

Análises Biomecânicas no Futebol

Sergio Augusto Cunha

Universidade Estadual Paulista – Rio Claro SP

Resumo - O futebol é um fenômeno mundial que é jogado por 200 milhões de pessoas em 190 países e é imprescindível que os profissionais envolvidos no seu ensino e no seu treinamento apoiem-se nas descobertas que a ciência oferece cada vez em maior número e qualidade. A Biomecânica é uma das áreas da ciência que tem ferramentas para investigar quantitativamente o futebol. Serão apresentados aqui alguns estudos desenvolvidos no Laboratório de Análises Biomecânicas do Departamento de Educação Física – IB – Unesp – CRC. Algumas das principais características das pesquisas realizadas são: a preferência por investigar em condições mais próximas possível da ação em questão, a utilização, para o tratamento dos dados, de metodologias estatisticamente robustas e que levam em conta a estrutura temporal dos dados resultantes e a possibilidade de aplicação prática na relação ensino-aprendizagem e no treinamento desportivo. Este trabalho teve como objetivo apresentar algumas metodologias para análises biomecânicas no futebol e verificar se as variáveis em questão representam bem os fenômenos investigados. Três projetos investigando o posicionamento tático, o deslocamento e as velocidades dos jogadores, e o chute no futebol foram executados. Então, a Biomecânica mostra-se uma área importante para analisar quantitativamente o futebol, principalmente quando se utilizam critérios estatísticos que garantam informações precisas e confiáveis para os profissionais que trabalham desde a iniciação até o alto nível. As variáveis estudadas, coletadas em situações próximas da realidade do jogo, mostraram-se adequadas para a compreensão dos aspectos táticos, físicos e técnicos. Portanto, com essas metodologias aqui apresentadas pode-se garantir uma análise fidedigna de vários aspectos que compõem os fenômenos inerentes do futebol.

Palavras chave - Biomecânica, Futebol

Biomechanics Analysis in Soccer

Abstract - Soccer is a world phenomenon that is played by 200 million people in 190 different countries and is important that the professionals who are involved on the teaching and training of this sport make useful the science finds, what is, which time, better and large. The Biomechanics is a science area whose has the right tools to investigate soccer quantitatively. In this paper will be showed some research developed in the Biomechanics Analysis Laboratory (Labio) in the Physical Education Department – IB – Unesp- Campus Rio Claro. Some of the researches's main characteristics are the preference for make the conditions of the research nearest from the real condition that the action is done, utilizing, to the data treatments, a robust statistics methodology, which take the time structure of the resulting data and make possible the application in the teaching-learning and training processes. This study had the main to present some useful methodologies in biomechanics analysis in soccer and to verify if the variables in question represent in the right way the phenomenon, which was studied. Three project had been done at the Labio that were investigated the tactical positioning, the player's displacement and the velocity, and the soccer kick. Then, the Biomechanics could show that is a very important area to do a quantitative analysis in soccer, mainly when the statistics criteria are used, what guarantee fidelity and trust results to the professionals, who work with sportive initiation until to teams on the high performance. The variables had been analyzed and taken near from the real situation of the game, and they show that they are adjusted to comprehension of the tactical, physical, and technical aspects. Therefore, with these methodologies, which were presented in this paper, can guarantee a fidelity analysis on the different aspects that are part in the soccer.

Key Words - Biomechanics, Soccer.

O futebol é um fenômeno mundial que é jogado por 200 milhões de pessoas em 190 países, independente de idade, gênero e nível técnico. Dentro do mundo futebolístico (jogadores, técnicos, imprensa) acredita-se que não há necessidade de pesquisas científicas para auxiliar os profissionais envolvidos no treinamento de equipes. Porém, a realidade hoje é diferente: é imprescindível, para se alcançar o alto nível, que as equipes apoiem-se nas descobertas que a ciência oferece cada vez em maior número e qualidade. Assim, o futebol também está suscetível a esse apelo científico, que é uma ajuda muito importante para os profissionais ligados a esse esporte.

