

<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc>
<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i1.8643565>

MODELAGEM E ANIMAÇÃO PARA ANÁLISE DE ESPAÇOS EM PROJETOS NÃO CONSTRUÍDOS

MODELING AND ANIMATION FOR ANALYSIS OF UNBUILT SPACES

Wilson Florio ¹

Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil, wflorio@uol.com.br

Ana Tagliari ²

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, anatagliari@hotmail.com

Resumo

Esta pesquisa, realizada entre os anos de 2012 e 2015, investigou doze projetos não construídos do arquiteto Vilanova Artigas por meio de modelagem paramétrica e animação. A análise a partir da animação permitiu *visualizar* a conexão espacial entre diferentes ambientes durante o percurso virtual. Neste texto o foco reside nos procedimentos metodológicos adotados para a análise dos espaços dos projetos selecionados. O artigo está estruturado em três tópicos. O primeiro pormenoriza o critério de seleção dos projetos, assim como os procedimentos metodológicos relativos à modelagem geométrica e paramétrica, com o auxílio do Rhinoceros e do Grasshopper. No segundo tópico são explicitados os conceitos sobre os tipos de simulações, as subetapas do processo de simulação de espaços internos no programa 3D Max, bem como a produção das animações. No terceiro tópico é realizada uma discussão sobre as dificuldades e descobertas inesperadas ocorridas durante a investigação, e os resultados obtidos. A contribuição original do artigo reside na investigação de projetos pouco estudados, assim como os procedimentos metodológicos de análise de espaços internos, que envolvem a interpretação por desenhos e simulações amparados pelas novas tecnologias digitais.

Palavras-chave: Modelagem. Animação. Simulação. Percepção. Vilanova Artigas.

Abstract

This research, developed between the years 2012 and 2015, investigated through parametric modeling and animation twelve unbuilt projects designed by the architect Vilanova Artigas. The analyses allowed visualize the spatial connection between different spaces in the virtual tour. The focus of this paper is on the methodological procedures adopted for the analysis. This paper is divided in three topics. The first details the selection criteria, as well as the methodological procedures for geometric and parametric modeling using Rhinoceros and Grasshopper. In the second topic are explained concepts about types of simulations, the sub-steps of the simulation process in internal spaces using 3D Max program as well as the production of animations. In the third topic a discussion is held about the difficulties and unexpected discoveries made during the investigation, and also the results obtained. The original contribution of the article lies in investigating unnoticed projects, and also the methodological procedures analysis of internal spaces, which involve the interpretation of drawings and simulations by new digital technologies.

Keywords: Modeling. Animation. Simulation. Perception. Vilanova Artigas.

How to cite this article:

FLORIO, Wilson; TAGLIARI, Ana. Modelagem e animação para análise de espaços em projetos não construídos. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 2, p. 61-74, jun. 2016. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8643565>>. Acesso em: 30 jun. 2016.
doi:<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i1.8643565>.

Introdução

A partir dos anos 1990 a investigação de espaços internos de edifícios não construídos tem sido realizada com o amparo de recursos computacionais. A intensificação desse método de análise, assim como sua profundidade de investigação, deve-se, sobretudo, à rápida expansão das tecnologias digitais, tais como programas gráficos, plugins, prototipagem rápida e fabricação digital. Consequentemente, têm aumentado significativamente o número de pesquisas sobre projetos desconhecidos, e que apresentam importância dentro do conjunto da obra de arquitetos, revelando camadas de conhecimentos subjacentes importantes para o entendimento no que diz respeito à história e à natureza do processo de projeto no âmbito da arquitetura.

Pesquisas relevantes realizadas sobre projetos não construídos, tais como, Collins (1979), Mitchell (1994), Galli e Mühlhoff (2000), Larson (2000) e Foscari (2010) atestam a importância desse tipo de estudo em arquitetura. Estes autores introduziram diferentes procedimentos metodológicos para investigação e análise de projetos não edificadas.

Collins (1979) estudou os projetos visionários da arquitetura moderna do início do século XX, e destaca dois tipos de projetos visionários: os utópicos, que se baseiam na tecnologia e no futuro, e aqueles que possuem um apelo social. Um exemplo de projeto visionário, que antecipou e apontou o futuro, é o projeto do edifício na Friedrichstrasse, (Torre de Vidro), concebido por Mies van der Rohe em Berlim, em 1921. Assim como outros arquitetos, na década de 1920 Mies usou o recurso de fotomontagem para expressar suas ideias naquele momento.

Larson (2000) do Massachusetts Institute of Technology (MIT) investigou projetos não construídos de Louis Kahn. O autor observa que Kahn deixou muitos projetos importantes não construídos, especialmente entre os anos de 1959 e 1963, onde o arquiteto testou e gerou novas proposições. Sua pesquisa investiga as inspirações que levaram o arquiteto a chegar às ideias de seus projetos, e apresenta imagens renderizadas de espaços não construídos.

Outra pesquisa relevante para este tema é a de Galli e Mühlhoff (2000). Estes pesquisadores investigaram projetos não construídos do importante arquiteto italiano Giuseppe Terragni. Galli e Mühlhoff (2000) atentam para o fato de que o uso de modelos virtuais favorece a organização de informações que acarreta uma análise diferenciada do projeto:

Here the computer is not merely used as a means of producing images or storing data, but it acts as the researcher's privileged partner, supporting the

process of analyzing, interpreting, understanding and illustrating the projects studied. (GALLI; MÜHLHOFF, 2000, p.10).

Devido ao fato da arquitetura ser plenamente compreendida na relação espaço-tempo, adotou-se na presente pesquisa a animação como um meio de apreciar espaços em movimento, que incluísse o fator *tempo*. Como bem afirmou Le Corbusier:

[...] Arquitetura não é um fenômeno sincrônico, mas um fenômeno sucessivo, constituído de enquadramentos que se adicionam uns aos outros, que se sucedem uns aos outros no tempo e no espaço, como a música. (LE CORBUSIER, 1951, p.73 – Tradução dos autores)

A sucessão de imagens, que são percebidas durante o deslocamento de nossos corpos pelo espaço, se assemelha a sucessão de notas musicais, mas com uma significativa diferença: enquanto a música está para a audição, a arquitetura está para a visão. No entendimento desse contínuo espaço-tempo quadridimensional, a quarta dimensão é o *tempo*, fazendo com que espaço e tempo sejam indissociáveis. Esse conceito é fundamental para entender o espaço na arquitetura moderna, espaço esse indivisível, cuja mobilidade requer uma constante mobilidade espacial de quem o aprecia.

Espaços internos de projetos não construídos não podem ser investigados fisicamente ¹, restando apenas a possibilidade de simulação computacional. Por esses motivos, na presente pesquisa, foram adotadas animações para interpretação da questão espacial-temporal de projetos importantes, não construídos, do arquiteto João Batista Vilanova Artigas.

Entre os anos de 2012 e 2015 a pesquisa “Análise de projetos não construídos de Vilanova Artigas em São Paulo”, financiada pelo CNPq, investigou doze projetos não construídos do arquiteto Vilanova Artigas por meio de modelagem paramétrica e animação. Neste texto o foco reside nos procedimentos metodológicos adotados para a análise dos espaços dos projetos selecionados.

De modo similar, a presente pesquisa emprega recursos computacionais para analisar espaços e interpretar características dos projetos, e não apenas como um mero recurso de representação, pois se entende que projetos não construídos guardam em si um universo imaginário positivo e instigante, e de grande aprendizado para os profissionais e estudantes de arquitetura.

Essa análise foi realizada por meio de modelos tridimensionais e simulações digitais. O presente artigo está estruturado em três tópicos. O primeiro pormenoriza o critério de seleção dos projetos, assim como os procedimentos metodológicos relativos à modelagem geométrica / paramétrica, com o auxílio do programa

Rhinoceros e do plugin Grasshopper. No segundo tópico são explicitados os conceitos sobre os tipos de animações, as subetapas do processo de simulação de espaços internos no programa 3D Studio Max, bem como a produção das animações. No terceiro tópico é realizada uma discussão sobre as dificuldades e descobertas inesperadas ocorridas durante a investigação, e os resultados obtidos.

A presente pesquisa revela características sobre os espaços internos de projetos de Vilanova Artigas, pouco estudados pelos pesquisadores. O artigo está focado nos procedimentos de análise, amparados pelos recursos computacionais, que conduziram essa investigação, sobretudo os recursos gráficos de modelagem e de animação.

