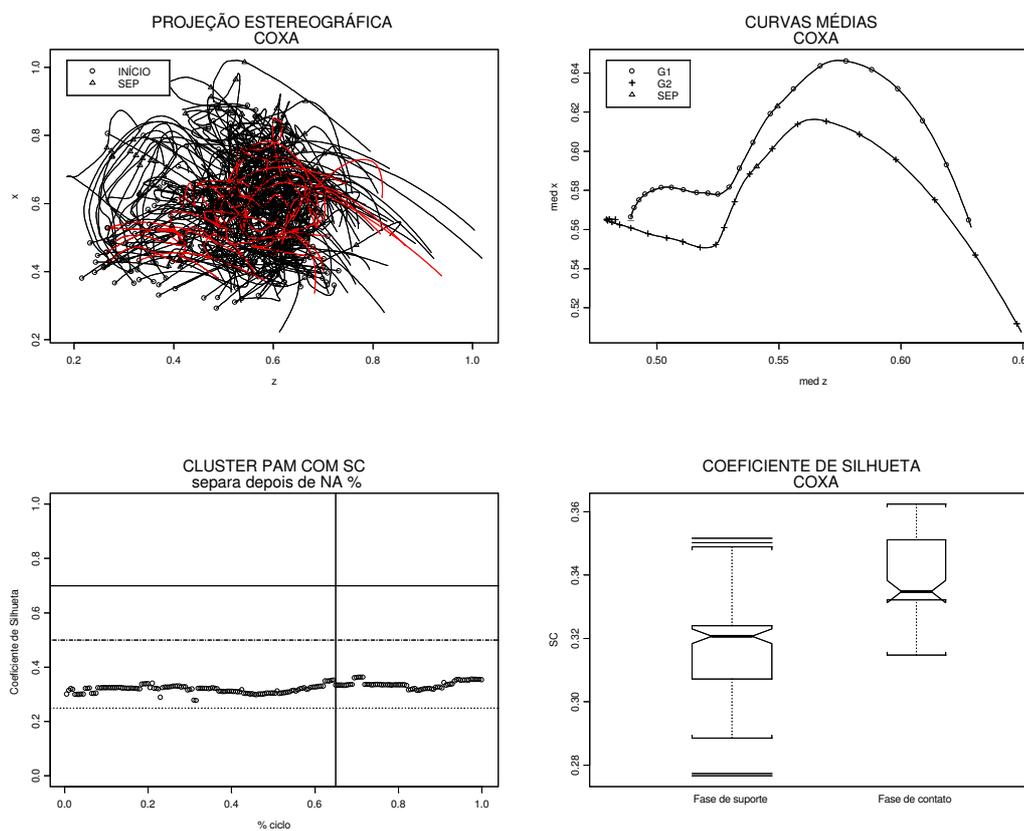


Figura 34: Curvas médias do segmento coxa de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento coxa ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

