

# **BIOMECÂNICA**

## **Métodos de medição - cinematria**

***Carlos Bolli Mota***

*bollimota@gmail.com*

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

**Laboratório de Biomecânica**



# MÉTODOS DE MEDIÇÃO



# CINEMETRIA

Do grego:

kínema - movimento

métron - medição, medida

Literalmente:

medição do movimento

# CINEMETRIA

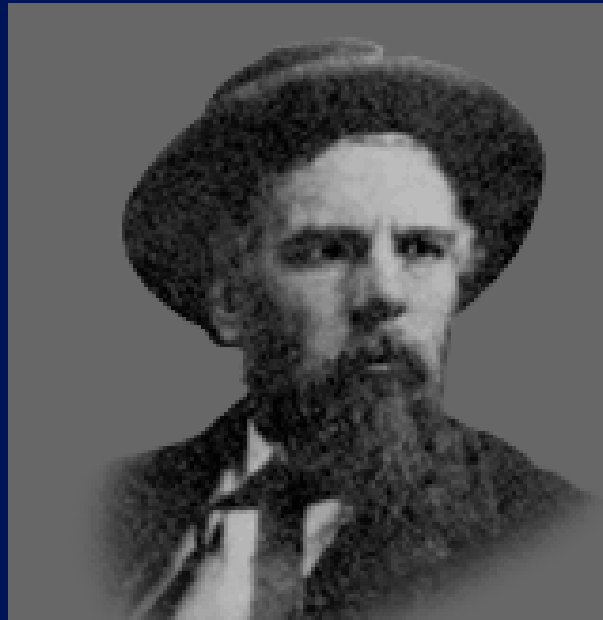
Conjunto de métodos para medir os parâmetros cinemáticos do movimento. A partir da aquisição de imagens durante a execução de um movimento, realiza-se o cálculo das variáveis dependentes dos dados observados nas imagens, como posição, orientação, velocidade e aceleração do corpo ou de seus segmentos.

# CINEMETRIA

A cinemetry permite descrever geometricamente o movimento, mas não permite investigar suas causas.

Embora a raiz da palavra remeta ao movimento, os mesmos princípios podem ser utilizados para situações estáticas.

# HISTÓRICO

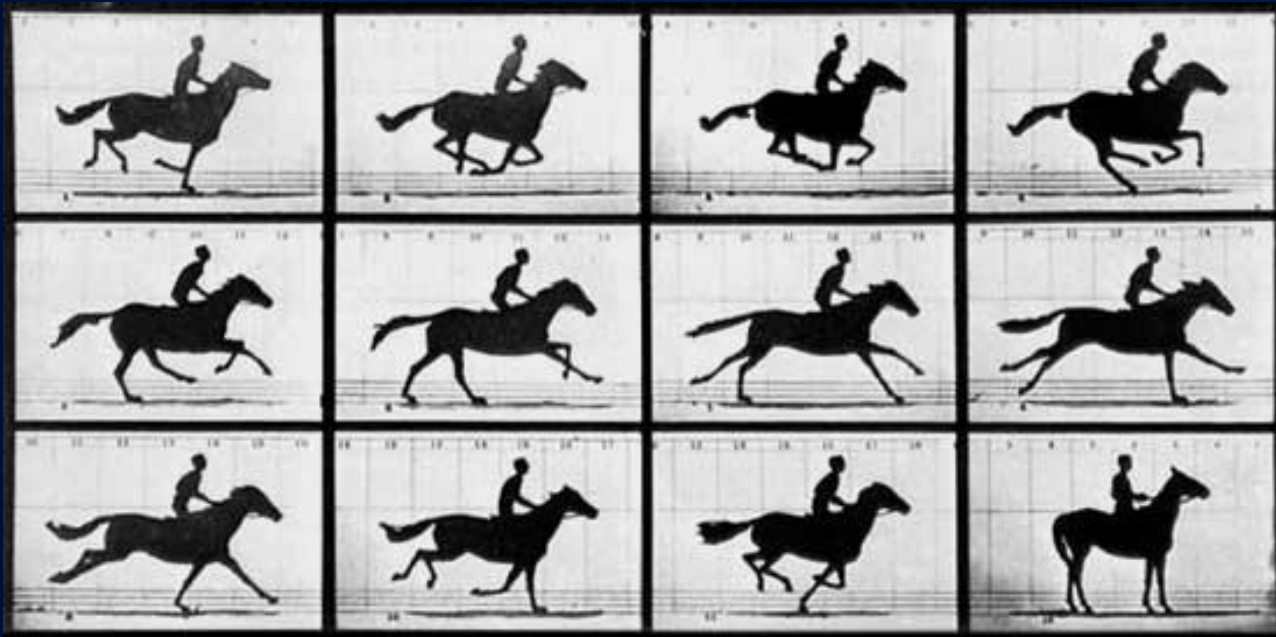


Eadweard Muybridge (1830 - 1904)

