

XII ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
VIII ELACAC Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído
BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

MINICURSO: IMAGENS HDR APLICADAS À ILUMINAÇÃO

Me. Dennis Flores de Souza
Dr. Paulo Sergio Scarazzato

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC




IMAGENS HDR APLICADAS À ILUMINAÇÃO

HDR: O que é?



Me. Dennis Flores de Souza
Dr. Paulo Sergio Scarazzato

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC





HDR: O que é? Princípios Básicos



Slide 1

DS1 Dennis Souza; 25/09/2013

O Que é?

HDR – High Dynamic Range

Grande (Alto) Alcance Dinâmico

Alcance Dinâmico (AD) (DR) = Contraste

Pode ser comparada à alta resolução

Resolução: detalhamento da imagem

Baixa resolução (SD): poucos detalhes, perda de conteúdo

Alta resolução (HD, 4K, MP): mais detalhes, mais conteúdo

Alcance: maior fidelidade à luz e cor

Baixo AD (LDR): cores limitadas, problemas com a luz

Alto AD (HDR): muitos detalhes com a luz, cores com todo o espectro.



Baixa x Alta Resolução

Fonte: BLOCH, 2007



Baixo x Alto Alcance Dinâmico

Fonte: BLOCH, 2007



Histórico

Pioneiros:
Gustave Le Gray (1850).
Charles Wyckoff (1930-1940);

Conceito moderno:
Desenvolvimento das digitais.
Necessidade precisão em luz e cor no meio digital.

“Ondas” de desenvolvimento:
1997 – Nova maneira de abordar imagens digitais
2002 – CG: “Make it real”
2007 – Volta à fotografia
2012-2013 – ? (Equipamentos)

Fonte: MARIN; PICARD, 1994



Vantagens

Áreas de sombra e de luz
Não mais limitadas ou “estouradas”

Precisão nas cores
Sem perdas em possíveis edições

Reproduz a distribuição da luz na cena

Permite utilizar a câmera fotográfica como equipamento de medição
Identificar luminâncias
Identificar cores (refletâncias)
...

Ferramenta técnica e artística

Importância

Bibliografia numerosa e diversificada






IMAGENS HDR APLICADAS À ILUMINAÇÃO


A Luz: Percepção e Medição

Me. Dennis Flores de Souza
Dr. Paulo Sergio Scarazzato


Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC








A Luz: Percepção e Medição Princípios Básicos (para a HDR)

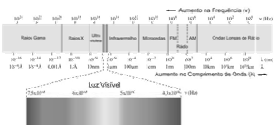




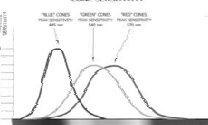
Luz

Energia Radiante que excita o sistema visual


— Aumento na Frequência (ν)




PHOTOPIC VISION
CONE SENSITIVITY




Onda?



Partícula?





Luz

3 INTERAÇÕES DA LUZ

LUMENS "DE" UMA FONTE DE LUZ = LUMINÂNCIA / EXISTÊNCIA / BRILHO

LUMENS "EM" UMA SUPERFÍCIE = LUMINÂNCIA

LUMENS "OS" UMA SUPERFÍCIE = LUMINÂNCIA

Fonte: RUSSELL, 2009

Princípios Básicos

Alcance dinâmico? Contraste?

Distribuição da luz em uma cena.

Fonte: SPRING, DAVIDSON

Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:

1:256

Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 - > 1:128



Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 - > 1:64



Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 - > 1:32



Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 - > 1:16



Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 - > 1:8



Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 - > 1:4



Percepção

UNICAMP

Percepção

Percepção humana: logarítmica

Audição: bel e decibel
Música: Tons e oitavas
...

Luz

Contraste (CR) <-> Valor de Exposição (EVspan)

linear log

$CR = 2^{EVspan}$ $EVspan = \log_2(CR) = \log_{10}(CR) * 3,32$

Fonte: BLOCH, 2012

Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:

1:256
(8 EVs)

UNICAMP

Principios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 - > 1:128
(8 EVs) (7 EVs)



The diagram shows a building facade with a grid of windows. Two arrows point from a larger image on the left to two smaller images on the right, illustrating different detail levels (DRs) for different parts of the facade. The top image shows a higher level of detail, while the bottom image shows a lower level of detail. A small circular icon with the number '2' is visible in the bottom right corner of the diagram.

