

# CAPÍTULO 4

Tecnologia  
da informação  
para os esportes



*A tecnologia da informação pode melhorar o desempenho de atletas, a prevenção de lesões, a geração de conteúdo para entretenimento, auxiliar os sistemas de arbitragem e estatísticas, dentre muitas outras aplicações. A demanda por resultados no esporte competitivo propicia o desenvolvimento de tecnologias da informação que podem beneficiar a população como um todo, atletas e não atletas*

Para falar pelo celular, assistir a uma partida de voleibol pela televisão ou enviar um e-mail usamos uma grande quantidade de conhecimentos científicos altamente complexos, que foram sintetizados e integrados em dispositivos tecnológicos simples de operar. Nada disso seria possível sem a tecnologia da informação (TI), definida como o conjunto de atividades e soluções providas por recursos de computação que permitem o armazenamento, o acesso e o uso das informações.

Nos esportes também já existem recursos de TI que mobilizam conhecimentos complexos para obter aplicações simples, ao alcance de qualquer esportista: dos atletas de alto rendimento aos principiantes mais tímidos.

Um exemplo, na transmissão de jogos de futebol, é o recurso conhecido como tira-teima, que mostra as traves de diferentes ângulos para confirmar se houve ou não gol. Uma maneira ainda mais sofisticada de confirmar o gol é a possibilidade, hoje em discussão, de introduzir um chip no interior da bola para transmitir um sinal à arbitragem sempre que a linha do gol for efetivamente ultrapassada. Se essa tecnologia existisse na Copa de 1966, a Inglaterra não teria vencido a Alemanha por 2x1. A dúvida do árbitro sobre o gol da vitória seria dirimida pelo chip, mostrando que a bola realmente não entrou.

Em esportes coletivos, as diferentes maneiras de distribuir os jogadores no campo, a comparação das performances no primeiro e no segundo tempo da partida e a evolução histórica dos sistemas de jogo das grandes seleções, nas competições mundiais, são assuntos estudados nas universidades e nos centros de pesquisa com o auxílio da tecnologia da informação. Nos esportes individuais, o foco é a performance do atleta, na comparação com campeões ou consigo mesmo, em diferentes momentos.

Tais estudos servem a diferentes objetivos, tais como a definição de táticas de jogo; a alteração de posições em relação aos colegas de time; a correção de posturas ou movimentos; a prevenção de lesões; a geração de conteúdo para entretenimento; a geração de conhecimento científico; o desenvolvimento tecnológico ou a avaliação de novos equipamentos e artigos esportivos (como bolas, raquetes, tênis); o auxílio aos sistemas de arbitragem e muitos outros.



*O recurso do tira-teima auxilia na arbitragem de lances polêmicos*



Além do tira-teima, as transmissões esportivas na televisão também já mostram os dados obtidos em estudos como esses, destacando o desempenho individual dos atletas; comparando os totais de acertos e erros de uma equipe ou as regiões em que os jogadores mais atuam. Nas partidas, são rotineiras as estatísticas de jogo, apresentando ao telespectador o porcentual de acerto de ataques (voleibol), de cestas (basquete), de duplas faltas (tênis) ou de chutes a gol (futebol) e assim por diante. Na Fórmula 1, é possível saber exatamente qual marcha do carro o piloto está usando, sua velocidade ou aceleração instantânea e outras informações em tempo real.

O objetivo das empresas de comunicação é entreter a audiência, fornecendo informações de interesse do público para ilustrar ou complementar a narrativa da competição. Além disso, as informações técnicas e táticas de cada atleta, equipe ou partida, são acumuladas ao longo dos campeonatos e podem ser usadas por comentaristas esportivos nas mesas de debate, tão comuns na programação de TV.

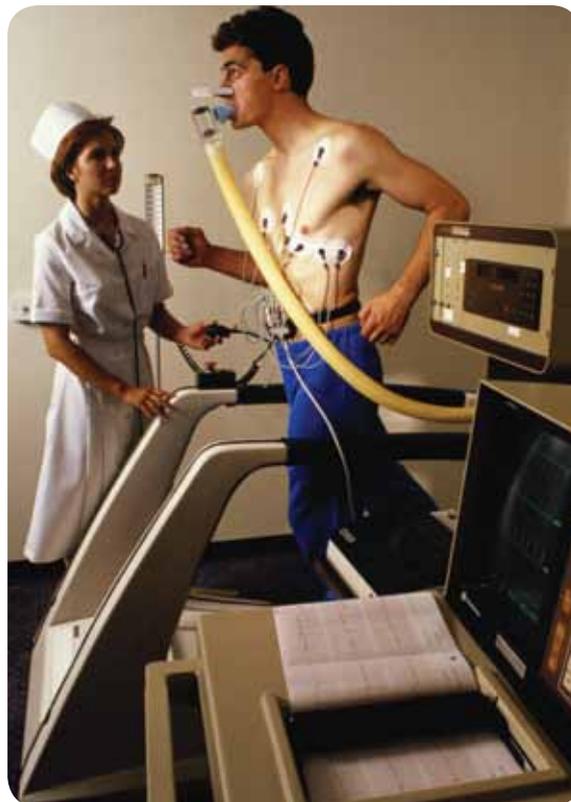
Transmissões à parte, os mesmos dados – e outras informações mais específicas – são usados na avaliação do atleta para aperfeiçoar seu treinamento, em particular, e para melhorar a metodologia do treinamento, em geral. Dados sobre o desempenho físico, técnico ou tático de um atleta ou da equipe podem indicar se um determinado tipo de treinamento está ou não surtindo efeito. Da mesma forma, é possível detectar quando a queda de desempenho de um atleta alerta para a necessidade de mais repouso.

