5
Resultados

Este capítulo apresenta exemplos ilustrando o sistema e as técnicas descritas nos capítulos anteriores. Faremos uma análise essencialmente qualitativa dos resultados.

Com o traçado estocástico de caminhos, somos capazes de calcular todos os tipos de inter-reflexões entre as superfícies de uma cena. A figura 5.1 compara duas imagens, onde uma foi gerada levando-se em consideração apenas a iluminação direta e, a segunda, a equação completa do transporte da luz. Note que a primeira, embora seja capaz de capturar as regiões de sombra (incluindo penumbra) da estátua projetada sobre o chão e a parede, desconsidera vários caminhos importantes que se manifestam claramente na segunda imagem. Por exemplo, é incapaz de capturar as reflexões difusas da parede direita sobre a região que está completamente em sombra na estátua na primeira imagem. Essa reflexão, além de iluminar a região de sombra, é responsável pela aparência esverdeada no lado direito da estátua. O teto, que está ligeiramente acima da fonte de luz, só é iluminado pela luz que o atinge indiretamente. A figura 5.2 mostra a iluminação indireta capturada por uma superfície altamente especular.

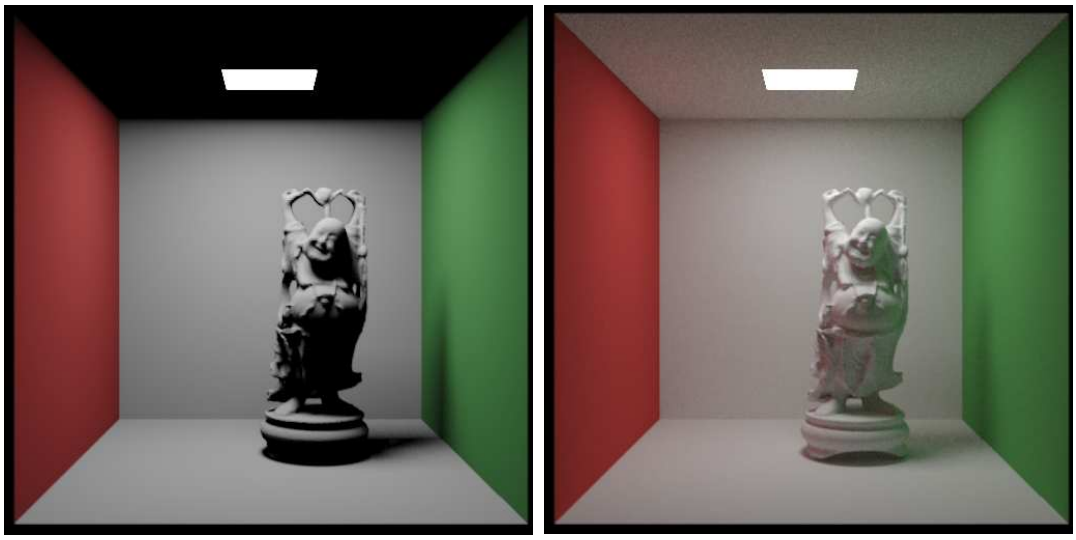
O maior problema do traçado estocástico de caminhos é a variância nos estimadores, percebida como ruído nas imagens geradas caso não seja utilizado um número suficientemente grande de caminhos. A figura 5.3 mostra o ruído sendo progressivamente reduzido em uma cena calculada com 1, 10 e 100 caminhos por pixel. Normalmente, um número tão baixo de caminhos não é suficiente para reduzirmos o ruído de uma imagem a níveis aceitáveis. A figura 5 mostra uma situação mais complicada, onde incluímos uma superfície especular, usando 4, 25, 81 e 1000 amostras por pixel. Note que o ruído só foi reduzido a níveis equivalentes ao da cena difusa anterior quando amostramos 1000 caminhos em cada pixel, correspondendo a mais de 200 milhões de caminhos em toda a cena, em aproximadamente 5 horas e meia de execução.

