1
Introdução

Este capítulo apresenta uma introdução aos conceitos e principais assuntos relacionados à composição de imagens e aos efeitos especiais, temas centrais deste trabalho. Apresentam-se também a motivação, o objetivo e a organização desta dissertação.

1.1.
Composição de imagens e efeitos especiais

A composição de cenas do mundo real com objetos gráficos sintéticos está se tornando uma das principais aplicações da computação gráfica, principalmente no âmbito dos efeitos especiais[1] para a TV e para o cinema. Trata-se de uma técnica essencial para a simulação de cenas impossíveis de serem totalmente realizadas com atores e elementos reais, por razões técnicas, econômicas ou de segurança.

Seja um personagem animado, um pedaço do cenário, um efeito atmosférico, um ambiente natural completo; enfim, independente do tipo do objeto gráfico, a composição deste objeto à cena deve ser a mais consistente possível; caso contrário, a credibilidade da cena fica comprometida.

Com o objetivo de aumentar o realismo das cenas, foram desenvolvidas diversas técnicas de composição de imagens no decorrer dos anos (Rickitt, 2000). Como esta dissertação é motivada pelo grande impacto que efeitos especiais e composição de imagens têm sobre a indústria do entretenimento, as próximas seções apresentam uma visão histórica destas técnicas no seu mais exigente segmento que é representado pelo cinema. No mundo do cinema e da TV, a composição de imagens é denominada de processo de *compositing*.

[1] Efeitos especiais (*special effects*), também denominados de **FX** (pronuncia-se "efex"), envolvem simulações mecânicas, eletrônicas e digitais. A presente dissertação limita-se aos efeitos especiais digitais que estão na convergência de três grandes áreas: computação gráfica, processamento de imagens e visão computacional.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

1.1.1.
A composição de imagens em efeitos especiais para o cinema

Desde a sua criação, o cinema sempre teve por objetivo atrair a atenção do grande público. A busca por histórias cada vez mais fantásticas e realistas influenciou os grandes estúdios a investirem cada vez mais em: cenários, figurinos, maquiagem, iluminação e, principalmente, efeitos especiais.

Dentre os diversos tipos existentes de efeitos especiais, a composição de imagens foi um dos que mais recebeu atenção por parte dos estúdios. As produções cinematográficas, no decorrer dos anos, passaram a exigir que novos efeitos especiais fossem desenvolvidos. Com isso, novas técnicas de composição eram desenvolvidas anualmente, conforme a necessidade dos efeitos.

A seguir, são apresentadas as principais técnicas de composição de imagens utilizadas em efeitos especiais desenvolvidos para o cinema. A seção 1.1.1.1 apresenta as técnicas de efeitos utilizadas antes da era digital do cinema, incluindo os efeitos mecânicos e ópticos. Em seguida, a seção 1.1.1.2 apresenta as técnicas da era digital.

1.1.1.1.
Os primeiros efeitos especiais no cinema

Diferente do que muitos pensam, a composição de imagens aplicada em efeitos especiais não é algo novo; sendo empregada há muitos anos em diversas produções cinematográficas. (Nova Online 2000) (ILM Fan 2008).

Desde o início do século XX, os efeitos especiais beneficiam-se com técnicas de composição de imagens. Um exemplo pioneiro é a técnica, da década de 30, denominada *Glass Shot*, nas quais pinturas em lâminas de vidro substituíam cenários reais. Estas pinturas eram posicionadas em frente à câmera e, sobre elas, era projetado um filme. Além disso, marionetes articuladas também eram combinadas a estas pinturas, formando um único cenário composto pela associação: pintura em vidro, projeção e marionete.

A figura 1 apresenta uma ilustração na qual uma projeção de filme em miniatura é associada a pinturas em vidro e a uma marionete articulada.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

Figura 1 – Composição de um cenário formado por pinturas em vidro, uma projeção de filme e uma marionete articulada. Esta figura é editada a partir da original disponível em Rickitt (2000) e Deneroff (2008).

Este princípio de composição de imagens foi bastante utilizado na produção original *King Kong* (1933) (Figura 2). Este filme tornou-se um marco no cinema devido aos efeitos especiais com animação de miniaturas.

Figura 2 – Ilustração de pôster do filme *King Kong* (1933). Esta figura é adaptada da original obtida em San Diego Natural History Museum [ca. 2007].

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

A figura 3 apresenta uma das marionetes articuladas utilizada na composição de algumas cenas do filme *King Kong* (1933).

