



Análise Cinemática

Prof. Dr. André L. F. Rodacki

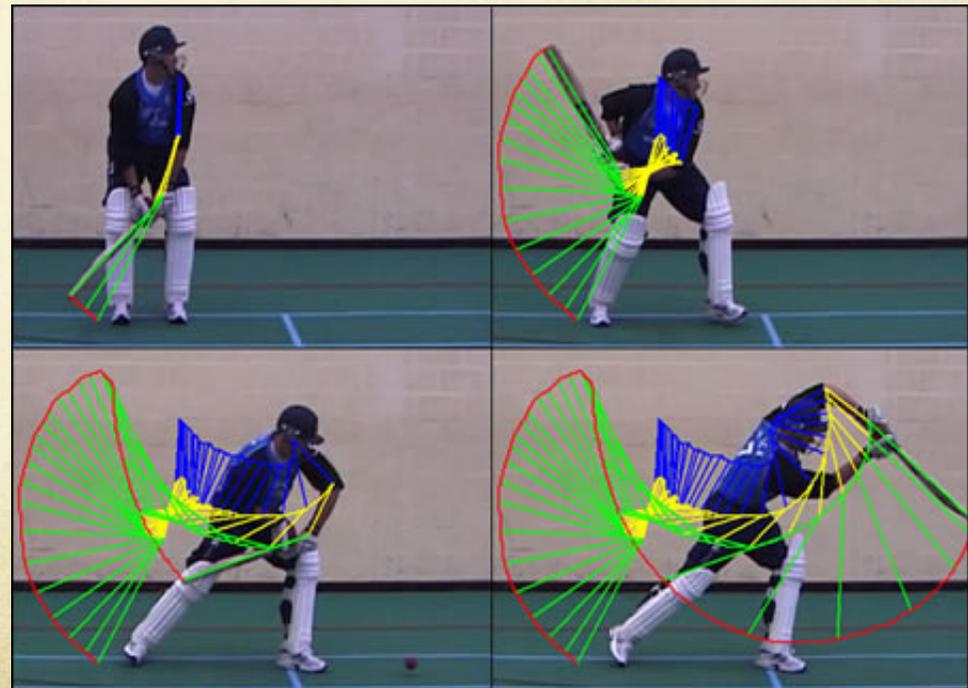
Cinemática



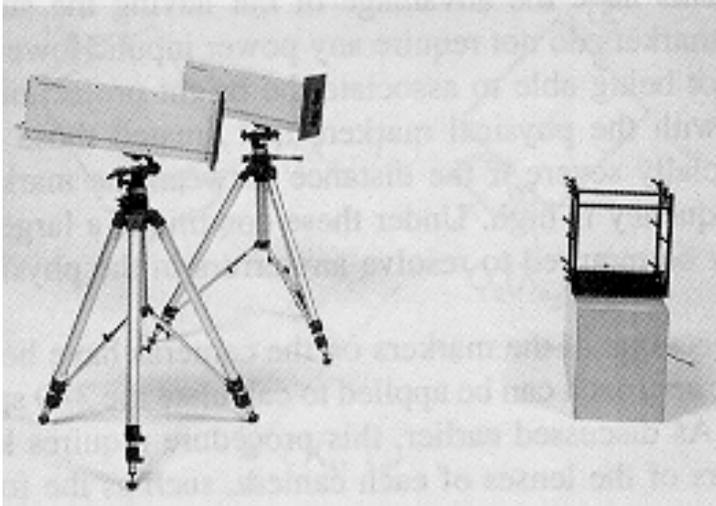
- A cinemática se preocupa com grandezas físicas que descrevem matematicamente as características do movimento de uma partícula/segmento, tais como posição, velocidade e aceleração, sem se preocupar com as forças que as causaram.

Cinemática

- A cinemática analisa o movimento a partir de uma perspectiva de tempo e espaço.

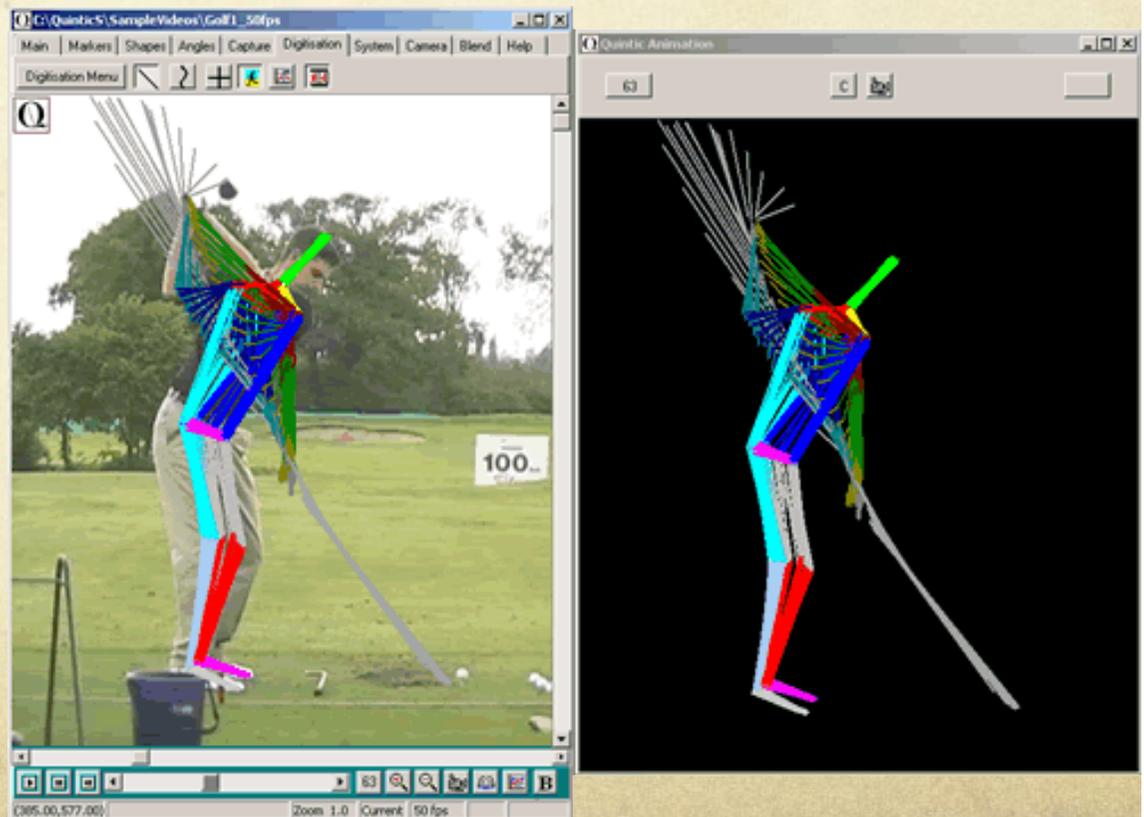


Cinemática



A Cinematria é associada a procedimentos de natureza ótica, a partir de imagens obtidas através de fotografia, filme, película,

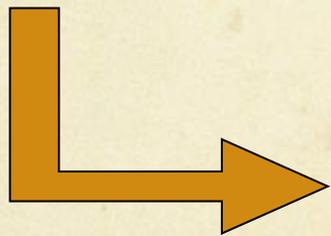
ou mais modernamente através de imagens digitais, obtidas diretamente com câmeras digitais conectadas a computadores.



Planejando uma Análise Cinemática

Quais as questões a serem respondidas?
(o que eu quero da minha análise?)

Quais as variáveis de interesse?
(o que eu preciso medir?)



Modelo de análise

Como analisar?
(como eu vou medir?)

Modelos em Biomecânica

O que são modelos...

Uma tentativa de representar a realidade... de forma simplificada

Porque modelos?

Simplificações e premissas acerca de como os elementos são conectados e funcionam em conjunto (estrutura funcional) para obter os resultados desejados; mesmo com simplificações grosseiras:

segmentos rígidos vs complexidade anatômica dos segmentos
ações isoladas musculares e ações de grupos musculares

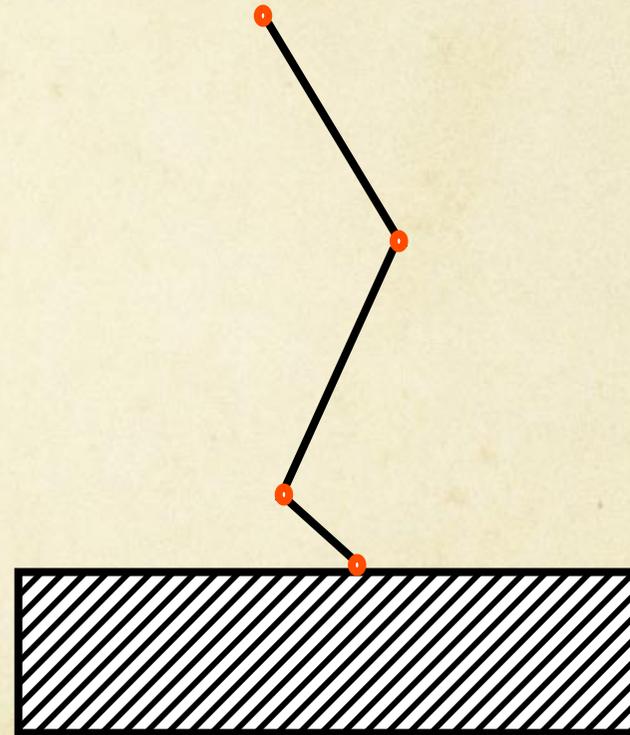
Aumentam o conhecimento e a visão sobre a realidade;

Para estimar variáveis de interesse.

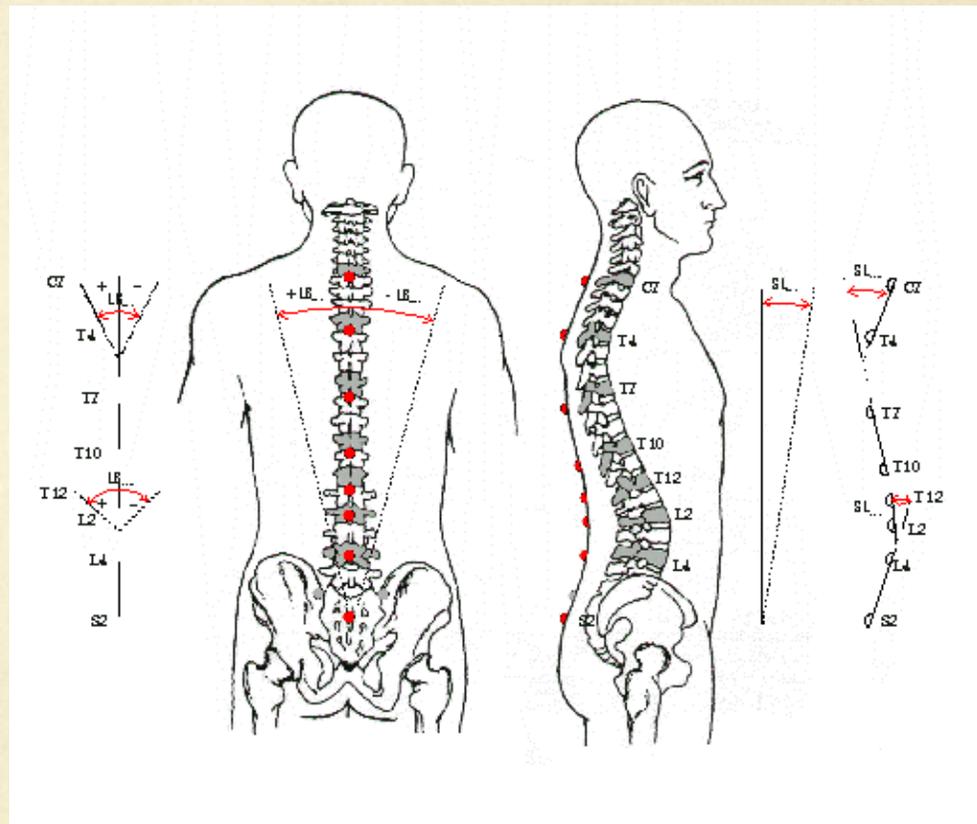
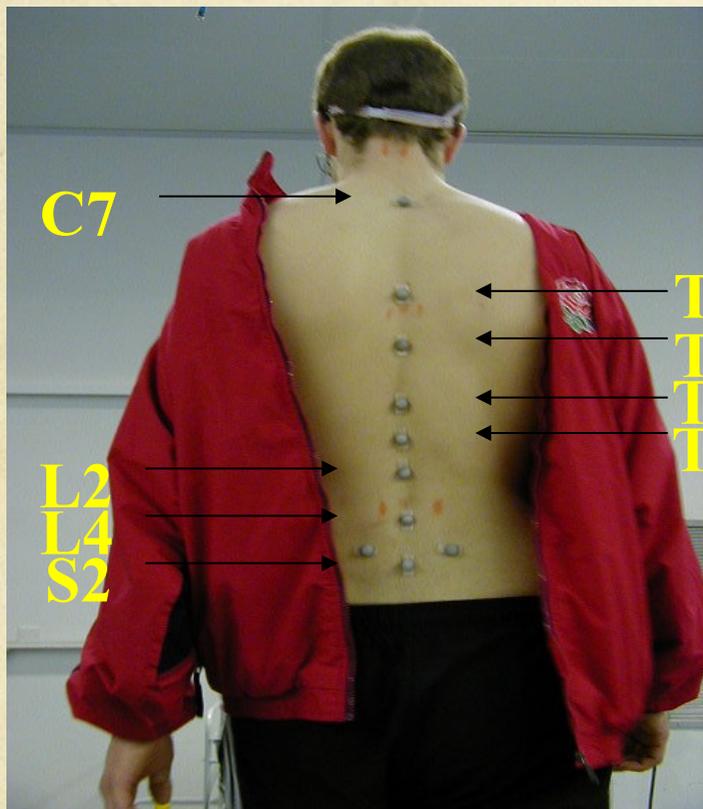
Análise cinemática

