

Efeitos visuais: uma abordagem a partir do processamento de imagens

Tutorial I



SIBGRAP²⁰⁰⁸

XXI BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTER
GRAPHICS AND IMAGE PROCESSING

CAMPO GRANDE/MS - BRAZIL

October 12-15, 2008

Efeitos visuais, uma abordagem a partir do processamento digital de imagem

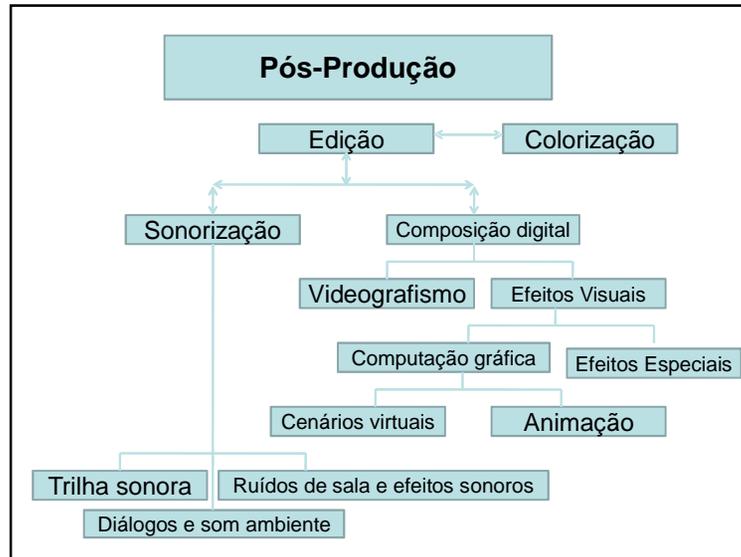
João Victor Boechat Gomide
FUMEC
Arnaldo de Albuquerque Araújo
UFMG

Sumário

1. Introdução
2. Evolução das trucagens com imagem
3. Imagem digital em movimento
 1. Conceitos gerais
 2. Descrições e formatos de imagens digitais
 3. Codificação e decodificação
4. Efeitos visuais digitais
 1. Conceitos de computação gráfica e tratamento de imagens para efeitos visuais
 2. Técnicas e arte dos efeitos visuais digitais
 3. Aplicações e exemplos
5. Perspectivas para a pesquisa e para a produção audiovisual

Introdução

- Conceitos envolvidos na produção de efeitos visuais, todos dependentes da variação do tempo:
 - modelagem geométrica
 - visualização computacional
 - processamento digital de imagens.
- P&D, interdisciplinar:
 - Ciência da Computação
 - Engenharia
 - Artistas e técnicos de pós-produção



Evolução das trucagens com imagens

- Inicialmente construídos com recursos óticos
- Soluções para realizar imagetivamente aquilo que é criado
- Com a imagem digital novas técnicas foram inventadas e todas as outras adaptadas

Georges Méliès

Primeiro realizador de efeitos visuais no cinema.

- Trouxe o universo das visões, dos sonhos, do inconsciente para o cinema.
- Referência para os surrealistas, expressionistas e realizadores de efeitos visuais.
- Primeiro estúdio da história do cinema.



Georges Méliès

✓ **Un Homme de têtes**

(1898):

a primeira tomada com um divisor de imagens, atores em dois ambientes diferentes.

✓ **La caverne maldite**

(1898) : primeiro a utilizar a exposição dupla;

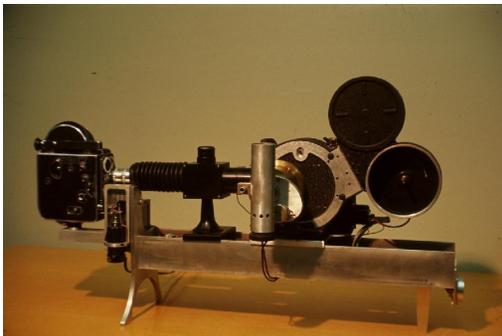
✓ **Cendrillon** (1899) : primeira fusão.



Impressora óptica (*Optical Printer*)

- Efeitos de transição (fusão, fade, wipe...)
- Mudança de tamanho ou posição
- *Split screen*
- *Mattes*
- Modificação da sequência dos frames

Impressora óptica (*Optical Printer*)



Impressora óptica (*Optical Printer*)



Exemplos de efeitos ópticos

- Guerra nas Estrelas
- Blade Runner
- 2001, Odisséia no Espaço
- King Kong
- Contatos Imediatos do Terceiro Grau
- Metropolis
- O Mágico de Oz

King Kong (1933)



King Kong (1976)



King Kong (2006)



