

# **Disciplina**

**RDF5714-1 - Metodologias para a Análise  
Cinemática do Movimento Humano**

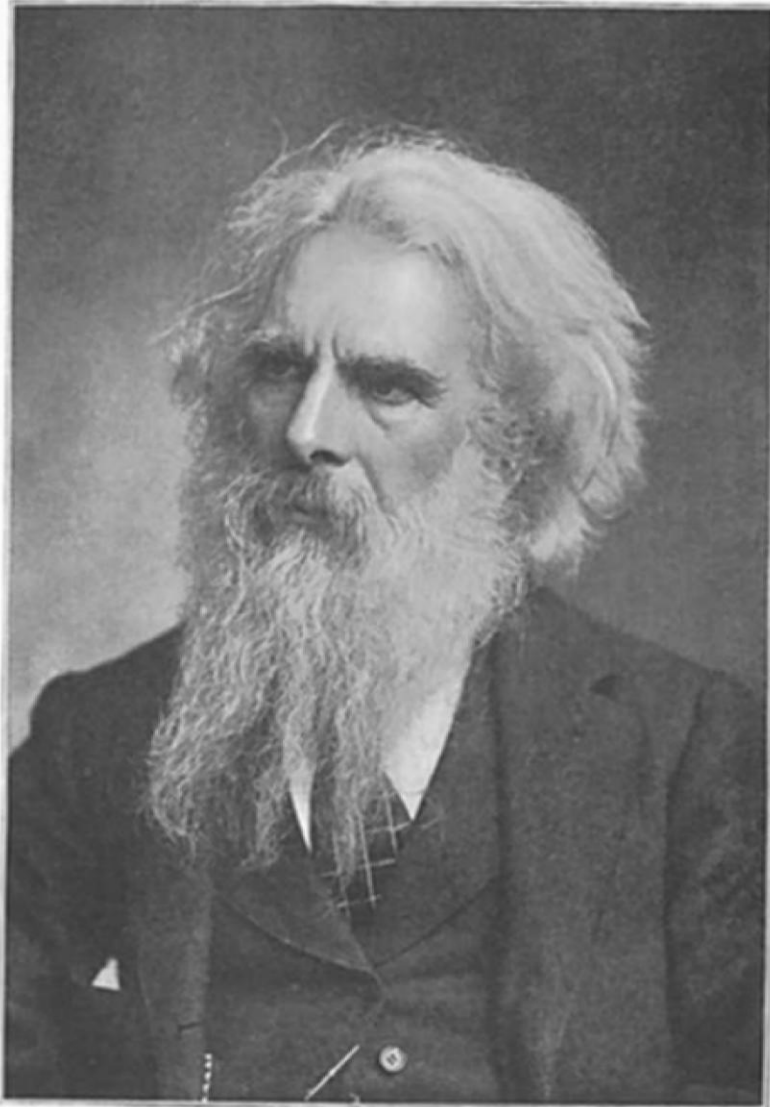
**Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago**

THE  
HUMAN FIGURE  
IN MOTION . . .

An Electro-Photographic Investigation  
of Consecutive Phases of Muscular  
Actions . . . . .

BY

EADWEARD MUYBRIDGE

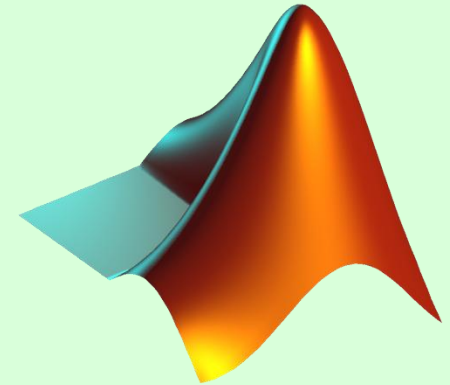


A handwritten signature of Eadweard Muybridge in cursive script. The signature is written in dark ink on a light background. It features large, flowing loops and a prominent horizontal line that underlines the name. The signature is slanted upwards from left to right.



# OBJETIVO

- Apresentar e discutir os principais métodos utilizados para a análise cinemática do movimento humano, tendo enfoque principal a utilização de recursos computacionais para obtenção e processamento das variáveis cinemáticas.



# Conteúdo

- Aspectos básicos do funcionamento e utilização de câmeras de vídeo.
- Sincronização de imagens de vídeo.
- Cinemática linear e angular: posição, velocidade e aceleração.
- Conceitos de álgebra: vetores e matrizes.
- Tipos de sistemas de análise cinemática bidimensional (2D) e tridimensional (3D): hardwares e softwares.
- Reconstruções 2D e 3D.
- Suavização de variáveis cinemáticas.
- Determinação do erro de medida de variáveis cinemáticas 2D e 3D.
- Definição dos sistemas de coordenadas global e local.
- Transformações entre sistemas de coordenadas: translação e rotação.
- Representações matemáticas de rotação: matriz de rotação, ângulos de Euler/Cardan e quatérnions.
- Exemplos de aplicação das metodologias para a análise cinemática do movimento humano.

# Cronograma

## Disciplina RDF5714-2

### Metodologias para a Análise Cinemática do Movimento Humano

**Unidade:** Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

**Número de vagas:**

Alunos regulares	Alunos especiais	Total
10	2	12

**Número mínimo de alunos:** 5

**Data inicial:** 14/02/2014      **Data final:** 17/04/2014

**Data limite de cancelamento:** 01/03/2014

**Número de créditos:** 6

**Docente(s) Ministrante(s)**

Paulo Roberto Pereira Santiago

**Horário / Local:**

Sexta	14:00 - 18:00	EEFERP
-------	---------------	--------

**Critério de seleção:**

## Datas?

1. 06/03/15
2. 2
3. 3
4. 4
5. 5
6. 6
7. 7
8. 8
9. 9

# Metodologia

- A **Metodologia** é o estudo dos métodos. Ou então as etapas a seguir num determinado processo.
- Tem como objetivo captar e analisar as características dos vários métodos indispensáveis, avaliar suas capacidades, potencialidades, limitações ou distorções e criticar os pressupostos ou as implicações de sua utilização.



# Metodologia

- Além de ser uma disciplina que estuda os métodos, a metodologia é também considerada uma forma de conduzir a pesquisa ou um conjunto de regras para ensino de ciência e arte.
- A Metodologia é a explicação minuciosa, detalhada, rigorosa e exata de toda ação desenvolvida no método (caminho) do trabalho de pesquisa. É a explicação do tipo de pesquisa, do instrumental utilizado (questionário, entrevista etc.), do tempo previsto, da equipe de pesquisadores e da divisão do trabalho, das formas de tabulação e tratamento dos dados, enfim, de tudo aquilo que se utilizou no trabalho de pesquisa.



Movimento → Biomecânica



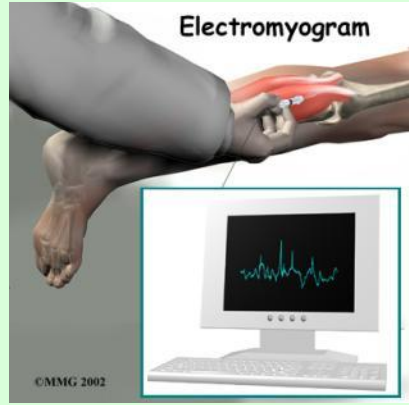
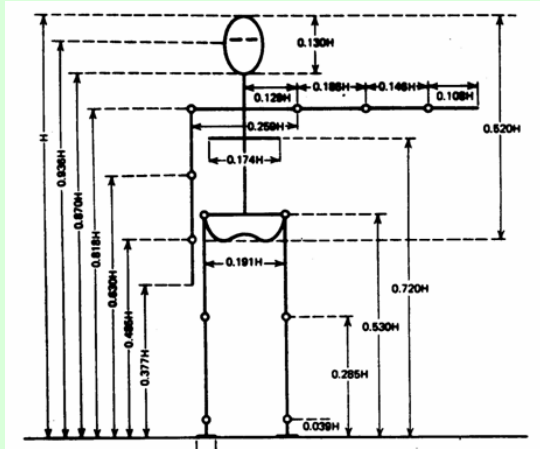
Métodos de medição

