



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CENTRO DE ARTES
CURSO DE CINEMA DE ANIMAÇÃO

Rodrigo Bitencourt Rodrigues

***RENDERIZAÇÃO 3D PARA FREELANCERS E ESTÚDIOS DE
PEQUENO PORTE***

Trabalho de Conclusão de Curso realizado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Cinema de Animação pela Universidade Federal de Pelotas, com orientação da profa. Gissele Cardozo.

Pelotas, fevereiro de 2014

RESUMO

Neste artigo, apresentamos uma pesquisa sobre a *renderização*¹ 3D para animação. Uma abordagem voltada à produção 3D para estudantes, profissionais *freelancers*² ou estúdios de pequeno porte que, supostamente, não possuem a sua disposição um alto poder computacional para produção. Este trabalho visa propor uma reflexão à respeito da produção de animação 3D e o olhar do artista, utilizando princípios técnicos e artísticos, não apenas teóricos, mas também de caráter prático/empírico sobre a renderização de animações 3D.

A renderização para animações 3D pode, em alguns casos, gerar artefatos ou ruídos discrepantes entre quadros, causando estranheza ao espectador, o que por sua vez caracteriza a imagem como de baixa qualidade quando considerada um produto. Esta situação exige alto processamento computacional para resolvermos de forma automática este tipo de problema. Neste momento, o olhar de um artista pode vir a contribuir para a resolução de casos como este, mimetizando, ou diríamos, simulando perceptualmente, efeitos que seriam dispendiosos para uma produção de baixo orçamento.

É importante observar que em produções de grande porte, como por exemplo as animações hollywoodianas, a preocupação com processamento é bem pequena, visto que o orçamento de produções de grande porte visa cobrir gastos com tecnologia, removendo limitações computacionais para o artista e elevando de certa forma a qualidade final do trabalho. Porém acredita-se que estes métodos avançados podem ser mimetizados pelo artista estudante, *freelancer* ou de estúdio de pequeno porte, para um resultado visualmente similar e com um custo computacional menor.

Palavras chave: Arte, 3D, Animação, Renderização, Shading, Produção.

¹ Renderização - processo de geração de imagens por programas de computação gráfica.

² Freelancers - termo generalista para profissionais autônomos

ABSTRACT

In this article, we present a study about 3D rendering for animation. An approach focused on 3D production for students, freelancers and small studios that supposedly do not have at their disposal a high computational power for production. This paper aims to propose a reflection about the production of 3D animation and look of the artist, using technical and artistic principles not only theoretical but also practical / empirical about rendering 3D animations character.

Rendering for 3D animations can in some cases generate artifacts or outliers causing noise between frames strangeness to the viewer, which in turn characterizes the image as low quality when considering a product. This requires high computational processing to automatically solve this problem. At this time the look of an artist can come to contribute to the resolution of this case, mimicking or simulating perceptually, effects that would be expensive for a low-budget production.

It is important to note that in large productions such as the Hollywood animations , concern for processing is very small , since the budget productions will cover these large technology spending , removing computational limitations for the artist and elevating certain so the quality of the work . But it is believed that these advanced methods can be mimicked by artist student, freelancer or small studio to a visually similar outcome.

Keywords: Art, 3D, Animation, Rendering, Shading, Production

INTRODUÇÃO

Em um ambiente de produção de animação 3D, é necessária uma preocupação relacionada à qualidade geral da obra, que por sua vez está diretamente ligada a fatores como o orçamento dedicado ao projeto, o tempo de pré-produção, o prazo de entrega, etc. Devido a estes fatores e estas preocupações é necessário um entendimento, mesmo que superficial, de aspectos que possam contribuir para uma produção rápida e ao mesmo tempo com qualidade de imagem. Na animação 3D o julgamento da qualidade da imagem é altamente complexo e subjetivo, possui um aspecto técnico e um aspecto artístico empírico. Este julgamento precisa ser pensado como sequência em movimento, diferentemente da ilustração, onde se julga qualitativamente um quadro estático. Em animação, precisamos considerar, mesmo que apenas perceptualmente, discrepâncias entre um quadro e outro.

Neste artigo, a qualidade será abordada a partir da análise visual do ruído da animação e da discrepância entre quadros provenientes de alguns métodos de renderização. Discorreremos também sobre a importância do olhar artístico na composição (produção) das cenas e como as habilidades do artista 3D podem economizar tempo de geração e conseqüentemente o custo, sem prejudicar de forma visível a obra. Para tanto, devido a abrangência do tema "animação 3D", foram focados apenas parâmetros diretamente relacionados a renderização como *shaders* (materiais) e iluminação. Fatores relacionados a modelagem serão brevemente mencionados.

Desta forma, este estudo consistiu primeiramente em uma abordagem sobre a concepção da imagem 3D e seu propósito. Em seguida, observou-se os aspectos ou camadas procedimentais³ que compõe uma imagem 3D anteriormente a sua renderização. Na seção seguinte estudamos sobre as principais técnicas de iluminação e alguns estilos de renderização utilizados em grandes e pequenas produções. Em um quarto momento, as técnicas estudadas são experimentadas e documentadas junto à uma breve análise do tempo/resultado da renderização para fins de apreciação e por fim se dão as considerações finais.

É importante ressaltar neste momento que este artigo não pretende responder de forma absoluta as questões levantadas, mas sim propor reflexões necessárias ao momento de pré-produção e concepção de projetos de pequeno porte que mescla, de certa forma, o conhecimento técnico ao conhecimento artístico e as capacidades computacionais disponíveis, visando sempre a otimização deste tipo de produção para estúdios de pequeno porte.

Somente após a observação do todo em movimento, ou seja, de um teste animado, é que podemos ter a real noção das necessidades (dos aspectos da imagem), todavia estas

³ Procedimental - o que se efetua ou realiza através de procedimentos.

necessidades estão diretamente conectadas ao que se pretende como resultado (produto final do processo de renderização).

Devemos, a partir daí, considerar que quanto mais exato for o resultado esperado da luz, maior será a necessidade de poder computacional, e conseqüentemente, o tempo de geração destas imagens.

Tendo isto em mente, podemos considerar que em certos casos a simulação, ou, como poderíamos chamar, a mimica de efeitos avançados de renderização, pode ser uma alternativa que tende a otimizar a produção como um todo, e neste momento, passamos a considerar o artista e sua criatividade não apenas para fins de embelezamento, mas como um possível otimizador de processos, como por exemplo, a redução do tempo de renderização, otimizações poligonais, criação de *shaders*, etc. O casamento da técnica e a prática artística pode produzir resultados que visam essa otimização de processos de renderização.

De certa forma, tal assunto tornou-se complexo ao tratar consecutivamente de uma tecnologia em constante desenvolvimento, e também por tratar de um ponto de análise que é altamente empírico e artístico. Programas e máquinas ferramentais tornam-se obsoletos rapidamente na computação gráfica, porém, o olhar artístico e perceptual que faz uso destas ferramentas não cai em desuso, apenas evolui.

Para tal estudo, pesquisou-se primeiramente autores, neste caso Edmond Couchot, que embasa a representação através da perspectiva do artista e seu olhar e não apenas como uma transferência do real. Em seguida investigou-se as particularidades da representação uma superfície tridimensional, dando enfoque no processo de renderização. Pesquisou-se também as técnicas que envolvem a iluminação 3D e a composição ou criação de *shaders* (materiais).

