

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE ARQUITETURA
Programa de Pós-Graduação

Leandro dos Santos Magalhães

**POSSIBILIDADES DE FERRAMENTAS VISUAIS PARA A GESTÃO
DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**
A representação digital do espaço físico associada a funções computacionais

Belo Horizonte
2014

Leandro dos Santos Magalhães

**A REPRESENTAÇÃO DIGITAL DO ESPAÇO FÍSICO ASSOCIADA A
FUNÇÕES COMPUTACIONAIS**
Possibilidades de ferramentas visuais para a gestão do ambiente construído

Dissertação apresentada como requisito à
obtenção do título de mestre na Escola de
Arquitetura da Universidade Federal de Minas
Gerais.

Orientador: Dr. Renato César Ferreira de Souza

Belo Horizonte
2014

AGRADECIMENTOS

A minha esposa, Mariana, companheira que me apoiou com seu amor e carinho. Francisco, meu filhote e amigo, me trazendo descontração e me inspirando com sua curiosidade e experimentações sem fim. A meus pais, Adélia e Luiz Cláudio, e a minha irmã, Camila, por todos os valores, pela base educacional e afetiva, e pelo amor incondicional que me oferecem.

Ao meu orientador, Renato, um amigo para a vida toda, que me desafia, estimula e acredita em meu trabalho, fazendo-me continuar.

A meus amigos nessa jornada, meu sócio Fernando e Marcão.

A todos os amigos do Equipe B: Bianca, Samir, Amanda, David, Vinícios, Tadeu, Mariah, Bárbara, Cassiano, que contribuem com sua criatividade, trabalho e dedicação.

Aos amigos Guilherme, Marcus e Carina, o “Grupo de Tecnologia”, imprescindível na conclusão deste trabalho.

Às empresas que forneceram dados para este trabalho, ao CNPq, à Reitoria de Pós-Graduação da UFMG, e aos meus alunos e colegas professores na disciplina PIAU.

Once we leave behind “two-dimensionality” and even “three-dimensionality” we step off the edge into another world, into the representation of the true structure and interconnectedness of information. To represent this structure, we need to indicate multidimensional connection and multiple connections between entities. (Theodore Holm Nelson)

RESUMO

Esta dissertação aborda ferramentas computacionais (software) voltadas para a compreensão do espaço construído. O trabalho apresenta-se da seguinte maneira: primeiramente, serão apresentados três estudos de caso relacionados ao projeto de pesquisa “Plataforma visual 3D com banco de dados georreferenciado para gestão completa de infraestruturas”, realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq. Os estudos de caso são Centros Históricos em 3D: Resposta à demanda do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, IPHAN, para a composição de maquetes eletrônicas de centros históricos. A importância dessa ferramenta está no fato de representar a oficialização de demanda pela construção de software customizado para a gestão do espaço físico urbano, que necessita ter como parte das funcionalidades sua representação. Segundo item apresentado: software voltado para a comercialização de sistema construtivo de divisórias modulares. Explora-se a arquitetura do sistema computacional, que extrai da representação do projeto arquitetônico as referências de quantidades para comercialização, produção e montagem do sistema construtivo em questão. Cumprindo o papel de discussão e atualização de tecnologia apresentada no primeiro estudo de caso, o terceiro relaciona-se à tecnologia de fotogrametria automática aplicada ao campo do patrimônio histórico, que permite a digitalização de objetos ou espaços físicos a partir de fotografias. O trabalho finaliza com a apresentação do protótipo desenvolvido para a visualização de dados relativos à gestão de um *shopping center*. Trata-se de uma proposta de integração de um módulo de visualização de dados relativos ao espaço a sistemas tradicionais já difundidos nesse campo. A reunião desse conteúdo estabelece um referencial de recursos computacionais capazes de aprimorar as formas de compreensão ou observação do espaço, defendendo-se a hipótese de que esse tipo de ferramenta constitui um meio para a construção de conhecimento sistemático sobre o uso de edifícios, podendo, portanto, contribuir para que desempenhem a função que lhes cabe.

Palavras-chave: Representação. Tecnologia da Informação. Interface. 3D.

