

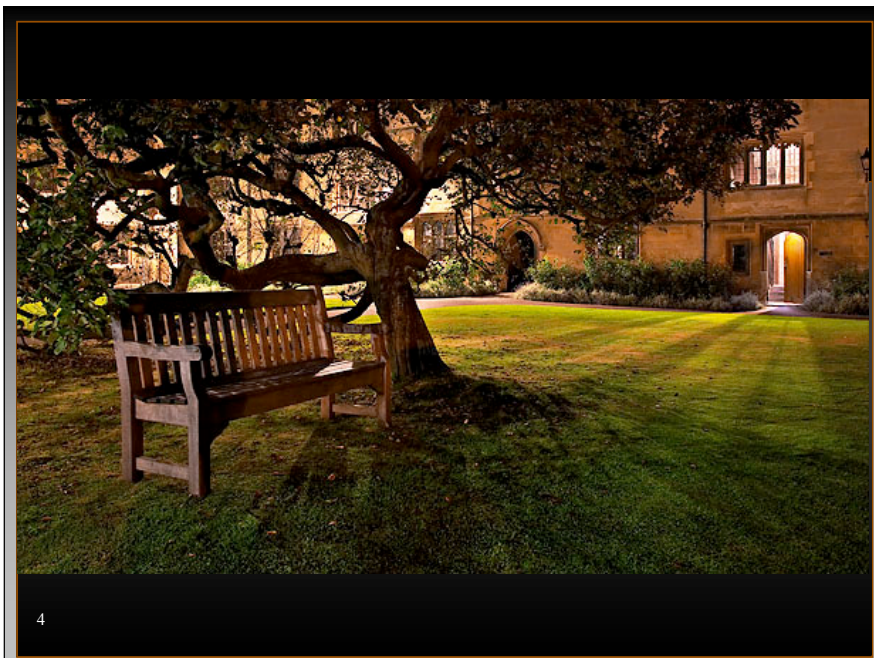
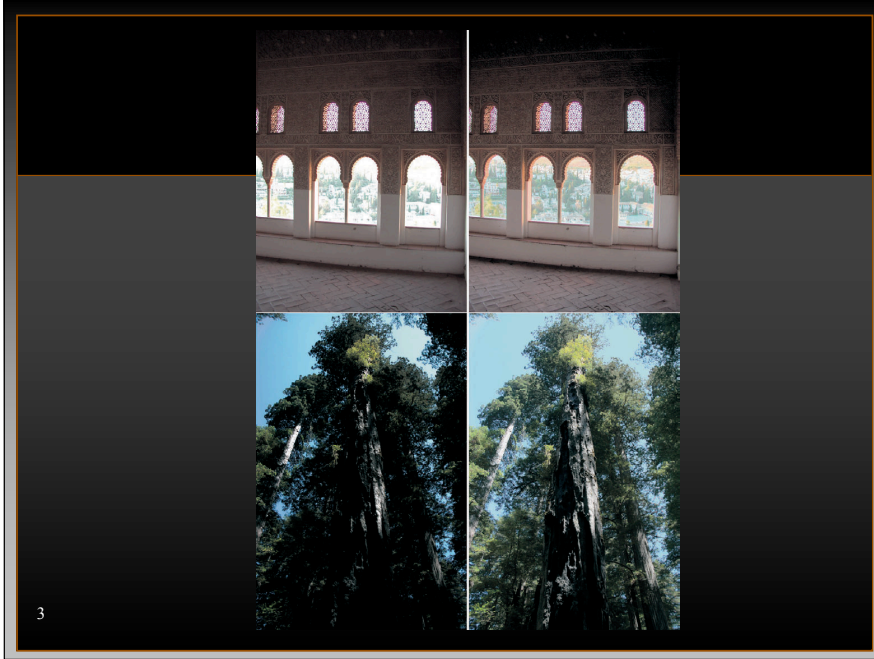
High Dynamic Range Imaging

