

## Uniform

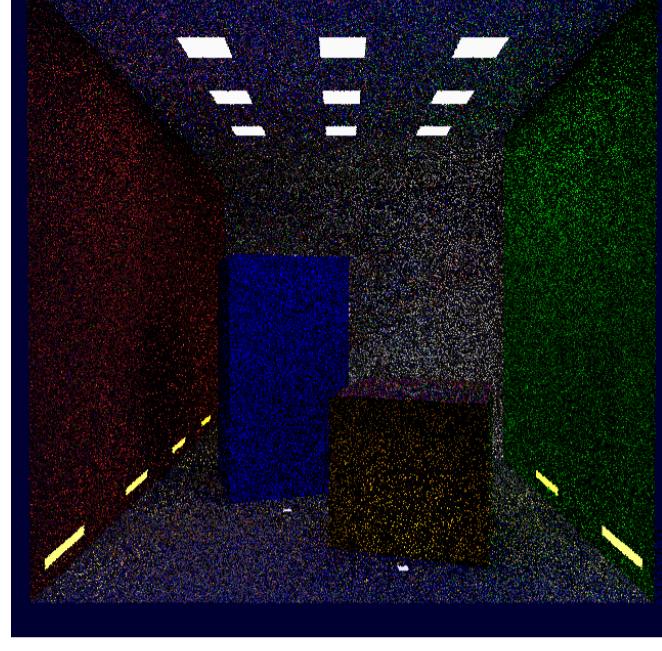
Selecionar uma luz aleatória uniformemente entre todas as luzes.

### Fórmula

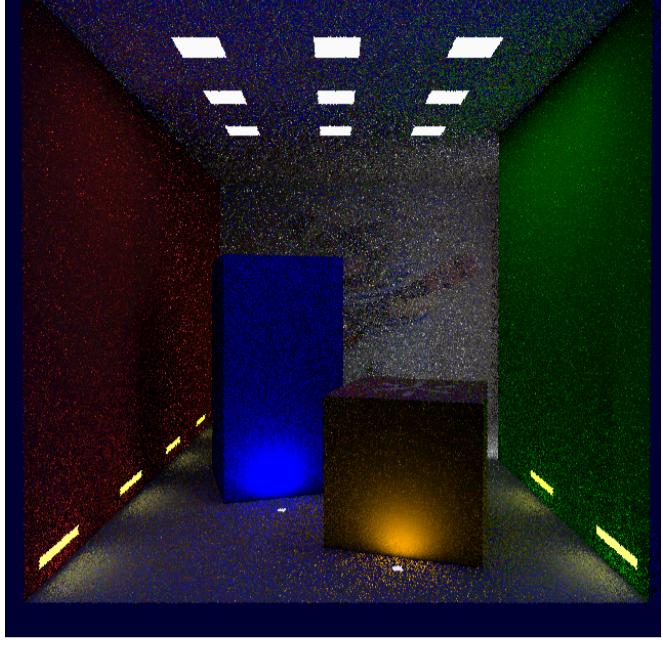
$$P_i = \frac{1}{N}$$

- $N$  - número de luzes na cena

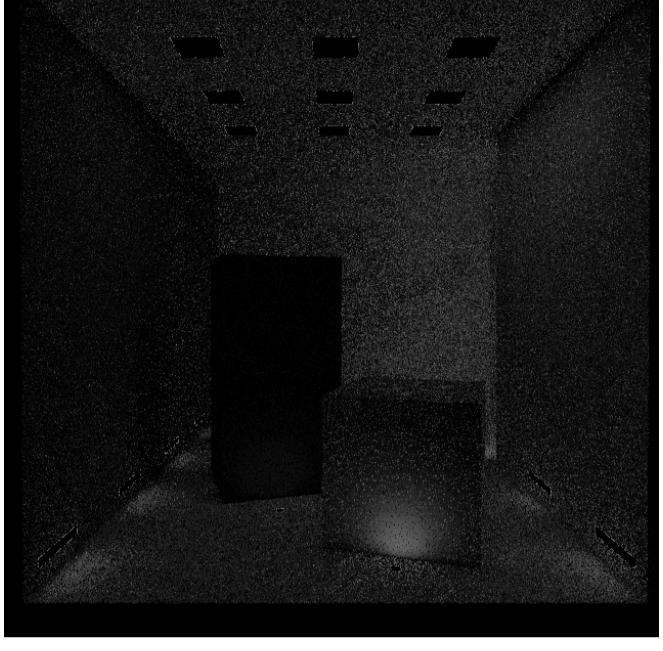
### Resultados



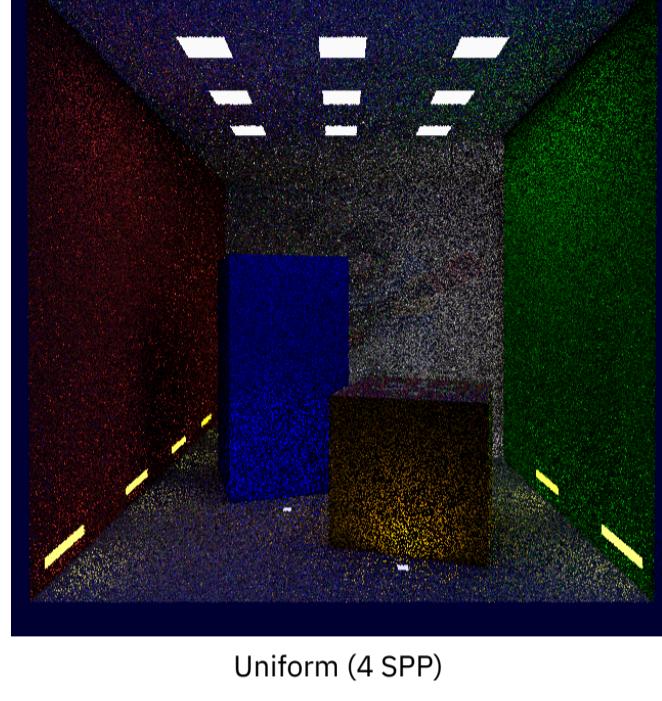
Uniform (1 SPP)



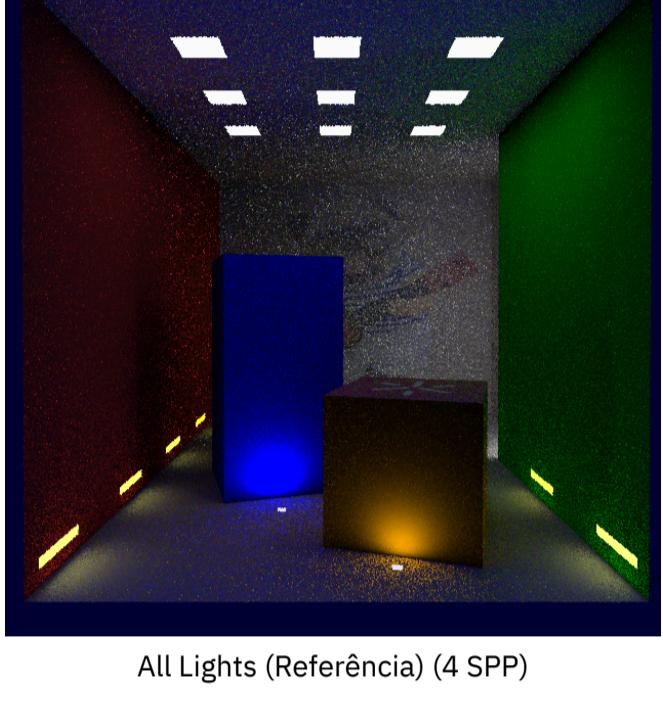
All Lights (Referência) (1 SPP)



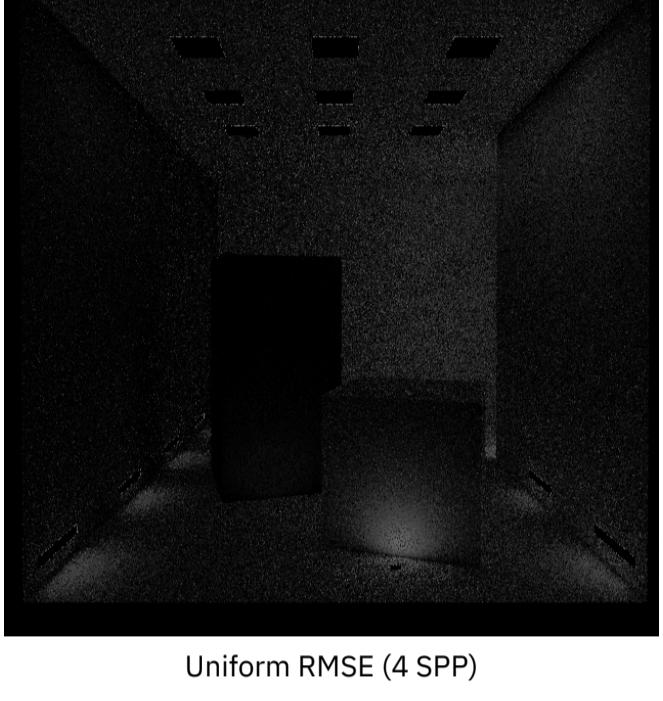
Uniform RMSE (1 SPP)



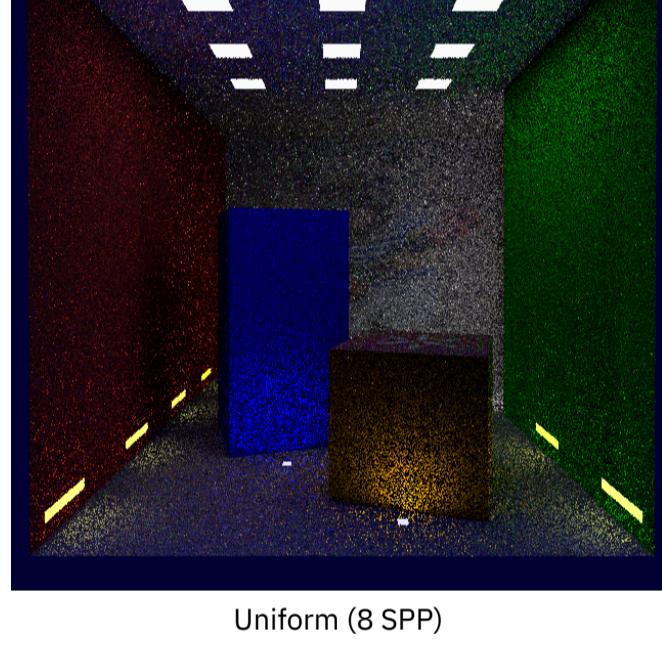
Uniform (4 SPP)



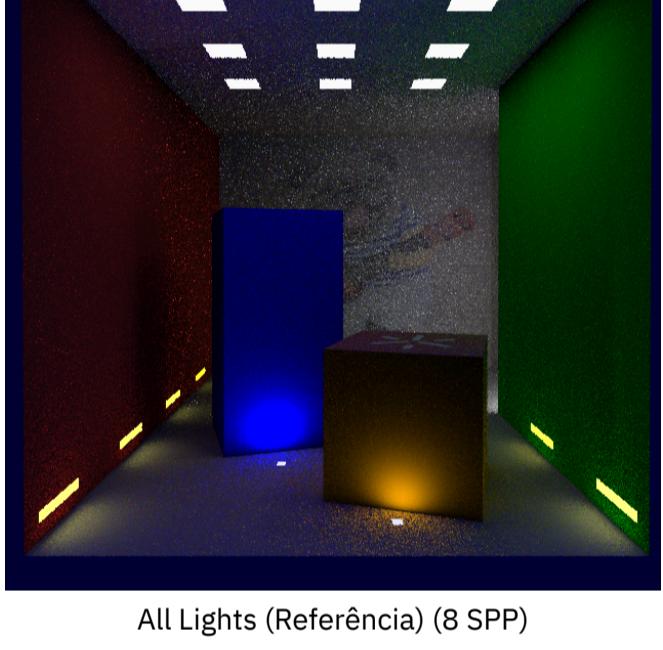
All Lights (Referência) (4 SPP)