ABSTRACT

This paper discusses computational tools (software) aimed at understanding built environments. The work follows this order: firstly, three case studies will be presented, related to the "3D visual platform with georeferenced database for complete infrastructure management" research project, conducted with the support of the "Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq" (National Scientific and Technological Development Council). The case studies are historic sites modelled in 3D as a response to a request by the "Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN" (National Historic and Artistic Heritage Institute) for the creation of electronic models of historic sites. The importance of this tool is that it represents the official demand for building custom software for managing urban environments, which needs to include graphical representation as one of its functions. Second item presented: software designed for the commercialization of a construction system of modular wall partitions. This item explores the architecture of the computer system that extracts the reference quantities for marketing, production and assembly for the aforementioned constructive system from the architectural design. Fulfilling the role of discussing and updating the technology presented in the first case study, the third one relates to automatic photogrammetry technology applied to the historic heritage field, which allows to scan physical objects or environments from photographs. The work finishes in the presentation of the prototype developed for the visualization of data related to the management of a shopping mall. This is a proposal for integrating a visualization module of environment related data to traditional systems in this segment. The gathering of this contents establishes a computational resources framework that will enable to enhance the way of understanding or observing built environments, supporting the hypothesis that this type of tool is a means of building systematic knowledge about the use of buildings and may therefore help to improve it.

Keywords: Representation. Information Technology. Interface. 3D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fotografia estroboscópica - Milk Drop Coronet, 1957.....	11
Figura 2 - Filmes com representação de edifícios e dados para tomadas de decisão	13
Figura 3 - Banner do projeto Plataforma visual 3D com banco de dados georreferenciado para gestão de infraestruturas	16
Figura 4 - Planta de ETE em software de gestão.....	18
Figura 5 - Delimitação da área a ser contemplada no município de Salvador, BA.....	27
Figura 6 - Modelos de Nível I. Volumes simples sem detalhes volumétricos	28
Figura 7 - Edificação Nível II. Apresentação simplificada dos detalhes da fachada	28
Figura 8 - Maquete eletrônica do centro histórico de Belém - PA	31
Figura 9 - Metodologia para representação e simplificação arquitetônica.....	33
Figura 10 - Vista aproximada da maquete eletrônica do centro histórico de Salvador - BA	34
Figura 11 - Hierarquia de entidades nas maquetes eletrônicas de centros históricos.....	34
Figura 12 - Pesquisa de quantidades de usuários de software tipo CAD (Desenho assistido por computador)	35
Figura 13 - Primeira página do registro de patente do software Sketchup detalhando o recurso “push-pull”	36
Figura 14 - Método de atribuição de parâmetros. Linhas do código de programação do <i>plugin</i> referido.....	40
Figura 15 - Atribuição ou verificação de parâmetros através do <i>plugin</i>	41
Figura 16 - Requisição de filtragem.....	42
Figura 17 - Mapa gerado a partir do modelo da cidade de Belém - PA.....	43
Figura 18 - Tipos de divisórias	44
Figura 19 - Documentação de parte dos processos comerciais adotados pela indústria-A	46
Figura 20 - Projetos para divisórias.....	48
Figura 21 - Representação 3D do projeto utilizando o sistema construtivo de divisórias construído a partir do <i>plugin</i> demonstrado.....	51
Figura 22 - Componente dinâmico.....	52

Figura 23 - Imagem renderizada a partir dos modelos paramétricos.....	53
Figura 24 - Alguns tipos de divisórias abordados no sistema.....	54
Figura 25 - Modelos 3D dos retábulos localizados no cruzeiro da nave.....	56
Figura 26 - Digitalização 3D do púlpito.....	57
Figura 27 - Digitalização do pedestal.....	58
Figura 28 - Digitalização do nicho do mirante - conversadeiras.....	59
Figura 29 - Modelo 3D da Capela Mor.....	60
Figura 30 - Modelo 3D do altar lateral.....	61
Figura 31 - Modelo 3D da cozinha.....	62
Figura 32 - Posição dos itens digitalizados. Primeiro e segundo pavimentos do convento, respectivamente.....	63
Figura 33 - Realidade aumentada.....	65
Figura 34 - Sequência de fotografias ao redor de edifício histórico em Belo Horizonte obtidas pelo autor para construção dos modelos 3D.....	66
Figura 35 - Comparativo entre digitalizações tridimensionais de edifício tombado em Belo Horizonte.....	67
Figura 36 - Ferramentas contemporâneas para gestão de <i>shopping centers</i>.....	71
Figura 37 - As quatro imagens constituem o projeto de interface que orientou o desenvolvimento da ferramenta Gestão 3D para <i>shopping centers</i>.....	75
Figura 38 - Comparação entre interface projetada e executada.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Programas de computador do tipo SIM	15
Quadro 2 - Exemplo de preenchimento para as edificações da área delimitada.....	30
Quadro 3 - Outros	30
Quadro 4 - Listagem de alguns objetos que serão apresentados nesta seção.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidades de edifícios por nível a serem representados na maquete	28
Tabela 2 - Aspectos quantitativos dos modelos 3D obtidos	63

