

5

Integrando objetos sintéticos à cena real

Neste capítulo são apresentados os principais pontos necessários à composição de uma cena com objetos sintéticos. Desde a iluminação dos objetos até a integração destes à cena real, nas seções deste capítulo são descritos os métodos capazes de garantir a composição da cena final produzida. A seção 5.1 apresenta a iluminação como sendo o ponto mais importante no processo de composição de imagens. A seção 5.2 descreve a importância de representar a cena através de sua radiância. A seção 5.3 apresenta como é realizada a iluminação de objetos sintéticos a partir da radiância da cena. Em seguida, a seção 5.4 exemplifica detalhadamente este processo de iluminação dos objetos sintéticos. A seção 5.5 descreve um método de subdivisão da cena utilizado no processo de composição. E por fim, a seção 5.6 detalha como a composição da cena é realizada.

5.1.

A iluminação da cena

Considerando todo o processo de composição de imagens, pode-se afirmar que a etapa mais importante é a iluminação da cena. Para que seja alcançado um resultado satisfatório em uma composição, os objetos gráficos sintéticos devem ser iluminados consistentemente com relação às demais superfícies em sua vizinhança, sejam elas virtuais ou reais. Soma-se a isto, a correta interação de luz entre aqueles objetos e essas superfícies vizinhas.

Através da utilização de algoritmos de iluminação global, é possível simular os efeitos da iluminação direta e indireta sobre os objetos, como por exemplo: projeção de sombras, reflexos, refrações e emissões de luz. No processo de composição, estes algoritmos são executados sobre um modelo geométrico da cena real; assim, nas melhor das hipóteses, se for possível obter um modelo gráfico de toda a cena, bastará adicionar os objetos a este modelo e executar o algoritmo de iluminação global para iluminar consistentemente a composição.

No entanto, nem sempre é viável criar esse modelo gráfico de toda a cena. No caso desta cena representar um grande ambiente composto por diversos detalhes, o desenvolvimento de tal modelo acabará se tornando uma tarefa bastante complicada e que demandará grande quantidade de tempo. Além disso, a execução de um algoritmo de iluminação global sobre um modelo complexo requer grande tempo e esforço computacionais.

Este esforço e tempo gastos para gerar todo o ambiente gráfico serão desnecessários já que os objetos sintéticos adicionados à cena irão interagir com apenas uma pequena porção do ambiente, as regiões próximas aos objetos. As regiões mais afastadas não sofrerão influência alguma, não sendo necessário modelá-las; basta apenas conhecer as suas radiâncias.

Conforme visto no capítulo 4, através do método proposto por Debevec e Malik (1997), é possível obter a radiância das cenas utilizando-se fotografias LDR, com diferentes níveis de exposição à luz. Essa técnica é capaz de registrar no mapa HDR gerado baixos níveis de radiância indireta, proveniente das superfícies dos objetos e altos níveis de radiância direta, proveniente das fontes de luz.

Combinando-se esses mapas de radiância HDR a técnicas de *Image-based Modeling* (McMillan e Bishop 1995; Chen 1995) e a técnicas de obtenção de geometria (Curless e Levoy 1996; Chen e Medioni 1992), é possível construir uma representação espacial da cena baseada em sua radiância. Em seguida, adicionando-se os objetos sintéticos a essa representação espacial e executando-se um algoritmo de iluminação global é possível iluminar a cena corretamente através de sua radiância.

5.2. O modelo baseado em luz da cena

A representação da cena através das informações sobre a sua radiância é denominada *Light-Based Model*, o modelo baseado em luz da cena. Neste modelo a informação representada diz respeito à quantidade de luz que provém das superfícies, em detrimento às informações sobre as características dos materiais dessas superfícies.

Diferentemente do que ocorre em um modelo baseado em imagens (*Image-Based Model*), no qual os valores dos pixels são truncados e transformados

durante o processo de aquisição das imagens, em um modelo baseado em luz os valores dos pixels correspondem a medidas reais da radiância da cena.