A Biomecânica é uma das áreas da ciência que tem ferramentas para investigar quantitativamente o futebol. E dentre as suas principais divisões, a cinemática é hoje

muito utilizada para estudar os fundamentos, os sistemas de jogo e as capacidades físicas, entre outros. (LEES; NOLAN, 1998; CUNHA et al, 2001; CUNHA et al, 1999).

Serão apresentados aqui alguns estudos desenvolvidos no Laboratório de Análises Biomecânicas (Labio) do Departamento de Educação Física – IB – Unesp – CRC. Algumas das principais características das pesquisas realizadas no Labio são: a preferência por investigar em condições mais próximas possível da ação em questão, a utilização, para o tratamento dos dados, de metodologias estatisticamente robustas e que levam em conta a estrutura temporal dos dados resultantes e a possibilidade de aplicação prática na relação ensino-aprendizagem e no treinamento desportivo. Assim, no “Estudo Biomecânico dos Padrões Cinemáticos do Chute

no Futebol” as ações desses fundamentos são executadas no campo de futebol e na quadra de futsal e não dentro do Laboratório tradicional. Os trabalhos desenvolvidos em parceria com o Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da Unicamp também levam em conta estas características. No “Sistema de Medição Automática de Posicionamento de Jogadores em Partida de Futebol” (CUNHA et al, 1999), no qual se pesquisam as distâncias percorridas e as faixas de velocidade alcançadas pelos jogadores, e na “Análise da variabilidade na medição de posicionamento tático no futebol”, que analisa o sistema de jogo da equipe, as análises são realizadas a partir de jogos oficiais. Com os dados coletados, passa-se então a tratá-los levando em conta as suas características de séries temporais, isto é, todos esses dados estão na forma de variáveis aleatórias indexadas pelo tempo. Além disto, em razão da ocorrência de erros aleatórios nos processos de captura, medição, calibração e sincronização, entre outros, deve-se utilizar técnicas que tratem os dados evitando que valores discrepantes interfiram nos mesmos. Desta forma, os resultados encontrados possuem fidedignidade para serem aplicados pelos professores e técnicos a fim de auxiliá-los na formação e aperfeiçoamento de seus alunos e jogadores.

O objetivo deste trabalho é apresentar algumas metodologias para a análise biomecânica no futebol e verificar se as variáveis em questão representam bem os fenômenos investigados.

Para a análise do posicionamento tático dos jogadores durante uma partida de futebol gravada em vídeo a partir de imagens de televisão aberta ou de filmagem própria mede-se o local estimado do campo onde cada jogador executou qualquer fundamento com a bola. Esse conjunto de dados bidimensionais é reduzido a dois eixos determinados pelos seus componentes principais. Esses eixos principais são centrados nas medianas dos valores referentes às coordenadas horizontal e vertical do campo de jogo, que são representadas, respectivamente, pelas linhas laterais e pelas linhas de fundo do mesmo (Figura 1).

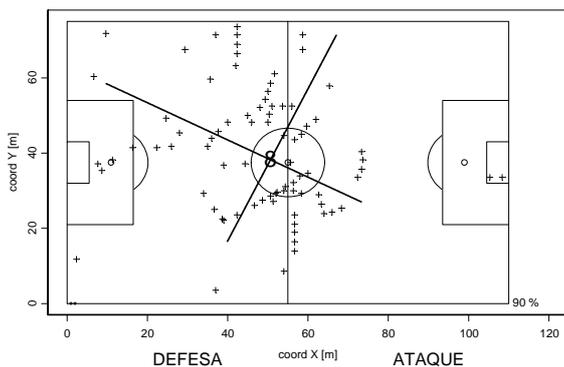


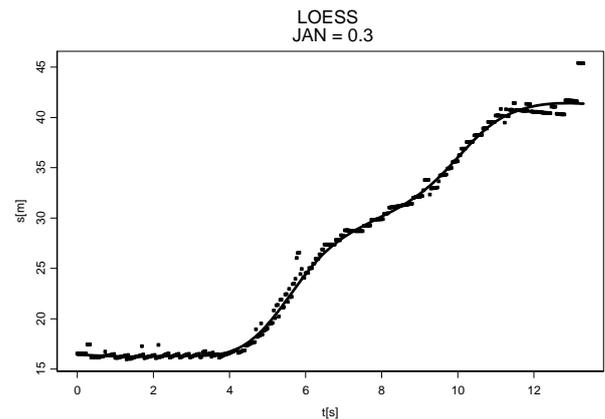
Figura 1 - Gráfico mostrando os dois eixos principais centrados na mediana das coordenadas X e Y.