Esta pesquisa foi necessária para a produção das experiências propostas na seção prática deste artigo, onde pretendeu-se, com o uso da *Cornell Box*⁴ e da *Teapot*⁵, aplicar as técnicas utilizadas por grandes estúdios para a geração de imagens e verificar sua viabilidade de utilização por estúdios de pequeno porte através de um comparativo final que considera consecutivamente produção, qualidade e tempo de geração. A escolha da cena *Cornel Box* e do modelo 3D *Teapot* foi tomada levando em consideração que esta cena é amplamente utilizada por artistas e técnicos para fins de estudos de iluminação e renderização, além de representar um ambiente controlado e comum para produção dos testes.

⁴ Cornell Box - cena padrão utilizada para testes de iluminação.

⁵ Teapot - modelo 3D de uma chaleira de chá utilizado para testes.

Para programar, você precisa entender alguma coisa tão bem a ponto de ser capaz de explicá-la a algo tão tapado quanto um computador.

Fuller, 2008, p. 10

1 O OLHAR DO ARTISTA NA PRODUÇÃO 3D

Segundo Edmond Couchot, a objetivação da imagem se dá pelo olho do espectador e não pela imagem em si, ela é representacional e não possui compromisso algum com o real, porém é importante deixar claro que a partir do momento em que o artista captura ou, neste caso, gera as imagens, imprime o seu olhar sobre o real, e este olhar resultado da renderização é identificado pelo sujeito espectador.

A Morfogênese por projeção implica sempre a presença de um objeto real preexistente à imagem. Cria uma relação biunívoca entre o real e sua imagem. A imagem se dá, então, como representação do real. A Imagem traz do real a marca luminosa, permanente, morfogeneticamente estável, capaz de perdurar no tempo e ser apresentada de novo - representada - indefinidamente. A imagem estabelece uma junção entre dois momentos do tempo. Aquele em que foi captada e aquele em que é contemplada. A lógica figurativa ótica estabelece, portanto, uma relação particular entre o espaço e o tempo, torna-os homogêneos. Representar é poder passar de um ponto qualquer de um espaço em três dimensões a seu análogo (seu "transformador") num espaço de duas dimensões. Mas estabelece também uma relação imediata entre o objeto a figurar, sua imagem e quem organiza o encontro de ambas. A Representação alinha, no espaço e no tempo, o Objeto, a Imagem e o Sujeito. Ela opera, como diz Panofski, "a transposição do espaço psicofisiológico em espaço matemático, em outras palavras, a objetivação do subjetivo." A relação entre os três termos não muda quando se trata de um objeto - personagem, cena, paisagem - totalmente imaginado pelo pintor; ele pinta esse objeto como se estivesse realmente diante dele; é a esse preço que dará ao espectador a ilusão do real, objeto permanente da Representação. (COUCHOT, Edmond, publicado no livro *IMAGEM MÁQUINA* de ANDRÉ PARENTE p.39).

Transferindo a ideia de Edmond Couchot, quanto ao descompromisso com o real, para o universo da computação gráfica podemos abrir mão de processos dispendiosos e dar abertura a processos criativos e de cunho empírico. Podemos como produtores, caminhar entre o que é demasiadamente pesado e o que é rápido e criativo em termos de renderização. Como exemplo disso podemos citar aqui o curta *Caminhos do Ódio* (PLATIGE IMAGE, 2013) onde os artistas encontraram um modo artístico de renderização para gerar nuvens de forma muito mais rápida e ultrapassaram as barreiras do software de criar nuvens volumétricas, processo este demasiadamente pesado quando nos referimos ao tempo de processamento.

O trabalho do artista na produção 3D funciona como o de um pintor, ele utiliza seu conhecimento visual e seu olhar artístico para criar perspectiva, noções de proporção, iluminações etéreas, sombras e efeitos, criando não só a ilusão e percepção crível como também torna belo o convencional, o seu conhecimento do comportamento da luz perante a superfície, permite que o pintor transcreva para a tela a imagem que deseja representar, sem a necessidade de capturar fielmente esta realidade, podendo com a sua expressão fazer-se entender aos olhos do espectador. Para tanto, o pintor utiliza apenas pincel, tela e tinta.

Atualmente, com o avanço da tecnologia e o surgimento da computação gráfica, é possível produzir imagens de ambientes inexistentes, com tamanha riqueza de detalhes e iluminação tão próxima do comportamento real da luz, que podem ser confundidas, até mesmo por pessoas experientes, com fotos de ambientes reais. No entanto, a produção destas imagens pode ser dispendiosa considerando a capacidade de processamento necessária para os cálculos de renderização e o número de quadros necessários para uma animação.

Contudo, apesar da diferença nas ferramentas de produção, a computação gráfica 3D, ou melhor dizendo o artista 3D pode se utilizar dos mesmos conhecimentos de um pintor para produzir uma imagem. O artista 3D pode usar estes conhecimentos para burlar cálculos dispendiosos ao antecipadamente prever ou analisar um quadro teste e criar mimicas perceptuais e críveis.

Devemos entender que este processo de construção não se dá linearmente, é possível voltar etapas e gerar novos resultados que serão sobrepostos em um arquivo final. O artista responsável pela renderização ou composição, pode imaginar o resultado da iluminação, reflexão e densidade de ambiente e gerar cada um destes efeitos ao seu gosto e de forma não linear, podendo assim acrescentar aspectos que sejam necessários na composição. De certa forma o artista possui o poder de usar o que poderíamos chamar de Heurística Artística, ou seja, usando da criatividade e do seu olhar para encontrar soluções viáveis ainda que imperfeitas fotograficamente falando, mas que tentam representar a sua visão e ao mesmo tempo reduzir o processamento computacional advindo dos métodos de renderização avançados.

A decomposição básica de uma imagem 3D pode ser observada (*Figura 1*) onde cada um dos aspectos ou camadas da imagem final pode ser observado separadamente. A este processo damos o nome de multi passagem, onde cada passagem (camada) captura uma propriedade do *shader*, dando desta forma ao artista a liberdade para manipular cada um dos aspectos de forma individual de modo a facilitar mesmo que em pós processamento, a mimica de uma determinada superfície ou colorização advinda de uma luz. Neste método o artista

precisa documentar, como na *Figura 1*, os procedimentos ou etapas de como se deu esta composição para que estas características não sejam discrepantes entre frames ou cenas.