Dinamometria

Antropometria

EMG

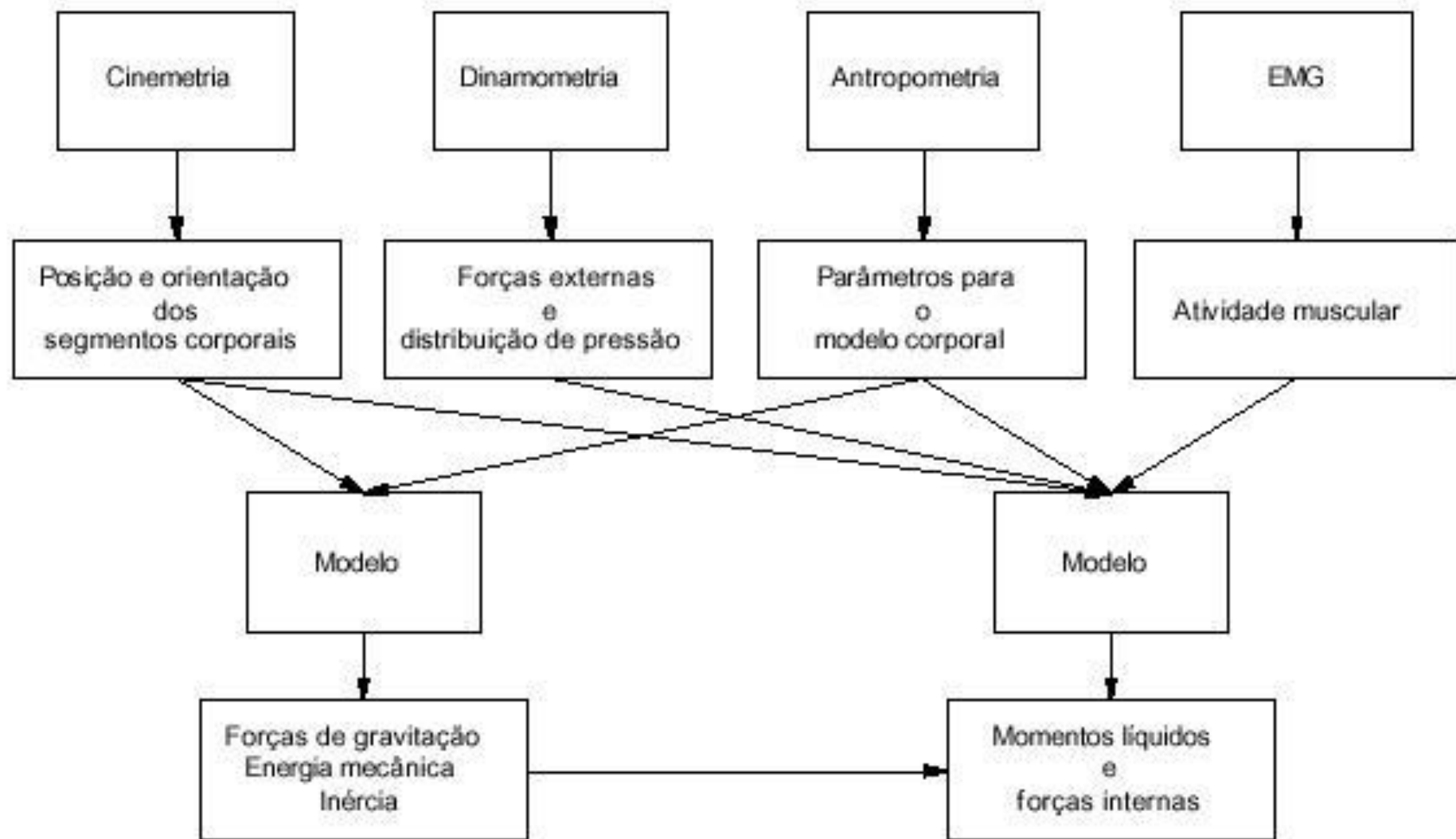
Cinemetria



Posição em função do tempo

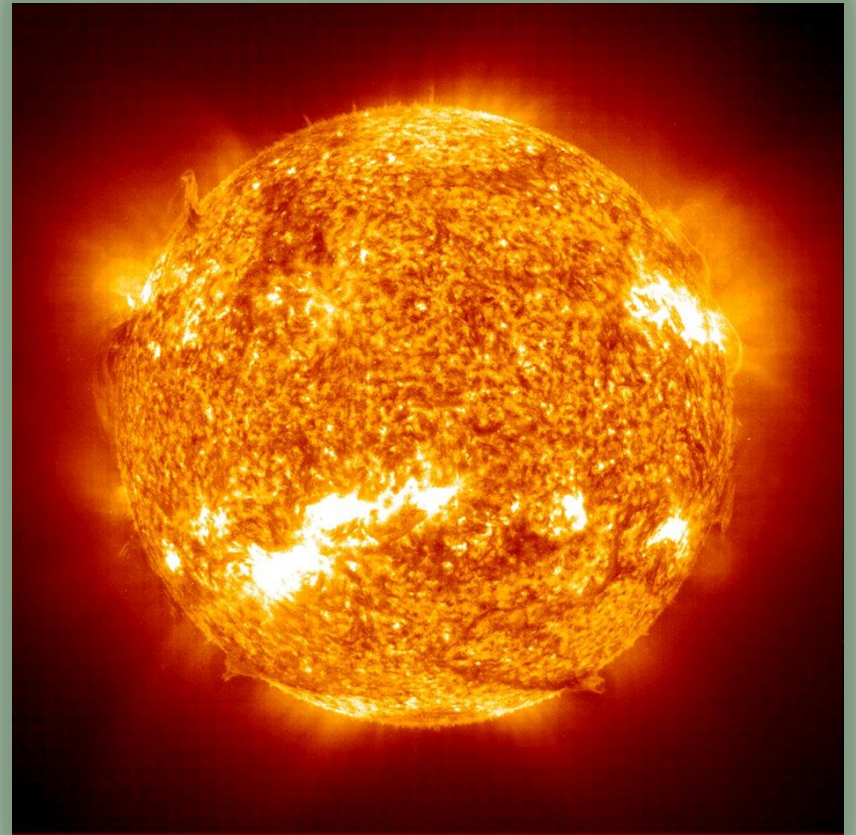


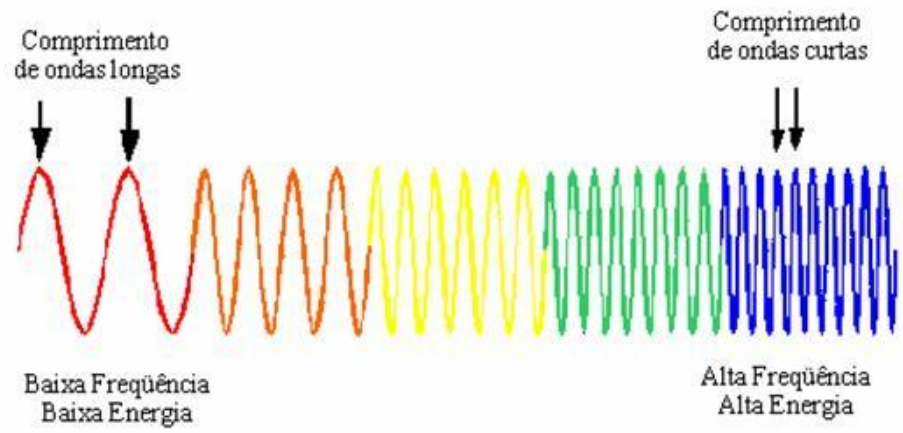
## ÁREAS PARA A COMPLEXA ANÁLISE DO MOVIMENTO (BAUMANN, 1992)



# Luz

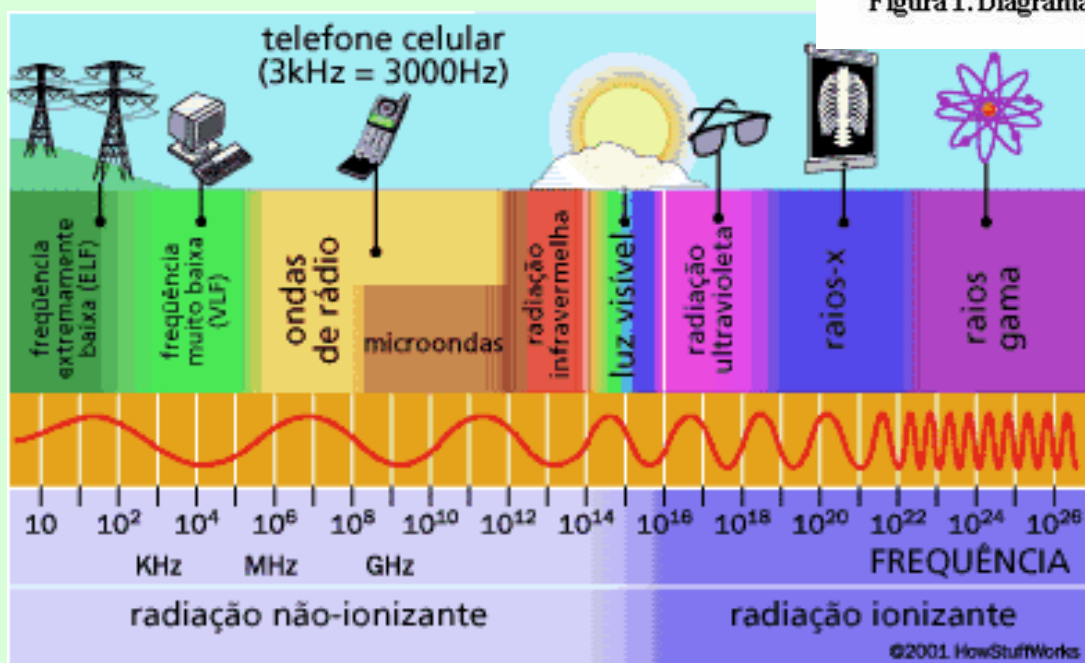
- Agente responsável pelo fenômeno da imagem;
- XVII Inicialmente definida como um feixe de pequenas partículas (teoria corpuscular);
- XIX ondulatória e energia radiante que se propaga como ondas eletromagnéticas;
- Início do XX teoria da dualidade.



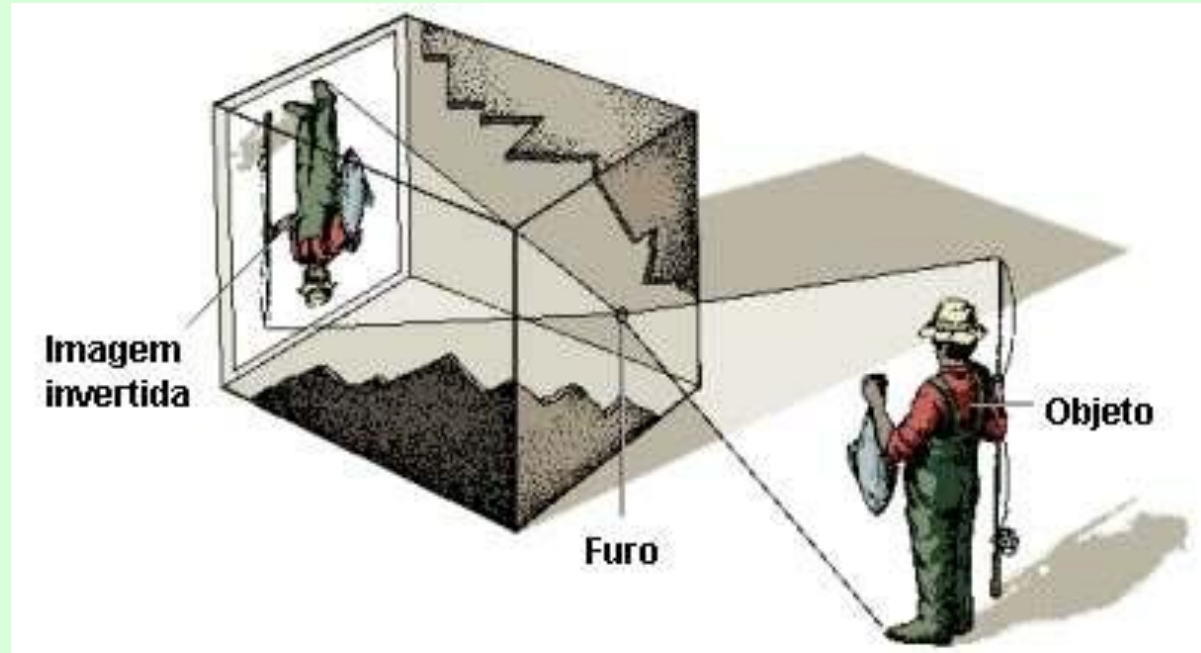


(Nota: A frequência se refere ao número de cristas de onda de mesmo comprimento de onda que passam por um ponto em um segundo).