SEGMENTO PERNA

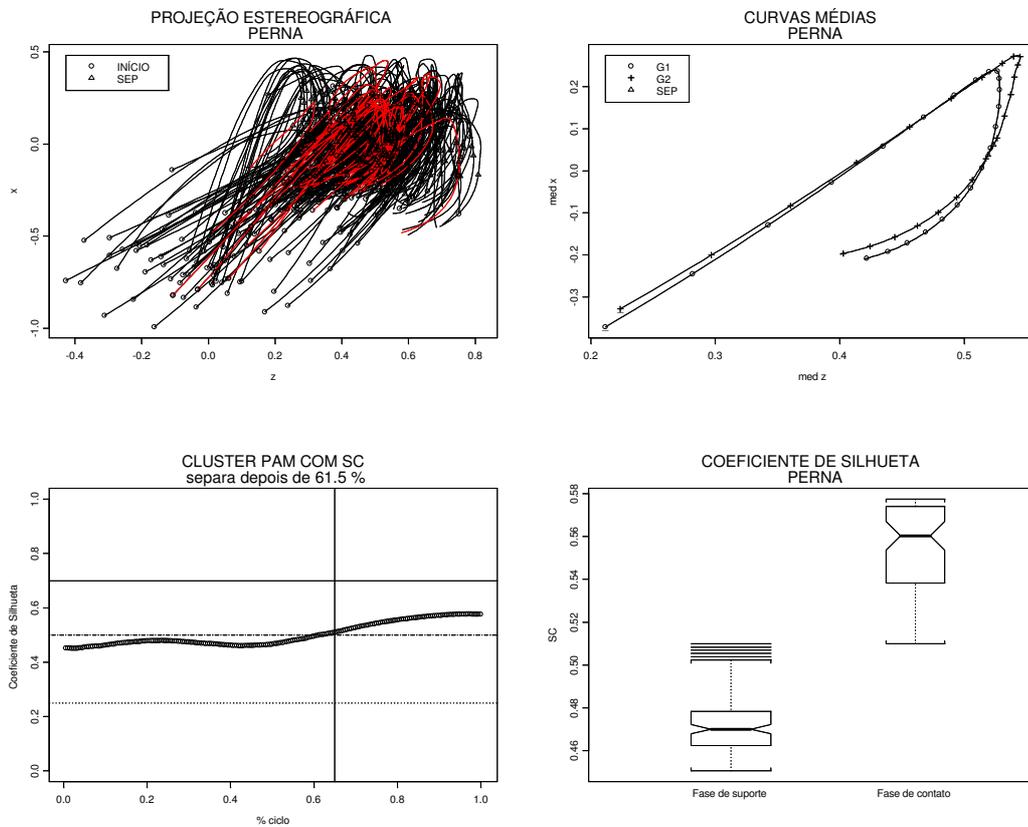


Figura 35: Curvas médias do segmento perna de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento perna ao longo do ciclo (C) e boxplots do SC (D).