Seleção dos Projetos

Um dos grandes arquitetos modernos brasileiros que contribuíram de sobremaneira para aquilo que posteriormente foi denominada pelos críticos de “Arquitetura Paulista” foi João Batista Vilanova Artigas. Nos últimos quinze anos no Brasil têm sido publicados artigos e livros com maior regularidade sobre diferentes faces da obra deste importante arquiteto, entretanto centrados preferencialmente nos edifícios construídos, e também em sua maioria à análises textuais, particularmente como foco histórico e documental. Assim, verificou-se uma lacuna no conhecimento sobre os projetos não construídos e seus espaços internos, que possuem íntimas relações com o conjunto da obra construída, amplamente conhecida.

Durante a pesquisa constatou-se dois fatos importantes: o primeiro é que a maior parte de seus projetos não foi edificada; e o segundo é que há relações importantes entre os projetos não construídos que antecederam ou sucederam aqueles que foram construídos. Assim, a relevância da presente pesquisa ocorre, especialmente, na inclusão de uma investigação sobre projetos não construídos no conjunto da obra do arquiteto.

Os projetos selecionados de Artigas contêm indícios relevantes sobre o desenvolvimento e o amadurecimento de suas ideias durante todo o percurso de própria sua obra, culminando na consolidação de sua visão de mundo e no estabelecimento de sua linguagem.

Na pesquisa realizada, foram analisados seis projetos residenciais, duas escolas, dois edifícios administrativos, um edifício de escritórios e uma agência bancária. Contudo, este artigo se volta apenas para a questão metodológica da investigação e não para a análise dos projetos.

Houve dois importantes critérios de seleção dos projetos. O primeiro em relação aos projetos que possibilitem identificar a visão social do arquiteto. Para tanto foi

necessário selecionar projetos cujos temas apontem a preocupação do arquiteto em relação à convivência entre os usuários, e a relação entre o espaço privativo e coletivo. O segundo critério foi selecionar projetos com algumas características comuns entre eles como: i. Organização do programa em meios-níveis; ii. Adoção de rampas como elemento de circulação vertical; iii. Pé-direito duplo e conformação de pátio interno; iv. Iluminação zenital sobre a rampa e/ou pátio interno; v. Solução estrutural como definidora da arquitetura.

De modo resumido, os procedimentos metodológicos adotados e aplicados nesta pesquisa em cada um dos edifícios analisados foram os seguintes:

1. Seleção dos projetos a partir da consulta ao Acervo Digital da Biblioteca da FAUUSP;
2. Redesenho bidimensional de cada projeto, na mesma escala e com o mesmo tratamento gráfico;
3. Modelagem paramétrica de elementos construtivos com o auxílio do Grasshopper e do programa Rhinoceros;
4. Modelagem geométrica dos edifícios no Rhinoceros, com alguns elementos construtivos advindos da modelagem paramétrica;
5. Importação do modelo geométrico no 3D Studio Max;
6. Introdução de luzes e câmeras;
7. Aplicação de material aos elementos construtivos;
8. Produção de imagens renderizadas de diversos pontos de vista no espaço: interno e externamente;
9. Determinação de trajetórias de percursos das câmeras para a simulação dinâmica: animação;
10. Produção de testes de pré-visualização do movimento do observador virtual ao longo do percurso da animação;
11. Produção da animação;
12. Reflexão e análise das características formais e espaciais do projeto.

Estes procedimentos foram repetidos para cada um dos doze projetos analisados na pesquisa. Assim, os elementos constituintes da modelagem tridimensional inicial receberam a aplicação de materiais (previstos pelo arquiteto), as luzes e as câmeras. Este modelo digital permitiu gerar imagens renderizadas e gerar animações a partir de percursos preestabelecidos.

Modelagem Geométrica e Paramétrica

Os projetos selecionados para a presente pesquisa foram modelados a partir das informações que constam nos

desenhos digitalizados e disponibilizados pela FAUUSP. De um modo geral, trata-se de projeções ortogonais pertencentes a diferentes fases do processo de projeto. A quantidade e qualidade das informações sobre cada projeto oscilou entre estudos preliminares, projeto legal para a prefeitura, anteprojetos e projetos executivos.

Os procedimentos relativos à modelagem geométrica foram amparados pelo programa Rhinoceros e pelo *plugin* Grasshopper. Este último viabilizou a modelagem paramétrica de elementos construtivos presentes em todos os projetos analisados, tais como janelas e portas, permitindo manipular e combinar diferentes parâmetros das esquadrias dos projetos investigados.

O *plugin* Grasshopper, que atua dentro do programa Rhinoceros, contém *scripts* embutidos, isto é, comandos pré-programados, possibilitando criar algoritmos a partir de conexões entre comandos e parâmetros.

Uma modelagem paramétrica contém restrições definidas à priori, mas que permitem combinar parâmetros de um modo investigativo. Assim, o algoritmo propaga mudanças a partir de parâmetros restritivos conhecidos, mas com resultados também inesperados. A propagação de uma alteração entre os parâmetros, que estão relacionados entre si, produz mudanças rápidas e eficazes, resultando em diferentes configurações formais.

A partir da consulta aos desenhos originais, foram constatadas as seguintes situações: i) esquadrias que se repetem com as mesmas subdivisões internas e mesmas dimensões; ii) esquadrias com diferentes subdivisões internas e dimensões diversas; iii) esquadrias singulares. No primeiro e no terceiro caso a modelagem geométrica foi suficiente, pois uma vez modelada poderia ser reutilizada ou não. No segundo caso, a modelagem paramétrica foi empregada para permitir que adaptações a diferentes circunstâncias.

As esquadrias modeladas parametricamente (Figuras 1 a 4) foram derivadas da exploração da combinação de seus vários parâmetros, resultando na geração de portas e janelas, fixas ou móveis, adaptáveis a cada projeto modelado.

A adoção de parâmetros de largura, comprimento e altura de cada esquadria, assim como espessuras dos montantes, dos vidros, aletas das venezianas, ângulos de rotação e de deslocamento proporcionou a flexibilidade desejada para gerar famílias de esquadrias aplicáveis aos projetos investigados na pesquisa.

Na sequência de imagens de produção do algoritmo das portas de correr (Figuras 1, 2 e 3) pode-se acompanhar o resultado das subetapas da produção da esquadria. É importante destacar que os limites mínimos e máximos de cada parâmetro facilitam e disciplinam a produção de cada

elemento programado. As restrições nos modelos paramétricos foram expressas por fórmulas, funções e também por operações matemáticas.

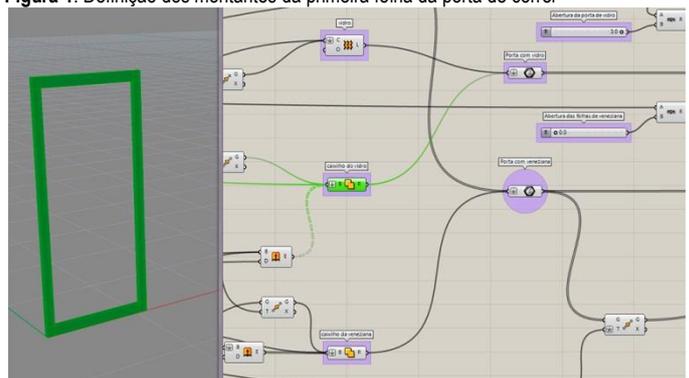
No caso dos projetos selecionados na presente pesquisa notou-se que os materiais empregados por Vilanova Artigas nas esquadrias variavam: ferro, madeira e alumínio. Assim, as dimensões dos montantes dos caixilhos variavam de acordo com o tipo de material.

É necessário um rigoroso planejamento para definir os principais parâmetros da esquadria, de modo que a dotar o algoritmo de capacidade de geração de alternativas de combinação entre os parâmetros.

O encadeamento dos parâmetros sequencialmente, dentro de uma lógica que permita a repercussão de cada alteração ao longo do algoritmo, deve ser criterioso e preciso.

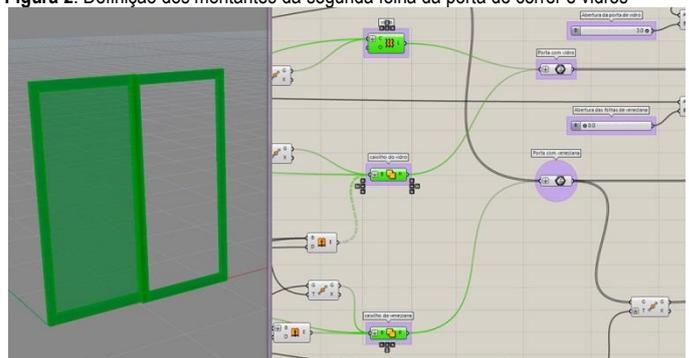
Após a definição dos parâmetros, e da sequência lógica prevista, é extremamente interessante a combinação entre eles, com resultados às vezes imprevistos e úteis ao propósito utilitário na modelagem.