Imagem Digital em Movimento

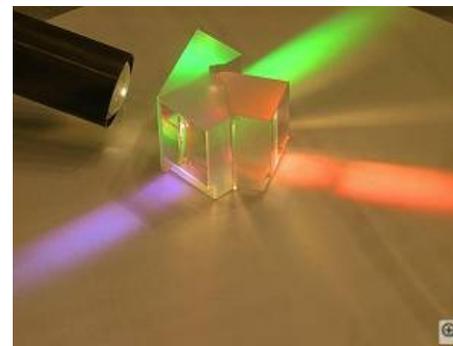
Aquisição de imagens em movimento

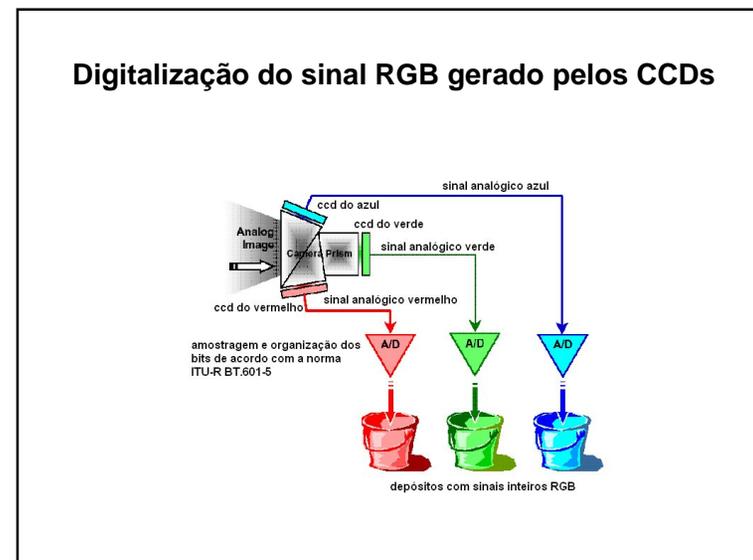
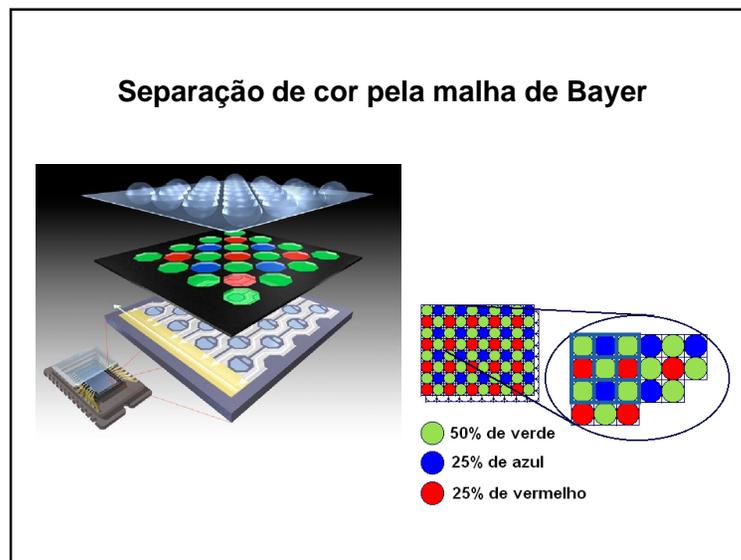
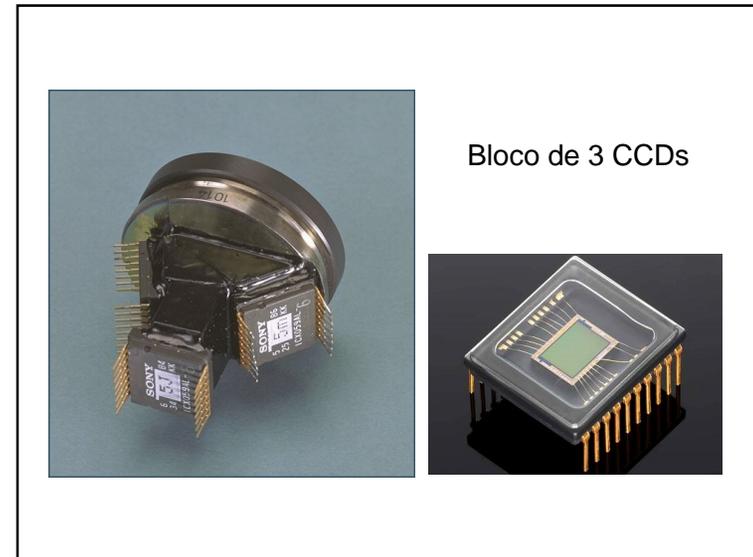
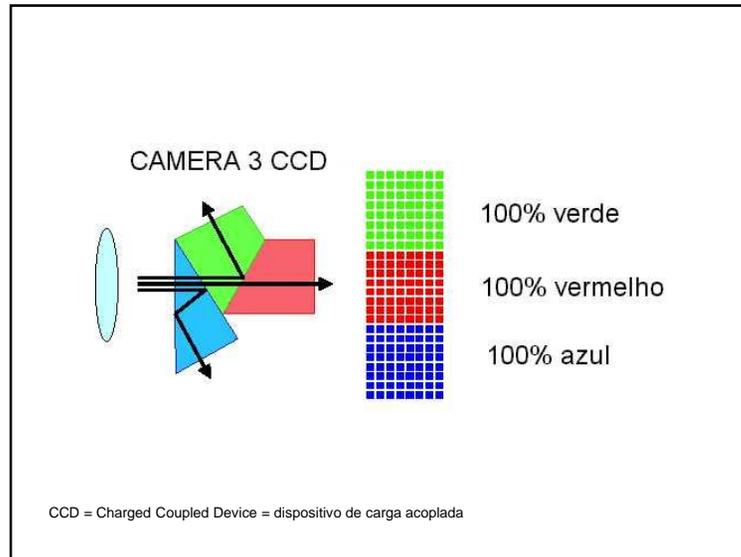
- Filmadoras digitais de vídeo ou cinema;
- Película e depois digitalizadas;
- Vídeo analógico e depois digitalizadas;
- Geradas totalmente em computador.

Etapas

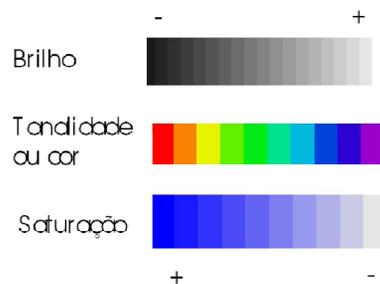
- Pré-processamento;
- Representação e descrição;
- Dependente do efeito visual:
 - Segmentação;
 - Transformações geométricas;
 - Realce;
 - Compressão.

