

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

TIAGO HENRIQUE AGUIAR

**ANÁLISE DE VARIÁVEIS
CINEMÁTICAS DE JOGADORES DE
FUTSAL MASCULINO, OBTIDAS
ATRAVÉS DE RASTREAMENTO
AUTOMÁTICO**

Campinas
2010

TIAGO HENRIQUE AGUIAR

**ANÁLISE DE VARIÁVEIS
CINEMÁTICAS DE JOGADORES DE
FUTSAL MASCULINO, OBTIDAS
ATRAVÉS DE RASTREAMENTO
AUTOMÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação apresentado à Faculdade de
Educação Física da Universidade
Estadual de Campinas para obtenção do
título de Bacharel em Educação Física.

**Orientador: Felipe Arruda Moura
Co-Orientadora: Ana Lorena Marche**

Campinas
2010

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA
BIBLIOTECA FEF - UNICAMP**

Ag93a	<p>Aguiar, Tiago Henrique. Análise de variáveis cinemáticas de jogadores de futsal masculino, obtidas através de rastreamento automático / Tiago Henrique Aguiar. -- Campinas, SP: [s.n], 2010.</p> <p style="text-align: center;">Orientadores: Felipe Arruda Moura, Ana Lorena Marche. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas.</p> <p style="text-align: center;">1. Futsal. 2. Rastreamento automático. 3. Videogammetria. 4. Biomecânica. I. Moura, Felipe Arruda. II. Ana Lorena Marche. III. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">dilsa/fef</p>
-------	---

Título em inglês: Analysis of kinematic variables players futsal, obtained through automatic tracking.
Palavras-chave em inglês (Keywords): Futsal; Automatic tracking; Videogammetry; Biomechanics.
Banca Examinadora: Sergio Augusto Cunha, Ana Lorena Marche.
Data da defesa: 09/11/2010.

TIAGO HENRIQUE AGUIAR

**ANÁLISE DE VARIÁVEIS CINEMÁTICAS DE
JOGADORES DE FUTSAL MASCULINO, OBTIDAS
ATRAVÉS DE RASTREAMENTO AUTOMÁTICO**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso Graduação defendido por Tiago Henrique Aguiar e aprovado pela Comissão julgadora em: ___/___/___.

Felipe Arruda Moura
Orientador

Ana Lorena Marche
Co-Orientadora

Sergio Augusto Cunha

Campinas
2010

Dedicatória

Eu dedico este trabalho aos meus que lutaram a vida toda para criar, educar e proporcionar aos filhos o melhor que lhes estava ao alcance.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por me dar saúde e força para enfrentar todas as dificuldades que a vida me impôs e também a alegria para desfrutar os bons momentos.

Agradeço à minha família, meus pais, Maria e Jair que, apesar das dificuldades, puderam me dar educação e caráter. Aos meus irmãos, Sandra e Daniel, que sempre me deram exemplos na vida, tanto para seguir como para não repetir jamais... (Daniel eu jamais irei passar por perto de Imbituba!!!)

Aos meus amigos e amigas, Japoneis, Kênia, Brunno, Mariana, Pelúcio, Josiane, Roza, Tripinha, Muskito, Leitão e Mimosa, obrigado por me darem as melhores lembranças da minha vida. E também por me lembrarem de outras que a amnésia alcoólica tentou me fazer esquecer!!!

À todos do LIB, onde fui muito bem recebido, em especial aos meus orientadores, Sergio, Felipe, Ana Lorena e Juliana. Sem a ajuda de vocês este trabalho não teria sido possível.

Aos companheiros e companheiras de trabalho, Ester, Rosália, Flávio e Júlio, que apesar da correria do dia a dia, sempre me deram força para conseguir conciliar o trabalho e o estudo.

Aos amigos da faculdade, Fukai, Ribeirão, Goiano, Diego, Pizzani, Mayra, Fernando e Robertinha, obrigado por me aguentarem por todos estes cinco anos de graduação. Vocês serão com certeza as melhores coisas que eu levarei desta graduação.

À Silvia e Yugi por todas as oportunidades que me deram e além disso à amizade que temos. Fefe, Banana e Sinhô, obrigado por todas as discussões, sempre tão construtivas, que me fizeram amadurecer profissionalmente e também pelos momentos descontraídos sempre após os eventos.

À minha companheira de todas as horas, que atura todas as minhas chatices, misturadas com mal humor e indecisões, sempre com um sorriso maravilhoso no rosto. Thamyris Vassallo Sambinelli quem sabe Aguiar, Eu te AMO.

AGUIAR, Tiago Henrique. Análise de Variáveis Cinemáticas de Jogadores de Futsal Masculino, Obtidas Através de Rastreamento Automático. 2010. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação - Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

RESUMO

O alto nível em que se encontram os esportes atualmente, estimula os estudos científicos em diversas áreas. Pequenos detalhes tem grande influência no resultado final de uma partida e identificar estes detalhes é de fundamental importância para a melhoria do processo de treinamento. O objetivo geral deste trabalho foi analisar algumas variáveis cinemáticas envolvidas no futsal, levando em consideração o seu tempo de participação. Para isto foi descrito a metodologia de Videogametria utilizada pelo software Dvideo a fim de oferecer valores quantitativos e comparativos de duas equipes de alto-rendimento. Com o auxílio deste software foi realizado o rastreamento automático de todos os jogadores que participaram da partida. Após o rastreamento foi gerada uma matriz com a posição x e y dos jogadores em quadra em função do tempo. De posse destes dados foi possível calcular a distância percorrida, a velocidade média e o número de *sprints* dos jogadores. Foi analisado o jogo amistoso entre as seleções masculinas de futsal brasileira e paraguaia, realizado no Ginásio Poliesportivo da UNICAMP, em 11/04/2010. Fizeram parte deste estudo todos os 22 jogadores que atuaram na partida, incluindo os goleiros. Os jogadores substituídos e que voltaram à partida continuaram sendo rastreados após o seu retorno. Para realização da coleta das imagens foram utilizadas 4 câmeras JVC GZ-HD6 com frequência de aquisição de 30Hz. Foram descritos neste trabalho os processos de tratamento das imagens, rastreamento e sua preparação, obtenção da matriz posição por tempo de todos os jogadores, cálculo das variáveis cinemáticas e apresentação dos dados obtidos. As variáveis trabalhadas foram distância percorrida, velocidade média, e número de *sprints*, calculadas levando em consideração o tempo de permanência do jogador em quadra para cada participação. Esta consideração tem relevância devido às frequentes substituições no decorrer da partida. Como forma de apresentação das possibilidades de utilização do rastreamento, foram quantificadas as variáveis, juntamente à comparação entre primeiro, segundo e tempo total. Após todos os procedimentos foram obtidos os dados para todos os jogadores individualmente e em média geral. A distância percorrida média encontrada para os jogadores de linha durante toda a partida foi 2930m e para os goleiros 1997m. A velocidade média dos jogadores de linha apresentada neste trabalho foi de $104 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ e para os goleiros $42,79\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. A média do número de *sprints* que ultrapassaram $5,28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ foi de 20,4 e para os *sprints* que ultrapassaram $6,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ foi de 4,7. Este trabalho vem a oferecer aos profissionais da área mais uma ferramenta para obtenção de dados mais precisos de seus atletas e assim aprimorar e especializar ainda mais os processos e o treinamento de seus jogadores.