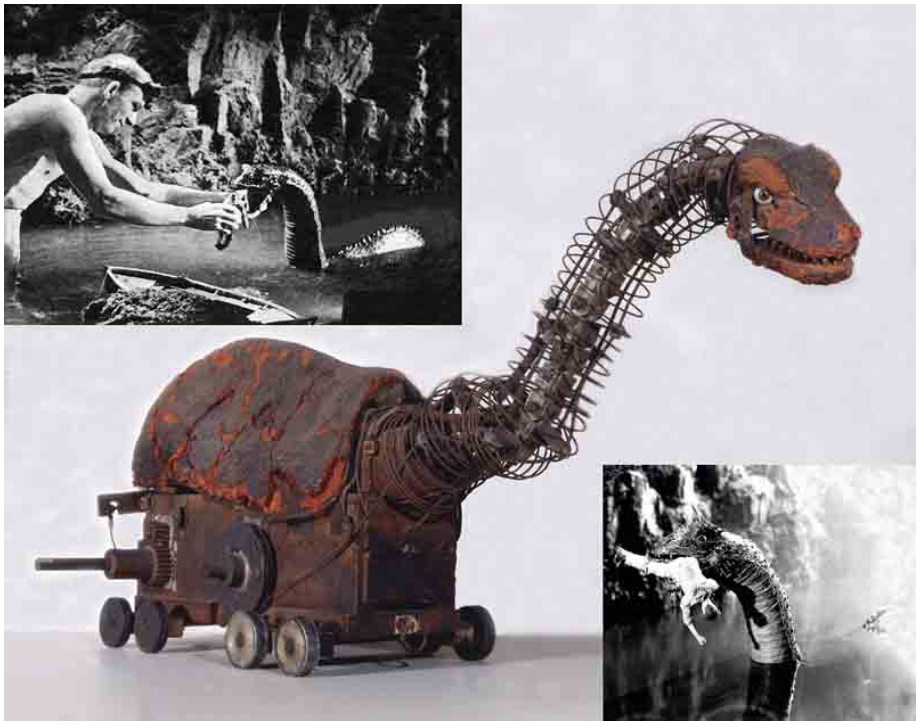


Figura 3 – Miniatura utilizada no filme *King Kong* (1993) para representar um braquiossauro (figura extraída de San Diego Natural History Museum [ca. 2007]).

Outra técnica de efeitos especiais a considerar princípios de composição de imagens foi a *Rear Projection* (ou *Back Projection*). Esta técnica, aplicada pela primeira vez em 1930, utilizava a projeção de um filme em uma tela representando a cena de fundo. Assim, posicionando-se os atores em frente a esta tela, era possível filmar a cena de forma que estes atores parecessem estar localizados no ambiente representado pelo filme projetado. A figura 4 apresenta um modelo esquemático desta técnica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

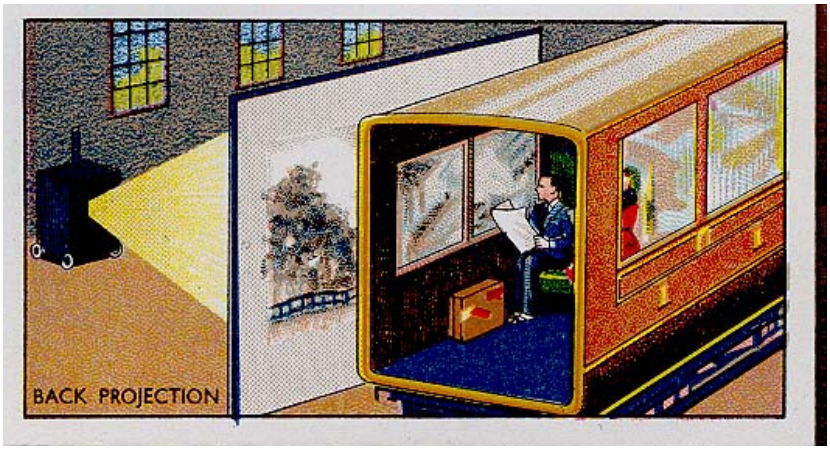


Figura 4 – Esquema representativo da técnica *Rear Projection*. Na figura, pode-se observar que atrás da janela do trem há uma projeção de filme em uma tela (figura extraída de Brockway (2007)).

Esta técnica foi utilizada com bastante eficiência na super produção *E o Vento Levou* (1939). A figura 5 apresenta uma cena que utilizou a técnica de *Rear Projection* para colocar os atores sobre uma charrete, que passa no meio de um incêndio.

Figura 5 – Cena do filme *E O Vento Levou* (1939) na qual a técnica de *Rear Projection* foi utilizada para "inserir" os atores no meio de um grande incêndio (figura extraída de Jawetz (2004)).