Figura 1. Diagrama de ondas eletromagnéticas de diferentes frequências



# Como a imagem é formada?



# Como forma uma imagem? Como funciona uma máquina

- Oxigênio e o Magnésio formando o Óxido de Magnésio



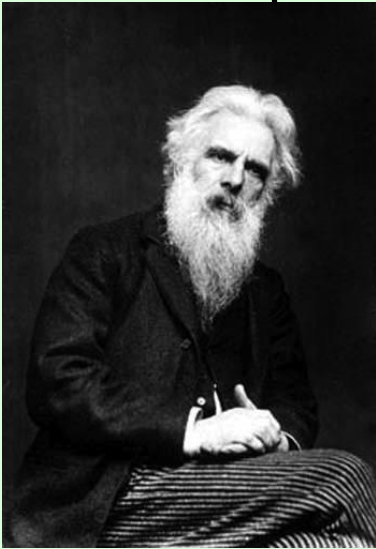
- CCD (*charge-coupled device*) ou Dispositivo de Carga Acoplado





# Um pouco de história Muybridge (1830 - 1904)

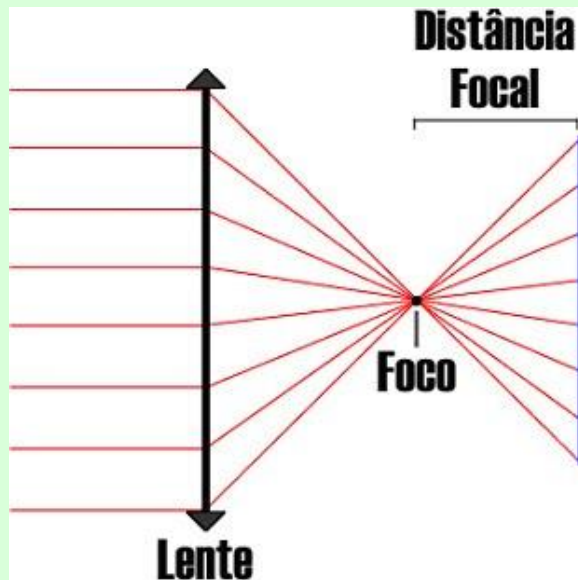
**Desafio para entender o cavalo na corrida.  
Locomoção e as novas técnicas de registro de movimento**



## Objetiva fotográfica:

Dispositivo composto por um conjunto de lentes que se distinguem entre si pela medida da distância focal.

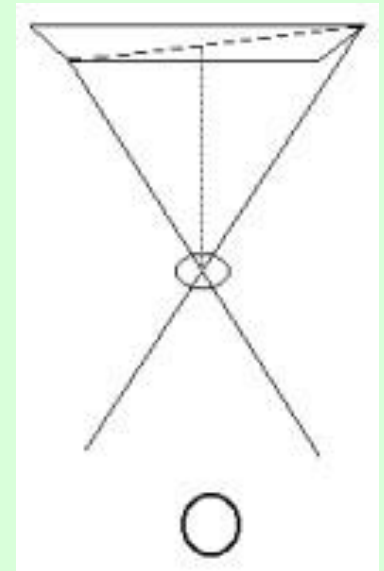
Distância focal: distância, em mm, entre o ponto de convergência da luz até o ponto - sensor ou filme em máquinas fotográficas e filmadoras - onde a imagem focalizada será projetada





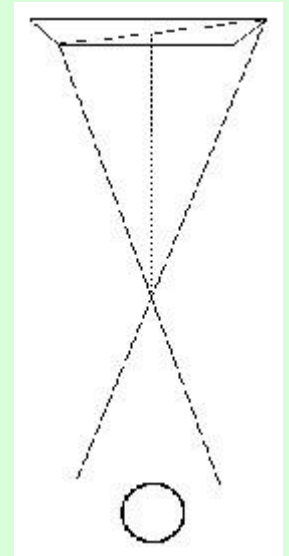
# Objetiva fotográfica: conjunto de lentes

- **Normal ou Padrão:**
- Quando a distância focal de uma objetiva (linha pontilhada) é aproximadamente igual à diagonal do negativo (linha tracejada), considera-se esta objetiva “normal”. Quando apontada para um objeto (que está simbolizado, no desenho, através do círculo), capta raios luminosos num ângulo de aproximadamente  $50^\circ$  – o mesmo do olho humano projetando-os contra o filme sob o mesmo ângulo.



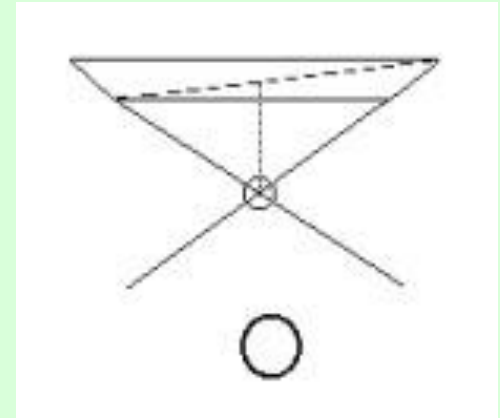
# Objetiva fotográfica: conjunto de lentes

- **Teleobjetiva ou Objetiva de Foco Longo:**
- Numa teleobjetiva, a distância focal (linha pontilhada) é consideravelmente maior que a diagonal do filme ou negativo utilizado (linha tracejada). Assim, a luz entra na máquina segundo um ângulo mais agudo que o da visão humana, o que permite obter uma imagem muito aumentada de uma pequena área. O ângulo de visão é mais restrito ( $16^\circ$ ).
- As teleobjetivas aproximam as cenas (aumentam o tamanho da imagem) e reduzem a quantidade de cena que será incluída no filme, permitindo trabalhos a longas distâncias.



# Objetiva fotográfica: conjunto de lentes

- **Grande-Angular:**
- A distância focal da objetiva (linha pontilhada) é cerca de  $2/3$  da diagonal do negativo (linha tracejada). Isto a define como uma grande angular, pois proporcionam um maior ângulo de visão. As objetivas do tipo grande angular tem um ângulo de visão de  $75^\circ$  graus, ou cerca de 50% mais do que o olho pode ver nitidamente olhando o mesmo objeto.
- Profundidade de campo maior em comparação a uma objetiva normal, além do que perspectivas mais acentuadas, podendo, em alguns casos, distorcer os cantos da imagem



# Lente Grande-Angular

- Olho de peixe





# Exemplo de fotos



Foto Normal

Foto com Lente Wide  
(Grande Angular)



Foto com Fish Eye  
(Olho de peixe)