Palavras-Chaves: futsal; Rastreamento Automático; Videogametria; Biomecânica.

AGUIAR, Tiago Henrique. **Analysis of kinematic variables Players futsal, Obtained Through Automatic Tracking**. 2010. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação -Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ABSTRACT

The high level in which sports are practiced today, encourages scientific research in several areas. Small details have great influence on the outcome of a match and to identify these details is crucial to improving the training process. The aim of this study was to analyze some kinematic variables involved in futsal, considering their participation time. For that end it was described the methodology called Videogrammetria, used by software Dvideo, to offer quantitative and comparative values of two high-performance teams. With this software it was made an automatic tracking of all players who participated in the match. After the tracking a matrix with the position (x and y) in function of time of the players on the court was generated. In possession of these data was it possible to calculate the distance covered, average speed and number of sprints of the players. It was considered the friendly match between the teams of men's futsal in Brazil and Paraguay, played in the Gymnasium at UNICAMP, on 11/04/2010. All the 22 players who participated the match, including goalkeepers were tracked. The players who were replaced and returned to the game continued to be tracked after their return. To collect the images were used four cameras JVC GZ-HD6 with acquisition frequency of 30Hz. In this study all the processes of images treatment, tracking and preparation, obtaining the matrix position by the time for all players, calculation of the kinematic variables and results were described. The studied variables were distance covered, average speed and number of sprints, calculated taking into account the time with the player on the court for each participation. This consideration is relevant because of frequent substitutions during the match. As a way of presenting the possibilities of using the tracking, the variables were quantified along the comparison between first, second and total time. After all procedures the data for all the players individually and in general average was obtained. The average distance covered calculated for the line players throughout the match was 2930m and 1997m for the goalkeepers. The average speed of the line players presented here was $104 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ and for goalkeepers $42.79 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. The average number of sprints that exceeded $5.28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ was 20.4 and for the sprints that exceeded $6.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ was 4.7. This work offers professionals an additional tool for obtaining more accurate data on their athletes and thus increase and specialize further the procedures and training of their players.

Keywords: futsal; Automatic Tracking; Videogrammetry; Biomechanics.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DISPOSIÇÃO DAS CÂMERAS DURANTE A COLETA DAS IMAGENS.....	8
FIGURA 2. EXEMPLO DO ENQUADRAMENTO DAS 4 CÂMERAS UTILIZADAS NA COLETA DAS IMAGENS.	9
FIGURA 3. INTERFACE PARA EDIÇÃO DE ALGORITMOS UTILIZADA NO PROCESSO DE SEGMENTAÇÃO.	10
FIGURA 4. GERAÇÃO DOS <i>BLOBS</i> DURANTE O PROCESSO DE SEGMENTAÇÃO.	11
FIGURA 5. INTERFACE PARA EDIÇÃO DE ALGORITMOS UTILIZADA NO PROCESSO DE SEGMENTAÇÃO. DETALHE PARA O ACRÉSCIMO DOS OPERADORES DE DILATAÇÃO E EROSÃO.	12

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. TEMPO JOGADO EM MINUTOS PARA CADA JOGADOR E DISCRIMINADO POR ATUAÇÃO EM CADA PERÍODO.	18
TABELA 2. DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS POR CADA JOGADOR E DISCRIMINADA POR ATUAÇÃO EM CADA PERÍODO.	19
TABELA 3. VELOCIDADE MÉDIA EM METROS POR MINUTO PARA CADA JOGADOR E DISCRIMINADA POR ATUAÇÃO EM CADA PERÍODO.	20
TABELA 4. NÚMERO DE <i>SPRINTS</i> PARA CADA JOGADOR DISCRIMINADO POR PERÍODO E VELOCIDADE DE REFERÊNCIA	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
2.1 COLETA DOS DADOS	7
2.2 CONVERSÃO DAS IMAGENS	9
2.3 SEGMENTAÇÃO	10
2.4 RASTREAMENTO	12
2.4.1 Rastreamento Automático	13
2.4.2 Rastreamento Manual	13
2.5 CALIBRAÇÃO, RECONSTRUÇÃO 2D E SUAVIZAÇÃO.....	14
3 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	15
3.1 CÁLCULO DAS VARIÁVEIS.....	15
3.2 CÁLCULO DA DISTÂNCIA PERCORRIDA	15
3.3 CÁLCULO DA VELOCIDADE MÉDIA	16
3.4 OBTENÇÃO DO NÚMERO DE <i>SPRINTS</i>	16
4 RESULTADOS.....	17
5 DISCUSSÃO	22
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
7 REFERÊNCIAS.....	27

1 Introdução

Os profissionais do esporte vêm cada vez mais buscando um maior conhecimento científico de suas modalidades. Esta busca é motivada pelo alto nível competitivo em que as equipes se encontram, sendo que um pequeno detalhe pode fazer toda a diferença no resultado final.

Durante o processo de treinamento, vários fatores têm influência no resultado da partida, sejam eles coletivos ou individuais, e este trabalho tão minucioso, muitas vezes é baseado em conhecimentos empíricos, experiências pessoais e com pouca fundamentação teórica.

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no campo da Educação Física, principalmente na área de Esportes, buscando oferecer subsídios teóricos aos profissionais da área e, aliado às pesquisas, vem o desenvolvimento tecnológico que oferece aos pesquisadores ferramentas para agilizar e facilitar a realização dos estudos.

Ao longo do tempo, uma série de ferramentas foi criada com a finalidade de fornecer, aos técnicos, treinadores e profissionais de várias áreas, dados confiáveis do desempenho de seus atletas durante as partidas. Para a obtenção de informações sobre a posição de um atleta em função do tempo, alguns métodos têm sido apresentados na literatura. Dentre eles, pode-se citar a utilização de sensores-transmissores colocados junto ao corpo do atleta, o uso de GPS (Sistema Global de Posicionamento), a Videogrametria, etc.

A utilização dos sensores-transmissores junto ao corpo possibilita a obtenção simultânea dos dados dos jogadores, porém, segundo as regras do futsal e

de outras modalidades, não é permitida a utilização de equipamentos presos ao corpo dos jogadores em jogos oficiais. A utilização do GPS oferece os dados simultâneos da trajetória dos jogadores, mas também não é permitida.

A Videogrametria vem se tornando uma opção conveniente. Através das imagens coletadas dos jogos e auxílio computacional, é possível obter os dados de posição e tempo dos jogadores, sem que haja a necessidade de objetos presos ao atleta e sem ferir as regras das modalidades. Este método também possui a facilidade de seus dados estarem acompanhados das imagens que os geraram, o que auxilia nos momentos de análise.