Marcelo Walter
UFPE

atualização maio/2009

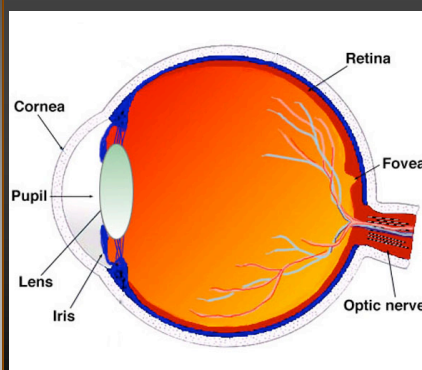


2





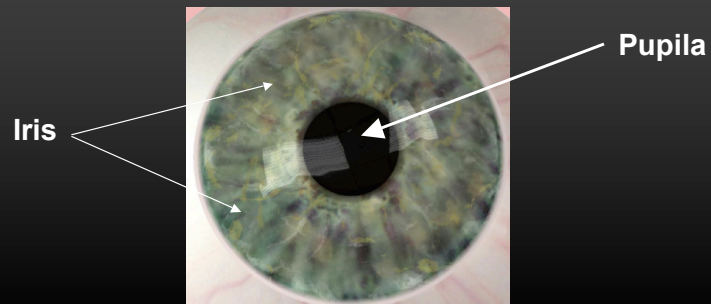
Fisiologia do Olho Humano



- Retina: parte sensível à luz (200° de cobertura)
- Íris: regula a quantidade de luz que entra no olho
- Lente permite foco

Funcionamento do Sistema Visual

- Luz penetra no olho e atinge a retina
- Pupila controla a quantidade de energia que entra no olho



7

Tamanho da Pupila

Luz Fraca



Pupila dilata
Mais luz entra no olho

Luz Brilhante



Pupila contrai
Menos luz entra no olho

8

Funcionamento do Sistema Visual

- **Retina contém células foto-sensíveis**
 - Envia sinais elétricos para o cérebro
- **2 tipos de células**
 - Rods (Bastonetes)
 - Cones

9

Sistema Visual Humano

- **Processo adaptativo permite perceber intensidades de luz muito pequenas ativando os bastonetes**
- **Para intensidades muito grandes os cones são ativados**
- **Não instantâneo, adaptação ao escuro leva minutos e ao claro segundos**

10

Células na Retina

- **RODS**

- 120 milhões
- Não detectam cor (intensidade de luz)
- Muito sensíveis
- Maior concentração na periferia da retina

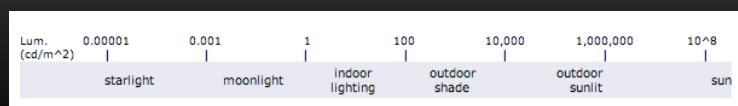
- **CONES**

- Responsáveis pela visão colorida
- 6 a 7 milhões
- 3 tipos com receptores químicos
- Comprimentos de onda grandes (**vermelho**), médios (**verde**) e curtos (**azul**)
- Cones azuis MENOS receptivos do que os outros dois

11

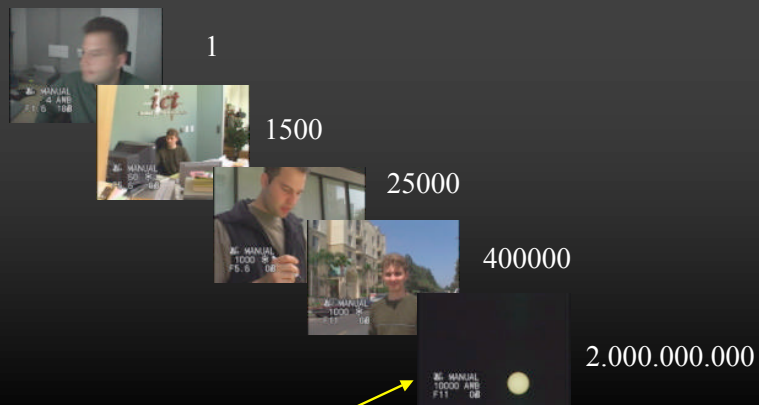
Intervalo Dinâmico

- Razão entre a parte mais clara e mais escura de imagens
- Monitor CRT convencional 600:1
- LCD 500:1
- **Olho Humano 10.000:1!!**



12

Intervalo Dinâmico em cenas reais



13

Apesar de não parecer é uma foto direta do sol

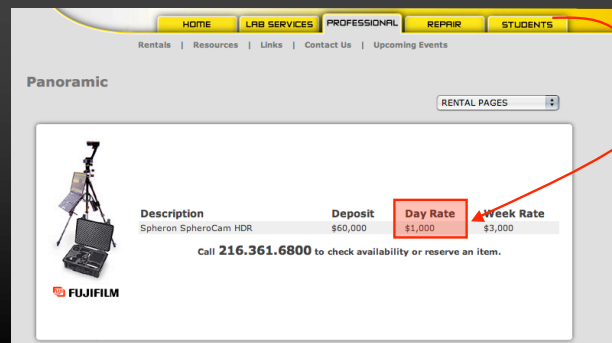
Sumário

- Geração de imagens HDR
- Visualização de imagens HDR
- HDR, GPUs e Games
- Pesquisa em HDR