Quando utilizada em conjunto com soluções de iluminação global, a radiância real medida e representada através dos pixels permite adicionar novos objetos com total realismo ao modelo baseado em luz da cena, independentemente das propriedades de material destes objetos e das condições de iluminação sobre eles.

5.3. Utilizando a radiância da cena para iluminar objetos

Capturar a quantidade de luz real em uma cena é uma tarefa bastante difícil, principalmente devido ao grande espaço dinâmico de radiância que as cenas exibem.

Esse grande intervalo de valores de radiância ocorre devido à presença das fontes de luz que, normalmente, são em pequena quantidade e concentradas, se comparadas ao restante do ambiente. Isso acarreta em uma grande diferença de intensidade de luz entre as partes luminosas e as partes iluminadas da cena.

Apesar dessa diferença, é necessário registrar de maneira correta tanto as grandes regiões de luz indireta do ambiente, quanto as regiões concentradas de luz direta, proveniente das fontes de iluminação, para que a solução de iluminação possa ser aplicada eficientemente.

Conforme citado em seções anteriores, é possível adquirir a radiância da cena a partir de seu mapa de radiância HDR. Através dos valores calculados da radiância, os objetos sintéticos adicionados à cena podem ser iluminados.

A seguir é apresentado um exemplo de iluminação de objetos sintéticos utilizando a radiância de uma cena. Este exemplo é o apresentado por Debevec (1998).

5.4. Exemplo – iluminando objetos sintéticos

Nesta seção, é detalhado todo o processo de iluminação de um objeto sintético a partir da radiância da cena. Inicialmente, é apresentado um único objeto sendo iluminado pelo ambiente a sua volta; em seguida, é apresentada uma coleção de objetos iluminada pelo ambiente, exemplificando não só a interação

entre objeto sintético e ambiente real, mas também a interação entre os próprios objetos sintéticos.

5.4.1. O ambiente de iluminação HDR

Na figura 29, está representado, através de uma sonda de luz, o ambiente de iluminação HDR da cena em três níveis de exposição. Este ambiente apresenta três tipos de iluminação: natural, elétrica e indireta.



Figura 29 - Mapa de radiância onidirecional apresentado em três níveis de exposições (Debevec 1998).

De forma a ilustrar o espaço dinâmico da radiância, alguns pontos da cena, incluindo as principais fontes de luz, estão indicados por valores RGB de suas radiâncias. Observando estes valores, torna-se evidente a diferença de intensidade e cor entre a lâmpada de tungstênio, o céu na janela e os objetos iluminados indiretamente. Uma fotografia comum (*LDR*), com um pequeno espaço dinâmico de radiância, seria incapaz de registrar corretamente as cores e as intensidades de luz por toda a cena.

5.4.2. O resultado obtido

Na figura 30, um mesmo objeto é apresentado possuindo diferentes propriedades de material, sendo iluminado pelo mapa de radiância da seção anterior. Esta iluminação foi realizada sinteticamente através do algoritmo de iluminação global *Radiance*, já apresentado anteriormente.

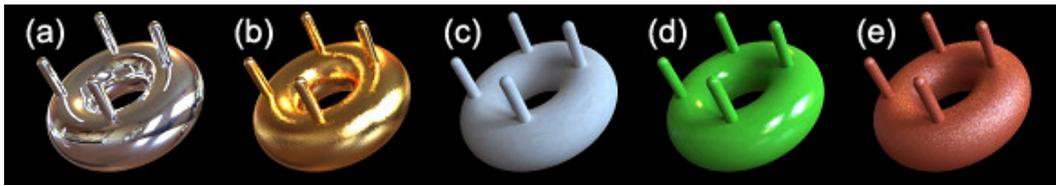


Figura 30 - Representação de um objeto sintético, com diferentes propriedades de material, iluminado pelo mapa de radiância apresentado na figura 29 (Debevec 1998).