Conhecer as variáveis cinemáticas envolvidas nas modalidades tem fundamental importância durante o treinamento. Dimensionar e quantificar a carga de treino quando se busca ganhos tão pequenos em desempenho, considerando atletas no auge de seu desempenho, é uma tarefa difícil. Desta forma, ter valores palpáveis a disposição dos treinadores contribui no desenvolvimento deste trabalho e na otimização do treinamento.

Dados como velocidade, distância percorrida, número de *sprints* são grandes avaliadores das demandas físicas de uma partida de futsal. Com posse destes dados, os técnicos podem focar o treinamento dos atletas em zonas alvo, de forma a tornar o treinamento mais específico à modalidade.

Um dos trabalhos pioneiros no cálculo de distância percorrida foi realizado por Reilly e Thomas (1976). Este trabalho foi realizado utilizando estimativa visual, baseada no tamanho do passo realizado em cada determinada ação de andar, trotar e correr. Através da somatória dos passos era calculada a distância percorrida pelos jogadores.

Atualmente, a estimativa visual continua sendo amplamente utilizada. Soares e Tourinho Filho (2006) analisaram para o futsal a distância percorrida em determinados tipos de movimentos como andar, trotar, correr, deslocamento lateral e para trás. Foram analisados 16 jogadores durante os oito jogos da IV Edição da Copa Capão de Canoa. Os autores utilizaram a estimativa visual, juntamente ao protocolo de testes Withers et. al. (1982) para determinar o tamanho da passada e as distâncias percorridas pelos jogadores, através das imagens coletadas dos jogos.

Foram apresentados os dados de média da distância percorrida em metros e a porcentagem dos esforços de baixa, média e alta intensidade dos jogadores, discriminados por posição. As médias das distâncias percorridas, em metros, encontradas por posição foram: Goleiro – 2602,06 \pm 418,94, Ala – 3146,63 \pm 596,03, Fixo – 4168,94 \pm 605,28 e Pivo – 3348,20 \pm 1042,10.

O rastreamento automático com auxílio da videogrametria vem sendo utilizado como uma satisfatória opção para a obtenção da distância percorrida. Barros et. al. (2007) analisaram a distância percorrida geral, entre o primeiro e o segundo tempo, por faixa de velocidade e por posição de jogadores da primeira divisão do campeonato brasileiro de futebol de campo. Foram considerados neste estudo os 55 jogadores que não foram substituídos durante o andamento da partida.

Para o rastreamento dos jogadores em campo e conseqüentemente a obtenção de suas coordenadas bidimensionais, os autores utilizaram o software Dvideo (FIGUEROA, LEITE e BARROS, 2006a; b). Foram utilizadas quatro câmeras para a coleta das imagens, posicionadas no ponto mais alto do estádio, de forma a cobrir todo o campo. Os dados médios de distância percorrida durante os 90 minutos de jogo foram

10012 m \pm 1024, sendo 5173m \pm 394, durante o primeiro tempo durante o segundo tempo – 4808m \pm 375.

Barbeiro-Alvarez et al. (2008) analisaram a distância percorrida e a distância percorrida por minuto, comparando os dados do primeiro e do segundo tempo de 10 jogadores (exceto goleiros) profissionais durante 4 partidas da liga Espanhola Profissional de futsal. Foi utilizado neste trabalho a vídeogametria bidimensional Barbeiro (2002) para a análise da distância percorrida por minuto. Para aquisição das imagens foram utilizadas duas câmeras voltadas uma para cada meia quadra e o rastreamento dos jogadores foi realizado 100% manual.

A distância percorrida média encontrada foi de 4313m \pm 2139 e a distância percorrida por minuto média foi 117,3 m \cdot min⁻¹ \pm 11,6. A média da distância percorrida por faixa de intensidade foi: Andando – 397m \pm 214, trotando – 1762m \pm 935, range 204, Corrida de Média Intensidade – 1232m \pm 605, Corrida de Alta Intensidade – 571m \pm 271 e em Velocidade Máxima 349m \pm 175.

Os autores apresentaram os percentuais da média da distância percorrida em diferentes intensidades. Sendo Andando – 9,0% \pm 1,5 , trotando – 39,9% \pm 4,1, Corrida de Média Intensidade – 28,5% \pm 2,2, Corrida de Alta Intensidade – 13,7% \pm 2 e em Velocidade Máxima 8,9% \pm 3,4.

O autor realizou a comparação da distância percorrida média entre os tempos, sendo para o primeiro tempo – 2496m \pm 1025 e para o segundo tempo – 2596m \pm 932. Segundo os autores, para os dados de distância percorrida, não foram encontradas diferenças significativas, porém quando à distância percorrida por minuto houve um decréscimo significativo de 7,1%, de 118 m \cdot min⁻¹ \pm 13 no primeiro tempo para 111 m \cdot min⁻¹ \pm 9.

O método de estimativa visual é amplamente utilizado porém, os dados obtidos podem conter uma alta incidência de erros, uma vez que este se baseia em valores médios de comprimento de passada e na própria estimativa visual, além de exigir um grande tempo de dedicação para a aquisição os dados (CARLING et al., 2008). Outros métodos de rastreamento de jogadores são executados de forma totalmente manual, o que também pode apresentar um nível de imprecisão indesejável. Muitos trabalhos já foram elaborados para o futsal porém ainda não foi encontrado na literatura estudos que tratem do número de *sprints* e que considerem as entradas e saídas dos jogadores.

Assim, o objetivo geral deste trabalho foi analisar variáveis cinemáticas envolvidas no futsal. Para isso, foram analisadas as variáveis distância percorrida, velocidade média e número de *sprints* para cada jogador, levando em consideração o seu tempo de participação. Os procedimentos adotados para a realização desta análise serão descritos, desde a coleta das imagens, até o cálculo das variáveis. Também pretende-se mostrar algumas das possibilidades de análise que podem ser obtidas através destes dados e contemplar algumas das necessidades dos treinadores e profissionais da área em conhecer as demandas físicas da modalidade, auxiliando assim a periodização do treinamento.

O presente trabalho traz um método de análise com um baixo percentual de erro e um menor tempo gasto para aquisição dos dados. Este trabalho terá como diferencial, além das variáveis já citadas acima, a abordagem do número de *sprints* e das atuações dos jogadores. Com isto os técnicos, preparadores e profissionais da área terão maiores informações sobre os seus atletas e assim poderão

proporcionar treinos e avaliações físicas ainda mais específicas à modalidade e aos próprios jogadores.

Este trabalho vem a oferecer valores quantitativos e comparativos de duas equipes de alto rendimento, a fim de contribuir com os estudos sobre esta modalidade e com os profissionais da área, que buscam um maior conhecimento sobre as demandas físicas envolvidas no futsal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho realizou o rastreamento automático com o auxílio da interface Dvideo (FIGUEROA, LEITE e BARROS, 2006a; b) para fornecer as coordenadas 2D dos jogadores em função do tempo, *software* Adobe Premiere Elements 8.0 para edição das imagens e do *Software* MatLab® para o cálculo das variáveis de distância percorrida, velocidade média e número de *sprints*. Este método foi escolhido por não necessitar da utilização de qualquer aparelho preso ao corpo do atleta para coleta de dados. A utilização destes aparelhos, além de causar incômodo, não é permitido pelas regras da competição.