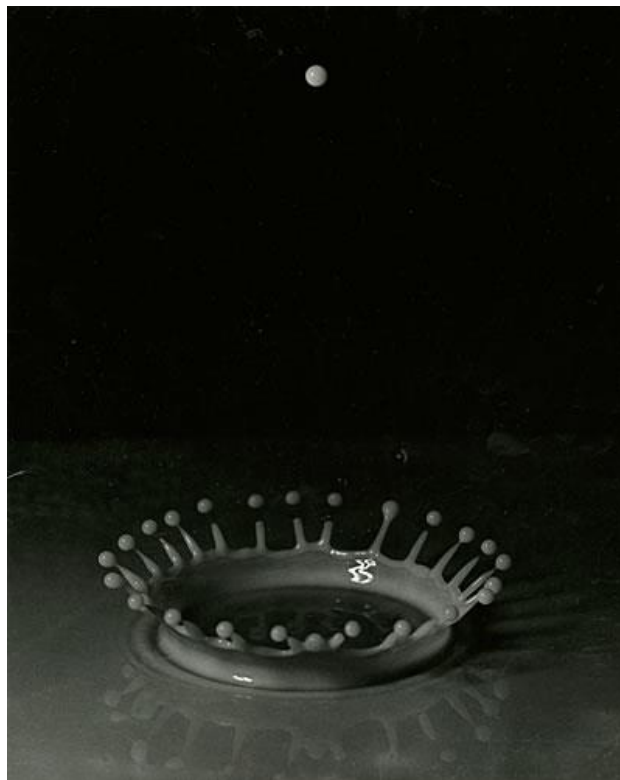
SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 CONCEITOS DESTA PESQUISA	13
3 O CONTEXTO DESTA PESQUISA	17
4 METODOLOGIA.....	23
4.1 Recorte e hipóteses desta pesquisa	24
5 ESTUDOS DE CASO.....	26
5.1 Centros históricos 3D	26
<i>5.1.1 Problematização.....</i>	<i>26</i>
<i>5.1.2 Representação do Espaço e Parâmetros associados</i>	<i>31</i>
<i>5.1.3 Dados relacionados ao espaço</i>	<i>37</i>
5.2 Estudo de Caso: Indústria-A	43
<i>5.2.1 Contexto</i>	<i>45</i>
<i>5.2.2 O conceito do sistema</i>	<i>50</i>
<i>5.2.3 Aspectos gerais.....</i>	<i>50</i>
5.3 Estudo de Caso – Digitalização 3D e Gestão de Bens móveis integrados.....	55
<i>5.3.1 Problematização.....</i>	<i>55</i>
<i>5.3.2 Metodologia e Desenvolvimento</i>	<i>57</i>
<i>5.3.3 Equipamento e materiais utilizados</i>	<i>58</i>
<i>5.3.4 Pós-captura de fotos</i>	<i>60</i>
<i>5.3.5 Aspectos qualitativos dos modelos 3D gerados</i>	<i>61</i>
<i>5.3.6 Aspectos quantitativos</i>	<i>62</i>
<i>5.3.7 Realidade aumentada</i>	<i>64</i>
<i>5.3.8 Comparativo com a tecnologia do primeiro estudo de caso</i>	<i>65</i>
5.4 Estudo de Caso – Protótipo Gestão 3D.....	69
<i>5.4.1 Problematização.....</i>	<i>69</i>
<i>5.4.2 Objetivos do protótipo</i>	<i>73</i>
<i>5.4.3 Representação do Espaço</i>	<i>76</i>
<i>5.4.4 Arquitetura da Informação</i>	<i>79</i>
6 CONCLUSÃO.....	82
REFERÊNCIAS	86

1 INTRODUÇÃO

Antes da popularização da técnica de fotografia estroboscópica, por Edgerton (2000), era impossível observar e conhecer detalhes de movimentos como o de determinados motores ou ainda da hidrodinâmica envolvida num simples pingar de uma gota sobre outra superfície líquida. O mesmo ocorreu com a invenção do microscópio, uma revolução, que permitiu a observação do que até então era tratado no campo da abstração.