Com o passar do tempo, esta técnica evoluiu para a utilização de uma tela azul (ou verde) ao invés de uma projeção de filme. Em frente a esta tela filmavam-se os atores e os objetos (Figura 6). Em seguida, através de processos inicialmente ópticos e posteriormente digitais, este fundo azul era removido,

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

permitindo que atores e objetos filmados fossem isolados; para que, posteriormente, fossem compostos com elementos em uma outra cena, ou em um cenário em miniatura, por exemplo. Esta técnica é denominada *Chroma Key*, sendo empregada até a atualidade.

Figura 6 – Representação do funcionamento da técnica de *Chroma Key*, na qual os atores são filmados em frente à tela azul (figura extraída de Long Road (2007), referente ao filme *300*).

Apesar da figura 6 apresentar a utilização da técnica em uma produção recente, o filme *300* (2006); desde a década de 40, essa técnica tem sido utilizada para enriquecer produções cinematográficas. Filmes como *Os Dez Mandamentos* (1956), *E.T. – O Extraterrestre* (1982), *Star Wars – Uma Nova Esperança* (1977) e *De Volta para o Futuro* (1985) obtiveram grande sucesso e reconhecimento devido, em parte, ao excelente trabalho da equipe de efeitos especiais ao utilizar a composição de imagens através da *Chroma Key* (figura 7).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

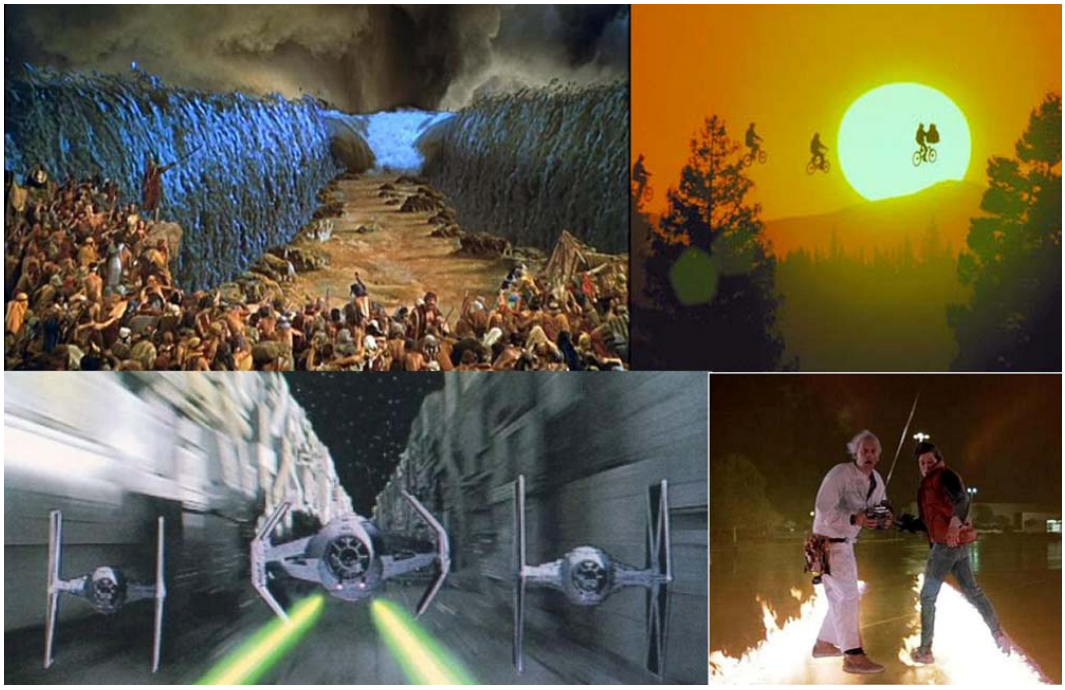


Figura 7 – Cenas nas quais foi empregada a técnica de *Chroma Key* para compor imagens. Da esquerda para a direita e de cima para baixo os filmes são os seguintes: *Os Dez Mandamentos* (Battaille, 2007), *E.T. – O Extraterrestre* (ET20 2002), *Star Wars – Uma Nova Esperança* (Vega Transports 2006) e *De Volta para o Futuro* (Poisony 2008).

Inicialmente, a cor escolhida para a tela de fundo da *Chroma Key* era exclusivamente a cor azul[2]. Esta cor foi escolhida por ser complementar[3] à cor da pele humana, o que ajudaria no processo de "recortar" a imagem do ator filmada em frente à tela azul.

Apesar da cor azul ter sido a pioneira, além de ter sido a mais utilizada, a tela de fundo pode ser de outras cores[4], dependendo do tipo de efeito que deve ser produzido e do tipo de equipamento empregado (NationMaster 2006). Com o surgimento do cinema digital, os produtores de efeitos especiais gradualmente passaram a substituir a cor azul pela cor verde (figura 8), por dois motivos principais: o verde é o canal mais forte (especialmente em vídeo) e requer menos luz (*i.e.* tem uma luminância alta).