Pode-se notar que as duas ações realizadas pelo jogador dentro da pequena área adversária, por exemplo, não interferiram na determinação do ponto de cruzamento dos eixos principais nem na orientação dos

mesmos. Assim, este procedimento estatisticamente robusto assegura uma análise que retrata a realidade do posicionamento tático do jogador durante a partida de futebol.

Quando o objetivo é determinar a distância percorrida e as faixas de velocidade alcançadas por jogadores durante uma partida qualquer, os dados brutos são obtidos a partir de imagens gravadas por quatro câmeras posicionadas no local mais alto de um estádio. A medição dos posicionamentos dos jogadores em campo durante toda a partida é feita utilizando técnicas computacionais para o *tracking* automático dos atletas (BARROS et al, 1999). Esses dados brutos são, então, suavizados para separar o sinal (coordenada real do jogador) dos ruídos (flutuação na escolha da região do corpo pelo algoritmo de *tracking*).

Para isso, foi utilizada a “Metodologia para a suavização de dados biomecânicos por função não paramétrica ponderada local robusta” (CUNHA, 1998), que faz o ajuste de uma função não paramétrica (*loess*) levando em conta a vizinhança de cada ponto suavizado e aplicando uma reponderação dos pontos vizinhos a partir da análise dos resíduos utilizando-se um procedimento robusto que evita que os valores discrepantes distorçam a característica do conjunto (CLEVELAND, 1985; MOSTELLER; TUKEY, 1977),



conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Gráfico das coordenadas da posição do jogador em função do tempo (pontos), suavizadas utilizando o método *loess*

Finalmente, para se analisar o padrão cinemático do chute no futebol, utiliza-se outra vez a cinemática para obtenção das coordenadas tridimensionais de marcadores colocados de modo a representar os segmentos inferiores envolvidos no ato de chutar a bola em gol, sob condições diversas. Em uma dessas situações, analisou-se o padrão cinemático dos segmentos coxa, perna e pé durante a realização de chutes utilizando a parte medial do pé simulando cobranças de faltas, com um grupo constituído por participantes que realizaram um treinamento de potência para membros inferiores (G1) e o outro grupo que realizou um treinamento específico de chute (G2), ambos durante três meses. Ao procedimento metodológico descrito anteriormente, acrescentou-se a projeção estereográfica (CUNHA et al, 1999) dos

segmentos descritos e as separações por cluster (KAUFMAN; ROUSSEUW, 1990) das curvas projetadas, parametrizadas no tempo.

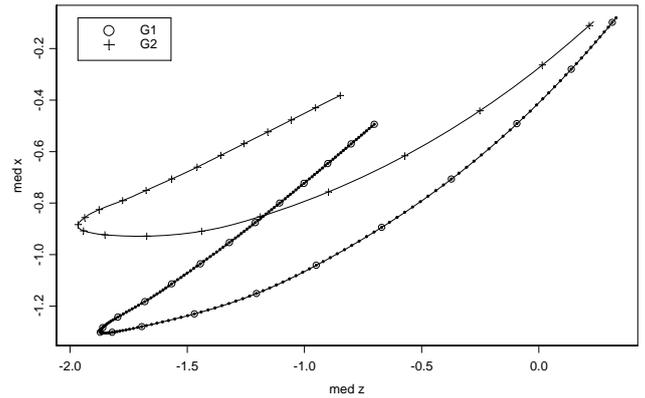
Assim, pode-se classificar os padrões dos chutes executados através das curvas médias obtidas (Figura 3). O treinamento específico de chutes fez com que as curvas médias, principalmente da coxa e da perna, tivessem uma mudança de orientação, indicando um aprimoramento devido aos treinos realizados. Além disso, pode-se determinar em quais segmentos aparecem as maiores diferenças, através da análise utilizando o *boxplot* para comparar os valores de separação de curvas provenientes da análise por *cluster* para cada variável (vetores da coxa, da perna e do pé, nos dois tipos de chutes).