Os indivíduos estudados neste trabalho são atletas profissionais, adultos, integrantes da Seleção Brasileira e Paraguaia de futsal Masculino. Fizeram parte do estudo todos os 22 jogadores que atuaram na partida, incluindo os goleiros. Os jogadores substituídos e que voltaram à partida continuaram sendo rastreados após o seu retorno, possibilitando assim a comparação entre suas participações, sendo que as substituições são frequentes no futsal. As imagens foram coletadas durante o amistoso entre as seleções realizado em 11/04/2010 no Ginásio Poli-Esportivo da UNICAMP.

2.1 Coleta dos Dados

O sistema de Videogrametria foi empregado através da utilização de quatro câmeras JVC GZ-HD6 com frequência de aquisição de 30Hz, instaladas no alto do ginásio, de forma a cobrir toda a extensão da quadra e longe de possíveis obstruções causadas por bandeiras ou qualquer outro tipo de interferência da torcida. As câmeras, após instaladas, permaneceram na mesma posição durante toda a

duração da partida, sendo a gravação das imagens interrompida apenas durante o intervalo.

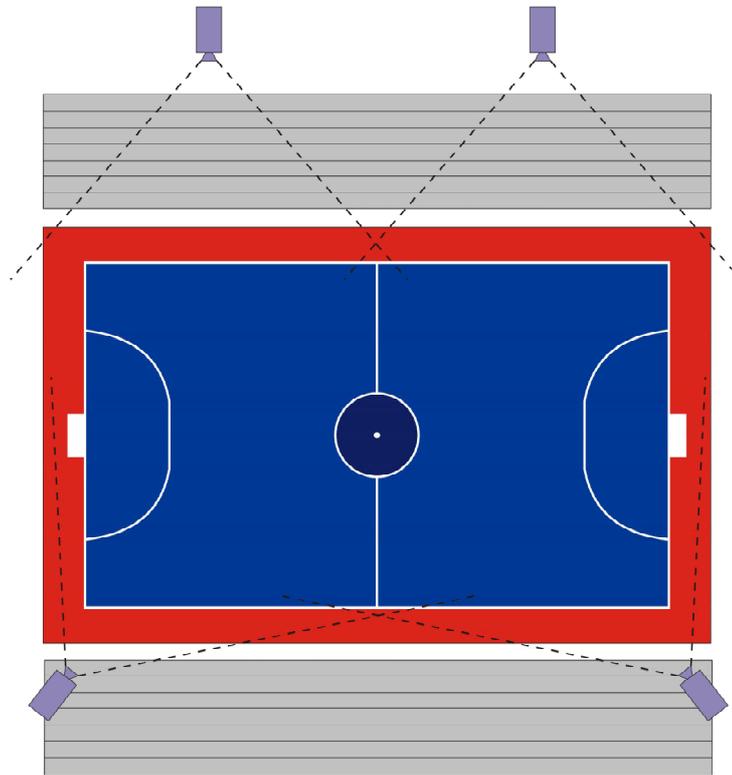


Figura 1. Disposição das Câmeras durante a coleta das imagens..

Na véspera da partida, foram realizados os preparativos para a coleta das imagens. Durante a visita-técnica, foi estudado o melhor local para o posicionamento das câmeras e realizado a medição da quadra, procedimento fundamental para a futura calibração das câmeras. Após a aquisição das imagens, foi dado início aos procedimentos computacionais necessários para a realização o rastreamento automático.



Figura 2. Exemplo do enquadramento das 4 câmeras utilizadas na coleta das imagens.

2.2 Conversão das Imagens

Após a geração dos arquivos, duas características necessitaram de cuidados especiais. Uma diz respeito ao formato dos arquivos gerados pela câmera que possuem a extensão TOD. Outra particularidade foi que a câmera não gera arquivos contínuos, isto é, a cada 4Gb, aproximadamente 19 minutos de filmagem, a máquina interrompe a filmagem e salva um arquivo até o momento do corte.

O *software* Dvideo, utilizado no rastreamento dos jogadores, é compatível apenas com arquivos de vídeo no formato AVI .A solução encontrada foi a conversão dos arquivos do formato TOD para o formato AVI e a junção das partes geradas pela câmera em um único arquivo. Para isto foi utilizado o *software* Adobe Premiere Elements 8.0 que realizou a conversão e edição das imagens

O processo de segmentação é responsável por esta seleção de objetos a partir de uma sequência de imagens. O *software* Dvideo possui uma interface especial (figura 3) que permite editar algoritmos para a realização do processo da segmentação.

Após esse processo, a imagem é binarizada e as regiões conexas encontradas são rotuladas recebendo o nome de *blobs*. Cada *blob* possui informações sobre tamanho que representa o número de pixels de cada jogador, cor, perímetro e coordenadas bidimensionais que representam a posição do centro do *blob* na imagem.

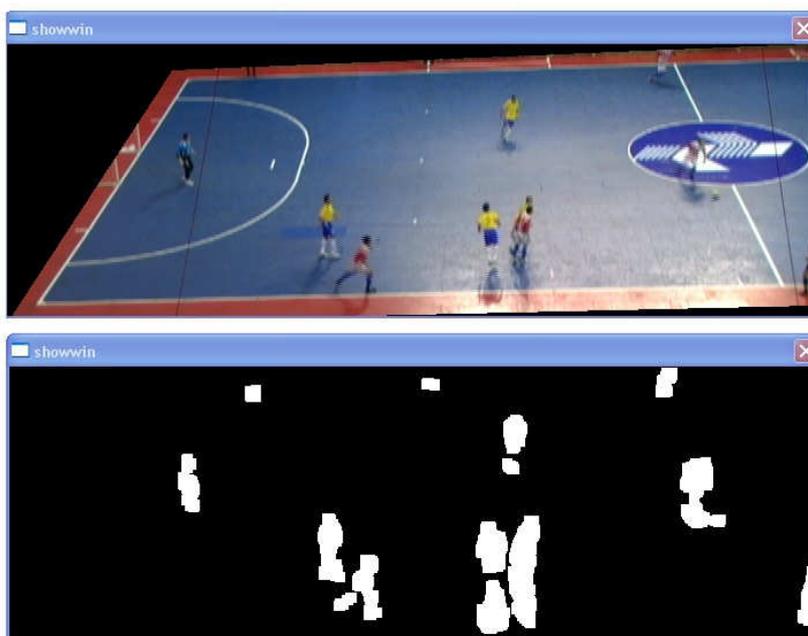


Figura 4. Geração dos *Blobs* durante o processo de segmentação.