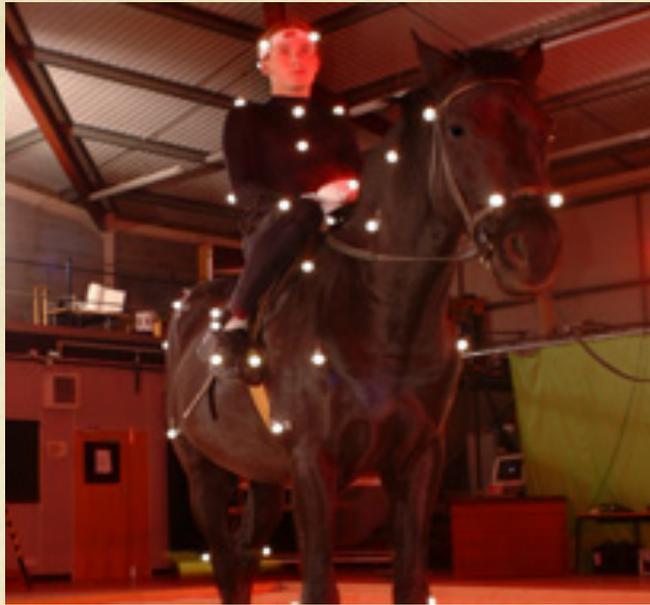
- **A partir de pontos anatômicos selecionados, é montado um modelo espacial simplificado para uma análise do movimento.**
- **O sistema de vídeo fornecerá os parâmetros cinemáticos necessários para a avaliação do movimento em relação ao tempo e espaço.**
- **A partir do modelo espacial são calculados os deslocamentos, as velocidades e acelerações dos segmentos.**

Modelos em Biomecânica - análise cinemática

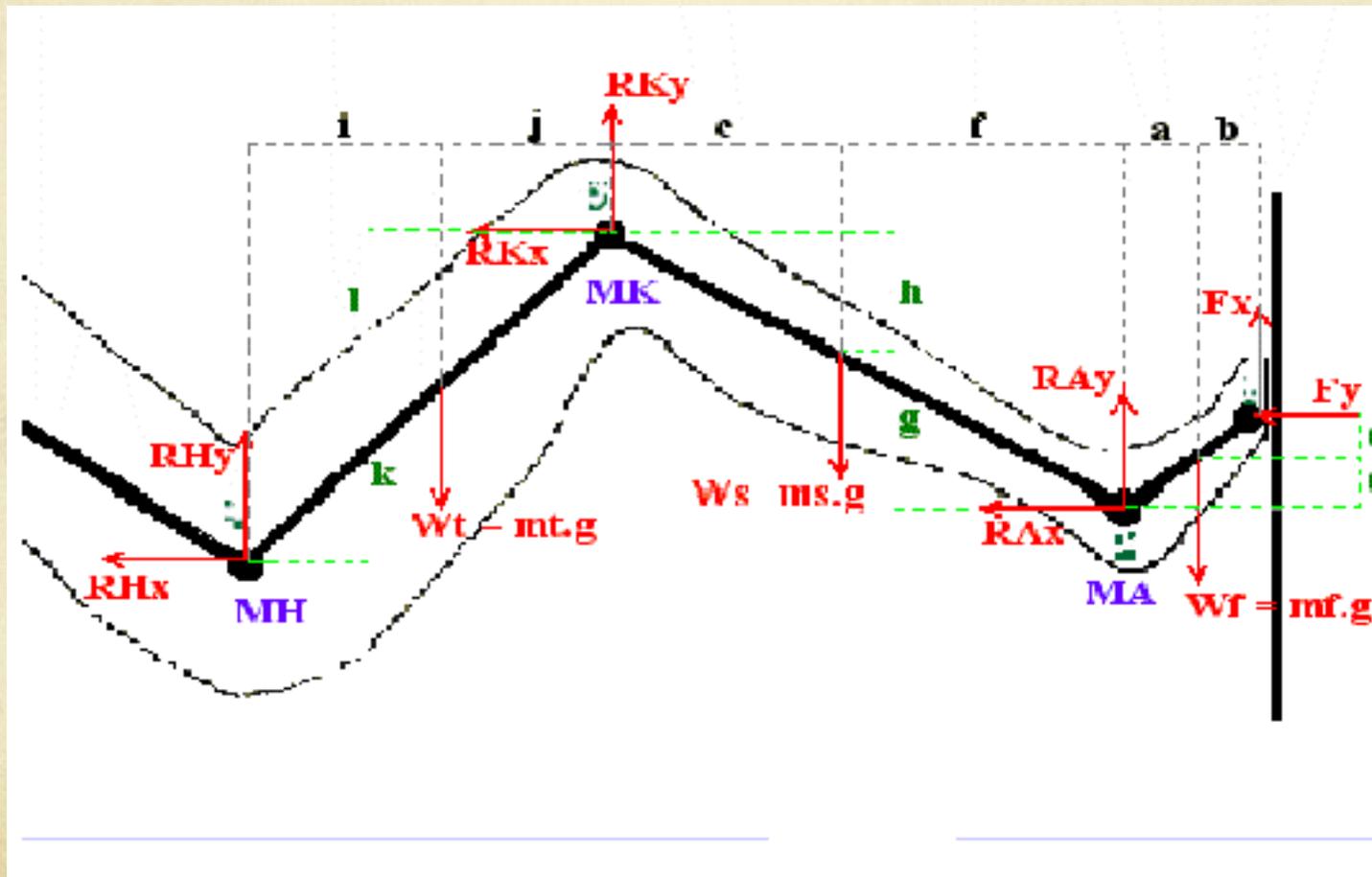


Modelos em Biomecânica - análise cinemática





Exemplo de análises quantitativas

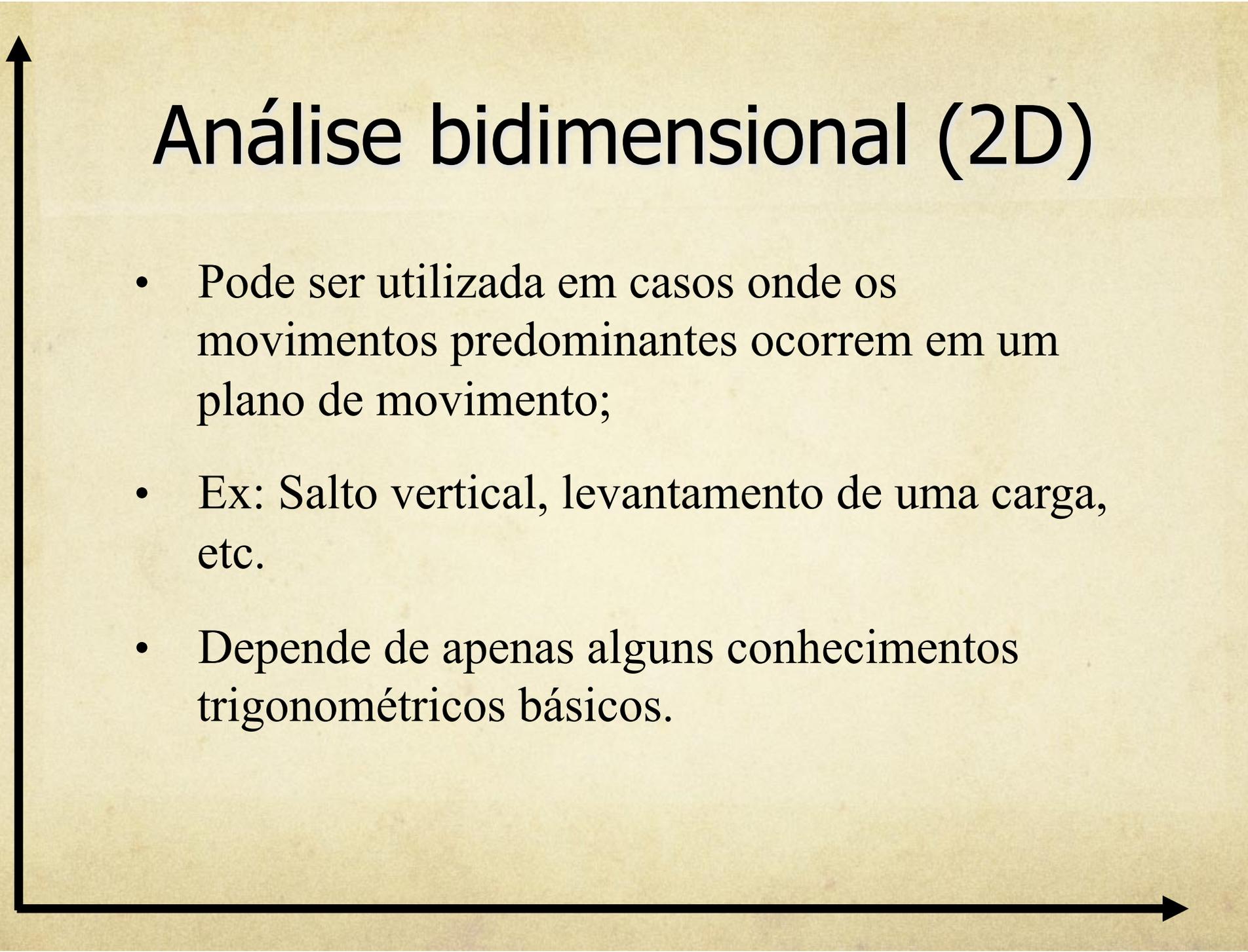


Análise do movimento

- Fisicamente, movimento é dado pela alteração da sua posição no espaço em função do tempo, ou seja, pode ser descrito através de um sistema de coordenadas;
- Um movimento somente ocorre quando há mudança relativa de posição.
- Para isso torna-se necessário:
 - Um sistema de coordenadas;
 - Dados temporais do movimento.

Sistema de coordenadas

- Independente da análise em cinemática, é necessário definir um sistema referencial a partir do qual o movimento ocorre;
- O sistema de coordenadas cartesianas é o mais comum em biomecânica;
- A posição de um objeto/segmento no espaço é definido por um sistema de coordenadas reportadas através dos eixos \underline{x} , \underline{y} e \underline{z} .

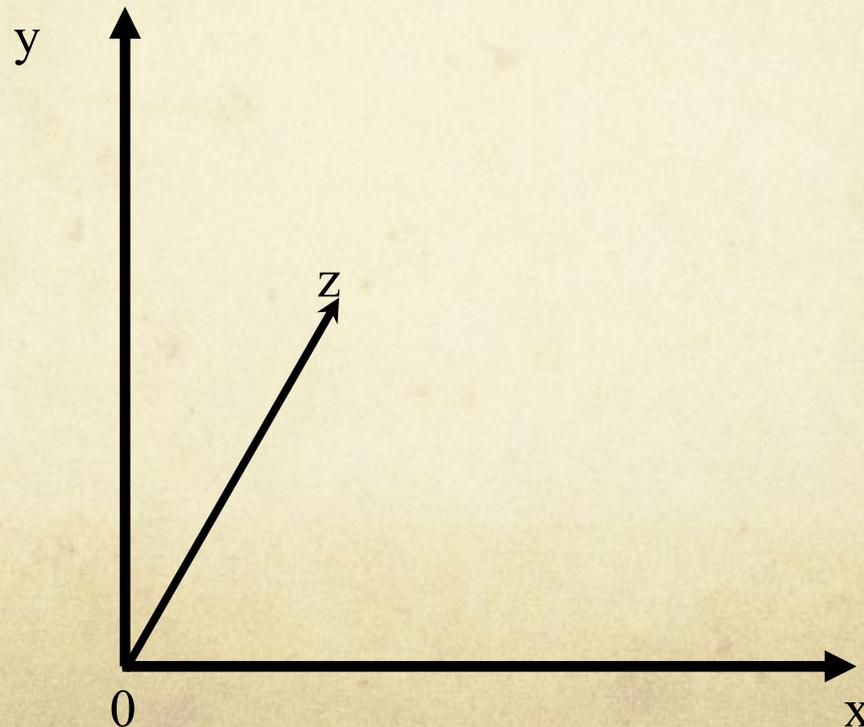


Análise bidimensional (2D)

- Pode ser utilizada em casos onde os movimentos predominantes ocorrem em um plano de movimento;
- Ex: Salto vertical, levantamento de uma carga, etc.
- Depende de apenas alguns conhecimentos trigonométricos básicos.

