

# Da Perspectiva Artificialis ao Cyberespaço: Motor Gráfico e a Visualização Interativa da Luz Natural no Interior do Edifício

From perspectiva artificialis to cyberspace: Game-engine and the interactive visualization of the natural light in the interior of the building

Evangelos Dimitrios Christakou

Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo — Universidade de Brasília  
vangelis@unb.br

Neander Furtado Silva

Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo — Universidade de Brasília  
neander@unb.br

**Abstract.** In order to support the conceptual design, the architect used throughout the years, mockups - scaled physical models - or perspective drawings that intended to predict architectural ambience before its effective construction. This paper studies the real time interactive visualization, focused on one of most important aspects inside building space: the natural light. Although the majority of physically-based algorithms currently existing was designed for the synthesis of static images which may not take into account how to rebuild the scene - in real time - when the user is doing experiments to change certain properties of design.

**Keywords.** computer simulation; computer visualization; Natural Light; real-time interactivity.

## 1.A visualização computacional e sua aplicação no processo de projeção arquitetônica

O processo inicial de criação de espaços arquitetônicos e seus desdobramentos intuitivos é comumente conhecido entre os arquitetos brasileiros como definição do “partido”. Para apoiar a criação do “partido” o arquiteto utilizou ao longo dos anos, as maquetes - modelos físicos de dimensões reduzidas - ou os desenhos em perspectiva que pretendiam representar previamente o espaço projetado antes de sua efetiva construção. Estas técnicas de representação desempenhavam papel importante, especialmente ao antecipar possíveis conflitos entre os diversos componentes arquitetônicos – estrutura, aberturas, tubulações, etc. - que devem estar coordenados e correlacionados entre si, promovendo melhores alternativas de projeto arquitetônico.

“Ver” a obra pronta – visualizar o projeto proposto - antes mesmo de sua construção, sempre foi um grande desejo – e necessidade intrínseca - do arquiteto.

*“Durante quase cinco séculos, as necessidades figurativas da civilização ocidental foram satisfeitas por um sistema de representação plástica do espaço conhecido como perspectiva artificialis que é uma representação figurativa que procura obter a ilusão da profundidade com base nas leis objetivas do espaço formuladas pela geometria euclidiana e teorizada por Leo Batista Alberti” (MACHADO, 1984, p. 63).*

Séculos depois da formulação matemática de Alberti, outra importante ferramenta de representação foi desenvolvida, fundamentada na tecnologia digital dos computadores aliada a algoritmos complexos e sofisticados de simulação do espaço virtual. “A imagem é o resultado de estímulos luminosos produzidos por um suporte bidimensional” (GOMES e VELHO, 1994, p. 131). O processo de conversão de dados em imagem é conhecido pelo nome de visualização computacional, materializada na imagem de síntese gerada por computador a partir de dados abstratos, independentes do domínio do mundo real.

A tecnologia computacional de visualização tem contribuído para o estabelecimento de novas interfaces usuário-computador, novos paradigmas para tratar dados muito complexos, com capacidade até mesmo de representar novos mundos virtuais nunca antes vistos. Estes processos estão explícitos na indústria de jogos eletrônicos (games e consoles) atuais, com excepcional poder de processamento computacional gráfico, promovido principalmente pela utilização das técnicas de renderização desenvolvidas para o processamento diretamente nas Unidades de Processamento Gráfico (GPU) programáveis (NVIDIA Tesla C1060 Computing Processor aliado ao CUDA sistema de paralelização de processamento gráfico). As Unidades de Processamento Central (CPU) neste caso devem estar encarregadas somente de processamentos computacionais genéricos.

A visualização computacional teve início na tese de doutoramento “Sketchpad, a man-machine graphical communication system” de Sutherland (1963). Esta tese contribui até os dias de hoje, fundamentalmente no desenvolvimento da relação homem-computador por meio de interfaces gráficas que permitem interação com os objetos que são exibidos na tela do computador.

A visualização computacional do edifício pode ser dinâmica e interativa quando gerada em ambientes virtuais. Nestes, o olho do arquiteto navega na tela do computador, que se transforma em uma “janela” do espaço arquitetônico sintético, utilizando a metáfora de SUTHERLAND (1965) (processo não imersivo, conhecido como Fishtank ou aquário).