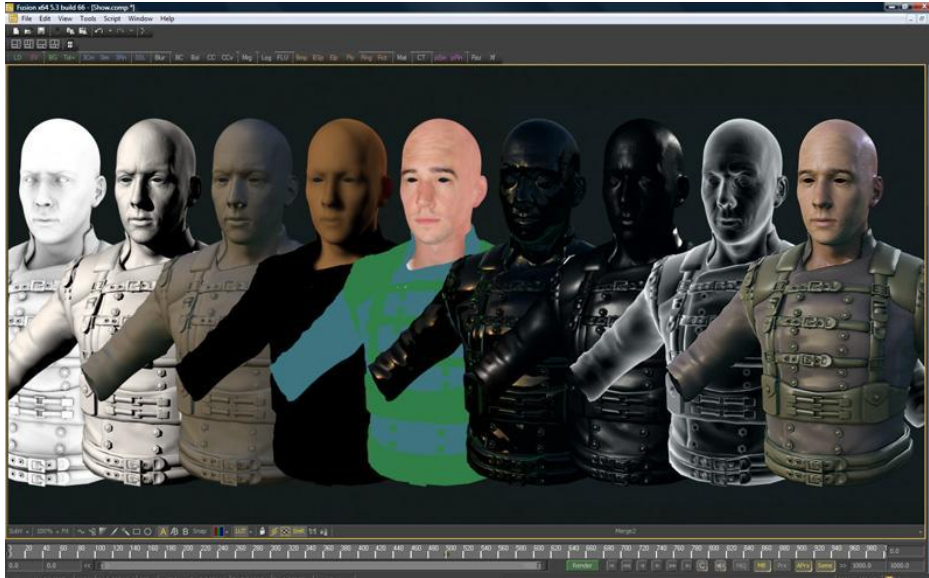


Figura 1: Character Breakdown - criada por Christopher Emerson (http://cgsanctuary.com/christopher_emerson)

2 DOS COMPONENTES E O PROCESSO DE GERAÇÃO DA IMAGEM 3D

Quando falamos em renderização, falamos superficialmente sobre o resultado visual de cálculos matemáticos que levam em consideração a forma do objeto tridimensional, suas propriedades de superfície, a câmera e as qualidades da iluminação da cena onde estes dados são alimentados pelo usuário: animador, artista ou técnico de renderização.

Com relação a forma dos objetos 3D podemos classificá-los como geométricos e orgânicos, formas côncavas, convexas, chanfres e entalhos. Já com relação a superfície dos mesmos é preciso indicar ao computador a sua relação e reação perante uma fonte luminosa, o referido processo de análise e criação é conhecido como *Shading*.

2.1 O SHADER

Segundo Andy Wyatt, diretor dos estúdios Aardman⁶ e professor na Universidade de Falmouth na Inglaterra, *Shading* é um processo onde um conjunto de atributos são aplicados a um modelo definindo assim a substância de que esta superfície é feita, ou seja, informando ao programa renderizador a forma como a luz se comporta perante a superfície deste objeto. Por exemplo, uma esfera só nos parece tridimensional devido ao modo com que a luz ou as luzes incidem sobre ela moldando seu sombreamento, sua tridimensionalidade perceptual pois se fosse uma

⁶ Aardman - estúdio de animação do Reino Unido especializada em Stop Motion e 3D.

cor uniforme afigurar-se-ia bidimensional. O renderizador⁷ trabalha com parâmetros como: transparência, por exemplo o vidro, rugosidade e brilho da superfície. Finalmente, materiais padrão são exemplos de superfícies suaves, neste caso precisando aplicar relevo (*bump maps*) a superfície especialmente se o material é orgânico como madeira, aplicam-se mapas⁸ chamados: *normal*, *bump* ou *displacement*. (WYATT, Andy, 2010)

Para complementar, Jeremy Birn, Diretor técnico da Pixar(2000), descreve o *shader*⁹ como uma substância que se divide em vários canais ou características da superfície que são descritos a seguir:

COR - Cor base do objeto, que é uma característica que reage sob efeito da luz e independe do posicionamento da câmera, baseia-se somente na posição da luz em relação ao objeto. (BIRN, Jeremy,2000)

DIFUSÃO - A difusão representa um filtro que distingue as áreas mais ou menos afetadas pela luz, seu controle é feito com base em gradiente preto e branco, onde o preto é a área que bloqueia a luz de incidir sobre a superfície do objeto e o branco responsável por liberar o acesso da luz a superfície, podendo desta forma alterar aspectos da difusão total do objeto, sua luminância, reflexão e especularidade. (BIRN, Jeremy,2000)

LUMINÂNCIA (emissão) - corresponde a iluminação emitida pelo material e sua superfície. A propriedade luminância independe das demais luzes da cena, também é capaz de gerar luz quando em conjunto do método de Iluminação Global. (BIRN, Jeremy,2000)

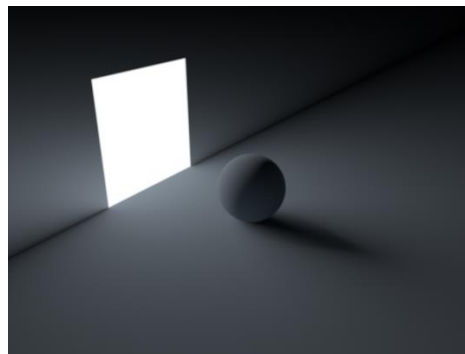


Figura 2 - polígono emissor de luz(luminância) - método de Iluminação global - criada por Rodrigo B. Rodrigues 2014

TRANSPARÊNCIA - Seguindo as leituras de Jeremy Birn, temos a propriedade de transparência do objeto, esta propriedade também é responsável pela refração dos demais objetos da cena. Esta qualidade propõe-se a simular substâncias total, parcial ou localmente

⁷ Renderizador - Programa especializado em gerar resultados de luz.

⁸ Mapas – imagens BITMAP nos mais variados formatos

⁹ Shader - Resultado do processo de shading

transparentes como por exemplo o vidro, a água, alguns tipos de pedras preciosas, o silicone, entre outras. (BIRN, Jeremy,2000)

REFLEXÃO - Habilita a superfície a refletir os demais objetos que compõe a cena. Este canal possui propriedades de coloração e controle de foco da reflexão, também é controlado por mapas de mascaramento onde branco reflete e preto bloqueia a ação do reflexo. (BIRN, Jeremy,2000)

ENVIRONMENT - É uma propriedade capaz de gerar uma falsa reflexão, uma reflexão pré-processada ou capturada, não dá a real habilidade a superfície de refletir outros objetos em cena a menos que a propriedade de reflexão esteja habilitada. Baseia-se em um mapa esfericamente projetado no objeto. (BIRN, Jeremy,2000)

FOG - É uma propriedade volumétrica, capaz de gerar volumes de gases ou substâncias de propriedades parecidas como exemplo as nuvens poeira e fumaça. Utilizado como gerador de atmosfera para cenários. (BIRN, Jeremy,2000)

BUMP - Canal de cavidade, é responsável por simular pequenas imperfeições, solavancos na superfície, uma propriedade capaz de ser visualizada em tempo real que não exige muito processamento, por outro lado não produz resultados tão satisfatórios. Considerado nesse sentido um canal utilizado para representar detalhes a longa distância. (BIRN, Jeremy,2000)

NORMAL - O canal normal possui quase a mesma função do canal de cavidade porém gera detalhes mais apurados pois considera a sombra advinda da iluminação da cena, característica não presente no canal de cavidade (bump). (BIRN, Jeremy,2000)

ALPHA - Responsabiliza-se pela propriedade de invisibilidade, difere do canal de transparência pois não gera informação alguma da parte interna do objeto, ou seja, não possui valores de reflexão interna e refração. Basicamente é um canal para obscurecer uma determinada área da superfície do objeto ou até mesmo o objeto todo. (BIRN, Jeremy,2000)

ESPECULARIDADE - é um canal responsável por definir a área diretamente exposta a luz, simulando o raio mais intenso, a distância mais curta entre a superfície iluminada e a fonte de luz. Este canal baseia-se no ângulo de visão da câmera, no objeto e a luz que o ilumina. (BIRN, Jeremy,2000)

GLOW - O canal brilho ou efeito glow é capaz de gerar incandescência não volumétrica. Usado para agregar veracidade a algumas superfícies como por exemplo o fio incandescente de uma lâmpada ou o detalhe externo em torno de uma lâmpada de neon. (BIRN, Jeremy,2000)

DESLOCAMENTO - Ou displacement, é uma propriedade capaz de gerar deformações reais na geometria no momento da renderização a partir de uma triangulação elevada de polígonos que gera geometrias que são empurradas ou puxadas em um determinado sentido gerando assim

deformações reais na superfície do objeto, por conseguinte este canal é capaz de gerar a partir de suas deformações sombras fisicamente acuradas devido as deformações poligonais reais. Este canal se baseia em mapas pré-fabricados em softwares de escultura e ou escaneamentos de superfícies utilizando scanners à laser. (BIRN, Jeremy,2000)

2.2 SHADERS FÍSICAMENTE PLAUSÍVEIS

O processo de *Shading* vem sendo aprimorado desde sua invenção afim de tornar mais fácil e acessível ao artista chegar a um determinado resultado de superfície. Antigamente utilizava valores artisticamente aproximados para representar as superfícies porém com o avanço do poder computacional, outros métodos vem sendo adotados por estúdios de grande porte como por exemplo a *Disney/Pixar*.