Figura 1. Definição dos montantes da primeira folha da porta de correr



Fonte: Os autores

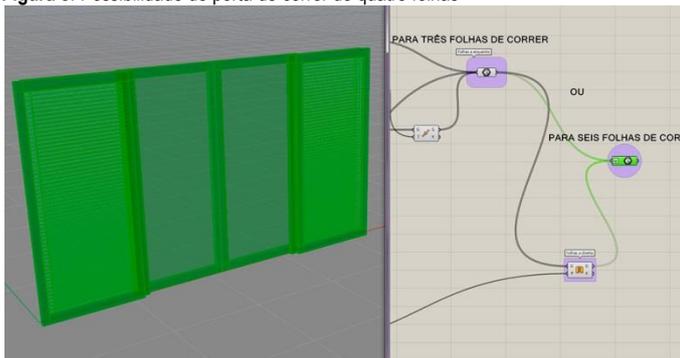
Figura 2. Definição dos montantes da segunda folha da porta de correr e vidros



Fonte: Os autores

Diferentes combinações entre parâmetros permitiram adaptar, de modo bem flexível, aos diversos modelos geométricos previstos na pesquisa.

Figura 3. Possibilidade de porta de correr de quatro folhas



Fonte: Os autores

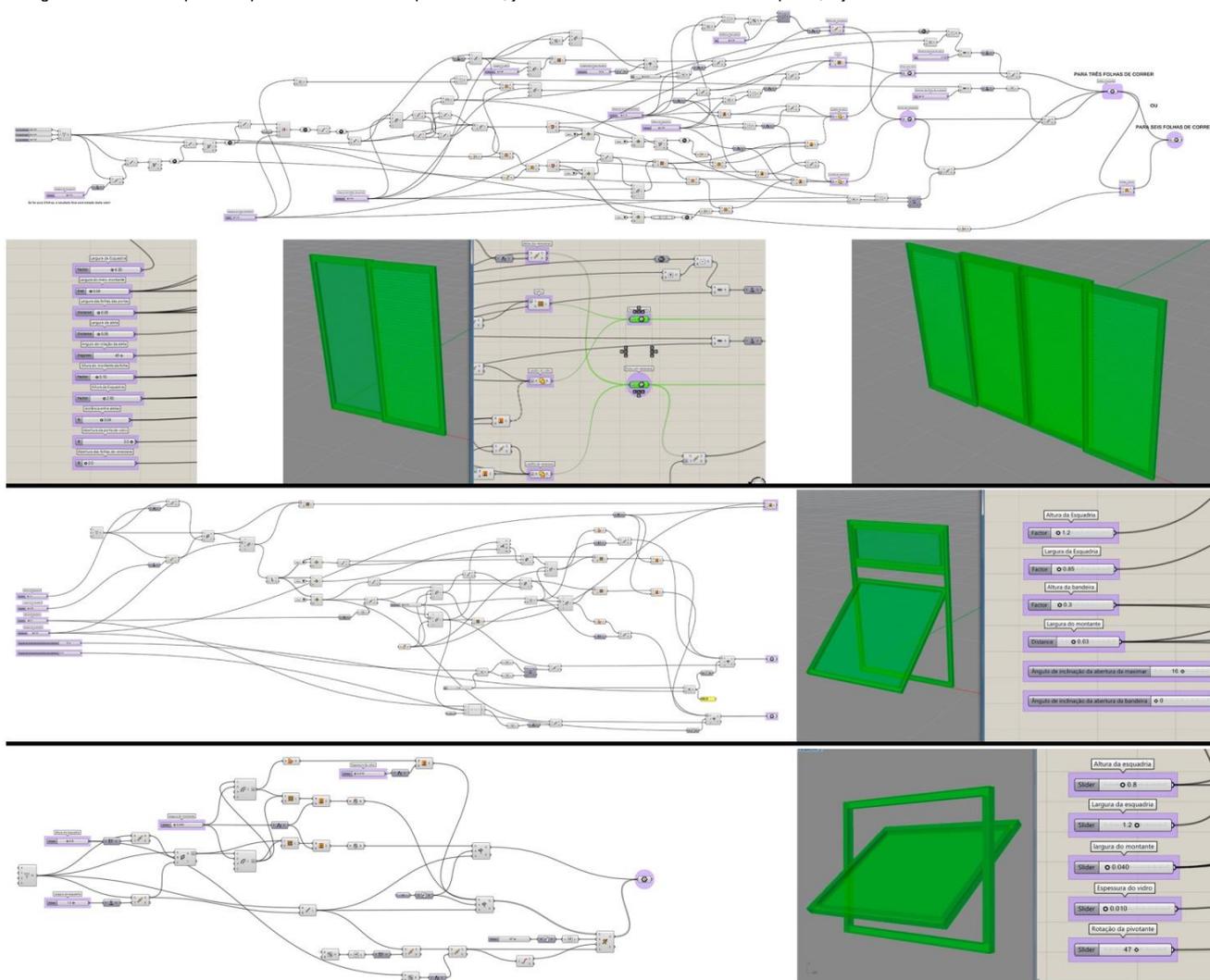
Como se pode notar na Figura 4, três algoritmos destinados a três diferentes esquadrias foram intensamente empregados na produção das janelas das residências analisadas. Esquadrias modulares, corrimãos e escadas também foram modelados parametricamente, e aplicadas pontualmente em alguns modelos 3D. O grande benefício desse tipo de modelagem é a possibilidade de ajustar os

diferentes parâmetros estabelecidos no algoritmo a diferentes situações de projeto.

Após a definição dos algoritmos correspondentes aos elementos construtivos, iniciou-se a definição de modelagem geométrica de cada edifício. No programa Rhinoceros combinou-se os redesenhos iniciais com a modelagem paramétrica dos elementos construtivos. Assim, testou-se a combinação entre a modelagem geométrica convencional com a paramétrica.

A modelagem paramétrica acelera a modelagem geométrica. Entretanto, durante a modelagem geométrica notou-se que certos ajustes seriam necessários nos algoritmos para atender as situações presentes. Consequentemente, foram introduzidas novas possibilidades de inserção de cada elemento, ajustes nos limites mínimos e máximos em sub-elementos, assim como a produção de algoritmos específicos, como guarda-corpos não previstos inicialmente.

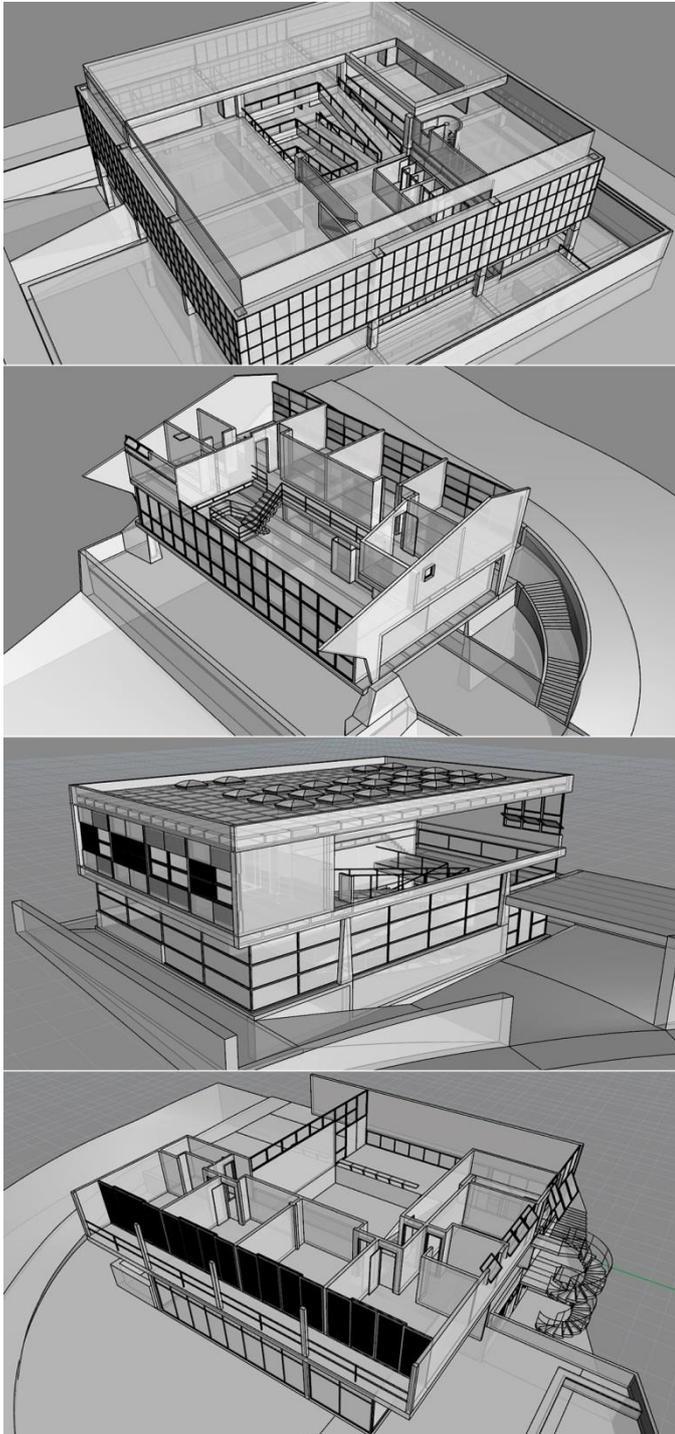
Figura 4. Algoritmos de três esquadrias: portas venezianas de quatro folhas; janela maximal com bandeira fixa superior; e janela basculante



