

3

Trabalhando com imagens digitais

Neste capítulo, é apresentada a importância da utilização de imagens digitais em aplicações de computação gráfica. Se o objetivo destas aplicações for criar uma cena realista, essas imagens devem possuir informações corretas sobre a radiância da cena, conforme está descrito nas seções a seguir. A seção 3.1 apresenta o conceito de imagem LDR e o motivo pelo qual tais imagens não são eficazes nas aplicações que requerem realismo. A seção 3.2 apresenta o conceito de imagem HDR e os seus benefícios para as aplicações gráficas. Esta última seção é subdividida nas seções 3.2.1, a qual descreve como é possível gerar uma imagem HDR, e 3.2.2, a qual realiza uma comparação entre os formatos HDR e LDR de imagens.

3.1.

Imagens LDR

As imagens digitais, mais precisamente as fotografias digitais, vêm se tornando componentes cada vez mais importantes em aplicações de computação gráfica.

Infelizmente, a maioria dessas imagens digitais não é capaz de representar os valores corretos da radiância¹⁴ relativa da cena real. Normalmente, estas imagens são geradas a partir de dispositivos que realizam um mapeamento não-linear responsável por determinar como a radiância da cena real é convertida em valores de pixels nas imagens digitais.

As câmeras digitais, por exemplo, utilizam sensores CCD¹⁵ para gerar uma imagem da cena real. Neste processo, a radiância da cena que atinge o CCD é

¹⁴ Por definição, radiância corresponde à quantidade de energia eletromagnética (luz) que deixa uma superfície em determinado ponto (The Free Dictionary 2003).

¹⁵ Sensores CCD (*Charge-Coupled Device*) são sensores sensíveis à luz responsáveis por converter a luz capturada na cena real em cargas elétricas no dispositivo (HSW International, Inc. 2008).

proporcionalmente convertida em cargas elétricas armazenadas em células do sensor. Um mapeamento não-linear é aplicado a estas células do CCD para converter valores de carga elétrica em valores de pixel na imagem digital gerada.

Esse mapeamento não-linear faz com que as imagens geradas possuam um domínio de valores de pixel bastante limitado, sendo denominadas imagens LDR ou LDRI (*Low Dynamic Range Images*). Como exemplos de formatos de imagem LDR, podem ser citados: JPG, BMP e TIF.

Logo, devido às transformações não-lineares aplicadas sobre essas imagens, é praticamente impossível registrar através de uma fotografia digital comum os valores corretos da radiância de uma cena; principalmente se esta cena possuir grandes diferenças de quantidade de luz.

Outro ponto negativo proveniente da aplicação das transformações não-lineares nos dispositivos é o mapeamento de valores dos pixels para o ponto de saturação da imagem. Este ponto corresponde a um valor definido como sendo o valor máximo possível para a radiância representada na imagem. Assim, todos os pixels que possuem um valor de radiância maior que este valor máximo definido são mapeados para o valor do ponto de saturação.

Portanto, devido às suas características, pode-se afirmar que as imagens LDR não são eficazes em aplicações de computação gráfica, já que estas aplicações exigem um grande grau de realismo da cena virtual gerada.

3.2. Imagens HDR

Conforme apresentado, as imagens LDR não são suficientes para suprir todo o realismo demandado pelas aplicações gráficas atuais.

Para se alcançar esse realismo tão desejado nas aplicações, é necessária a utilização de imagens que possuam um grande domínio de valores de pixel; estas imagens são denominadas imagens HDR ou HDRI (*High Dynamic Range Images*).

Este formato de imagem contém em seus pixels as informações sobre todo o espaço de luz possível de ser representado na cena, garantindo uma representação exata da radiância desta. Este fato é o responsável pelas principais características presentes nas imagens HDR, tais como:

- Luminosidade aprimorada;

- Cores mais realçadas e brilhantes, se comparadas às das imagens LDR;
- Detalhes visíveis em regiões com pouca e com muita incidência de luz.

3.2.1.