Principios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 - > 1:64
(8 EVs) (6 EVs)



The diagram shows a building facade with a grid of windows. Two arrows point from a larger image on the left to two smaller images on the right, illustrating different detail levels (DRs) for different parts of the facade. The top image shows a higher level of detail, while the bottom image shows a lower level of detail. A small circular icon with the number '2' is visible in the bottom right corner of the diagram.

Principios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 - > 1:32
(8 EVs) (5 EVs)



The diagram shows a building facade with a grid of windows. Two arrows point from a larger image on the left to two smaller images on the right, illustrating different detail levels (DRs) for different parts of the facade. The top image shows a higher level of detail, while the bottom image shows a lower level of detail. A small circular icon with the number '2' is visible in the bottom right corner of the diagram.

Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 -> 1:16
(8 EVs) (4 EVs)



The diagram illustrates the relationship between different Digital Resolution (DR) settings. It shows a full view of a building facade on the left and a zoomed-in view of a single window unit on the right. Two arrows indicate the zooming process. The text specifies that at a DR of 1:256, there are 8 EVs (Event Vectors) per window unit, and at a DR of 1:16, there are 4 EVs per window unit. The UNICAMP logo is visible in the top right corner of the slide.

Princípios básicos

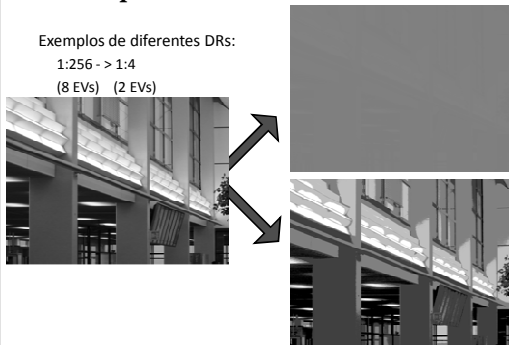
Exemplos de diferentes DRs:
1:256 -> 1:8
(8 EVs) (3 EVs)



The diagram illustrates the relationship between different Digital Resolution (DR) settings. It shows a full view of a building facade on the left and a zoomed-in view of a single window unit on the right. Two arrows indicate the zooming process. The text specifies that at a DR of 1:256, there are 8 EVs (Event Vectors) per window unit, and at a DR of 1:8, there are 3 EVs per window unit. The UNICAMP logo is visible in the top right corner of the slide.

Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
1:256 -> 1:4
(8 EVs) (2 EVs)



The diagram illustrates the relationship between different Digital Resolution (DR) settings. It shows a full view of a building facade on the left and a zoomed-in view of a single window unit on the right. Two arrows indicate the zooming process. The text specifies that at a DR of 1:256, there are 8 EVs (Event Vectors) per window unit, and at a DR of 1:4, there are 2 EVs per window unit. The UNICAMP logo is visible in the top right corner of the slide.

Princípios básicos

Exemplos de diferentes DRs:
 1:256 -> 1:2
 (8 EVs) (1 EV)

Percepção

Relação CR/EV
 Familiar?

Fonte: MICHEL, 1995

Percepção

Percepção humana: adaptativa
 Condição global da cena / Condições locais

Percepção

MESMO
TEXTO
MESMOS
TONS

Fonte: SHEVELL, 2013

Percepção

MESMO
TEXTO
MESMOS
TONS

Fonte: SHEVELL, 2013

Percepção

MESMO
TEXTO
MESMAS
CORES

Fonte: SHEVELL, 2013

Percepção



Fonte: SHEVELL, 2013

The image shows a square with a background of horizontal lines. The lines are colored in a gradient from blue at the top to yellow at the bottom. Overlaid on these lines is the text 'MESMO TEXTO MESMAS CORES' in a bold, sans-serif font. The text is also colored in a gradient, with 'MESMO' in blue, 'TEXTO' in yellow, 'MESMAS' in red, and 'CORES' in orange. The text is slightly blurred and appears to be floating above the lines.