Durante o processo de segmentação alguns inconvenientes necessitaram de correções. A tonalidade dos uniformes dos jogadores da seleção brasileira era semelhante à tonalidade de alguns locais da quadra e devido às condições de iluminação, as sombras dos jogadores tomaram proporções indesejáveis. Desta forma alguns ajustes no processo de segmentação tiveram que ser realizados.

Para sanar estes inconvenientes, foi necessário aumentar o número de operadores de dilatação e erosão dentro do processo, com isso a operação de dilatar e após erodir foi repetida 10 vezes consecutivas, conforme a figura 5.

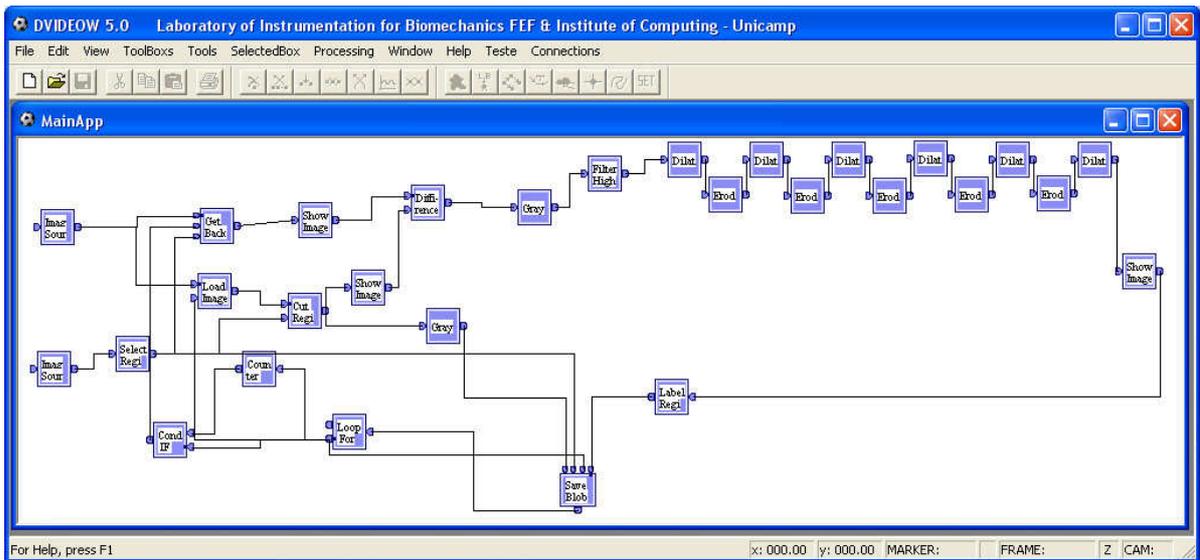


Figura 5. Interface para edição de algoritmos utilizada no processo de segmentação. Detalhe para o acréscimo dos operadores de dilatação e erosão.

2.4 Rastreamento

As informações obtidas após a segmentação são um conjunto de pontos que podem corresponder à trajetória descrita pelos jogadores, porém ainda não estão correlacionados aos jogadores. O processo de rastreamento é o momento no qual se vincula um determinado ponto da imagem à posição do jogador. Este procedimento pode ser realizado de forma automática ou manual. Neste trabalho, o rastreamento foi realizado aproximadamente 56% de modo automático e 44% de modo manual.

2.4.1 Rastreamento Automático

Para viabilizar o rastreamento automático é necessário desenvolver um algoritmo que seja capaz de reconhecer a trajetória dos jogadores durante a sequência de imagens. Para isto foi utilizada neste estudo a teoria de grafos (SZWARCFITER, 1984).

Este método considera que o grafo pode ser representado por um conjunto de pontos denominados vértices e que estão conectados por linhas denominadas arestas. Um vértice pode representar um ou mais *blobs* e dois pontos só podem estar conectados por apenas uma aresta. De acordo com Szwarcfiter (1984), um grafo pode ser visualizado através de uma representação geométrica, na qual seus vértices correspondem a pontos distintos do plano em posições arbitrárias, enquanto cada aresta é associada a uma linha arbitrária unindo os pontos correspondentes. O rastreamento é realizado a partir da construção de grafos utilizando as informações obtidas pelos *blobs* e assim vinculando automaticamente a trajetória dos *blobs* à trajetória dos jogadores.

2.4.2 Rastreamento Manual

O rastreamento manual necessita que a posição do jogador seja marcada na imagem com a utilização do *mouse*. Este procedimento é realizado quadro a quadro e o ponto que representa a posição é a projeção do centro de massa do jogador ao chão. O rastreamento manual se faz necessário em momentos específicos do jogo, como quando há uma grande proximidade ou aglomeração dos jogadores e também quando por algum motivo o rastreamento automático não identifica a posição do jogador.

Com o término do processo de rastreamento, todas as coordenadas x e y dos jogadores, quadro a quadro, são obtidas, estruturadas em forma de matriz. Na coluna 1 temos os quadros, na coluna 2 e 3 temos a coordenada x e y do jogador 1, respectivamente, na coluna quatro e cinco a coordenada x e y do jogador 2 e assim até o último jogador.

2.5 Calibração, Reconstrução 2D e Suavização

O movimento estudado refere-se ao deslocamento de atletas em função do tempo durante uma partida. Esse movimento foi projetado sobre um plano determinado na definição do sistema de coordenadas associadas à quadra. Para isso, cada câmera continha informações de no mínimo quatro pontos da quadra (linhas laterais, linha do meia quadra, etc), com distâncias conhecidas, que foram em seguida arquivadas pelo *software*. Esse processo de definir um ponto de origem e fornecer a cada câmera as coordenadas reais dos pontos da quadra é chamado de calibração.

Logo após realizou-se a reconstrução 2-D através do processo do “DLT – Direct Linear Transformation”, proposto por ABDEL-AZIZ e KARARA (1971), descrito como um método de equações aplicado para quantificar os parâmetros da reconstrução (BARROS et al., 1999). Em seguida, os dados foram suavizados através do filtro digital Butterworth de 3ª ordem, numa frequência de corte de 0,4 Hz, disponível no software Matlab®.

3 Variáveis Analisadas

A partir dos dados de posição por tempo, algumas variáveis podem ser calculadas como velocidade, aceleração, trajetória, distância percorrida, são alguns exemplos de variáveis que podem ser analisadas e/ou comparadas.

No presente estudo, foram levadas em consideração a distância percorrida, velocidade média e o número de *sprints* dos atletas. O diferencial deste trabalho é o enfoque nas atuações dos jogadores. Considerando que as substituições são frequentes, as variáveis de cada participação do atleta foram analisadas separadamente, de maneira à apresentar a distância percorrida, velocidade média e número de *sprints* geral do jogo e por participação do atleta.

Esta separação permite varias comparações entre os resultados. Podem ser comparadas todas participações de um mesmo atleta, de um atleta com outro, entre posições, entre o primeiro e o segundo tempo e entre equipes.

3.1 Cálculo das Variáveis

Neste processo de cálculo das variáveis foram utilizadas rotinas desenvolvidas em ambiente *MatLab®*, para auxiliar o cálculo da distância percorrida, velocidade média e número de *sprints* dos jogadores a cada instante e em determinados períodos, como durante a atuação do jogador.