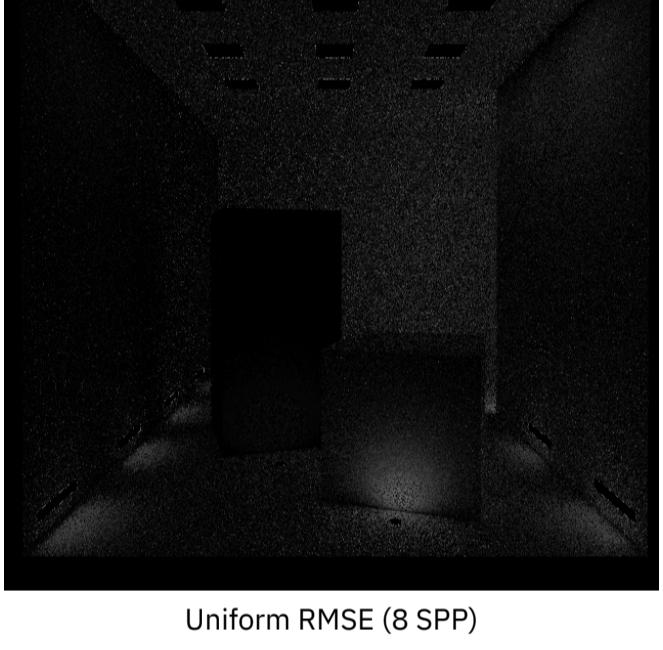
Uniform RMSE (4 SPP)



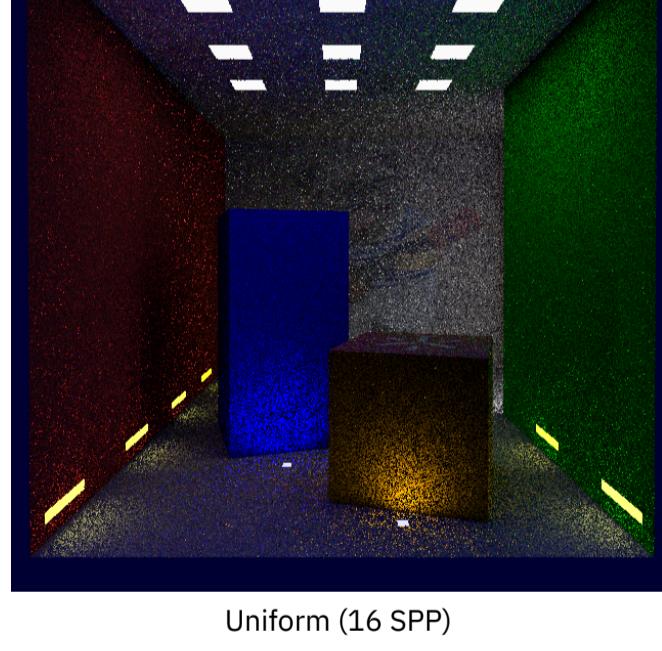
Uniform (8 SPP)



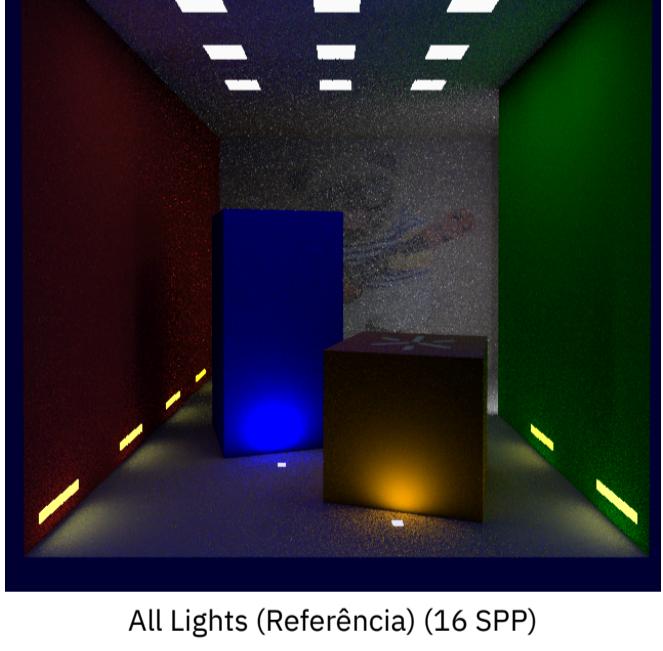
All Lights (Referência) (8 SPP)



Uniform RMSE (8 SPP)



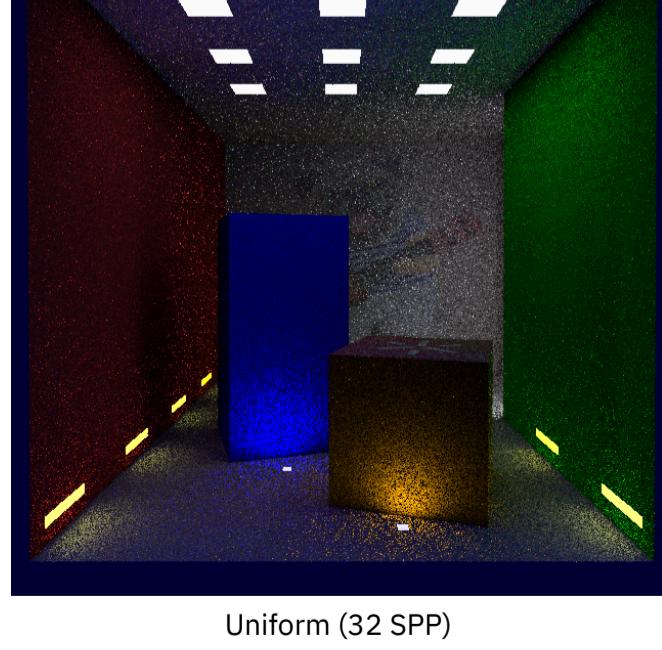
Uniform (16 SPP)



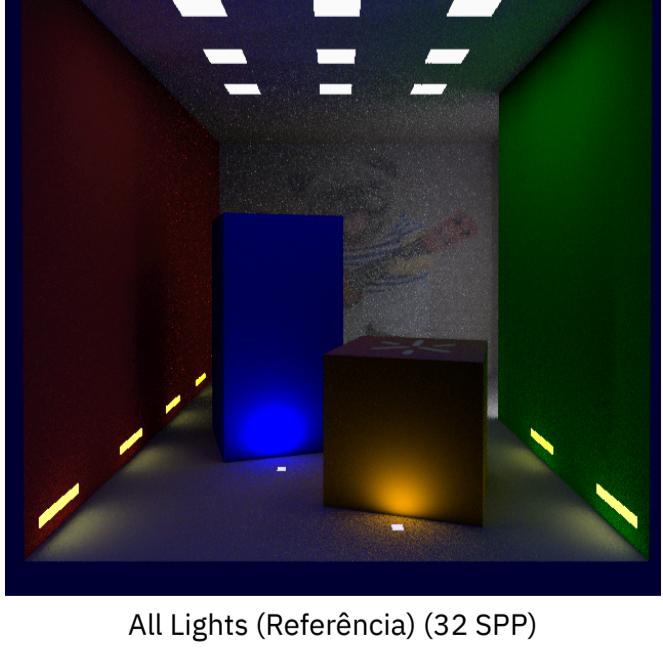
All Lights (Referência) (16 SPP)



Uniform RMSE (16 SPP)



Uniform (32 SPP)



All Lights (Referência) (32 SPP)



Uniform RMSE (32 SPP)

### Tabela de Resultados

SPP	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média $\pm \sigma$ )	Eficiência dos traços
1	0.0002358	0.0002367 (min: 0, max: 0.9961)	0.53s $\pm$ 0.01 (10 medições)	8034.93
4	0.0001838	0.0001846 (min: 0, max: 0.9961)	1.91s $\pm$ 0.06 (10 medições)	2855.04
8	0.0001563	0.0001569 (min: 0, max: 0.9961)	3.76s $\pm$ 0.02 (10 medições)	1700.62
16	0.0001272	0.0001278 (min: 0, max: 0.9961)	7.11s $\pm$ 0.08 (10 medições)	1105.54
32	0.000102	0.0001026 (min: 0, max: 0.9961)	14.16s $\pm$ 0.11 (10 medições)	692.7

## Distance

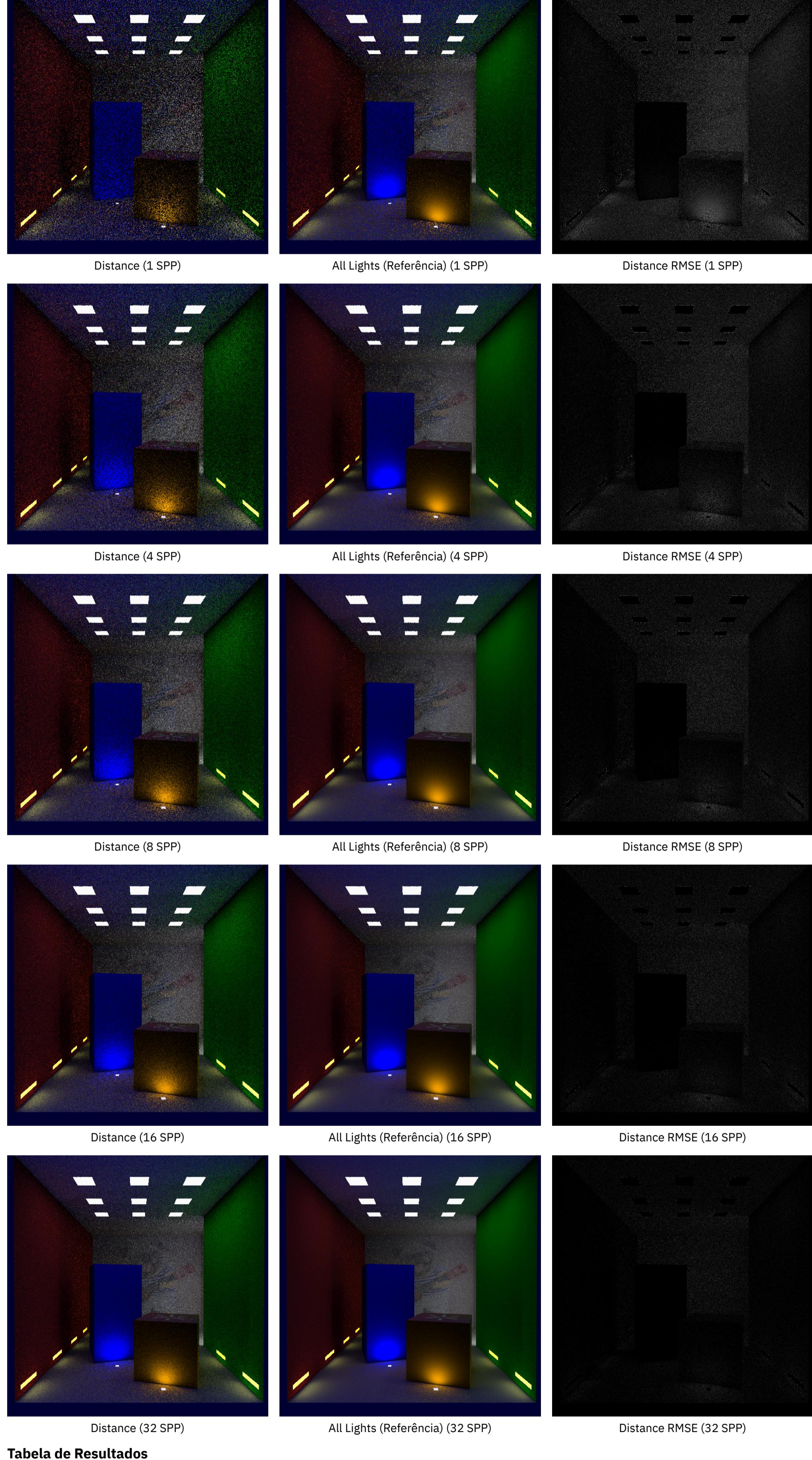
A partir de uma CDF gerada a partir da distância desde o ponto atual até à luz.