SEGMENTO PÉ

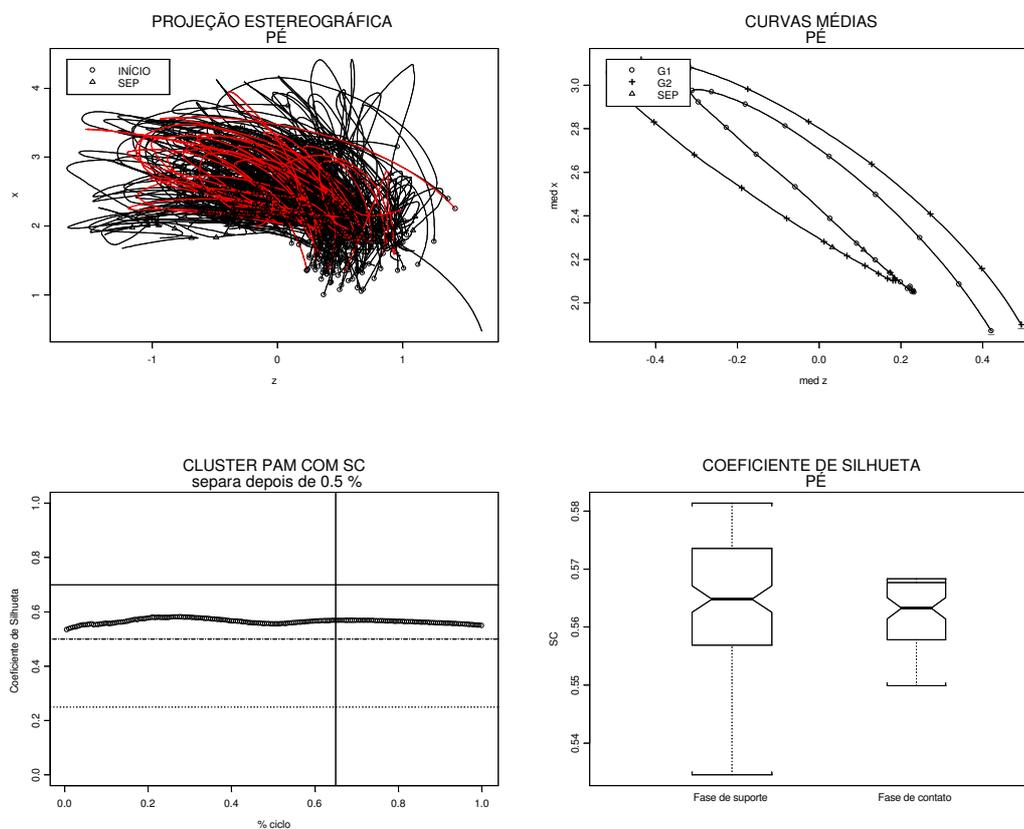


Figura 36: Curvas médias do segmento pé de cada participante (A), curvas médias de G1 e G2 (B), valores do SC do segmento pé ao longo do ciclo (C) e *boxplots* do SC (D).

Para o membro de apoio não ocorreram diferenças visuais entre todos os segmentos (Figuras 34, 35 e 36 A e B). O intervalo de confiança da mediana do **SC** do segmento perna na **FC** e pé na **FS** e **FC** foram superiores a 0.5 (Figuras 35 e 36 D). Ao analisar o **SC** em um instante de tempo, constata-se que essa separação não ocorreu entre os grupos pré-estabelecidos (chutes com acerto no alvo e 189 chutes que não acertaram o alvo) (Figuras 37 e 38).

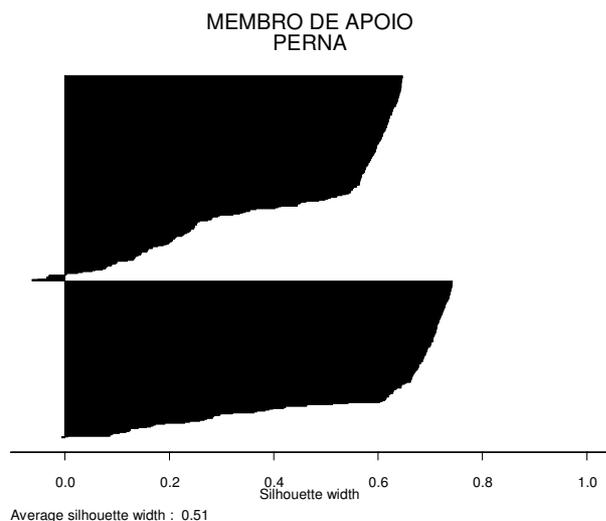


Figura 37: SC do segmento perna do membro de apoio em $t(i) = 90\%$ do ciclo.

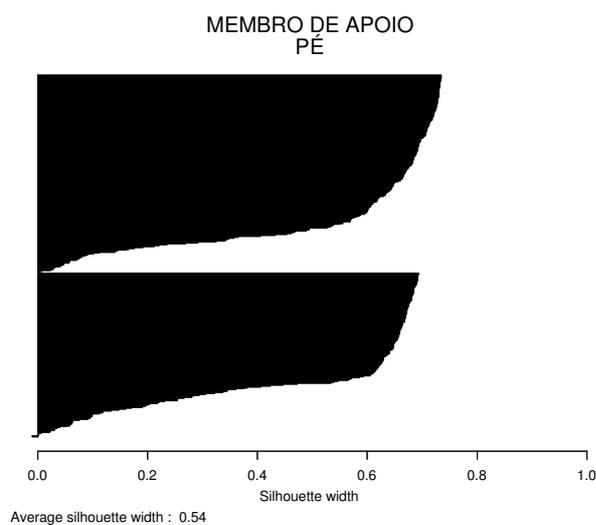


Figura 38: SC do segmento pé do membro de apoio em $t(i) = 35\%$ do ciclo.

O fato de não ter sido encontradas diferenças entre os padrões cinemáticos dos chutes que acertaram e não acertaram o alvo apontam que outras variáveis como, a força do chute, o local de contato do pé com a bola, o posicionamento do tronco e dos braços, a velocidade e direção do vento, entre outras, possam ocasionar a diferença no desempenho do participante.

6. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos através dos procedimentos metodológicos do presente estudo podem-se concluir que:

- O comportamento dos segmentos inferiores entre os dois grupos estudados (brasileiros e japoneses) apresentou padrões cinemáticos semelhantes nas duas fases analisadas (fase de apoio e fase de contato).
- Com relação à precisão dos chutes, verificou-se que os comportamentos dos segmentos inferiores entre os chutes precisos e os imprecisos apresentaram padrões cinemáticos semelhantes. Deste modo, não foram encontradas relações entre os chutes que acertaram o alvo e os chutes que não acertaram o alvo.

Os dados obtidos neste estudo representam algumas das inúmeras variáveis para serem estudadas sobre o chute no futebol. Portanto, sugere-se que novos estudos sobre outras variáveis do chute sejam realizados,

para que no futuro seja possível compreender melhor essa complexa tarefa, que é o chute no futebol.

7. REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, Y.I., KARARA, H.M. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates. **Proc. ASP/VI Symp. on Close-Range Photogrammetry. Urbana, Illinois, USA, 1971.**

AMADIO, A.C., DUARTE, M. (Eds). **Fundamentos Biomecânicos para Análise do Movimento Humano.** São Paulo, EEFUSP, 1996, p. 10.

ANDERSON, D.I., SIDAWAY, B. Coordination changes associated with practice of a soccer kick. **Research Quarterly for exercise and Sport**, v. 65, n. 2, p.93-99, 1994.

ASAMI, T., NOLTE, V. Analysis of powerful ball kicking. In: **Biomechanics VIII-B** (ed. H.Matsui e K.Kobayashi), Champaign: Human Kinetics Publishers, p. 695-700, 1983.

BARBANTI, V.J. **Dicionário de educação física e do esporte.** São Paulo: Manole, 1994.

BARFIELD, W.R. The biomechanics in soccer. Revista **Clinics in Sport Medicine**, Charleston, v. 17, n. 4, 1988.

BARROS, R.M.L. A flexible computational environment to track markers and reconstruct trajectories in biomechanics. In: Proceedings of the **XVth Congress of the International Society of Biomechanics**, Tokyo, p. 28, 1997.

BARROS, R.M.L., BREZIKOFER, R., LEITE, N.J., FIGUEROA, P.J. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise tridimensional de movimento humano. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 15, n. 1-2, p. 78-79, 1999.

CLEVELAND, W.S. **The elements of graphing data**. Monterey: Wadsworth, 1985.

COXETER, H.S.M. **Introduction to Geometry**. New York, John Wiley & Sons, 1969.

CUNHA, S.A., LIMA FILHO, E.C. Metodologia para suavização de dados biomecânicos por função não paramétrica ponderada local robusta. **Revista Brasileira de Biomecânica**. São Paulo: v. 1, n. 6, p. 23-28, 2003.

CUNHA, S.A. Análises biomecânicas no futebol. **Revista Motriz**. v. 9, n. 1, Janeiro/Abril. p. 21-24. 2003.

CUNHA, S.A., BARROS, R., LIMA FILHO, E.C., BREZIKOFER, R. Methodology for graphical analysis of soccer kick using spherical coordinates of the lower limb. In: Spinks W (Ed). **Science and Football IV**. London: Routledge. p. 8-15, 2002.

CUNHA, S.A., XIMENES, J.M., MAGALHÃES Jr, W.J. Análise do Posicionamento do Segmento Inferior em Dois Tipos de Chute no Futebol: Dados Preliminares. In: **II Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana e VIII Simpósio Paulista de Educação Física.**, Rio Claro, 2001.

CUNHA, S.A., XIMENES, J.M., MAGALHÃES Jr, W.J. Metodologia para determinação de padrões de chutes no futebol a partir de projeções estereográficas. In: **IX Congresso Brasileiro de Biomecânica**, Gramado, p. 59-63, 2001.

ELLIOTT, B.C., BLOOMFIELD, J., DAVIES, C.M. Development of the Punt Kick: A Cinematographic Analysis. **Journal of Human Movement Studies**, v. 6, p. 142-150, 1980.