3.2 Cálculo da Distância Percorrida

A distância percorrida é calculada através da somatória de todas as distâncias percorridas pelo jogador, quadro a quadro. Para isto foi utilizada a seguinte fórmula:

$$DP = \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$$

Onde DP = Distância Percorrida e $i = 1 \dots, n$, número total de quadros(n).

3.3 Cálculo da Velocidade Média

A velocidade média foi calculada levando em consideração os períodos de participação de cada atleta. Para isto foi dividida a distância percorrida pelo tempo de atuação. Conforme a seguinte fórmula:

$$Vm = \frac{dP}{dt}$$

Onde dP é a variação da posição e dt é a variação do tempo, ambos para cada participação do atleta.

3.4 Obtenção do número de *Sprints*

O número de *sprints* foi obtido considerando os momentos em que o jogador ultrapassa uma velocidade referenciada. Neste estudo foram adotadas duas velocidades de referência: $6,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Di Salvo, 2007) e $5,28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Vigne et al, 2010).

4 Resultados

As tabelas a seguir mostram os resultados obtidos após todos os procedimentos descritos neste trabalho. As Tabelas 1, 2 e 3 mostram, respectivamente, o tempo de permanência em quadra, a distância percorrida e os valores de velocidade média por período e pela ordem de cada atuação dos jogadores, esta ordem de atuação esta representada por A1, A2 e A3, sendo que A1 refere-se à primeira participação do jogador no período informado, A2 à segunda e A3 à terceira. A Tabela 4 informa o número total de *sprints* de cada atleta, separados por período e por velocidade de referência.

Tabela 1. Tempo jogado em minutos para cada jogador e discriminado por atuação em cada período.

Jogador	Primeiro Período			Segundo Período			Total		Partida
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	P1	P2	
Bra - 2*	-	-	-	36,3	-	-	-	36,3	36,3
Bra - 3*	32,9	-	-	-	-	-	32,9	-	32,9
Bra - 4	7,0	6,6	-	9,3	3,6	-	13,6	13,0	26,6
Bra - 5	0,7	-	-	8,0	0,4	11,0	0,7	19,5	20,1
Bra - 6	8,5	11,2	-	5,9	1,7	6,9	19,8	14,5	34,3
Bra - 7	8,4	10,9	-	4,3	-	-	19,3	4,3	23,6
Bra - 8	4,0	2,4	-	7,9	1,0	6,6	6,4	15,6	22,0
Bra - 9	6,7	-	-	6,1	3,9	8,0	6,7	18,0	24,7
Bra - 10	6,2	6,0	-	-	-	-	12,2	-	12,2
Bra - 11	7,2	7,2	-	10,4	0,8	7,9	14,4	19,0	33,4
Bra - 12	8,9	15,3	-	7,9	12,4	3,0	24,2	23,4	47,6
Bra - 13	9,0	10,3	-	8,0	9,9	0,0	19,3	17,9	37,2
Par - 16	11,6	1,3	6,0	11,0	10,1	5,3	18,9	26,4	45,3
Par - 18	9,1	5,4	5,2	10,9	7,0	5,7	19,7	23,6	43,3
Par - 19	4,6	3,8	-	6,3	-	-	8,4	6,3	14,7
Par - 20	8,6	4,6	-	10,3	2,6	-	13,2	12,9	26,1
Par - 21	10,2	7,2	5,9	8,0	5,7	5,3	23,4	19,0	42,4
Par - 22	2,8	1,6	3,8	7,3	4,9	-	8,2	12,2	20,4
Par - 23	6,9	-	-	3,7	-	-	6,9	3,7	10,6
Par - 24	9,8	6,5	6,0	8,0	7,8	4,3	22,3	20,1	42,4
Par - 25	6,9	3,8	-	12,3	3,6	2,3	10,7	18,2	28,9
Par - 26*	32,9	-	-	36,3	-	-	32,9	36,3	69,2

Legenda: Bra-Jogadores do Brasil; Par-Jogadores do Paraguai; P-Período Analisado.

A1, A2 e A3 - Representam as atuações de cada jogador em sua ordem de entrada.

*Goleiro

Tabela 2. Distância percorrida em metros por cada jogador e discriminada por atuação em cada período.

Jogador	Primeiro Período			Segundo Período			Total		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	P1	P2	Partida
Bra - 2*	-	-	-	1704	-	-	-	1704	1704
Bra - 3*	1220	-	-	-	-	-	1220	-	1220
Bra - 4	781	769	-	847	370	-	1550	1218	2768
Bra - 5	85	-	-	932	69	938	85	1939	2024
Bra - 6	917	1172	-	681	187	791	2089	1659	3748
Bra - 7	951	1093	-	545	-	-	2044	545	2589
Bra - 8	455	250	-	980	104	702	705	1785	2490
Bra - 9	855	-	-	729	309	945	855	1983	2838
Bra - 10	690	567	-	-	-	-	1257	-	1257
Bra - 11	878	736	-	1017	76	893	1614	1986	3600
Bra - 12	918	988	-	718	886	301	1905	1904	3810
Bra - 13	990	948	-	973	959	-	1937	1932	3869
Par - 16	1297	197	527	1156	861	605	2021	2622	4643
Par - 18	872	454	489	1105	620	634	1815	2358	4173
Par - 19	508	398	-	575	-	-	907	575	1482
Par - 20	946	454	-	904	288	-	1401	1192	2593
Par - 21	1016	656	540	802	431	559	2212	1792	4004
Par - 22	352	124	412	619	517	-	888	1137	2025
Par - 23	623	-	-	425	-	-	623	425	1048
Par - 24	1070	554	576	750	527	378	2199	1656	3855
Par - 25	758	294	-	1158	343	305	1053	1806	2859
Par - 26*	1598	-	-	1470	-	-	1598	1470	3068
Média	847	603	509	904	437	641	1427	1509	2803
Média**	712	603	509	746	437	641	1293	1358	2531

Legenda: Bra-Jogadores do Brasil; Par-Jogadores do Paraguai; P-Período Analisado.

A1, A2 e A3 - Representam as atuações de cada jogador em sua ordem de entrada.

*Goleiro

**Valor desconsiderando o Goleiro

Tabela 3. Velocidade média em metros por minuto para cada jogador e discriminada por atuação em cada período.