### Fórmula

$$P_i = \frac{1}{D}$$

- $D$  - distância entre o ponto atual e a luz

### Resultados



**Tabela de Resultados**

SPP	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média $\pm \sigma$ )	Eficiência dos traços
1	0.0002344	0.0002353 (min: 0, max: 0.9961)	0.74s $\pm$ 0.01 (10 medições)	5804.39
4	0.0001609	0.0001616 (min: 0, max: 0.9961)	2.76s $\pm$ 0.08 (10 medições)	2251.51
8	0.0001266	0.0001271 (min: 0, max: 0.9961)	5.45s $\pm$ 0.06 (10 medições)	1448.97
16	0.0000967	0.0000972 (min: 0, max: 0.9961)	10.48s $\pm$ 0.51 (10 medições)	986.92
32	0.0000726	0.000073 (min: 0, max: 0.9961)	21s $\pm$ 0.19 (10 medições)	656.06

## Distance Squared

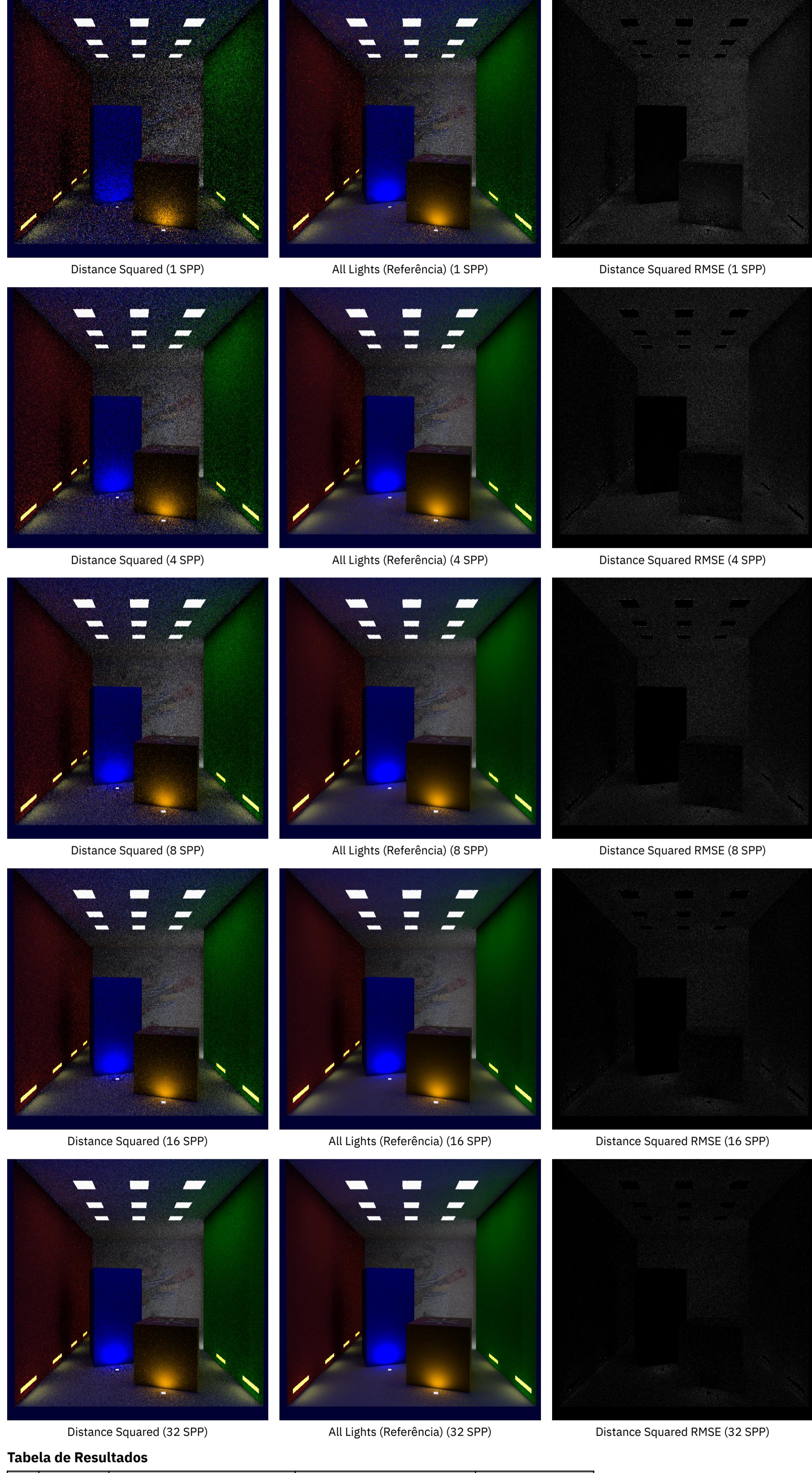
A partir de uma CDF gerada a partir da distância ao quadrado desde o ponto atual até à luz.

### Fórmula

$$P_i = \frac{1}{D^2}$$

- $D$  - distância entre o ponto atual e a luz

### Resultados



**Tabela de Resultados**

SPP	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média $\pm \sigma$ )	Eficiência dos traços
1	0.0002246	0.0002255 (min: 0, max: 0.9961)	0.72s $\pm$ 0.01 (10 medições)	6211.77
4	0.0001591	0.0001597 (min: 0, max: 0.9961)	2.75s $\pm$ 0.03 (10 medições)	2288.94
8	0.0001272	0.0001277 (min: 0, max: 0.9961)	5.39s $\pm$ 0.09 (10 medições)	1458.2
16	0.0000974	0.0000979 (min: 0, max: 0.9961)	10.45s $\pm$ 0.16 (10 medições)	982.57
32	0.0000731	0.0000736 (min: 0, max: 0.9961)	20.92s $\pm$ 0.27 (10 medições)	653.69

## Importance

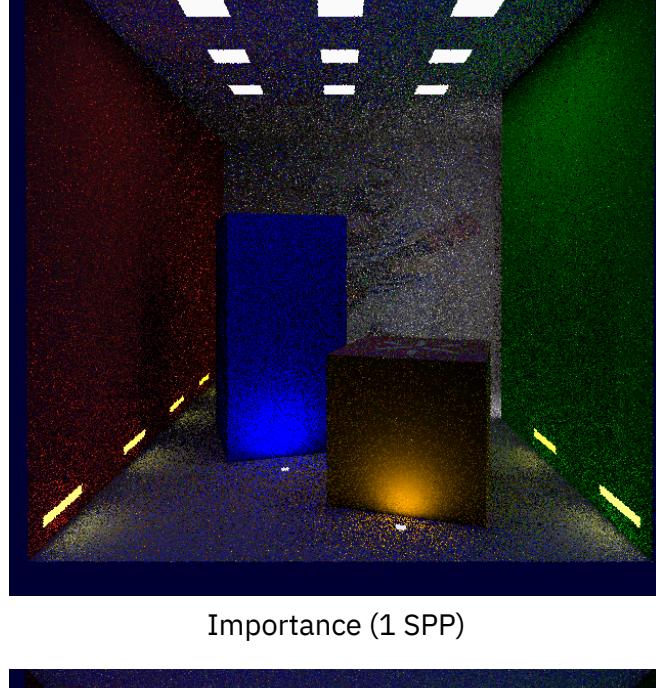
A partir de uma CDF gerada a partir da equação da contribuição de luz para o ponto atual.

### Fórmula

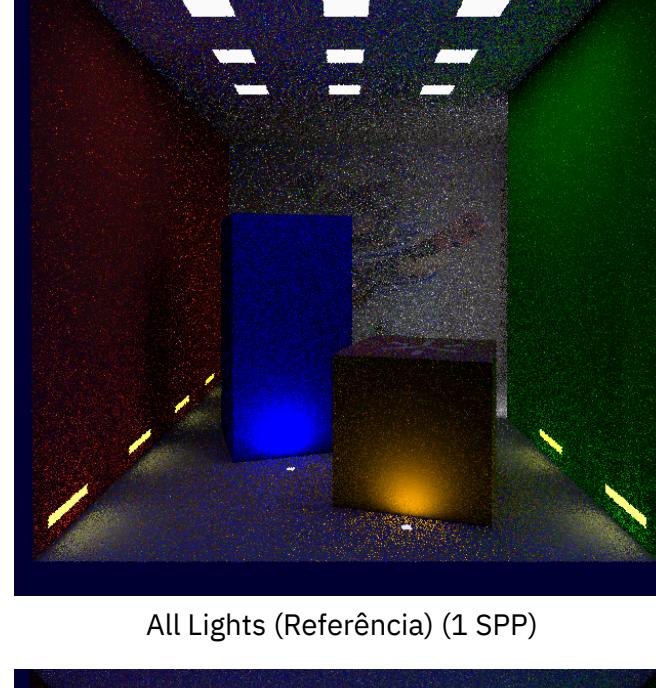
$$P_i = \frac{I \times \cos(\alpha) \times \cos(\beta) \times A}{D^2}$$

- $I$  - Luminância da intensidade da luz
- $\vec{L}$  - Vetor **normalizado** desde o ponto de interseção até à luz
- $\cos(\alpha)$  - Ângulo do vetor  $\vec{L}$  com a normal da superfície atual ( $= \vec{L} \cdot \vec{N}$ , já que  $\|\vec{L}\| = \|\vec{N}\| = 1$ )
- $\cos(\beta)$  - Ângulo do vetor  $-\vec{L}$  com a normal da geometria da luz ( $= -\vec{L} \cdot \vec{N}_L$ , já que  $\|\vec{L}\| = \|\vec{N}_L\| = 1$ ) ( $= 1$  se a luz for um ponto)
- $A$  - Área da luz (se a luz for um ponto,  $A = 1$ )
- $D$  - Distância entre o ponto atual e a luz