Fonte: Os autores

Como é possível visualizar na Figura 5, alguns edifícios modelados contêm elementos únicos, enquanto outros contêm elementos que se repetem. A intenção também foi criar algoritmos que possam atender a futuras modelagens de outros edifícios previstos em próximas pesquisas.

Figura 5 - Modelos geométricos de quatro projetos não construídos: Edifício-Sede da Pavan Eng.; Residências José Franco de Souza, Henrique Villaboim Filho e José David Vicente



Fonte: Os autores

O mesmo procedimento adotado para as esquadrias foi adotado na pesquisa para a definição de outros elementos

construtivos, como escadas, aberturas zenitais, guarda-corpos, bancos, entre outros.

Embora o formato das escadas seja muito similar em alguns projetos, suas dimensões, corrimãos e guarda-corpos possuem desenhos variados. Esta constatação nos conduziu a modelar parametricamente estes elementos. Situação similar também ocorreu com o desenho dos domos na cobertura, que parecem ser similares, mas na realidade são dotados de características únicas em seus diferentes projetos, implicando em modelagem parametrizada.

Por ser uma etapa muito dispendiosa, a modelagem paramétrica torna ágil a definição geométrica destes elementos construtivos de acordo com as diferentes situações de investigação de projetos de edifícios. O investimento de tempo para a definição dos algoritmos é compensado pela precisão do resultado obtido.

Simulações Estáticas e Simulações Dinâmicas: definições e características

Tanto as imagens bidimensionais representadas sobre o suporte físico como as imagens bidimensionais visualizadas na tela do monitor de vídeo do computador são estáticas e impedem a percepção da anisotropia² espacial. No entanto, as simulações, facilitadas por animações computacionais permitem investigar espaços com maior profundidade, e analisar como a qualidade ou propriedades físicas cambiantes de nosso mundo circundante afetam a nossa *percepção* (FLORIO, 1998).

A animação computadorizada de um espaço arquitetônico permite simular o deslocamento de um observador virtual em uma trajetória preestabelecida, de modo que a sequência de imagens apresentada ofereça noções sobre algumas características e propriedades físicas aproximadas do espaço simulado.

Apesar dessa virtude, há limitações, pois não oferece a possibilidade de interação, pois é pré-gravada e apresentada ao espectador da simulação. Isso impede que o espectador “escolha” livremente as direções dos campos visuais de observação, enquanto observa, passivamente e sem deslocamento “físico”, uma sequência de imagens que a ele são apresentadas. Portanto, os movimentos sinestésicos não são ativados em apresentações de animações computadorizadas, assim como os movimentos e deslocamentos relativos (paralaxe), e os movimentos oculares tais como focagens e desfocagens do cristalino do olho, escolha de direções, busca visual, etc.

A animação computadorizada é composta por sequências de imagens bidimensionais, que proporcionam a “ilusão” do movimento e deslocamento do usuário. Tanto a sequência de quadros (de 15 a 30 *frames*) por segundo de

uma animação como as imagens em tempo real da realidade virtual tentam simular as imagens que são “colhidas” (em saltos) por nossos órgãos visuais em movimento. Quando observamos um ambiente “colhemos” várias imagens de pontos de vista diversos e que são montados na mente, onde preenchemos as lacunas das imagens que faltam. Isso permite formar noções básicas sobre o espaço observado fisicamente. As simulações computacionais geram imagens aproximadas de um espaço virtual, e cujo espectador “monta” essas imagens na mente, e com sua imaginação preenche as lacunas das imagens que faltam, formando a sua “ideia” sobre o espaço simulado (FLORIO, 1998, 2008).

As simulações de imagens em movimento tentam recuperar algumas qualidades e características da percepção tridimensional física, impossíveis de ser representadas em suportes físicos bidimensionais, tais como o desenho, a pintura, a gravura e a fotografia, etc.

A paralaxe de movimento, isto é, a informação produzida pelos movimentos relativos das imagens quando nos deslocamos lateralmente, é também muito importante na formulação da noção de espaço. Os movimentos de rotação, os movimentos radiais são outras fontes de informação sobre o espaço e os objetos que o habitam (FLORIO, 1998, 2008). Segundo Aumont (1995, p.44):

[...] esses índices estão totalmente ausentes nas imagens planas; quando nos deslocamos diante de um quadro em um museu, não experimentamos no interior da imagem nem paralaxe de movimento, nem perspectiva dinâmica; a imagem desloca-se de modo rígido, é percebida como um objeto único.

No entanto, enquanto a representação bidimensional estática é observada sincronicamente, a simulação computadorizada da tridimensionalidade em movimento tenta incluir o “tempo” na representação, isto é, diacronicamente, simulando o deslocamento de um observador no espaço virtual.

Toda representação bidimensional “congela” o tempo do espaço representado, semelhantemente a uma fotografia, que captura uma “ação” em um dado instante do tempo. A animação, por outro lado, permite incluir o “tempo” na apresentação do deslocamento de um observador virtual.

Quando nos deslocamos no espaço físico, o tempo, durante o percurso é importante para a “coleta” de informações sobre o espaço, que é sentido por todos os nossos órgãos receptores. As sequências de imagens, propiciadas pela animação, e principalmente pela realidade virtual, tentam incluir esse “tempo” de um observador virtual em movimento, aproximando-se um pouco mais da realidade diacrônica da observação direta da tridimensionalidade. Estes fatores são importantes para a análise de espaços no âmbito da arquitetura.

A animação computadorizada, gerada a partir de um modelo digital, procura simular a percepção da tridimensionalidade de um espaço por um observador virtual em movimento. Porém, essa simulação, propiciada por uma sequência de imagens vistas por um espectador, contém sérias limitações (FLORIO, 2008):

- 1) Pelo fato da trajetória (*path*) ser preestabelecida e gravada, impede a escolha do espectador do caminho a seguir durante a exibição da animação.
- 2) A câmera virtual percorre um caminho sem os movimentos da cabeça, do corpo, e dos olhos, que realizam as miradas “em saltos”.
- 3) O “campo visual” se deforma em perspectiva, apesar de não apresentar forma ovalada e ser nítido e claro também nos limites do quadro.
- 4) O espaço não permanece constante como em nosso mundo visual, e deforma-se em perspectiva.
- 5) A câmera já predetermina o foco e a lente, de modo que as características das focagens e desfocagens realizadas pelo cristalino do espectador não estão presentes durante a visualização da simulação. Como consequência, todos os objetos estão em foco ao mesmo tempo, e apesar disso não há atuação da visão binocular e disparidade retiniana.
- 6) Tenta simular as formas em profundidade através de uma sequência de quadros de rebatimento contendo formas ovaladas, e que propiciam a “ilusão” de profundidade e da tridimensionalidade.
- 7) Não há envolvimento dos outros sentidos (audição, olfato, tato), somente a visão.
- 8) Não estão presentes os movimentos cinestésicos³, pois o espectador não se desloca corporalmente no espaço.