14

Geração de Imagens em HDR

1. Máquinas sofisticadas (e caras...)



HOME LAB SERVICES PROFESSIONAL REPAIR STUDENTS

Rentals | Resources | Links | Contact Us | Upcoming Events

Panoramic

RENTAL PAGES

| Description | Deposit | Day Rate | Week Rate |
|-----------------------|----------|----------|-----------|
| Spheron SpheroCam HDR | \$60,000 | \$1,000 | \$3,000 |

Call 216.361.6800 to check availability or reserve an item.

FUJIFILM

15

<http://www.doddcamera.com/panoramiccameras.html>

SpheroCam HDR Camera

- 32bits por canal de cor!!
- Captura 360x180 graus da cena
- Tripé giratório
- Usa uma lente olho de peixe padrão da Nikon (Nikkor AF-D 16/2.8 fisheye lens)
- Resolução 5300x10600 pixels



16

<http://www.spheron.com/en/intruvision/solutions/spheroCam-hdr.html>

Exemplo

câmera

Imagem final



17

Exemplo



18

<http://www.809cgi.com/>

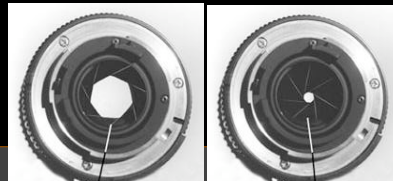
2. HDR a partir de várias LDR

- Obtém uma imagem HDR a partir de várias imagens LDR com **diferentes exposições**
- Maneiras de obter as diferentes exposições
 - Abertura da lente
 - Velocidade do obturador

Debevec and Malik. Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs. SIGGRAPH 97

19

Abertura da lente



- **Intervalos**
 - Canon D30: f/2.8 to f/22
 - Sony VX2000: f/1.6 to f/11
- Números f padrão (f-number)
 - 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22
- Exposição é proporcional ao inverso do quadrado do f-number:
 - f/22 é 1/64 da luz de f/2.8 (6 stops)

20

Velocidade do Obturador

- **Intervalos**

- Canon D30: 30s até 1/4000s
- Sony VX2000: 1/4s até 1/10.000s



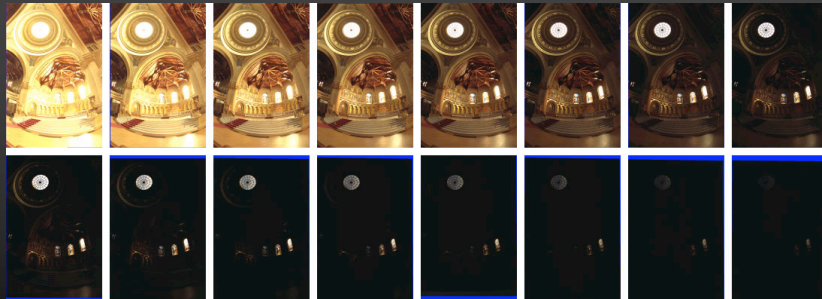
21



Eleven grayscale photographs of an indoor scene acquired with a Kodak DCS460 digital camera, with shutter speeds progressing in 1-stop increments from 1/30 of a second to 30 seconds.

22

HDR a partir de várias LDR

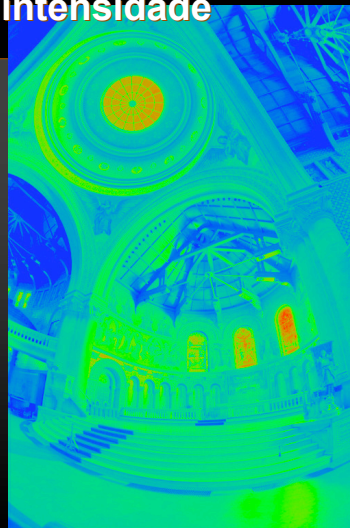


Sixteen photographs of a church taken at 1-stop increments from 30 sec to 1/1000 sec.
The sun is directly behind the rightmost stained glass window, making it especially bright.
The blue borders seen in some of the image margins are induced by the image registration process.