# Muybridge



# Muybridge

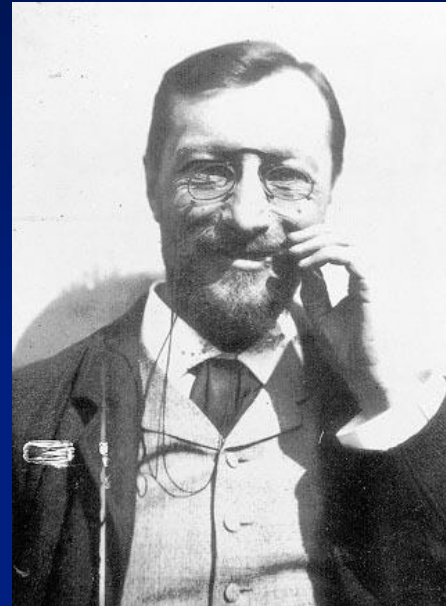




# Muybridge



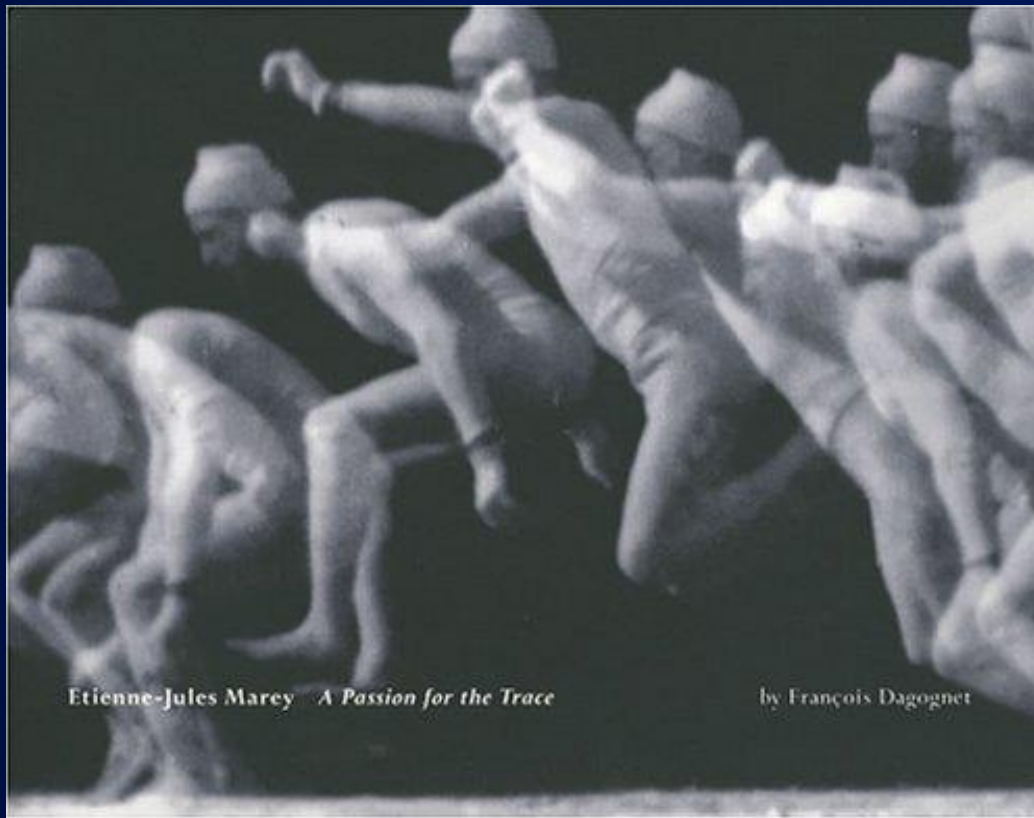
# HISTÓRICO



Étienne-Jules Marey (1830-1904)

Georges Demeny (1850-1918)