82mm

53mm

27mm

Fisheye 6,8mm

51mm

33mm

17mm

Fisheye 4,2mm

55mm

35mm

18mm

Fisheye 4,5mm

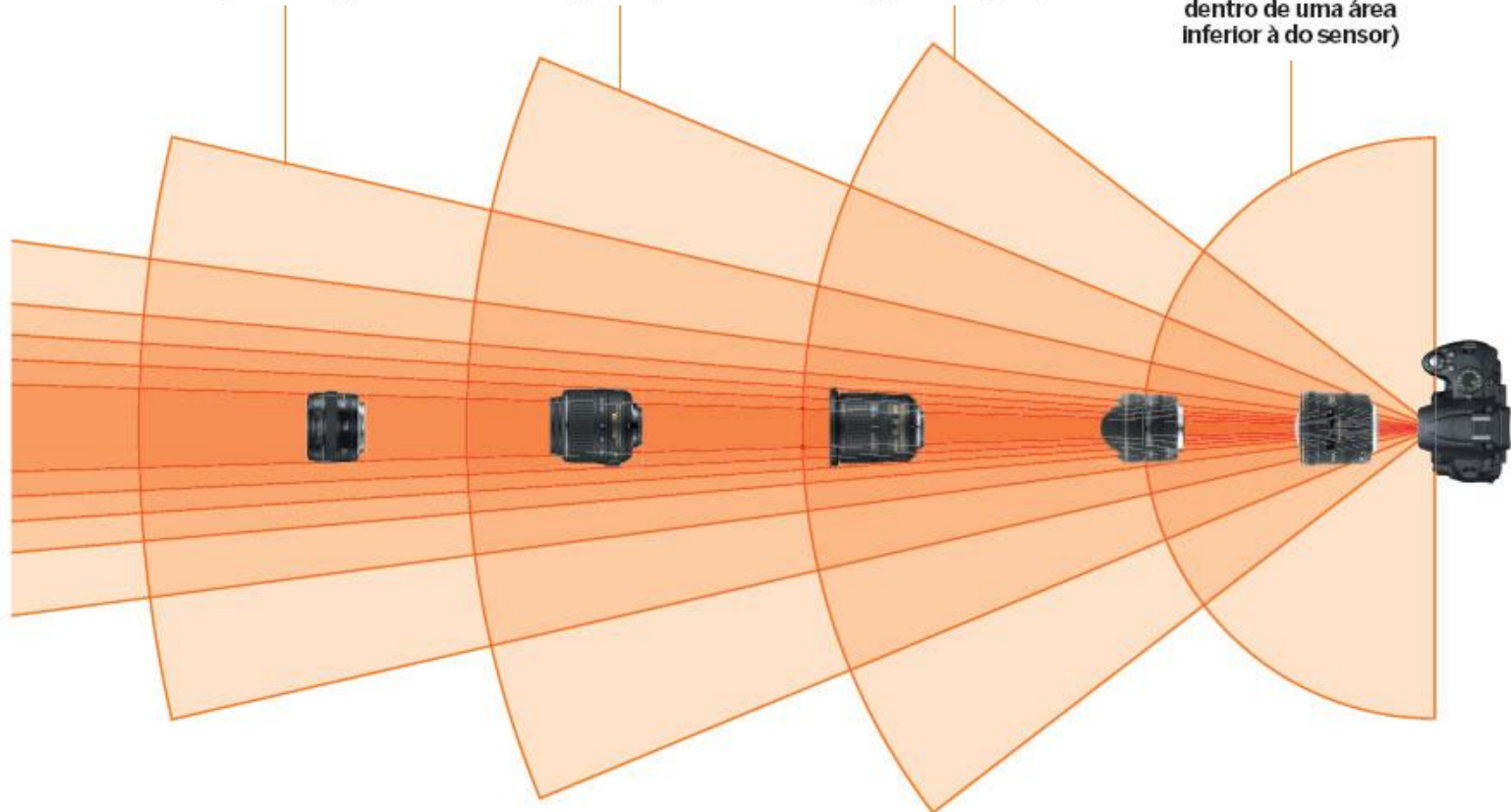


26°  
(média tele)

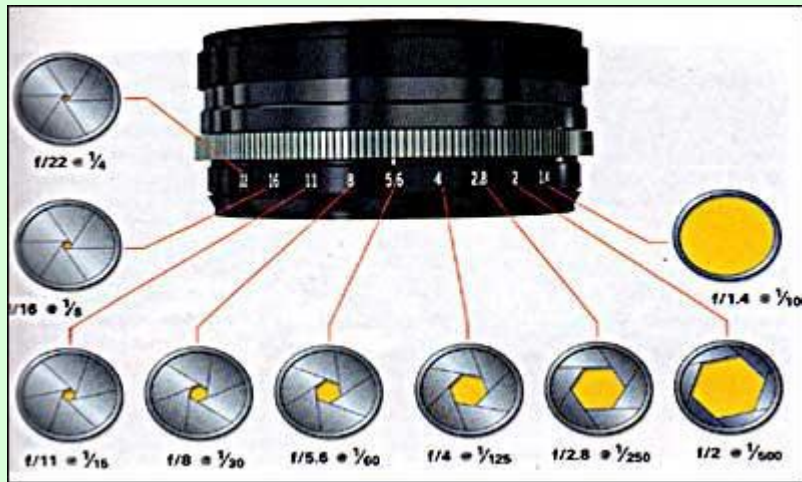
45°  
(normal)

75°  
(grande-angular)

ACIMA DE 180°  
(a lente cobre 180°  
dentro de uma área  
inferior à do sensor)



# Diafragma: Mecanismo que controla a quantidade de luz a atingir o filme.



- Dispositivo que controla a quantidade de luz que passa pela lente da câmera.
- O valor do diafragma se dá através de números, conhecidos como números f ou f-stop, e seguem um padrão numérico universal.
- Esta escala inicia-se em 1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32, 45, 64, etc.
- Sendo que, quanto menor for o número f, maior a quantidade que luz que ele permite passar e, quanto maior o número f, menor a quantidade de luz que passará pelo diafragma.

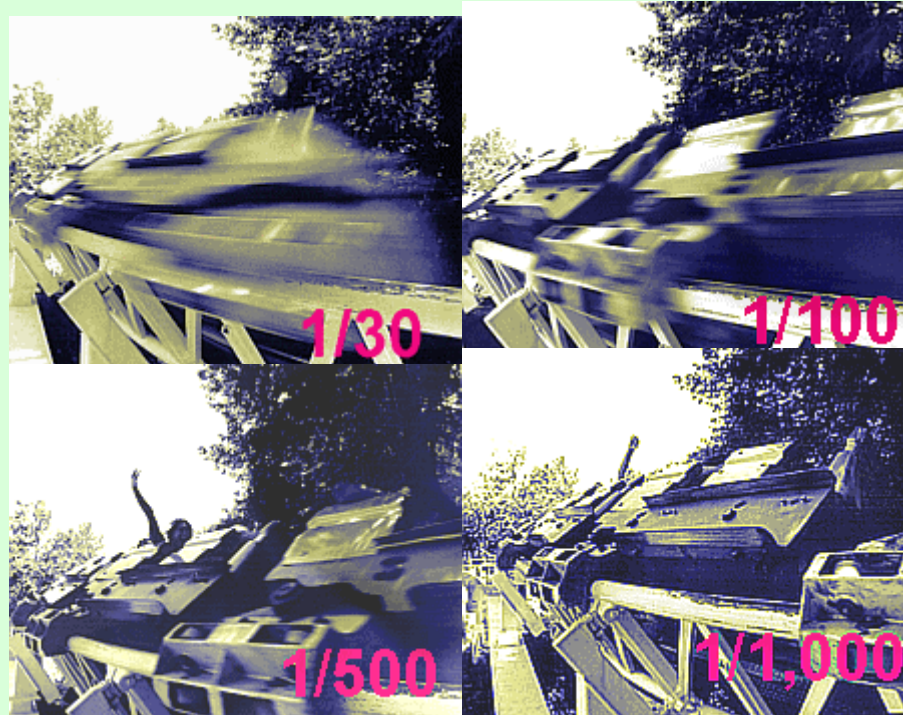


**Obturador ou (*shutter*):** Mecanismo que determina por quanto tempo o filme será exposto à luz pela velocidade de abertura e fechamento.





# Obturador



Velocidad de obturador :	"normal"	1/100	1/250	1/500	1/1000	1/2000	1/4000	1/8000	1/10000
f-stop: correspondiente:	16	11	8	5.6	4.0	2.8	2.0	1.4	1.2









# Foco

- É a nitidez da imagem selecionada através da objetiva. O foco mínimo é a menor distância lente/objeto que permite nitidez da imagem.
- Ocorre pelo movimento de afastar ou aproximar a objetiva do plano de imagem.
- O ajuste do foco acontece de acordo com a distância do objeto focado em relação ao plano de imagem, o que significa que o foco é uma relação métrica de distância , cuja unidade de medida pode ser metros ou pés.





2.5

2.2

2

2.5

ft  
m

0.24

0.77

0.234

32 22 11 4 4 11 22 32

32 22 16 11 8 5.6 4

Como é a imagem é formada

**Oxigênio e o Magnésio  
formando o Óxido de  
Magnésio**



**CCD (*charge-coupled device*) ou Dispositivo de  
Carga Acoplado**





[Home](#) / [Nobel Prizes](#) / [Nobel Prize in Physics](#) / [The Nobel Prize in Physics 2009](#)

[About the Nobel Prizes](#)

[Facts and Lists](#)

**Nobel Prize in Physics**

[All Nobel Prizes in Physics](#)

[Facts on the Nobel Prize in Physics](#)

[Prize Awardee for the Nobel Prize in Physics](#)

[Nomination and Selection of Physics Laureates](#)

[Nobel Medal for Physics](#)

[Articles in Physics](#)

[Video Interviews](#)

[Video Nobel Lectures](#)

[Nobel Prize in Chemistry](#)

[Nobel Prize in Physiology or Medicine](#)

[Nobel Prize in Literature](#)

[Nobel Peace Prize](#)

[Prize in Economic Sciences](#)

[Nobel Laureates Have Their Say](#)

[Nobel Prize Award Ceremonies](#)

[Nomination and Selection of Nobel Laureates](#)

 [Printer Friendly](#) |  [Share](#) |  [Tell a Friend](#) |  [Comments](#)

1901 2012  
 [←](#) [→](#)  
Sort and list Nobel Prizes and Nobel Laureates ▾ Prize category: [Physics](#) ▾



### The Nobel Prize in Physics 2009

Charles K. Kao, Willard S. Boyle, George E. Smith

<b>The Nobel Prize in Physics 2009</b>	▾
Nobel Prize Award Ceremony	▾
Charles K. Kao	▾
Willard S. Boyle	▾
George E. Smith	▾



Photo: U. Montan

**Charles Kuen Kao**



Photo: U. Montan

**Willard S. Boyle**



Photo: U. Montan

**George E. Smith**

The Nobel Prize in Physics 2009 was divided, one half awarded to Charles Kuen Kao "for groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communication", the other half jointly to Willard S. Boyle and George E. Smith "for the invention of an imaging semiconductor circuit – the CCD sensor".