[2] Generalizam-se os termos "*Bluescreen*" e "*Blue Box*" para as instalações em estúdios de cinema e TV dedicadas a filmagens em *Chroma Key*. "*Outdoor Blue Screen*" refere-se a paredes ou painéis externos de grandes dimensões, ao ar livre, pintados de azul ou verde. Quando estes painéis são meramente utilizados como fundo de oclusão de cenários tipo ruas e quarteirões (geralmente painéis brancos), denominam-se "*digital backlots*". Neste último caso, a pós-produção insere os elementos de fundo após a filmagem.

[3] Cores complementares são cores que ocupam posições opostas no espectro de cores.

[4] O filme "*The Matrix*" usou a cor magenta (NationMaster 2006).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

Figura 8 – *Chroma Key* utilizada a partir do surgimento do cinema digital: a tela de fundo possui a cor verde (MediaCollege [ca. 2008]).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

1.1.1.2. Os efeitos na era digital do cinema

A partir da década de 90, uma verdadeira revolução digital ocorreu nos efeitos especiais utilizados no cinema. Cada vez mais as produções passaram a utilizar imagens e modelos digitais gerados por computador. Com isso, o nível de realismo das cenas aumentou consideravelmente.

Apesar da revolução ter ocorrido na década de 90, foi a partir da década de 80 que os efeitos especiais passaram a contar com o auxílio da computação gráfica. Os filmes pioneiros foram *Tron* (1982) e *Jornada nas Estrelas II: A Ira de Khan* (1982). O primeiro notabilizou-se pelas mais longas seqüências de Computação Gráfica 3D e o segundo pelo uso de efeitos visuais usando partículas.

Para a seqüência em *Jornada nas Estrelas II: A Ira de Khan* (1982), foi desenvolvido um sistema de partículas para modelar uma parede de fogo e diversas explosões (Reeves 1983). Com isso, um planeta, cujas formas de vida apresentavam-se todas mortas, pôde ser rejuvenescido instantaneamente diante dos olhos do público (Genesis Demo Documentary 1982 e Smith 2008) (figura 9).

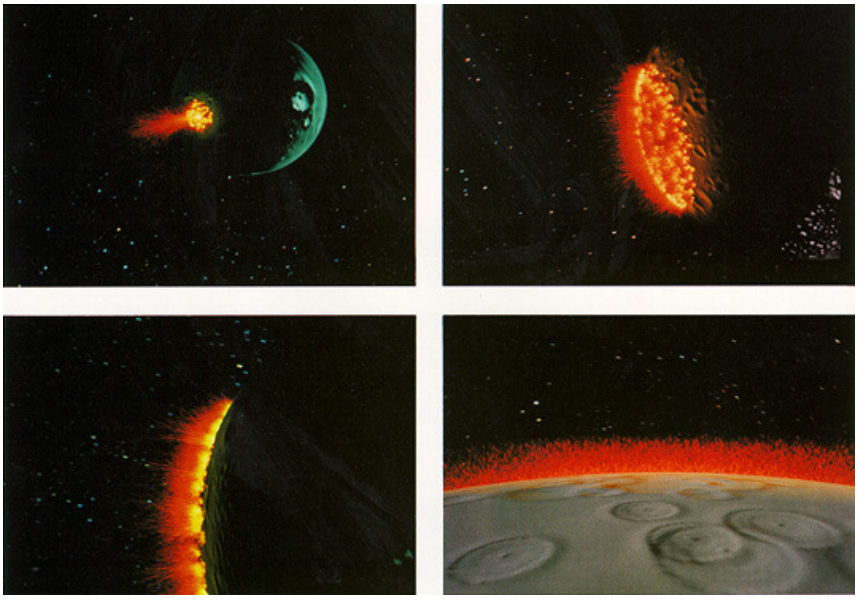


Figura 9 – Efeito gênesis criado por um sistema de partículas desenvolvido para o filme *Jornada nas Estrelas II: A Ira de Khan* (1982). Esta figura foi obtida em Johnson (2008).

Ainda na década de 80, foi criado o primeiro personagem totalmente gerado por computador para o cinema. Este personagem era um cavaleiro medieval (figura 10) que saltou de uma pintura em vidro, na produção *O Jovem Sherlock Holmes - O Enigma da Pirâmide* (1985).

Figura 10 – Seqüência do filme *O Jovem Sherlock Holmes - O Enigma da Pirâmide* (1985) na qual um cavaleiro medieval, personagem gerado por computador, salta de um vitral na janela. Esta seqüência foi editada a partir da original obtida em Hormby (2007).