Percepção



Fonte: SHEVELL, 2013

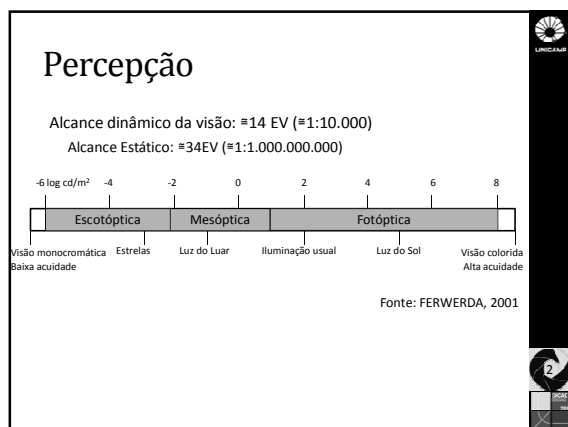
The image shows a square with a background of four solid colored horizontal bands: blue, green, blue, and green. Overlaid on these bands is the text 'MESMO TEXTO MESMAS CORES' in a bold, sans-serif font. The text is colored in a gradient, with 'MESMO' in orange, 'TEXTO' in yellow, 'MESMAS' in red, and 'CORES' in pink. The text is slightly blurred and appears to be floating above the bands.

Percepção



Fonte: SHEVELL, 2013

The image shows a square with a background of horizontal lines. The lines are colored in a gradient from blue at the top to green at the bottom. Overlaid on these lines is the text 'MESMO TEXTO MESMAS CORES' in a bold, sans-serif font. The text is also colored in a gradient, with 'MESMO' in orange, 'TEXTO' in yellow, 'MESMAS' in red, and 'CORES' in pink. The text is slightly blurred and appears to be floating above the lines.



Resumo

Luz: Energia visível

IMAGENS HDR APLICADAS À ILUMINAÇÃO

A Fotografia: Registro da Luz

Me. Dennis Flores de Souza
Dr. Paulo Sergio Scarazzato

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC



A Fotografia: Registro da Luz
Elementos de Fotografia

UNICAMP

UNICAMP

Princípios básicos

Registro pictórico de uma cena

Primeiras fotos: Séc XIX

Princípios físicos: conhecidos há séculos

- Aristóteles
- Al-Haitham
- Giambattista della Porta
- Leonardo da Vinci
- ...

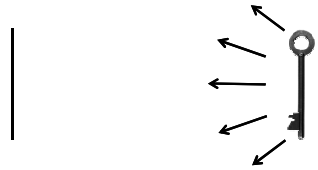
UNICAMP

UNICAMP

Princípios básicos

Registro pictórico de uma cena

Como Registrar uma imagem?



UNICAMP

UNICAMP

Princípios básicos

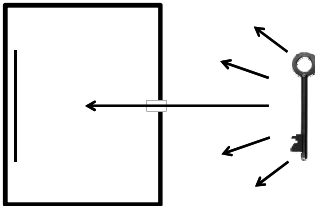
Registro pictórico de uma cena
Se o sensor receber toda a luz...



UNICAMP

Princípios básicos

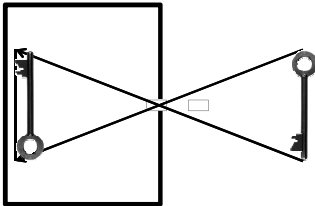
Registro pictórico de uma cena
Se isolarmos o sensor e abriremos um orifício...



UNICAMP

Princípios básicos

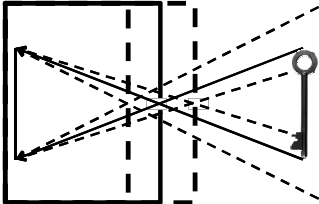
Registro pictórico de uma cena
Princípio da Câmera Escura



UNICAMP

Princípios básicos

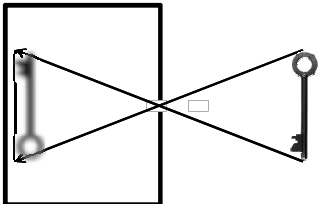
Se modificar a distância entre o sensor e o orifício...
Modificamos como a cena é registrada



The diagram shows a camera obscura setup with a rectangular box on the left representing the sensor and a vertical line on the right representing the aperture. Two dashed lines represent light rays from a scene on the right, crossing at the aperture and projecting onto the sensor. A second set of dashed lines shows the same scene but with the sensor moved closer to the aperture, resulting in a larger, more distorted projection.

Princípios básicos

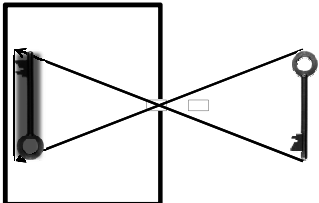
Problemas com a abertura na câmara escura
Se muito grande... imagem desfocada



The diagram shows a camera obscura with a large rectangular aperture. Light rays from a scene on the right pass through the aperture and project onto a sensor on the left. Because the aperture is large, light rays from a single point in the scene pass through different parts of the aperture and project onto different points on the sensor, causing the image to be out of focus.