Separação das cores primárias por prismas

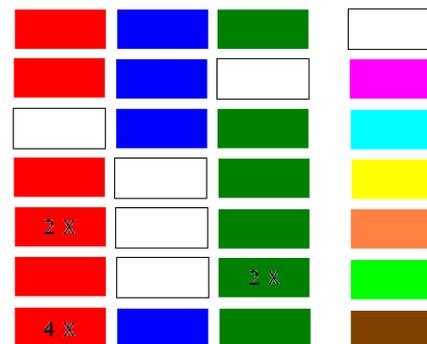




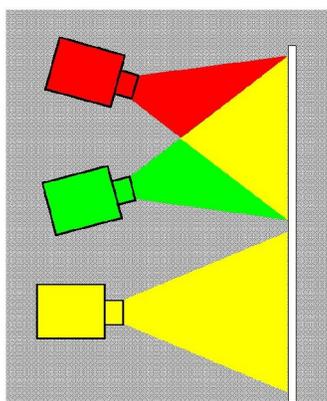
Três variáveis definem uma cor



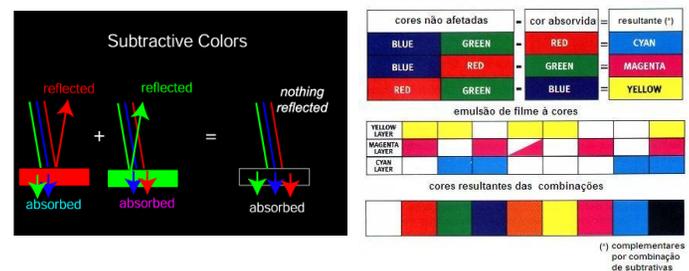
Sistema aditivo de cores - Luz



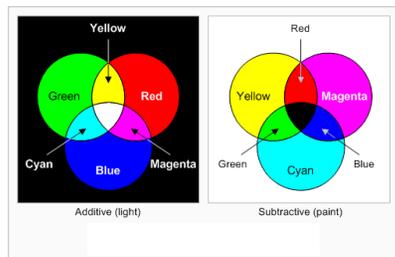
Metâmeros



Sistema Subtrativo de Cores - Pigmento

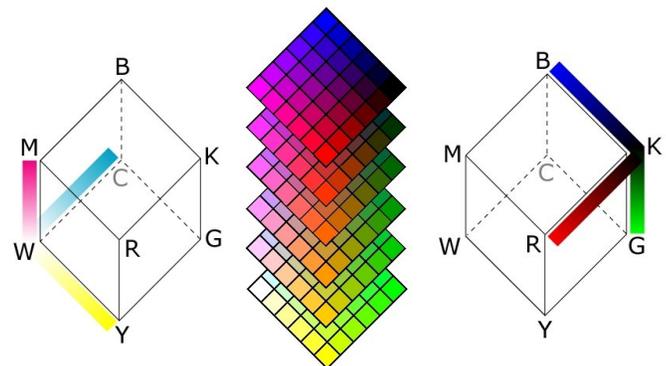


Aditivo (Luz) x Subtrativo (pigmento)

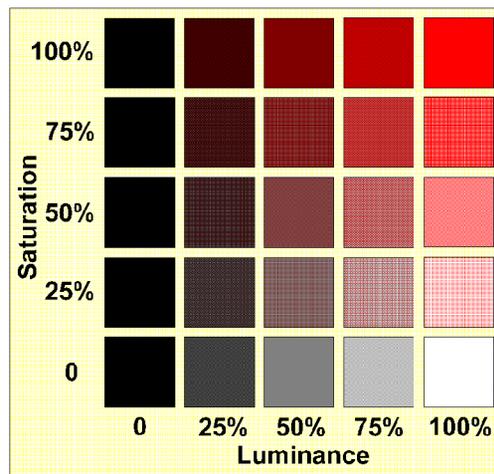


[..Javas e Shockwaves\AdditionPhoto.exe](#)
[..Javas e Shockwaves\SubtractionPhoto.exe](#)

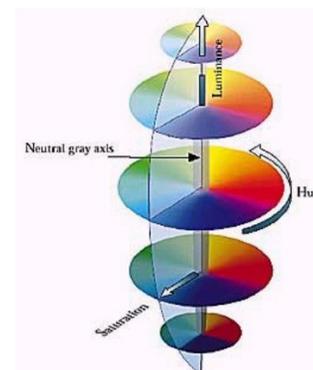
Representação do espaço de cor – Cubo de cores

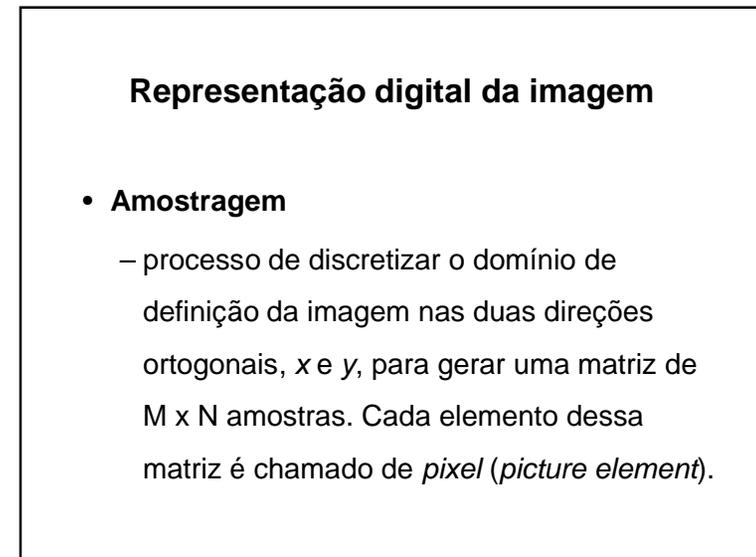
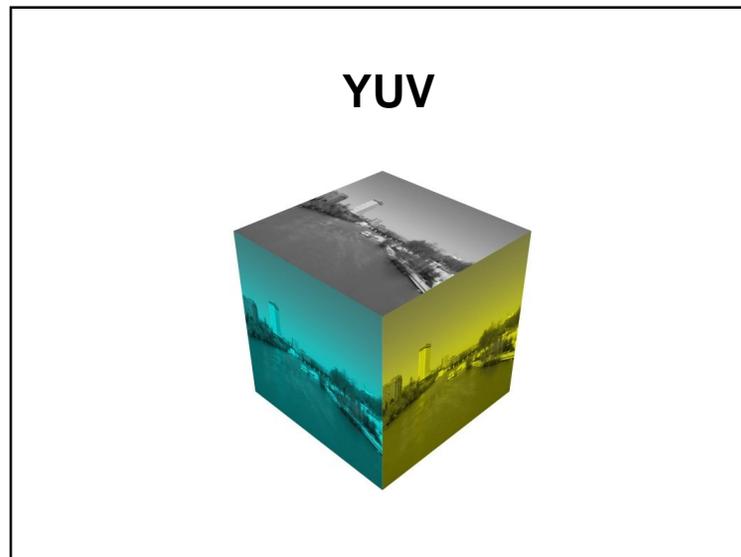
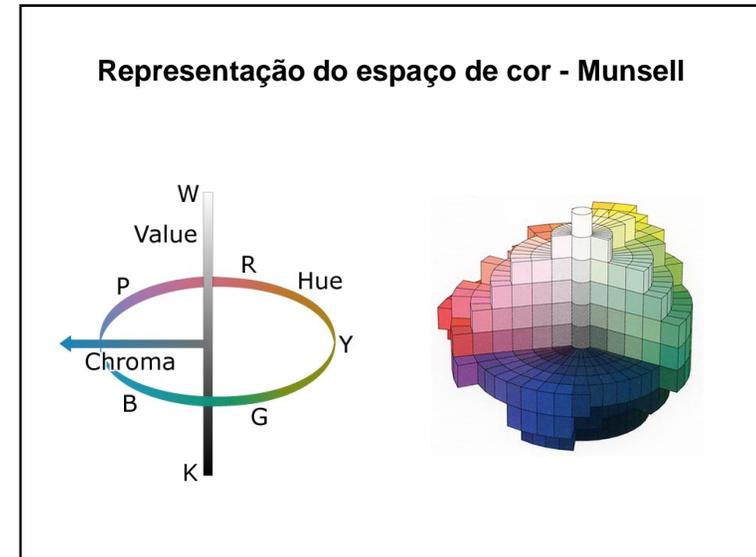
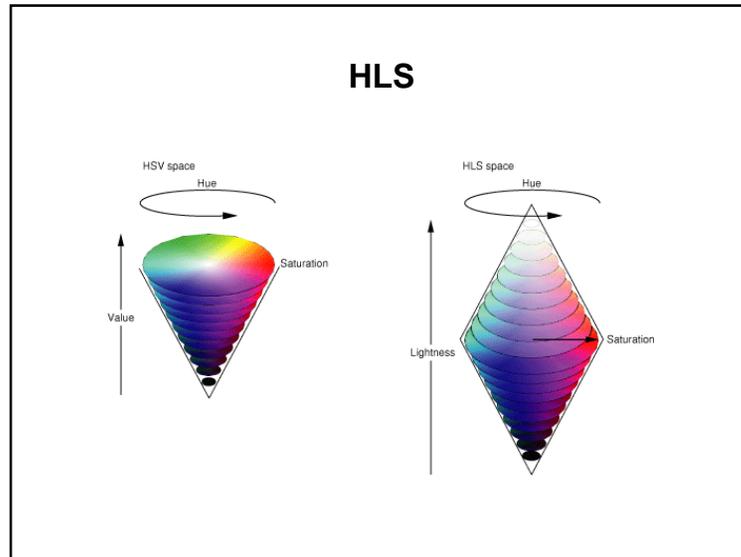