O treinamento esportivo evoluiu muito nos últimos anos, apoiado em conhecimentos de Fisiologia, Bioquímica do Exercício, Biomecânica, Nutrição e Genética. E a TI pode ajudar a conciliar esses conhecimentos, facilitando análises e projeções.

Outro uso para a tecnologia da informação nos esportes é a geração de conhecimento novo e sistematizado sobre o corpo humano quando exigido ao seu limite, como ocorre com campeões e recordistas. O esporte de alto rendimento permite observar o ser humano em condições de grande estresse físico e emocional. A análise cuidadosa de como o corpo e a mente respondem às diferentes intensidades e tipos de esforço permite um planejamento mais adequado da atividade física e também serve para balizar as instruções ou aulas ministradas a não atletas, sedentários, idosos, deficientes e esportistas iniciantes.

A demanda por resultados no esporte competitivo ainda propicia o desenvolvimento de produtos e tecnologias que podem beneficiar a população como um todo. Monitores cardíacos portáteis desenvolvidos inicialmente para avaliar o desempenho de atletas foram integrados a relógios comuns e passaram a ser usados por jovens iniciantes no esporte; por corredores amadores, durante seus programas de condicionamento físico; ou mesmo por cardiopatas, no controle do exercício, em programas de reabilitação. Outros aparelhos, hoje de uso restrito, com certeza serão adaptados para uso geral, em um futuro próximo, e ajudarão a garantir a iniciação nos esportes com mais saúde e menos lesões.

Com a ajuda da Tecnologia da Informação, a avaliação das condições físicas do atleta pode ajudar a calibrar seu treinamento e melhorar seu desempenho





*Tecnologias de uso militar, como o GPS, foram incorporadas a diversas práticas esportivas para avaliação de desempenho*

Da mesma forma, mas em sentido contrário, tecnologias de grande impacto foram incorporadas aos recursos usados por atletas para controlar a sua carga de treinamento. É o caso do sistema de posicionamento global ou GPS (da sigla, em inglês, Global Positioning System), criado para uso militar, mas adotado na avaliação esportiva, indicando quanto um atleta corre em uma sessão de treinamentos ou ao longo de uma semana, por exemplo.

Independente de serem sistemas simples ou complexos, o importante é que todas essas tecnologias derivadas da computação forneçam informações confiáveis e úteis para a pesquisa ou a avaliação que se pretende. Segundo o economista Cláudio Moura e Castro, o que importa é “o uso sofisticado da técnica e não o uso da técnica sofisticada”.

Assim, para os jovens cientistas é importante conhecer não apenas as tecnologias, mas também os seus princípios, de modo que sejam capazes de decidir o que é efetivamente necessário para abordar o problema que se pretende tratar. Entre as possibilidades ao alcance da maioria dos estudantes e pesquisadores está o aproveitamento de celulares, que hoje incorporam funções como cronômetro, câmera fotográfica, filmadora, gravador de voz, bloco de notas e até GPS, acelerômetros e giroscópios. Esse conjunto de recursos está na base dos sistemas mais sofisticados de medição existentes e pode dar origem a novas aplicações, produtos e tecnologias em benefício dos esportistas.

## Sistemas de anotação e coleta de dados

O crescente interesse em quantificar informações úteis para o treinamento e a avaliação de resultados no esporte incentiva o desenvolvimento de diferentes sistemas informatizados para coleta e análise de dados técnicos. São sistemas desenvolvidos por treinadores, clubes, federações, empresas privadas e universidades, com diferentes graus de sofisticação e eficácia, para diversos esportes. As diferenças entre eles estão associadas, principalmente, à natureza dos dados que cada um permite coletar e às formas de análise disponíveis. Genericamente são conhecidos pelo termo em inglês *scout*.



O princípio dessa análise é o registro das ações realizadas pelos atletas e de seus resultados. Essas ações são básicas para cada modalidade esportiva e são chamadas de fundamentos. Incluem, por exemplo, chute, passe e cabeceio, no futebol; saque, recepção, ataque e bloqueio, no voleibol, etc.

A cada fundamento se atribui um possível resultado (certo ou errado; bom, muito bom ou ruim). Então, de posse desses dados, são realizadas análises descritivas simples (como calcular a média de acertos) ou técnicas matemáticas e estatísticas mais complexas.

Os sistemas mais simples baseiam-se em anotações feita em papel – por um analista treinado – da frequência de acertos e erros dos fundamentos realizados por cada atleta, durante a partida. O operador pode assistir à partida ao vivo (no estádio ou pela televisão) ou pode basear-se em imagens gravadas. Embora seja trabalhoso e só se consiga lidar com um número reduzido de informações de cada vez, a anotação em papel ainda é muito usada por treinadores. E, se feita de maneira estruturada, fornece informações relevantes sobre o desempenho dos atletas e/ou da equipe.

Evidentemente, o registro em papel pode ser substituído por meios eletrônicos, como computador, tablet e smart phone, facilitando o processamento das informações. A reprodução das telas de computador, abaixo, ilustra o processo de coleta de dados a partir de um sistema de anotação desenvolvido no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica da Universidade Estadual de Campinas (LIB/Unicamp) e aplicado na análise



Com um simples cronômetro e anotações em papel é possível avaliar a performance dos atletas e até gerar análises mais complexas

A quantificação de informações ajuda no treinamento e na avaliação dos resultados

Fonte: DVideo/Unicamp



de jogos da Copa de 2002. Existem também sistemas comerciais de anotação em que o registro das ações é feito diretamente sobre um vídeo digital, com a partida gravada.