Consequentemente, nota-se que apesar da animação consentir uma observação diacrônica do espaço virtual, impede a atuação dos mecanismos da visão e dos outros sentidos. Apesar de possibilitar a simulação de alguns aspectos cambiantes da realidade física, tais como as variações de intensidade de luz, brilhos, e reflexos, as imagens apresentadas estão longe da constância perceptiva, apresentando deformidades e ilusões perceptivas. Mesmo diante de tais limitações, a investigação de espaços por meio de animações se torna mais efetiva no que diz respeito à percepção dos espaços internos.

Simulação de Espaços Internos

Foram realizados dois tipos de simulações: estáticas e dinâmicas. Nas simulações estáticas, com a câmera fixa posicionada em diferentes ambientes internos, foi possível investigar determinados espaços internos. Foram empregados dois tipos de câmeras: câmeras de 28 mm serviram para ampliar o campo visual em espaços internos menores, e câmeras de 50 mm, que serviram para percepção mais exata do campo visual da visão humana (cuja lente do cristalino se aproxima de uma lente de 50 mm).

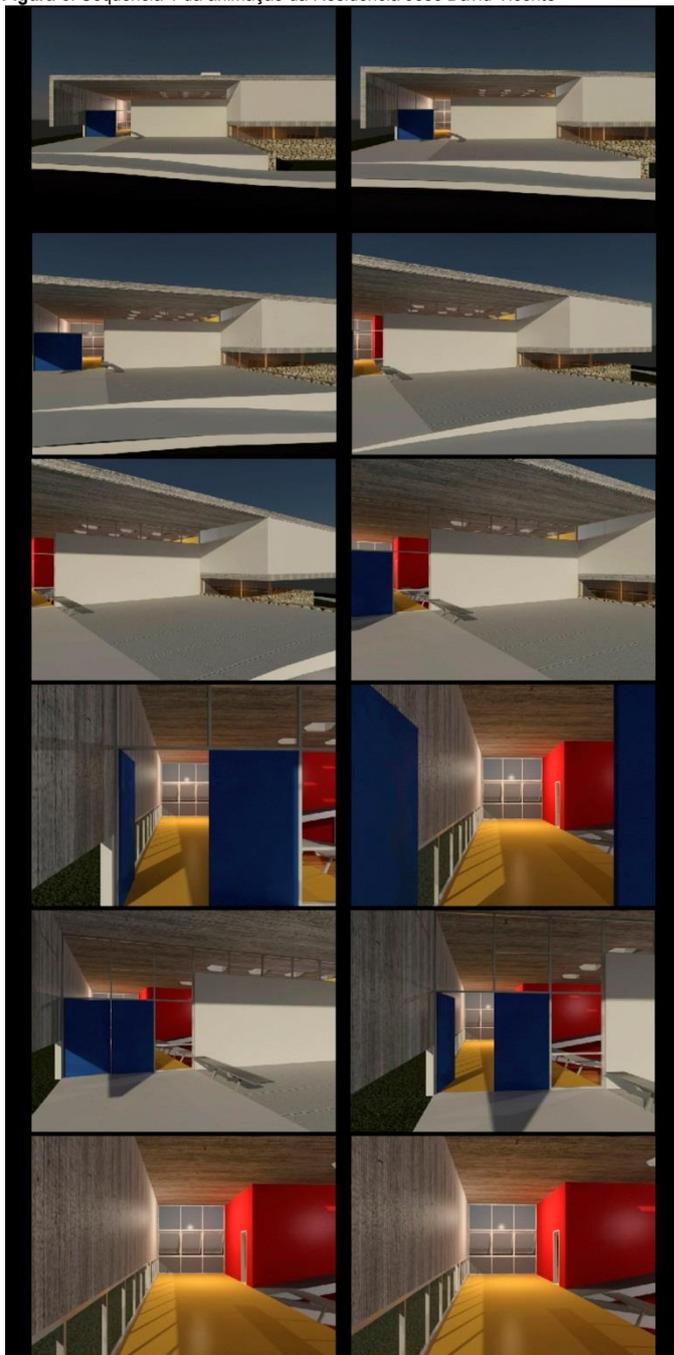
A simulação de materiais foi realizada em poucos casos, pois, a partir do material disponibilizado, constatou-se que não havia informações suficientes para realizá-la com o devido rigor científico. Contudo, algumas inferências foram realizadas a partir de projetos similares do arquiteto. Foram identificados alguns materiais habitualmente empregados pelo arquiteto, assim como determinadas cores e acabamentos.

Simulações de luz natural e artificial, com os devidos parâmetros, requer sua correta configuração. É necessário definir, com precisão, a latitude e da longitude do sol da cidade onde estaria localizado o projeto, assim como a posição do norte. Estas definições preliminares permitiram estudar a incidência do sol e sua penetração nos ambientes em diferentes horários ao longo do dia e do ano. Também foram posicionadas tipos de luzes internas artificiais comuns para cada tipo de projeto: luz incandescente, fluorescente, halógena, entre outras.

Na simulação dinâmica, isto é *animação*, de um observador virtual em movimento, a câmera percorre uma trajetória preestabelecida. Esse processo é normalmente denominado *walkthrough*, ou seja, caminhar através do espaço. Este “passeio” virtual através dos espaços modelados, por intermédio de animações computadorizadas, é de grande importância para a investigação de espaços não construídos, pois na ausência da obra construída, este é um recurso de importância singular para explorar e investigar a qualidade dos espaços projetados pelo arquiteto.

Na presente pesquisa, as simulações dinâmicas permitiram a investigação dos espaços internos em movimento. As animações variaram entre 90 segundos a 180 segundos. Uma animação com qualidade minimamente satisfatória requer, quinze quadros por segundo. Em decorrência da quantidade de informações relativas a texturas, iluminação natural e artificial, qualidade e tamanho da imagem, cada quadro (ou frame) demorou entre três e doze minutos para ser renderizado⁴. Por exemplo, a animação de sessenta segundos (com 1800 frames) da residência José David Vicente demorou 245 horas (Figura 6).

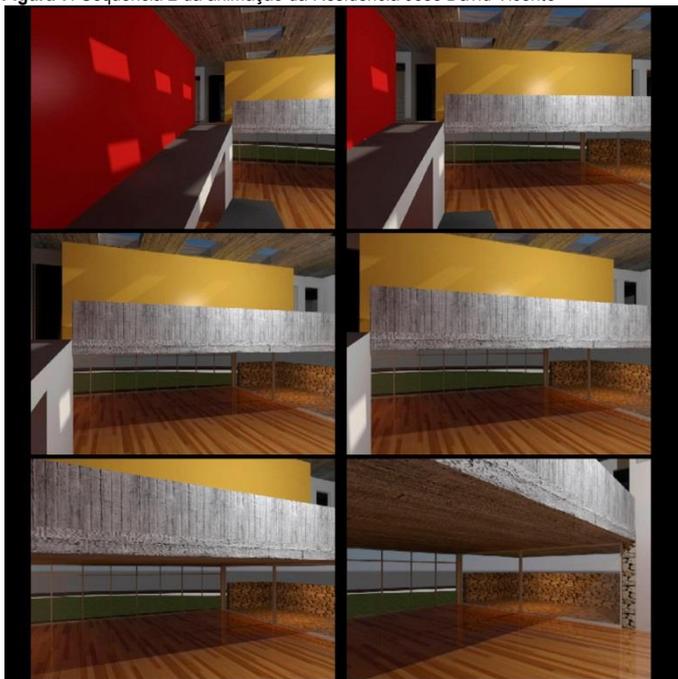
Figura 6. Sequência 1 da animação da Residência José David Vicente