Análise tridimensional (3D)

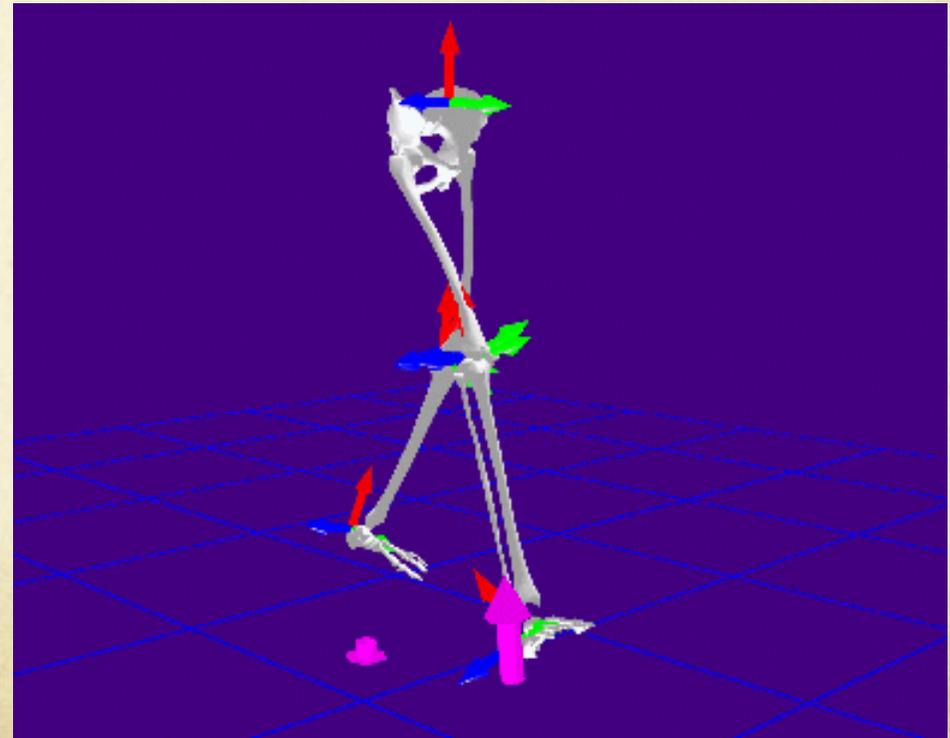
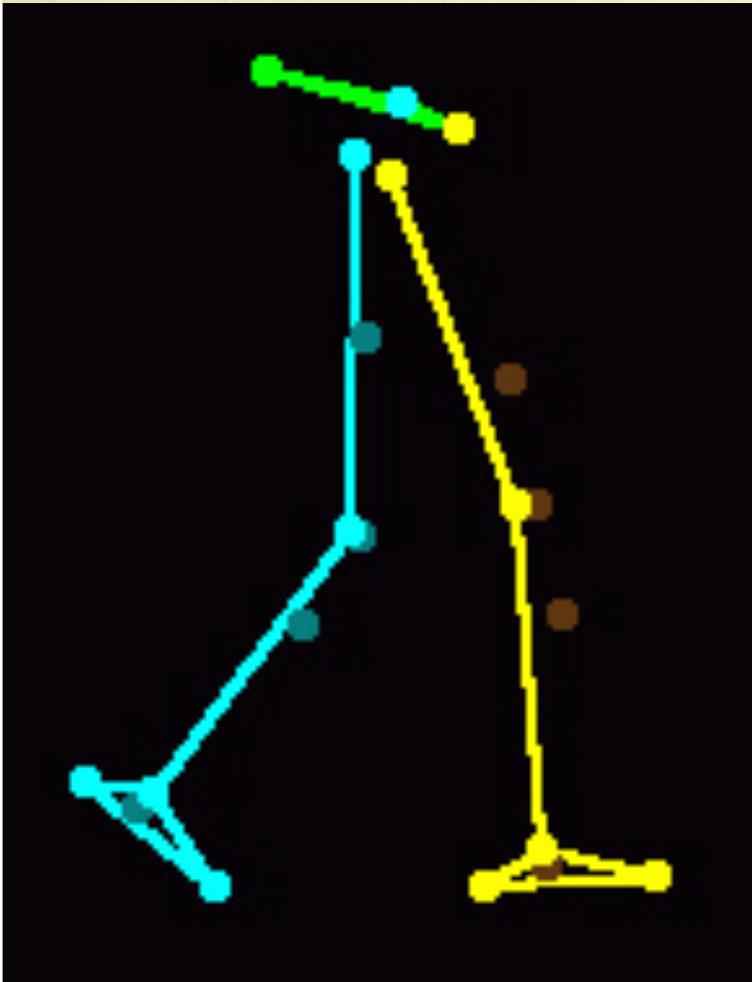
- Análise realizada em 3 eixos (x,y,z), analisando todos os planos do movimento;



Tipos de análise

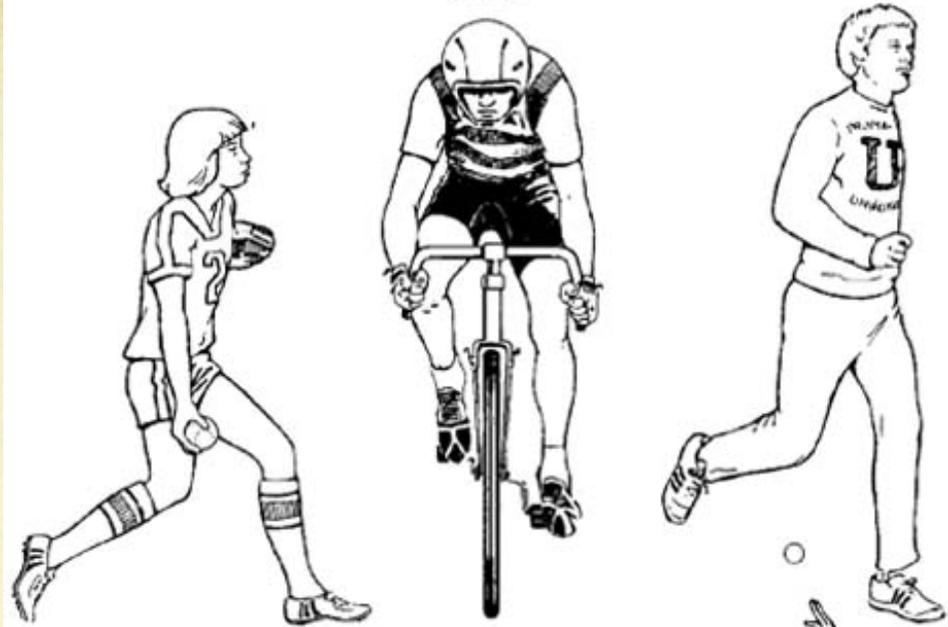
2D

3D

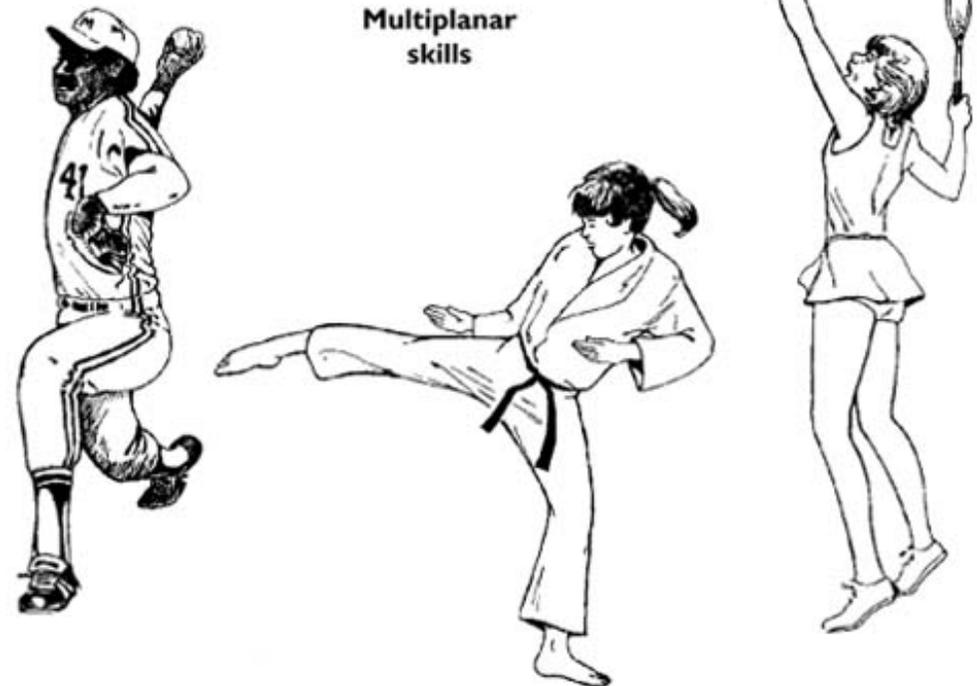


Movimentos esportivos predominantes em 2D e 3D

Primarily planar
skills

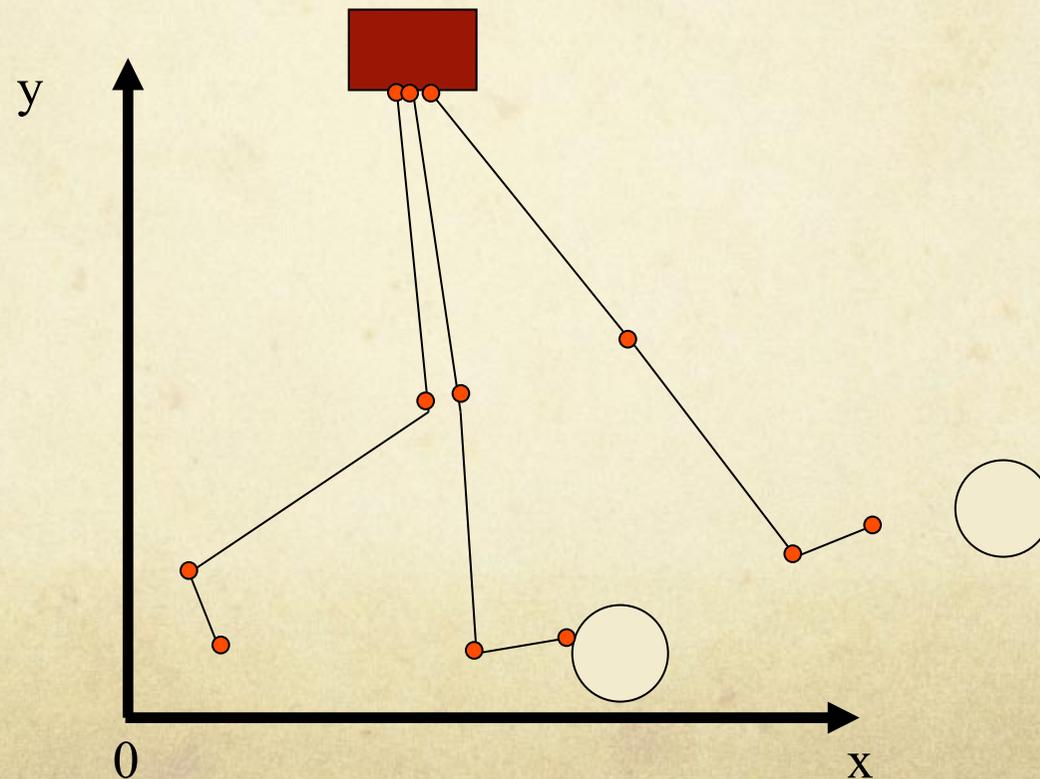


Multiplanar
skills



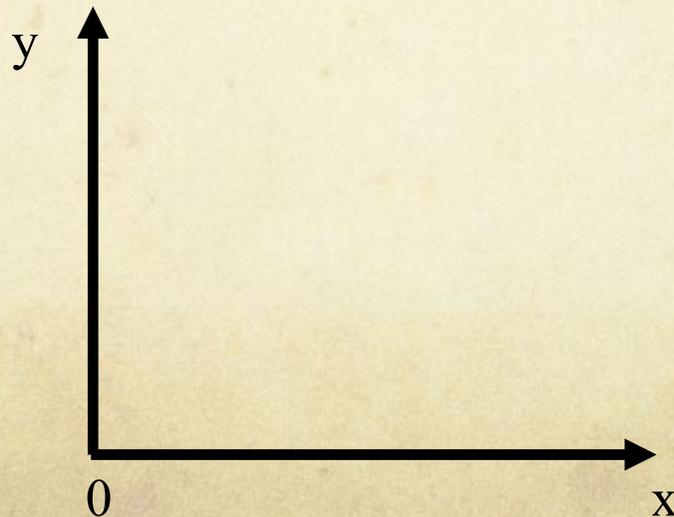
Análise bidimensional (2D)