Princípios básicos

Problemas com a abertura na câmara escura
Se muito pequena... imagem muito escura



The diagram shows a camera obscura with a very small circular aperture. Light rays from a scene on the right pass through the small opening and project onto a sensor on the left. Because the aperture is so small, very little light enters the camera, resulting in a very dark image.

Princípios básicos

Registro pictórico de uma cena
 Usar lente focaliza a luz.
 E uma fenda (diafragma) controla a quantidade de luz incidente

Distância Focal (f)

Distância (em milímetros) entre o ponto nodal e o plano focal

22mm 8mm >> 18mm >> 50mm >> 100mm >> 500mm

Duas características são definidas pela distância focal:
 Ângulo de Visão (AOV)
 Proporção dos objetos

Distância Focal

Ângulo de visão (α)
 Mede a extensão angular da cena capturada.
 Medida geralmente na diagonal do sensor

Focal length (mm)	Angle of View (degrees)
8mm	188°
15mm	139°
21mm	92°
28mm	75°
35mm	63°
50mm	47°
85mm	21°
135mm	18°
200mm	12°
400mm	6°

Fonte: masochismtango.com

Abertura (N)

Determina a abertura do diafragma (d).

Fórmula:

$$N = \frac{f}{d}$$

Valor inversamente proporcional

Abertura (N)

Distância focal e abertura:
Juntas, definem a profundidade de campo

Effect of subject distance on depth of field

Subject Distance	19	30	30	48	55	60
f/8	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark
f/11	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark
f/16	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark

(aperture or sensor values are simulated)

Effect of focal length on depth of field

Subject Distance	10	20	20	40	50	60
35mm lens, f/5.6	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark
80mm lens, f/5.6	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark
300mm lens, f/5.6	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark

(depth of field values are simulated)

Tempo (t)

Define, em segundos, a duração da abertura do diafragma

Quanto mais tempo, mais luz

Quanto menos tempo, menos luz

Problema: *motion blur*

Abertura e Tempo: trabalho conjunto

Grandes aberturas > menor tempo

Pequenas aberturas > maior tempo

Resumo

Câmera e olho: mesmo princípio de funcionamento...

mas resultados diferentes

Fonte: DRVISÃO.COM.BR

Fotografia x Visão

Limites da tecnologia:

- Câmeras fotográficas: 8 EVs (CR 1:256)
- Filmadoras: 8EVs (CR 1:256)
- Mídia Impressa: 6 EVs (CR 1:64)

Fonte: BLOCH, 2012

IMAGENS HDR APLICADAS À ILUMINAÇÃO

Imagem: Cor e Armazenamento

Me. Dennis Flores de Souza
Dr. Paulo Sergio Scarazzato

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC

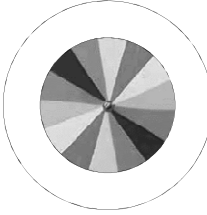
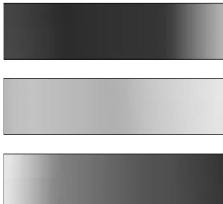


Imagem: Cor e Armazenamento
A Cor





O Que é Cor

Percepção da luz: Sensibilidade a uma porção do espectro



Ondas curtas: tons azulados
Ondas médias: tons esverdeados
Ondas longas: tons avermelhados



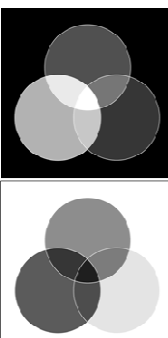


Sistemas de Cores

Sistemas aditivos
Cor-luz
Preto = Ausência de cor
Branco = Soma das cores

Sistemas passivos
Cor-pigmento
Branco = ausência de cor
Preto = Soma das cores

Atualmente: cinco sistemas principais




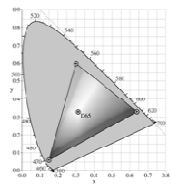
RGB

Sistema aditivo
Tricromático:
Vermelho (R), Verde (G), e Azul (B)

Sistema baseado na fisiologia do olho
Cores primárias: picos de estímulos dos cones.

Sistema limitado
Triângulo cromático menor que as possibilidades de mistura.