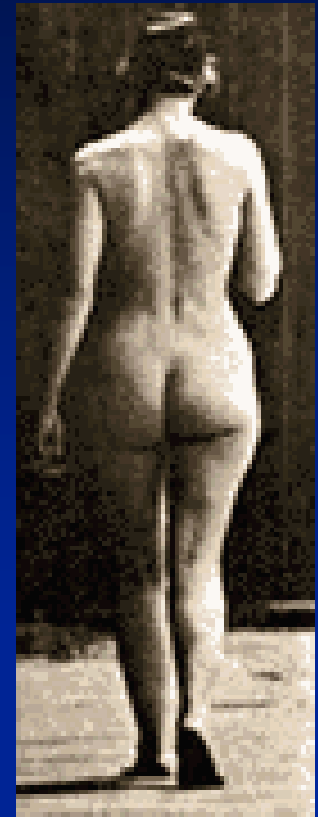
# Marey



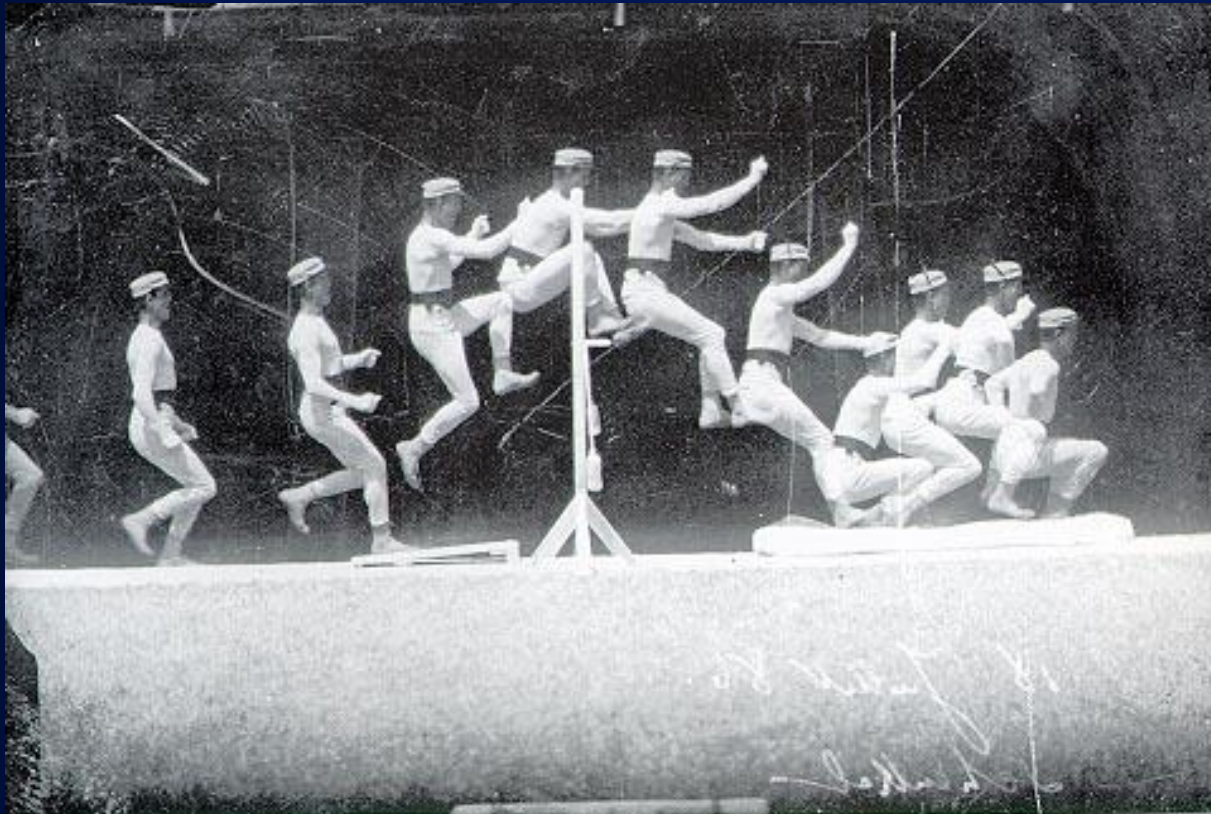
# Marey



# Marey



# Demeny





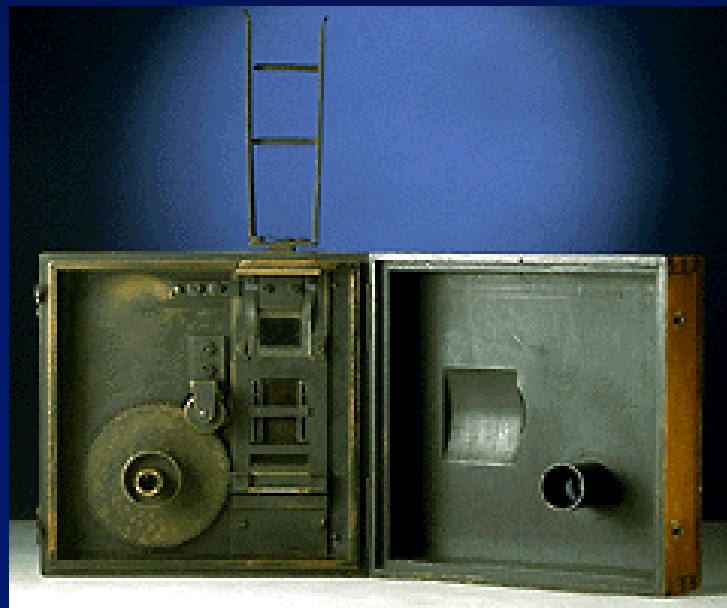
# HISTÓRICO



Auguste Lumière (1862-1954)

Louis Lumière (1864-1948)

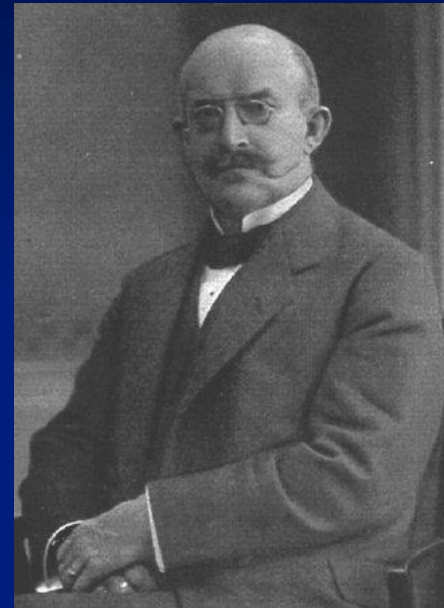
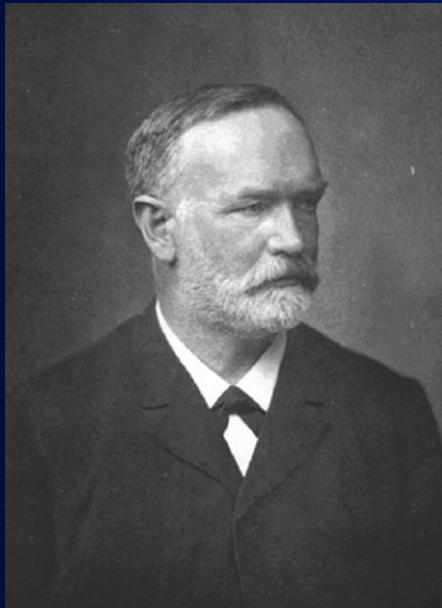
# Irmãos Lumière



o cinematógrafo  
“uma invenção sem futuro”



# HISTÓRICO



Christian Wilhelm Braüne(1821-1892)

Otto Fischer (1861-1917)