Jogador	Primeiro Período			Segundo Período			Total		Partida
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	P1	P2	
Bra - 2*	-	-	-	46,97	-	-	-	46,97	46,97
Bra - 3*	37,06	-	-	-	-	-	37,06	-	37,06
Bra - 4	110,97	117,12	-	90,73	102,28	-	113,94	93,95	104,19
Bra - 5	130,32	-	-	115,90	155,03	85,29	130,32	99,51	100,51
Bra - 6	107,75	104,22	-	114,81	110,95	114,92	105,74	114,42	109,41
Bra - 7	112,82	100,35	-	127,62	-	-	105,79	127,62	109,74
Bra - 8	112,86	105,11	-	123,38	105,89	105,69	109,99	114,73	113,35
Bra - 9	128,11	-	-	119,02	78,52	118,85	128,11	110,09	114,97
Bra - 10	111,19	95,21	-	-	-	-	103,36	-	103,36
Bra - 11	121,73	102,54	-	97,79	97,74	113,74	112,16	104,37	107,72
Bra - 12	103,48	64,42	-	90,49	71,20	100,24	78,74	81,47	80,08
Bra - 13	110,24	91,81	-	121,40	97,01	-	100,39	107,93	104,02
Par - 16	111,43	156,16	88,07	105,08	85,46	113,43	107,02	99,28	102,51
Par - 18	95,72	83,31	94,76	100,87	88,36	112,15	92,04	99,85	96,30
Par - 19	110,77	105,48	-	90,88	-	-	108,38	90,88	100,84
Par - 20	109,98	98,64	-	87,63	113,11	-	106,02	92,68	99,44
Par - 21	99,24	90,54	91,11	100,49	75,26	105,30	94,49	94,23	94,38
Par - 22	124,39	78,12	108,60	84,83	105,57	-	108,13	93,16	99,18
Par - 23	89,70	-	-	114,98	-	-	89,70	114,98	98,49
Par - 24	109,37	85,21	96,22	93,64	67,61	87,61	98,78	82,26	90,94
Par - 25	110,03	76,74	-	93,85	95,11	135,09	98,12	99,22	98,81
Par - 26*	48,52	-	-	40,54	-	-	48,52	40,54	44,34
Média	104,56	97,19	95,75	98,04	96,61	108,39	98,90	90,86	93,48
Média**	100,48	97,19	95,75	93,67	96,61	108,39	94,82	86,70	87,65

Legenda: Bra-Jogadores do Brasil; Par-Jogadores do Paraguai; P-Período Analisado.

A1, A2 e A3 - Representam as atuações de cada jogador em sua ordem de entrada.

*Goleiro

**Valor desconsiderando o Goleiro

Tabela 4. Número de *Sprints* para cada jogador discriminado por período e velocidade de referência

Jogador	Velocidade > 5,28 m.s ⁻¹			Velocidade > 6,4 m.s ⁻¹		
	P1	P2	Partida	P1	P2	Partida
Bra - 2*	-	3	3	-	2	2
Bra - 3*	2	-	2	0	-	0
Bra - 4	19	12	31	4	2	6
Bra - 5	0	13	13	0	5	5
Bra - 6	13	19	32	2	2	4
Bra - 7	16	9	25	2	0	2
Bra - 8	8	23	31	2	7	9
Bra - 9	10	14	24	1	1	2
Bra - 10	5	-	5	0	-	0
Bra - 11	15	16	31	4	1	5
Bra - 12	5	10	15	1	2	3
Bra - 13	10	17	27	1	5	6
Par - 16	16	33	49	7	9	16
Par - 18	12	17	29	3	4	7
Par - 19	7	7	14	3	1	4
Par - 20	9	8	17	1	2	3
Par - 21	20	15	35	7	2	9
Par - 22	8	11	19	3	3	6
Par - 23	3	5	8	0	3	3
Par - 24	15	6	21	4	3	7
Par - 25	4	12	16	3	1	4
Par - 26*	1	1	2	0	0	0

Legenda: Bra-Jogadores do Brasil; Par-Jogadores do Paraguai; P-Período Analisado.

*Goleiro

5 Discussão

Este trabalho teve como diferencial o fato de levar em consideração cada participação do jogador durante a partida. Esta ponderação é importante devido o grande número de substituições decorrente das regras do futsal, as quais não limitam o número de substituições durante a partida. Esta separação de atuações é importante para que seja possível analisar quais as demandas físicas exigidas durante as partidas de futsal.

Comparando os resultados gerais obtidos neste trabalho com outros trabalhos da literatura, considerando os valores para o jogo inteiro, pode-se verificar diferenças. Para Soares e Tourinho Filho (2006) a distância percorrida média, em metros, encontrada foi para o goleiro – 2602, ala – 3146, fixo – 4168 e pivo – 3348. Para Barbeiro-Alvarez et al. (2008) a distância percorrida média em metros encontrada foi de 4313 e a velocidade média foi $117,3 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ para os jogadores de linha. No presente trabalho, os valores obtidos para os jogadores de linha foram inferiores aos encontrados na literatura. Para distância percorrida, o valor encontrado foi de 2531 m e para velocidade média verificou-se um valor de $87,65 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Esta diferença pode estar relacionada aos diferentes métodos utilizados, por este trabalho ter avaliado apenas uma partida e principalmente por ser um jogo amistoso

Comparando a velocidade média obtida para o futsal com o futebol de campo, a diferença é ainda maior. O valor apresentado por G. Vigne (2010) foi ainda maior, $121,8 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. A diferença para o futebol de campo pode estar relacionada às dimensões reduzidas da quadra em comparação ao campo, sendo que o jogador não teria espaço suficiente na quadra para desenvolver maiores velocidades. Barros et. al.

(2007) apresentaram para o futebol de campo a distância percorrida, durante os 90 minutos de jogo, como sendo de 10012 m, valor muito superior ao obtido para o futsal.

Outra consideração importante refere-se ao tempo jogado por cada atleta. Se mais jogadores participam da mesma partida, o tempo jogado de cada um é reduzido. Este fato poderia interferir na distância percorrida média, diminuindo seu valor. É importante ressaltar que para Soares e Tourinho Filho (2006), foram analisados 16 jogadores. Estes foram selecionados por terem os maiores tempos de atuação e, por estarem mais tempo em quadra, é provável que a média de distância percorrida seja aumentada. Para Barbeiro-Alvarez et al. (2008), foram analisados 10 jogadores em 4 partidas sendo que os autores não especificam quanto tempo cada jogador atuou.

O número de *sprints* é um dado importante para a análise das demandas físicas de uma modalidade. Este dado já é amplamente abordado no futebol de campo, porém não foram encontrados na literatura trabalhos que abordassem este tema no futsal. Bangsbo e Mohr (2005) analisou os *sprints* de jogadores de futebol de campo acima de $5,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e observou que o número médio de *sprints* realizados foi de 36 ± 2 . Di Salvo et al. (2007) também analisou jogadores de futebol de campo e obteve a média de $17,3 \pm 7,7$ para os *sprints* acima de $6,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. O presente trabalho verificou que o número médio de *sprints* que ultrapassaram $5,28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ foi de 20,4, com valores máximos e mínimos de 49 e 2 *sprints* respectivamente. O número médio de *sprints* que ultrapassaram $6,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ foi 4,7, com valores máximos e mínimos de 16 e 0.