23

A maior intensidade é **24000 vezes**
maior do que a menor intensidade

| W/sr/m ² |
|---------------------|
| 121.741 |
| 28.869 |
| 6.846 |
| 1.623 |
| 0.384 |
| 0.091 |
| 0.021 |
| 0.005 |



24

Outro exemplo



25

3. Algoritmos de Iluminação Global em CG

- **Cálculos em ponto flutuante**
 - Photon Mapping
 - Path Tracing
 - Etc....

26

Codificando a imagem

Como armazenar em 4 bytes, cores com variação por canal de 2^{16} ?

$$E = \lceil \log_2 (\max (R_W, G_W, B_W)) + 128 \rceil$$

$$R_M = \left\lfloor \frac{256 R_W}{2^{E-128}} \right\rfloor$$

$$G_M = \left\lfloor \frac{256 G_W}{2^{E-128}} \right\rfloor$$

$$B_M = \left\lfloor \frac{256 B_W}{2^{E-128}} \right\rfloor$$

$$R_W = \frac{R_M + 0.5}{256} 2^{E-128}$$

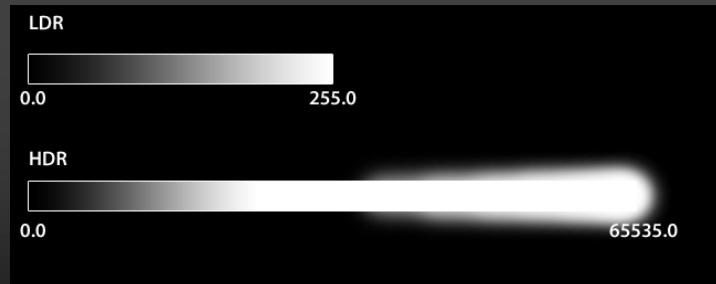
$$G_W = \frac{G_M + 0.5}{256} 2^{E-128}$$

$$B_W = \frac{B_M + 0.5}{256} 2^{E-128}$$



27

Considera máximo de $65535 = 2^{16}$



28

Exemplo

$$\begin{aligned}R_W &= 350 \\G_W &= 100 \\B_W &= 525\end{aligned}$$

$$E = \lceil \log_2 (\max (R_W, G_W, B_W)) + 128 \rceil$$

$$R_M = \left\lfloor \frac{256 R_W}{2^{E-128}} \right\rfloor$$

$$G_M = \left\lfloor \frac{256 G_W}{2^{E-128}} \right\rfloor$$

$$B_M = \left\lfloor \frac{256 B_W}{2^{E-128}} \right\rfloor$$

$$\max(R_W, G_W, B_W) = 525$$

$$\log_2 525 = 10$$

$$E = 10 + 128 = 138$$

$$R_M = \frac{256 * 350}{2^{10}} = 87$$

$$G_M = \frac{256 * 100}{2^{10}} = 25$$

$$B_M = \frac{256 * 525}{2^{10}} = 131$$

Estes 4
valores são
armazenados
em 32 bits

29

Visualização de imagens HDR

- Monitores com HDR



Brightside Technologies

30

<http://www.dolby.com/promo/hdr/technology.html>

Características

- LED backlight
- Over 3000 cd/m2 brightness
- 0.015 cd/m2 black level
- Contrast ratio > 200.000:1 ?????
- Resolução 1920 x 1080

31

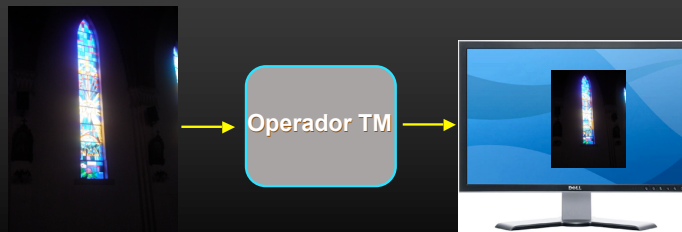
E em monitores comuns?