Fonte: Os autores

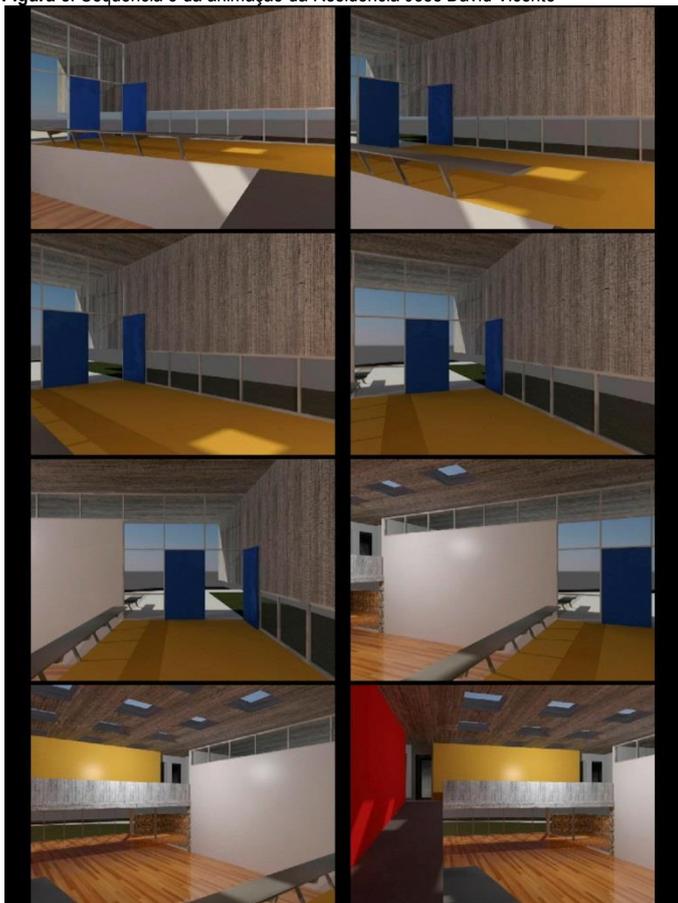
A partir da animação gerada, e com o auxílio do programa Adobe *Premiere*, foram extraídos os quadros (*frames*) da animação. Foi extraído um quadro por segundo, de modo a obter-se sequências de imagens estáticas que possibilitassem visualizar o deslocamento sucessivo do observador virtual no espaço (Figuras 6, 7 e 8). Foram produzidas sequências de modo a capturar a essência desse passeio virtual.

Figura 7. Sequência 2 da animação da Residência José David Vicente



Fonte: Os autores

Figura 8. Sequência 3 da animação da Residência José David Vicente



Fonte: Os autores

Na pesquisa realizada, o programa Adobe *Premiere* facilitou: i. Edições de animações; ii. Combinações de trechos de animações; iii. Combinações entre imagens

provenientes de simulações estáticas (renderizações) e simulações dinâmicas; iv. Gerar diferentes formatos e qualidades de resolução de arquivos para exibição em diferentes mídias.

Discussão sobre os Resultados Obtidos

A modelagem geométrica propicia uma investigação que cruza vários dados e informações referentes a cada projeto investigado. A modelagem tridimensional permite definir a geometria e a posição dos diferentes elementos construtivos no espaço a partir dos dados presentes nas projeções ortogonais dos projetos consultados. Foi a partir do modelo 3D resultante que se pode extrair as projeções ortogonais.

Durante a modelagem paramétrica, foi necessário organização e disciplina para definir com clareza o encadeamento dos parâmetros, funções e variáveis pretendidos para cada algoritmo. Constatou-se que não é possível definir um elemento construtivo paramétrico sem claras noções de geometria, e, sobretudo, sem a nítida compreensão de cada sub-elemento que o constitui. Além disso, deve-se ter uma profunda compreensão espacial da relação entre os componentes do edifício no espaço.

Estes aspectos são pré-requisitos para a concepção e a manipulação de elementos construtivos parametrizados, que só a prática profissional pode trazer. A modelagem paramétrica requer conhecimentos técnico-construtivos, que são obtidos durante a atividade prática em diferentes circunstâncias de projeto.

Esta experiência nos ajuda a elaborar algumas conclusões iniciais parciais importantes sobre a modelagem paramétrica. Em primeiro lugar, todo o processo depende, fundamentalmente, de como se organiza a sequência de nós que definem as restrições e os parâmetros. A alteração da ordem dos nós pode implicar em profundas alterações na geometria que constitui os elementos construtivos parametrizados. A segunda observação é que para definição dos nós é necessário ter bons conhecimentos sobre a ontologia de cada elemento construtivo, e, assim, condensá-los nele.

A terceira observação é que a expectativa de propagação, prevista no segundo algoritmo, depende de como o arquiteto concatena os nós, uma vez que a *repercussão* de uma alteração baseada em restrições e parâmetros depende de como os nós estão conectados entre si. Entre as novas habilidades necessárias para gerar elementos construtivos por meio de MP está a capacidade de definir relacionamentos entre as partes. Esta definição é crucial para a definição do algoritmo, pois a propagação das alterações e combinações depende das conexões estabelecidas entre os nós.

A quarta observação é a visualização dos resultados desta organização e conexão entre nós. Enquanto os dados, informações e conhecimentos estão condensados, de modo abstrato nos nós e nas suas conexões, a visualização permite verificar, de modo concreto, se esta sequência de algoritmos propiciou os resultados esperados. Caso algo não tenha propiciado o resultado aguardado, deve-se repensar o processo e realizar alterações, de modo a rever a sequência, ou a ordem, ou as conexões, ou ainda inserir/remover algum parâmetro ou restrição.

Os cortes perspectivados (Figura 9), resultantes da modelagem geométrica, contribuem para explicitar as relações espaciais entre diferentes níveis da edificação, sobretudo as alternâncias de pé-direito e cheios e vazios. Quando havia informações suficientes, a estrutura também foi modelada. Além disso, pelos cortes foi possível interpretar o sistema construtivo, particularmente as diferentes relações entre as vedações – paredes e aberturas – e os diferentes graus de iluminação, a amplitude e as conexões entre os espaços internos.

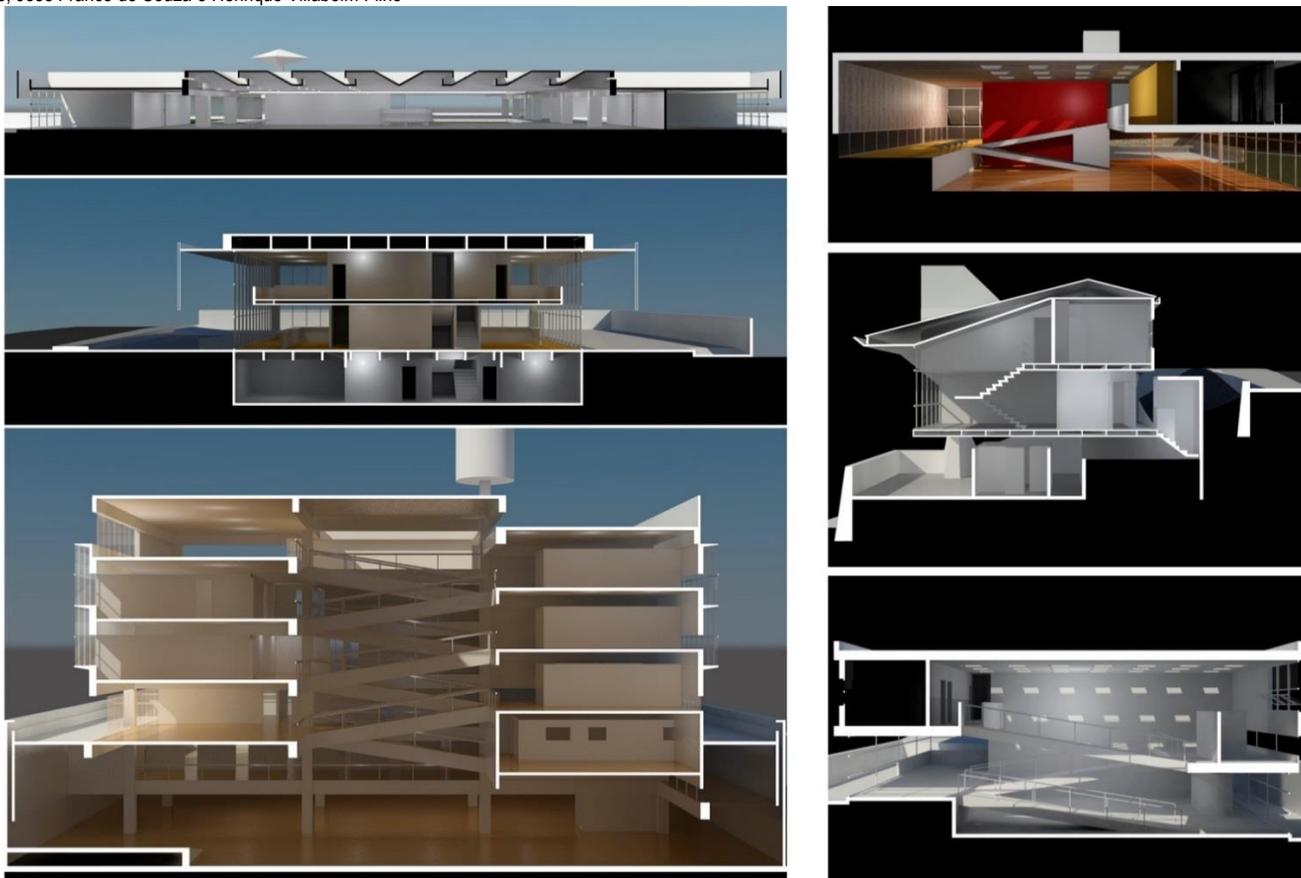
Nesta pesquisa a animação foi um fundamental para compreender temporalmente as relações espaciais entre diferentes ambientes. A chamada quarta dimensão, o

tempo, é fundamental para compreender a proposta arquitetônica.