A utilização de imagens geradas por computador incrementou o processo de composição de imagens, que até então era restrito ao *Chroma Key*. O emprego

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

da computação gráfica nos efeitos especiais permitiu que performances de atores filmadas separadamente pudessem ser compostas em uma única cena, além de serem compostas com objetos e cenários inteiramente digitais (NationMaster 2006).

Além disso, o uso do computador tornou possível a incorporação de movimentos de câmera às cenas compostas. Através da marcação de pontos de referência sobre a tela colorida ao fundo, o computador é capaz de utilizar estes pontos para ajustar a posição do *background* digital, de acordo com a movimentação da câmera.

Diante destas novas possibilidades de efeitos introduzidas pelo computador, em 1993 foi produzido o filme considerado um marco dos efeitos especiais digitais: *Jurassic Park* (1993). Para este filme, foram desenvolvidos modelos digitais que permitiram ao público vivenciar uma experiência inédita, na qual os atores contracenavam com dinossauros que possuíam músculos, ossos e peles próximos do real (Anderson 1998). Além disso, o excelente trabalho de composição de imagens permitiu que os atores contracenassem com os animais como se estivessem em um ambiente único e totalmente realista (figura 11).

Figura 11 – Quatro cenas do filme *Jurassic Park* nas quais foram utilizados modelos e composição digitais para integrar a atuação dos atores à animação dos dinossauros. Esta seqüência de imagens foi editada a partir das originais obtidas em: (1) - (Wright 2008); (2) - (Ellis 2008); (3) - (Wright 2008); e, (4) - (Anon., 2007).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

Após o lançamento de *Jurassic Park* e em razão do seu sucesso, os grandes estúdios passaram a investir cada vez mais no desenvolvimento de novas técnicas de composição digital. Como exemplo podem-se citar as produções: *Titanic* (1997), que contou com mais de 450 cenas de efeitos especiais, e *Star Wars – A Vingança do Sith* (2005), com mais de 2200 cenas de efeitos.

Essas produções provaram que a composição digital de imagens é um ponto cada vez mais importante ao se contar uma história cinematográfica. Em função disso, a tendência é que o número de pesquisas em novas técnicas de efeitos especiais cresça ainda mais nos próximos anos, principalmente devido às novas exigências impostas pela expansão do cinema/TV digital.

1.2. O problema de iluminação na composição de imagens

O material desta seção é diretamente extraído da dissertação de mestrado de Martins (2006) que faz parte do mesmo grupo de pesquisa do presente autor. O trabalho de Martins (2006) trata de composição em tempo real, mas apresenta uma ótima introdução ao problema de iluminação em *compositing* de uma maneira geral. O material a seguir realça os pontos importantes para o presente trabalho.

Mapeamento de reflexão (*reflection mapping*) é um método que permite representar o ambiente como uma textura a ser utilizada na renderização de objetos 3D. Este método é a base da iluminação baseada em imagens (*Image-based lighting*) que, por sua vez, é o tema central desta dissertação.

Mapeamento de reflexão pode tanto ser usado para mapas de ambiente renderizados sinteticamente[5] como para fotografias onidirecionais reais. Na linha de fotografias, esta técnica foi considerada por Williams (1983), e desenvolvida independentemente por Miller[6] e Hoffman (1984). Os trabalhos desses autores introduziram a técnica de Mapeamento de Esfera (*Sphere Mapping*), independente de o mapa ser sintético ou capturado por fotografia. O mapeamento de esfera

[5] Esta técnica foi inventada por Blinn e Newell (1976) [16].

[6] Gene Miller fotografou uma bola de árvore de natal para capturar um ambiente real externo, em uma experiência de 1982, mas que não foi relatada oficialmente na literatura (Miller, 2006).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

tornou-se a primeira técnica de mapeamento de reflexão suportada por hardware gráfico. Nesta técnica, um mapa de reflexão fotográfico pode ser gerado fotografando-se uma esfera reflexiva (espelhada) e de dimensões reduzidas colocada no ambiente real. A imagem circular oriunda da fotografia dessa esfera reflexiva é denominada de "sonda de luz" (*light probe*), porque essa imagem captura a situação de iluminação no local da esfera espelhada. Rigorosamente falando, a sonda de luz é válida apenas para uma posição fixa da câmera (embora ela represente todo o ambiente) e pode apresentar problemas de singularidade para o seu uso em diferentes direções de vista. A Figura 12 ilustra a captura de um mapa de reflexão por fotografia e a renderização de um objeto sintético.

(a) (b) (c)

Figura 12 - Experiência pioneira de Gene Miller com mapa de reflexão fotográfico: (a) ambiente real; (b) bola reflexiva sendo fotografada; (c) cachorro renderizado com o mapa de reflexão. Extraído de Miller (2006).