#### RELATED DOCUMENTS:

##### ARTICLE



**PHYSICS**  
**The Nobel Prize in Physics**

→ [Read more about the Nobel Prize in Physics 1901-2000](#)

##### EDUCATIONAL



**NOBEL PRIZE IN PHYSICS 1956**  
**Transistors**

→ [Recycle transistors in the 'Transistor Recycler Game', or build a replica of a transistor!](#)

##### QUIZ



**2009 NOBEL PRIZES**  
**Try the 2009 Nobel Prizes Quiz!**

→ [How much do you know about the discoveries and works awarded the 2009 Nobel Prizes?](#)

##### THE NOBEL PRIZE APP





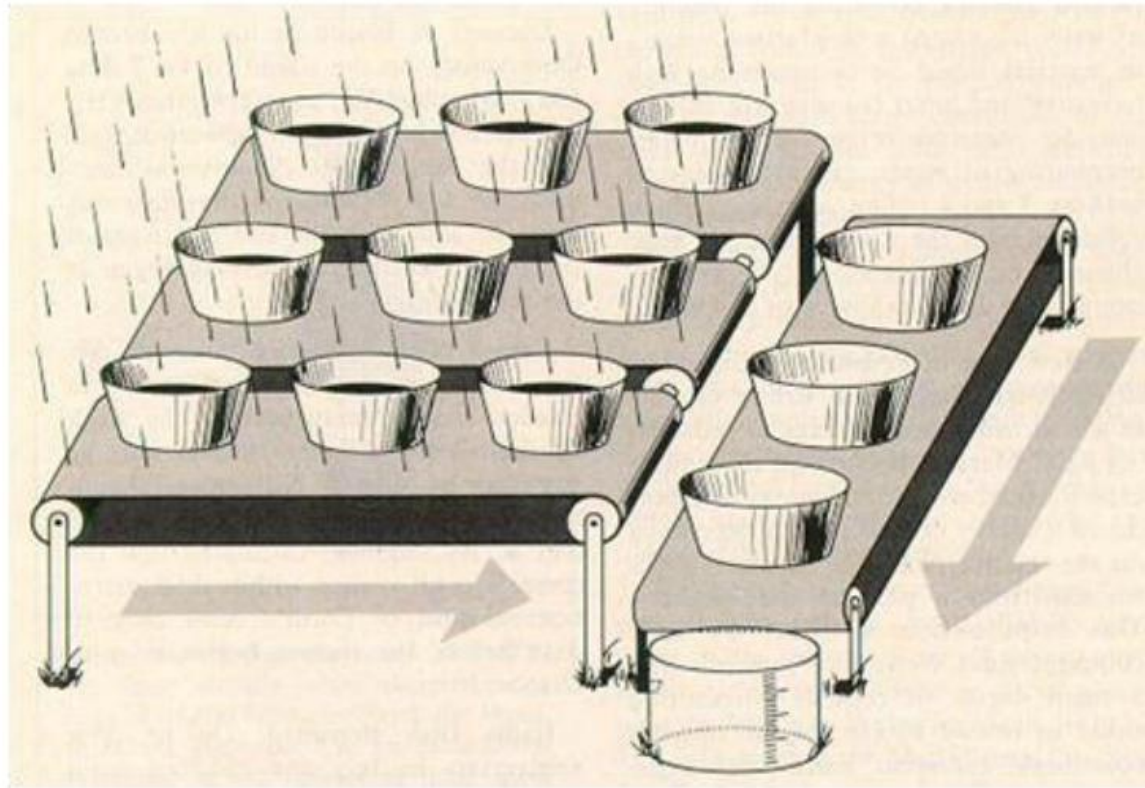


In 1969 Willard S. Boyle and George E. Smith, no Laboratório Bell, mostrando a captura de imagem pelo CCD (Charge Coupled Device).

Fonte: <http://xviiiisnefnovastecnologias.blogspot.com.br/search/label/detector%20CCD>

Prof. Marisa Cavalcante - PUCSP

# Uma analogia

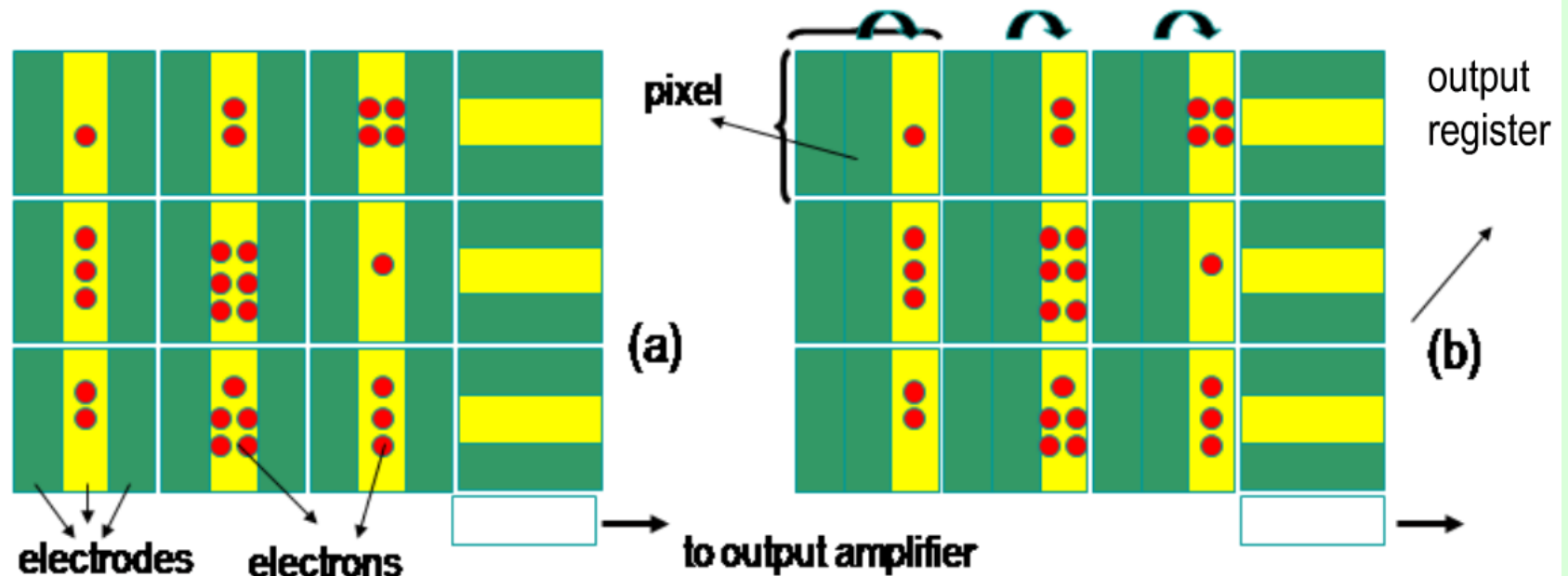


Supondo a chuva (intensidade de luz) e os Baldes (pixels). Um sistema de "esteiras" acopladas, permite obter informações da intensidade de chuva que foi capturada com cada balde.

Fonte: <http://xviiiisnefnovastecnologias.blogspot.com.br/search/label/detector%20CCD>

Prof. Marisa Cavalcante - PUCSP

# Como funciona



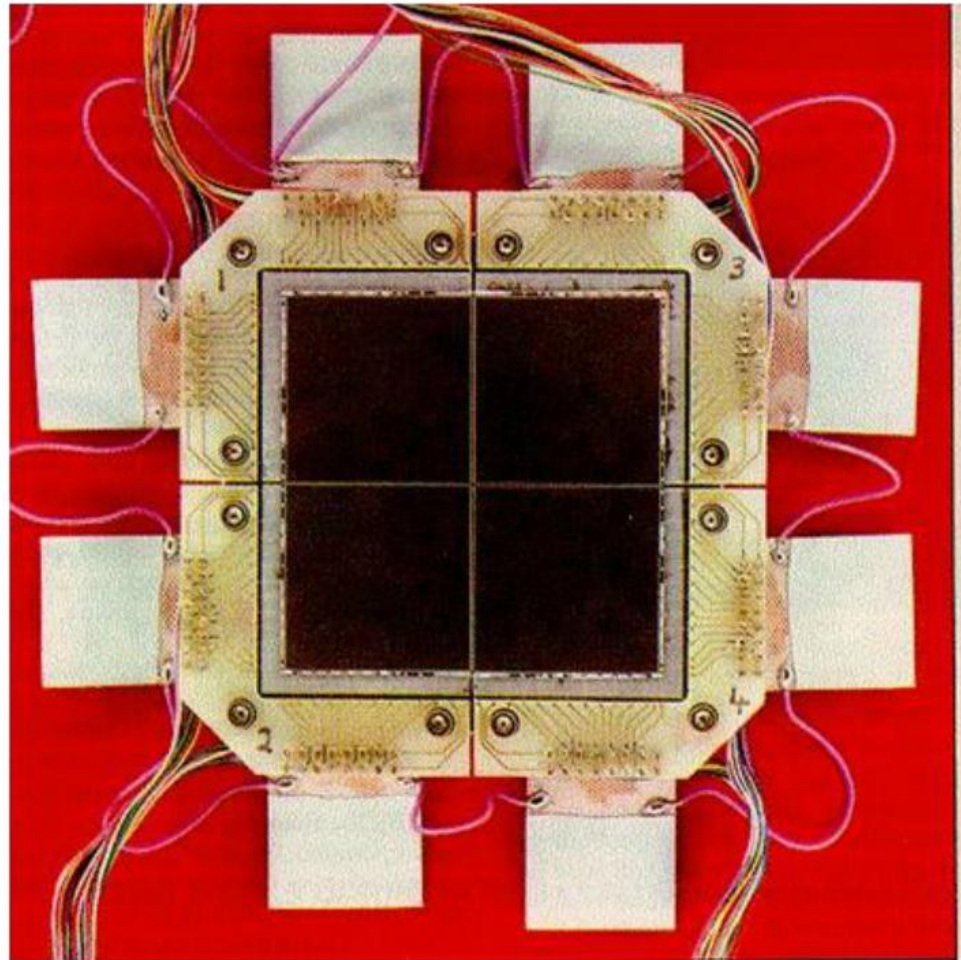
Acima um exemplo de um CCD com 9 pixels. Esta matriz é constituída por fotosensores distribuídos em linhas e colunas. (A) Cada pixel na incidência de luz emite eletrões que são coletados nos eletrodos amarelos. (B) Estes eletrões darão origem a uma corrente elétrica. O registro se faz através de uma varredura em tempo sincronizada. Se o sincronismo for bem estruturado será possível reconstruir a intensidade de luz que cada pixel foi submetido, do mesmo modo que nos baldes da figura anterior.





# Um imagem de um detector CCD

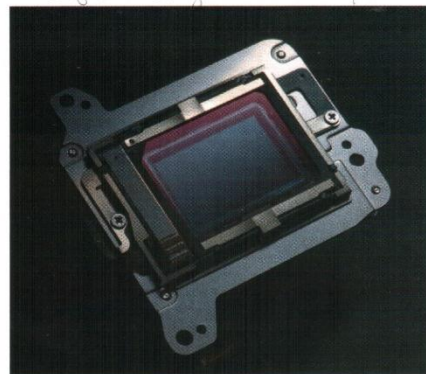
Mosaic of 4 CCDs containing four times 2040 x 2048 pixels. This composite detector is about 6 cm large and contains a total of 16 millions pixels (Kitt Peak National Observatory, Arizona).