A coleta de dados é feita em uma interface gráfica do programa, que contém uma representação do campo de jogo. Um analista observa a partida e registra os eventos na tela. A interface para entrada de dados requer três acionamentos do botão do mouse (ou três toques na tela do dispositivo touch screen) para adicionar um evento: posição do campo (estimada), jogador que fez a jogada e fundamento executado. Os botões de fundamento ainda têm a opção verde (acerto) ou vermelha (erro). A posição estimada do campo (x, y) e o instante em que ocorreu o evento são registrados pelo software.

É interessante notar que, apesar do grande desenvolvimento da TI no esporte e de sistemas computacionais inteligentes, a interpretação da ação executada e de seu resultado ainda requer a presença de analistas humanos.

Um esporte que usa largamente os sistemas de anotação é o basquete. Em particular, o site da liga Norte Americana de Basquete (NBA) fornece os dados completos das estatísticas de seus campeonatos, permitindo que o visitante (pesquisador, treinador do time adversário ou torcedor) selecione livremente atletas ou equipes para confrontar os desempenhos.

#### EM RESUMO

Sistemas de anotação são tecnologias de coleta e análise de informações em esportes. Têm por princípio o registro de todas as ações dos atletas e de seus resultados nas competições. Fornecem informações úteis para as equipes técnicas e médicas, para os atletas, para pesquisadores e cientistas, para a mídia e para o público em geral.





## Sistema de rastreamento automático de atletas

Outro sistema interessante para os esportes coletivos é a análise automática da movimentação do jogador ou rastreamento. Permite conhecer o desempenho físico de cada atleta, para depois usar os dados no planejamento de seu treinamento e na avaliação constante dos resultados obtidos. Os parâmetros podem ser as distâncias percorridas pelo jogador durante o jogo, a velocidade dos movimentos, se houve mais ou menos deslocamentos ao longo da partida, entre outras medidas.

Em outro estudo, realizado na Unicamp, foram analisados jogos de futebol de salão para cegos. Verificou-se que os atletas corriam, em média, cerca de 3.600 metros em cada jogo. Diante disso, o técnico reprogramou o treinamento, reduzindo as longas corridas de 10 mil metros, cuja estimativa era baseada na distância percorrida por jogadores de futebol profissional em uma partida.

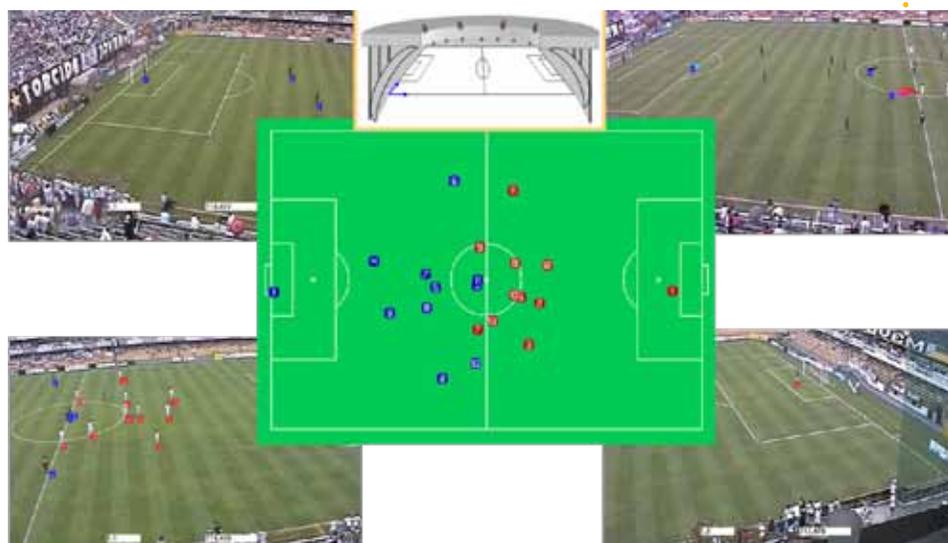
Análises táticas também são possíveis por meio do rastreamento de atletas, uma vez que sua distribuição pelo campo é conhecida, bem como a posição da bola. Assim, pode-se saber em que região do campo cada jogador permaneceu mais tempo e qual equipe se distribuiu melhor.

Este tipo de sistema exige muitos recursos computacionais, além de algoritmos (modelos matemáticos) inteligentes, devido à complexidade do problema e à quantidade de informações a serem processadas. Para dar uma ideia do volume de dados, em um único jogo de futebol de 90 minutos, a uma velocidade de 30 Hz (imagens/segundo), são processadas 162 mil imagens para cada câmera usada.