Figura 1 - Fotografia estroboscópica - Milk Drop Coronet, 1957



Fonte: EDGERTON, 2000

Congelar um fenômeno, retroceder e avançar, visualizar sua dinâmica e detalhes no momento em que se deseja, tais possibilidades podem configurar um meio para construir conhecimento sobre ele.

No caso dos edifícios, isso é possível? Existem ferramentas adequadas que nos permitam mapear e visualizar as apropriações de suas dependências, medir e registrar aspectos sobre seus componentes, manter um registro temporal das modificações e intervenções que sofrem,

permitindo-nos, assim, extrair dessa coleção de dados informações e constituir conhecimento acerca do ambiente edificado?

A motivação desta pesquisa é apresentar a estrutura computacional de ferramentas (software) voltadas para o mapeamento de dados e quaisquer fenômenos relacionados ao ambiente construído. Estuda-se a possibilidade do estabelecimento de tecnologias que permitam a observação global do uso de um edifício através de recursos gráficos. Para a realização dessa iniciativa, sugere-se a aproximação do arquiteto do campo da Tecnologia da Informação (TI), estabelecendo uma comunicação eficaz com os profissionais da área, podendo assim muni-los de recursos para uma interpretação espacial mais coerente por meio do computador.

2 CONCEITOS DESTA PESQUISA

No livro editado por Brenda Laurel, *The Art of Human-Computer Interface*, são discutidos aspectos de composição, engenharia e *design* que visam à melhora da interação das pessoas com os programas de computador. Nesse livro, encontramos o texto *The right way to think About Software Design* (A maneira correta de pensar o design de programas de computador – em tradução livre) de Theodor Holm Nelson, que contém o seguinte trecho:

Fazer software é como fazer filmes pois ambos tratam de como apresentar-se afetando a mente e sentimentos do seu público. O talentoso designer de software calcula não apenas toda estrutura mas como afetar o usuário, não meramente juntando partes. Enquanto os aspectos técnicos são preliminares, o planejamento artístico, execução e o afinamento entre as partes são o substrato, o que realmente conta.¹ (NELSON, 1990, p.238)

Figura 2 - Filmes com representação de edifícios e dados para tomadas de decisão



Fonte: Montagem feita pelo autor. Filmes, *Dredd*, *Visitors*, *Iron Man*, respectivamente

¹ “Making software is like making movies because both are about how moving presentations affect the mind and feelings of the viewer. The talented software designer subtly calculates the overall structure and how it will affect the viewer or user; not merely putting parts together. Technical concerns are merely preliminar, the substratum; what counts are the artistic planning, excution, and the reunified tuning of all the parts.” (Tradução do autor)

Alguns filmes, como os da figura 2, valem-se ora de pesquisas sobre tecnologias em desenvolvimento, ora de exercícios e processos de *brainstorm* para imaginar e retratar cinematograficamente respostas futuristas para problemas atuais. São frequentes as cenas nas quais as personagens acessam, de computadores, informações sobre edifícios. Nesses casos, são exibidas plataformas em que traçam planos ou observam variáveis em maquetes digitais tridimensionais e até hologramas de edifícios, ou trechos urbanos. Em muitos casos, o recurso gráfico explorado torna possível a exibição simultânea do edifício, seu interior, e o dado que se busca, seja a posição de uma pessoa ou algum dispositivo que se deseja acionar remotamente. Esse recurso cinematográfico busca ilustrar de uma forma rápida e objetiva um sistema em que se pode saber a respeito e localizar uma ocorrência em um edifício. O aspecto interessante nesses casos é a exploração do recurso gráfico na representação de um espaço físico. Talvez a resposta que a indústria cinematográfica encontrou seja próxima da resposta visual que comunique e permita uma melhor compreensão do ambiente construído.

A realidade desses sistemas é igualmente dotada de tecnologia, porém menos ilustrativa. O termo mercadológico que abrange as atividades de gestão de edifícios, *Facility Management* (FM), surgiu nos Estados Unidos entre as décadas de 60 e 70 (RODRIGUES, 2001). O autor português Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues, publicou, em 2001, um trabalho para doutoramento intitulado *Gestão de Edifícios – Modelo de Simulação Técnico Econômica*, o qual discute os procedimentos cabíveis para gestão de infraestruturas, passando, inclusive, pelas ferramentas computacionais que abordam o campo. Nesse quesito, o autor estabelece a necessidade do que nomeia como Sistema Integrado de Manutenção (SIM). De acordo com o próprio autor, um SIM apresenta as seguintes funções:

- Identificar e disponibilizar interlocutores e decisores capacitados.
 - Tipificar situações, facilitando análises e respostas (automatizando-a, se possível).
 - Padronizar procedimentos de contratação de serviços de manutenção ou intervenções como reformas.
 - Unificar as ações de registro alimentando, com um único ato, as bases de dados contábeis, tecnológicas e funcionais.
 - Recolher a informação final e realimentar o sistema.
- (RODRIGUES, 2001, p.67)

Existem diversos programas de computador voltados para a gestão de infraestruturas (SIM), tais como os listados no Quadro 1:

Quadro 1 - Programas de computador do tipo SIM

Software	País	Site
Axxerion Software	Estados Unidos	www.axxerionusa.com
Archibus	Estados Unidos	www.archibus.com
GIM	Espanha	www.tcman.com
Dic-Pla	Espanha	www.itec.cat
PGMe	Espanha	www.itec.cat
SMIT	Portugal	www.ne-2000.com
Man WinWin	Portugal	www.manwinwin.com

Fonte: FALORCA, CALEJO, SILVA, 2011, p.8

Embora no geral esses programas cumpram a rotina de atividades previstas para a gestão do espaço estabelecida por Rodrigues, este trabalho se limitará a citá-los, afinal, os mesmos, com exceção do *Archibus*, não oferecem a função de visualização do espaço gerido, um aspecto considerado ultrapassado por este trabalho. Além disso, como recorrente nos programas de computador feitos e comercializados por corporações, não há como revelar aqui detalhes de sua estrutura computacional, já que se apresentam criptografados, ou em uma linguagem computacional que não permite compreender seus mecanismos de funcionamento.

Por outro lado, este trabalho aborda, como estudos de caso, os processos e produtos relativos ao desenvolvimento de três ferramentas que relacionam a gestão de espaços físicos à sua representação digital atrelada a dados. Esses estudos de caso foram extraídos da pesquisa “Plataforma 3D”, financiada pelo CNPq². Tais estudos de caso referem-se aos programas de computador desenvolvidos com exclusividade para a solução de problemas do cotidiano. O protótipo que será apresentado ao final deste trabalho é um programa desenvolvido de acordo com as percepções através das quais se vislumbrou a possibilidade do desenvolvimento de um recurso inovador, mediante a aplicação dos conceitos construídos nos estudos de caso, além da análise da metodologia vigente para a gestão de *shopping centers*.

O objetivo é fomentar a discussão e o desenvolvimento de ferramentas similares, discutindo uma linguagem visual adequada para a representação de dados relativos a um edifício.

² O autor integrou a equipe do projeto na condição de coordenador técnico. O desenvolvimento deste trabalho e a obtenção do título de mestre estão previstos no projeto aprovado pelo CNPq como contrapartida científica pelos recursos investidos.

Figura 3 - Banner do projeto Plataforma visual 3D com banco de dados georreferenciado para gestão de infraestruturas

PLATAFORMA VISUAL 3D COM BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO PARA GESTÃO COMPLETA DE INFRAESTRUTURAS

PLATAFORMA GESTÃO 3D

Esta plataforma visual 3D com banco de dados georreferenciado para gestão de infraestruturas, oferece uma visão integrada e detalhada das operações de manutenção e reparação de ativos físicos, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real. O sistema é baseado em uma arquitetura de dados robusta, que garante a integridade e a segurança das informações armazenadas.

Os principais benefícios incluem:

- Visualização 3D de ativos físicos em um ambiente virtual, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real.
- Integração com sistemas de informação existentes, como ERP e CRM, para uma visão holística das operações.
- Facilidade de uso e intuitividade, permitindo que os usuários possam operar o sistema sem necessidade de treinamento extensivo.
- Segurança e controle de acesso, garantindo que apenas os usuários autorizados possam acessar e modificar os dados.

O GUIA DO BEM

O Guia do Bem é um aplicativo desenvolvido para facilitar a gestão de ativos físicos, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real. O sistema é baseado em uma arquitetura de dados robusta, que garante a integridade e a segurança das informações armazenadas.

Os principais benefícios incluem:

- Visualização 3D de ativos físicos em um ambiente virtual, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real.
- Integração com sistemas de informação existentes, como ERP e CRM, para uma visão holística das operações.
- Facilidade de uso e intuitividade, permitindo que os usuários possam operar o sistema sem necessidade de treinamento extensivo.
- Segurança e controle de acesso, garantindo que apenas os usuários autorizados possam acessar e modificar os dados.