A *Disney/Pixar*, segundo o *paper Physically-Based Shading at Disney* (BURLEY, Brent, 2012), devido aos avanços tecnológicos e renderizadores cada vez mais àgeis, tem adotado o uso de *Shaders BRDF*, conhecidos como *shaders* fisicamente plausíveis. A *Disney/Pixar* defende o seu uso devido a sua possibilidade de reutilização e versatilidade. Segundo Brent Burley, nota-se nos *shaders* fisicamente plausíveis uma versatilidade quando utilizados em cenas diversas onde devemos considerar cenas simples onde se faz uso de iluminações simples, luzes de área fisicamente acuradas até *Image Based Lighting*, o mais avançado sistema de iluminação até os dias atuais (2013).

As premissas adotadas e utilizadas pela *Disney* para a criação de *shaders* fisicamente plausíveis de acordo com o *paper Physically-Based Shading at Disney* (BURLEY, Brent, 2012) baseiam-se na tabela de funções providas pela Mitsubishi Electric Research Laboratories (MERL) que por sua vez descrevem através de medidas provadas mais de 100 materiais (substâncias ou *shaders*).

Neste momento vale ressaltar que este método de *shading* é possível em inúmeros renderizadores, tendo como vantagem sua versatilidade e como desvantagem o alto tempo de renderização por serem *shaders* mais complexos para serem resolvidos pelo renderizador o que resulta em um maior tempo de processamento se comparado com o antigo método artisticamente plausível (o mesmo usado em motores de jogos atualmente).

O método físico de renderização já existe há alguns anos mas foi aplicado pela primeira vez no longa Universidade Monstro (*Monster University - Pixar, 2013*) pois anteriormente isso exigia um poder computacional excessivo para a produção de um longa-metragem, apesar de o método já existir há anos e ser utilizado apenas para imagens estáticas como visualizações arquitetônicas.

Para melhor compreensão, na figura 3 podemos observar os resultados de cada camada, qualidade ou canal que compõe o *shader* separadamente bem como uma amostra de um *shader* fisicamente plausível baseado em BRDF (função de distribuição de reflectância bidirecional).

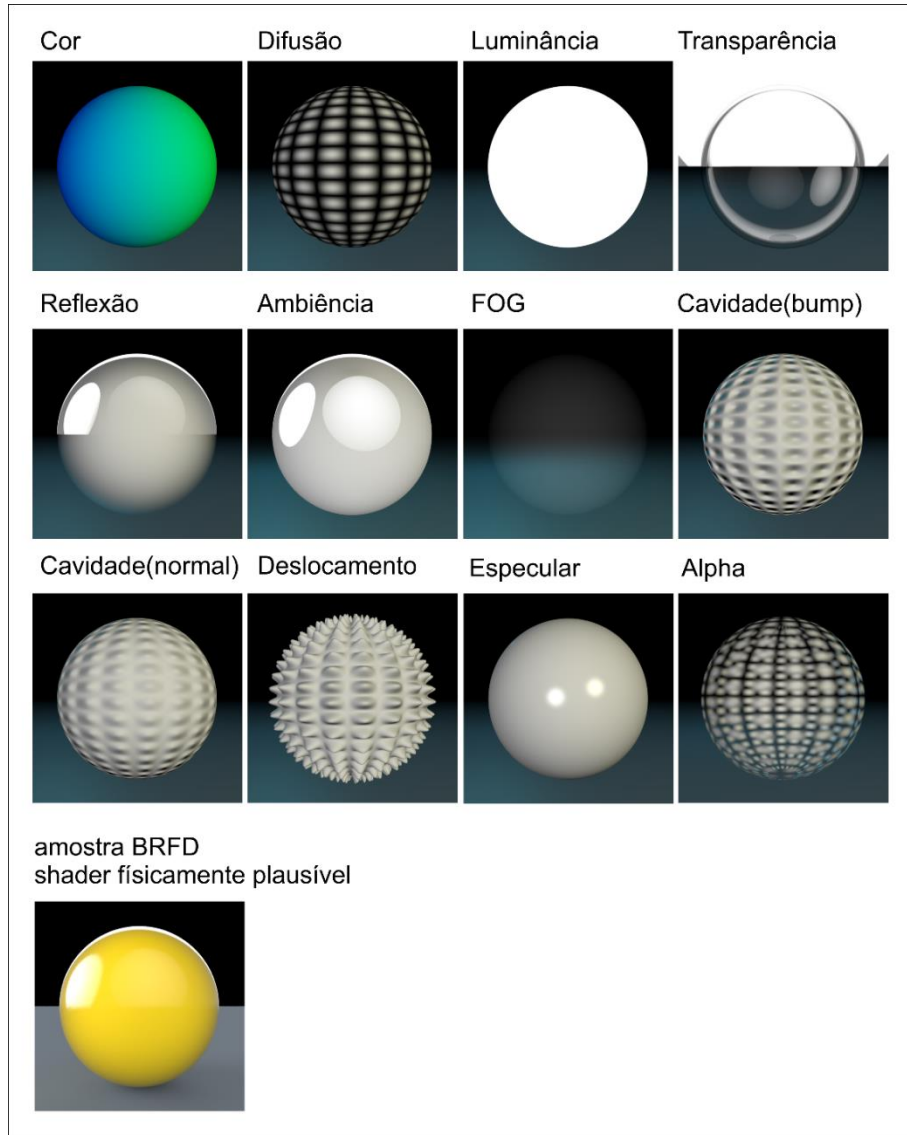


Figura 3 - Tabela de propriedades do *shader*(material) e amostra de um *shader* BRDF - fisicamente plausível.

O olhar do artista 3D, a partir da compreensão sobre cada resultado do *shader* é similar ao modo como um pintor observa seus pigmentos e pensa quais ele deve usar em dado momento de sua pintura. A sobreposição não linear de resultados na imagem final pode até mesmo criar outros resultados que seriam impossíveis ao software desta forma alterando de forma criativa, as limitações do software.

3 DAS TÉCNICAS DE ILUMINAÇÃO

Segundo o livro *Lighting and Rendering* (BIRN, Jeremy, 2000), na computação gráfica existe um ilimitado número de adjetivos que podem ser aplicados para descrever um tipo de luz da mesma forma que existem inúmeros modos de se iluminar uma cena e cada um destes pode também, de certa forma referir-se como uma qualidade da luz.