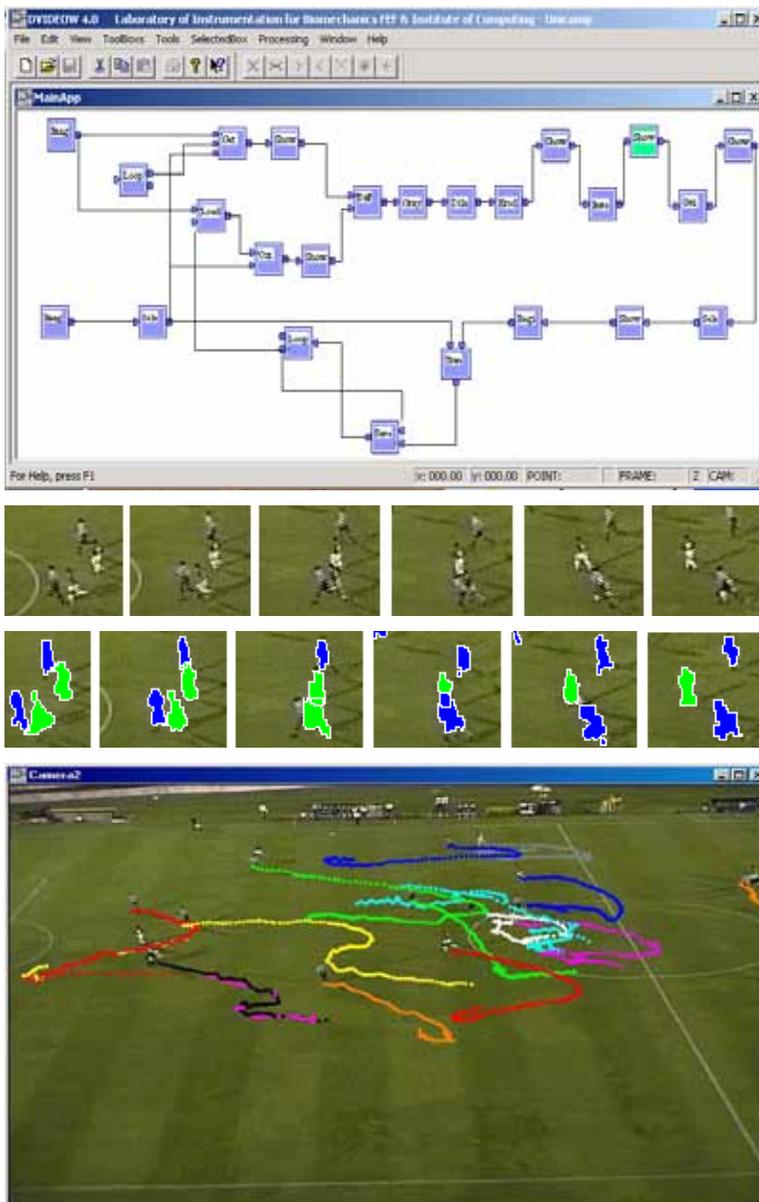
O princípio de funcionamento de um sistema de rastreamento aplicado ao esporte é usar o computador na análise das imagens do jogo para localizar automaticamente cada jogador, a bola ou outros objetos de interesse, em função do tempo. Com base nesses dados é possível calcular velocidade, aceleração, distância total percorrida, entre outras variáveis. Este tipo de descrição quantitativa da movimentação é conhecido como análise cinemática e pode ter uma dimensão (unidimensional), duas (bidimensional) ou três (tridimensional).

Examinamos a seguir o funcionamento de um sistema de rastreamento de atletas aplicado ao futebol, desenvolvido na Unicamp. Em primeiro lugar, câmeras são posicionadas no estádio de maneira a cobrir todo o campo. Neste tipo de sistema, as câmeras não podem ser movidas e seus parâmetros internos – foco, abertura, zoom e outros – devem permanecer inalterados durante toda a partida. O número de câmeras pode variar de acordo com o tipo de sistema usado ou conforme as características específicas dos estádios.

No campo do centro está marcado o posicionamento dos jogadores no início do jogo. As fotos mostram as imagens obtidas pelas quatro câmeras, cujo posicionamento é indicado por pontos vermelhos no esquema menor. Para obter a posição real do jogador no campo, uma série de procedimentos deve ser realizada pelo sistema, por meio de um algoritmo de processamento, segmentação e identificação dos jogadores nas imagens. A interface computacional foi especificamente desenvolvida para este fim. As figuras a seguir mostram alguns passos do processamento e, ao final, o desenho das diferentes trajetórias de cada jogador no campo.



Dois problemas merecem a atenção dos programadores, pois são especialmente difíceis de resolver: a separação entre o jogador e o fundo da imagem (gramado, limites do campo) e a diferenciação entre um jogador e outro. Para a separação entre jogadores e campo, costuma-se usar o movimento. Para a distinção entre os jogadores de times diferentes, o uniforme ajuda muito, porém, entre jogadores do mesmo time às vezes há dificuldade, principalmente porque a tela é reduzida e nem sempre é possível contar com diferenças marcantes, como a cor do cabelo. Como forma auxiliar de identificação, usa-se a continuidade do movimento ao longo da sequência.



Fonte: DVideo/Unicamp

Na parte superior da imagem acima, a série de “caixinhas” conectadas por setas forma o algoritmo de rastreamento empregado no jogo. Cada caixinha corresponde a uma ordem ou a um conjunto de ordens dadas ao computador para serem aplicadas à imagem. As setas indicam o fluxo de operações realizadas, visando a saber “onde está o jogador” e “onde está a bola” (exemplo detalhado de como isso é feito pode ser encontrado em Figueroa et al., 2006. Veja na bibliografia).

Logo depois, na mesma figura, há uma sequência de imagens e o processamento correspondente a cada quadro. Finalmente, no esquema de campo da parte inferior da figura está o resultado do rastreamento, com cada jogador representado por uma cor.