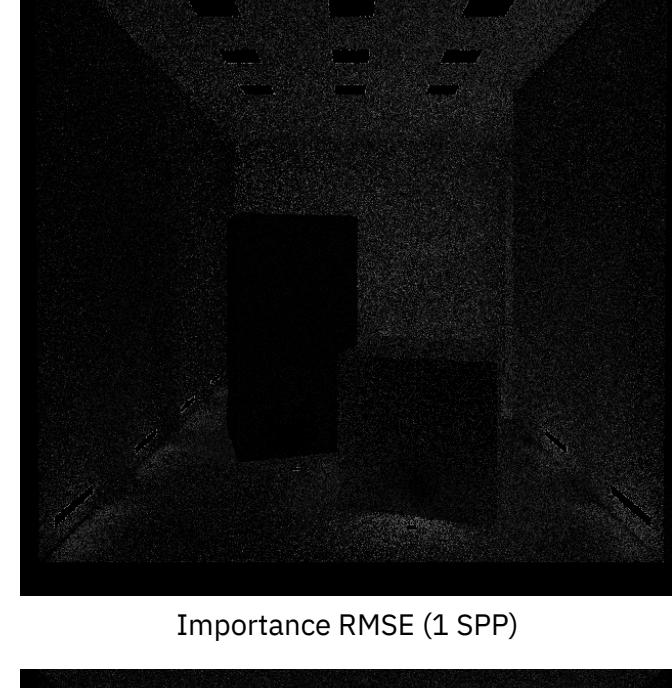
## Resultados



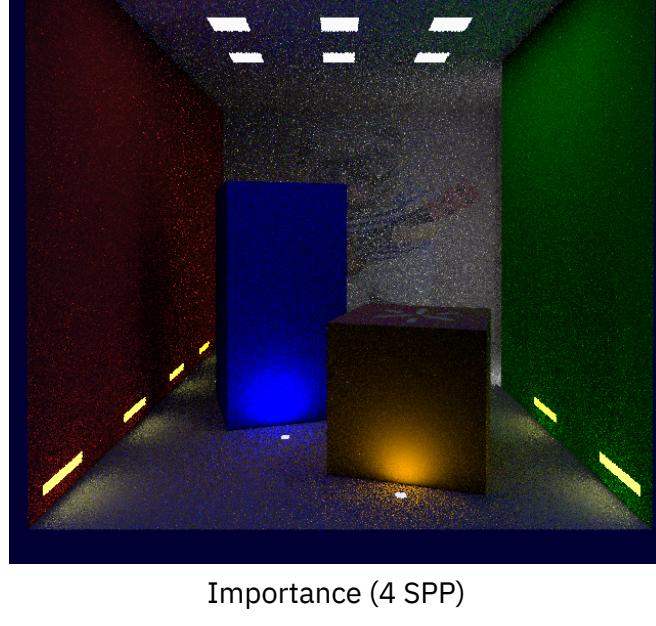
Importance (1 SPP)



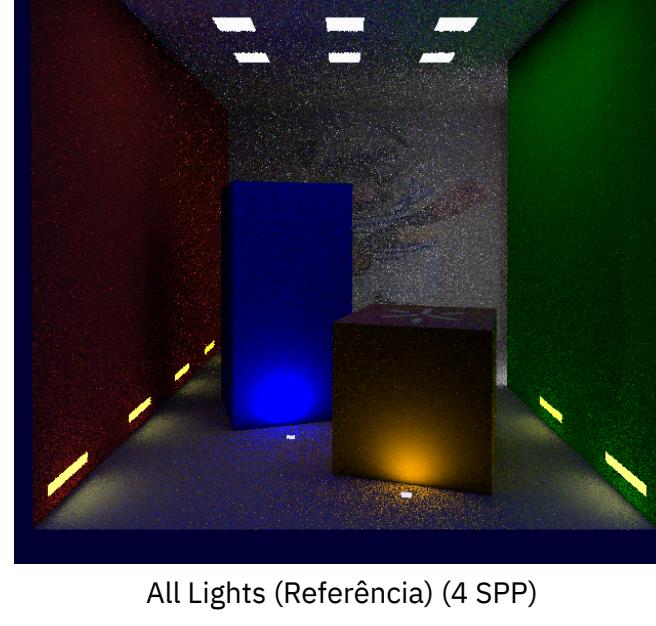
All Lights (Referência) (1 SPP)



Importance RMSE (1 SPP)



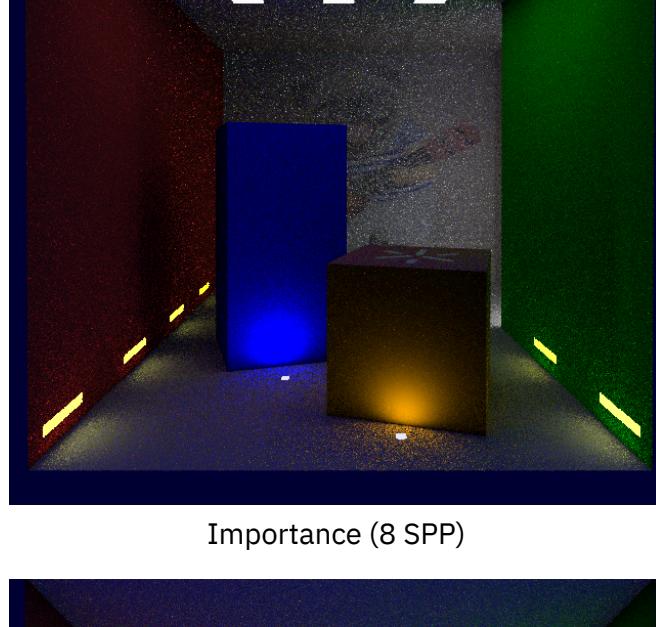
Importance (4 SPP)



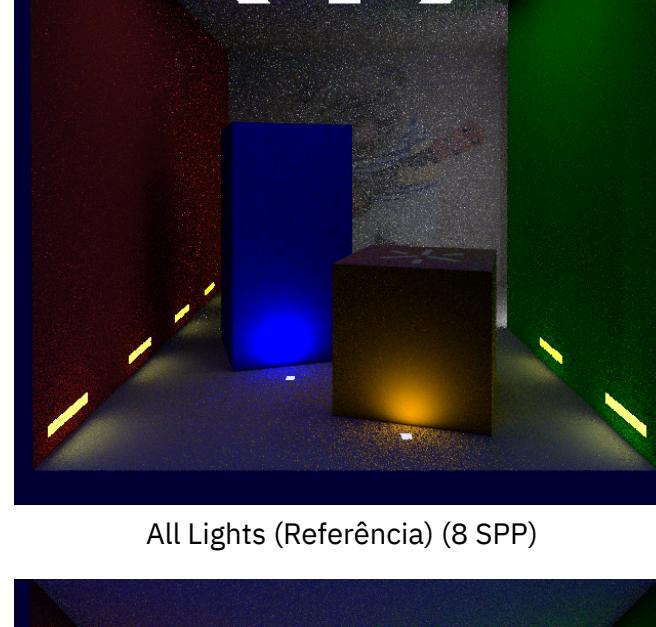
All Lights (Referência) (4 SPP)



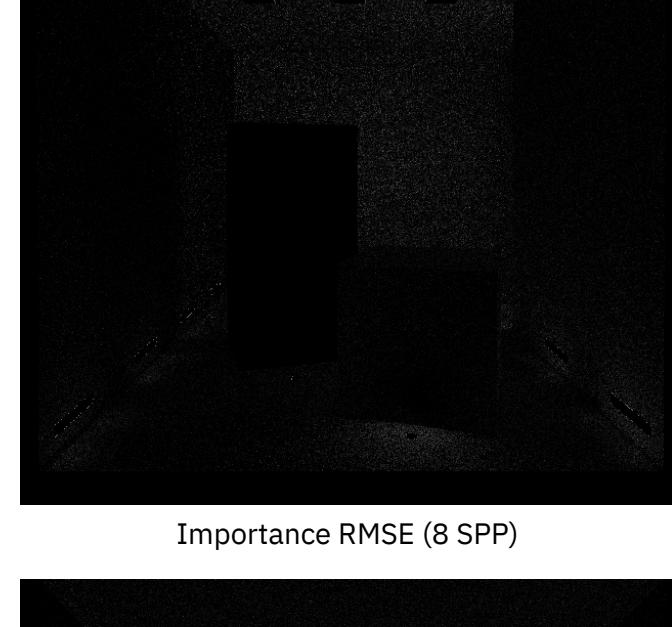
Importance RMSE (4 SPP)



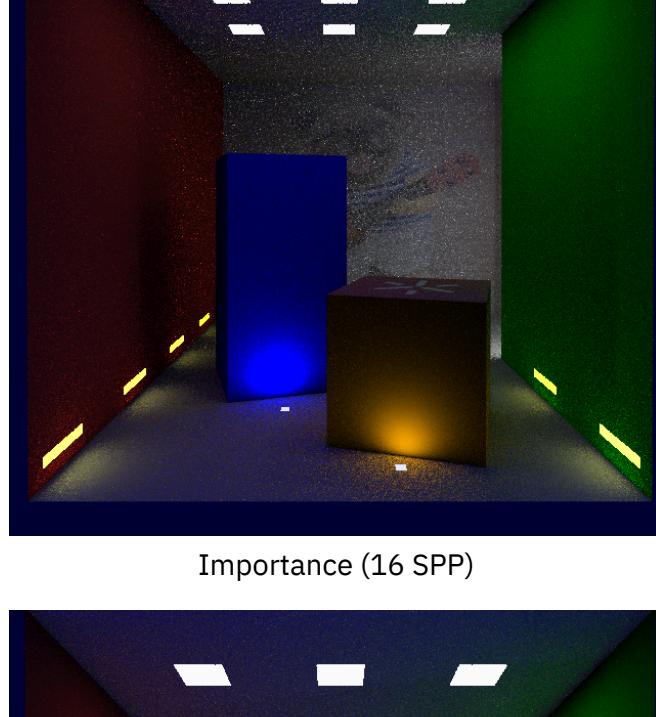
Importance (8 SPP)



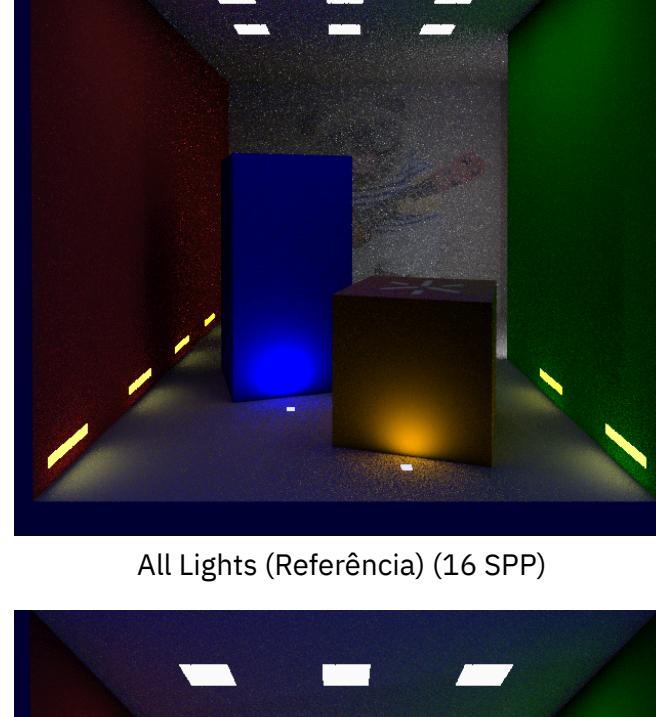
All Lights (Referência) (8 SPP)