As propriedades de material apresentadas pela figura 30, da esquerda para direita, são respectivamente: (a) perfeitamente reflexivo, (b) ouro áspero, (c) perfeitamente difuso, (d) plástico brilhante e (e) plástico fosco.

Uma vez computada a solução completa de iluminação através do *Radiance*, o objeto iluminado é capaz de apresentar sombras e reflexos em si próprio, provenientes das fontes de luz. No objeto da figura 30(c), por exemplo, as protuberâncias produzem sombras com cores ligeiramente diferentes, uma correspondendo à lâmpada de tungstênio no teto e a outra, a luz natural proveniente da janela (figura 31).



Figura 31 - Detalhe de sombras ligeiramente diferentes produzidas sobre o objeto em (c) apresentado na figura 30. Esta imagem foi editada a partir da original obtida em Debevec (1998).

Nos objetos da figura 30(d) e da figura 30(e), as cores das duas fontes de luz podem ser notadas. Na figura 30(d), devido ao seu alto coeficiente especular, os reflexos produzidos são mais concentrados do que os produzidos no objeto (e) da figura 30; devido ao seu material ser mais áspero, este último objeto espalha a luz proveniente das fontes (figura 32).

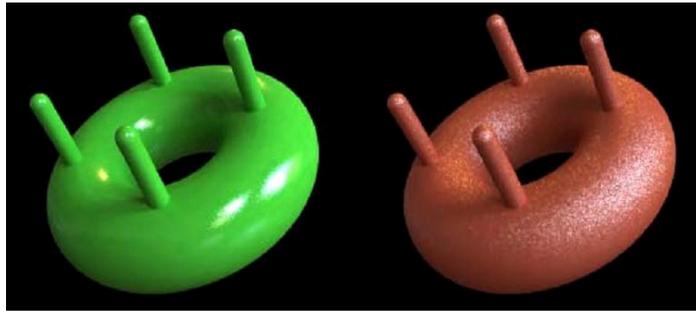


Figura 32 - Detalhe dos reflexos produzidos pelas fontes de luz sobre os objetos em (d) e em (e) apresentados na figura 30. Esta imagem foi editada a partir da original obtida em Debevec (1998).

5.4.3. Resultado obtido com uma coleção de objetos

A figura 33 apresenta uma coleção de objetos virtuais, possuindo propriedades de material distintas, iluminada por dois ambientes diferentes (apresentados no quadro superior esquerdo de cada imagem). O objetivo deste exemplo é mostrar a grande variedade de interações de luz entre os objetos e entre estes e o ambiente.

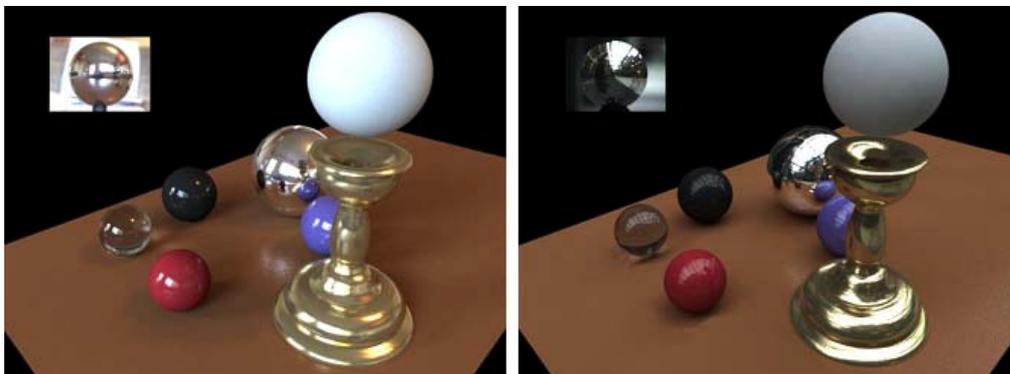


Figura 33 - Coleção de objetos virtuais iluminados por dois ambientes diferentes Debevec (1998).