# Braüne e Fischer

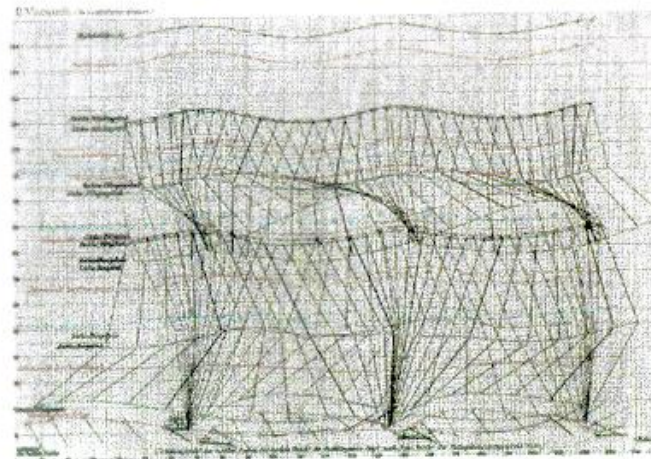
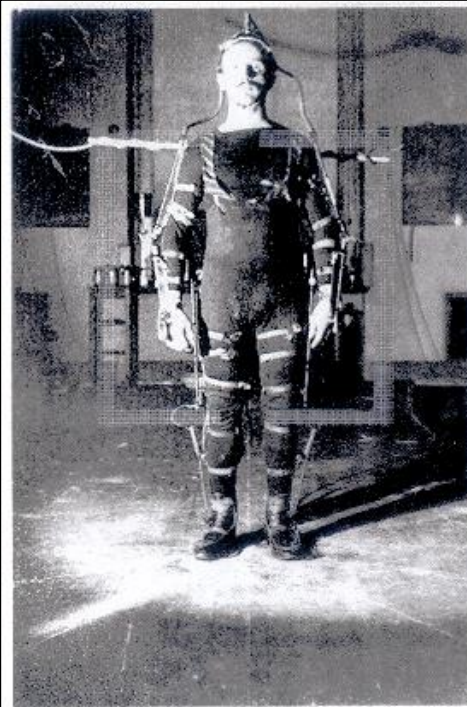


Figure 1: Introduction of the total center of gravity, centers of the joints and axes of the segments of the body into a 3D-mathematical network of coordinates.

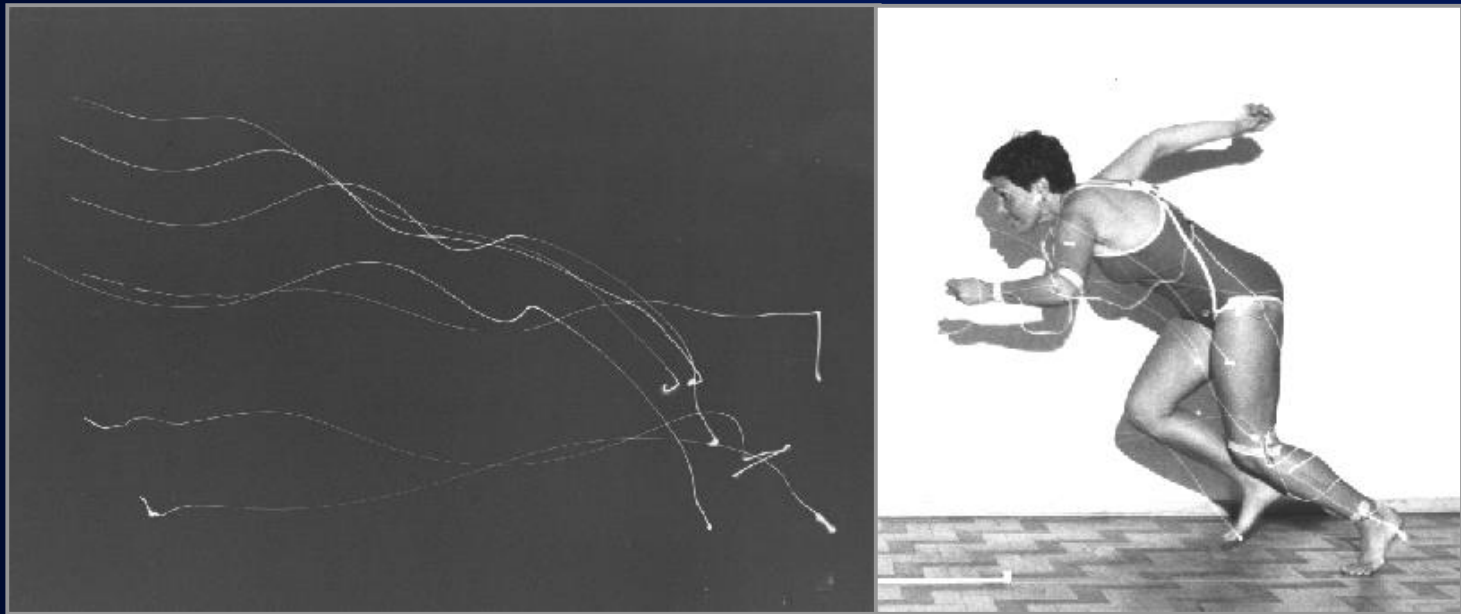
# CLASSIFICAÇÃO

Quanto ao tipo de registro de imagens:

processos fotoquímicos - fotogrametria e  
cinematografia

processos fotoelétricos - videografia

# CLASSIFICAÇÃO



processo fotogramétrico

# CLASSIFICAÇÃO

Quanto ao processo de medição:

medição indireta (Roebuck et al., 1975)

comparação indireta (Beckwith et al., 1993)

medição óptica (Beckwith et al., 1993)

# VIDEOGRAFIA

Na atualidade o método mais usual de aquisição de imagens é a videografia.

Com os avanços da eletrônica a videografia expandiu-se rapidamente, com a vantagem de os resultados da gravação estarem imediatamente disponíveis, sem necessidade de demoradas e onerosas revelações.

Utiliza cargas elétricas e campos magnéticos para captar, transferir e armazenar imagens.

## Câmeras de vídeo

As imagens videográficas são constituídas de seqüências de quadros. Cada quadro é formado por dois campos que correspondem às linhas ímpares e pares da varredura. As linhas ímpares formam um campo e as linhas pares formam um segundo campo. Os campos ímpares e pares são entrelaçados para formar um quadro.