O uso mais simples do mapeamento de esfera (Figura 12-c) não resolve o problema geral de compor objetos sintéticos em fotografias. A questão da composição de imagens (*compositing*) é um problema computacional complexo de iluminação global com várias dificuldades, tais como:

1. Sondas de luz obtidas por câmeras normais não capturam a variação completa da iluminação incidente e, portanto, não conseguem representar o ambiente real;

2. A iluminação indireta deve considerar ambas as reflexões especular e difusa;

3. Todos os aspectos da iluminação que variam espacialmente devem ser considerados, tais como iluminação não-uniforme, inter-reflexão e auto-sombreamento;

4. Os objetos sintéticos devem jogar sombras na cena;

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

5. O objeto sintético e/ou a cena podem ser dinâmicos;

6. A aplicação pode exigir a geração de sondas de luz em tempo real (um programa de TV ao vivo, por exemplo) e/ou a renderização em tempo real (um jogo, por exemplo), o que torna impossível considerar todos os efeitos de iluminação global.

O primeiro problema mencionado pode ser solucionado pelo uso de câmeras HDR (*High Dynamic Range*) ou pela aplicação da técnica de geração de imagens HDR a partir de imagens LDR (*Low Dynamic Range*) proposta por Debevec e Malik (1997)[7]. A Figura 13 mostra uma câmera HDR de escaneamento panorâmico que gera automaticamente uma sonda de luz sem o uso de esfera reflexiva, num processo de ajustes e escaneamento um tanto lento (5 a 10 minutos, dependendo das condições ambientais). O preço deste tipo de câmera é elevado[8].

Figura 13 - Câmera HDR de escaneamento panorâmico SPHEROCAM HDR (26 F-stops, resolução até 50 megapixels - 10.600 pixels horizontal por 5.300 pixels vertical), com saída Radiance (.hdr) e OpenEXR (.exr). Imagem e informações adaptadas de Spheronvr (2008).

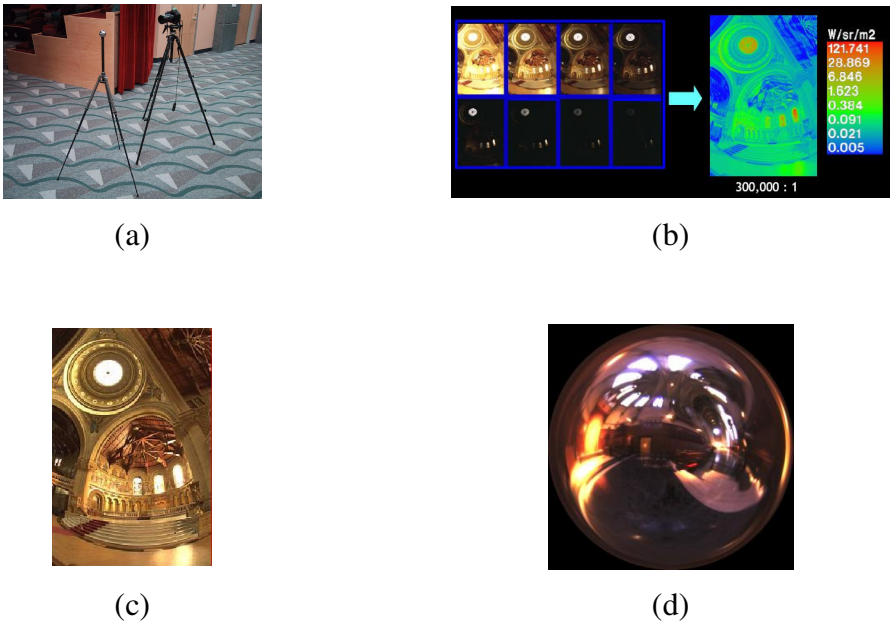
A Figura 14 ilustra a técnica proposta por Debevec e Malik (1997) para gerar sondas de luz HDR, que usa uma câmera normal e uma esfera reflexiva (o que requer um software de costura de imagens – *stitching* – para cobrir 360º). A técnica de Debevec e Malik (1997) consiste em fotografar uma mesma cena com diferentes exposições à luz, a partir das quais é gerado um mapa HDR. Uma

[7] A idéia de usar uma coleção de imagens que somente diferem em exposição não é nova. Isto foi primeiramente colocado por Charles Wyckoff em 1961 e posteriormente tratada por Steve Mann e Rosalind Picard no MIT Media Lab em 1994 (Mann e Piccard 1995).

[8] Preços de 2006: US$25000 a US$65000, dependendo do modelo e das lentes.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

galeria de sondas de luz é disponibilizada por Debevec (2004). Os formatos HDR mais comuns são o RADIANCE (.hdr) (Ward, 1992) (Ward, 1993), OPenEXR (.exr) e o Floating-Point TIFF (.tif). As sondas de luz (esféricas) são normalmente convertidas para a forma de ambiente de cubo em cruz (típica de mapas de ambientes cúbicos).