A esfera espelhada sintética é capaz de apresentar reflexos tanto do ambiente, quanto dos demais objetos (figura 34).



Figura 34 - Detalhe dos reflexos gerados pelo ambiente e pelos demais objetos virtuais sobre a esfera metálica apresentada na figura 33. Estas duas imagens foram editadas a partir das originais obtidas em Debevec (1998).

Já a esfera negra, devido a sua cor e a sua especularidade, é capaz de apresentar as cores das fontes de luz (figura 35), as quais são muito brilhosas para serem observadas na esfera espelhada.

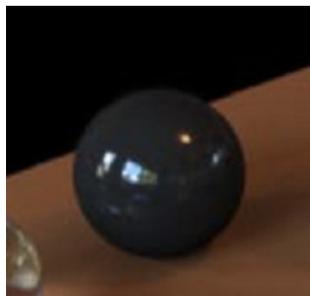


Figura 35 - Detalhe das cores das fontes de luz refletidas na esfera negra apresentada na figura 33. Esta imagem foi editada a partir da original obtida em Debevec (1998).

Assim como no exemplo no qual é considerado um único objeto, a utilização da radiância da cena para iluminar a coleção de objetos apresenta-se bastante eficiente, sendo a principal premissa no processo de integração de objetos sintéticos a cenas reais.

5.5. A subdivisão da cena

Dentre os diversos métodos disponíveis atualmente para adicionar objetos sintéticos a uma representação da cena baseada em luz (*light-based scene*), o escolhido para ser desenvolvido neste trabalho é o que consiste em particionar a cena em três regiões distintas (Debevec 1998): a cena distante, a cena local e o(s) objeto(s) virtual(ais). Essas três regiões são detalhadas a seguir.

5.5.1. A cena distante

A cena distante é considerada como a região da cena que radia luz em direção à cena local e aos objetos virtuais, ignorando a luz refletida de volta em sua direção.

De acordo com o método, a região da cena distante não é significativamente afetada pela presença de objetos adicionados à cena.

A cena distante não contém informações sobre geometrias nem materiais, sendo representada através de um modelo baseado em luz (*light-based model*), o qual contém informações corretas sobre a radiância da cena real representada. Esta característica é bastante importante em razão de os objetos receberem luz a partir deste modelo. Assim, tais objetos são iluminados com a iluminação correta da cena.

5.5.2. A cena local

A cena local é considerada a região que interage fotometricamente com os objetos sintéticos. Sobre ela, os objetos projetam sombras e refletem luz. Dessa forma, a cena local deve ser representada como um modelo baseado em material (*material-based model*), no qual as propriedades de material são levadas em consideração ao montar o modelo da cena.

Como a cena local é uma região bastante importante no cálculo da iluminação da cena, é necessário conhecer as suas características de reflectância e de geometria. Na maioria dos casos, em que a cena local é uma superfície chata sobre a qual os objetos sintéticos são dispostos, é possível determinar a sua geometria a partir da posição da câmera.

Geralmente, a cena local é a região da cena localizada próxima aos objetos sintéticos, porém nem sempre este fato é verdadeiro. Em situações específicas, estes objetos não são capazes de gerar alguma influência significativa nas regiões imediatamente a sua volta. Por exemplo, em situações em que existem fontes de luz concentradas iluminando o objeto, este é capaz de projetar uma sombra que poderá atingir uma região classificada como cena distante.

Assim, antes de classificar as regiões da cena como local ou distante, deve-se levar em consideração todo o ambiente que será representado, incluindo as

posições dos objetos sintéticos e de todas as fontes de luz disponíveis. Após esta verificação, qualquer região, cuja aparência esteja sendo influenciada significativamente pela presença dos objetos sintéticos, deve ser incluída na região da cena local; caso contrário, a região deve ser incluída na região classificada como cena distante.