Fonte: <http://xviiiisnefnovastecnologias.blogspot.com.br/search/label/detector%20CCD>

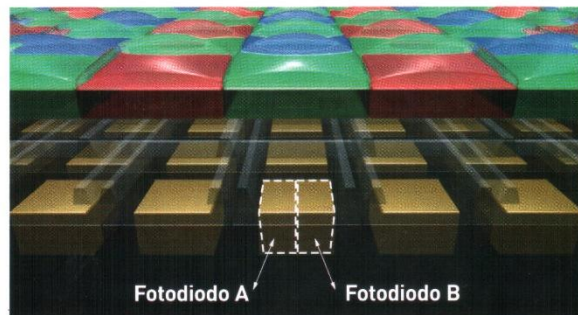
Prof. Marisa Cavalcante - PUCSP

## FUNDAMENTOS



Ao lado, sensor APS-C da nova Canon EOS 70D, que traz uma nova tecnologia de focalização

O novo sensor da Canon utiliza um par de fotodiodos para focalizar a imagem; no registro da foto, as duas imagens de cada par de fotodiodos são mescladas em um único pixel



Fotodiodo A

Fotodiodo B

### Para não haver confusão

Outro aspecto que varia com o formato de sensor é o tamanho do "círculo de confusão". Esse termo, desconhecido de muita gente, é o que explica a razão de, numa mesma abertura de diafragma, um sensor *full frame* gerar menos profundidade de campo do que um sensor de formato menor, como o APS-C. Na prática é isso que explica por que é muito difícil fazer fotos com fundo desfocado usando câmeras compactas.

O círculo de confusão identifica o maior diâmetro de um "círculo" da imagem que será observado como um "ponto", a determinada distância. Para quem visualiza uma foto impressa a 25 cm de distância, por exemplo, o círculo de confusão

está na ordem de 0,25 mm. Abaixo desse diâmetro, o olho humano enxerga o círculo como um ponto. Na foto, a região onde o círculo de confusão se torna perceptível está fora da profundidade de campo. Visualmente, ela estará fora de foco.

Se for gerada por um sensor *full frame*, esse "ponto desfocado" terá, no sensor, um diâmetro limite de 0,03 mm. No formato APS-C, o círculo de confusão está na ordem de 0,019 mm. À medida que o círculo de confusão se reduz, fica mais difícil para o olho humano identificar a diferença entre pontos e círculos. Quanto maior for o sensor, portanto, menor será a profundidade de campo em uma mesma abertura de diafragma.

A escolha segue uma dica prática, que é verdadeira: quanto maior for o sensor, melhor será a qualidade da imagem. Contudo, o formato do sensor influencia outros aspectos do registro fotográfico.

Como o "pequeno formato" (como é conhecido o filme 35 mm) foi um dos mais usados durante décadas, tanto por profissionais quanto por entusiastas, a maioria das referências da fotografia segue as dimensões desse formato. Assim, distância focal e profundidade de campo, por exemplo, são medidas na maioria das vezes considerando o formato 35 mm. Quando se fala na objetiva "normal", a distância focal que se vem à mente é 50 mm. Isso está correto, mas apenas para câmeras *full frame* ou de filme 35 mm. Em modelos APS-C, por sua vez, a objetiva normal específica do formato é a 35 mm.

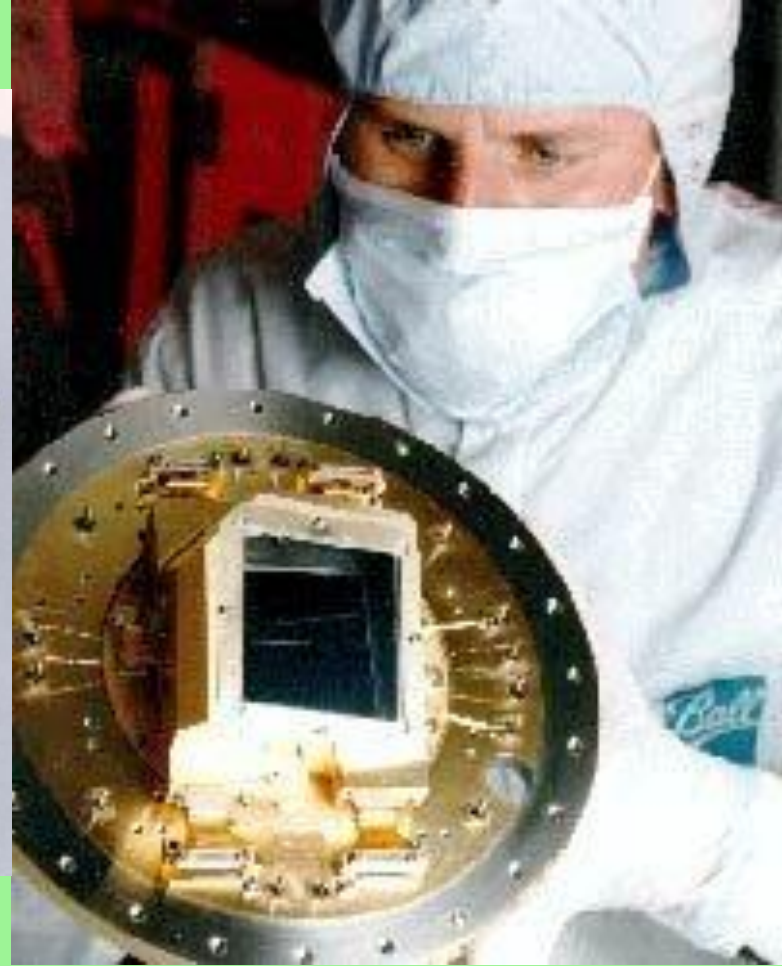
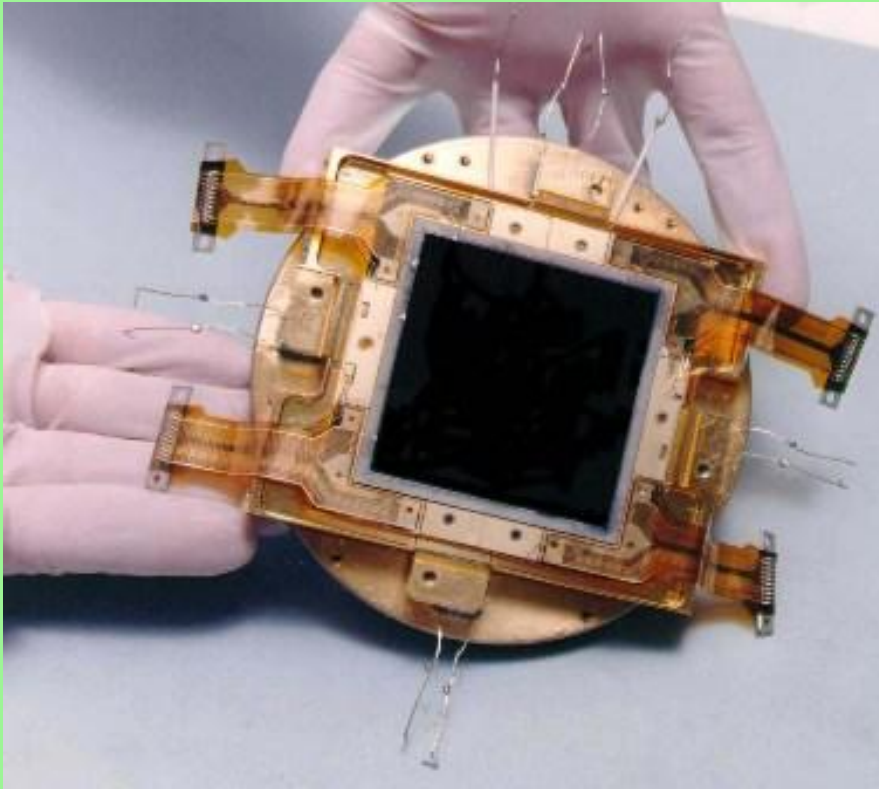
### O QUE DIFERE

Uma das primeiras questões provocadas pelo tamanho do sensor é justamente quais lentes podem ser usadas pela câmera – ou identificar a objetiva se o modelo não for intercambiável. Toda objetiva é produzida para um formato de sensor específico. Nas câmeras com formato APS-C, que têm compatibilidade com as lentes feitas para *full frame*, a questão do "fator de corte" é algo a se ter em mente (confira a matéria sobre objetivas na página 112).