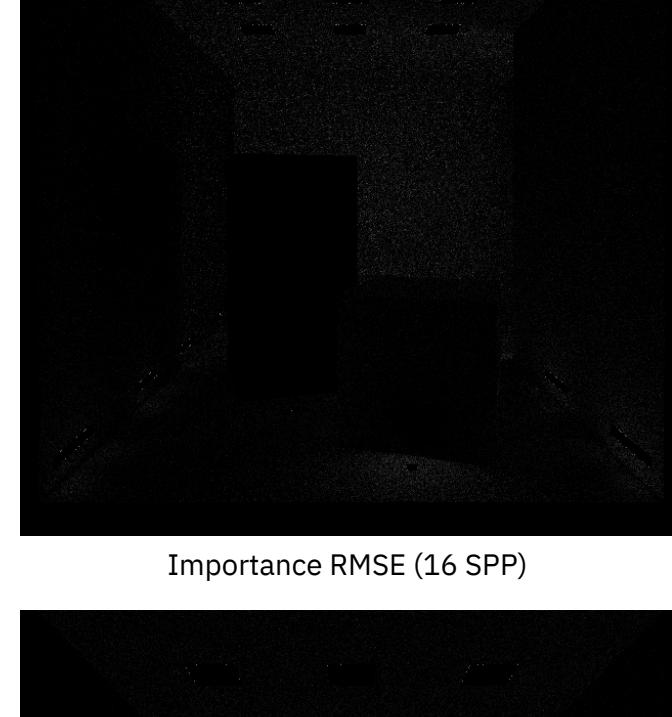
Importance RMSE (8 SPP)



Importance (16 SPP)



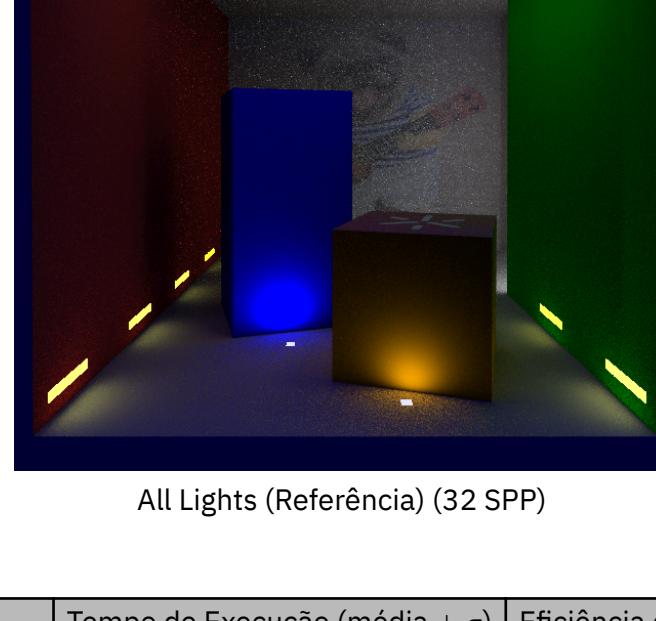
All Lights (Referência) (16 SPP)



Importance RMSE (16 SPP)



Importance (32 SPP)



All Lights (Referência) (32 SPP)



Importance RMSE (32 SPP)

## Tabela de Resultados

SPP	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média $\pm \sigma$ )	Eficiência dos traços
1	0.0001601	0.0001608 (min: 0, max: 0.9961)	0.9s $\pm$ 0.01 (10 medições)	6948.74
4	0.0001084	0.0001088 (min: 0, max: 0.9961)	3.43s $\pm$ 0.04 (10 medições)	2689.6
8	0.0000863	0.0000867 (min: 0, max: 0.9961)	6.76s $\pm$ 0.05 (10 medições)	1714.62
16	0.0000657	0.000066 (min: 0, max: 0.9961)	13.47s $\pm$ 3.13 (10 medições)	1130.89
32	0.0000492	0.0000495 (min: 0, max: 0.9961)	26.27s $\pm$ 3.57 (10 medições)	774.36

## Importance No Distance

### Fórmula

$$P_i = I \times \cos(\alpha) \times \cos(\beta) \times A$$

- $I$  - Luminância da intensidade da luz
- $\vec{L}$  - Vetor **normalizado** desde o ponto de interseção até à luz
- $\cos(\alpha)$  - Ângulo do vetor  $\vec{L}$  com a normal da superfície atual ( $= \vec{L} \cdot \vec{N}$ , já que  $\|\vec{L}\| = \|\vec{N}\| = 1$ )
- $\cos(\beta)$  - Ângulo do vetor  $-\vec{L}$  com a normal da geometria da luz ( $= -\vec{L} \cdot \vec{N}_L$ , já que  $\|\vec{L}\| = \|\vec{N}_L\| = 1$ ) ( $= 1$  se a luz for um ponto)
- $A$  - Área da luz (se a luz for um ponto,  $A = 1$ )

### Resultados

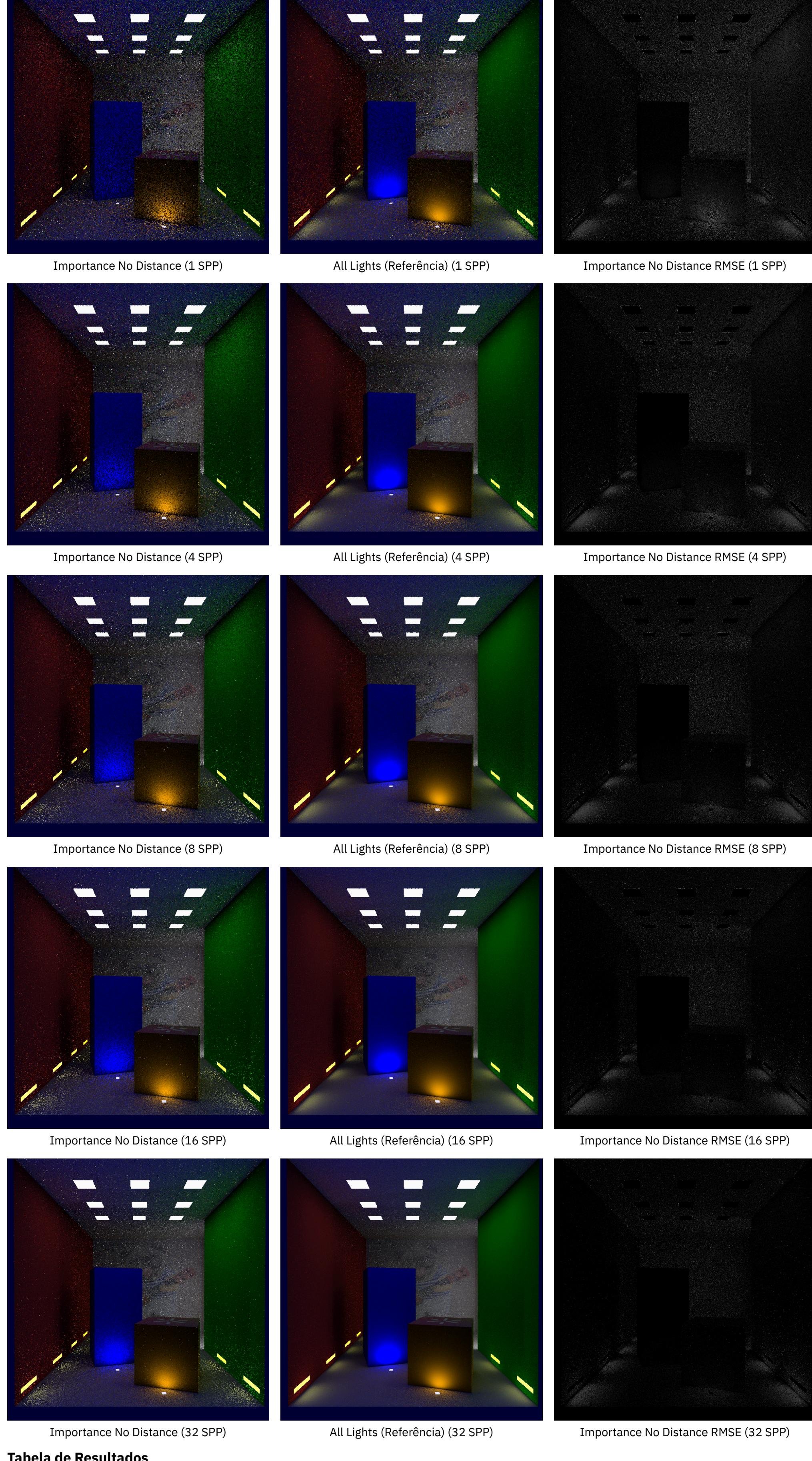
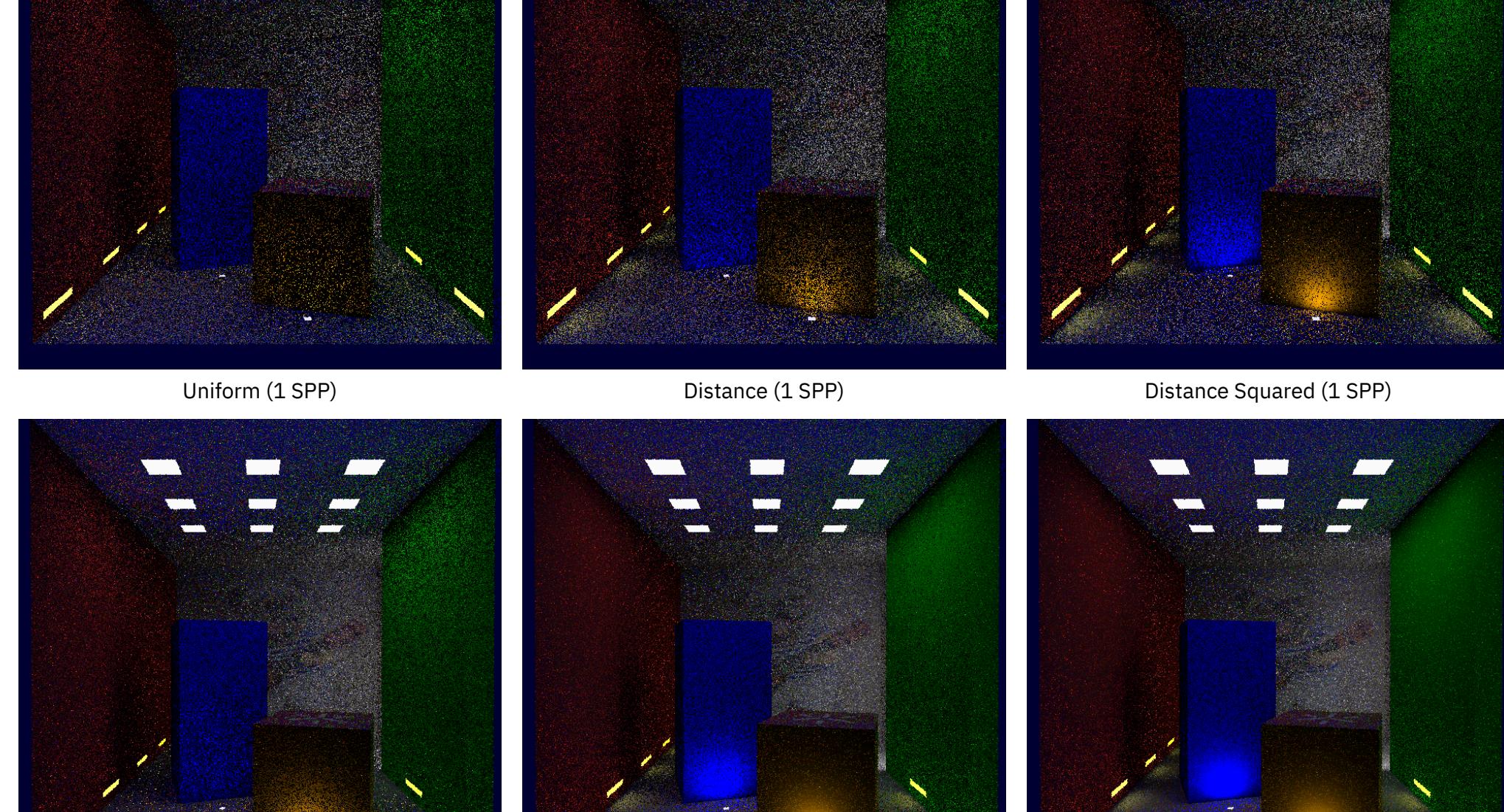