Já que a cena local é um modelo que possui características de reflectância e de geometria, ela deve ser considerada no momento do cálculo da iluminação global, assim como os objetos sintéticos. Por exemplo, a cena local pode ser considerada uma parte de um chão sobre o qual os objetos irão projetar suas sombras, ou pode ser considerada como uma superfície espelhada pendurada em uma parede projetando os reflexos dos objetos. Em suma, a cena local vai ser a região que substitui a região correspondente no modelo baseado em luz da cena distante, sobre a qual os objetos sintéticos interferem.

5.5.3. Os objetos sintéticos

Assim como a cena local, os objetos que são adicionados à cena também são representados por modelos baseados em material (*material-based models*), podendo possuir qualquer formato e propriedade de material, desde que estes sejam reconhecidos pelo software de iluminação global. No caso do *Radiance*, plástico, metal, vidro, emissor e dielétrico são propriedades de material aceitáveis.

Independente da propriedade do material, o importante é que os objetos sejam dispostos adequadamente em relação à disposição da cena local para que a interação entre os dois seja possível.

5.5.4. Esquema com as subdivisões da cena

A figura 36 apresenta um esquema no qual estão detalhadas as três subdivisões da cena e as suas respectivas propriedades.

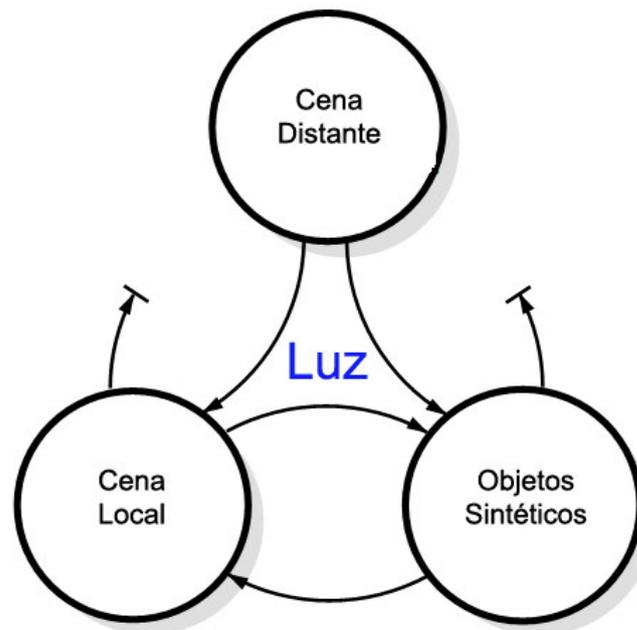


Figura 36 - Esquema representando o método utilizado para adicionar objetos virtuais à cena real. Este esquema foi editado a partir do original disponível em Debevec (1998).

Uma vez que a cena distante, a cena local e os objetos sintéticos sejam definidos, as informações sobre suas localizações na cena devem ser fornecidas ao software de iluminação global. Em seguida, este software é executado para gerar a representação da cena real composta pelos objetos sintéticos.

5.6. Compondo a cena

Conforme já foi citado anteriormente, o modelo baseado em luz da cena distante deve ser capaz de fornecer valores corretos de luz em todas as direções na vizinhança dos objetos sintéticos.

Portanto, para satisfazer a essa premissa, é necessário gerar o modelo baseado em luz a partir de um mapa de radiância HDR onidirecional (um *light probe*). Esse mapa pode ser obtido fotografando-se uma esfera espelhada localizada no ponto exato onde serão dispostos os objetos sintéticos, ou próximo a este ponto (Figura 37).

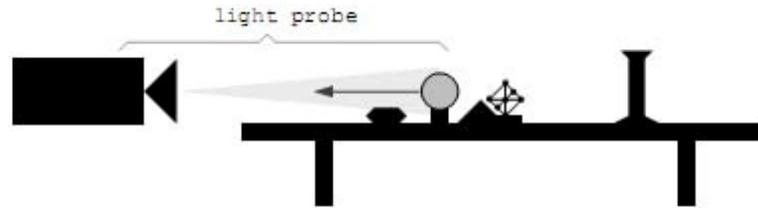


Figura 37 - Posicionamento da esfera espelhada sobre o local no qual serão dispostos os objetos sintéticos (Debevec 1998).