TENCO SHOPPING CENTERS

Este sistema de gestão de ativos físicos, desenvolvido para facilitar a gestão de ativos físicos, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real. O sistema é baseado em uma arquitetura de dados robusta, que garante a integridade e a segurança das informações armazenadas.

Os principais benefícios incluem:

- Visualização 3D de ativos físicos em um ambiente virtual, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real.
- Integração com sistemas de informação existentes, como ERP e CRM, para uma visão holística das operações.
- Facilidade de uso e intuitividade, permitindo que os usuários possam operar o sistema sem necessidade de treinamento extensivo.
- Segurança e controle de acesso, garantindo que apenas os usuários autorizados possam acessar e modificar os dados.

AMPLA DIVISÓRIAS ESPECIAIS

Este sistema de gestão de ativos físicos, desenvolvido para facilitar a gestão de ativos físicos, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real. O sistema é baseado em uma arquitetura de dados robusta, que garante a integridade e a segurança das informações armazenadas.

Os principais benefícios incluem:

- Visualização 3D de ativos físicos em um ambiente virtual, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real.
- Integração com sistemas de informação existentes, como ERP e CRM, para uma visão holística das operações.
- Facilidade de uso e intuitividade, permitindo que os usuários possam operar o sistema sem necessidade de treinamento extensivo.
- Segurança e controle de acesso, garantindo que apenas os usuários autorizados possam acessar e modificar os dados.

GUIA MERCADO CENTRAL

Este sistema de gestão de ativos físicos, desenvolvido para facilitar a gestão de ativos físicos, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real. O sistema é baseado em uma arquitetura de dados robusta, que garante a integridade e a segurança das informações armazenadas.

Os principais benefícios incluem:

- Visualização 3D de ativos físicos em um ambiente virtual, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real.
- Integração com sistemas de informação existentes, como ERP e CRM, para uma visão holística das operações.
- Facilidade de uso e intuitividade, permitindo que os usuários possam operar o sistema sem necessidade de treinamento extensivo.
- Segurança e controle de acesso, garantindo que apenas os usuários autorizados possam acessar e modificar os dados.

GUIA MERCADO CENTRAL

Este sistema de gestão de ativos físicos, desenvolvido para facilitar a gestão de ativos físicos, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real. O sistema é baseado em uma arquitetura de dados robusta, que garante a integridade e a segurança das informações armazenadas.

Os principais benefícios incluem:

- Visualização 3D de ativos físicos em um ambiente virtual, permitindo a identificação de problemas e a tomada de decisões em tempo real.
- Integração com sistemas de informação existentes, como ERP e CRM, para uma visão holística das operações.
- Facilidade de uso e intuitividade, permitindo que os usuários possam operar o sistema sem necessidade de treinamento extensivo.
- Segurança e controle de acesso, garantindo que apenas os usuários autorizados possam acessar e modificar os dados.

3 O CONTEXTO DESTA PESQUISA

Internacionalmente, a participação dos arquitetos na discussão sobre a computação e o ambiente físico aumentou na última década. Considerando a arquitetura como uma interface entre o lugar e a informação, Pawley (dentre outros - WEISER, 1993; GRAHAM, 1998) sugeriu aos arquitetos um novo emprego de TI na arquitetura e no desenho urbano, centrando-se nas reais interações entre as pessoas e o espaço. Na mesma perspectiva, Shaffer (2000) declarou que a pesquisa na busca de um desenho de TI aplicado ao espaço - que considerasse central as interações significativas das pessoas - seria um novo campo emergente. De modo similar, Sengers (2004) concluiu que o desenho de soluções de computação ambiental para áreas urbanas requer o entendimento da organização espacial real - mais que as hipóteses criadas por autores ficcionistas - para engajar-se com os significados dos lugares. A maior parte desses debates, entretanto, ainda se baseia na discussão da engenharia de software ou na perspectiva das artes digitais aplicadas. Reconhecendo essa dificuldade, Eamon O'neil (2004) declarou que, para construir sistemas que usem TI nas cidades, “nós não temos nenhuma teoria fundamental, nenhuma base de conhecimento, princípios metodológicos ou instrumentos para o projeto e a construção de sistemas de computação ubíqua como uma totalidade integrante com a paisagem”³.

Com sua reclamação, O'neil pretendeu juntar os lados de uma técnica de aplicação da TI e o conhecimento da estrutura social e espacial dos lugares.

Sugere-se um campo de atuação do arquiteto em favor da construção de suas próprias ferramentas de trabalho.