Por último, note que, embora as malhas utilizadas sejam relativamente complexas, as estruturas de aceleração garantem que as operações de interseção da geometria com um raio possam ser executadas com eficiência. A figura 5.5

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410853/CA

mostra uma cena onde o modelo do dragão tem quase 900 mil triângulos, embora, com 10 amostras por pixel, a imagem tenha sido gerada em apenas 3 minutos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410853/CA

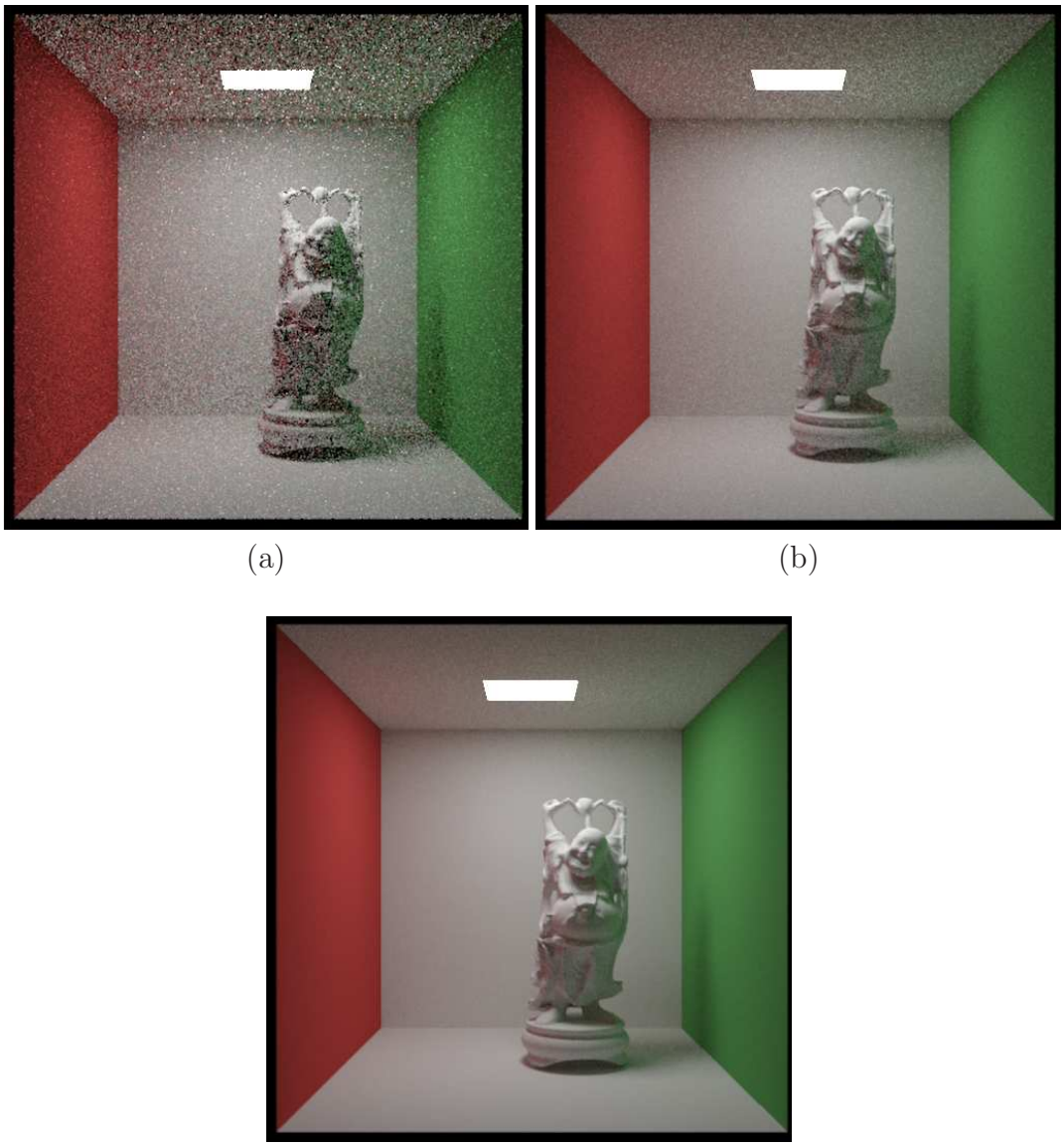


(a) (b)

Figura 5.1: A imagem (a) foi calculada levando-se em consideração somente a iluminação direta, enquanto a imagem (b) leva em consideração todas as possíveis trocas de energia luminosa entre as superfícies.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410853/CA

Figura 5.2: Iluminação indireta capturada na reflexão de uma superfície especular.