FIGUEROA, P.J., LEITE N.J., BARROS, R.M.L. A Flexible Software for Tracking of Markers Used in Human Motion Analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 72, p. 155-165, 2003.

KAUFMAN, L., ROUSSEEUW, P. **Finding groups in data: an introduction to cluster analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1990.

LEAL, J.C. **Futebol: arte e ofício**. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.

LARA Jr, A.A. **Cinemática do chute com a bola parada no futebol**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências do movimento humano) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis -SC.

LEES, A., NOLAN, L. The biomechanics of soccer: a review. **Journal of Sports Science**, v. 16, n. 4, p. 211-234, 1998.

LEVANON, J. & DAPENA, J. Comparison of the kinematics of the full-instep and pass kicks in soccer. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 30, n. 6, p. 917-927, 1998.

MAGALHÃES Jr, W.J. **Padrão cinemático do chute no futebol: Comparação entre indivíduos praticantes e não praticantes, nas situações de descanso e exaustão**. 2003. 95 p. Dissertação (Mestrado em Motricidade Humana) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

McGILL, R., TUKEY J.W., LARSEN W.A. Variations of Box Plots. **The American Statistician**, v.32, n.1, 1978.

MOSTELLER, F., TURKEY, J.W. **Data analysis and regression.** Massachusetts: Addison-Wesley, 1997.

MOURA, F.A. **Análise cinemática do membro de apoio do chute no futebol em sujeitos praticantes e não praticantes.** Rio Claro, 2003. 41 p. (Monografia apresentada ao Instituto de Biociências - UNESP, para obtenção do Título de Bacharel em Educação Física).

NUNOME, H., IKEGAMI, Y., ASI, T., SATO, Y. Three-dimensional kinetics of inside and instep soccer kicks. In: Spinks, W (Ed). **Science and Football IV.** London: Routledge. p. 26-31, 2002.

SANTIAGO, P.R.P. **Comparação dos padrões cinemáticos de chutes realizados por sujeitos de 13 e 20 anos de idade.** Rio Claro, 2002. 39 p. (Monografia apresentada ao Instituto de Biociências - UNESP, para obtenção do Título de Bacharel em Educação Física).

SANTOS, E. **Caderno técnico-didático: Futebol,** Brasília, SEED/DDD, 1979.

TEIXEIRA, F.G. **Comparação dos padrões cinemáticos de chutes realizados por participantes com 15 e 17 anos.** Rio Claro, 2004. 85 p. Dissertação (Mestrado em Motricidade Humana) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

TEIXEIRA, F.G., MAGALHÃES Jr, W.J., WISIAK, M., CUNHA, S.A. Análise do chute no futebol em duas idades distintas através das coordenadas esféricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, n.10, 2003 Ouro Preto. **Anais...** v. 1, Ouro Preto - MG, p. 160-3, 2003.

TEIXEIRA, F.G., SANTIAGO, P.R.P., CUNHA, S.A. Comparação do chute no futebol entre duas categorias distintas utilizando coordenadas esféricas. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, v. 7 p. 57-61, 2003.

VALETA, L.N., CUNHA, S.A. Análise biomecânica do pé de apoio do chute no futebol. **Revista Motriz**. v. 5, n. 1, Junho. p. 93. 1999.

VUOLO, J.H. Fundamentos da Teoria de Erros. Editora Edgard Blücher Ltda 1996.

WICKSTROM, R.C. Developmental kinesiology. **Exercise and Sports Science Reviews**, v. 3, p. 163-92, 1975.

WICKSTROM, R.C. **Fundamental Motor Patterns**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1977.

XIMENES, J.M. **Análise cinemática de dois tipos de chute no futebol**. 2002. 58 p. Dissertação (Mestrado em Motricidade Humana) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

ABSTRACT

Soccer is one of the most popular and most played sports all over the world, currently with 205 associations affiliated to FIFA (Fédération Internationale de Football Association), maximum agency that organizes the worldwide soccer. Several research fields have aimed to study soccer, among them, the Biomechanics. The kick is the most studied and the most important skill in soccer, because it provides the main objective of the game: the goal.