Aos SIM parece plausível acrescentar a funcionalidade de visualização gráfica tanto da representação do espaço físico quanto dos dados relativos à gestão daquele espaço. Essa hipótese é defendida neste trabalho por se acreditar que a visualização dos dados em formatos que descartam a representação do espaço físico, recorrente nos programas de mercado, faz com que o usuário negligencie o aspecto espacial. Quais aspectos da topologia espacial (SOUZA, 2010, p.28) relacionam-se com os dados medidos naquele ponto?

³ “we have no fundamental theory, knowledge base, principle methods or tools for designing and building ubiquitous computing systems as integral elements of the urban landscape” (Tradução do autor).

A visualização associada à gestão não está totalmente excluída das ferramentas para gestão que temos disponíveis, e a aproximação do arquiteto ao processo de desenvolvimento de software pode potencializar essa função. A figura 4 mostra uma estação de tratamento de esgoto, ETE, com sua planta representada de forma bidimensional dentro do software de gestão que associa cada uma das estruturas numeradas às medições relativas à função que desempenham. Observando simultaneamente os valores medidos e sua posição no espaço, o gestor tem uma visão mais completa da situação, favorecendo uma tomada de decisões mais eficaz em caso de necessidade, como emergências ou panes no sistema.

Figura 4 - Planta de ETE em software de gestão



Fonte: COPASA

A representação gráfica constitui um dos sistemas de signos básicos concebidos pela mente humana para armazenar, entender e comunicar informações essenciais. Como uma “linguagem” para o olho, a representação gráfica beneficia o usuário do sistema por suas características ubíquas de percepção visual. Como um sistema monossêmico, ela forma a porção racional do mundo da imagem. (BERTIN, 1983 [1962], p.2).

Nos estudos de caso, buscou-se extrapolar o conceito da representação digital do espaço físico, ao passo que esta passa a, além de comunicar visualmente uma determinada configuração

espacial, associar-se a uma linguagem computacional, para que nela sejam visualizados os dados pertinentes. A forma de construção da representação digital deve conter uma hierarquia de entidades (partes do modelo 3D) que sejam coerentes com as requisições de software que receberá.

Apesar de termos acesso a um universo farto de ferramentas e software, estes já nos são oferecidos com as funções e lógica estrutural previstos pela companhia que os criou. Muitas vezes essas ferramentas precisam ser generalistas, para que cumpram sua função de mercado, atendendo a maiores quantidades de consumidores e, assim, gerando mais lucro. No entanto, esse tipo de ação acaba sendo prejudicial, na medida em que inibe o desenvolvimento da ferramenta. Para contornar esse problema, alguns softwares deixam parte de seu código aberto, permitindo que qualquer desenvolvedor atue, acrescentando funções ao programa original. A velocidade de evolução das ferramentas com essa possibilidade torna-se bem maior.

Este tipo de estrutura é abordado em dois dos estudos de caso que serão apresentados e merece a devida atenção nesta pesquisa, por ser uma alternativa que viabiliza o desenvolvimento de ferramentas específicas a baixo custo e com mais velocidade. O estabelecimento de ferramentas integrando espaço físico e tecnologia da informação é um passo fundamental para a construção do conhecimento acerca dos edifícios e de sua ocupação.

A potencialidade da atuação do arquiteto na construção do tipo de ferramenta defendida neste trabalho está potencializada pela existência e difusão de software livre⁴. Estes, tal como o software Sketchup⁵ e a linguagem de desenvolvimento Ruby⁶, permitem que terceiros adicionem funções, além das nativas de fábrica, aumentando a especialização do software na solução de problemas específicos. O visionário autor Negroponte foi, ainda em 95, taxativo nesse quesito, afirmando:

O conceito dos “sistemas abertos” é vital, um conceito que exercita a porção empreendedora de nossa economia e desafia “tanto os sistemas proprietários quanto os monopólios mais amplamente regulamentados”. E ele está ganhando. Num sistema

⁴ Software Livre é uma forma de manifestação de um software em que, resumidamente, permitem-se adaptações ou modificações em seu código de forma espontânea, ou seja, sem que haja a necessidade de solicitar permissão ao seu proprietário para modificá-lo. Não confundir com o movimento. (SKETCHUP, 2014 – Wikipedia)

⁵ Software de propriedade da empresa americana TRIMBLE, tendo sido originalmente criado pela @t Last Software, em seguida adquirido pela Google antes de pertencer à Trimble. É voltado para a modelagem tridimensional digital.