## 2.Os ambientes virtuais interativos em tempo real e a Iluminação Global

As janelas interativas em tempo real – ou seja, aquelas que não demandam nenhum tempo de espera em suas interações com o usuário -, nesta pesquisa serão denominadas como Ambientes Virtuais Interativos em Tempo Real (AVITR) (figura 1). Note-se que evitamos o termo “realidade virtual” comumente utilizado na Computação Gráfica (CG) para evitar comparações com aplicativos que não se propõem a utilizar os parâmetros físicos como fundamentos para a geração das imagens de síntese.

Propõe-se no presente trabalho que a geração e manipulação dos AVITR fundamentem-se na tecnologia dos jogos eletrônicos computacionais (JEC). Além da experiência lúdica, os JEC proporcionam diversas aplicações multidisciplinares exploradas inicialmente no Massachusetts Institute of Technology (MIT) nos EUA. Aspectos fundamentais como imersão, interatividade e espacialidade navegável propiciam aplicações promissoras na visualização do espaço arquitetônico.

Depois da geração dos dados iniciais da cena, o aplicativo busca informações pré-computadas e armazenadas em banco de dados. Ao mesmo tempo, estas informações são distribuídas para o motor gráfico ou motor físico (se necessário) para gerar e aplicar a interatividade e navegabilidade. Este processo pode ser processado em tempo real ou “off-line” também conhecido como “batch rendering”.

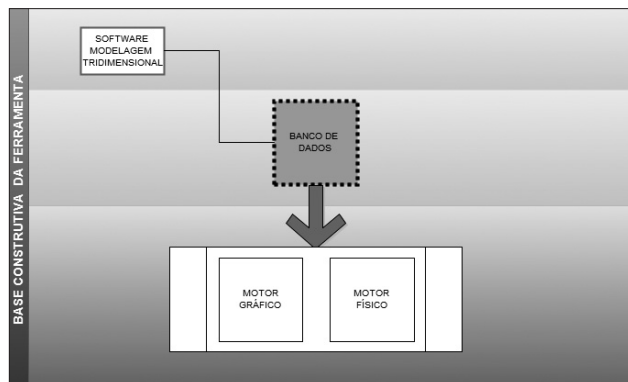


Figura 1 – Ferramenta proposta, software de modelagem apoiado em banco de dados.

Mas para que os AVITR sejam realmente úteis, não basta que sejam interativos. Para o arquiteto, além de ser fisicamente correta, a avaliação preditiva da LN deve ser em tempo real, provendo avaliação dinâmica das alterações propostas no futuro edifício, recurso valioso, principalmente nas fases iniciais do processo de projeção, onde existe alto grau de aspectos subjetivos a serem resolvidos (CHRISTAKOU 2004, p.24).

Cada simulação de uma cena arquitetônica envolve alguns milhares de faces e milhões de polígonos. Diante desta complexidade - durante algum tempo - se considerou que a cadência de imagens, necessária para gerar a interatividade, era incompatível com a síntese de imagem compromissada com os princípios da Iluminação Global (IG).

Segundo Erlich (2002) os algoritmos de IG são fisicamente corretos, pois fundamentam seus cálculos nas propriedades físicas e comportamentais da luz, tanto na escala macro (propagação da luz diretamente da fonte ao observador) como em escala micro (interações da luz com as características das superfícies) (ERLICH 2002).

Um dos principais obstáculos para o uso efetivo da IG em ambientes interativos em tempo real (TR) é que a maioria dos algoritmos de IG foi concebida para a síntese de imagens estáticas que não podem atender a necessidade de reconstruir a cena em TR quando o usuário muda alguma das propriedades da mesma.

Quando estas mudanças acontecem - mesmo que insignificantes - todos os cálculos devem ser refeitos desde o início, isso demanda um nível de processamento que é incompatível com a animação de seqüências ou a interatividade (DAMEZ, DIMITRIEV e MYSZKOWSKI 2003).

Enquanto os algoritmos de IG levam alguns minutos, ou até mesmo algumas horas, para gerar apenas um fotograma. Nas técnicas em TR não se admite que um décimo de um milésimo de segundo seja despendido para tal tarefa. Uma revisão sobre o assunto está acessível em: (AKENINE-MOLLER and HAINES 2002).

## 3.Revisão bibliográfica

A interatividade, imersão e navegabilidade nos JEC é gerada por meio das game engines (motor gráfico) que referem-se a uma coleção de módulos de códigos de simulação que não determinam previamente a lógica do jogo [LEWIS e JACOBSON, 2002]. Uma introdução as técnicas de programação para game engine, assim como uma breve história do desenvolvimento dos games e consoles podem ser encontradas em (GREBLER 2006, 1-16).