Tabela de Resultados

SPP	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média $\pm \sigma$ )	Eficiência dos traços
1	0.0001823	0.0001831 (min: 0, max: 0.9961)	0.88s $\pm$ 0.01 (10 medições)	6242.29
4	0.0001363	0.0001368 (min: 0, max: 0.9961)	3.38s $\pm$ 0.06 (10 medições)	2172.4
8	0.0001189	0.0001194 (min: 0, max: 0.9961)	6.61s $\pm$ 0.05 (10 medições)	1273.09
16	0.0001015	0.000102 (min: 0, max: 0.9961)	13s $\pm$ 1.5 (10 medições)	758.15
32	0.0000863	0.0000869 (min: 0, max: 0.9961)	25.86s $\pm$ 0.24 (10 medições)	447.86

## Imagens Resultados Agregadas

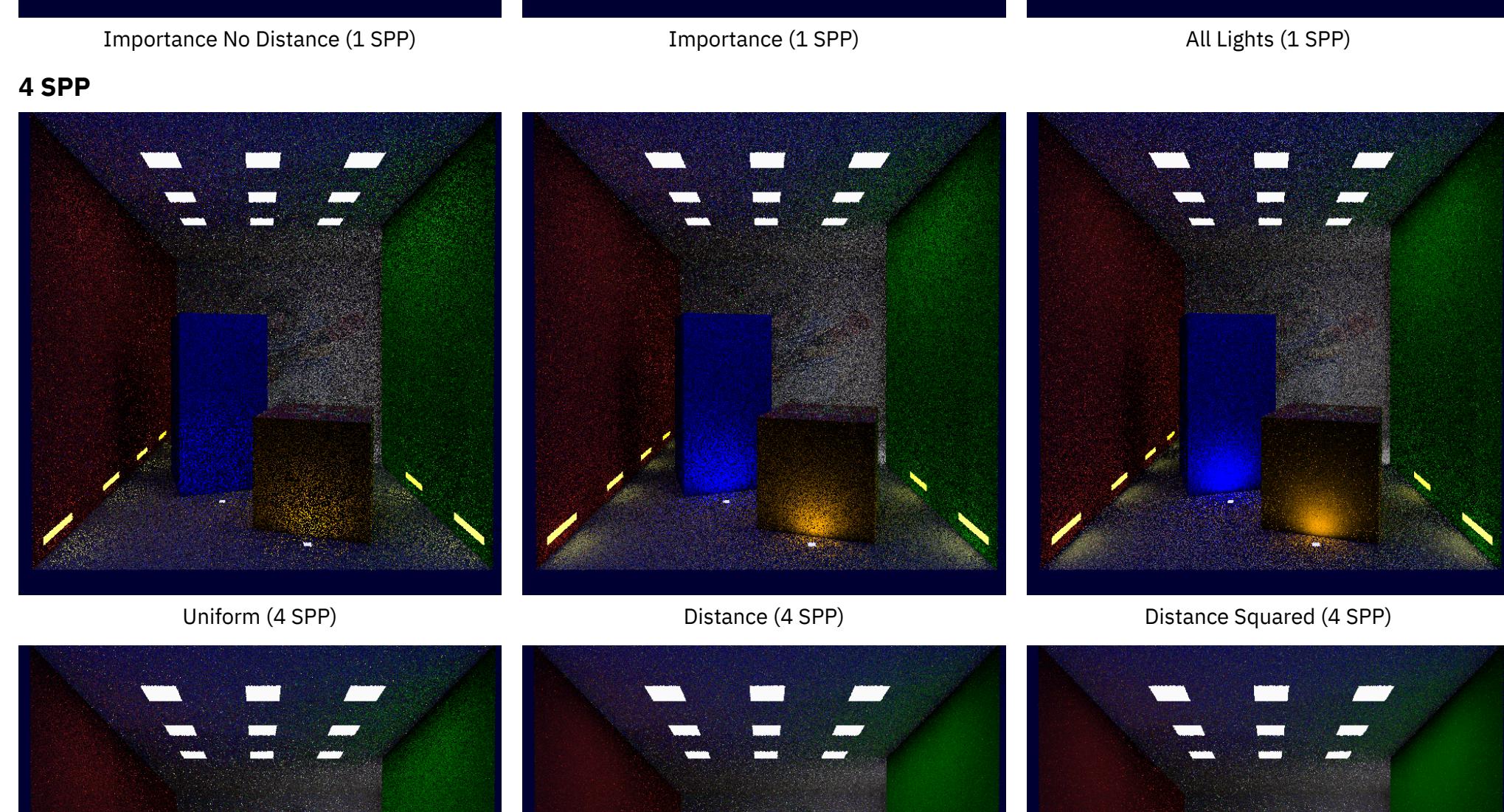
**1 SPP**



Uniform (1 SPP)

Distance (1 SPP)

Distance Squared (1 SPP)

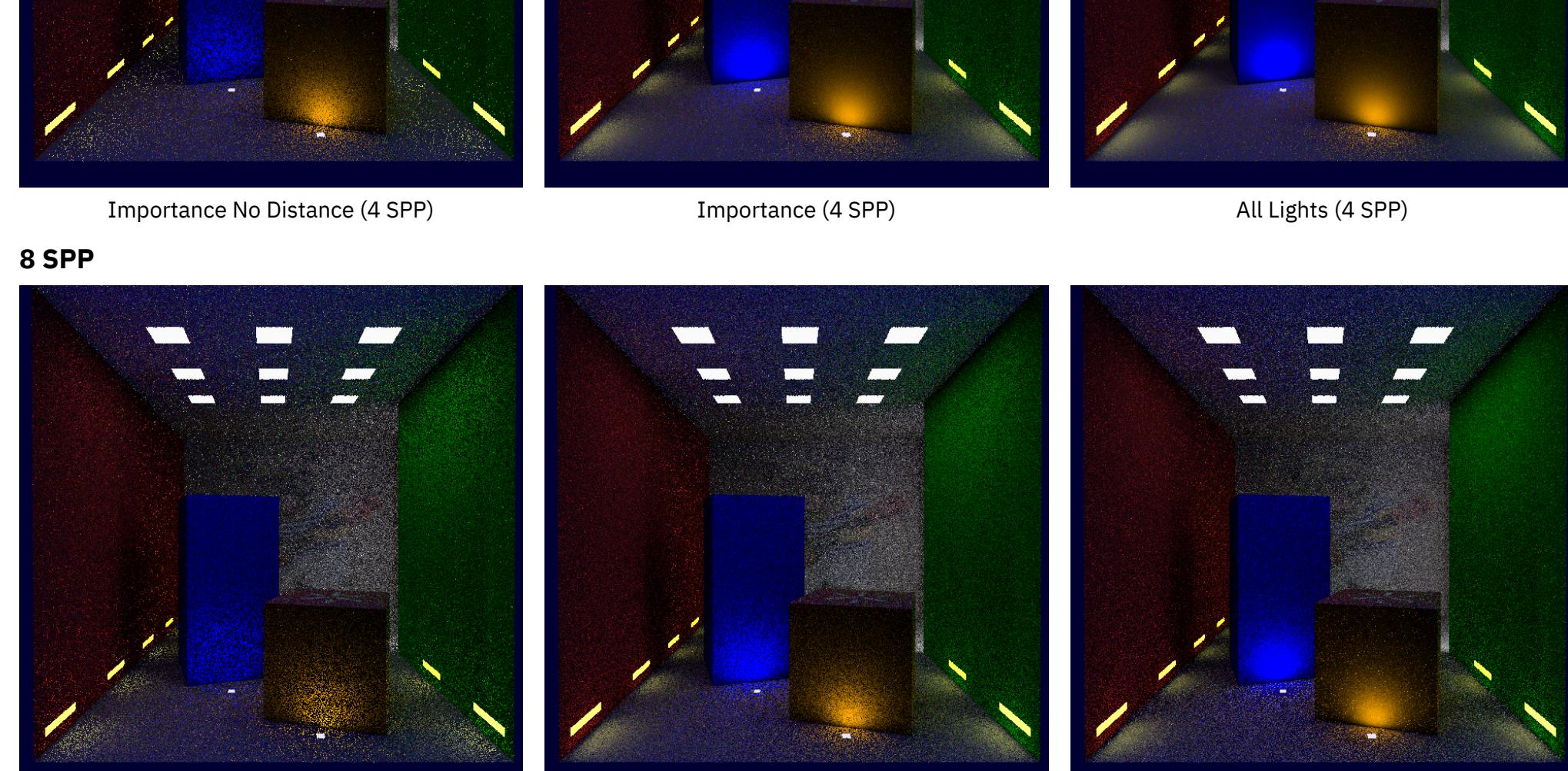


Importance No Distance (1 SPP)

Importance (1 SPP)

All Lights (1 SPP)