## Câmeras de vídeo

Diversos sistemas para análises biomecânicas usam câmeras de vídeo comuns que funcionam em 50 Hz (NTSC) ou 60 Hz (PAL). Existem câmeras que operam com frequências de aquisição de imagens mais altas (por exemplo, 120 Hz, 180 Hz ou maiores), mas nestes casos os sistemas de gravação não seguem os padrões NTSC ou PAL.



# Câmeras de vídeo



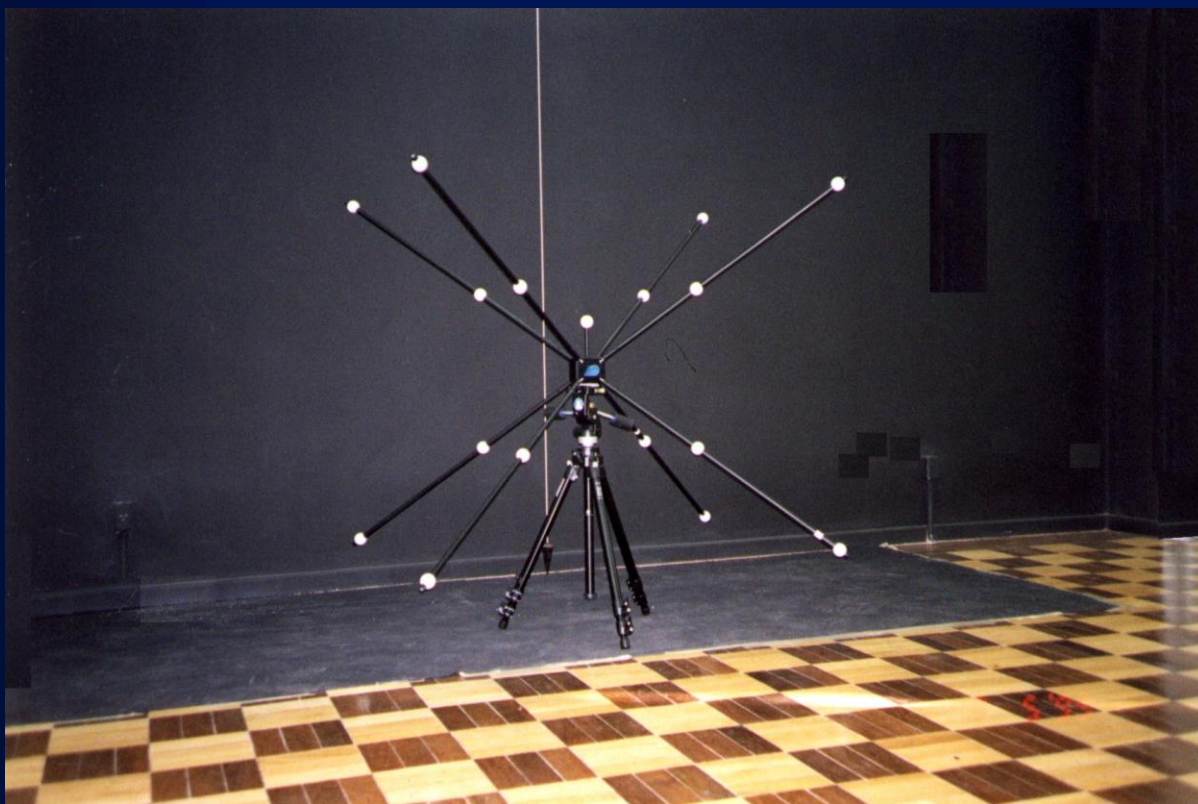
# Videografia bidimensional

- Pode ser usada quando o movimento de interesse ocorre fundamentalmente em um único plano ou quando interessa apenas analisar o que ocorre em um determinado plano.
- Exige apenas uma câmera.
- Exige uma escala de calibração.

# Videografia tridimensional

- Deve ser usada quando o movimento de interesse ocorre em mais de um plano e o interesse da análise não se resume a um único plano.
- Exige no mínimo duas câmeras.
- Exige a filmagem de uma estrutura de calibração. \*

# Videografia tridimensional



# Reconstrução tridimensional

O principal problema da análise de imagens é a recuperação de coordenadas espaciais.

movimentos humanos - no espaço

imagens - planas

# Reconstrução tridimensional

- Imagens das câmeras - bidimensionais - duas coordenadas.
- Terceira coordenada - segunda câmera.
- Sincronismo entre câmeras - mesma frequência e aquisição da imagem no mesmo instante.

# Reconstrução tridimensional

Braune & Fischer

pais da fotogrametria analítica  
coordenadas tridimensionais em 1891 com  
técnicas estroboscópicas.

# Reconstrução tridimensional

Direct Linear Transformation

Abdel-Aziz & Karara (1971)

Solução simultânea de duas transformações que são usualmente feitas em separado na fotogrametria analítica convencional. O método realiza a transformação linear direta das coordenadas da imagem ampliada para as coordenadas do objeto.



# DLT – base matemática

Para uma câmera:

$$x + \frac{l_1 X + l_2 Y + l_3 Z + l_4}{l_9 X + l_{10} Y + l_{11} Z + 1} = 0$$

$$y + \frac{l_5 X + l_6 Y + l_7 Z + l_8}{l_9 X + l_{10} Y + l_{11} Z + 1} = 0$$

$x, y$  - coordenadas na imagem ampliada

$X, Y, Z$  - coordenadas do objeto

$l_1 \dots l_{11}$  - coeficientes que contém todas as informações relacionadas às orientações interna e externa da câmera

# DLT

Como usar?