- Análise realizada em 2 eixos (x,y), analisando um plano do movimento;

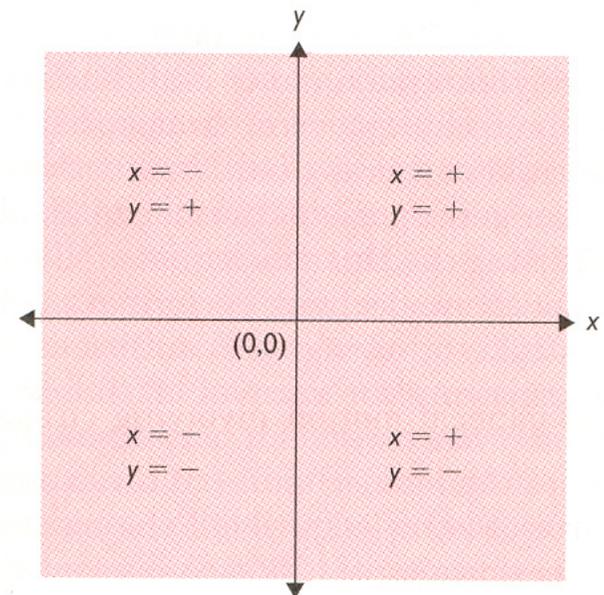
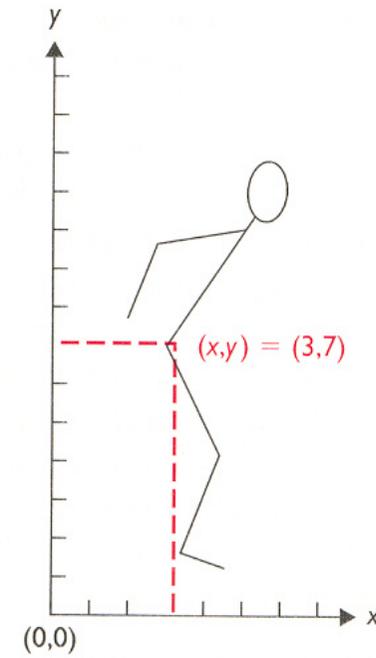


Sistema de coordenadas

- Objetiva estabelecer uma correlação com a magnitude real com a figura demonstrada;
- A trajetória que o segmento descreve no sistema de coordenadas é calculada em relação a referência definida no processo de calibração.

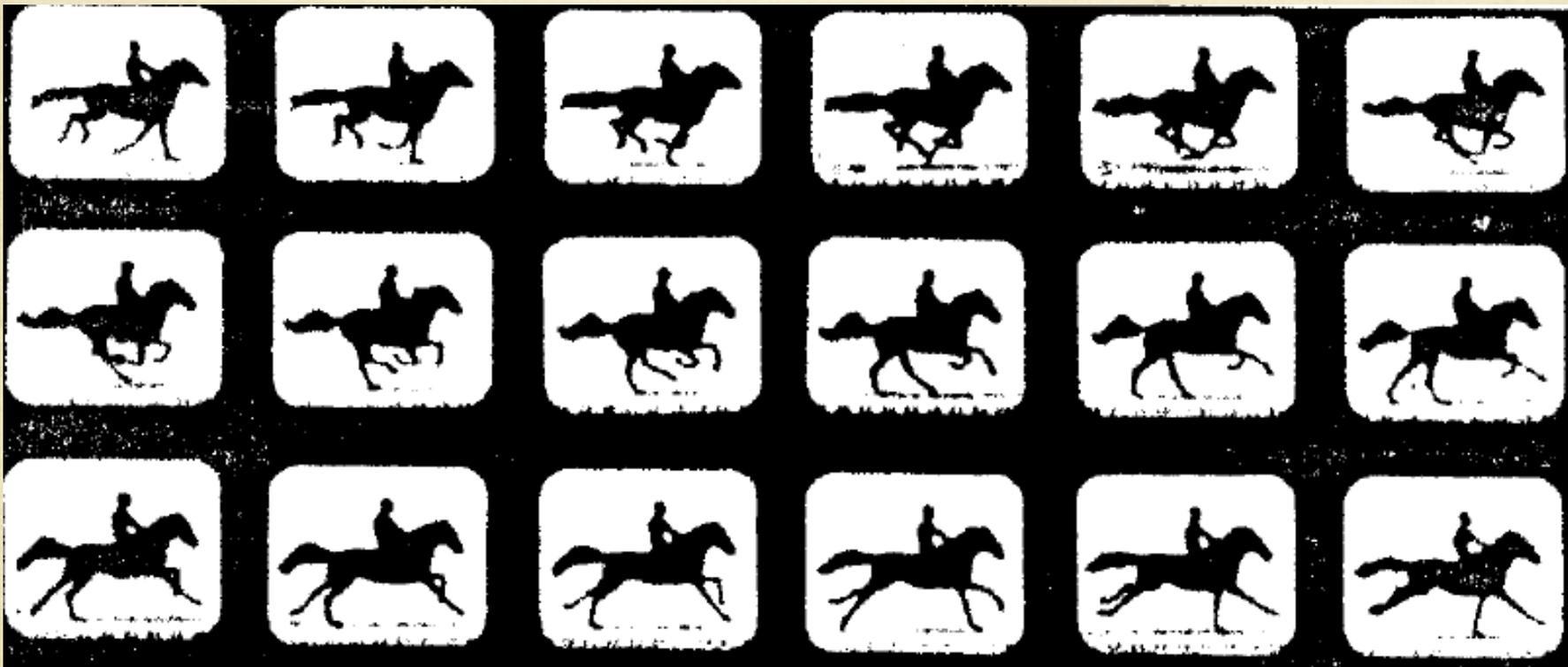


Sistema de coordenadas cartesiano bidimensional (x E y)



O experimento de Muybridge (1877)

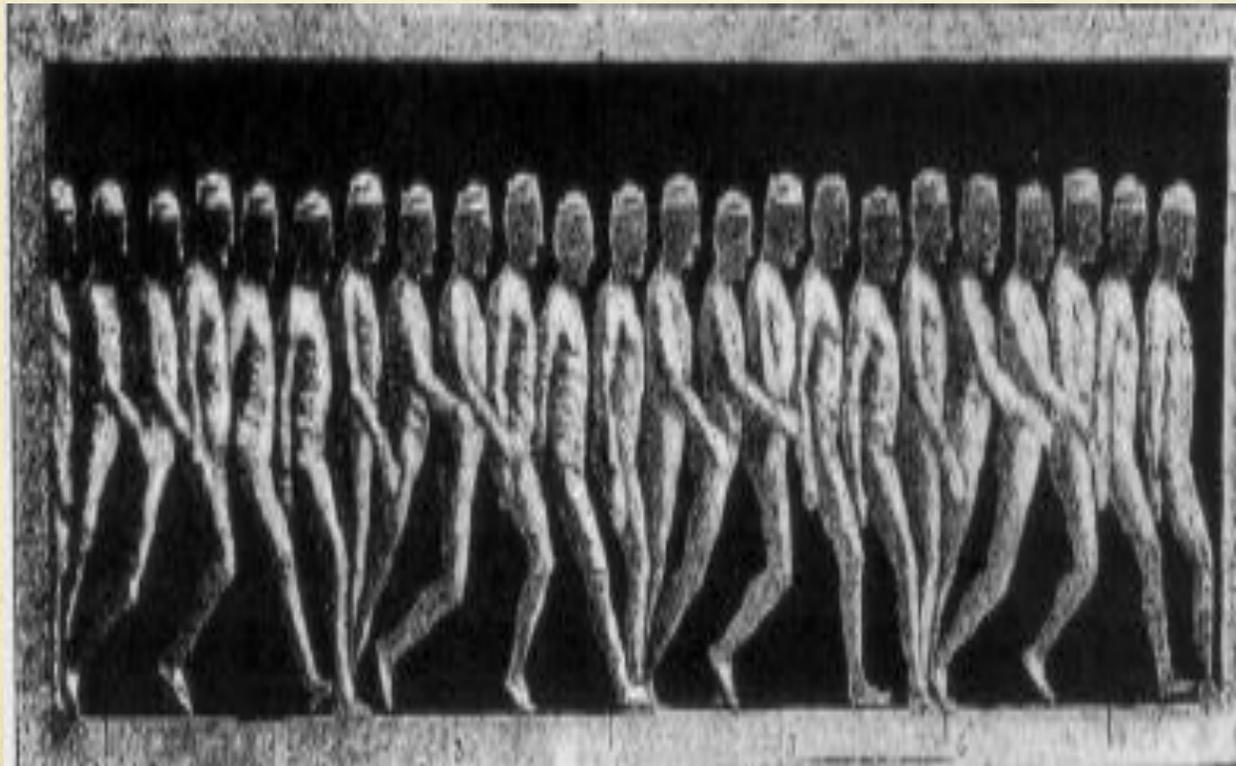
MUYBRIDGE (1877) - Realizou estudos fotográficos sobre padrões de movimento



Rede linear de câmeras seqüenciais

Os experimentos de Marey

MAREY (1882) - Quantificou o estudo da locomoção através de seus inventos pioneiro da cinematografia (cronociclo);



Chapa única com objetiva aberta

Análise Cinemática

A análise pode ser feita através de diversos métodos:

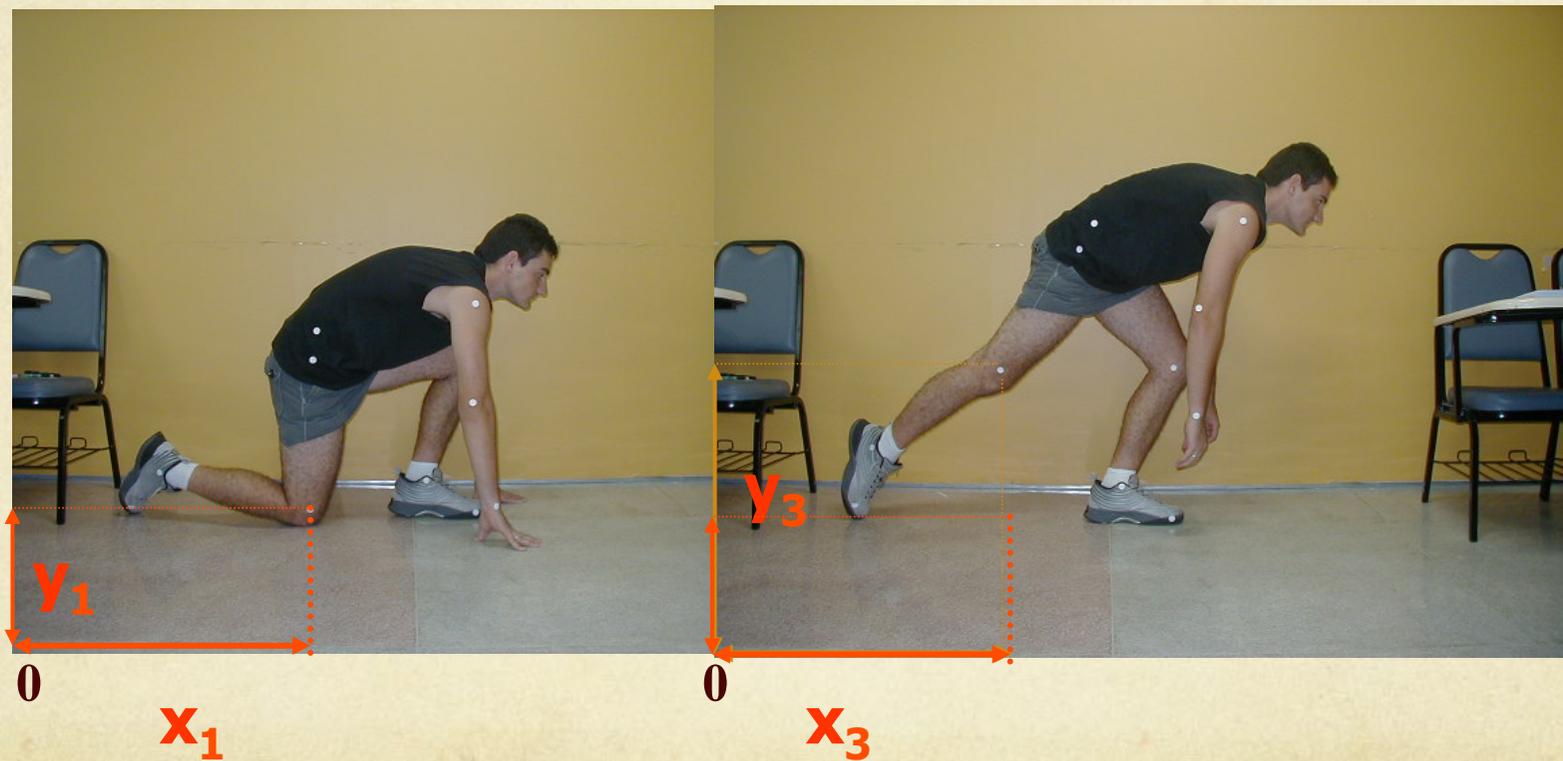
- **Impressas** - “hard copy”
 - Determinação direta (transferidor)
 - Determinação matemática trigon (coord x;y)
- **Digital** –
 - Via software genérico” (ex. CorelDraw, etc...)
 - Determinação matemática trigonométrica (coord x;y)
 - Determinação digital direta (ferramentas angulares)
 - Via software específico” (ex. Peak; Simi, Elite, etc...)