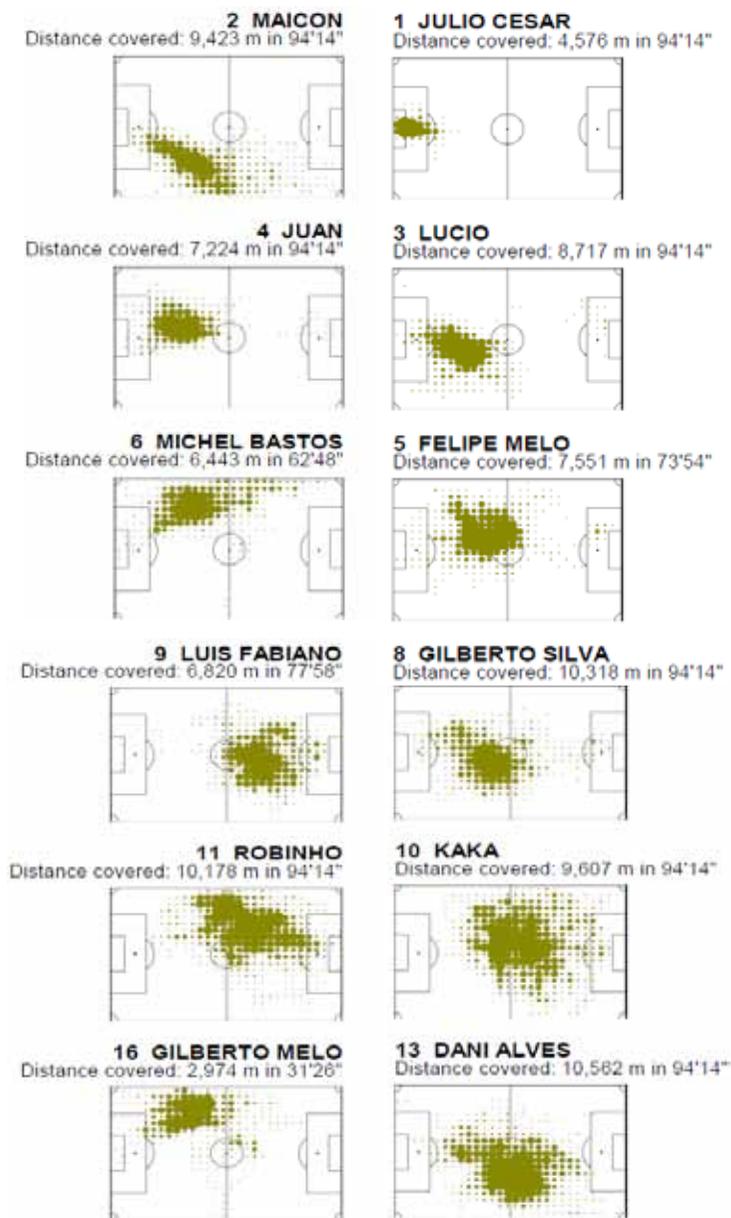
Com tais procedimentos, são obtidas as posições dos jogadores na imagem. O próximo passo é relacioná-las com as posições dos jogadores em campo. Esta correspondência é estabelecida com a calibração das câmeras, em determinados casos, ou com um procedimento chamado homografia. Em português, homografia designa palavras grafadas da mesma forma, mas com significados diferentes. Em computação, usa-se um link ligeiramente alterado para “enganar” o computador e traduzir na imagem as posições reais dos jogadores em campo.



O resultado do rastreamento de todos os jogadores durante a partida, traduzido em gráficos, permite analisar o sistema de jogo efetivamente utilizado pela equipe na partida, entre outras informações. Esses e outros dados das partidas disputadas nas copas mundiais estão disponíveis para consulta e análise no site da Federação Internacional das Associações de Futebol, (Fifa).

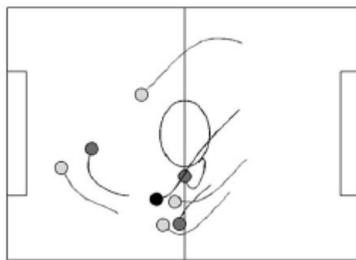
Veja um exemplo do tipo de dados obtidos por meio do rastreamento dos jogadores do Brasil, em partida contra a Holanda, na Copa do Mundo de 2010. Com a distância percorrida, o tempo de jogo e o tempo de permanência de cada jogador em cada região do campo é possível avaliar o desempenho individual e a relação desse desempenho com os erros e acertos do time. Este foi o jogo que desclassificou o Brasil, com o resultado final de 2 x 1 para a Holanda. Vale a pena, inclusive, assistir novamente à partida de posse desses dados sobre os jogadores.

O mesmo tipo de rastreamento foi aplicado, no exemplo seguinte, para a análise de atletas paraolímpicos, na modalidade rúgbi em cadeira de rodas. Nesse caso também foi analisada a distância percorrida pelo jogador em função da sua classificação funcional na modalidade, que varia de 0,5 (mais comprometido, ou seja, com menos condição de se movimentar) até 3,5 (menos comprometido). A classificação é feita com base em testes musculares (alcance do movimento, tônus muscular e sensibilidade ao toque).

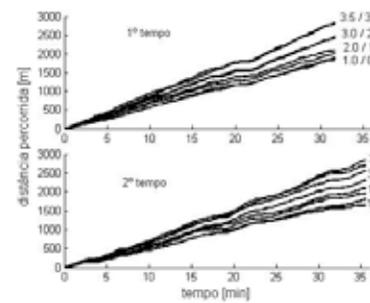
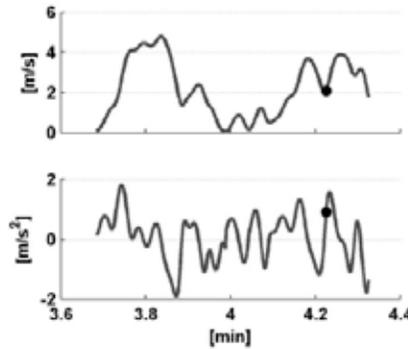


Fonte: DVideo/Unicamp

Aqui vemos as imagens das câmeras; o esquema de distribuição dos jogadores; os gráficos com velocidade e aceleração; o jogador com a bola e os resultados da distância acumulada percorrida por cada jogador em função de sua classificação funcional. Esses dados mostram fortes correlações entre o desempenho e a classificação dos jogadores com menor comprometimento motor, o que sugere uma vantagem competitiva a ser discutida pela arbitragem, com possibilidade de dar origem a novos critérios de classificação nesse esporte paraolímpico.