A partir das simulações realizadas – estáticas e dinâmicas – foi possível compreender a organização temporal dos espaços concebidos pelo arquiteto, a percepção causada pela penetração da luz natural pelas aberturas, a percepção das transparências e opacidades.

De fato, como bem afirmou Tschumi (1996), a arquitetura dirige os atores. O arquiteto e cineasta Sergei Eisenstein tinha plena consciência desse fato. Assim como no cinema, a câmera se desloca no espaço enquadrando a cada momento aquilo que é mais importante enquanto informação. O arquiteto, como um diretor cinematográfico, direciona as ações de cada usuário. Esse modo determinista de estabelecer o sentido de ordem no espaço a partir dos seus elementos compositivos faz do arquiteto um “maestro” diante da orquestra, cuja música é o próprio espaço. Dentre os recursos computacionais, apenas as animações permitem interpretar as transformações ocorridas no espaço durante um período de tempo, além de possibilitar interpretar os fenômenos naturais que ocorrem na apreciação de espaços.

Figura 9. À esquerda, cortes perspectivados, renderizados no 3D Max, da Escola Técnica de Rondônia, do Banco Safra, da Pavan Engenharia e, à direita, das Residência José David Vicente, José Franco de Souza e Henrique Villaboim Filho



Fonte: Os autores

As animações gravam o percurso de um observador virtual, quadro a quadro, de modo a tornar possível revisitar a mesma trajetória e prestar atenção em cada detalhe contido em cada frame. Pode-se observar e ver relações invisíveis num primeiro olhar. Pode-se deter em relações entre elementos construtivos e materiais presentes na cena, de modo a interpretar atenta e pormenorizadamente cada um individualmente, numa investigação mais profunda.

É possível afirmar que a experiência arquitetônica ocorre quando nos deslocamos no espaço durante o tempo. Na pesquisa realizada tornou-se cada vez mais claro que a apreciação temporal é fundamental para compreender a ideia e o efeito espacial daquilo que foi proposto no projeto pelo arquiteto Vilanova Artigas. Do mesmo modo ficou claro que a mera apreciação dos desenhos produzidos pelo arquiteto é insuficiente para a devida interpretação dos espaços por ele projetados.

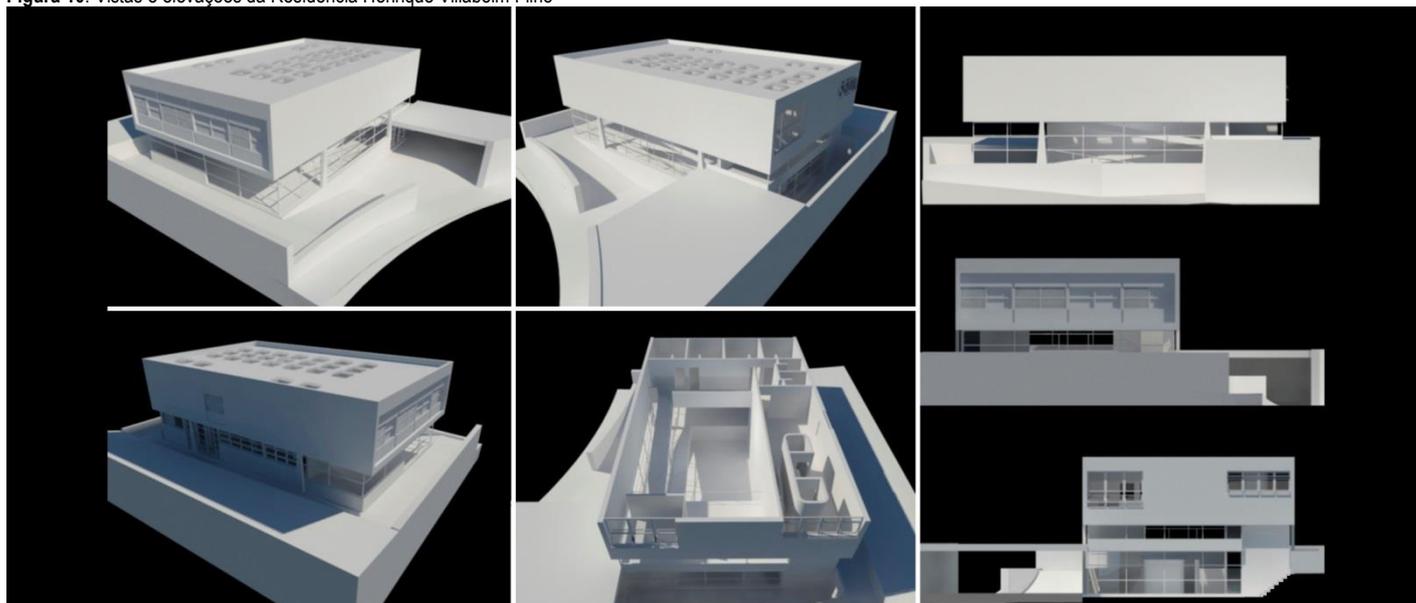
Foi por meio das simulações que se pode constatar características espaciais importantes presentes nos projetos analisados. O arquiteto propôs alternâncias de pé-direito, dilatações e contrações espaciais e conexão espacial por meio de rampas entre ambientes distribuídos em meios-níveis, que, no seu conjunto, puderam ser devidamente interpretados com o auxílio das animações. Além disso, percebeu-se que a amplitude das visuais internas, possibilitada especialmente pelos pátios internos, estava de fato intimamente interligada com o conceito de espaços que promovem encontros, para *socialização*, fortalecendo as relações sociais.

Outra característica marcante identificada nos projetos analisados foi a direta atuação das aberturas zenitais na percepção dos espaços internos (Figura 10). Verificou-se que como a penetração dos raios solares pelas aberturas zenitais causaria um rico efeito na percepção da iluminação interna.

A simulação da trajetória do sol sobre os espaços internos durante um dia e em várias estações do ano permitiu identificar os ambientes mais ensolarados. Foi durante a produção das simulações estáticas (com câmera parada) que se pode notar como a penetração do sol pelas janelas, em diferentes horários do dia, afeta a percepção de cada espaço, assim como a apreensão da cor, das texturas, brilhos e reflexos decorrentes da inclinação dos raios solares. Tais características só podem ser plenamente interpretadas a partir dos tipos de simulação realizadas.

Mas a ausência de informações importantes impôs algumas limitações à pesquisa. A falta de indicação dos materiais que seriam empregados em cada projeto foi uma constante. Embora tenha sido possível identificar materiais tais como, madeira, pedra, ferro, vidro, entre outros, não se sabe que tipo de madeira teria sido empregado, ou ainda, as cores das paredes em diferentes situações de projeto. Assim, para evitar distorções e má interpretação dos materiais e, conseqüentemente, da qualidade dos espaços, foi realizado um exaustivo levantamento de materiais similares empregados pelo arquiteto em obras construídas similares do mesmo período.

Figura 10. Vistas e elevações da Residência Henrique Villaboim Filho



Fonte: Os autores

Constatou-se que o arquiteto adotava a pedra em muros e paredes no pavimento térreo. Esse fato fica mais evidente nos desenhos, pois o arquiteto insinuava o tipo de pedra desejada. Também foi possível identificar a preferência por tacos de madeira em residências maiores, e cerâmica em residências menores. Na ausência de pormenores relativos a corrimão, guarda-corpo e algumas esquadrias, recorreu-se a procedimento semelhante ao anterior: buscou-se esses elementos construtivos empregados em projetos similares. Assim, esses elementos foram modelados no Rhinoceros, com o auxílio do Grasshopper, de modo a superar a falta de maiores informações sobre os projetos investigados.