Cinemática

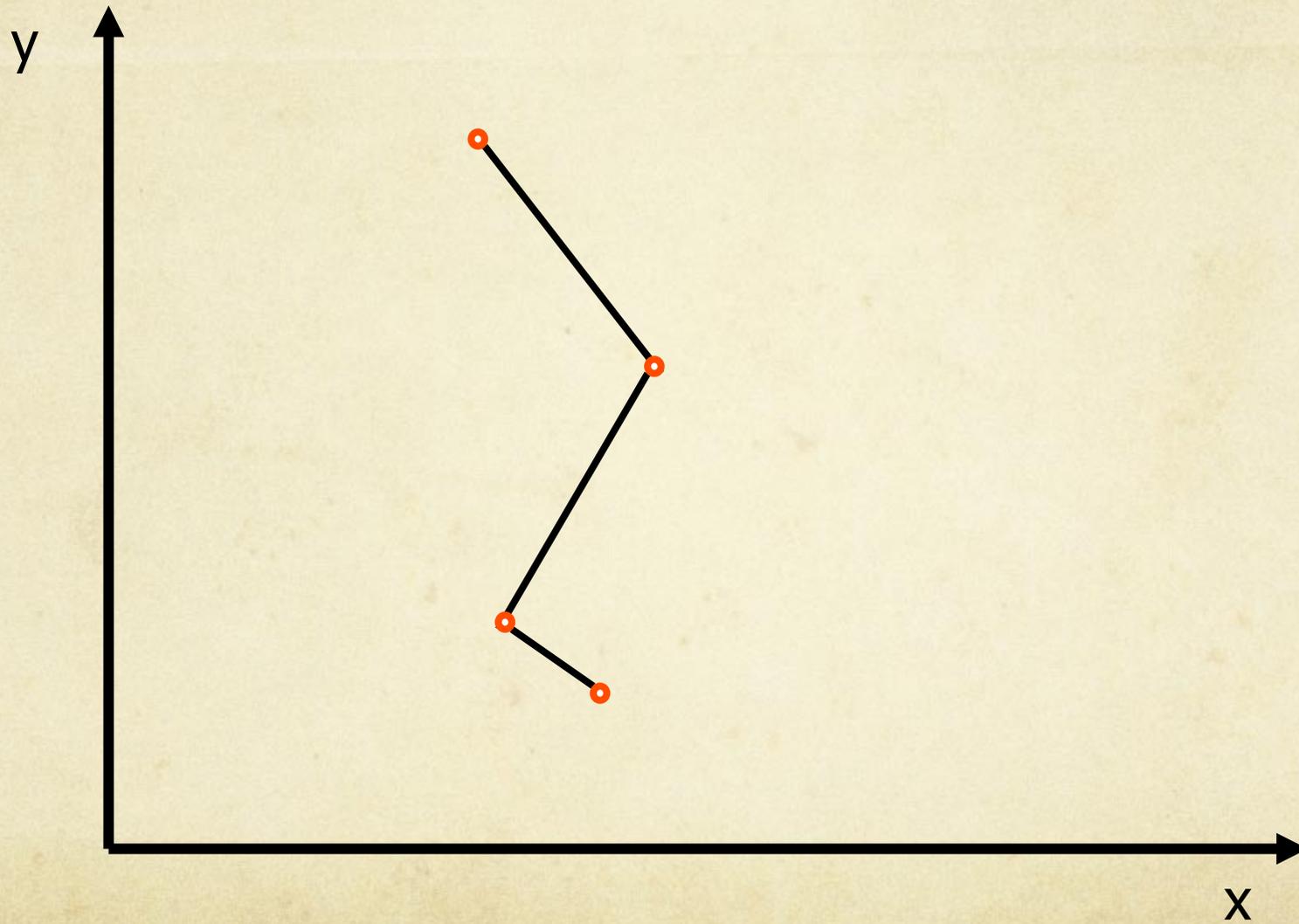


- A captação e digitalização de imagens são feitas utilizando um sistema composto de câmeras de vídeo, um software específico e um computador.

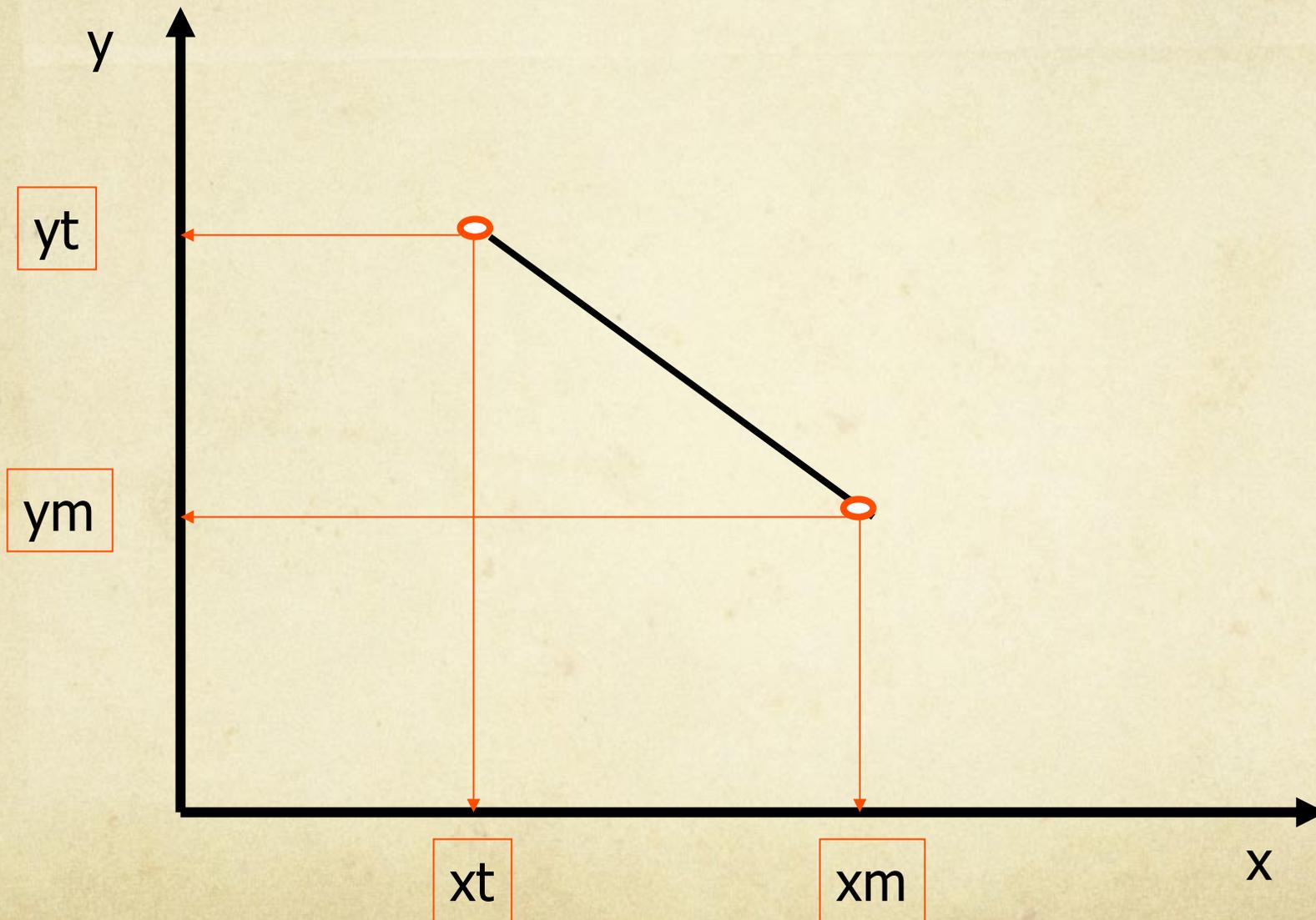
Movimento no sistema de coordenadas



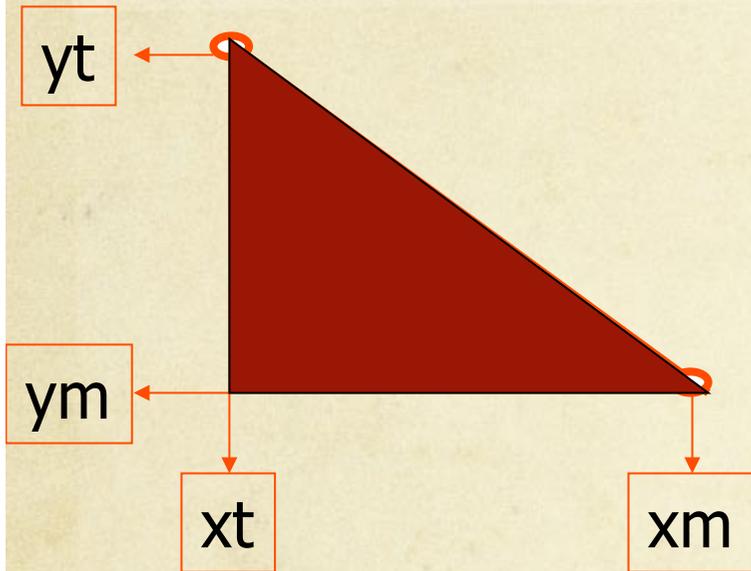
Estática



Estática



Estática



$$\text{sen}\theta = \frac{\text{cateto_oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

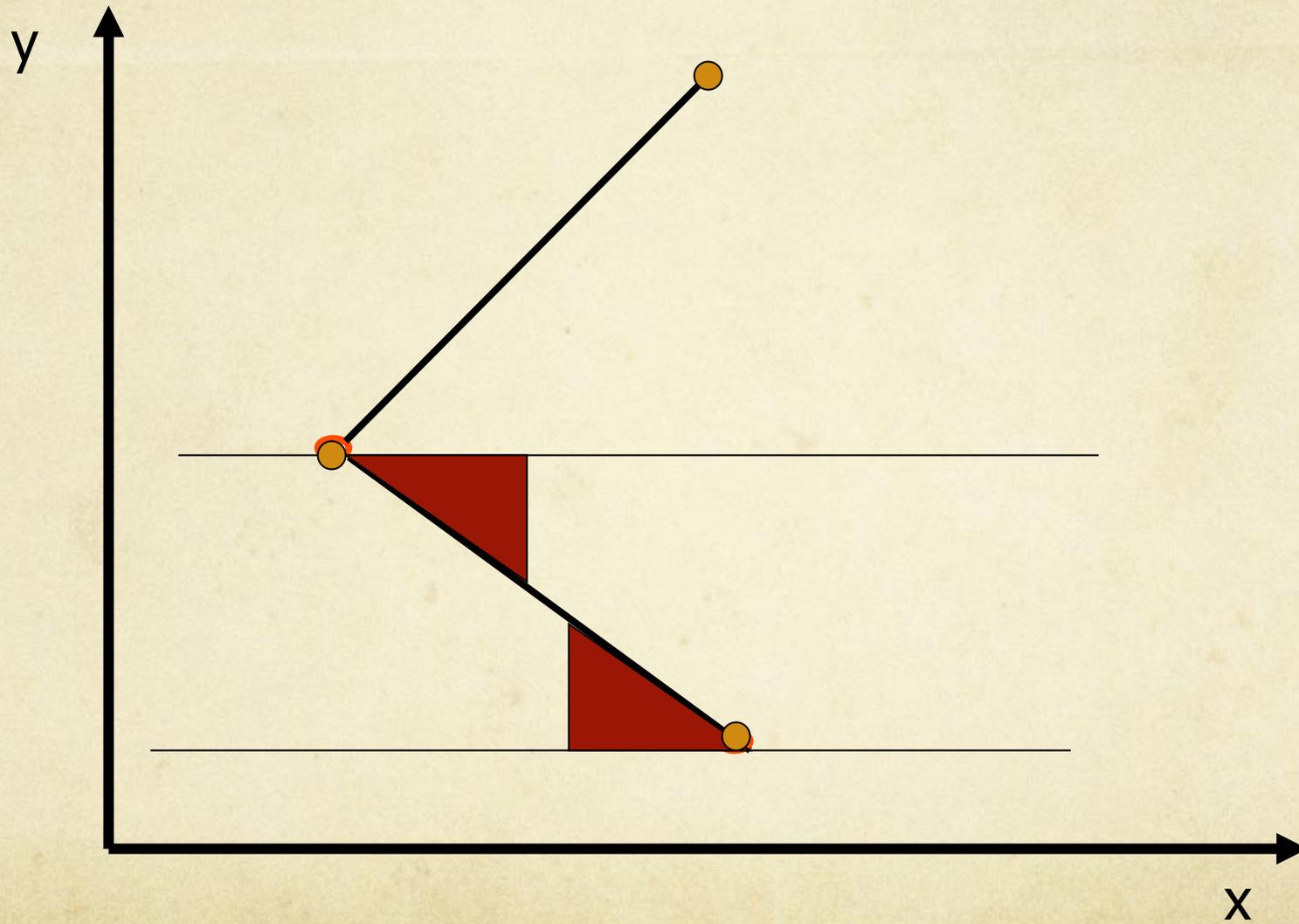
$$\text{sen}\theta = \frac{y_t - y_m}{\sqrt{(y_t - y_m)^2 + (x_m - x_t)^2}}$$