Distance: 66.8[m]



no alto: imagens das câmeras  
 embaixo: esquema de distribuição dos jogadores

no alto: imagens das câmeras  
 embaixo: gráficos de velocidade e aceleração

no alto: jogador com posse de bola  
 embaixo: resultados da distância acumulada percorrida em função da classificação funcional de cada jogador

EM RESUMO

Sistemas automáticos de rastreamento de atletas são tecnologias recentes e requerem o uso de conhecimentos sofisticados de computação. Técnicas de processamento de imagem e visão computacional servem para localizar jogadores e outros objetos de interesse em vídeos de partidas reais com o objetivo de avaliar a demanda física de cada atleta e analisar táticas de jogo a partir do posicionamento da equipe ao longo da partida.



## Análise do movimento humano em detalhes

O movimento de cada um dos segmentos do corpo humano – braço, perna, cabeça – depende de rotações e ângulos de articulação específicos. Para conhecer em detalhe os movimentos de todo o corpo é preciso analisar segmento por segmento em sua relação com o espaço. Esse tipo de análise é chamado de cinemática e só começou a ser realizada sistematicamente no final do século XIX, com a invenção da fotografia. As fotos permitiram congelar os movimentos humanos para facilitar a observação. Mas ainda eram análises em duas dimensões, pois as fotos eram planas.

Com o cinema e os vídeos, no século XX, a cinemática ganhou mais uma dimensão e passou a ser empregada na área de reabilitação. A principal finalidade era diagnosticar alterações do aparelho locomotor, mas, aos poucos, tornou-se também uma técnica de análise do movimento de atletas, nos mais diferentes esportes, visando à melhoria do desempenho. No século XXI, essa metodologia difundiu-se para além da medicina esportiva e dos esportes, nas áreas de entretenimento, cinema, telemedicina, entre muitas outras.

Os sistemas para análise cinemática tridimensional se baseiam em imagens de registro estereoscópico, ou seja, fotografias ou filmagens realizadas simultaneamente a partir de perspectivas diferentes, de modo a registrar as três dimensões do movimento. As posições tridimensionais em estudo geralmente são definidas por marcadores ou pontos de interesse, para facilitar a análise.

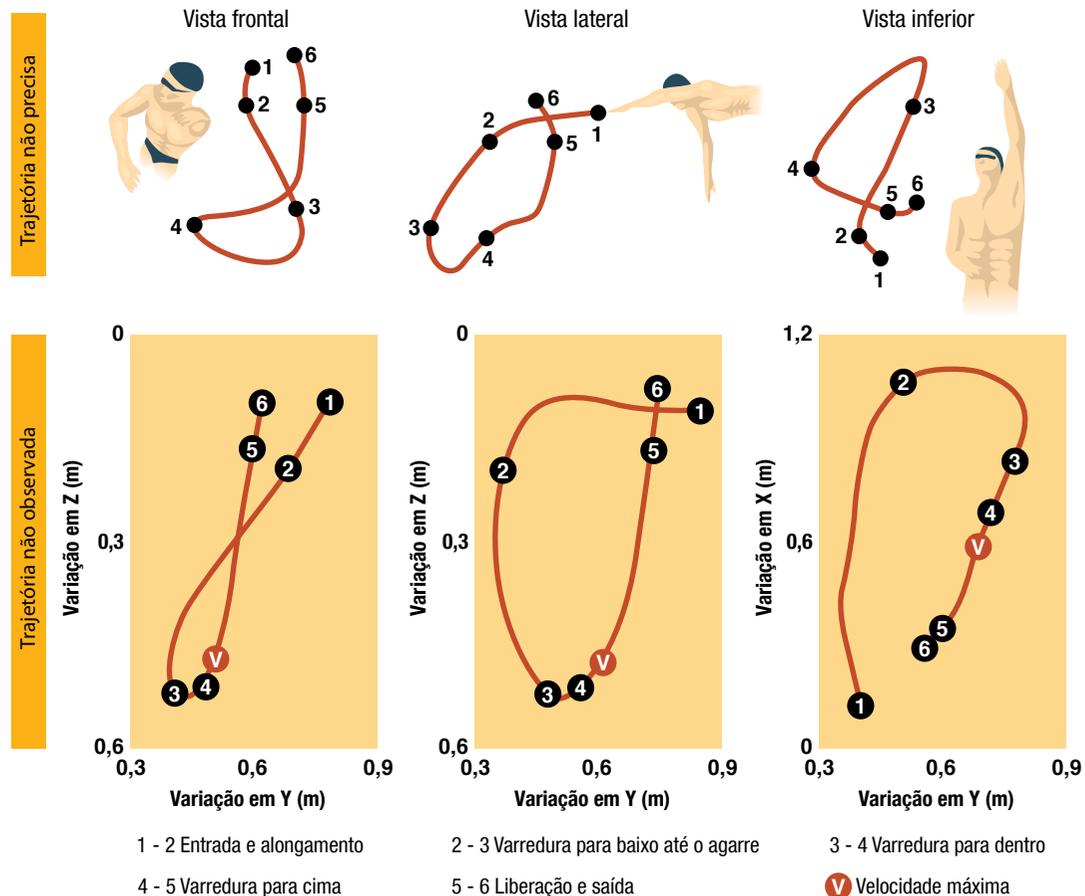
Para montar um sistema de análise cinemática tridimensional são necessárias câmeras (de foto ou vídeo), tripés, software de gerenciamento, iluminadores, marcadores, colocados sobre o corpo do atleta, e elementos de calibração, entre outros acessórios. O conjunto de câmeras é fixado e calibrado no ambiente em que o movimento vai ocorrer. Os marcadores são posicionados no corpo do atleta de maneira a delimitar braços, pernas, tronco, pelve, segundo um modelo previamente definido.