- **Compatibilizar o intervalo dinâmico da imagem ao intervalo disponível num dispositivo de exibição**
- **Vantagens**
 - Obter uma boa correspondência de percepção entre as imagens do mundo-real e as sintetizadas
 - Reprodução de detalhes
 - Reproduzir o maior contraste possível
 - Melhorar a aparência final das imagens

32

Tone Mapping

- **Técnica de Computação Gráfica utilizada para aproximar a aparência de imagens HDR em dispositivos limitados**



33

Imagem HDR

Operadores de Tone Mapping

- **Algoritmos que tentam transmitir as mesmas sensações percebidas por um observador no mundo real**
- **Baseados em técnicas fotográficas**
- **Comprimem o intervalo de luminância, reduzindo drasticamente o contraste da imagem**

34

Classificações

- **Fundamentos Teóricos**
 - Baseados em percepção
 - Processamento de Imagens “puro”
- **Função de Mapeamento**
 - Global – a mesma para todos os pixels
 - Local – adaptativa
- **Processamento Temporal**
 - Leva em conta a acomodação natural do olho
 - Estático
 - Dinâmico

35

Soluções Globais

- **Baseados em percepção**
 - Tumblin and Rushmeier (1993,1999)
Brightness matching
 - Ward (1994), Ferwerda et al. (1996)
Contrast matching (a linear function is used)
 - Ward et al. (1997)
Adjusting image histogram to avoid exceeding display contrast in respect to the real-world scene

36

Comparações

Mapeamento Linear

Ferwerda et al.

Tumblin (1999)

Ward et al.



Algoritmos Locais

- Fattal et al. (02), atenuação da magnitude de gradientes
- Reinhard et al. (02), técnica fotográfica chamada “Zone System”
- Durand e Dorsey (02), filtro bilateral para decompor a imagem em duas camadas
- Ashikhmim (02), método de três passos onde os detalhes são reintroduzidos no passo final

Comparação Global x Local

Global Ward



39

Ashikhmin



Reinhard et al.



Comparação Global x Local

Global Ward



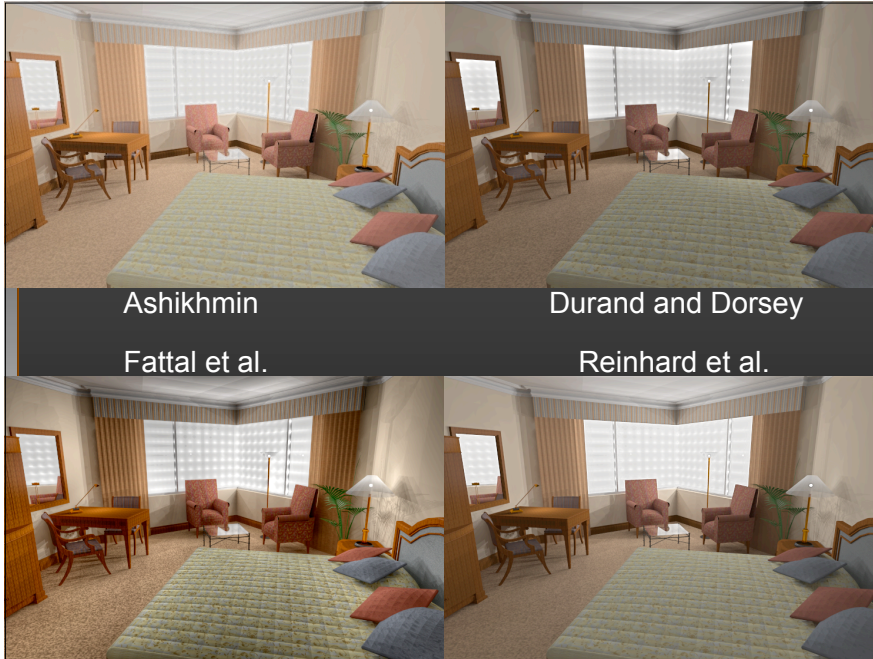
40

Durand and Dorsey



Fattal et al.





Operadores Dependentes do Tempo

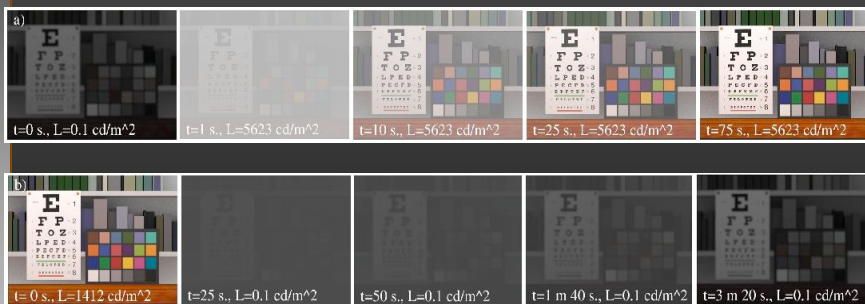
- **Transmite a sensação de adaptação em função do tempo do HVS**
- **Parte da observação que adaptação ao claro é rápida e ao escuro lenta**
 - Ao claro, a maior parte da adaptação ocorre nos 2 primeiros segundos
 - Ao escuro, quanto maior a diferença mais tempo é necessário para a adaptação ser completada