Luminância x Saturação



HLS



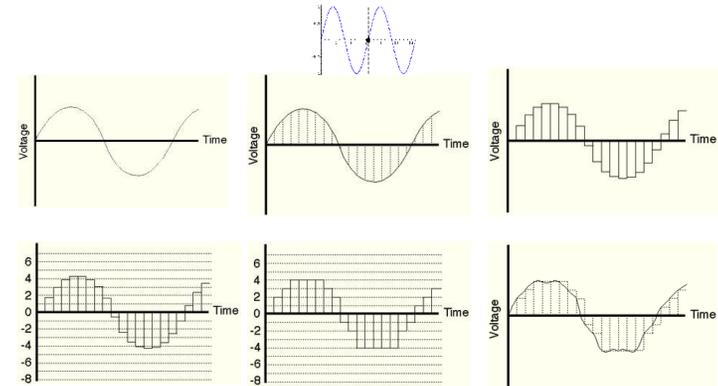


Representação digital da imagem

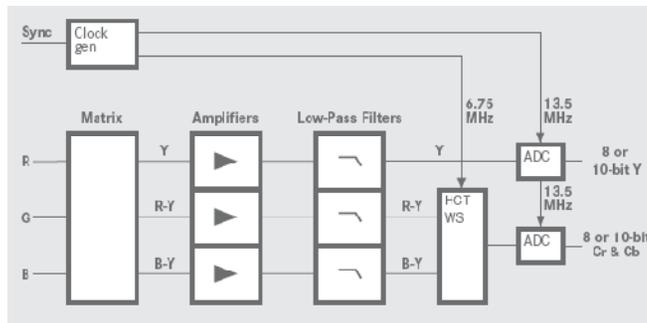
- **Quantização**

- número inteiro de níveis de cada componente de cor, em uma imagem colorida, ou de níveis de cinza, em uma imagem monocromática, permitidos para cada ponto da imagem.

Digitalização do sinal

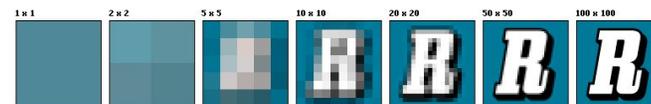


Formação do sinal de vídeo componente SD ITU 601 (Y,Cb,Cr) 4:2:2



Resolução espacial

- Quantidade de detalhamento espacial da imagem



Resolução espacial comparada

Olho humano 11.000 x 11.000 px 120 milhões px

Ultra HD > 30 milhões de px

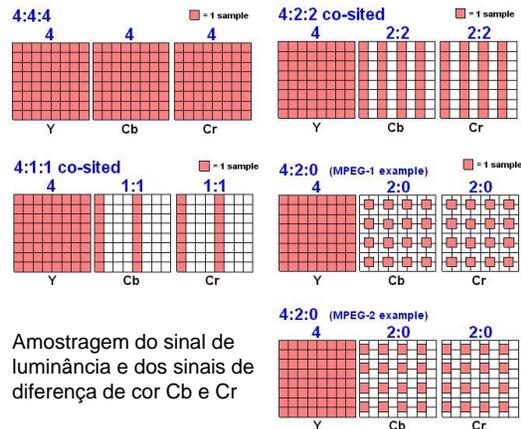
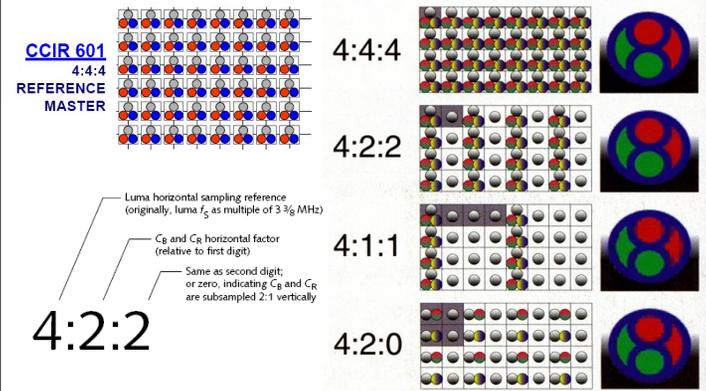
Filme 35 mm 5 a 10 milhões de px
positivo 2000 px p/ pol
negativo 1000 px p/ pol

Disco óptico 3 milhões de px

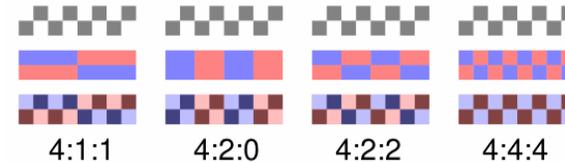
HD 2 milhões de px

SD 350 mil px

Amostragem do sinal de vídeo



Chroma subsampling 4:2:0

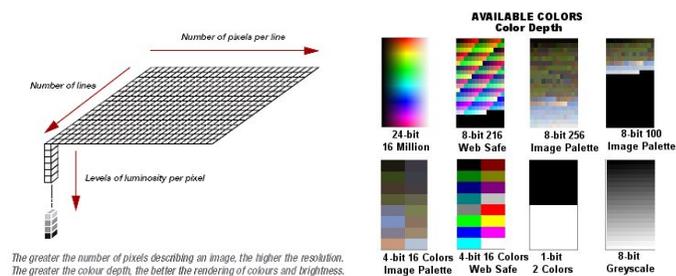


Em cada linha é armazenado somente um canal de diferença de cor com metade da resolução horizontal. Para o 4:2:0, p.e, o canal que é armazenado muda em cada linha: 4:2:0 na primeira, depois 4:0:2, de novo 4:2:0, e assim por diante.