As técnicas de rendering em TR têm sido desenvolvidas e aplicadas aos jogos eletrônicos, especialmente no que diz respeito à transferência do processamento da CPU para a GPU's programáveis - conhecidas como Vertex Shaders e Pixel Shaders - que foram discutidas por (WATT e POLICARPO 2003, p. 189)

Revisão das técnicas utilizadas pelas games engines e softwares correlatos foram abordadas em (KADA e FRITSCH 2004) demonstrando como podem ser adotados para desenvolver visualizações de projetos arquitetônicos. Os ambientes arquitetônicos são modelados por meio de definições de Constructive Solid Geometry (CSG) combinando formas simples como cubos, pirâmides e esferas. Sobre este modelo tridimensional simplificado são aplicados os mapas de texturas que podem ser sintéticas ou obtidas por meio de fotografias a partir de um banco de dados.

Quando se trata da interatividade em TR, as estratégias mais eficientes atualmente estão entre aquelas que utilizam a aceleração de hardware da GPU no processamento de imagem por Pixel Shade - e tem potencial para renderizar ambientes complexos em taxas de fotogramas por segundo (FPS) satisfatórias (mínimo de 10 FPS) para o uso interativo, aplicando texturas pré-computadas, mapas de ambiente e shaders cache de pixel e vertex sofisticados (TOLE et al. 2002)

(NIJASURE, PATTANAIK e GOEL 2005) propõem a aplicação de um algoritmo de IG progressiva processado em paralelo em GPU. Apresentam experimentos em cenas de geometria complexas onde os objetos e as fontes de luz se movimentam. Com resultados promissores ao obter altas taxas de FPS utilizando vertex e fragment shaders, aplicados em hardware ATI Radeon 9800.

## 4.Aplicação dos jogos eletrônicos computacionais

A capacidade de visualizar um mundo virtual com iluminação global - fundamentada nos fenômenos físicos - e dinamicamente mudar o ponto de vista, a geometria e a iluminação, é um grande desafio para a comunidade de pesquisa em computação gráfica.

Algumas limitações computacionais ainda precisam ser resolvidas no âmbito dos JEC, uma destas é que a câmera deve responder a eventos “unscripted” (ou seja, não previsíveis) onde reside a maior dificuldade para projetar sistemas tempos real. O uso crescente da animação em ambientes virtuais, marcado pela inclusão da modelagem da física e de sistemas complexos de detecção de colisão, significa que os sistemas da câmera devem ser ainda mais eficazes (HAIGH-HUTCHINSON 2009).

Imagens High-dynamic-range (obtidas por meio de aparelhos fotográficos específicos) iluminam a cena, com as técnicas de renderização fundamentadas em imagens. Alguns aspectos sobre a especificidade climática do sítio do futuro edifício necessitam maior cuidado nesta pesquisa.

Uma nova interface, fundada no paradigma dos JEC, amplia os horizontes da simulação interativa em tempo real. Onde o arquiteto pode experimentar, examinar e escolher as melhores alternativas de projeto (figura 2). Para tanto é necessário aplicar

o motor gráfico dos JEC aos algoritmos de IG e adotar estratégias eficientes de rendering em tempo real.

O processo de geração dos AVITR esta fundamentado na interatividade proporcionada pelo motor gráfico do Blender, na simulação da LN pelo RADIANCE e no pré-processamento e armazenamento em “Cache” (RenderCache) que coordenados por uma interface dedicada (figura 2) ao fluxo de trabalho do arquiteto permite gerar e avaliar novas alternativas ao “partido”, em tempo real.

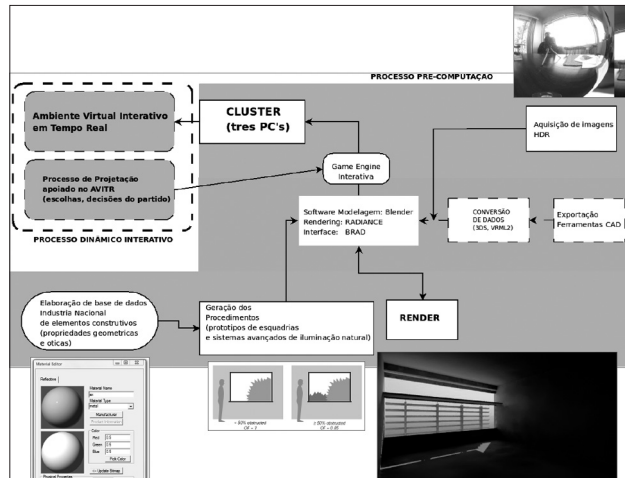


Figura 2 Ambientes virtuais interativos em tempo real

## 5. Considerações finais

Os AVITR como suporte tecnológico computacional ao processo de projeção, potencialmente proporcionam simulações luminicas do edifício, sob a influência direta das ações do observador da “Janela Interativa”. A experimentação simultânea de novos dados da cena, os parâmetros volumétricos, propriedades óticas das superfícies dos materiais - texturas, cores - do controle da luz natural que ilumina o interior do edifício, refletem-se de forma instantânea na tela do computador de acordo com as intervenções do arquiteto.