$$\text{cos}\theta = \frac{\text{cateto_adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

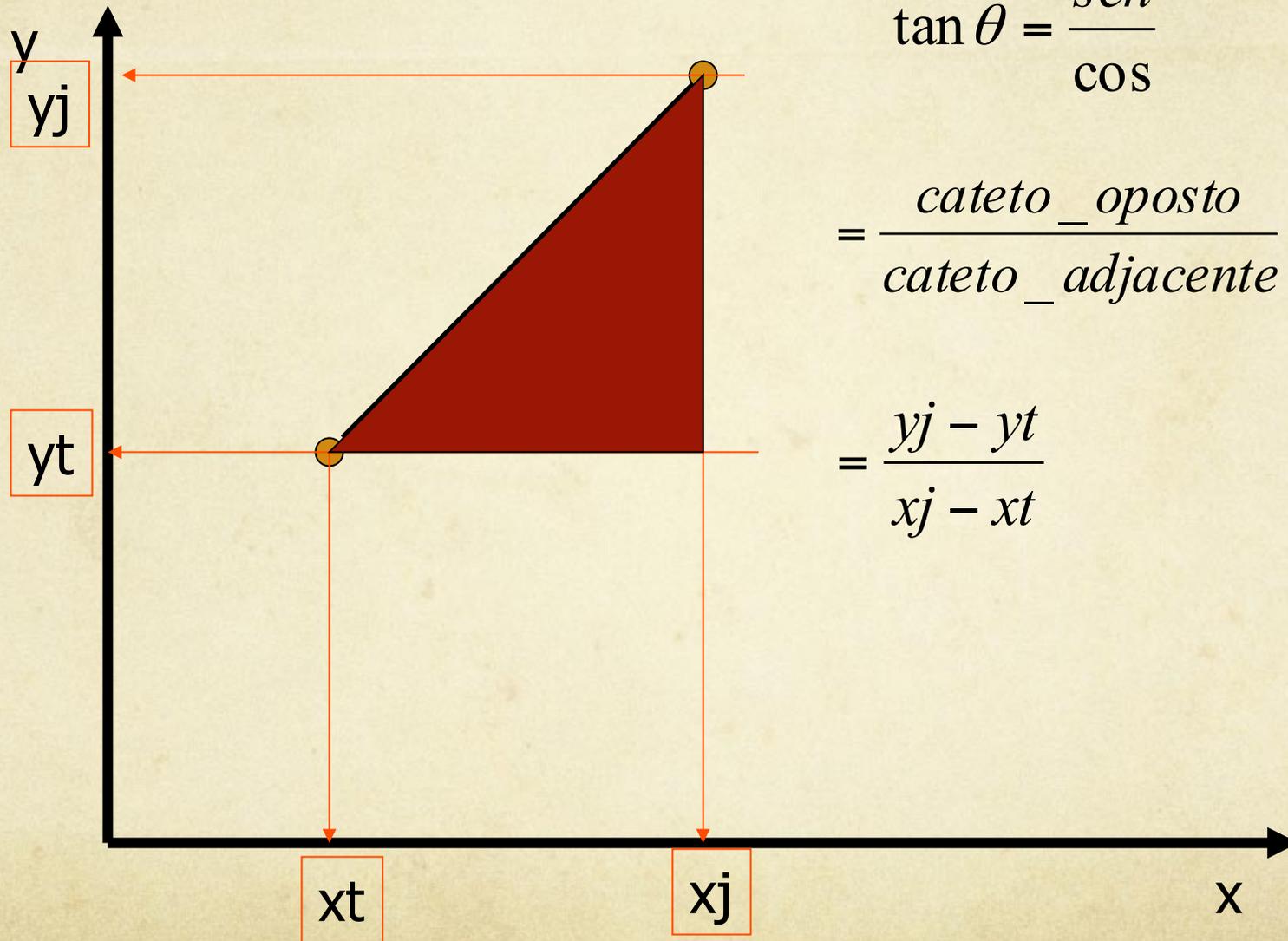
$$\text{cos}\theta = \frac{x_m - x_t}{\sqrt{(y_t - y_m)^2 + (x_m - x_t)^2}}$$

$$\text{tan}\theta = \frac{\text{sen}}{\text{cos}} = \frac{\frac{\text{cateto_oposto}}{\text{hipotenusa}}}{\frac{\text{cateto_adjacente}}{\text{hipotenusa}}} = \frac{\text{cateto_oposto}}{\text{cateto_adjacente}} = \frac{y_t - y_m}{x_m - x_t}$$

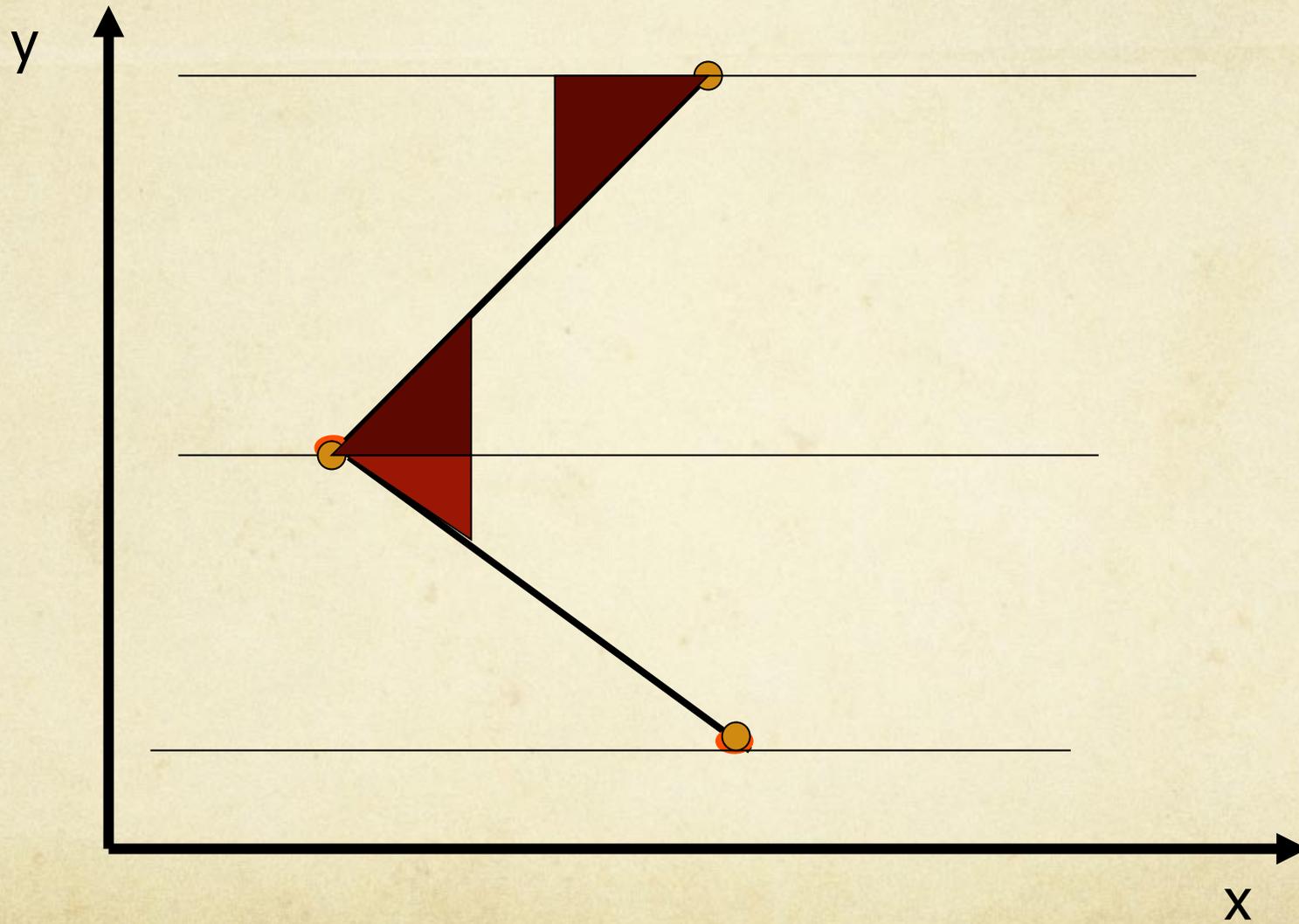
Estática



Estática

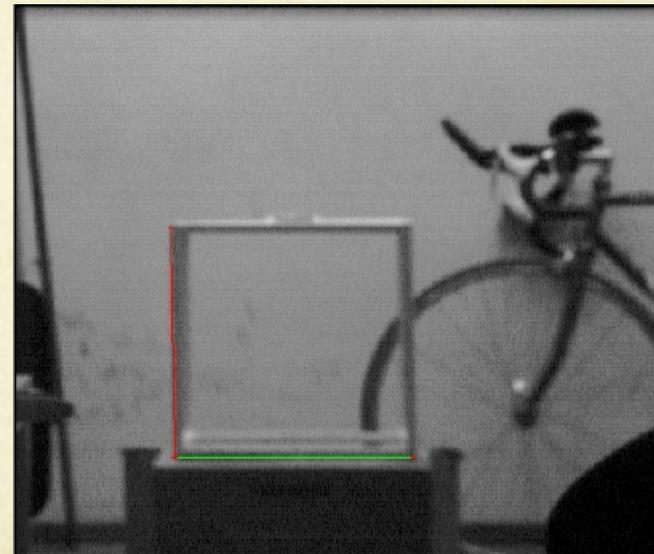
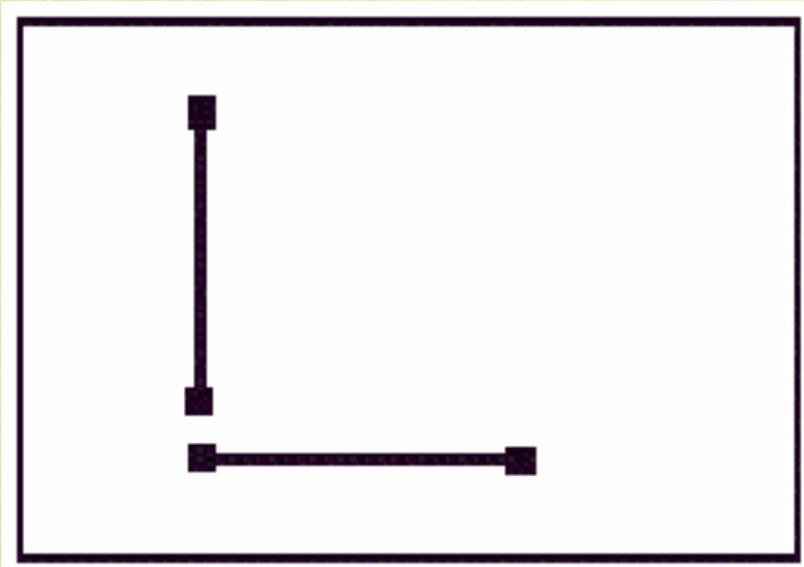