Gerando uma imagem HDR

Contraditoriamente, apesar das desvantagens existentes ao se trabalhar com imagens LDR, é a partir destas que as imagens HDR são geradas. Utilizando-se um conjunto de fotografias LDR com diferentes níveis de exposição, obtidas a partir de uma mesma cena, é possível produzir uma fotografia HDR desta cena.

Para isso, Debevec e Malik (1997) sugerem um algoritmo responsável por obter a resposta do filme à exposição à radiância de uma cena. Apesar de sua nomenclatura, essa resposta do filme a radiância da cena é calculada tanto em dispositivos fotoquímicos, utilizadores de filmes fotográficos, quanto em dispositivos eletrônicos, utilizadores de sensores CCD.

O algoritmo sugerido considera a exposição (X) como sendo o produto da irradiância da cena sobre o filme (E) e o tempo de exposição (Δt) conforme apresentado pela equação (1).

$$X = E \cdot \Delta t \quad (1)$$

Para dispositivos eletrônicos, a equação (1) também é válida, porém ao invés de considerar a irradiância sobre o filme, ela considera o número total de fótons que atingem o CCD, visto que, tais dispositivos, não utilizam filmes fotográficos.

A partir de um conjunto de fotografias LDR, o algoritmo é capaz de calcular os valores dos pixels (Z_{ij}) na imagem final em função dos diferentes níveis de exposição daquelas fotografias LDR, conforme a equação (2), apresentada mais detalhadamente em Debevec e Malik (1997). Os índices i e j nesta equação correspondem, respectivamente, ao pixel e ao tempo de exposição.

$$Z_{ij} = f(E_i \cdot \Delta t_j) \quad (2)$$

O cálculo dos valores de todos os pixels origina a imagem final, a qual corresponde ao mapa de radiância HDR da cena real.

A Figura 16 apresenta uma sequência de cinco imagens LDR possuindo diferentes níveis de exposição.



Figura 16 – Sequência de imagens LDR de uma mesma cena, editada a partir das imagens originalmente obtidas em Dykes (2007).

A partir deste conjunto de imagens LDR é possível obter o mapa de radiância HDR da Figura 17.



Figura 17 - Imagem HDR obtida através do conjunto de imagens LDR apresentado na figura 16 (Dykes 2007).

3.2.2. Comparando imagens LDR e HDR

Com objetivo de reforçar as características das imagens HDR citadas anteriormente e compará-las às imagens LDR, na Figura 18 são apresentadas duas imagens, uma LDR e outra HDR, representando uma mesma cena.



Figura 18 - Comparação entre a imagem LDR (acima) e a imagem HDR (abaixo) de uma mesma cena (Crane 2006).

Na figura 18, a diferença entre os dois tipos de imagem é bastante acentuada. A imagem LDR (região superior) apresenta cores fracas e pouca luminosidade, o que esconde alguns detalhes da cena. Por outro lado, a imagem HDR (região inferior) apresenta cores vivas e bastante luminosidade, sendo capaz de representar todos os detalhes da cena.

Dessa forma, através da utilização de imagens HDR é possível representar o espaço dinâmico completo da radiância da cena através da imagem digital. Com isso, detalhes da cena que estejam localizados em regiões com pouca incidência de luz, assim como detalhes em regiões com grandes quantidades de luz, são perceptíveis simultaneamente em uma mesma imagem, conforme apresentado na figura 19.