- calcular  $l_1 \dots l_{11}$
- onze coeficientes - onze equações
- cada ponto - duas equações
- seis pontos com X, Y e Z conhecidos (pontos de controle)
- doze equações (uma é redundante)

# DLT

- conhecidos os coeficientes, calculam-se as coordenadas  $X$ ,  $Y$  e  $Z$  com as mesmas equações
- três coordenadas - três equações
- uma câmera - duas equações
- duas câmeras - quatro equações (uma é redundante)

# DLT

Diversos melhoramentos foram acrescentados ao método, como a correção de distorções de lentes.

ampla aceitação mundial

funciona onde o convencional falha

mais simples de usar

fácil programação computacional

menos tempo de máquina

## Considerações importantes

- O método requer um sistema de base fixa, isto é, após serem registrados os pontos de referência, não poderá haver modificação alguma na posição das câmeras. Os pontos podem ser removidos.

## Considerações importantes

- Os pontos de controle devem formar um volume, não podendo estar no mesmo plano. Os pontos que futuramente serão calculados devem estar dentro do volume delimitado pelos pontos de controle.
- Mais de duas câmeras podem ser usadas.

# Vantagens

- Liberdade de orientação das câmeras.
- Possibilidade de uso de câmeras convencionais não-métricas.
- Relativa simplicidade de cálculo computacional.

## Desvantagens

- O uso de uma estrutura de calibração limita o uso no caso de movimento bastante amplos.
- A precisão do método está intimamente relacionada com a precisão com que se determinam as coordenadas espaciais dos pontos de controle, o que nem sempre é tarefa fácil.