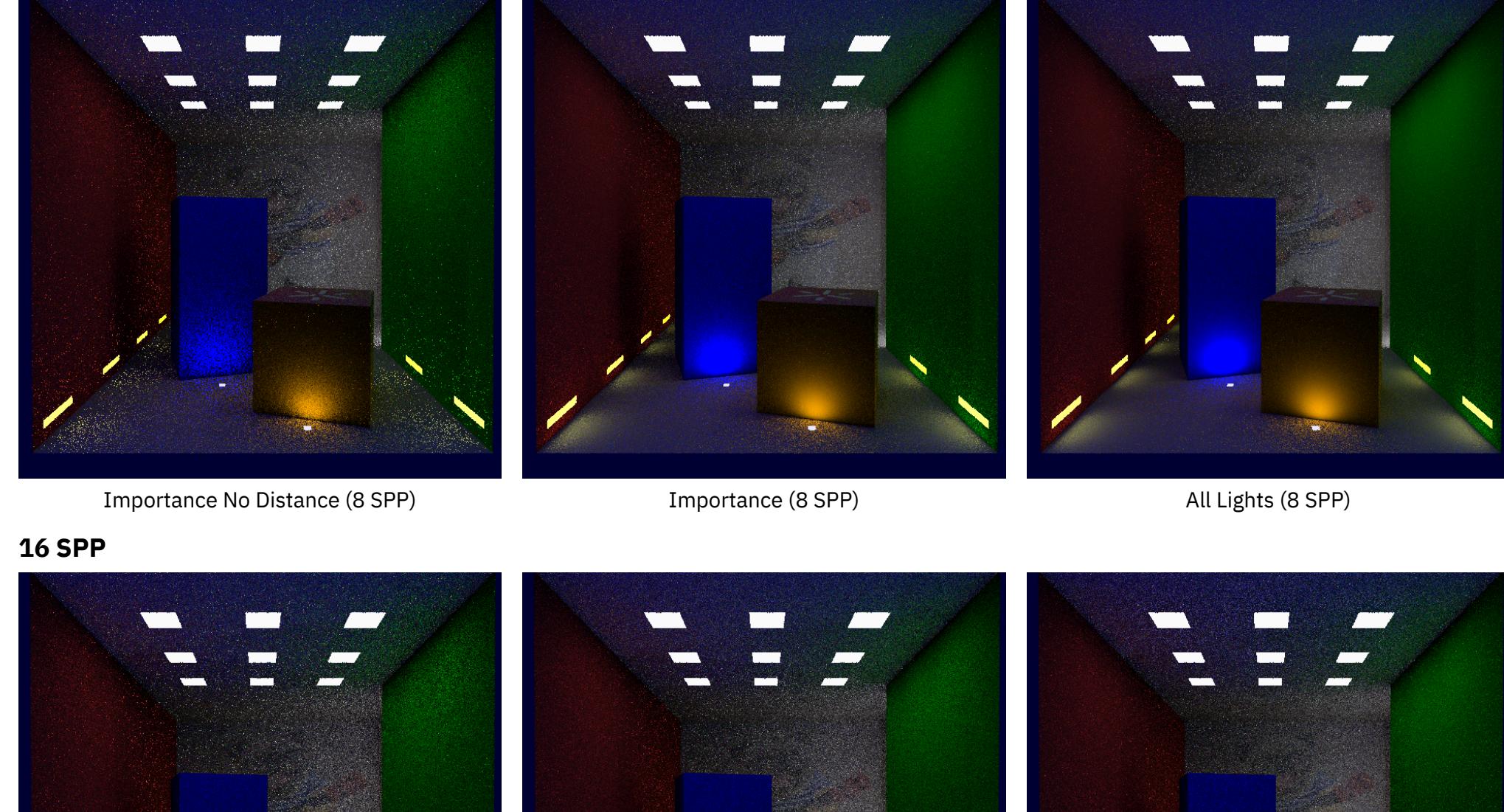
**4 SPP**



Uniform (4 SPP)

Distance (4 SPP)

Distance Squared (4 SPP)

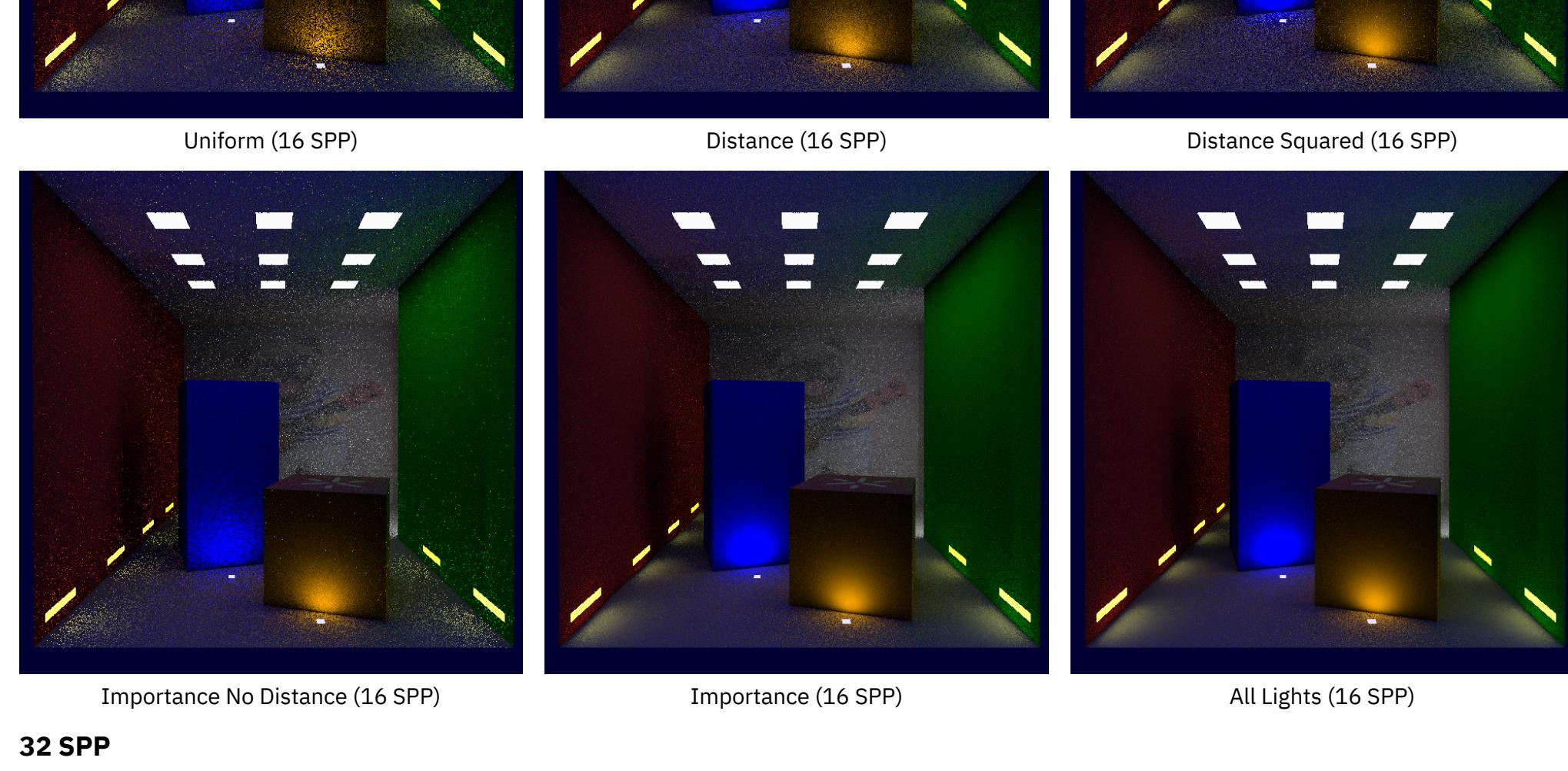


Importance No Distance (4 SPP)

Importance (4 SPP)

All Lights (4 SPP)

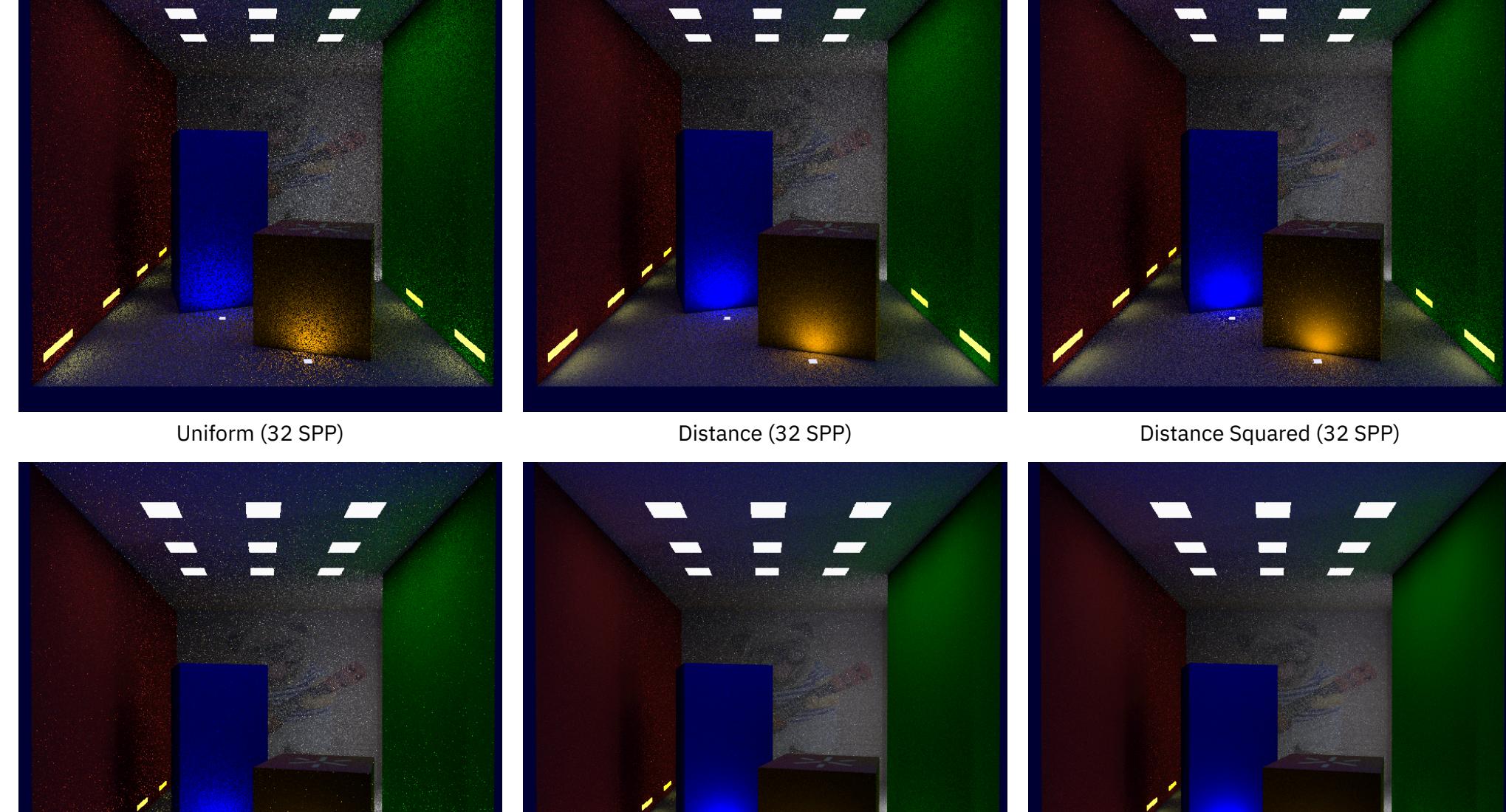
**8 SPP**



Uniform (8 SPP)

Distance (8 SPP)

Distance Squared (8 SPP)