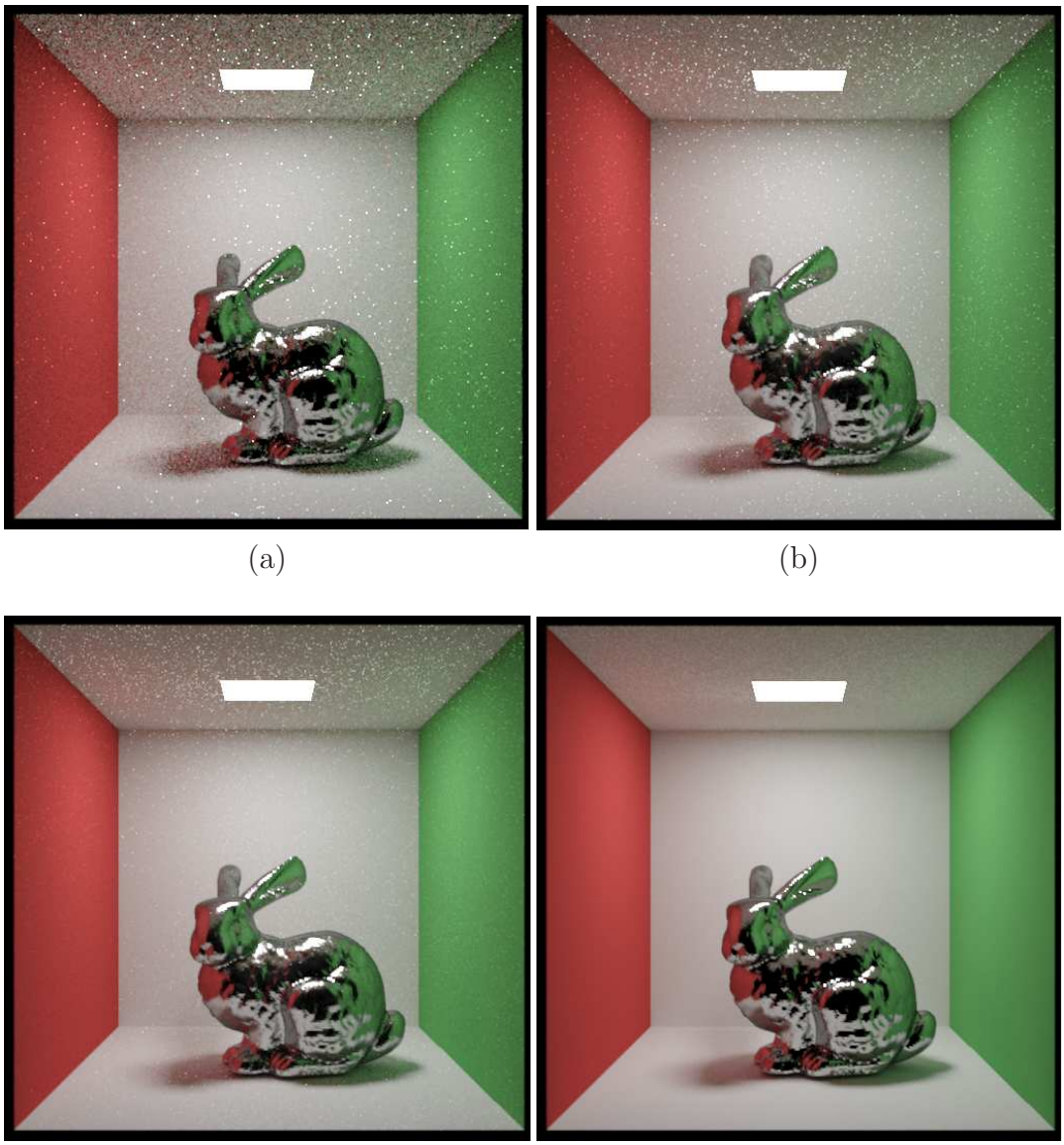


(a) (b)

(c)

Figura 5.3: O problema do algoritmo de traçado de caminhos é que se não usarmos um número suficiente de amostras por pixel, a imagem resultante apresentará muito ruído. Compare o nível de ruído entre as 3 imagens. Na imagem (a) usamos apenas 1 amostra por pixel e, na (b), o nível de ruído já foi reduzido significativamente quando aumentamos para 10 o número de amostras. Na imagem (c), praticamente eliminamos o ruído usando 100 caminhos em cada pixel.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410853/CA



(a) (b)

(c) (d)

Figura 5.4: Quando incluímos uma superfície especular na cena, o ruído torna-se mais significativo. As imagens (a), (b), (c) e (d) foram geradas com 4, 25, 81 e 1000 caminhos por pixel, respectivamente.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410853/CA

Figura 5.5: Embora a malha da estátua desse dragão tenha quase 900 mil triângulos, as estruturas de acelaração garantem a eficiência das operações de interseção e permitem que, com 10 amostras por pixel, imagens como essa sejam geradas em cerca de 3 minutos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0410853/CA