Operadores Dependentes do Tempo

- **Ferwerda et al. (96)**
 - modelo perceptual que considera mudanças em limiares de visibilidade e sensibilidade temporal
- **Pattanaik et al. (00)**
 - método automático para reproduzir a adaptação em função do tempo com base em um modelo matemático da visão
- **Durand e Dorsey (00)**
 - método interativo simula a adaptação cromática e não apenas acromática
- **Ledda et al. (04)**
 - modelo local baseado em filtros bilaterais e dados fisiológicos

43

Operadores Dependentes de Tempo



Adaptação em função do tempo, Ferwerda (96)

Dependência do Tempo

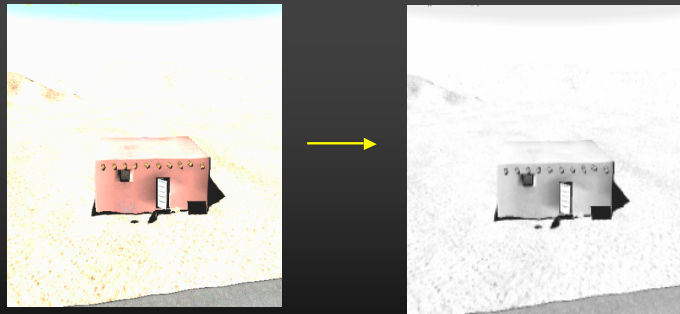


HDR e GPUs

- Em princípio, qualquer GPU que suporte Shader Model 2.0
- Todo cálculo em fp
- Tone Mapping no final

$$I(x, y)_{final} = \frac{\alpha}{I(x, y)_{avg}} I(x, y)$$

Tone Mapping em Hardware



1. Converte para intensidade

$$I = 0.27R + 0.67G + 0.06B$$

47

Tone Mapping em Hardware



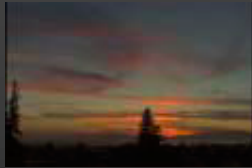
2. Encontra intensidade média

48

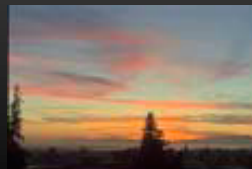
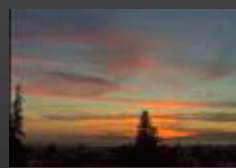
Efeito do α

$\alpha = 0.18$, cinza médio dos monitores comuns

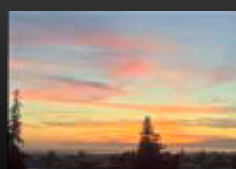
$\alpha=0.09$



$\alpha=0.18$



$\alpha=0.36$



$\alpha=0.72$

49

Outra alternativa

- A fórmula anterior desconsidera que cenas de CG tem normalmente algumas poucas áreas com HDR

$$I(x, y)_{final} = \frac{I(x, y)}{t + I(x, y)}$$

Normalmente $t=1$

50

Outra alternativa

- Valores altos ficam modificados proporcionalmente a $1/I$ enquanto que valores baixos não modificam muito

$$I_{final} = \frac{0.06}{3.4} = 0.0176$$
$$I_{final} = \frac{3.4}{3.4} = 1$$

linear

$$I_{final} = \frac{0.06}{1 + 0.06} = 0.05$$
$$I_{final} = \frac{3.4}{1 + 3.4} = 0.77$$