The purpose of this research has been to compare the kinematics patterns of the lower limbs during kicks with the medial part of the foot (pass kicks), performed by soccer practitioners of both Brazilian and Japanese nationalities. Each one performed 15 goal kicks, simulating a foul kick with a barrier. These kicks were registered in films, by 4 digital cameras, focusing the kick and the participants' support limbs, in which 5 passive markers were placed in the anatomical spots of interest (greater trochanter of femur, epicondyle lateral of femur, lateral malleolus, calcaneus bone and the fifth metatarsal head), thus identifying the thigh, leg and foot segments.

The 3D data were obtained through the kinometry processes. Then, data were smoothed, and finally, a stereographic projection of normalized vectors was accomplished, producing curves in a plan, which described the placement frame by body segments during the kick. The average curve among each participant's 15 curves was estimated. Through the average curves, a cluster analysis for each segment among all the projected average curves was applied separately, at every moment. In this case, two groups were defined and

identified in order to be studied, and parts of the movement cycle in which there had been a separation were considered, due to the participant´s nationality.

Through the results it was concluded that the behavior of the lower limbs between the groups -Brazilian X Japanese- presented a similar kinematic pattern. In relation to precision, two situations were presented. The first one, in which the kicks were precise, and the second one, in which they weren't. It was observed that the limb behavior in these two situations also presented similar kinematic patterns. Therefore, no relationship could be found between those kicks which hit the target, and the ones which didn't.

KEY WORDS: Biomechanics, Soccer, Kick, Kinematics pattern, Projection Espheriographical, Analysis by Cluster.

APÊNDICES

Apêndice 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

I- Dados de Identificação do Indivíduo ou Responsável Legal:

1. Nome: _____
 Documento de Identidade nº: _____ Sexo: _____
 Data de Nascimento: ____/____/____
 Endereço: _____
 Bairro: _____ Cidade: _____
 CEP: _____ Fone: (____) _____
2. Responsável Legal: _____
 Natureza (Grau de parentesco, tutor, curador): _____
 Documento de Identidade nº: _____ Sexo: _____
 Data de Nascimento: ____/____/____
 Endereço: _____
 Bairro: _____ Cidade: _____
 CEP: _____ Fone: (____) _____

II- Dados sobre a Pesquisa Científica:

1. Título do Projeto: Comparação do Padrão Cinemático do chute no Futebol entre jogadores de dois países
2. Pesquisador Responsável: Sergio Augusto Cunha
 Cargo / Função: Professor Assistente Doutor
 Instituição: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Campus Rio Claro Dep. Educação Física
 Endereço: Av. 24 A n. 1515 Bairro: Bela Vista
 CEP: 13506-900 Fone: (19) 3526-4350 Fax: (19) 3534-0009

III - EXPLICAÇÕES, EM LINGUAGEM ACESSÍVEL, DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL

1. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO DA PESQUISA:
 O estudo comparativo do chute entre jogadores de dois países de culturas e tradições tão diferentes no futebol vai gerar uma importante base teórica para que os profissionais da área da educação física e esporte possam intervir de forma mais eficaz no ensino e treinamento deste fundamento, atuando nas populações específicas aqui estudadas.
 Este estudo tem como objetivo analisar e comparar os padrões cinemáticos (de movimento) dos membros inferiores durante chutes com a parte medial do pé (chute de chapa), simulando uma cobrança de falta, realizados por praticantes de futebol de nacionalidade brasileira e japonesa.
2. PROCEDIMENTOS A SEREM REALIZADOS:
 Inicialmente os participantes realizarão aquecimento e alongamento adequados para a atividade a ser realizada. Sua tarefa nesta pesquisa consistirá na realização três séries de 5 chutes (com a parte medial

do pé), com intervalo de descanso entre as séries a critério do participante, utilizando chuteira, calça de lycra e meião.