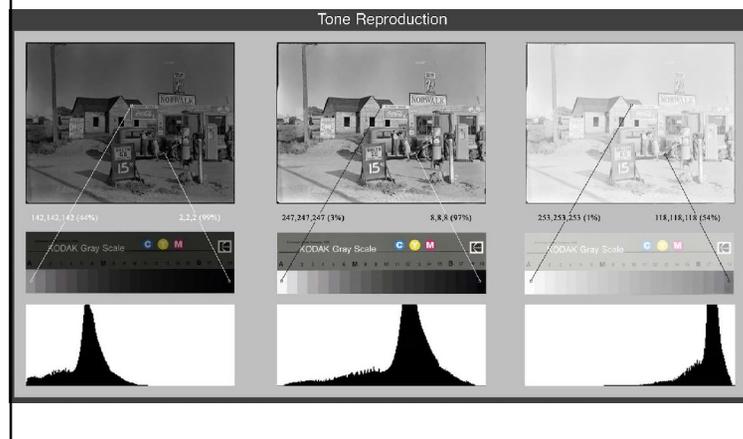
Profundidade de cor (color depth)

- Número de bits que representa a cor de um pixel
 - 1 bit (2 cores) : monocromático;
 - 2 bit : CGA (primeiro tipo de cor da IBM);
 - 4 bit (16 cores) : EGA (de 1984);
 - 6 bit (64 cores): Commodore Amiga;
 - 8 bit (256 cores): Super VGA (Video Graphics Array);
 - 12 bit (4096 cores) : Silicon Graphics;
 - 24 bit : truecolor

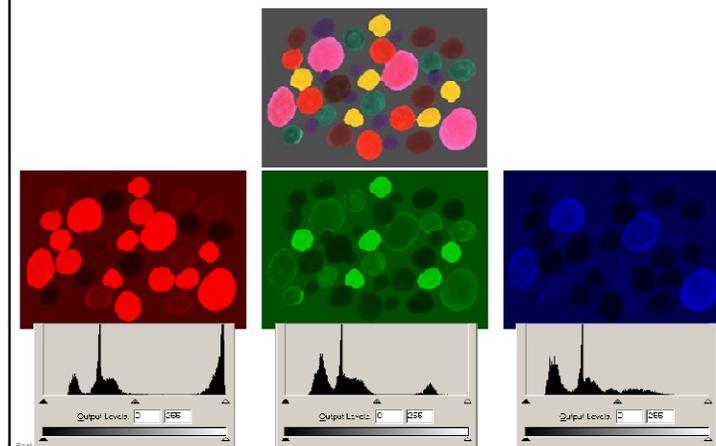
Bit Depth



Interpretação da exposição pelo histograma



Histograma RGB



Técnicas de Compressão

As técnicas de compressão de dados podem ser classificadas da seguinte forma:

- **Compressão sem perdas:** baseia-se unicamente na redução de redundância estatística.
⇒ Taxas de compressão reduzidas.
- **Compressão com perdas:** baseia-se na redução de redundância estatística e na eliminação de informação perceptualmente pouco relevante.
⇒ Taxas de compressão elevadas.
- **Compressão quase sem perdas:** baseia-se na redução de redundância estatística e na eliminação controlada de informação.
⇒ Taxas de compressão médias.

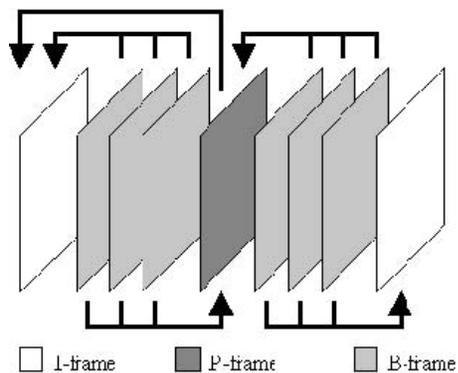
Taxas de compressão em diversos formatos

$$\frac{166 \text{ Mb/s (4:2:2)}}{90 \text{ Mb/s (DB)}} = 1.8 \text{ DBcam}$$

$$\frac{166 \text{ Mb/s (4:2:2)}}{50 \text{ Mb/s (D-9)}} = 3.3 \text{ D-9}$$

$$\frac{124.5 \text{ Mb/s (4:1:1)}}{25 \text{ Mb/s (DV)}} = 5.0 \text{ 4:1:1}$$

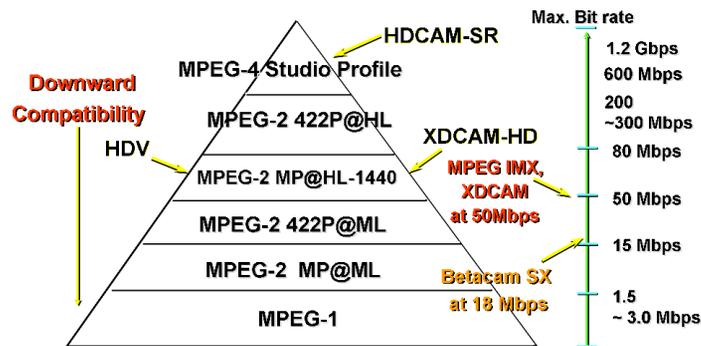
Compressão MPEG



Sistemas de compressão utilizados do vídeo digital

	type	parameters	used for	examples
DCT based	MPEG-1	< 1,5 Mbps	CDs, Video-CD Internet	Audio: MP2 (MUSICAM, DAB) Audio: MP3 (Internet)
	MPEG-2	1 ... 100 Mbps scalable	DVD Digital TV (DVB, ATSC)	4:2:2 HP@ML
	MPEG-4	Audio Visual Objects (AVOs) higher compression ratio	Internet-TV	Media Player Real Player virtual studios
	MPEG-7	Content Management Semantic of Scenes	archives retrieval systems (no compression)	Meta Data
	DVCPro	25, 50, 100 Mbps (HD)	Panasonic	Electronic News Gathering (ENG)
	H.261	64 ... 368 Kbps	video conferencing	ISDN nx64K mode
non DCT	Wavelets	0 ... 100 Mbps	video surveillance space missions research	JPEG 2000

Hierarquia do MPEG



Modos de escaneamento da imagem

- Entrelaçado (*interlaced: i*) e progressivo (*progressive: p*): modos de escaneamento (*scan modes*).
- Quadro progressivo (*progressive frame*) contém toda a informação para cada linha de pixels.
- Quadro entrelaçado (*interlaced frame*) quebra o quadro inteiro em dois campos (*fields*), cada *field* contendo metade das linhas de pixels do *frame*.