É importante frisar que jogadores com maior tempo de participação no jogo tendem a apresentar maior número de *sprints* e que os valores encontrados para o futsal não significam que os jogadores não realizam esforços intensos durante a fase de aceleração sendo que as dimensões da quadra, as constantes mudanças de direção e

sentido da corrida podem interferir no número de *sprints*. Outra colocação importante é que a comparação entre estas modalidades é inviável, sendo que, provavelmente, as características dos *sprints* são diferentes, como distância percorrida em *sprint*, tempo em *sprint* e velocidade máxima atingida. Portanto, futuros estudos devem buscar quantificar essas variáveis para assim caracterizar melhor os *sprints* no futsal.

Os estudos citados acima mostram que, apesar de semelhantes, futsal e futebol de campo são esportes que, aparentemente, requerem demandas físicas diferentes. Esta diferenciação pode estar relacionada com alguns fatores importantes como, número de jogadores, dimensões do espaço de jogo, diferenças táticas e número de substituições. Neste presente trabalho, o número de substituições foi tratado com a devida importância, pois, diferentemente do futebol de campo que possui a limitação de três substituições por equipe, no futsal este número é ilimitado.

Com relação aos goleiros, foi observado que eles são responsáveis por apenas 1,5% dos *sprints* realizados na partida. Isto não significa que os goleiros não realizam movimento de alta intensidade. Muito pelo contrário, os goleiros estão constantemente realizando movimentos rápidos, porém curtos. Esta consideração, por não ter sido avaliada neste trabalho, pode se tornar uma sugestão de abordagem para trabalhos futuros.

Neste trabalho, os jogadores de linha não foram separados por posições. Foi observado nesta partida que os jogadores, tanto do Brasil como do Paraguai, realizam o rodízio de posições constantemente. Barbeiro-Alvarez et al. (2008) fazem a mesma constatação e dizem que os jogadores de futsal demonstram uma grande versatilidade, assumindo 2 ou até 3 funções distintas durante o jogo. Os autores

utilizam o termo “jogadores universais”, fazendo referência à mudança de posicionamento dos jogadores conforme a necessidade do jogo.

Técnicos e profissionais da área de esportes coletivos podem encontrar na literatura valores de referência para as mais variadas utilizações. Este trabalho, não só traz valores de referência para as variáveis já discutidas, como oferece uma metodologia versátil (adaptável a várias modalidades coletivas) e que pode ser aplicada diretamente em uma equipe.

Com isto é possível obter dados precisos e individualizados de maneira rápida e prática. Conhecendo individualmente uma equipe, é possível especializar o treinamento, preparar avaliações físicas mais individualizadas e compreender as reais demandas físicas exigidas durante uma partida. Conhecendo e levando em consideração as características e dinâmicas do jogo, os técnicos podem tomar decisões com maior embasamento durante as partidas. Por exemplo, decidir se mantêm a mesma formação da equipe por um longo tempo ou se realiza mais substituições durante o jogo. Conhecendo individualmente os atletas, as decisões poderão ser tomadas com maior propriedade.

Desta forma foi oferecido mais uma ferramenta de auxílio aos profissionais, a fim de proporcionar um aumento do desempenho dos atletas e um maior entendimento da modalidade.

6 Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo descrever todos os passos necessários para viabilizar o rastreamento automático dos jogadores, com o auxílio da interface Dvideo e também apresentar algumas das possibilidades de análises cinemáticas de jogadores de futsal. Foi apresentada uma nova abordagem para estas análises, levando em consideração cada participação de cada atleta e com isto obter dados mais próximos à realidade do jogo. Ter conhecimento destas informações pode auxiliar os treinadores e profissionais da área a compreender ainda mais as demandas físicas exigidas pela modalidade e assim aprimorar o treinamento.

Ainda existem poucos estudos abordando as demandas físicas no futsal e muito ainda pode ser estudado sobre este tema. Aprofundar as discussões, aumentar o número de indivíduos e de jogos avaliados, realizar novas comparações são necessidades que podem ser trabalhadas em pesquisas futuras e assim aprimorar o conhecimento científico da modalidade.

7 Referências

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

BANGSBO, J. e MOHR, M. **Variation in Running Speeds and Recovery Time after a Sprint During Top-Class Soccer Matches.** Journal Medicine & Science in Sports & Exercise, v.37, n.5, p.S87. 2005.

BARBEIRO-ALVAREZ, J. C. et al. **Match analysis and heart rate of futsal players during competition.** Journal Of Sports Science, [s. L.], p. 63-73. 01 jan. 2008.

Barbero, J. C. (2002). **Desarrollo de un sistema fotogramétrico y su sincronización con los registros de frecuencia cardíaca para el análisis de la competición en los deportes de equipo. Una aplicación práctica para el fútbol sala.** Doctoral thesis, Facultad de Educación y Humanidades de Melilla. Melilla, Spain.

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

BARROS, R. M. L., MISUTA, M. S., MENEZES, R. P., FIGUEROA, P. J., MOURA, F. A., CUNHA, S. A., ANIDO, R. e LEITE, N. J. **Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method.** Journal of Sports Science and Medicine, v.6, p.10. 2007.

CARLING, C., BLOOMFIELD, J., NELSEN, L. e REILLY, T. **The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data.** Sports Med, v.38, n.10, p.839-62. 2008.

DI SALVO, V., BARON, R., TSCHAN, H., CALDERON MONTERO, F. J., BACHL, N. e PIGOZZI, F. **Performance characteristics according to playing position in elite soccer.** Int J Sports Med, v.28, n.3, Mar, p.222-7. 2007.

FIGUEROA, P. J., LEITE, N. J. e BARROS, R. M. L. **Background recovering in outdoor image sequences: An example of soccer players segmentation.** Image and Vision Computing, v.24, n.4, p.363-374. 2006a.

FIGUEROA, P. J., LEITE, N. J. e BARROS, R. M. L. **Tracking soccer players aiming their kinematical motion analysis.** Computer Vision and Image Understanding, v.101, n.2, p.122-135. 2006b.

MISUTA, M. S. **Rastreamento automático de trajetórias de jogadores de futebol por videogrametria: validação do método e análise dos resultados.** (Dissertação de Mestrado). UNICAMP, Campinas, 2004. 74 p.

REILLY, T. e THOMAS, V. **A motion analysis work-rate in different positional roles in professional football match-play.** Journal of Human Movement Studies, v.2, p.87-97. 1976.

SOARES, B. H.; TOURINHO FILHO, H.. **Análise da distância e intensidade dos deslocamentos, numa partida de futsal, nas diferentes posições.** Rev. Bras. Educ. Fís. Esp., São Paulo, v. 20, n. 2, p.93-101, jun. 2006.

SZWARCFITER, J. L. **Grafos e Algoritmos Computacionais.** Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1984.

VIGNE, G., GAUDINO, C., ROGOWSKI, I., ALLOATTI, G. e HAUTIER, C. **Activity Profile in Elite Italian Soccer Team.** International Journal Sports Medicine, v.31, n.5, p.304-10. 2010.

WITHERS, R.; MARICIC, Z.; WASILEWSKI, S.; KELLY, L. **Match analyses of Australian professional soccer players.** Journal of Human Movement Studies, London, v.8, p.159-77, 1982.