Esta pesquisa investiga a possibilidade de integrar a experiência dos AVITR ao processo de elaboração do projeto de arquitetura, na definição do “partido”. Particularmente no estudo do controle da LN com objetivo de prever os parâmetros que tratam das iluminâncias, das luminâncias, e sua distribuição espacial.

Nos AVITR o arquiteto pode prever e avaliar qualitativa e quantitativamente a LN, tomando decisões no “partido” com convicção de que a imagem na tela do computador, com a qual interage, é uma predição confiável e precisa das condições luminicas reais.

Uma aplicação futura desta pesquisa é a criação de ferramenta computacional integrativa que incorpore motor gráfico do Blender (software de modelagem tridimensional) e as possibilidades de simulação da luz natural amplamente validada do Radiance (WARD, 2002). Transportando a interatividade e imersão da “Janela virtual” para o domínio da imagem de síntese fundamentada nos parâmetros físicos da IG e ao mesmo tempo em que inclui as necessidades de experimentação das fases iniciais do processo de projeção arquitetônica.

## Referências bibliográficas

- AKENINE-MOLLER, T. e HAINES, E.: 2002, Real-Time Rendering. Segunda ed. A K Peters Ltd, Massachusetts
- CHRISTAKOU, E. D.: 2004, A simulação da luz natural aplicada ao projeto de arquitetura. Brasília: Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Programa de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade de Brasília, DF
- DAMEZ, C.; DIMITRIEV, K.; MYSZKOWSKI, K.: 2003, State of art in global illumination for interactive applications and high-quality animations. Computer graphics forum. p. 55-77.
- ERLICH, C. K.: 2002, Computer Aided Perception: A method to Evaluate the Representation of Glare in Computer Graphics Imagery. Dissertação de mestrado em Ciência da Computação, Universidade de Berkeley, California
- GOMES, J. e VELHO, L.: 1994 Computação gráfica: Imagem. Rio de Janeiro: Editora IMPA/SBM
- GREBLER, E.: 2006, Game programming for teens. Boston: Thomas Course Technology
- HAIGH-HUTCHINSON, M.: 2009, Real-Time cameras: a guide for Game designers and developers, Morgan Kaufmann
- KADA, M. e FRITSCH, D.: 2004, Visualisation using games engines, em XXth ISPRS Congress. Istanbul
- LEWIS, M. e JACOBSON, J.: 2002, Game engines in scientific research, Communications of the ACM.
- MACHADO, A.: 1984 A Ilusão Especular: introdução à fotografia. Ed. Brasiliense. São Paulo.
- MACIEL, K. E PARENTE, A (org): 2003, Redes sensoriais: arte, ciência, tecnologia, Contra Capa Livraria, Rio de Janeiro
- NIJASURE, M, S PATTANAIK, and V GOEL.: 2005, "Real-Time Global Illumination on GPUs." Journal of graphics tools, p. 55-71.
- NVIDIA: 2009, Manual técnico em [http://www.nvidia.com/object/product\\_tesla\\_c1060\\_us.html](http://www.nvidia.com/object/product_tesla_c1060_us.html), acessado em janeiro de 2009
- SUTHERLAND, I.: 1963, Sketchpad a man-machine graphical communication system. Massachusetts: Tese de doutorado em Ciência da Computação, MA
- \_\_\_\_\_: 1965, The Ultimate display em Proceedings of the Int.Fed. of Information Processing Congress, vol 2, p. 506-508.
- TOLE, P.; PELLACINI, F.; WALTER, B.; GREENBERG, D. P.: 2002, Interactive Global Illumination in Dynamic Scenes em Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. San Antonio, Texas: ACM New York, NY, p. 537 - 546.
- WATT, A. e POLICARPO, F.: 2003, 3D games-animation and advanced real-time rendering. Ediburgo: Pearson Education Limited-Addison Wesley
- WARD, <http://radsite.lbl.gov/radiance>. Acessado em junho, 2002