Quadro entrelaçado (*Interlaced frame*)



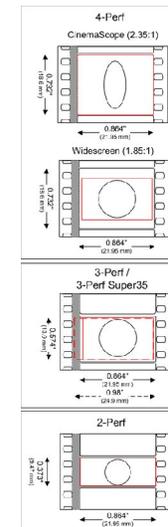
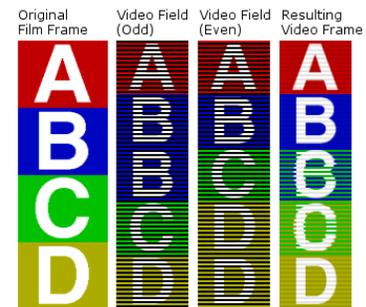
Figure 1.6 An interlaced frame of video, shot while the camera was zooming on the subject.



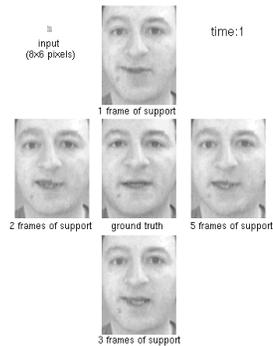
Figure 1.7 An interlaced frame of video, shot while the camera was fixed on a slow-moving subject.

Frame rate

- 60i ou 50i;
- 30p;
- 24p;
- Pull down - telecine.



Alterações na resolução temporal



Razão de aspecto

• 4 : 3 (1,33:1)



• 16:9 (1,78:1)

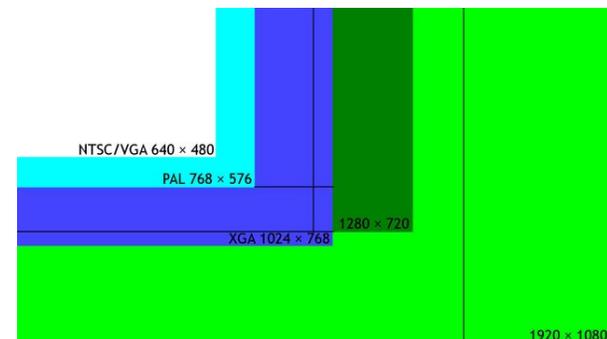


Formatos de película mais usados e suas razões de aspecto

- 70 mm (2,21:1);
- 35 mm
 - Cinescope, 2,55:1
 - Cinerama, 2,59
 - Super 35, 1,75:1
- 16 mm (Super 16, 1,67:1)
- 8 mm (Super 8, 1,36:1)

4K Digital Cinema 4096x2160 pixels
2K Digital Cinema 2048x1080 pixels

SDTV - HDTV



**4K Digital Cinema 4096x2160 pixels
2K Digital Cinema 2048x1080 pixels**

- Cinealta HDW-F900 HDCAM
- Thomson Viper



**Vídeo de alta definição
*High Definition Video (HD)***

- Razão de aspecto (aspect ratio): 16:9.
- Resolução:
 - 1280 por 720 pixels (720p)
 - 1920 por 1080 pixels (1080i ou 1080p)
- Taxa de quadros (frame rate): de 23,97 fps progressivo até 60 quadros entrelaçado.

Vídeo de alta definição (HD)

- Redes de esporte adotaram 720 p: espectadores gostam de pausar e fazer slow motion
 - um frame tem toda a resolução vertical.
- Novelas ou filmes não são vistos em slow motion: 1080i:
 - um frame de 1080 i tem a metade da resolução, ou seja, 540 linhas.
- Todos os monitores de computador são progressivos: para a web é melhor desentrelaçar todo o vídeo.

Formatos de vídeo de alta definição

- **HDCAM e HDCAM SR da Sony**
 - Um dos primeiros formatos comerciais de HD.
 - 4:4:4 para HDCAM SR, a 880 Mbit/s.
 - Preços dos equipamentos entre US\$60 e 100 mil.
 - Diária em torno de US\$1100.
 - CineAlta HDW-F900.

Formatos de vídeo de alta definição

- **DVCPPro-HD/ DV100/ D7-HD da Panasonic**

- Low end: AG-HVX200 (US\$ 5200 e aluguel de US\$250 por dia).
 - 720p ou 1080i para uma variedade de frame rates.
 - 4:2:2.
 - Uma das primeiras câmeras a usar cartões P2, tecnologia da Panasonic.
- DVCPPro-HD formatada para 720p. Para 1080i somente 1280 pixels horizontais são gravados, gerando perda de resolução.

HDV

- **Sinal de vídeo**
 - 720p/60i, 720p/30p, 720p/50i, 720p/25p
 - 1080i/60i, 1080i/50i, 1080i/24p
- **Formatos**
 - Vídeo: MPEG2
 - Áudio: MPEG1 layer 2 (384 kbps)
- **Taxa de bits depois da compressão:**
 - 19 Mbit/s/ 25 Mbit/s
 - 250 MB por minuto

Vídeo de definição padrão *Standard Definition Video (SD)*

- Razão de aspecto 4x3
- Resolução
 - 720x480 e 720x486
 - 640x480 e 640x486
- Frame rate
 - NTSC e PAL-M: 29,97 fps (30 fps ou 60i)
 - PAL: 25 fps progressivo

SD video

- XDCAM (4:2:2) (Sony)
- DVCAM (720x576, 4:2:0 (PAL), 720x480, 4:1:1 (NTSC) (Sony)
- DVCPRO (4:1:1) (Panasonic)
- DVCPRO50 (4:2:2) (Panasonic)
- D-9 ou Digital-S (JVC)
- DV e mini-DV (4:1:1 e compressão de 5:1)
- Digital8
- DVD

Efeitos Visuais Digitais

Escalabilidade de 3G a HD

Tipo de cenário	Resolução/ Frame rate	Taxas de transferência
Conteúdo de celulares	176X144, 10-15 frames/s	50-60 Kbps
Internet e SD	640X480, 24 fps	1-2 Mbps
HD	1280X720, 24p	5-6 Mbps
HD completa	1920X1080, 24p	7-8 Mbps

Hardware

- Plataformas
 - Silicon Graphics
 - Quantel
 - Apple
 - PC
- Placas de vídeo
 - AJA
 - Black Magic
 - Matrox
 - Pinnacle

Formatos digitais disponíveis

- ✓ HDTV
- ✓ SDTV
- ✓ HDV
- ✓ DV
- ✓ Digital Cinema 4k
- ✓ Digital Cinema 2k

Software

- **Edição e composição**
 - Smoke e Fire
 - eQ
 - Avid
 - Final Cut Pro HD
 - Edius
 - Premiere Pro
- **3D**
 - Maya
 - 3D Studio Max
 - Lightwave
- **Composição digital**
 - Inferno, Flame e Flint
 - Digital Studio
 - Paintbox
 - After Effects
 - Shake e Motion
 - Combustion
- **Tracking:** Boujou
- **Morphing:** Elastic Reality

Fabricantes: Autodesk, Quantel, Apple, Avid, Adobe, ...