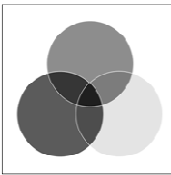
Uso mais comum
Imagens digitais e displays

CMYK

Sistema subtrativo
Quadricromático:
Ciano (C), Magenta (M), Amarelo (Y)
e Preto (K)

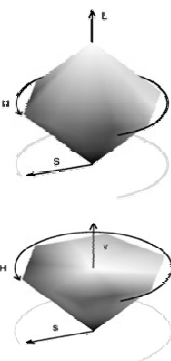
Uso mais comum:
Dispositivos de impressão.



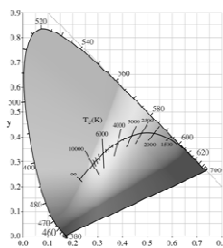
HSL/HSV

Sistemas aditivos de cor
Converte sistema RGB em:
Matiz (H) – cor
Saturação (S) – força
Luminosidade (L) ou Valor (V) – brilho

Sistema simplificado
Simplifica cálculos, mas distante da percepção humana



CIE



Sistema utilizado para fins de colorimetria

Especifica:

- CCT - temperatura de cor correlata
- CRI – índice de reprodução de cor
- Tolerância
- Entre outros

YUV

Formato desenvolvido para a transição entre imagens preto e branco e coloridas

- Canal Y: Luminosidade da cena
- Canais UV: Crominâncias da cena

Uso do formato (e suas ramificações)

Sinais de vídeo (NTSC – PAL – SECAM)

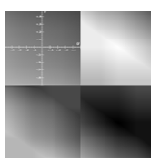
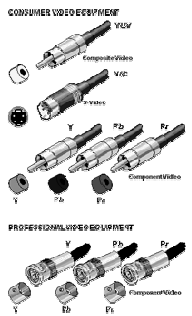






Imagem: Cor e Armazenamento

Armazenamento

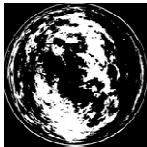
Armazenamento

Toda luz e cor registrada (ou produzida) precisa ser armazenada
Armazenamento digital = bits (b) e Bytes (B)

Bit
Sistema binário: 0 ou 1



Uso individual: Limitado
Informações maiores: agrupar bits

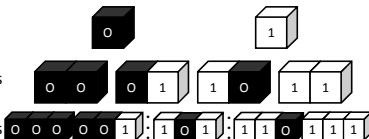


Armazenamento

1 Bit = 2 dados

2 Bits = 4 dados

3 Bits = 8 dados



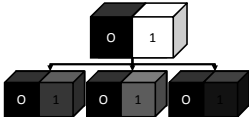
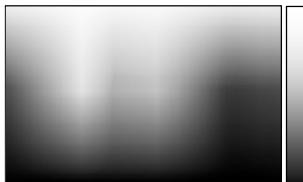
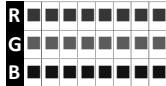
Bits (Bytes)	Dados	Bits (Bytes)	Dados
4b	16	24b (3B)	16,8 Milhões
5b	32	32b (4B)	4,3 Bilhões
6b	64	48b (6B)	$2,81 \cdot 10^{14}$
7b	128	64b (8B)	$1,84 \cdot 10^{19}$
8b (1 Byte)	256	96b (12B)	$7,92 \cdot 10^{28}$
12b	4096	128b (16B)	$3,40 \cdot 10^{38}$
16b (2B)	65536	256b (32B)	$1,16 \cdot 10^{37}$

N Bits = 2^N dados


Armazenamento

Bits e Cores:
Dados divididos por canais

Imagens LDR:
Sistema de cor: RGB
Profundidade: 24 bits
16,8 Milhões de Cores
Brilho: $24/3 = 8$ bits
256 tons por canal

Formatos



JPEG (.jpg/fjpg/.wdp/.hdp/.jxr)

Primeiro formato de compressão lossy (com perdas)

Busca popularizar o uso da HDR em um arquivo menor.

Problemas:

Diversas implementações diferentes:

- ERI-JPEG (Extended Range Imaging): Kodak, em 2002
- FPIPEG (Floating Point): Helmut Dersch, em 2003
- JPEG-HDR: Greg Ward e Maryann Simmons, em 2004 (Dolby) ←
- Windows JPEG-XR/HD Photo: Microsoft, em 2006 ←