Com relação à inserção do edifício no terreno real, após longa pesquisa, conseguiu-se localizar os terrenos pelo *google maps*. Não foi tarefa fácil, pois havia carência de dados precisos com relação ao endereço completo. Nesse sentido a pesquisa contribuiu também para localizar, com precisão, o local exato dos projetos não construídos. Com isso pôde-se refletir sobre o contexto e inserção urbana de cada proposta, levando em consideração a época de cada projeto.

Considerações Finais

A interpretação de projetos não construídos é um desafio para qualquer pesquisador, pois a ausência de informações gera muitas dúvidas relativas à interpretação constantes nos desenhos. Esse fato se agrava quando se investiga tridimensionalmente esse tipo de projeto, pois se torna necessário cruzar múltiplas informações presentes em projeções ortogonais.

Diante das novas tecnologias de modelagem, como a paramétrica no Grasshopper, pode-se na atualidade investigar espaços em arquitetura com muito maior desenvoltura e precisão. Elementos arquitetônicos podem ser pormenorizados por meio da definição de parâmetros, de modo a tornar ágil a modelagem de elementos tridimensionais complexos. Na presente pesquisa, a modelagem paramétrica tornou possível detalhar elementos construtivos, acelerou o processo de definição tridimensional de cada projeto, e, portanto, viabilizou uma profunda investigação dos espaços internos.

Diante da pesquisa realizada é possível afirmar que as animações tornam possível investigar e perceber melhor espaços projetados por arquitetos, de modo a se aproximar da percepção que se tem quando se está dentro de espaços na realidade física. A relação direta entre esse “observador virtual” e o espaço habilita uma análise qualitativa dos ambientes internos a partir de suas características. A íntima relação entre *espaço*, *tempo* e *movimento* torna-se indispensável quando se trata de interpretação de relações espaciais ocorridas durante o percurso de deslocamento no espaço. É durante o percurso no tempo que se pode

devidamente compreender o espaço. É o movimento que aprofunda a investigação sobre a natureza do espaço concebido. Assim, *tempo-espaço* são inseparáveis na reflexão sobre a natureza da proposta arquitetônica.

Numa boa arquitetura, os acessos e as sequências espaciais dentro do edifício são concebidos de modo a causar determinados efeitos sobre seus usuários. Ao entrar num edifício, e percorrer seus espaços, o usuário descobre a natureza da proposta arquitetônica.

A apreciação dos espaços internos depende da definição dos elementos arquitetônicos mais marcantes, como o tipo de circulação adotado, a definição das aberturas, e as sequências estabelecidas entre espaços. Além disso, a leitura espacial do observador inserido nesses espaços depende do percurso adotado. A relação entre esses elementos delimitadores provoca diferentes sensações de liberdade ou opressão. A partir destes fatos é possível concluir como a animação contribui para este tipo de análise, e também como a mera interpretação de espaços por desenhos impede essa apreciação qualitativa dos espaços. Na presente pesquisa, as animações foram empregadas para superar as limitações impostas pelas imagens estáticas, que congelam o olhar, e dificultam o real entendimento dos espaços internos de edifícios.

É também interessante destacar como o formato e a posição de rampas e escadas também implicam num determinado modo de movimento e de apropriação do espaço. As circulações permitem o deslocamento ordenado pelos ambientes, mas também orquestram o modo de usar e de perceber a sucessão de encadeamentos de espaços conectados uns aos outros. Consequentemente pode-se concluir que os diversos modos de circular implicam em diferentes apreciações do espaço.

Há íntimas relações entre o modo de delimitar espaços e sua percepção pelos indivíduos que os habitam. Bernard Tschumi (1996) emprega a palavra “violência” como uma metáfora para a intensidade de relacionamento entre os indivíduos e seus espaços circundantes. O arquiteto sugere que:

[...] actions qualify spaces as much as spaces qualify actions; that space and action are inseparable and that no proper interpretation of architecture, drawing, or notation can refuse to consider this fact (TSCHUMI, 1996, p.57).

De fato os espaços determinam diferentes ações que nele podem ocorrer. Isso também implica em afirmar que o comportamento dos indivíduos é profundamente afetado pelas características espaciais de cada ambiente. A “violência” é resultado das dimensões dos ambientes, dos diferentes graus de iluminação, restringindo ações ou impelindo determinadas condutas do usuário.

Por fim, nota-se claramente que há uma íntima relação entre o meio de representação ou de simulação de espaços e as características espaciais que estão sendo investigadas. Os recursos gráficos bidimensionais dificultam a análise anisotrópica dos ambientes, cuja apreciação de suas características – luz, cor, textura, reflexo e brilho – dependem de um observador em movimento pelos espaços.

Conclui-se, portanto, que as simulações dinâmicas permitem apreciar aspectos relativos ao projeto, enquanto que as simulações estáticas (imagens renderizadas bidimensionais) isoladamente não permitem comunicar:

1. Percepção sincrônica de vários espaços diferentes dispostos ao longo de um percurso;
2. A noção de tempo de deslocamento;
3. Percepção das relações espaciais entre os ambientes percorridos;
4. Multiplicidade de pontos de vista durante o passeio virtual;
5. Analisar as sensações que tais espaços oferecem a quem o percorre virtualmente.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq.

Notas

- (1) Embora maquete de grandes dimensões tenha sido empregada desde a Idade Média para conceber e analisar, concretamente, projetos de arquitetura, até mesmo este artefato é insuficiente para analisar sequência temporal de deslocamento de um observador em movimento.
- (2) *Aniso* significa desigual (*iso* significa igual), e *tropismo* significa reação de aproximação ou de afastamento do organismo em relação à fonte de um estímulo. Portanto *anisotrópico* é aquilo que apresenta propriedades físicas diferentes em todas as direções; oposto a isotrópico. In: FERREIRA, Aurélio B. de H. *Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa*. 1995. Rio de Janeiro. Ed. Nova Fronteira,
- (3) Cinestesia = sentido pelo qual se percebem os movimentos dos músculos, o peso e a posição dos membros.
- (4) O tempo de renderização depende também das configurações e capacidades de processamento do *hardware* utilizado.

Referências

- AUMONT, J. **A Imagem**. 2ª. Edição. Campinas: Papyrus Editora, 1995. 317p.
- COLLINS, G. R. Visionary Drawings of Architecture and Planning: 20th Century through the 1960s. **Art Journal**, v.38, n.4, 244-256, Summer 1979. <http://doi.org/10.2307/776374>
- LE CORBUSIER. *The Modulor: A Harmonious Measure to the Human Scale Universally applicable to Architecture and Mechanics*. London: Faber and Faber Ltda, 1951.
- FLORIO, W. Animações, Renderizações e Panoramas VR em Arquitetura. In: CONGRESSO NACIONAL DE AMBIENTES HIPERMÍDIA PARA APRENDIZAGEM, 3., São Paulo, 2008. **Anais...** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2008, p. 1-12.
- FLORIO, W. **Da representação à simulação infográfica dos espaços arquitetônicos**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo: FAU Mackenzie, 1998. 511p.
- FOSCARI, A. *Andrea Palladio*. **Unbuilt Venice**. Baden: Lars Muller Publishers, 2010. 287p.
- GALLI, M.; MÜHLHOFF, C. **Virtual Terragni. CAAD In Historical and Critical Research**. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2000. 93p.
- LARSON, K. **Louis I. Kahn: Unbuilt Masterworks**. New York: The Monacelli Press, 2000. 232p.

MITCHELL, W. J. **The Reconfigured Eye, Visual truth in the post-photographic era**. Massachusetts/London: The MIT Press, 1994. 273p.

TSCHUMI, B. **Architecture and Disjunction**. Cambridge: The MIT Press, 1996. 268p.

¹ **Wilson Florio**

Arquiteto e Urbanista. Doutor em Tecnologia pela FAUUSP. Professor de Projeto e de Computação Gráfica. Professor Permanente do PPGAU da FAU Mackenzie. Endereço postal: Avenida Higienópolis, 360, São Paulo, SP, Brasil, CEP 01238-000

² **Ana Tagliari**

Arquiteta e Urbanista. Doutora em Projeto pela FAUUSP. Professora das disciplinas de Projeto no Curso AU FEC da UNICAMP. Professora Colaboradora do PPGAU da FEC UNICAMP. Endereço postal: Rua Albert Einstein, 951. Cidade Universitária Zeferino Vaz. Unicamp, Campinas, SP. anatagliari@fec.unicamp.br