Houve diferença entre os grupos em todos os segmentos, porém os maiores coeficientes aparecem no pé, depois na perna e finalmente na coxa. Também se pode encontrar em que fase do ciclo do chute (XIMENES, 2000) ocorre a maior diferença comparando-se os intervalos de confiança das medianas dos coeficientes de separação em cada fase (Figura 4).

Observa-se que apenas na coxa não houve diferença significativa entre as fases do ciclo de chute. Em um movimento extremamente veloz como o do chute, estas informações são muito importantes para ajudar os técnicos e professores a corrigirem os movimentos dos jogadores e melhorar seus desempenhos.

Conclui-se, então, que a Biomecânica é uma área importante para analisar quantitativamente o futebol, principalmente quando se utilizam critérios estatísticos que garantam informações precisas e confiáveis para os profissionais que trabalham desde a iniciação até o alto nível. As variáveis estudadas, coletadas em situações próximas da realidade do jogo, mostraram-se adequadas para a compreensão dos aspectos táticos, físicos e técnicos. Portanto, com essas metodologias aqui apresentadas pode-se garantir uma análise fidedigna de vários aspectos que compõem os fenômenos inerentes do futebol.

CURVAS MÉDIAS PERNA



CURVAS MÉDIAS PÉ

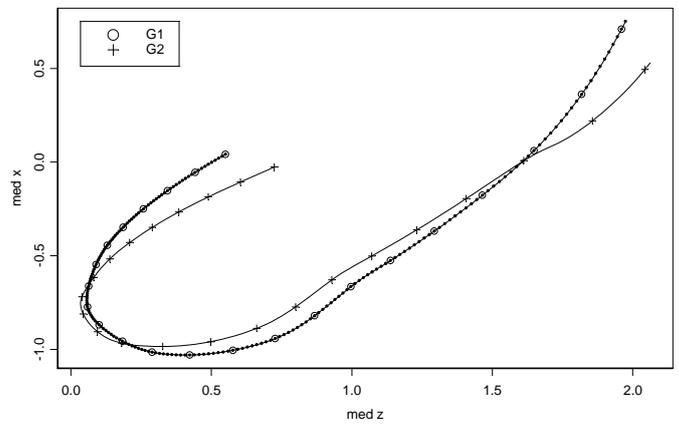
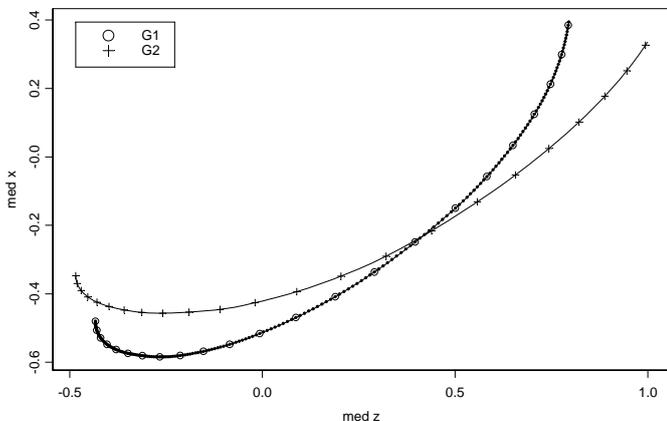
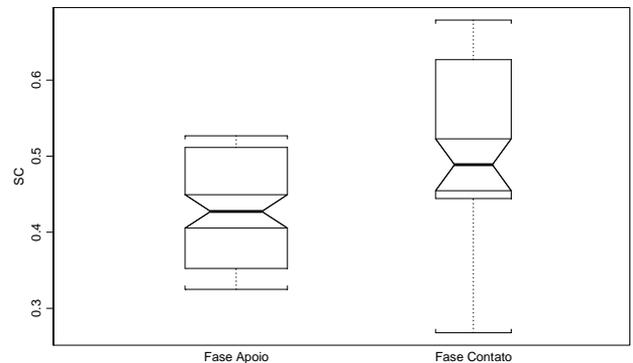


Figura 3 - Gráficos das curvas médias para os segmentos coxa (acima), perna (meio) e pé (abaixo), com G1 = chutes com treino de potência e G2 = chutes com treino específico.