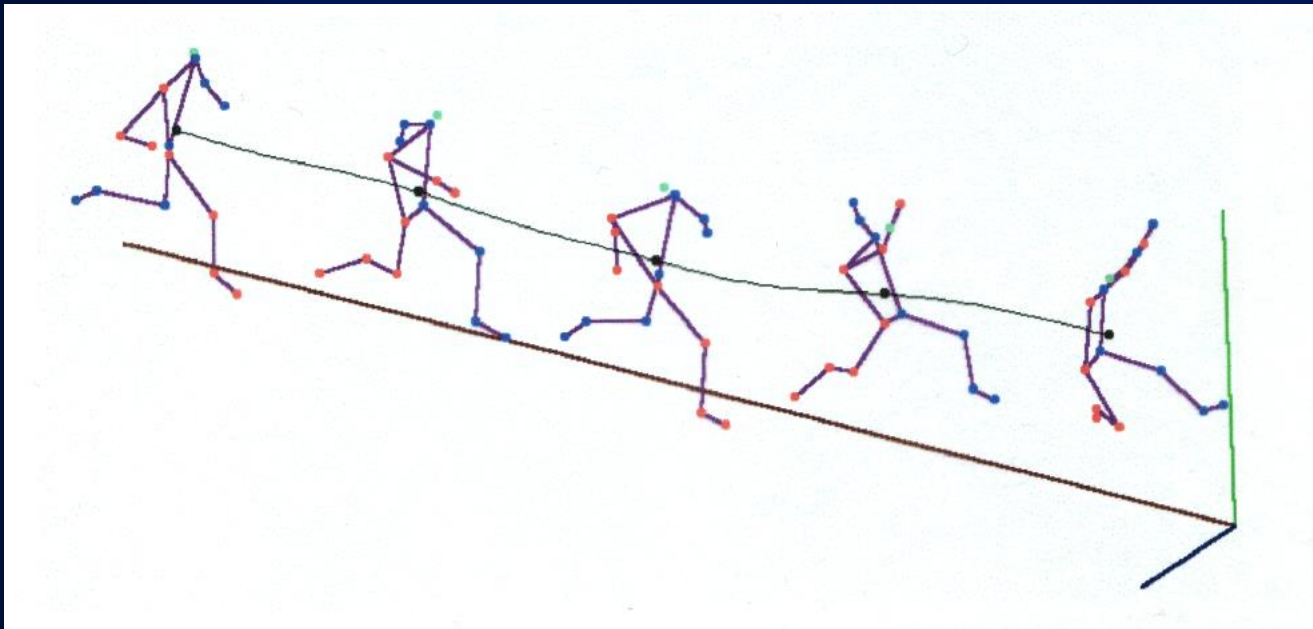


# Exemplos



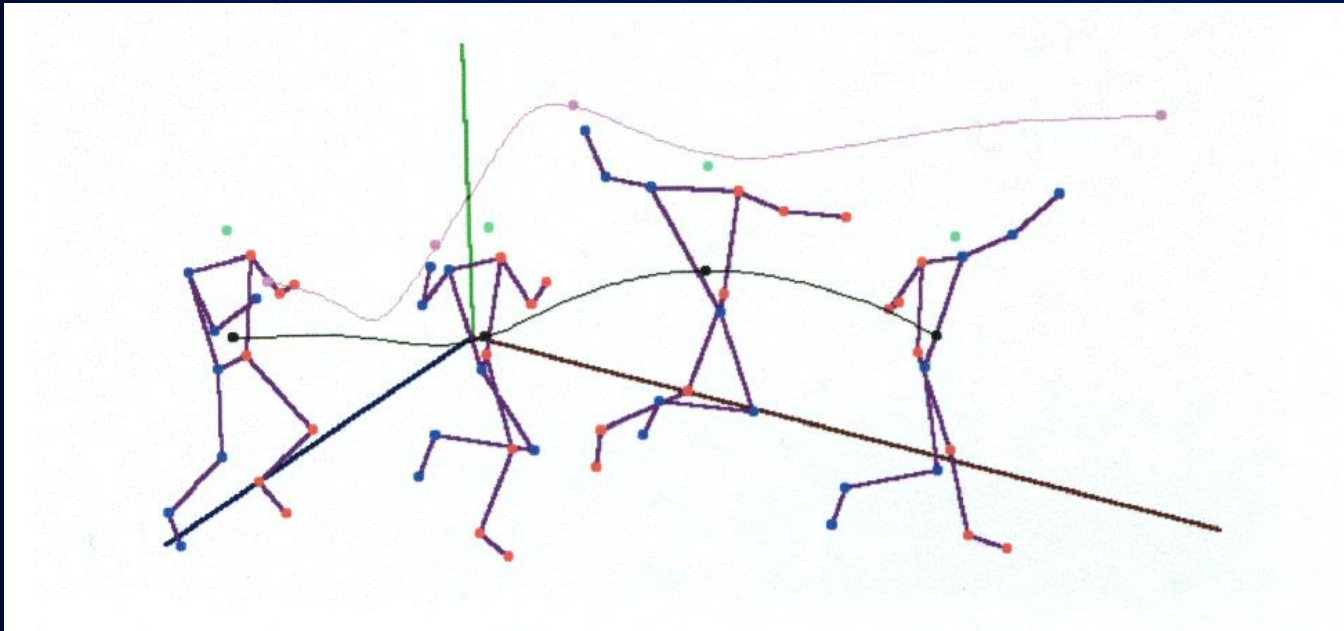
pontos anatômicos de referência

# Exemplos



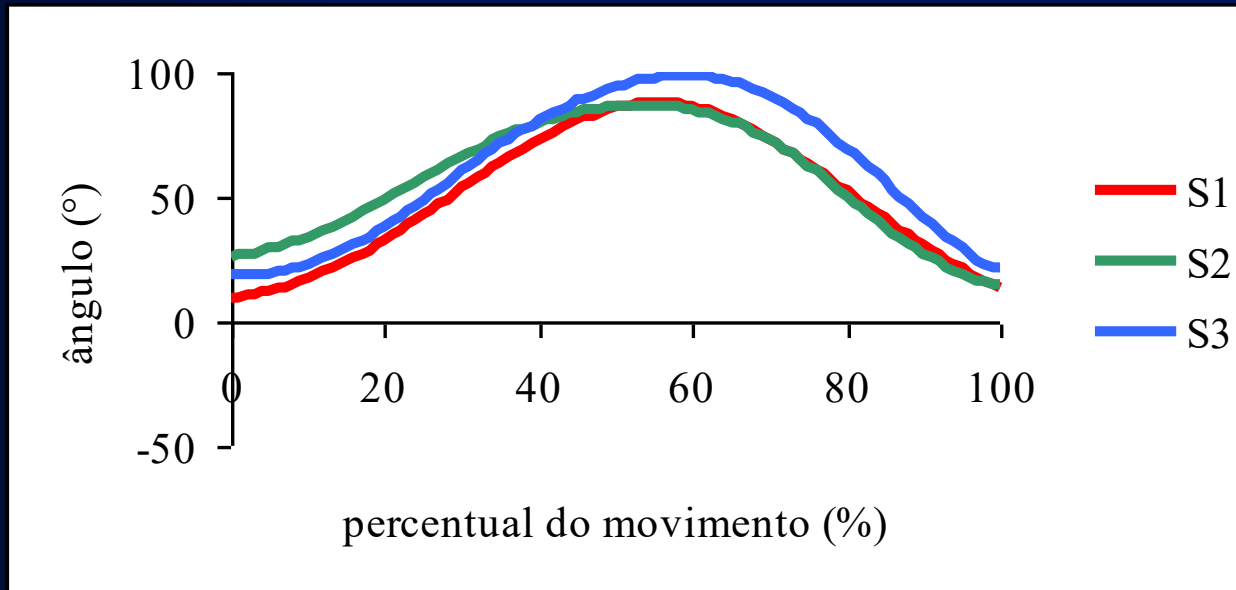
salto em distância

## Exemples



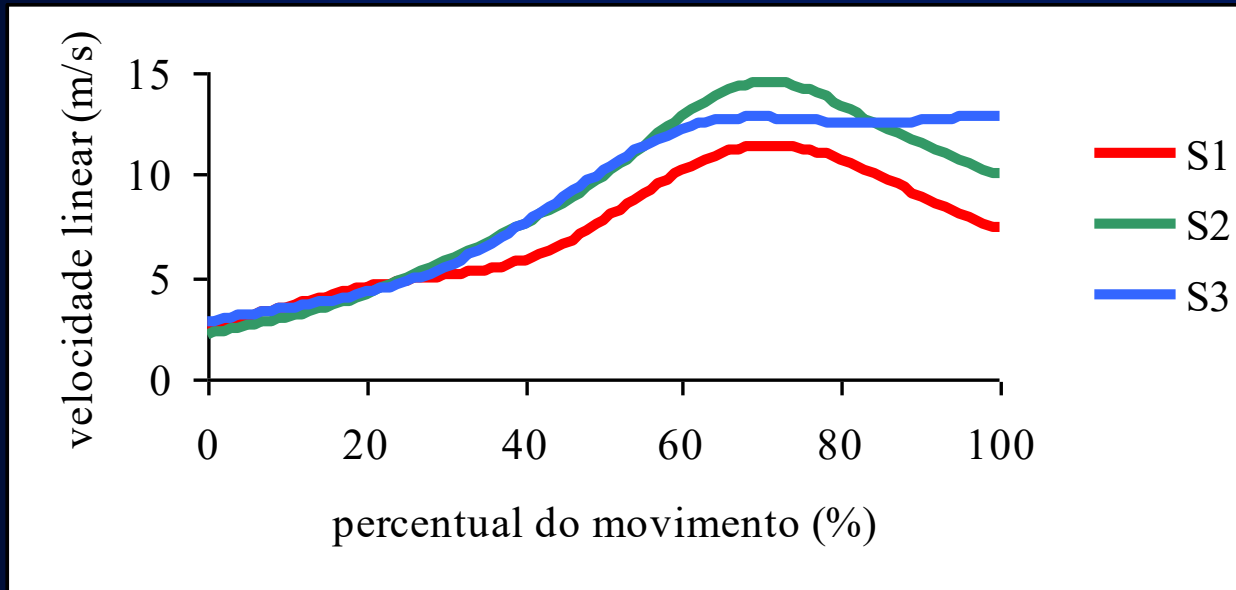
# handebol - arremesso em suspensão

# Exemplos



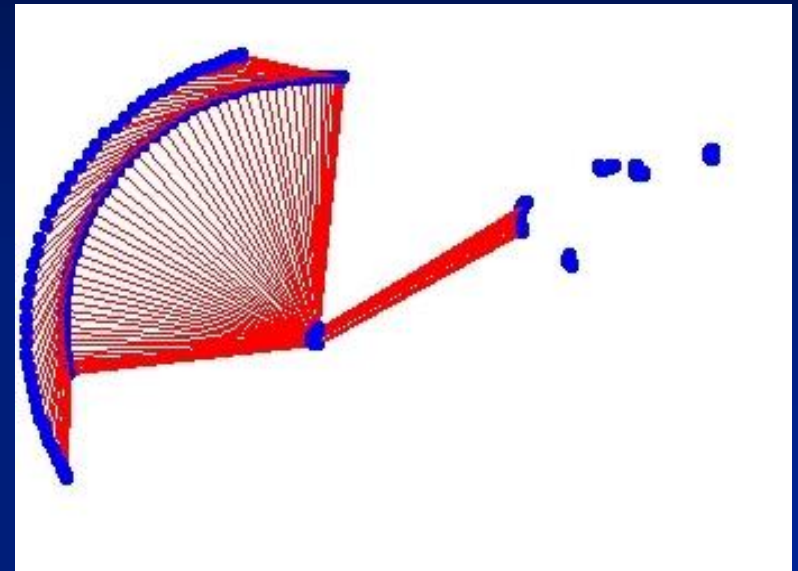
Chute - ângulo do joelho

# Exemplos



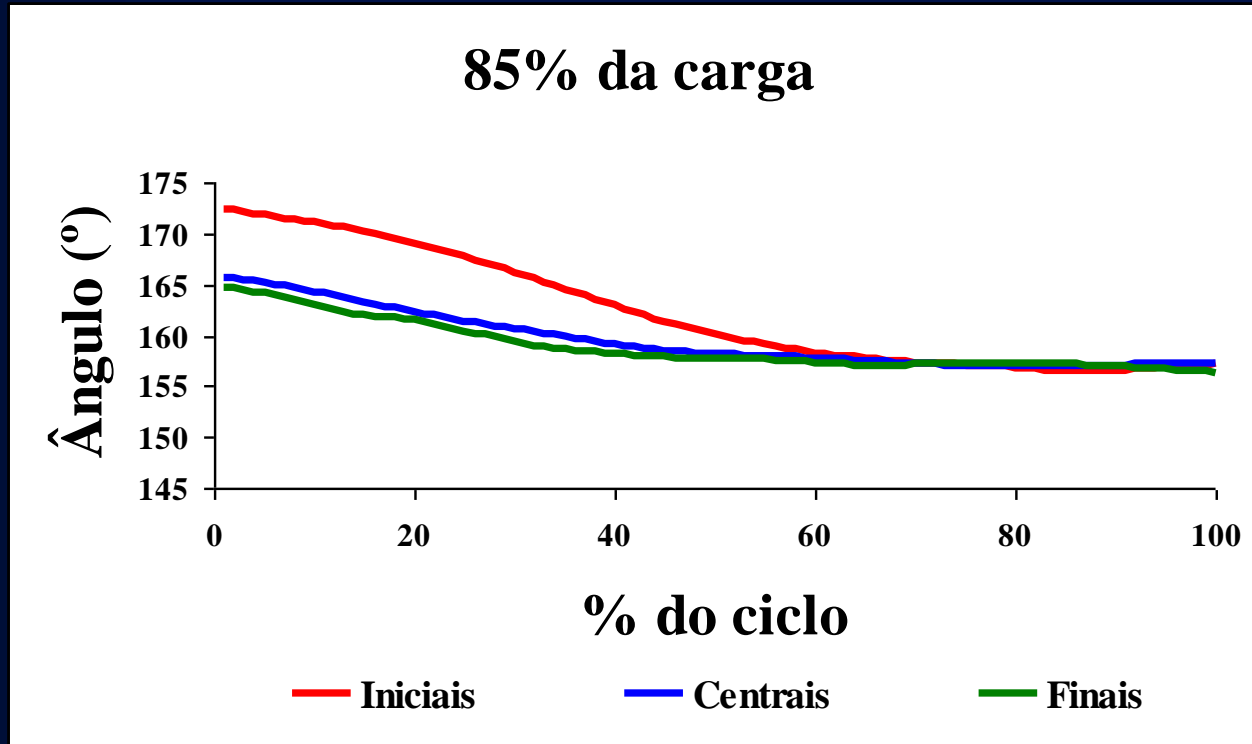
Chute – velocidade da ponta do pé

# Exemplos



Flexão do joelho

# Exemplos



Flexão do joelho – ângulo da coluna lombar

# Problemas

- Identificação de referências anatômicas
- Impossibilidade de utilizar marcadores
- Movimentação dos marcadores durante o movimento
- Visualização dos pontos de referência durante o movimento - maior número de câmeras
- Processamento demorado \*



## Na UFSM - PEAK MOTUS

- Duas câmeras que operam a 60 Hz ou 180 Hz
- Hardware e software para a análise de movimentos

Somente duas câmeras aumentam as dificuldades de visualização dos pontos de referência anatômica