Já em câmeras com sensores de formatos menos conhecidos, principalmente os compactos, as distâncias focais são medidas em vezes ("x"), sendo comum haver a equivalência no formato 35 mm. A Canon SX50 HS, por exemplo, usa um sensor compacto de 6,17 x 4,55 mm e tem uma lente com zoom de 50x. Sua distância focal é de 4,3-215 mm, algo equivalente a 24-1.200 mm no padrão 35 mm. Além de interferir na distância focal da lente, o formato do sensor também regula a região desfocada da foto. Quanto maior for o sensor da câmera, menor

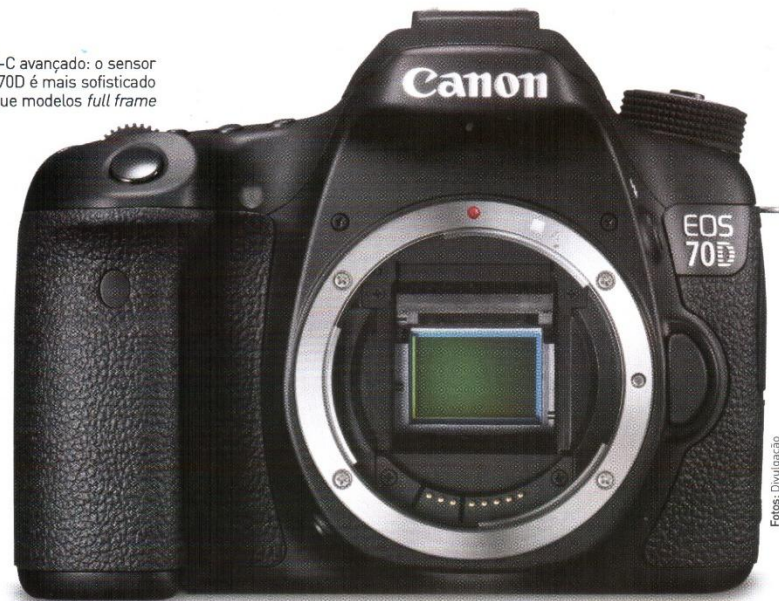


# CCD



The e2v CCDs in Wide Field Camera 3's focal plane

APS-C avançado: o sensor da 70D é mais sofisticado que modelos full frame



### Escolha sua câmera

Veja os modelos em linha dos principais fabricantes, divididos pelo formato do sensor

	Formato do sensor				
	Compacto várias dimensões 6 x 4 mm	CX 13,2 x 8,8 mm	Micro Quatro Terços 17,3 x 13 mm	APS-C 18,7 x 14 mm 23 x 15 mm	Full frame 36 x 24 mm
<b>Canon</b>	Série PowerShot			PowerShot G1 X EOS SL1, EOS T5i EOS 70D, EOS 7D	EOS 6D EOS 5D Mark III EOS-1D X
<b>Fujifilm</b>	Série FinePix			X100s, X20 X-E1, X-M1 X-Pro1	
<b>Nikon</b>	Série Coolpix	Série 1		D3200, D5200 D7000, D7100 Coolpix A	D600 D800 D4
<b>Panasonic</b>	Séries Lumix F, L, S		Série Lumix G		
<b>Sony</b>	Série Cyber-shot			A77, A65 A58, Série NEX	A99 Cyber-shot RX1 / RX1R



CCD X CMOS

Embora seja usado como sinônimo de sensor, o termo CCD identifica um dos tipos de construção do sensor. Na maioria das DSLRs, o tipo de sensor usado é o CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor), que tem menor consumo de bateria e é mais barato para ser produzido.

Já o CCD (Charge Coupled Device) é geralmente mais caro de ser feito. Ele equipa alguns modelos de compactas e de câmeras muito avançadas, pois gera menor ruído em ambientes com pouca luz e geralmente permite maior nitidez de imagem.



Foto: Divulgação

Atualmente, a maioria dos sensores é do tipo CMOS, e não CCD

é a profundidade de campo em uma mesma abertura (confira o box sobre círculo de confusão).

A área do sensor também tem relação direta com a capacidade de a câmera registrar detalhes na imagem. Geralmente, modelos *full frame* têm melhor alcance dinâmico e geram menos ruído em sen-

sibilidades ISO elevadas. Na atual geração de câmeras, os índices para modelos *full frame* são de 13 EV de alcance dinâmico e de ISO 6.400 para fotos, sem grandes problemas de ruído digital.

O mesmo ocorre com a nitidez das fotos. Em geral, quanto maior for o sensor e menor a resolução nativa da câmera, maior nitidez a foto poderá ter (a nitidez também varia com a lente usada). O que define isso tudo é o tamanho do fotodiodo, unidade física no sensor que é sensível à luz. Como cada fotodiodo no sensor gera um pixel na imagem, e como o pixel tem sempre o mesmo tamanho, quanto mais espaço o sensor tiver para os fotodiodos, melhor será seu desempenho na captura da luz.

Contudo, a regra de que "tamanho é documento" não é muito rígida. De fato, quanto maior o sensor, maior e mais pesadas são câmera e lente. Porém, o processamento de imagem feito pela câmera ajuda muito na qualidade de imagem. A Nikon D7100, testada nesta edição, tem sensor APS-C que gera resultados comparáveis aos de uma câmera *full frame* da geração anterior. Algumas câmeras de sensor compacto, como a série Canon PowerShot G, têm processamento acima da média e rendem bons resultados.

Sensor recebe herança do filme

O termo APS-C, que denomina o formato de sensor usado na maioria das DSLR, também deriva de um filme fotográfico. Originalmente, o Advanced Photo System (APS) foi um filme em cartucho desenvolvido por um grupo das principais empresas do setor como uma opção mas versátil que o 35 mm.



O APS (chamado de Advantix pela Kodak, Nexia pela Fujifilm, Futura pela AgfaPhoto e Centuria pela Konica) chegou ao mercado no final da década de 1990, mas não durou muito devido à

popularização da fotografia digital. A maioria das câmeras que usava esse filme em cartucho era compacta, mas Minolta, Canon e Nikon chegaram a produzir até SLR para o formato.

Esse filme em cartucho permitia registrar a imagem em uma das três proporções: APS-H, ou HDTV (30,2 x 16,7 mm, proporção 16:9), APS-C ou classic (25,1 x 16,7 mm, proporção 3:2) e APS-P ou panorama (30,2 x 9,5 mm, proporção 3:1). Dos três formatos, o único que deixou legado foi o classic, por usar a mesma proporção que o quadro do 35 mm (3:2). Suas dimensões são as mesmas usadas nos sensores APS-C.



Acima, dois modelos *mirrorless*: a Sony NEX (à esq.) usa sensor APS-C; a Panasonic GH3 (à dir.) usa sensor Micro Quatro Terços

### USOS PRÁTICOS

Embora a DSLR (que tem modelos com sensor *full frame* ou APS-C) ainda seja a principal categoria de câmera usada por entusiastas e profissionais, há no mercado outros tipos de câmera, com diversos tamanhos de sensores. A oferta é tanta, que é possível observar um comportamento do consumidor: o fotógrafo de hoje possui diversas câmeras, com diferentes sensores, uma para cada aplicação. Em viagens, por exemplo, modelos compactos com superzoom podem ser uma boa opção. Na fotografia cotidiana, um modelo *mirrorless* pode atender à maioria das aplicações. Já a reflex fica reservada à fotografia mais “elaborada”.

Isso mostra que a escolha por um mo-

delo *full frame* não é feita apenas por profissionais, que demandam alta qualidade de imagem. Entusiastas que desejam aproveitar as vantagens do sensor maior (como a menor profundidade de campo), já têm à disposição modelos a preços acessíveis.

Já o segmento de *mirrorless* oferece câmeras com diferentes formatos, desde sensores compactos, Micro Quatro Terços (17,3 x 13 mm), CX (13,2 x 8,8 mm, exclusivo da Nikon) e até os maiores como APS-C (caso da Sony NEX) e *full frame* (novidade na recente Sony RX1). Essa categoria tem ganhado espaço devido à sua portabilidade aliada à qualidade de imagem. Por outro lado, câmeras com sensores menores são ainda mais portáteis, ideais para levar para todo lado.

### O que vai além do *full frame*

O tamanho físico dos sensores não se limita ao 36 x 24 mm. Há no mercado câmeras voltadas ao público profissional que recebem sensores maiores que o *full frame*.

Esses modelos, chamados de “médio formato”, não têm dimensões e proporções padronizadas, como há no 35 mm e no APS-C. A Pentax 645D, por exemplo, é uma câmera reflex de médio formato. Ela usa um sensor CCD de 44 x 33 mm, de 40 MP. Já a Leica S2 é equipada com um sensor CCD de 45 x 30 mm.

O médio formato herdou esse nome das películas fotográficas maiores que a 35 mm, como o 120 e o 220, que, de acordo com a

câmera, geravam uma área de captura de 60 x 45 mm, 60 x 60 mm, 60 x 70 mm ou 60 x 90 mm.

Algumas câmeras de filme médio formato, de grande qualidade construtiva, como os modelos da Hasselblad, ainda são usadas na fotografia digital junto com um *back* digital, espécie de adaptador que acopla um sensor no *back* que antes continha o filme. Os *backs* digitais têm medidas em torno de 54 x 40 mm e são fabricados por empresas como Mamiya e a própria Hassel.

Na fotografia com filme, além do médio, ainda existe o grande formato, que utiliza filmes em chapas de 4 x 5 polegadas, em



câmeras próprias para esse tamanho. Contudo, por conta do alto custo que teria, esse formato ainda é raro em câmeras digitais.





**CCD image of Arp 188 and the Tadpole's Tidal Tail taken with Hubble's ACS camera.**

Polimento do espelho primário do Hubble feito pela Perkin-Elmer Corporation, Danbury, Connecticut, maio de 1979.

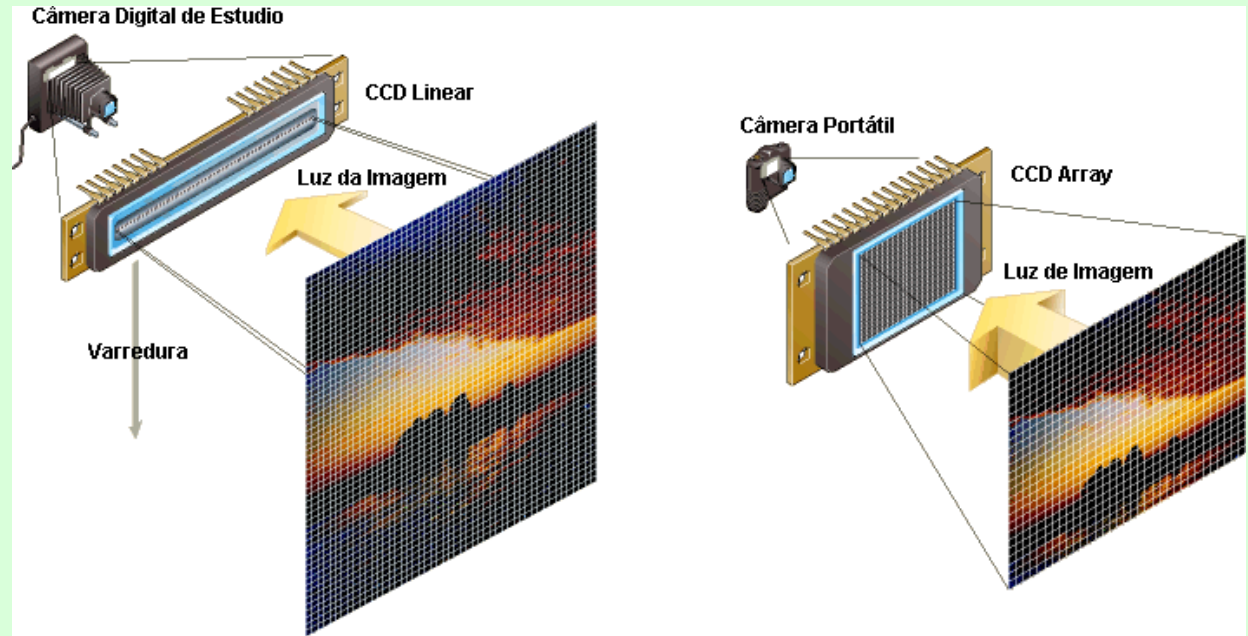
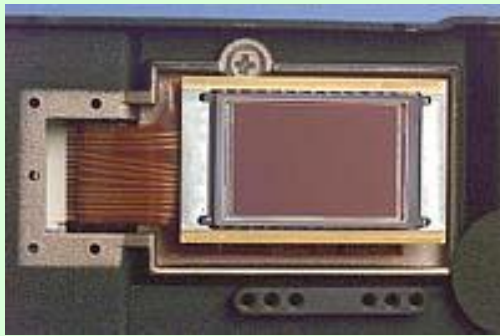






Comparação das imagens antes e depois da correção da falha do espelho.