CURVAS MÉDIAS COXA



SILHOUETTE COEFICIENT PERNA



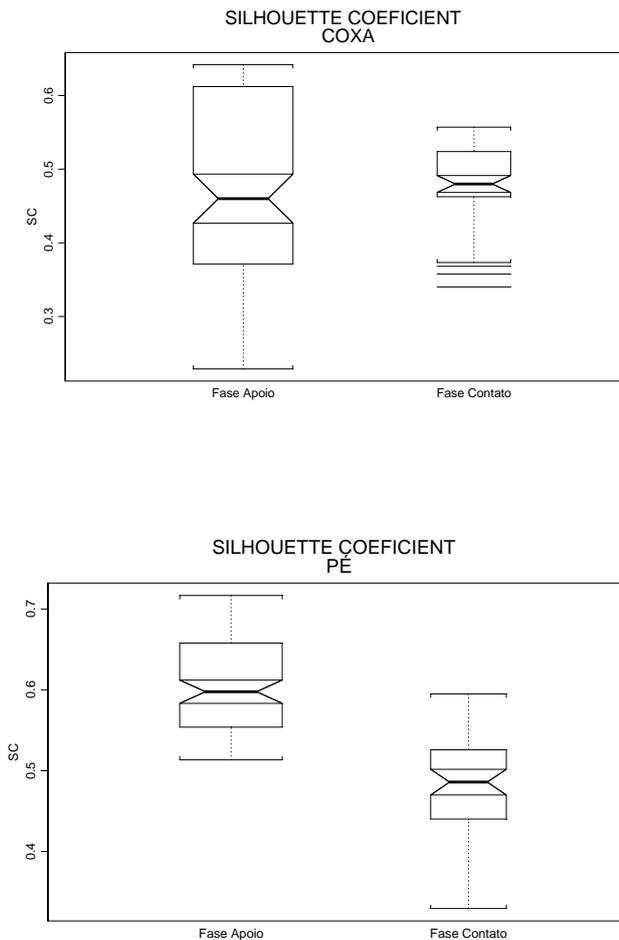


Figura 4 - Boxplots dos coeficientes entre F2 e F3 para os segmentos coxa (acima), perna (meio) e pé (abaixo), com G1 = chutes com treino de potência e G2 = chutes com treino específico.

Referências

BARROS, R.M.L., BRENZIOKOFER, R., LEITE, N.J., FIGUEROA, P. Desenvolvimento e avaliação de um sistema para análise cinemática tridimensional de movimentos humanos. *Revista Brasileira de Engenharia Médica*. v.15, n.1/2, p.79-86, 1999.

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

CUNHA, S.A. *Metodologia para a suavização de dados biomecânicos por função não paramétrica ponderada local robusta*. Tese de Doutorado. Unicamp – Campinas, 1998.

CUNHA, S.A., BARROS, R.M.L., SHOITI, M., FIGUEROA, P.J., LEITE, N.J., PAULA, V., ANIDO, R. *Sistema de medição automática de posicionamento de jogadores em partida de futebol*. In: Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica, Florianópolis:Sociedade Brasileira de Biomecânica, p.131-134,1999.

CUNHA, S.A., BINOTO, M., BARROS, R. Análise da variabilidade na medição de posicionamento tático no futebol. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v.15, n.2, p.111-16, 2001.

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

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

MOSTELLER, F., TUKEY, J.W. *Data analysis and regression*. Massachusets:Addison-Wesley, 1977

XIMENES, J.M. *Análise cinemática de dois tipos de chute no futebol*. Tese de Mestrado. Unesp – Rio Claro, 2002.

Endereço:

Prof. Dr. Sergio Augusto Cunha
Depto. de Educação Física - UNESP
Av. 24A, n 1515 – Bela Vista
CEP 13506-900 Rio Claro SP
(19) 526-4165

e-mail : scunha@rc.unesp.br

*Manuscrito recebido em 15 de janeiro de 2003.
Manuscrito aceito em 2 de abril de 2003.*