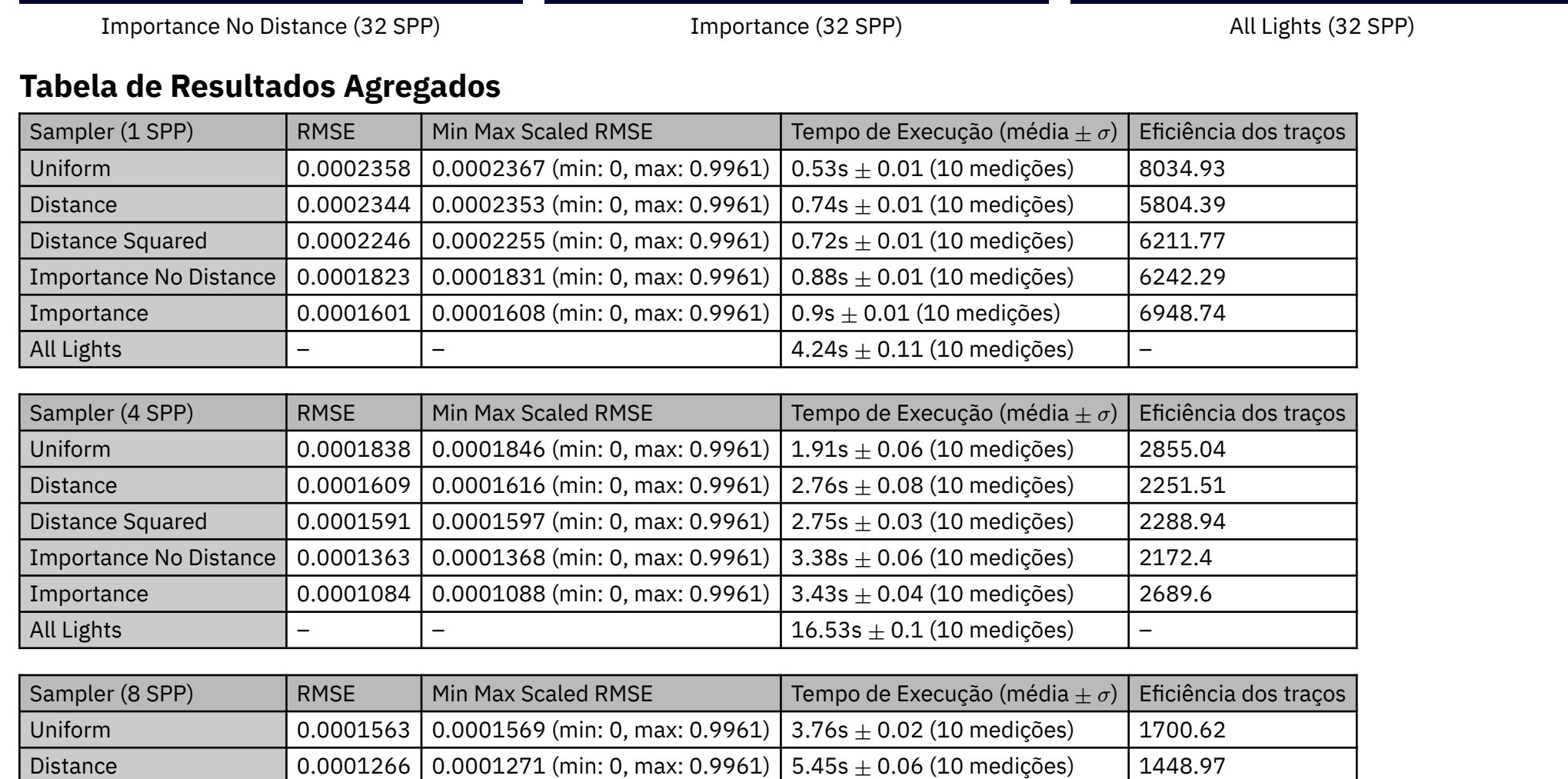


Importance No Distance (8 SPP)

Importance (8 SPP)

All Lights (8 SPP)

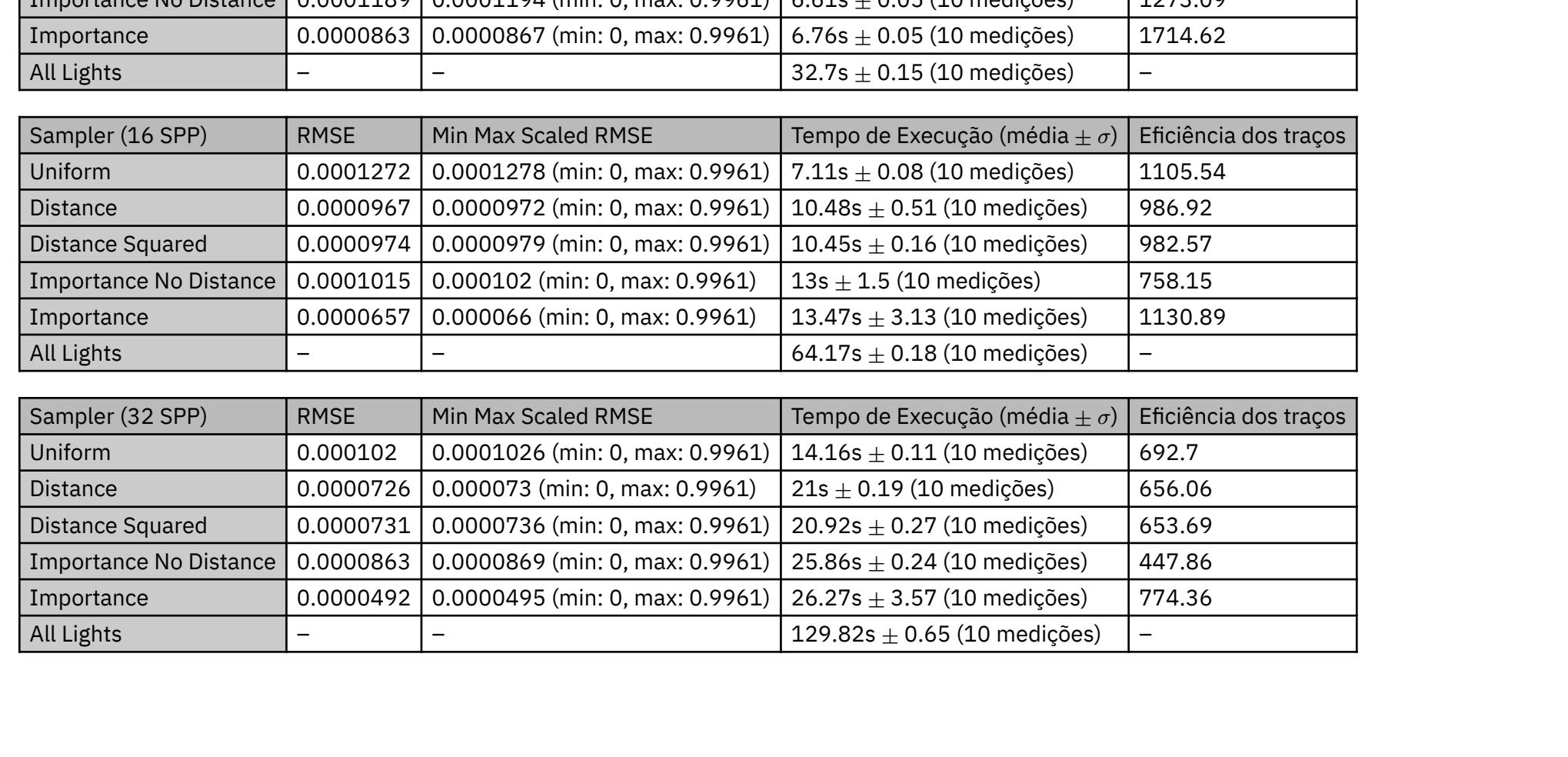
**16 SPP**



Uniform (16 SPP)

Distance (16 SPP)

Distance Squared (16 SPP)



Importance No Distance (16 SPP)

Importance (16 SPP)

All Lights (16 SPP)

**32 SPP**



Importance No Distance (32 SPP)

Importance (32 SPP)

All Lights (32 SPP)

**Tabela de Resultados Agregados**

Sampler (1 SPP)	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média ± σ)	Eficiência dos traços
Uniform	0.0002358	0.0002367 (min: 0, max: 0.9961)	0.53s ± 0.01 (10 medições)	8034.93
Distance	0.0002344	0.0002353 (min: 0, max: 0.9961)	0.74s ± 0.01 (10 medições)	5804.39
Distance Squared	0.0002246	0.0002255 (min: 0, max: 0.9961)	0.72s ± 0.01 (10 medições)	6211.77
Importance No Distance	0.0001823	0.0001831 (min: 0, max: 0.9961)	0.88s ± 0.01 (10 medições)	6242.29
Importance	0.0001601	0.0001608 (min: 0, max: 0.9961)	0.9s ± 0.01 (10 medições)	6948.74
All Lights	-	-	4.24s ± 0.11 (10 medições)	-
Sampler (4 SPP)	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média ± σ)	Eficiência dos traços
Uniform	0.0001838	0.0001846 (min: 0, max: 0.9961)	1.91s ± 0.06 (10 medições)	2855.04
Distance	0.0001609	0.0001616 (min: 0, max: 0.9961)	2.76s ± 0.08 (10 medições)	2251.51
Distance Squared	0.0001591	0.0001597 (min: 0, max: 0.9961)	2.75s ± 0.03 (10 medições)	2288.94
Importance No Distance	0.0001363	0.0001368 (min: 0, max: 0.9961)	3.38s ± 0.06 (10 medições)	2172.4
Importance	0.0001084	0.0001088 (min: 0, max: 0.9961)	3.43s ± 0.04 (10 medições)	2689.6
All Lights	-	-	16.53s ± 0.1 (10 medições)	-
Sampler (8 SPP)	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média ± σ)	Eficiência dos traços
Uniform	0.0001563	0.0001569 (min: 0, max: 0.9961)	3.76s ± 0.02 (10 medições)	1700.62
Distance	0.0001266	0.0001271 (min: 0, max: 0.9961)	5.45s ± 0.06 (10 medições)	1448.97
Distance Squared	0.0001272	0.0001277 (min: 0, max: 0.9961)	5.39s ± 0.09 (10 medições)	1458.2
Importance No Distance	0.0001189	0.0001194 (min: 0, max: 0.9961)	6.61s ± 0.05 (10 medições)	1273.09
Importance	0.0000863	0.0000867 (min: 0, max: 0.9961)	6.76s ± 0.05 (10 medições)	1714.62
All Lights	-	-	32.7s ± 0.15 (10 medições)	-
Sampler (16 SPP)	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média ± σ)	Eficiência dos traços
Uniform	0.0001272	0.0001278 (min: 0, max: 0.9961)	7.11s ± 0.08 (10 medições)	1105.54
Distance	0.0000967	0.0000972 (min: 0, max: 0.9961)	10.48s ± 0.51 (10 medições)	986.92
Distance Squared	0.0000974	0.0000979 (min: 0, max: 0.9961)	10.45s ± 0.16 (10 medições)	982.57
Importance No Distance	0.0001015	0.0001012 (min: 0, max: 0.9961)	13s ± 1.5 (10 medições)	758.15
Importance	0.0000657	0.0000666 (min: 0, max: 0.9961)	13.47s ± 3.13 (10 medições)	1130.89
All Lights	-	-	64.17s ± 0.18 (10 medições)	-
Sampler (32 SPP)	RMSE	Min Max Scaled RMSE	Tempo de Execução (média ± σ)	Eficiência dos traços
Uniform	0.000102	0.0001026 (min: 0, max: 0.9961)	14.16s ± 0.11 (10 medições)	692.7
Distance	0.0000726	0.000073 (min: 0, max: 0.9961)	21s ± 0.19 (10 medições)	656.06
Distance Squared	0.0000731	0.0000736 (min: 0, max: 0.9961)	20.92s ± 0.27 (10 medições)	653.69
Importance No Distance	0.0000863	0.0000869 (min: 0, max: 0.9961)	25.86s ± 0.24 (10 medições)	447.86
Importance	0.0000492	0.0000495 (min: 0, max: 0.9961)	26.27s ± 3.57 (10 medições)	774.36
All Lights	-	-	129.82s ± 0.65 (10 medições)	-

## Metodologia

- A cena utilizada para os testes é a cena DLightChallenge.
- O tempo de execução foi medido utilizando o `hyperfine`, exportando o resultado para JSON.
- Os dados e imagem resultante do RMSE foi gerada a partir do [raytracer-rmse](#).
- Os dados foram gerados a partir do script `generate.sh`.
- Os testes foram realizados em um computador com as seguintes especificações:
  - CPU: AMD Ryzen 7 7700X
  - RAM: DDR5 6000 MHz × 2