Os efeitos visuais digitais no audiovisual

- Transformação visual das cenas - Integração de cenas gravadas com trucagens ópticas ou digitais
 - Texturas
 - Chroma-keys
 - Animações 3D
 - Composição digital
- Correção de erros de gravação
- Redução significativa de custos
 - Modificação de cenários
 - Cenários virtuais
 - Multiplicação de figuração

Cenário atual

- Utilizados para além dos grandes estúdios de cinema, redes de televisão e casas de pós-produção:
 - aumento da capacidade de processamento dos computadores pessoais;
 - disponibilização de ferramentas sofisticadas em softwares de baixo custo, tanto para edição quanto para composição digital;
 - câmeras de vídeo digital, com qualidade profissional e preços mais acessíveis.

Fluxograma de produção

- Pré-produção:
 - leitura do roteiro;
 - sugestões para viabilizar, melhorar ou simplificar gravações de cenas, e/ou reduzir custos;
 - Planejamento das gravações das cenas que envolvem efeitos visuais junto à equipe.
- Produção:
 - Acompanhamento da gravação, para adequá-la à finalização.
- Pós-produção:
 - Realização dos efeitos visuais dentro da melhor qualidade possível com o equipamento disponível.

Técnicas de efeito visual

- [Composição digital](#)
 - [Matte](#)
 - [Máscaras digitais](#)
- [Correção de cor](#)
- [Rotoscopia - rastreamento de movimento](#)
- [Personagens e/ou cenários virtuais](#)
- [Captura de movimento](#)
- [Morphing](#)
- [Warp](#)
- [Mapeamento de câmera](#)
- [Uso conjunto de técnicas combinadas](#)

Composição digital

- Processo de integração de imagens de diferentes fontes em uma única imagem final.
- A operação básica utilizada é o chamado *alpha blending*, onde um valor de opacidade, o canal alfa, é usado para controlar os valores dos pixels de duas imagens de entrada, que darão origem a um pixel resultante.

Canal alfa

- Quarto valor, que é acrescentado aos três valores de cor de cada pixel.
- Para uma imagem descrita com 8 bits por componente de cor, o canal alfa terá também 8 bits, que resultará em uma imagem com 32 bits por pixel.
- O valor 0 é dado ao preto e o 255 ao branco, com os demais 254 valores descrevendo tonalidades de cinza.

Canal alfa

- Representação das cores.
- Valores de opacidade para compor as imagens.
- Máscaras criadas a partir de um chroma ou luma-key, de um trabalho em 3D, de imagens gravadas etc.
- Máscaras criadas com outros recursos.

Chroma-key

- No *chroma-key*, escolhe-se um matiz de cor, com um D de variação em torno desse valor, que é a tolerância.
- O canal alfa é gerado ao se substituir o matiz pelo preto, as diferentes tonalidades dentro do D por cinzas e as demais cores pelo branco.

Luma-key

- No *luma-key* o processo é semelhante: emprega-se valores de luminância no lugar da cor.
- Usado para criar mattes de fumaça, vapor, chuva.
- Importância para a amostragem 4:1:1.

Matte



Interface gráfica do Inferno e do Flame

Composição de imagem e máscara digital



Composição de imagem e chroma-key



- O trabalho precisa ser cuidadosamente planejado e tecnicamente bem realizado.

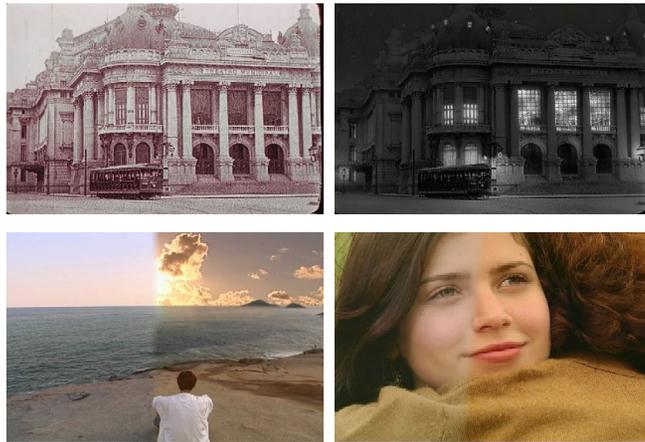
Correção de cor

- Histograma ou alteração da curva de cor nos diversos intervalos (*highlight*, *midtones* e *shadows*)
- Recursos para trabalhar os valores de cada um dos canais de cor (RGB, CMY)
-
- Altera-se localmente na imagem estes valores, com o uso de máscaras ou de mattes e de acordo com as nuances

Composição digital, máscara e correção de cor



Correção de cor



Chroma-key e correção de cor



Tracking (rastreamento)

- Rastreamento de pontos na imagem ao longo do tempo.
- Utilizam diferentes princípios, de acordo com o software de composição.
- Diferentes topologias.

Rastreamento 1

- Seleção de uma região de um quadro de imagem.
- Essa região vai sendo mapeada quadro a quadro, comparando-se os valores de cor e luminância da vizinhança dessa região, o que permite identificar a posição da região em cada quadro.

Rastreamento 2

- Rastreamento de toda a imagem, através de segmentação, gerando vetores que indicam a variação da posição de cada ponto da imagem ao longo dos quadros.
- As duas soluções monitoram alterações de escala, posição e direção dos pontos.
- A vantagem da segunda técnica é que ela incorpora nos dados as aberrações e distorções introduzidas pela lente da câmera.

Multiplicação de figuração



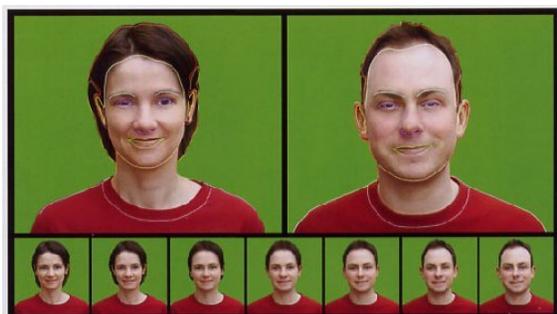
Morphing e Warping

- Uma imagem é transformada em outra utilizando regiões da imagem com características semelhantes, que são contornadas por curvas, e sofrem transformações morfológicas.
- Programa calcula as mudanças que devem ser feitas nas cores e formas nas regiões limitadas pelas curvas, em um intervalo de quadros pré-estabelecido pelo operador.