(a) (b)

(c) (d)

Figura 14 - Técnica de geração de sonda de luz de Debevec e Malik (1997). (a) câmera comum com esfera reflexiva (bolas industriais cromadas de 5 cm ou bolas ornamentais de jardim de 15-30cm, encontradas no varejo); (b) geração de mapa de radiância a partir de fotografias com aberturas diferentes da Grace Cathedral, São Francisco (c); (d) sonda de luz da Grace Cathedral, com variação dinâmica de 200000:1. Material extraído de Debevec (2001).

Debevec (1998) também propôs uma técnica excelente para a composição (*compositing*) de objetos sintéticos e estáticos em fotografias a partir de sondas de luz HDR, que considera os problemas 2 a 4 mencionados anteriormente (Figura 15). Nesta técnica, a sonda de luz HDR (*HDR light probe*) é colocada próxima à posição onde devem ficar os objetos sintéticos[9].

[9] A esfera reflexiva (ou a câmera panorâmica HDR) pode ficar em uma posição diferente da do objeto sintético, desde que o objeto não seja muito reflexivo e/ou quando não se quer a consideração de aspectos espaciais de iluminação do tipo inter-reflexão e auto-sombreamento. A rigor, entretanto, um objeto mais extenso (ou um objeto pequeno em movimento) exigiria mais de um ponto de sonda de luz – o que ainda estaria muito distante da situação ideal (e ainda sem tecnologia para realizar) para se obter o volume de irradiância (que descreveria a irradiância de todos os pontos em uma sala em todas as direções).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

(a) (b) (c)

Figura 15 - Composição de objetos sintéticos em fotografias usando sondas de luz HDR. (a) modelo geométrico do objeto sintético; (b) iluminação do objeto com fundo de floresta; (c) iluminação do objeto com fundo de museu. As sondas usadas estão indicadas no canto superior esquerdo. Material extraído de Debevec (2001).

As questões sobre ambientes dinâmicos (problema 5 previamente mencionado) envolvem combinações de objetos e cenas em movimento (*e.g.* um objeto dinâmico em uma cena estática, um objeto estático em uma cena dinâmica, ou ambos, o objeto e a cena, dinâmicos). No caso de aplicações em tempo não-real com cenas de fundo em movimento, as sondas de luz podem ser geradas a partir de câmeras comuns de vídeo LDR, com técnicas de distorção de imagem (*image warping*) (Kang et al. 2003). Normalmente, neste caso, usam-se clusters para fazer a renderização dos objetos (independente dos objetos sintéticos estarem parados ou em movimento). No caso de cenas de fundo dinâmicas em tempo real (problema 6 mencionado), há a necessidade de geração de sondas de luz HDR em tempo real (*real-time light probe*). Estas sondas de luz podem ser obtidas diretamente a partir de sensores de vídeo HDR usados em vigilância (como, por exemplo, HDRC da IMS CHIPS, D2500 da Digital Pixel System e Autobrite da SMal Camera Technologies)[10]. Uma outra solução pode ser o uso de câmeras NTSC de alta sensibilidade com uma lente *fish-eye* (*e.g.* CV-S3300 da JAI Corp., www.jai.com, com o conversor *fish-eye* FC-E8 da Nikon). Neste caso, independente dos objetos sintéticos estarem parados ou em movimento, a renderização tem sempre que ser feita em tempo real. Esta renderização pode ser

[10] Também podem ser usadas as câmeras cinematográficas de alta definição que entregam imagens cruas e sem compressão (*e.g.* Viper FilmStream da Thomson/Grass Valley ou ARRI). Entretanto, não há referência sobre isto na literatura (provavelmente devido ao custo proibitivo destas câmeras). Já o uso de sensores de vídeo HDR tem sido mencionado na literatura (Havran et al. 2005). Deve-se, entretanto, sempre verificar se o sensor tem capacidade de cor (visto que a maioria dos sensores usados em vigilância é monocromático).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

feita por clusters e/ou programação de pixel *shading* da placa gráfica. Quando um dos dois elementos (objeto sintético ou cena de fundo) é dinâmico em tempo real, tem-se a situação de **composição em tempo real**[11], que também é denominada de **Realidade Misturada Interativa** (*Interactive Mixed Reality*). A pior situação da composição em tempo real é quando ambos, o objeto e a cena, são dinâmicos em tempo real. Não há referências na literatura com soluções para esta situação, pelo menos até onde o autor conhece.