**CCD no Chassis de uma  
câmera fotográfica**

## Resolução espacial

**Relação entre o enquadramento da câmera e o número mínimo de linhas (pixel) no registro da imagem.**



**Interesse 1 metro (vertical) enquadrado por um câmera S-VHS (400 linhas), a resolução espacial esperada será de 2,5 mm, ou genericamente  $1/400$ .**

**A menor distância entre dois elementos de interesse, para este enquadramento, não deverá ser menor que esse valor**

**VHS / Video8 é de 260 linhas, o que equivale a uma resolução espacial vertical de 1/260.**

**S-VHS / Hi-8 estão disponíveis 400 linhas ou uma resolução de 1/400.**

**Digital DV com 500 linhas captadas e mais de 1000 linhas no padrão HD-TV, mostrando uma forte tendência de incremento da qualidade final da imagem (Sandbank & Childs, 1985; Fujio, 1985).**

**A resolução espacial obtida com película, por exemplo filme de 16 mm, pode chegar a 1/1600.**

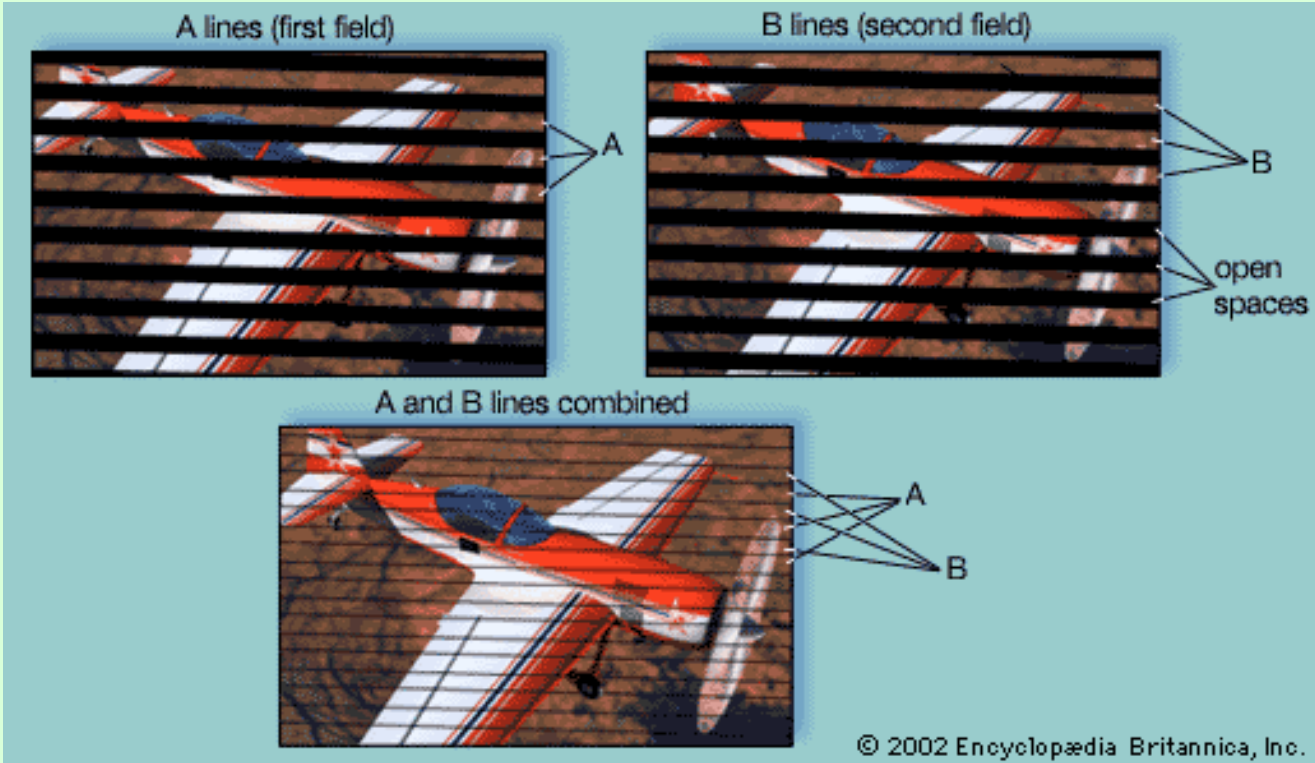
## Resolução temporal

**Propriedade de um instrumento ou sistema de distinguir temporalmente dois eventos subsequentes.**

**A resolução temporal é dada pelo inverso da frequência de aquisição das câmeras. Por exemplo, no sistema NTSC ou PAL-M (brasileiro) as câmeras registram em 60 Hz (60 fields/s), tendo portanto uma resolução temporal de  $1/60$ , já no sistema PAL (alemão) ou SECAM a frequência de registro das câmeras é de 50 Hz (50 fields/s), significando uma resolução de  $1/50$ .**



fields interlaced



REGULAR VIDEO CAMERA (30 FPS)



1<sup>ST</sup> FRAME

2<sup>ND</sup> FRAME

HIGH SPEED VIDEO CAMERA (240 FPS)



1<sup>ST</sup> FRAME

2<sup>ND</sup> FRAME

3<sup>RD</sup> FRAME

4<sup>TH</sup> FRAME

5<sup>TH</sup> FRAME

6<sup>TH</sup> FRAME

7<sup>TH</sup> FRAME

8<sup>TH</sup> FRAME

9<sup>TH</sup> FRAME

**LOCAM III é uma câmera  
filmadora de 16mm  
completamente  
computadorizada**



**1/10000 fields/s**

Câmeras de alta velocidade  
SpeedCam Visario com sistema que  
atinge resolução de mega-pixels  
(CMOS - complementary metal  
oxide semiconductor))



Velocidades típicas de filmagem são:

1.000 quadros por segundo, à 1536 X 1024 pixels

2.000 quadros por segundo à 1000 X 800 pixels

4.000 quadros por segundo à 800 X 500 pixels

10.000 quadros por segundo à 500 X 200 pixels

Velocidades mais altas estão disponíveis.

<http://www.photron.com/index.php>

?cmd=products

© BioLab



www.photron.com

**2.000 e 10.000 Hz**

www.photron.com





Casio EXILIM Pro EX-F1



1200 fps

Casio EXILIM EX-FH25



1000 fps

Resolução Linear (pixels) Largura x Altura	Resolução em Megapixel	Aparência no Monitor	Dimensões Padronizadas para Impressão / Ampliação						
			6 x 9 cm	10 x 15 cm	13 x 18 cm	15 x 21 cm	20 x 25 cm	25 x 30 cm	28 x 35 cm
320 x 240	N/D	Razoável	Boa	Razoável	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
640 x 480	0,30	Boa	Excelente	Boa	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
800 x 600	0,50	Excelente	Fotográfica	Aceitável	Razoável	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
1024 x 768	0,80	Excelente	Fotográfica	Excelente	Boa	Razoável	Ruim	Ruim	Ruim
1280 x 960	1,00	Excelente	Fotográfica	Fotográfica	Aceitável	Boa	Razoável	Ruim	Ruim
1600 x 1200	2,00	Excelente	Fotográfica	Fotográfica	Excelente	Aceitável	Boa	Razoável	Ruim
2048 x 1536	3,00	Excelente	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Excelente	Aceitável	Boa	Razoável
2240 x 1680	4,00	Excelente	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Excelente	Aceitável	Boa
2560 x 1920	5,00	Excelente	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Excelente	Aceitável
3000 x 2000	6,00	Excelente	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Excelente
3827 x 2551	10,00	Excelente	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica	Fotográfica
Dimensões em Polegadas ->			2 x 3	4 x 5 / 4 x 6	5 x 7	6 x 8	8 x 10	10 x 12	11 x 14

Legenda	DPI	Descrição
Ruim	72 dpi	Excesso de granulação (pixelização)
Razoável	96 dpi	Não é uma foto e apenas alguns detalhes são visíveis
Boa	133 dpi	Não é uma foto mas a maioria dos detalhes são visíveis
Aceitável	150 dpi	Não é uma foto à distância normal, mas tem qualidade suficiente
Excelente	200 dpi	É difícil distinguir de uma foto convencional à distância normal de visualização
Fotográfica	266 dpi	Não é possível distinguir de uma foto convencional à distância normal de visualização

Obs. DPI = Dots Per Inch = Pontos Por Polegada

## Softwares para disciplina

- Kinovea
- PaintNet
- Visual3D reader
- Skillspector
- Virtualdub
- Excel
- Notepad++
- Scilab
- Matlab
- Aplicativos para celular
- E muito mais...