Como vimos anteriormente, uma foto ou uma imagem de TV comum possui duas dimensões (linha e coluna) e permite mapear a posição do corpo em um plano. Com pelo menos duas projeções diferentes (estereoscopia) se consegue considerar o movimento em três dimensões e passar para a análise de um saque de tênis, uma corrida ou um chute. É importante que as duas projeções diferentes estejam calibradas, o que envolve procedimentos matemáticos.

Mas não é só: um corpo que se movimenta no espaço tridimensional tem seis graus de liberdade de movimentação, considerando as rotações de joelho, cotovelo, pulso, tornozelo e outras articulações. São necessárias, portanto, seis coordenadas independentes para descrever a posição e a orientação do movimento. Por isso, as articulações são divididas em segmentos e cada um deles deve ter pelo menos três marcadores não alinhados. A cada segmento corporal deve-se associar um sistema de coordenadas construído de maneira coerente com a anatomia do corpo humano, permitindo uma interpretação dos resultados da análise.

Assim, um sistema de cinemática tridimensional permite medir os ângulos das articulações (ângulos articulares) em momentos de flexão ou extensão do braço ou da perna, durante os movimentos de afastamento ou aproximação dos membros em relação ao corpo (abdução/adução) ou ainda durante a rotação do segmento do corpo, seja essa rotação interna ou externa. Após a captação das imagens do movimento de interesse, softwares dedicados aos sistemas de análise realizam os procedimentos de medição, calibração, reconstrução tridimensional e fornecem resultados numéricos e gráficos que descrevem a movimentação.

Neste exemplo de aplicação, analisa-se o movimento submerso da mão de um nadador durante o nado crawl. Após comparar com os modelos teóricos usados em aulas de natação e no treinamento de atletas, o nadador pode se concentrar nos movimentos mais eficientes e nadar mais rápido



Com todos esses resultados no computador, é possível calcular a eficiência da movimentação de cada segmento do corpo, as velocidades relativas e todas as outras variáveis necessárias à orientação do atleta. Às vezes, com pequenos ajustes, o atleta evita lesões ou melhora seu desempenho, como relata a campeã de salto com vara, Fabiana Murer, no início desta publicação. Ao comparar seus movimentos com os de outra atleta, ela passou a posicionar o quadril de modo diferente e, então, conseguiu saltar mais alto.



▼ ▲ ◀ **EM RESUMO**

Na análise cinemática tridimensional de movimentos humanos, câmeras de vídeo ou luz infravermelha registram o movimento sob condições especiais e reconstroem as posições de marcadores colocados sobre o corpo do atleta. O movimento é representado quantitativamente por meio de tabelas, gráficos ou animações.

## Movimentos em ambiente virtual e simulações

Paralelamente à análise de movimentos com marcadores, a criação de ambientes virtuais cada vez mais realistas permitiu a integração entre movimentos reais e simulados, despertando grande interesse de treinadores, esportistas e professores de Educação Física. A substituição dos videogames passivos, que demandam apenas movimentos repetitivos dos dedos, pela prática de atividades físicas frente aos computadores ou videogames ampliou as possibilidades de uso deste recurso tanto por atletas como por pessoas que preferem realizar exercícios em casa.

As simulações contribuem para ajustes de posturas e movimentos de iniciantes, caso dos “instrutores virtuais”, que interagem com o usuário com mensagens de estímulo ou cobranças de maior empenho. Diversos equipamentos de academia com complementos digitais estimulam a prática de atividades físicas mesmo quando o tempo lá fora não permite a prática ou quando há qualquer outra dificuldade de sair, como é o caso de mães com filhos pequenos. Uma esteira que registra a velocidade, o tempo de prática e a distância percorrida, por exemplo, ajuda a retomar a atividade mesmo quando há interrupções.



*Só após aprender os movimentos do tênis, num jogo virtual, o portador de Síndrome de Down arriscou jogar frescobol na praia*

A variedade de esportes simulados nos videogames tem a vantagem de apresentar as modalidades a sedentários ou a pessoas que se consideram incapazes de praticar atividades físicas, por diferentes motivos. Um adolescente com Síndrome de Down, natural de Campinas (SP), relutava em participar da aula de Educação Física para não competir em desvantagem com os colegas da escola regular. Também não arriscava praticar atividades esportivas na praia ou outros locais públicos, para não se expor. Só após testar sua habilidade, sozinho, em videogames com simulações de jogos de tênis, golfe e boliche, nos quais atingiu a categoria “profissional”, recebendo muitos aplausos da torcida virtual, arriscou partir para jogos reais de frescobol, minigolfe e boliche. E obteve bons resultados, graças aos movimentos aprendidos nas simulações.

O uso de videogames cresce também na área de reabilitação. A possibilidade de realizar movimentos de maneira controlada, com intensidade progressiva e de maneira lúdica, estimula médicos, fisioterapeutas e profissionais de Educação Física a usá-los em processos de recuperação ou treinamento. A “Wii terapia” (nome alusivo ao videogame interativo mais conhecido, Nintendo Wii) já tem congressos, workshops e é indicada inclusive para pacientes que sofreram acidente vascular cerebral (AVC).

Os simuladores e os videogames interativos têm em comum a necessidade de captura de movimentos do usuário. O processo tecnológico é semelhante ao descrito anteriormente para análise cinemática e depende de uma tecnologia de interface avançada entre um usuário e um sistema computacional, com base na utilização de modelos matemáticos.

As tecnologias de captura de movimento, realidade virtual e simulação podem ser integradas. Assim, o movimento do praticante – registrado por marcadores, por controle remoto ou por sensores atados ao corpo – é inserido em um ambiente virtual e confrontado com movimentos simulados. Aplicadas aos esportes, estas tecnologias

integradas constituem um novo meio de confrontar teorias com experimentação, de antecipar resultados experimentais ou de realizar experiências de outro modo inacessíveis.