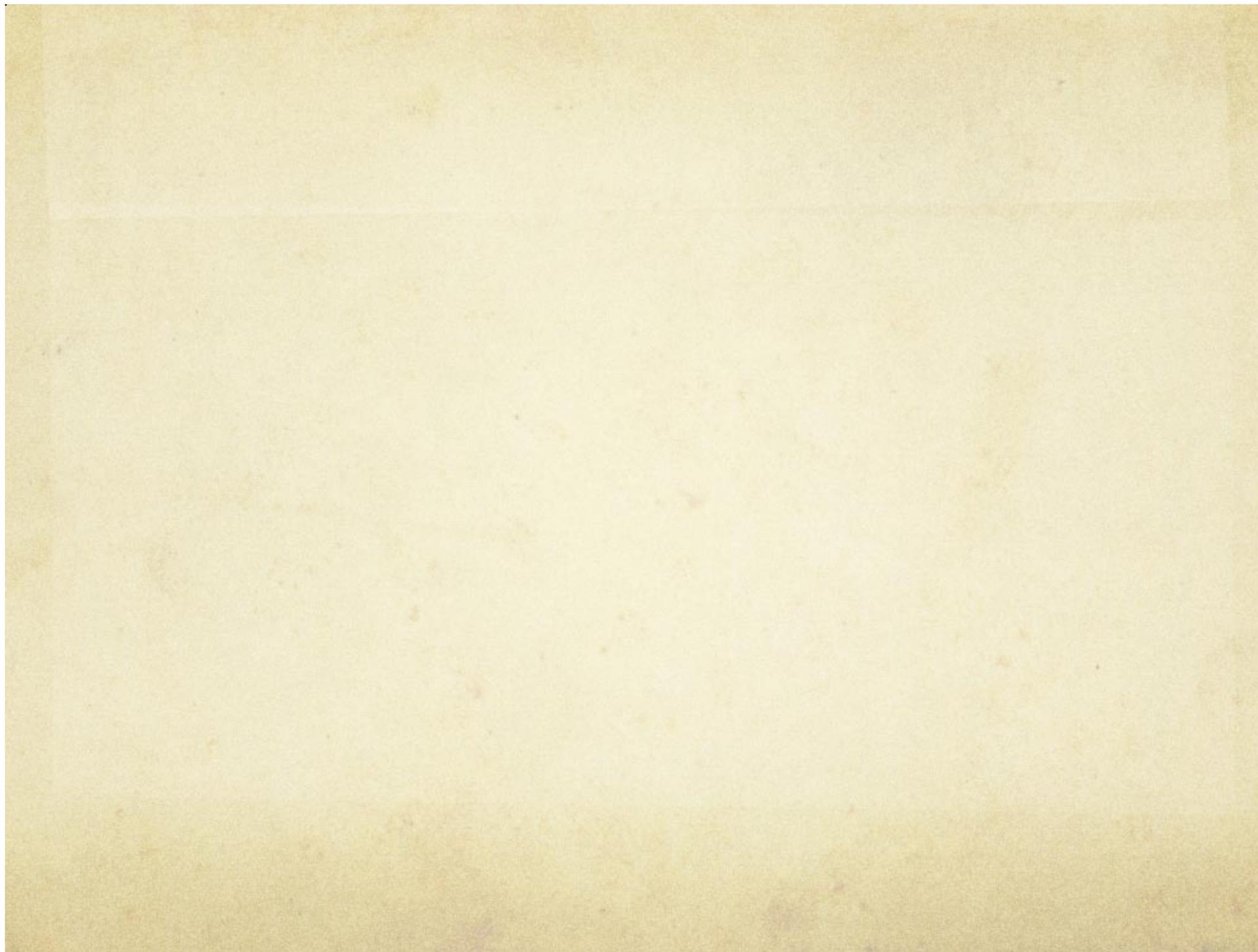
Estática



Análise Cinemática - 2D (calibragem)

Para que o movimento possa ser analisado de forma correta, se faz necessário fornecer parâmetros que corrijam a relação câmera-objeto, ou seja, é necessário calibragem.





Da fotografia para o filme

De uma maneira geral, um filme é constituído por uma sequência de fotografias exibidas com uma certa frequência... Desta forma, se a posição de um ponto ou segmento for determinada em um quadro (frame 1), a diferença de posição em relação a um segundo quadro (frame 2) representa o deslocamento do ponto/segmento no espaço.



1

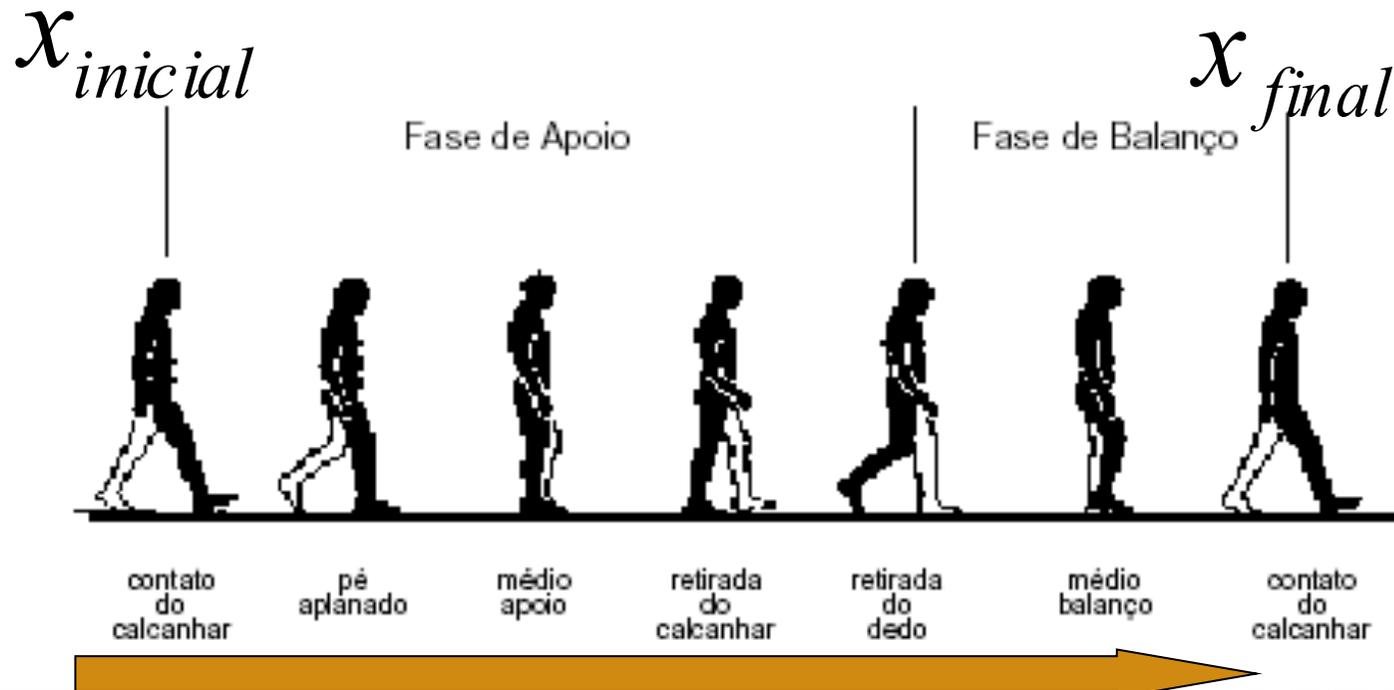
2

3

4

Da fotografia para o filme

CICLO DA MARCHA



$$\Delta x = x_{final} - x_{inicial}$$

Na marcha, a diferença de posição horizontal do calcâneo (no instante do contato com o solo) representa a amplitude do passo...

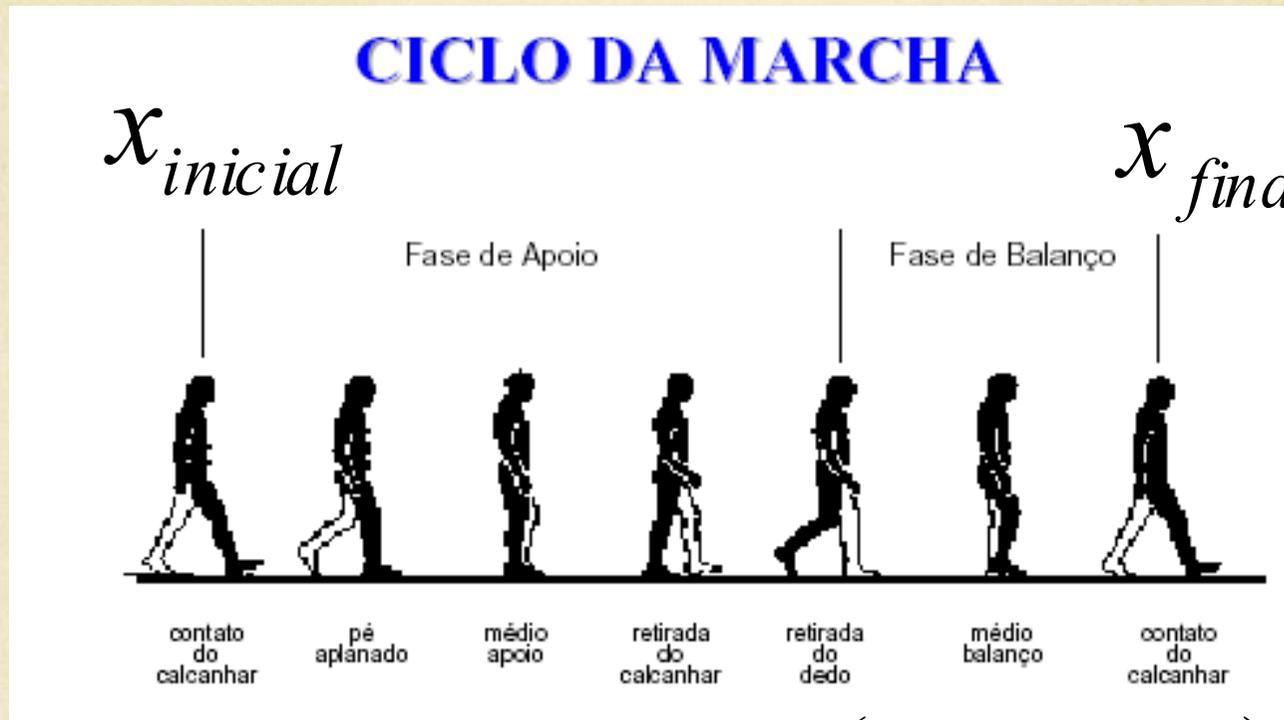
Da fotografia para o filme

Um outro fator importante é a velocidade com que certos fenômenos ocorrem... A velocidade pode ser obtida pela primeira derivada da posição do ponto ou segmento....

$$v = \frac{\textit{distância}}{\textit{tempo}} = \frac{\Delta_x}{\Delta_t} = \frac{(x_{final} - x_{inicial})}{(t_{final} - t_{inicial})}$$

Na fotografia é muito difícil determinar o intervalo de tempo entre as tomadas de imagem.... porém o filme é formado por quadros (fotos) obtidas em intervalos constantes - determinados pela frequência da câmera