Ainda não popularizou

Fontes: Arquivo, (BLOCH, 2007)	Canais	Bits por Pixel	Alcance Dinâmico			Tamanho em MB		
			EV	1:...	Cor por EV**	Full HD	10MP	32MP Panorama
Imagens LDR*	RGB (+Alpha)	24	8	256	2000000	6	26,2	88,9
PFM	RGB	96	253	1,40E+76	4,70E+21	23,8	115	366,3
TIFF PPFM	RGB (+...)	96	253	1,40E+76	4,70E+21	13,2	104,1	140,2
Radiance HDR	RGBE	32	253	1,40E+76	16000000	6,2	24,5	87,8
TIFF .ogLuv 24	L+Index /Lu'v'	24	16	65536	1000000	5	22,2	58,8
TIFF .ogLuv 32	L+Index /Lu'v'	32	126	8,50E+37	33000000	-	-	-
OpenEXR	RGB (+...)	48	32	4,30E+09	1000000000	6,4	18,7	59,6
IPEG- HDR	variável	variável	30	1,10E+09	variável	0,5	1,8	4,8

* Relação Geral de imagens LDR (BMP, JPEG, PNG, ...)

** Escala utilizada por (BLOCH, 2007) para estabelecer uma relação entre Bits por Pixel e EV.

IMAGENS HDR APLICADAS À ILUMINAÇÃO

HDR: Como gerar

Me. Dennis Flores de Souza
Dr. Paulo Sergio Scarazzato

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC



HDR: Como gerar
Princípios Básicos

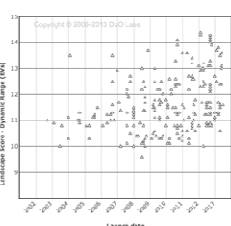
Como gerar?

- Salvar a partir de simulação computacional
 - Programas específicos para iluminação
 - Programas de computação gráfica
- Usar equipamentos dedicados
 - Câmeras HDR
- Compilar a partir de imagens LDR
 - Solução mais usual

Como gerar?

Novos equipamentos fotográficos

- DR cada vez maior
- Câmeras com função HDR
- Arquivo salvo: LDR.



Como gerar?

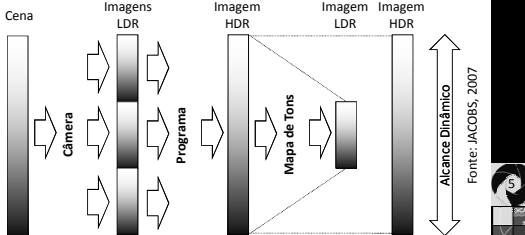
Novas tecnologias de captura
 Ultrapassam o DR do olho humano.
 Equipamentos disponíveis – Alto custo



Fonte: SPHERON-USA.COM

Como gerar?

Técnica de compilação de imagens HDR



Fonte: JACOBS, 2007

Processo

Captura das Imagens

Recomendado  Mínimo 

Equipamentos auxiliares

Altamente Recomendado  Opcional 

Processo
Configurações - SLR



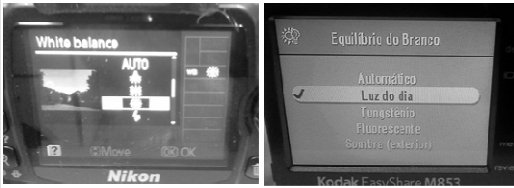
The image shows the back of a Nikon SLR camera. The LCD screen displays various camera settings: aperture (f/5.9), shutter speed (1/15), ISO (100), and other indicators. The Nikon logo is visible at the bottom of the camera body.

Processo
Configurações - Compacta



The image shows the back of a Kodak EasyShare M853 compact camera. The LCD screen displays a grid overlay, likely for framing or focus. The Kodak logo and model name are visible at the bottom of the camera.

Processo
Configurações – Passo a passo



The image shows two side-by-side LCD screens from a Kodak EasyShare M853 camera. The left screen displays the 'White balance' menu with 'AUTO' selected. The right screen displays the 'Equilíbrio do Branco' (White Balance) menu with options: 'Automático', 'Luz do dia', 'Tungstênio', 'Fluorescente', and 'Sombra (E-Meter)'. The Kodak logo and model name are visible at the bottom of the screens.

Processo
Configurações – Passo a passo



5

Processo
Configurações – Passo a passo



5

Processo
Configurações – Passo a passo




5

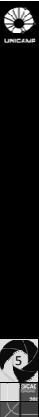

Processo

Captura em câmeras SLR:
Abertura da Objetiva (f-stops)

Cena




Camera:
F16



Processo

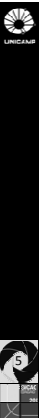

Captura em câmeras SLR:
Tempo de exposição (fator de multiplicação/divisão 2)

Cena



Camera:
1/2s


Melhor opção.