No texto, Birn tenta deter-se a cinco principais qualidades da luz, levando em consideração a percepção de luzes reais, que são elas: Suavidade, Intensidade, Cor, Volume e Animação mas deixa claro também, que estas qualidades podem ser abordadas por outros autores com outros nomes.

Devido a utilização de *shaders* fisicamente plausíveis como base em suas linhas de produção, a Disney/Pixar, à partir do filme Universidade Monstro (Monster University, 2013) até o mais recente curta Blue Umbrella (2013), aderiram também ao conceito “*physical lighting*” que baseia-se na geração de luzes baseadas em polígonos luminosos (planos, esferas, cilindros ou até mesmo bulbo de lâmpadas corretamente modelados e/ou IBL que refere-se a iluminação a partir de imagem esfericamente projetada em torno da cena. Seguindo esta premissa, a especularidade dos *shaders* se torna obsoleta, dando lugar a utilização de reflexão real para toda e qualquer superfície na cena e controlando a intensidade e o borrão da reflexão a partir da visão do objeto em relação a câmera onde temos um valor X (cor ou propriedade) a 0° grau de ângulo de visão e um valor Y (cor ou propriedade) ao ângulo de 90° em relação a câmera. Estas duas propriedades, nesta pipeline, são agregadas a quase todos os canais(propriedades) do *shader*.

As propriedades de 0° e 90° em relação ao ângulo da câmera, podem ser controladas através do índice de refração (*IoR Value*) ou relação frontal (*facing ratio*).



Figura 4 - exemplo de funcionamento de um *shader* fisicamente plausível - produzido por Rodrigo Rodrigues 2013

Na figura 5 podemos perceber na aplicação de *shaders* e iluminação fisicamente plausíveis uma profundidade maior de cor e luz, bem como uma acurada representação das substâncias presentes que se aproximam da realidade pois seguem o princípio físico das superfícies bem como da iluminação. Na figura 6, nota-se a artificialidade da luz, advinda do antigo método de programação de *shaders* e iluminação que não faziam uso das propriedades de reflexão das superfícies.



Figura 5 - exemplo da aplicação de *shaders* e iluminação fisicamente plausíveis - Universidade Monstro (PIXAR, 2013)



Figura 6 - exemplo da aplicação de *shaders* e iluminação convencionais - Monstros S.A (PIXAR, 2013)



Figura 7 - Forni's Monster - teste de aplicação do método de renderização fisicamente plausível - criado por Rodrigo B. Rodrigues -2013 - imagem destaque no site da Maxon Computing entre os meses de agosto e novembro de 2013 (MAXON.COM)

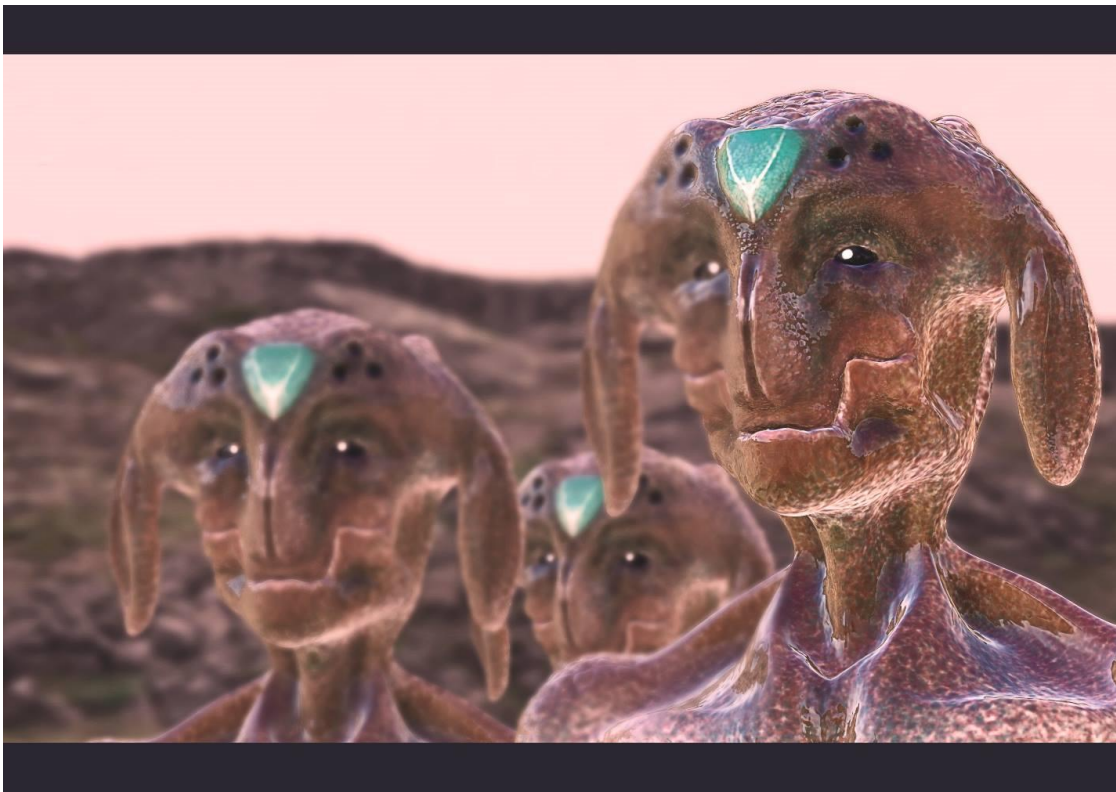


Figura 8 - Os Visitantes - teste de aplicação do método artístico de renderização - criado por Rodrigo B. Rodrigues - 2013

3.1 TRAÇADO DO RAIO(*raytrace*)

O traçado do raio (*raytrace*) por sua vez é uma tecnologia interna do renderizador utilizada para suprir a necessidade artística da propagação da luz e das reflexões. Contrário ao que comumente se pensa, o traçado do raio baseia-se consecutivamente a partir da câmera até o objeto e do objeto ao ponto de luz que o ilumina. Na vida real, na natureza, a luz se propaga de modo inverso, a partir da luz até o objeto e do objeto até nossos olhos. A inversão de como o traço do raio percorre o espaço se dá devido a questões de limitação e otimização computacional onde, se o computador calculasse todos os raios provenientes da luz, muito raios se perderiam no espaço gerando assim uma sobrecarga computacional que não geraria diferença nenhuma na imagem final. Por isso se diz que os raios são dependentes da câmera.

3.2 OCLUSÃO AMBIENTE

Oclusão Ambiente é um efeito que pode ser calculado pelo raytrace ou simplesmente pelo espaço tela ou espaço imagem¹⁰. É capaz de proporcionar sombreamentos ultra suaves baseando-se nos cantos da geometria e em geometrias em contato. Basicamente é uma sombra de contato. Mas muito importante para agregar veracidade a imagem. Pode ser usado artisticamente para colorir objetos proceduralmente¹¹.

3.3 ILUMINAÇÃO GLOBAL

Iluminação Global é um efeito capaz de gerar a iluminação da segunda e demais propagações do raio da luz, ou seja, a iluminação secundária através do rebatimento dos raios. Devemos levar em consideração que, na natureza a luz se propaga de forma incontrollável e nossa visão reconhece o resultado dessa mistura de cores oriundas desta propagação da luz e das cores por ela formadas. Este efeito é crucial para quando o objetivo da imagem a ser gerada é o hiper-realismo, que por sua vez exige uma apuração muito maior que outros estilos de renderização como por exemplo a cartoon. Porém esta tecnologia é amplamente utilizada em grandes produções cartoons por ser capaz de gerar um sangria ou mistura de cores na imagem o que proporciona um enriquecimento de detalhes e uma mescla entre objetos em cena, efeito conhecido como *Color Bleeding*¹² ou mistura de cor no quadro.