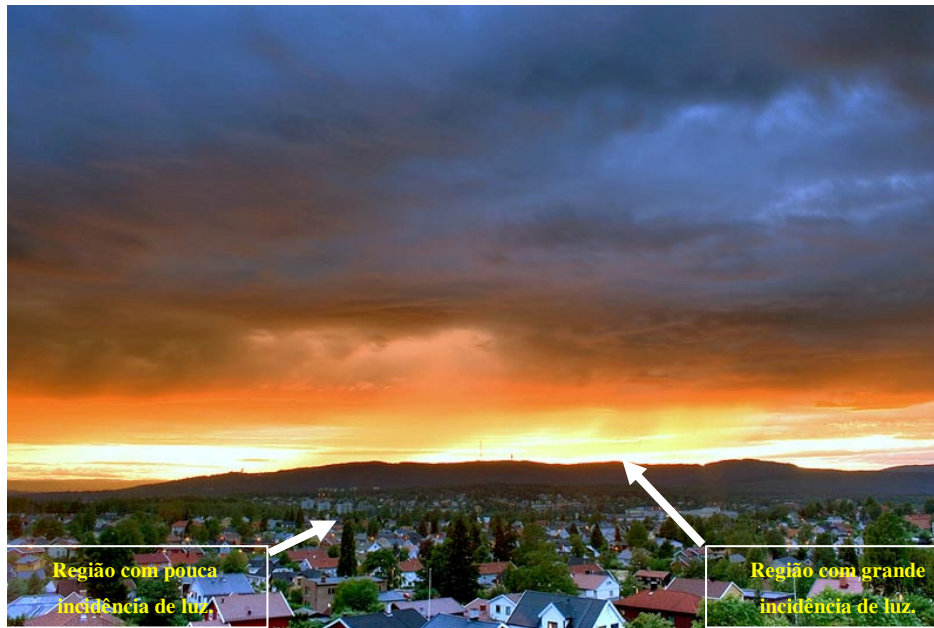


Figura 19 - Imagem HDR apresentando regiões com diferentes quantidades de incidência de luz. Esta imagem foi editada a partir da imagem original obtida em Wika (2006).

Na imagem HDR da figura 19, é possível perceber os detalhes da cena existentes tanto nas regiões com bastante incidência de luz, quanto nas regiões com pouca incidência de luz.

Por outro lado, caso esta mesma cena seja representada por uma imagem LDR, nem todos os detalhes observados na imagem anterior estarão visíveis, conforme pode ser observado através das imagens nas figuras 20 e 21.

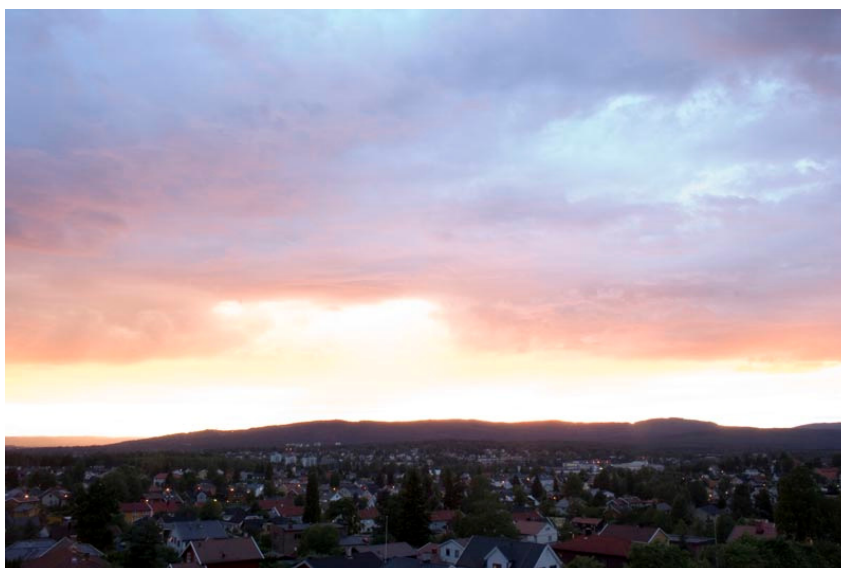


Figura 20 - Imagem LDR possuindo um alto nível de exposição (Wika 2006).

Na imagem LDR da figura 20, detalhes em regiões com muita luz incidente, como a região do céu, não aparecem; por outro lado, detalhes em regiões escuras, como a região das casas, estão perceptíveis.



Figura 21 - Imagem LDR possuindo um baixo nível de exposição (Wika 2006).

Já na imagem LDR da figura 21, os detalhes em regiões claras estão mais perceptíveis do que os detalhes em regiões escuras.

Dessa forma, através da comparação entre os formatos LDR e HDR de imagens, é possível entender como o segundo tipo é importante para as aplicações de computação gráfica atuais. Essa importância é evidente, principalmente, nas áreas de efeitos especiais para a TV e o cinema, visto que tais mídias exigem cada vez mais realismo por parte da cena produzida.