3. DESCONFORTOS E RISCOS POSSÍVEIS:

O exercício realizado pelos participantes não terá uma intensidade acima da carga que estão acostumados, não acarretando maiores perigos para a saúde de cada participante. Mesmo assim, o participante estará sujeito a qualquer tipo de acidente proveniente da prática de uma atividade física.

4. FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA:

Caso ocorra qualquer tipo de acidente, como uma contusão, entorse, queda, escoriações, serão realizados os procedimentos de primeiros socorros. Caso necessário, o pesquisador solicitará o serviço de atendimento a emergências do município, bem como, todo e qualquer gasto referente ao acidente, caso este ocorra durante a coleta de dados, será coberto pelo pesquisador.

5. BENEFÍCIOS QUE PODERÃO SER OBTIDOS:

A participação neste estudo será voluntária e não remunerada, contribuindo para dissertação de mestrado do pesquisador.

6. GARANTIA DE ESCLARECIMENTOS, ANTES E DURANTE O CURSO DA PESQUISA:

Eventuais dúvidas e reclamações sobre os procedimentos adotados nesta pesquisa podem ser encaminhados ao prof. Dr. Sergio Augusto Cunha, do Departamento de Educação Física da Universidade Estadual Paulista – Rio Claro-SP.

7. LIBERDADE DE SE RECUSAR A PARTICIPAR OU ABANDONAR A PESQUISA, SEM PENALIZAÇÃO ALGUMA:

O participante terá plena liberdade de retirar-se do experimento a qualquer momento que desejar.

8. GARANTIA DO SIGILO QUE ASSEGURE A PRIVACIDADE DO SUJEITO:

Os dados resultantes do desempenho do participante serão usados para propósitos científicos e permanecerão anônimos, de forma que sua identidade não será revelada sem prévio consentimento.

DECLARO que, após ter sido devidamente esclarecido(a) pelo (a) pesquisador(a) dos itens 1 ao 8, do inciso III, autorizo _____ a participar do projeto de pesquisa em questão.

DECLARO, ainda, que recebi cópia do presente Termo.

_____ de _____ de 2004

assinatura do indivíduo ou responsável legal

assinatura do pesquisador

Orientador: nome:

Assinatura



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Câmpus de Rio Claro
Seção Técnica Acadêmica
Comitê de Ética em Pesquisa



Rio Claro, 30 de agosto de 2004.

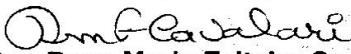
Ofício CEP 202/2004

Prezado(a) senhor (a):

Informo que em reunião realizada em **17.08.2004**, o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro (CEP-IB-UNESP), aprovou o projeto de pesquisa intitulado *Comparação do padrão cinematográfico do chute no futebol entre jogadores de dois países*, sob sua responsabilidade, protocolo 3075, datado de *29/06/2004*.

Sendo o que se apresenta para o momento, reitero meus protestos de consideração e coloco-me à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,


Prof. Dra. **Rosa Maria Feiteiro Cavalari**
Coordenadora do Comitê

UNESP - RIO CLARO 01/SEP/2004 14:56 00000434

Ilmo. Sr.
Prof. Dr. **SERGIO AUGUSTO CUNHA**
Departamento de Educação Física - I.B.
UNESP - CRC

Apêndice 3**Quadros de acerto e não acerto dos chutes****Participantes de G1**

participante	Alvo	Fora
G1A	6	9
G1B	0	15
G1C	1	14
G1D	2	13
G1E	2	13
G1F	0	15
G1G	0	15

Participantes de G2

participante	Alvo	Fora
G2A	1	14
G2B	2	13
G2C	1	14
G2D	2	13
G2E	3	12
G2F	1	14
G2G	0	15

Apêndice 4

Tabela. Coordenada dos oito marcadores fixados no objeto volumétrico utilizado para a calibração.

Ponto	x [mm]	y [mm]	z [mm]
1	0	0	0
2	722	0	0
3	725	0	562
4	0	0	561
5	0	975	0
6	723	972	0
7	724	973	562
8	0	974	560

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)