¹⁰ Espaço tela – Espaço imagem – não compreende profundidade, o processo ocorre em projeção 2D a partir da imagem final produzida pelo renderizador.

¹¹ *Procedural* – programação procedimental.

¹² *Color Bleeding* - na computação gráfica, sangria da cor, mistura de cores.

Na figura 9, quadro (A) podemos perceber na primeira Cornell Box a iluminação direta do objeto, na segunda, quadro (B) vemos a ação da iluminação calculada em um balanço de luz e cor, na terceira (C) podemos ver claramente o sangramento da cor devido a dois balanços de luz e cor.

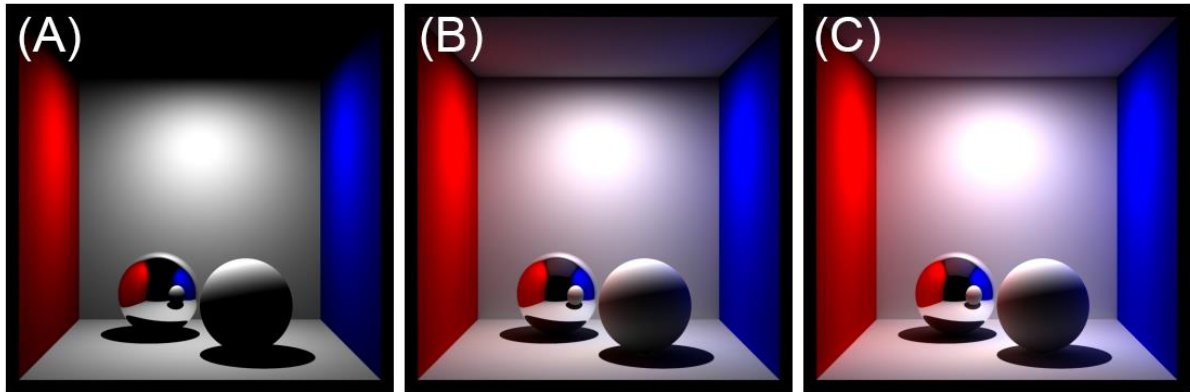


Figura 9 - Iluminação global - fonte: *point-based approximate color bleeding* - H. Christensen - Pixar Technical Memo #08-01

Na prática, a iluminação global é responsável pela iluminação indireta. Seu resultado pode ser observado na figura 10 e 11 onde consecutivamente temos uma imagem apenas com iluminação direta e outra com a iluminação direta acrescida da iluminação indireta que tende a proporcionar uma melhor propagação da luz no espaço da cena.

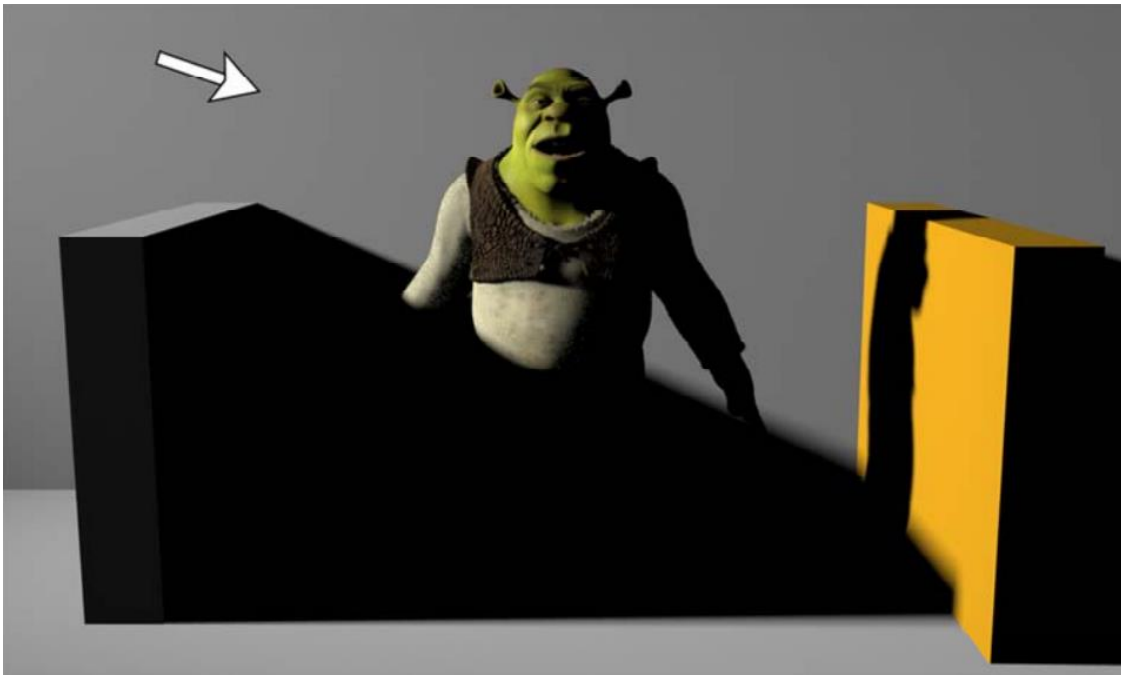


Figura 10 - Direct Lighting example - Eric Tabellion/ Siggraph 2012 - propriedade Dreamworks Animation Studios

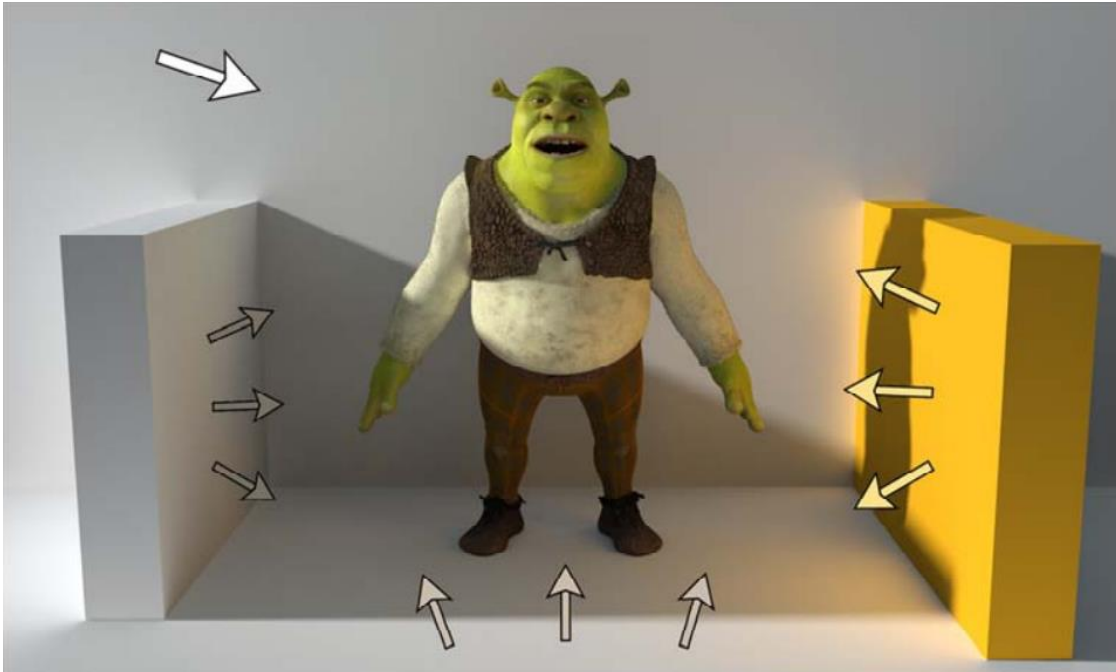


Figura 11 - Indirect Lighting example Eric Tabellion/ Siggraph 2012 Propriedade Dreamworks Animation Studios

4 EXPERIMENTO

Utilizamos a *Cornell Box Scene* (GORAL, Cindy, 1984) e a *Teapot*, a chaleira de chá (NEWEL, Martin, 1975) como modelos ordinários para produzir alguns testes de iluminação, shading e renderização.