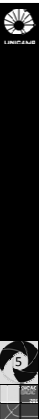

Processo

Captura em câmeras compactas:
Compensação de exposição (EV)

Cena






Camera:
-2EV



Atenção

Problemas mais comuns ao gerar uma imagem HDR:



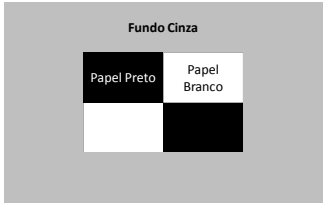
- Alinhamento
- Movimento (fantasmas)
- Halos
- Excesso de luz (*lens flare*)
- Poeira na lente
- ...



Calibração

Duas etapas:

Obtenção da Curva de Resposta
Calibração Qualitativa



Calibração

Duas etapas:

Comparação com o luminômetro
Calibração Qualitativa



Calibração

Importância desta etapa: as imagens geradas pelas câmeras não são lineares

Curva de resposta: lineariza e permite sobrepor as imagens

Cada câmera tem uma curva de resposta diferente

Resultado

Nikon D60, 1EV entre fotos, ajuste manual de Tempo de Exposição.

Fonte: Arquivo

Resultado

Kodak M853, 1EV entre fotos, ajuste manual de Compensação de Exposição

Fonte: Arquivo

Programas

Diversos programas disponíveis... **Gratuitos**

... e mais

Programas

Fontes: Arquivo, (BLOCH, 2007)

	Picturenaut	Photo Sphere	webHDR
Plataforma			online
Preço	Gratuito	Gratuito	Gratuito
Gera curva de resposta?	Sim*	Sim	Sim
Alinhamento das Imagens	Translação <input checked="" type="checkbox"/>	Translação + Rotação <input checked="" type="checkbox"/>	Translação <input checked="" type="checkbox"/>
Remoção de fantasmas		Auto <input checked="" type="checkbox"/>	Auto <input checked="" type="checkbox"/>
Facilidade de uso	■■■	■■□	■□□

IMAGENS HDR APLICADAS À ILUMINAÇÃO

HDR: O que fazer com isso?

Me. Dennis Flores de Souza
Dr. Paulo Sergio Scarazzato

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC

The 5th Wave By Rick Tomant

Jesus - that's impressive! Let's see that saturation shadows option again.

The 5th Wave By Rick Tomant

You should see the HDR photo of this area. It's like we're standing right there.

HDR: O que fazer com isso?
Opções de uso

Opções de uso

Diversas possibilidades

- Tonemapping*
- Edição de imagens
- Análise das imagens
 - Pontual
 - Gráfica
 - Combinada com outras técnicas
 - Percepção humana
- Panorâmicas
 - Uso em programas (*Image-Based Lighting*)

Tonemapping operators (TMO)

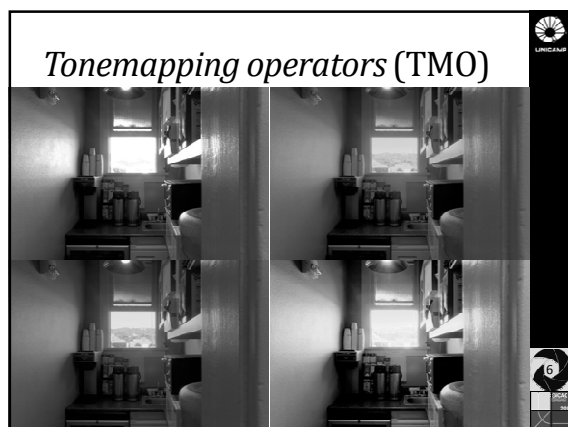
Uso de curvas de operação para conversão de HDRs em LDRs

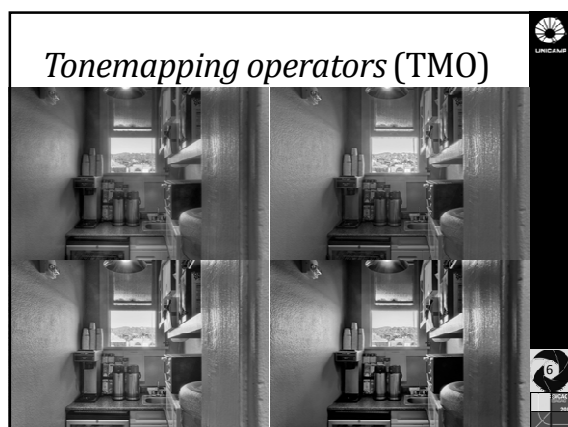
Exibição de imagens em meios de baixo alcance dinâmico