Na literatura, há alguns trabalhos de composição em tempo real para cenas dinâmicas e objetos estáticos. Atualmente, um dos melhores resultados é o de Pomi et al. (2003) que usa sondas de luz HDR em tempo real e um algoritmo de iluminação global em tempo real (*ray tracing*, no caso), porém apresenta baixas taxas de quadros por segundo (2.9 fps, para um objeto estático de 200000 triângulos, usando um cluster de renderização de 24 nós dual AMD Athlon MP 1800+). O trabalho de Havran et al. (2005) captura melhor as sondas de luz HDR em tempo-real, mas não trata diretamente do problema de composição, ficando apenas na questão de reiluminação (*relighting*)[12] de objetos estáticos sem interação com outros objetos em cena. O trabalho de Martins (2006) apresenta umA0020solução de alto desempenho (*i.e.* altas taxas de fps) para composição em tempo real, especialmente voltada para jogos digitais.

As técnicas de renderização baseadas em mapas HDR são conhecidas como **IBI - Iluminação Baseada em Imagens** (*IBL - Image-Based Lighting*) ou simplesmente **Iluminação HDR** (*HDR Lighting*). Uma receita desta técnica pode ser encontrada em Debevec (2002). É importante observar que Iluminação Baseada em Imagens trata de modelos baseados em medidas de irradiância e é conceitualmente diferente de Modelagem Baseada em Imagem (*Image-Based Modeling*). A iluminação baseada em imagens é tratada com detalhes no capítulo 4 desta dissertação.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

[11] Não se deve confundir este conceito com a "composição em tempo real" oferecida pelos sistemas de finalização e efeitos especiais (*e.g.* Avid).

[12] Reiluminação trata do uso de uma nova situação de iluminação de um objeto ou pessoa.

1.3. O presente trabalho

A idéia para este trabalho surgiu a partir do estudo publicado por Debevec (1998), no qual foi abordada uma técnica considerada, até o momento, como o estado da arte da composição de imagens usando Renderização Diferencial.

Aquele estudo motivou uma pesquisa sobre a referida técnica. Através desta pesquisa, foi desenvolvida uma aplicação cujo objetivo, inicialmente, era reproduzir os resultados descritos no estudo original.

No entanto, a principal motivação para a realização deste trabalho foi a constatação de uma falha presente na técnica proposta por Debevec (1998). Apesar desta técnica ser bastante eficiente, a ocorrência de tal falha pode comprometer a credibilidade de toda a cena.

Assim, a presente dissertação tem por objetivo apresentar uma melhoria à técnica estado-da-arte de composição de imagens usando Renderização Diferencial. Uma aplicação é desenvolvida usando imagens HDR, na qual combinar elementos virtuais e reais em uma única cena produz melhores resultados do que os obtidos pela técnica original. A melhoria proposta resume-se a adicionar mais uma imagem da cena ao conjunto de imagens utilizado pela técnica original. Vários testes são apresentados que comprovam a eficácia da melhoria proposta.

1.4. Organização da dissertação

Além deste capítulo introdutório, este trabalho está dividido em mais oito capítulos e um apêndice.

O capítulo dois apresenta algumas técnicas de composição de imagens, citando desde as técnicas iniciais desenvolvidas até as técnicas atualmente empregadas. Além disso, o capítulo apresenta a importância da utilização de objetos virtuais nos processos de composição de imagens atuais.

O capítulo três apresenta o conceito de imagem HDR e a sua importância para aplicações de computação gráfica que exigem realismo nas cenas. Além disso, neste capítulo é citada uma técnica através da qual é possível obter imagens HDR a partir de imagens comuns LDR.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA

O capítulo quatro apresenta a técnica de *Image-based Lighting*, responsável por iluminar a cena sintética através da iluminação presente na cena real.

O capítulo cinco apresenta como podem ser realizadas a iluminação da cena final e a integração entre objetos sintéticos e objetos presentes na cena real. Para isso, é utilizado um método que subdivide a cena em três regiões.

O capítulo seis apresenta a técnica motivadora deste trabalho denominada Composição por Renderização Diferencial.

O capítulo sete apresenta a melhoria realizada nesta técnica, com objetivo de corrigir uma pequena falha possível de comprometer o realismo da cena final produzida.

O capítulo oito apresenta os casos de teste realizados para exemplificar o funcionamento da aplicação desenvolvida. Todas as imagens utilizadas e produzidas durante a execução dos casos de teste estão disponíveis neste capítulo.

O capítulo nove apresenta as conclusões deste trabalho, ressaltando seus objetivos, seus benefícios e suas sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, a aplicação desenvolvida para este trabalho é apresentada em um apêndice, no qual são descritos detalhes sobre sua implementação e sua interface, além de ser apresentado um pseudocódigo contendo os passos realizados durante o funcionamento desta aplicação.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0611906/CA