Com esta cena padrão, animamos a *Teapot* em uma rotação de 360° para que pudessemos apreciar a cena e sua iluminação com objetos animados. Testamos alguns métodos de iluminação a fim de simular o efeito de Iluminação Indireta ou Iluminação Global e buscamos documentar consecutivamente o método de iluminação utilizado e seu respectivo tempo de geração, trabalhamos com uma resolução baixa de 400x400 pixels porém com tamanho suficiente para apreciação. Os vídeos dos testes produzidos foram gravados no DVD em anexo a este artigo.

Para produzir os testes utilizamos o programa **Maxon Cinema 4D** versão 15, considerado um dos softwares padrões da indústria de animação, a máquina utilizada para o estudo foi um processador **AMD Piledriver FX 8350** de oito núcleos de processamento rodando a 4.2 ghz e equipado com **16 GB de memória RAM**. Os demais aspectos da máquina não representam significância dentro da performance de renderizadores baseados em processador (*CPU*).

Para produzir o teste utilizando Iluminação Global, inserimos um ponto de luz utilizando um polígono emissor no topo da Cornell Box e habilitamos o processamento de luz com base no algoritmo Monte Carlo (o mais complexo e apurado método) com valor de 2 rebatimentos de luz que em suma já é capaz de produzir uma iluminação crível visualmente segundo os testes produzidos por H. Christensen (figura 7).



Figura 12- Iluminação Global - amostra ideal utilizada como referência - 35 minutos de geração - produzida por Rodrigo B. Rodrigues (2013)

Já para produzir o teste tentando criar uma mimica do processo de Iluminação Global, utilizamos o mesmo polígono luminoso acrescido de uma luz omnidirecional. Utilizando os resultados do teste produzido com Iluminação Global como referência, pudemos perceber onde a luz rebatia nos polígonos das paredes da Cornell box. Dada esta percepção posicionamos luzes paralelas nas paredes da Cornell box, onde a cor (temperatura) de cada luz foi configurada correspondendo a cor da sua respectiva parede. Em seguida as cores e intensidades das luzes foram sendo corrigidas tendo em mente a aproximar-se da imagem referência. A diferença do tempo de produção (não geração) entre os dois testes foi irrisório, aproximadamente 10 minutos para cada.

O tempo de renderização do método artístico foi de seis segundos por quadro enquanto o tempo de renderização do método com Iluminação Global chegou a quatro minutos por quadro para uma imagem aceitável visualmente com um pequena granulação, chegando a trinta

e cinco minutos para a obtenção de uma imagem livre de granulados. O resultado dos métodos foi levemente discrepante a nível perceptual porém como benefício a esta discrepância de qualidade de luz, em seis segundos obtivemos uma imagem livre de granulação e não discrepante entre quadros. É claro que a mistura de cores geradas pela Iluminação Global não consegue ser reproduzida fielmente por outros métodos que não a própria Iluminação Global mas, a mimica parece ser uma solução viável quando busca-se por um método de geração mais rápido e menos dispendioso, fatores importantes em uma produção freelance ou um estúdio de pequeno porte.

Nas páginas seguintes, por questão organizacional, apresentamos exemplos dos resultados obtidos nas técnicas testadas, porém estaticamente, os quadros gerados no método de iluminação global e método artisticamente iluminados muito se aproximam:



Figura 13 - Iluminação normal gerada pelo computador (6 segundos)



Figura 14 - Iluminação Global gerada pelo computador (6 minutos)



Figura 15 artisticamente iluminado (6 segundos)

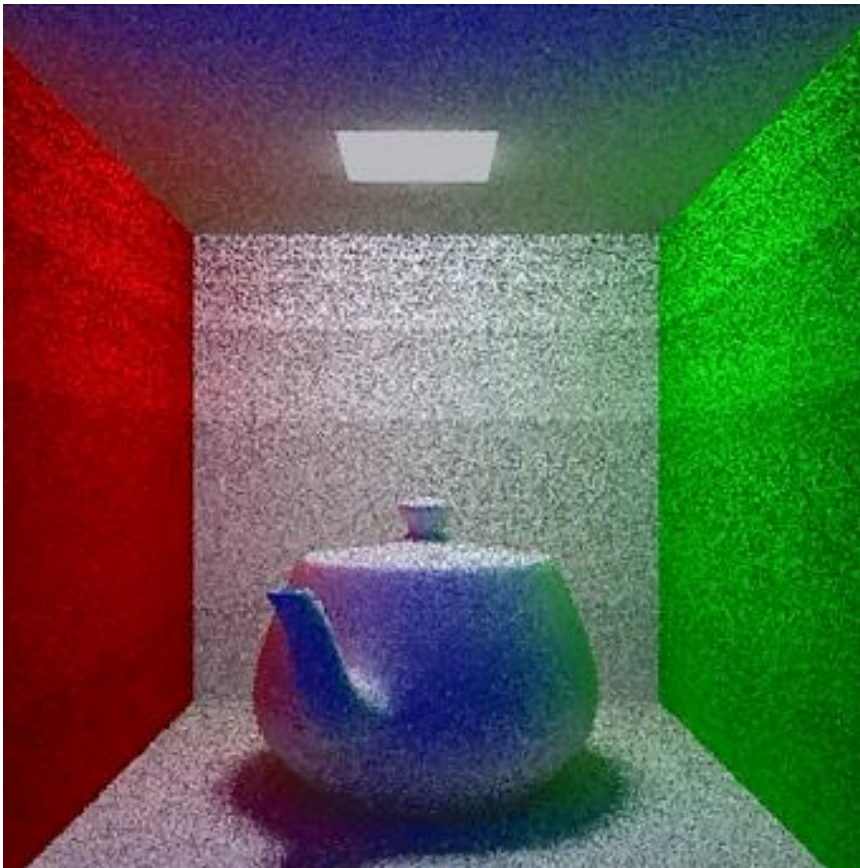


Figura 16 Iluminação Global gerada pelo computador (6 segundos)

A partir das informações visuais obtidas dos testes de renderização, criamos um gráfico fazendo um comparativo entre técnicas de iluminação e renderização, seu tempo e seu resultado tornando desta forma mais fácil a leitura dos dados obtidos.