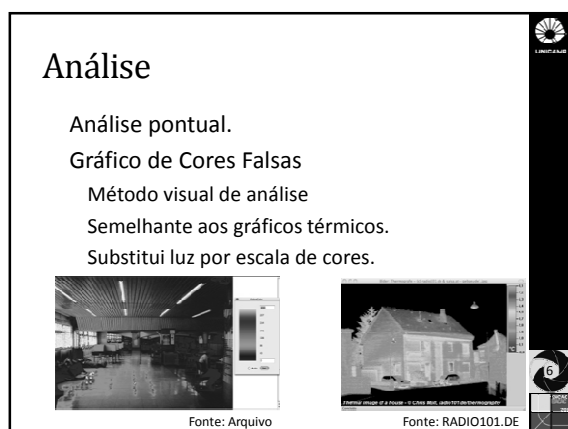
- Material impresso
- Displays (monitores e projetores)

Compreensão da percepção visual humana

- Qual TMO aparenta ser mais natural?







Análise

Extras: câmeras SLR + lentes olho-de-peixe

Análise

Extras: câmeras SLR + lentes olho-de-peixe

Análise de ofuscamentos com o auxílio de gráficos de campo visual

Análise

Extras: câmeras SLR + lentes olho-de-peixe

Análise da distribuição da luz no céu.

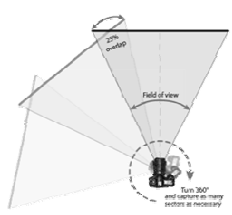
Index	LS-110	HDR	CIE 06	Df LS	Df HDR
1	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
2	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
3	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
4	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
5	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
6	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
7	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
8	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
9	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
10	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
11	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
12	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
13	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
14	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
15	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
16	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
17	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
18	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
19	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

Fotos e panoramas

HDRs podem ser geradas de cenas simples... ou de panorâmicas.

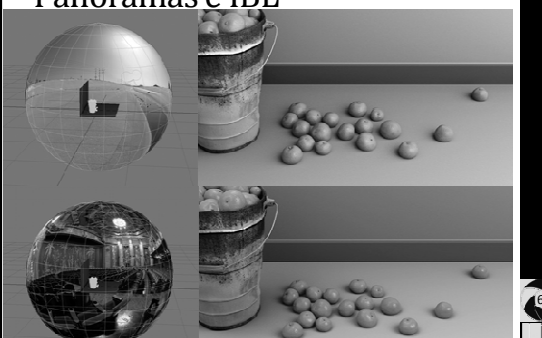
Utilidade das fotos panorâmicas:
 Possibilidade de imersão
 Visibilidade de toda a cena

Vários modos de obter



Modos de panorama	Equipamentos dedicados (one-shot)	Esfera espelhada	Captura segmentada		Olho de peixe (abóbada celeste)
			Grande-angular	Olho de peixe	
Equipamentos necessários (exceto câmera)	SpheroCam HDR Panoscan MK-3 HDR-Cam Civetta	Esfera espelhada 2 tripés	Tripé Panohead	Tripé Panohead	Tripé
Custo em dólares (exceto câmera)	US\$ 40.000 a US\$ 60.000	US\$ 100 a US\$ 200	US\$ 200 a US\$ 800	US\$ 400 a US\$ 1.200	US\$ 400 a US\$ 800
Nº de HDRs para composição	1	2 a 3	>12	2 a 8	1
Qualidade do panorama	■■■■	■□□	■■■■■	■■■	■■□
Facilidade de uso	■■■■■	■■□	■□□	■■□	■■■
AOV	■□□ Falta o nadir	■■■	■□□ Panoramas parciais	■■■■	■□□ Apenas 1 hemisfério
Resolução	Variável	Similar à câmera	Infinita	1x a 3x câmera	Câmera/2
Tempo de execução	Médio (5 a 10 min)	Alto (10 a 15 min)	Muito alto (15 a 30 min)	Médio (5 a 10 min)	Baixo (2 min)
Tempo de edição	nenhum	Médio (30 min)	Muito alto (3 a 6 h)	Médio a Alto (1 a 2 h)	Baixo (5 min)

Panoramas e IBL



Futuro

- Popularização das imagens HDR
- Equipamentos acessíveis
- Novos formatos mais leves
- Desenvolvimento dos displays HDR