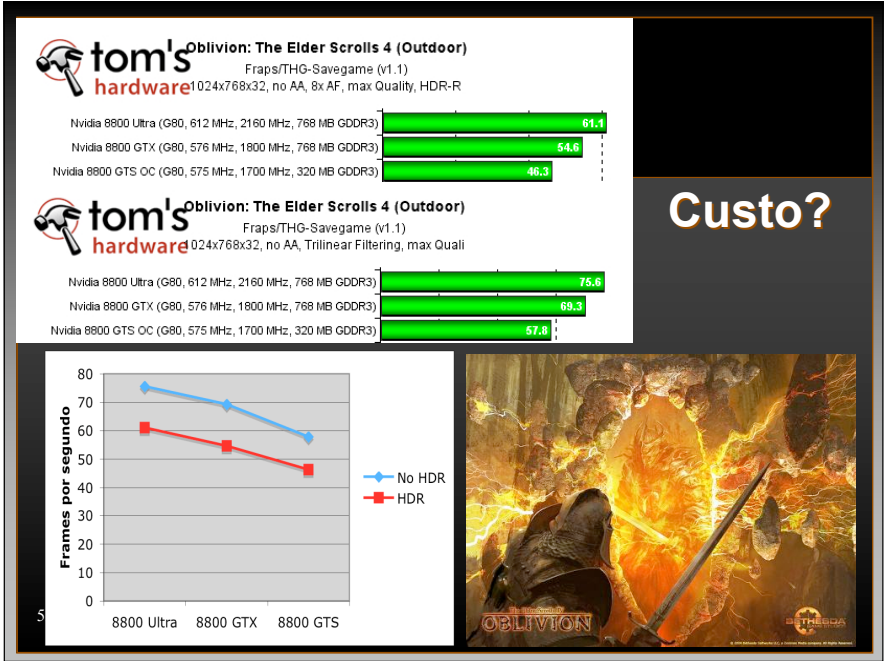
operador

51

HDR, GPUs e Games



52





Operadores em GPU

- Schell et al. (00), representaram imagens com HDR utilizando duas texturas em *hardware*
- Goodnight et al. (03a), modelo de Fattal em GPU, porém não interativo
- Goodnight et al. (03b), incluiu dependência de tempo no modelo de Reinhard executando interativamente
- Artusi et al. (03), framework híbrido entre CPU e GPU para acelerar a execução

Hot Topic! 4 papers Siggraph 2007

- *Veiling Glare in High-Dynamic-Range Imaging*
Eino-Ville Talvala, Andrew Adams, Mark Horowitz, Marc Levoy (Stanford University)

Veiling Glare in High Dynamic Range Photography

Paper ID: 0201

57

Hot Topic!



- *Do HDR Displays Support LDR Content? A Psychophysical Evaluation*
Ahmet Oğuz Akyüz (University of Central Florida), Erik Reinhard (University of Bristol), Roland Fleming, Berhard E. Riecke, Heinrich H. Bühlhoff (Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik)
- 1) HDR displays outperform LDR ones
 - 2) Surprisingly, HDR images that are tone-mapped for display on standard monitors are often no better than the best single LDR exposure from a bracketed sequence
 - 3) Most importantly of all, **LDR data does not necessarily require sophisticated treatment to produce a compelling HDR experience.** Simply boosting the range of an LDR image linearly to fit the HDR display can equal or even surpass the appearance of a true HDR image.

58

Hot Topic!



- *Ldr2Hdr: On-the-Fly Reverse Tone Mapping of Legacy Video and Photographs.* Allan G. Rempel, Matthew Trentacoste (The University of British Columbia), Helge Seetzen (The University of British Columbia and BrightSide Technologies), H. David Young, Wolfgang Heidrich, Lorne Whitehead (University of British Columbia), Greg Ward (BrightSide Technologies)

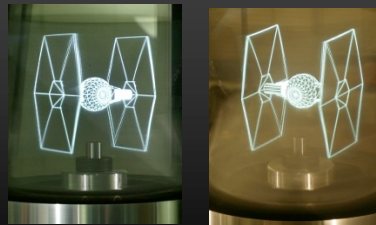
**Resolve o problema econômico
de exibir o enorme conteúdo LDR nos
novos dispositivos HDR**

59

Hot Topic!



- *Rendering for an Interactive 360-Degree Light Field Display.* Andrew Jones (USC Institute for Creative Technologies), Ian McDowall (Fakespace Labs), Hideshi Yamada (Sony Corporation) Mark Bolas (USC School of Cinematic Arts), Paul Debevec (USC Institute for Creative Technologies)



60

Vídeo

61

Hot Topic

Modeling Human Color Perception under Extended Luminance Levels. Min H. Kim, Tim Weyrich, Jan Kautz. University College London (accepted SIGGRAPH 2009)



Referência



63