Da fotografia para o filme

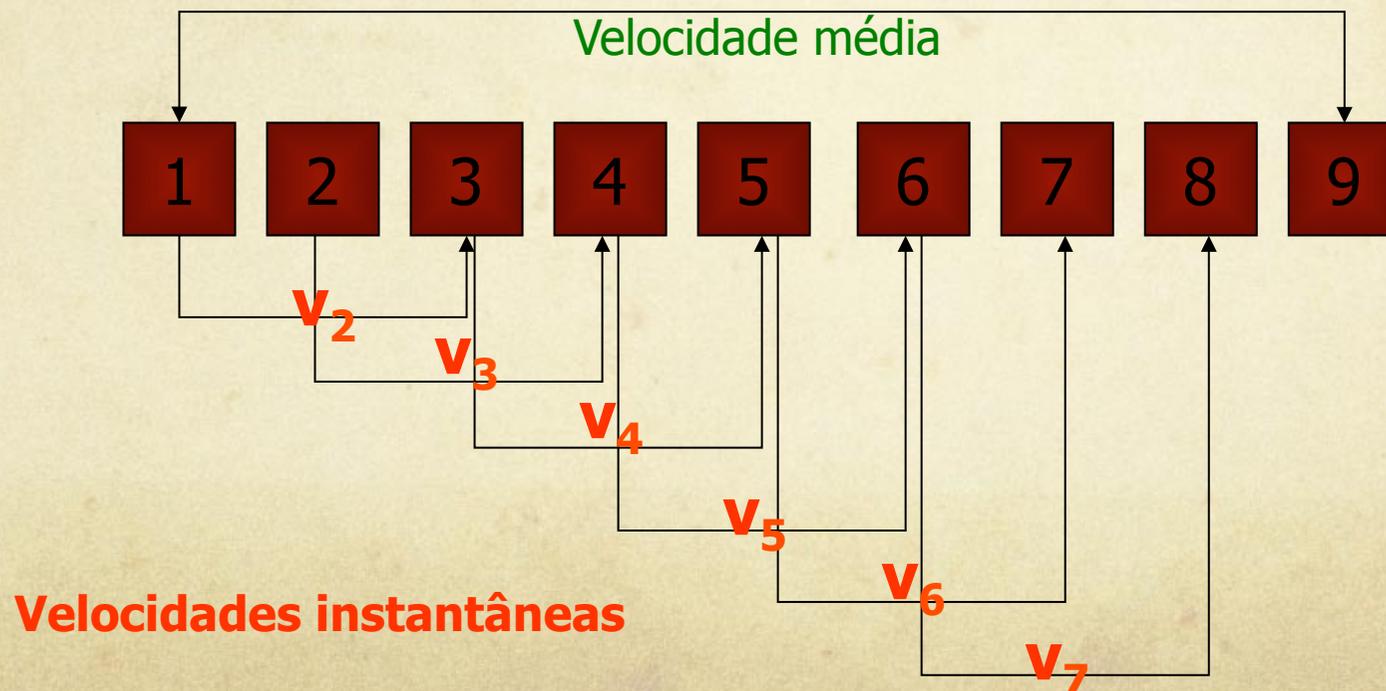


$$v = \frac{\textit{dist\~{a}ncia}}{\textit{tempo}} = \frac{\Delta_x}{\Delta_t} = \frac{(x_{final} - x_{inicial})}{(t_{final} - t_{inicial})}$$

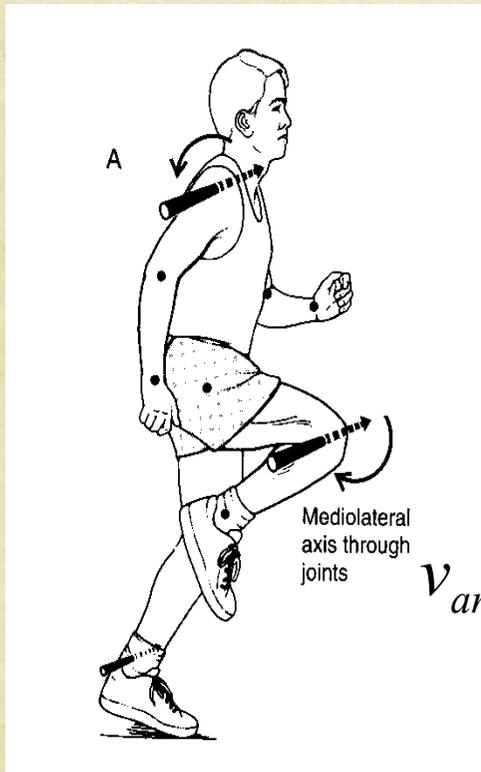
A velocidade das passadas determinam a velocidade de propulsão média do centro de massa

Da fotografia para o filme

A velocidade calculada através de pontos extremos do movimento (ex. contatos sucessivos do calcâneo) revelam a velocidade média do movimento. A velocidade instantânea pode ser calculada da mesma forma, porém os pontos adjacentes devem ser utilizados.



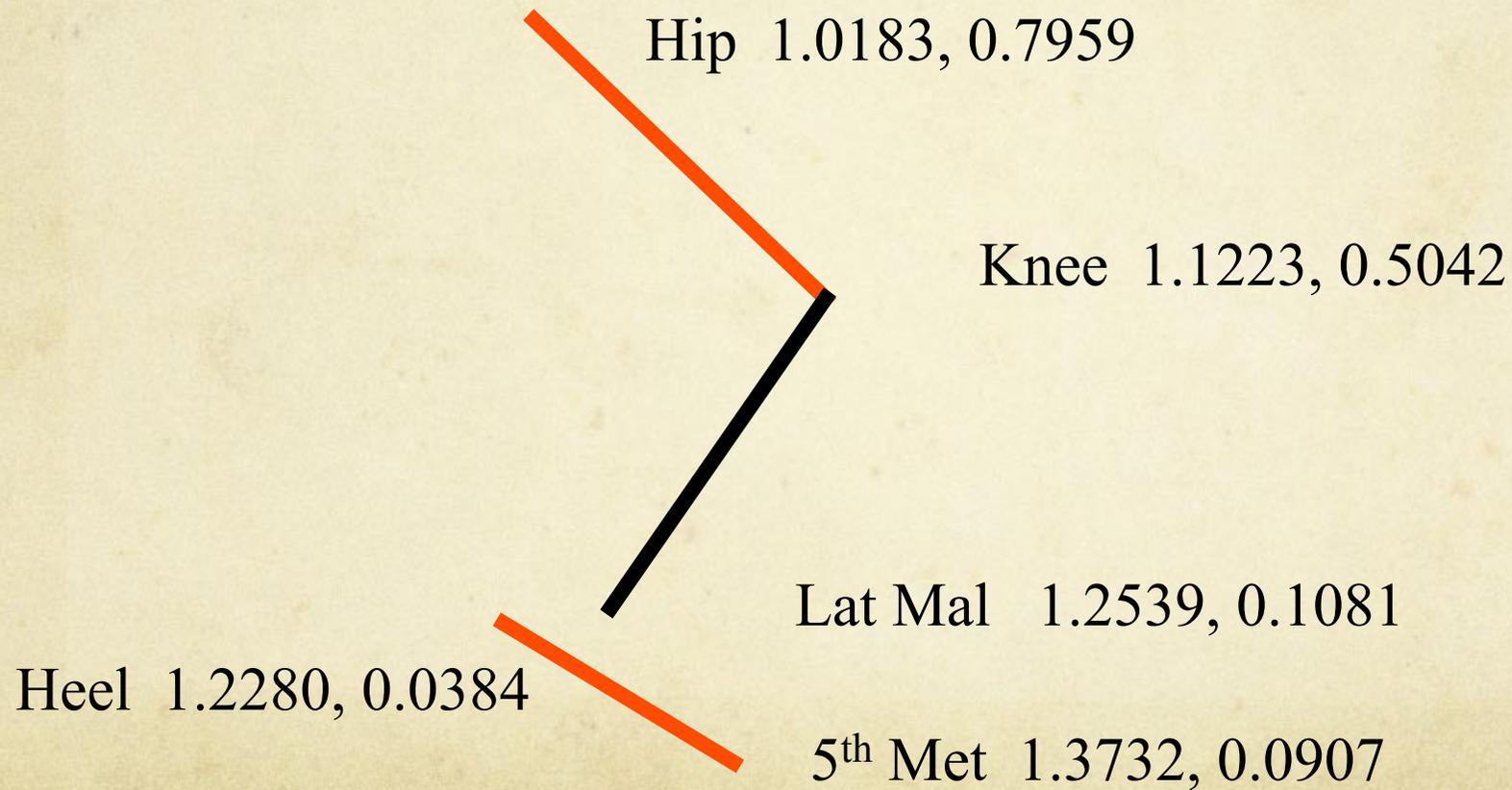
Análise Cinemática Quantitativa da Marcha



A maior parte dos movimentos do corpo humano não são lineares, mas angulares...
Todavia, as mesmas relações aplicam...

$$v_{angular} = \frac{\text{distância}_{angular}}{\text{tempo}} = \frac{\Delta_{\theta}}{\Delta_t} = \frac{(\theta_{final} - \theta_{inicial})}{(t_{final} - t_{inicial})}$$

Calcule os ângulos



Análise tridimensional (3D)



- Para se realizar uma reconstrução em três dimensões, são necessárias duas ou mais imagens.
- Deve ser utilizada em casos onde os movimentos predominantes ocorrem em diferentes planos;
- Ex: movimentos que exijam rotação do segmento.

Análise Cinemática 3D (mínimo 2 câmeras)



SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE MOVIMENTOS

- Marcadores:
 - Ativos
 - Passivos
- Resposta espectral
 - Visível
 - Infravermelho
- Forma de aquisição
 - Digitalização em computador
 - Conversão direta de coordenadas

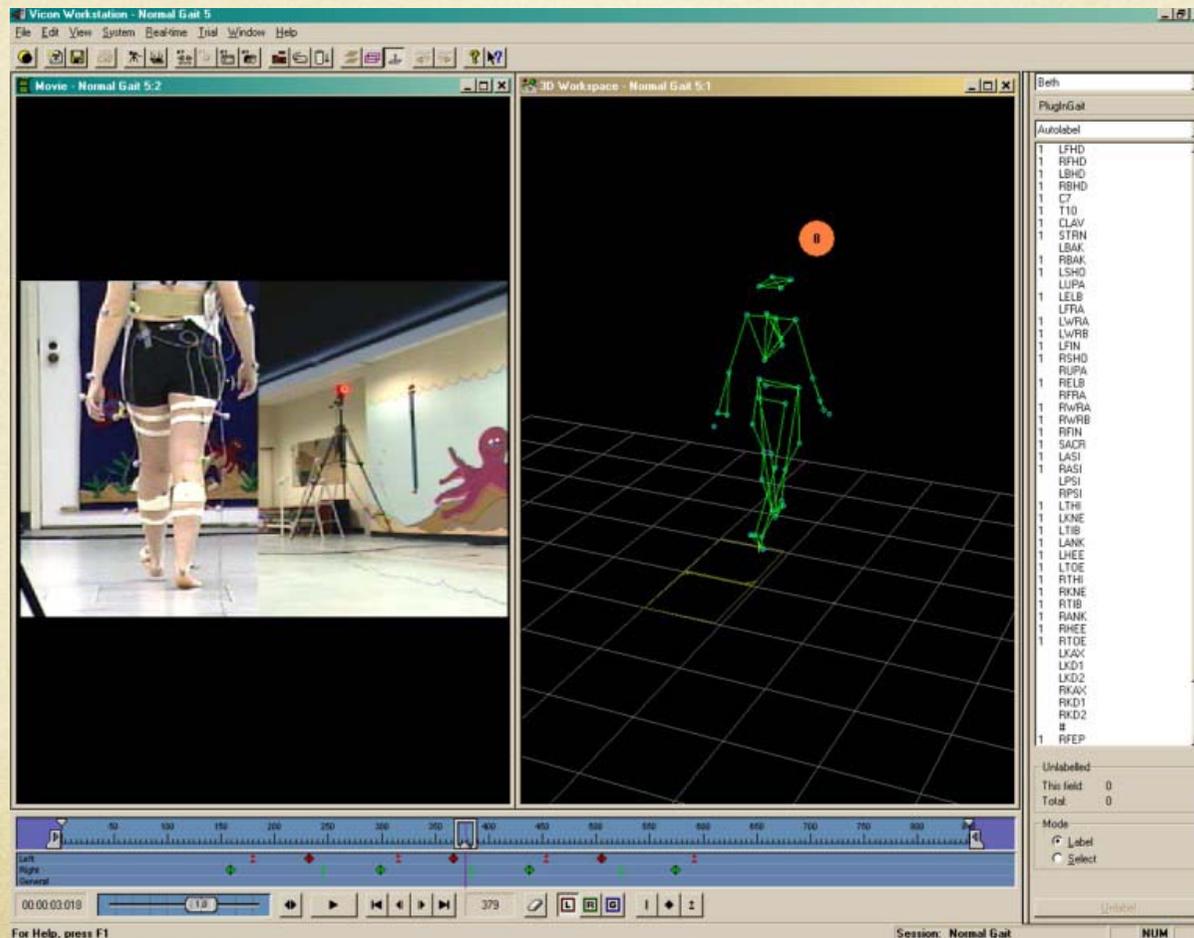
Marcadores

- **Passivos:** dispositivos refletores, refletindo luz ambiente.
- Não necessitam de entrada de energia, ou seja, não necessitam de cabos ou fios



Marcadores

- **Ativos:** Diodos emissores de luz (LEDs) que emitem sinais para a câmera



Sistemas Óticos

- O sistema ELITE, da Bioengineering Tech., utiliza marcadores refletivos passivos (hemisférios de plástico cobertos com material refletivo);
- Câmeras eletrônicas com LED's infra-vermelhos em volta das lentes.
- Uma das vantagens da utilização de sistemas óticos é a alta taxa de amostragem e permite a captura de movimentos rápidos como os utilizados em artes marciais e esportes olímpicos.

Calcule os ângulos

Marker	x	Y
Hip	2.4163	0.7908
Knee	1.8097	0.4730
Ankle	1.4928	0.2175
Heel	1.4317	0.2467
5 th Met	1.4717	0.0963