Uma boa referência para entender os conceitos de captura de movimento e ambiente virtual é o filme *Avatar*. Nele, um ser humano pode controlar o seu representante em um ambiente virtual, o seu avatar. As figuras desta página mostram etapas do processo de criação de uma animação utilizando a técnica de captura de movimentos da face, a modelagem de um objeto virtual e a integração de ambos em uma ação.

A evolução desse tipo de simulação em ambiente virtual deriva de uma tecnologia especial, usada para capturar movimentos sem a necessidade de marcadores ou sensores atados ao corpo do usuário. E também já tem suas aplicações no mundo dos jogos (Kinetic), com grande sucesso. Essa tecnologia, impressionante e revolucionária, abre portas para aplicações em muitas áreas distintas, incluindo a própria tecnologia da informação, como uma nova interface de controle de computadores, substituindo mouse e teclado.

O grande diferencial dessa tecnologia está na maneira como os movimentos são capturados. Duas câmeras são usadas, mas sem a reconstrução tridimensional por estereoscopia, como na cinematográfica. Uma das câmeras capta uma imagem comum de vídeo, colorida, e a outra possui uma matriz de sensores capazes de medir o tempo que leva um flash de luz infravermelha – em forma de grade e emitido em alta frequência – para sair do dispositivo, bater nos objetos ao redor e voltar à matriz de sensores da câmera. A velocidade de propagação da luz e as medições de tempo em cada sensor são muito precisas e, juntas, elas constroem a imagem do usuário e seus movimentos.

A simulação computacional é também uma ferramenta muito poderosa à disposição dos esportes. É amplamente usada na mecânica computacional, na fabricação de carros ou aviões, no treinamento de pilotos e também na ginástica olímpica e na natação. São muitos os ambientes e os softwares disponíveis para modelagem e simulação, mas um bom exemplo é o projeto Opensim ([simtk.org](http://simtk.org)), resultado do esforço conjunto de uma rede de laboratórios de todo o mundo. O projeto oferece acesso livre a um software para modelagem e simulação de movimentos humanos, com muitas aplicações em esportes.



Para utilizar o Opensim, em primeiro lugar é preciso criar um modelo músculoesquelético. Pode ser um modelo de corpo inteiro ou de apenas partes do corpo – braço e antebraço, por exemplo. Cada modelo possui segmentos correspondentes aos ossos, músculos e articulações, que podem ser editados separadamente. O pesquisador ou treinador pode criar o seu modelo ou usar modelos previamente desenvolvidos, disponibilizados por outros programadores.

Uma vez construído, o modelo é acionado por equações matemáticas, tabelas de dados (dinâmica direta) ou por movimentos reais, isto é, capturados de um atleta com um sistema de análise cinemática (dinâmica inversa). Nos dois casos é possível adicionar ao modelo as forças externas que agem sobre o corpo em movimento, como as forças de reação do solo, no exemplo retratado nesta página.

Neste exemplo, as técnicas de simulação são aplicadas a um modelo com a finalidade de saber qual seria a técnica mais eficiente a ser adotada pelo ginasta para obter um novo salto.

### **Vídeo do salto real**



### **Movimento modificado pela simulação**



### Desafio: espelho virtual

- ▶ E se fosse possível gravar um vídeo doméstico ou tirar fotos dos principais movimentos de um esportista amador praticando seu esporte predileto para depois comparar com as imagens de atletas consagrados, com o intuito de corrigir posturas e analisar movimentos? Que lições poderiam ser tiradas dessa espécie de “espelho virtual”? Convide seus alunos a fazer este exercício comparativo e a contar seus achados em sala de aula.

#### EM RESUMO

As tecnologias de captura de movimento, realidade virtual e simulação, em separado ou integradas, registram o movimento do usuário inserido em um ambiente virtual. Essas tecnologias de última geração permitem avanços extraordinários na ciência do esporte, além de estimularem, potencialmente, a mudança de hábitos em cidadãos de todas as idades e condições físicas na prática das atividades esportivas.

#### PARA SABER MAIS

Laboratório de Instrumentação para Biomecânica, Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas – LIB/FEF/Unicamp: <http://www.fef.unicamp.br/>

**Murderball, paixão e glória** (EUA – 2005) – Documentário sobre a luta de um jogador de rúgbi em cadeira de rodas para participar dos Jogos Olímpicos de Atenas – <http://www.imdb.com/title/tt0436613/>

**A Ciência das Lutas** Série de programas da TV a cabo National Geographic Channel. Reúne especialistas para comparar o poder, as vantagens e as limitações de vários estilos de artes marciais, usando uma combinação de tecnologias para examinar o corpo dos lutadores em tempo real.

<http://www.natgeo.com.br/br/especiais/a-ciencia-das-lutas/>

**Definição de TI:** [www.infowester.com/ti.php](http://www.infowester.com/ti.php)

**Site da Fifa:** [www.fifa.com](http://www.fifa.com)

**Reality Motion Systems SIMI:** <http://www.simi.de>

**NBA (site em inglês):** <http://www.nba.com/>

**Detalhes do funcionamento do Kinetic:**

<http://www.plugmasters.com.br/plugfeed/post/52973/um-cientista-explica-o-microsoft-kinetic>.

**Projeto Opensim:** [www.simtk.org](http://www.simtk.org)

#### CONSULTE O KIT PEDAGÓGICO

Este capítulo está relacionado ao **Plano de Aula 5** e às **Fichas de Atividades 7** (Biomimética) e **11** (Análise de movimentos durante a caminhada)