Morphing e Warping

- Processo foi desenvolvido pelos pesquisadores do MIT, D. Smyth e A. Brigham.
- Receberam o Oscar em 1992 pela criação e desenvolvimento do *morphing*.

Morphing



Morphing

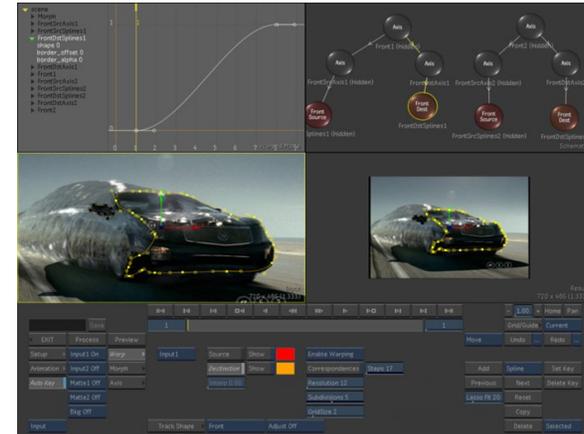


Warping



- *Warping* é uma distorção livre da imagem, que é realizada ao longo do tempo. Ela é utilizada, por exemplo, para fazer um animal falar, provocar modificações nas formas.

Ferramenta de *Warping* e *Morphing*



Composição, máscaras digitais e cenário virtual



Composição de imagem, textura e rastreamento de movimento



- Texturização da imagem e aplicação dela como uma camada sobre a caixa, que está em uma cena com o movimento de câmera sobre um trilho. Deve ser feito o rastreamento desse movimento e das distorções introduzidas pela lente.

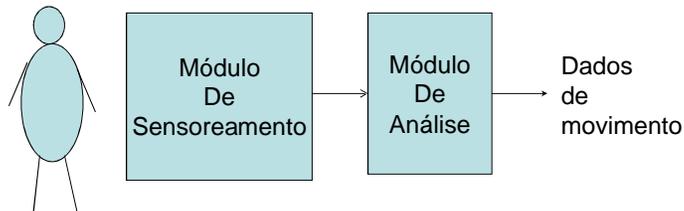
Composição, chroma-key, correção de cor e cenário virtual



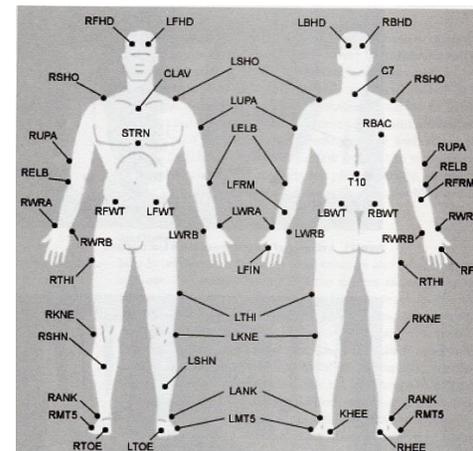
CAPTURA DIGITAL DE MOVIMENTO

•Processo que permite traduzir uma performance ao vivo em uma performance digital.

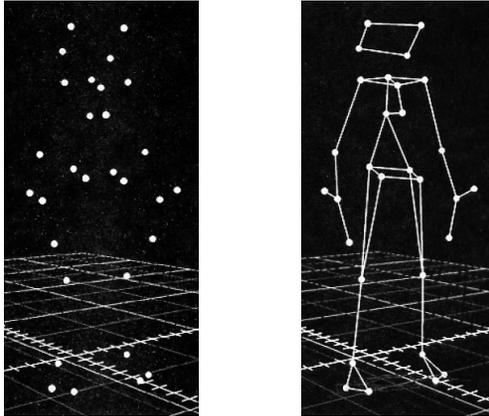
Tecnologias de Captura de Movimento



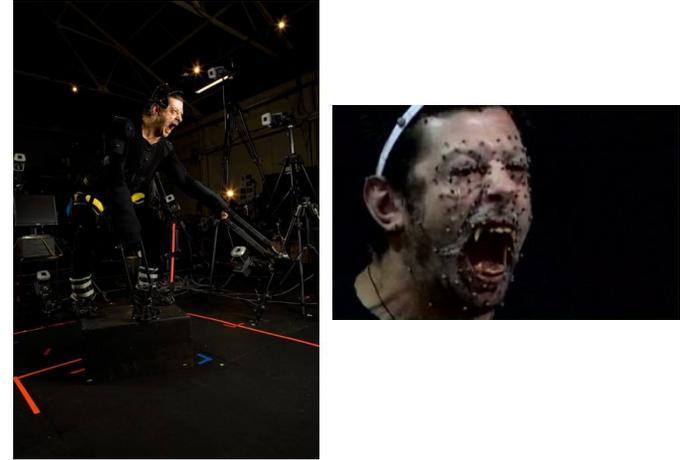
Marcadores



Nuvens de pontos



King Kong (2006)



Controle de movimento



Perspectivas

- Estado da arte da pesquisa
- Cenário para a produção audiovisual

Estado da arte da pesquisa

- Desenvolvimento de codecs e de sistemas de render mais eficazes
- Captura digital de movimento sem marcadores
-
- Rastreamento de movimento em tempo real
- *Engines* para a descrição de radiância e de fenômenos físicos

Estado da arte da pesquisa

- Softwares de mapeamento de texturas para aplicação em programas de modelagem 3D
- Métodos mais eficazes e menos destrutivos para a transformação, entre si, das diferentes cadências da imagem digital em movimento, 60i, 24p, 50i, dentre outros temas

Gene Warren, diretor da *Fantasy II Film Effects*, que produziu *Drácula de Bram Stoker* (1992), *Underworld* (2003) e *Lost* (2004-2008)

- “Nós finalmente paramos de usar a impressora ótica em 2002. Até o fim podíamos criar composições incríveis com nossas velhas máquinas. Mas não conseguíamos competir com os garotos que podiam gastar alguns poucos milhares de dólares em uma *workstation* e alguns softwares. Qualquer um pode agora juntar algumas camadas de imagem apertando poucas teclas, mas não há dúvida de que saber como realmente uma tomada funciona – seja ela digital ou ótica – é uma arte. Mas a honorável técnica de obter uma grande imagem daquelas velhas máquinas imensas é atualmente redundante e esse talento tradicional será logo perdido para sempre.”