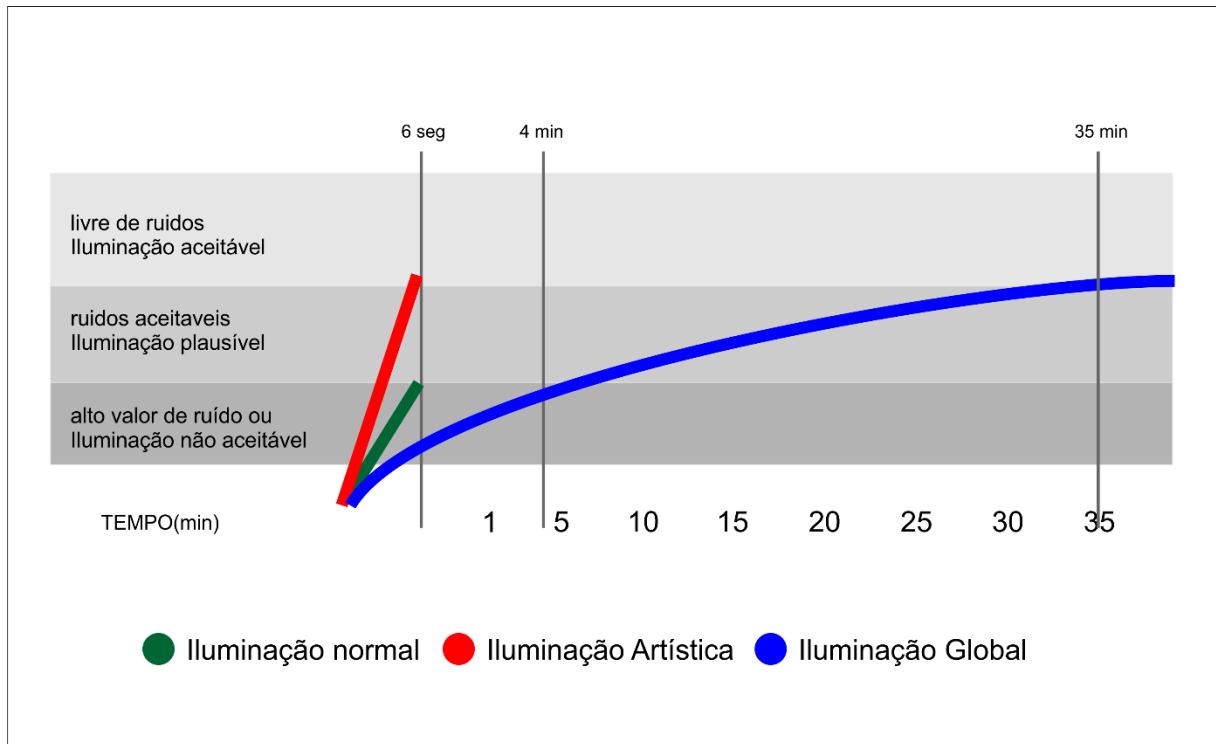


Figura 17 - gráfico de desempenho de geração - Rodrigo Rodrigues - 2014

A linha verde representa a renderização utilizando iluminação normal sem luzes de balanço e sem a utilização de Iluminação Global. Sua geração percorre seis segundos e resulta em uma imagem pobre e mal iluminada segundo a percepção do autor.

A linha vermelha representa a trajetória da imagem iluminada artisticamente, iluminada pelo autor deste artigo, tendo como referência uma imagem ideal. Percorre seis segundos de geração e se apresenta livre de ruídos e com uma iluminação aceitável

Já o traço azul representa a trajetória da construção da imagem iluminada utilizando Iluminação Global onde percorre seis minutos para chegar a uma qualidade levemente ruidosa e com uma iluminação plausível. Progressivamente elevando o tempo e qualidade até trinta e cinco minutos. Tempo em que quadro ficou livre de ruídos e com uma iluminação aceitável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como podemos perceber neste estudo, pensar em um projeto de animação 3D requer consciência sobre inúmeros aspectos relevantes à produção, principalmente com relação ao seu resultado final.

A imagem primária, que é gerada pelo renderizador não deve ser vista como a imagem final, mas sim, como uma camada da composição do todo (animação) onde, como um pintor, o artista 3D possui o poder de subjugar o software, acrescentando aspectos que se fizerem necessários para a criação da imagem final.

Dando continuidade, conforme os testes produzidos e o gráfico apresentado, podemos perceber o quão complexo, no sentido de sobrecarga computacional, se dá a renderização avançada utilizando métodos de iluminação indireta.

Foi perceptível a grande diferença entre tempos de geração em função dos métodos de iluminação e *shading*, onde percebeu-se quanto mais tempo de geração melhor a qualidade, ou seja, menor o ruído e discrepância entre quadros porém quanto mais qualidade se obtém, mais tempo leva para que esta imagem seja melhorada, chegando a momentos onde a melhoria se torna quase insignificante visualmente.

Nos casos onde a mímica de processos avançados de renderização foi aplicada foram obtidos resultados similares dentro de suas limitações, com um tempo de geração muito menor quando comparado ao método de iluminação global testado também neste trabalho.

Ainda que imperfeitas, no sentido de representação da luz, as imagens (os quadros da animação) produzidas buscando mimetizar a iluminação global, conseguem passar credibilidade no sentido de aceitação visual. Percebemos também que essa mimetização só é percebida quando há uma outra imagem mais refinada para comparação.

Sendo assim esta técnica de mimetismo, de simulação de efeitos avançados pôde reduzir, não somente o tempo de renderização, como também a discrepância entre frames caracterizada pelo ruído das gerações feitas com métodos avançados de processamento.

Notou-se também que na renderização pelo método de Iluminação Global, o ruído se apresenta de forma inversamente proporcional ao tempo transcorrido ou seja, quanto maior o tempo de geração menor a ocorrência de ruído, porém, quanto menos ruído presente na imagem mais ela demora para ser novamente refinada.

Diante dos testes produzidos, na cena Cornell Box e no computador AMD FX 8350 de 8 núcleos rodando a 4,2ghz, pudemos perceber que se contabilizarmos hipoteticamente que 30 segundos de animação correspondem à 900 quadros, considerando 30 quadros por segundo, temos 90 minutos de geração para a animação artisticamente iluminada (mimica).

Já para a animação que utiliza da Iluminação Global gerada pelo computador, os mesmo 900 quadros, na melhor das hipóteses, levariam 60 horas para serem gerados, chegando a 525 horas (compreendendo o computador disponível para o estudo) para tornar essa animação livre de ruído.

Bibliografia:

ANDY WYATT - *The Complete Digital Animation Course*. CANADA – 2010 – Editora Barron's.

BIRN, Jeremy. *Digital Lighting & Rendering*. EUA, 2000 - ISBN: 1-56205-954-8

BIRN, Jeremy. *3D Glossary* disponível em <http://www.3drender.com> – acessado em 03/07/2013.

BLEVINS, Neil http://www.neilblevins.com/cg_education - acessado em 04/07/2013

FULLER, Matthew (Ed.). *Software studies: a lexicon*. Software Studies. Massachusetts: The MIT Press, 2008.

H. CHRISTENSEN – *Point-Based Approximate Color Bleeding* – *Pixar Animation Studios* – *Pixar Animation Studios* – 2008.

H. CHRISTENSEN – *Point-Based Global Illumination for Movie Production* – *Pixar Animation Studios* - 2010.

JULIA FONG, DANVID M. LAUR, H. Christensen* – *Ray Tracing for the Movie “Cars”* – *Pixar Animation Studios* -2006.

PARENTE, ANDRÉ - *Imagem Máquina* - 1993

ANEXOS:

1 - DVD - o DVD em anexo contém os vídeos dos experimentos produzidos para fins de apreciação.