Em seguida, os valores da radiância observados através da esfera devem ser mapeados sobre o modelo da cena distante, a qual pode ser representada como uma grande caixa ou cúpula esférica que envolve os objetos sintéticos e a cena local. A seção 4.1 deste trabalho, a qual descreve a técnica de *Image-Based Lighting*, apresenta o ambiente como sendo uma cúpula esférica. Porém, esta representação pode ter outras formas geométricas.

O mapeamento da radiância capturada pela esfera sobre a cena distante é realizado pelo software de iluminação global ao computar a iluminação da cena. Para tanto, o software necessita que lhe sejam fornecidas informações sobre a posição da esfera relativa à câmera, o diâmetro dessa esfera e os parâmetros da câmera (sua localização na cena e sua distância focal). No caso do *Radiance*, estas informações são transferidas ao software através do arquivo de descrição da cena e do arquivo de configuração do mapeamento, ambos já descritos anteriormente na seção 4.3.

Com as informações necessárias ao mapeamento, o software é capaz de traçar raios a partir do centro da câmera em direção à representação da cena, refletindo os raios que atingem a esfera em direção ao ambiente.

No exemplo a seguir (figura 38), desenvolvido por Debevec (1998) em seu estudo, a cena corresponde a um quarto finito, assim a cena distante é representada por uma caixa. Os valores de radiância do *light probe* são mapeados sobre uma mesa e sobre as paredes e o teto desse quarto.

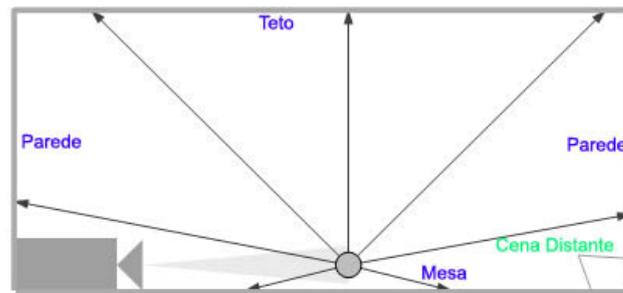


Figura 38 – Construindo um modelo baseado em luz a partir do mapeamento dos valores de radiância, captados pela sonda de luz, sobre o ambiente a sua volta (Debevec 1998).

O resultado desse mapeamento dá origem ao seguinte modelo baseado em luz (*light-based model*) da cena distante (figura 39):



Figura 39 – Mapeamento do modelo exemplificado na figura 38 sobre o interior de uma caixa, que poderia estar representando o interior de um quarto (Debevec 1998).

De posse dos modelos das cenas distante e local e dos objetos sintéticos, bastam apenas obter algumas imagens da cena, a partir do ponto de observação da câmera (figura 40), e suas posições relativas à cena, para que o software de iluminação global possa ser executado.

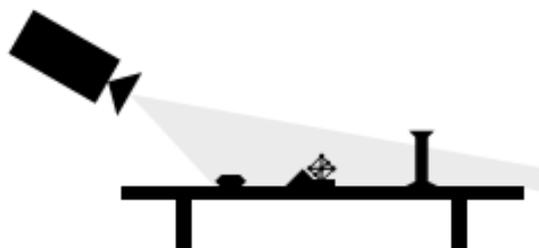


Figura 40 – Obtendo a imagem que corresponderá ao background da cena (Debevec 1998).

Essa imagem funcionará como a imagem de fundo da cena sobre a qual o software irá compor os objetos sintéticos e a cena local, já possuindo as devidas

influências geradas pelo modelo da cena distante. Esse processo de composição está explicado com maiores detalhes nas seções posteriores, através das quais é descrita a aplicação desenvolvida.