⁶ Linguagem de programação.

aberto, competimos com nossa própria imaginação, e não contra uma chave e uma fechadura. O resultado é (...) uma gama maior de alternativas para o consumidor e um setor comercial cada vez mais ágil, capaz de rápidas mudanças e de um veloz crescimento. Um sistema aberto de verdade é de domínio público, está totalmente disponível na condição de uma fundação sobre a qual todos podem construir. (NEGROPONTE, 1995, p.47)⁷

O software *Sketchup* é um facilitador da relação do desenvolvedor de sistemas, ou programador, e o arquiteto, pois esse programa contém interfaces difundidas nos dois campos. Se, por um lado, é notável como ferramenta de construção, manipulação e visualização em três dimensões, fatos que serão detalhados adiante, por outro possui parte de seu código aberto para acréscimo de funções através do desenvolvimento em Ruby.

Este estudo busca estimular a atuação do arquiteto no pensamento de sistemas de informação para que esse profissional possa conduzir o desenvolvimento de ferramentas voltadas para o espaço físico. Em coerência com a proposta inicial da pesquisa que provê dados para este trabalho, tem-se como entendimento de um sistema voltado para o espaço físico aquele que apresente uma estrutura de armazenamento de dados relativos ao ambiente construído e seja capaz de exibi-los simultaneamente à representação do espaço físico, associando os dados armazenados ao espaço a que correspondem. Portanto, esse quadro teórico conduzirá o desenvolvimento baseando-se nas funcionalidades básicas dessas ferramentas; visualização e representação do espaço físico, atrelamento com banco de dados.

Os recursos para favorecer a ação do arquiteto baseiam-se tanto no estabelecimento de uma linguagem quanto na utilização de ferramentas já consolidadas que favoreçam a transdisciplinaridade.

A compreensão de um sistema computacional é completamente diferente para um leigo e um desenvolvedor. A discrepância está na linguagem. Enquanto o usuário comum entenderá melhor dos *inputs* e *outputs* de um software, o desenvolvedor está familiarizado com o fluxo de dados, o comportamento dos bytes, as linhas de código. Essa distância exagerada pelas linguagens dos envolvidos pode ser vencida desde que se encontre uma forma de tradução de

⁷ "Open systems" is a vital concept, one that exercises the entrepreneurial part of our economy and challenges both proprietary systems and broadly mandated monopolies. And it is winning. In an open system we compete with our imagination, not with a lock and key. The result is not only a large number of successful companies but a wider variety of choice for the consumer and an ever more nimble commercial sector, one capable of rapid change and growth. A truly open system is in the public domain and thoroughly available as a foundation on which everybody can build."

ambos os pensamentos. Se o usuário consegue comunicar como prefere que sejam seus *inputs* e *outputs*, o desenvolvedor poderá prover as alternativas computacionais cabíveis.

Durante o desenvolvimento dos estudos de caso aqui apresentados, foram adotadas plataformas variadas de comunicação entre os arquitetos e desenvolvedores, cada uma se adaptando à situação do problema enfrentado.

Se um arquiteto pretende orientar o desenvolvimento do sistema, é imperativo que domine a linguagem de estabelecimento das funções. Caso contrário, o desenvolvedor ditará o processo baseando-se exclusivamente na sua visão.

A linguagem para orientação e projeto de um sistema é, portanto, um item a ser observado. Nos trabalhos aqui apresentados, empregou-se a metodologia de mapeamento de projetos, a notação BPM⁸ para o desenvolvimento de fluxogramas, que pode ser testado matematicamente, ou seja, verificado se conforma um software coeso. Em outra situação, no protótipo, optou-se por um projeto orientado pela interface, nesse caso, a resposta final do programa foi preponderante sobre os meios, assim o primeiro contato do desenvolvedor com a ferramenta foi o projeto de sua interface final. Essa metodologia mostrou-se coerente dada a biblioteca de funcionalidades computacionais utilizada. O emprego dessas bibliotecas também é uma forma democrática, rápida e econômica de se desenvolver um software, dado que não é desperdiçado tempo com funções já desenvolvidas e disponíveis gratuitamente, como, por exemplo, métodos computacionais de lidar com um modelo 3D, seja para girá-lo, mudar suas cores, ligar ou desligar entes. Todas essas funções já integram bibliotecas para WebGL⁹ e necessitam apenas que sejam costuradas entre si para conformarem sistemas.

A gestão de edifícios, campo de interesse do projeto de pesquisa que fornece dados a este trabalho, é um campo de ação que se refere à sistematização de medidas que visam à garantia do funcionamento e bom desempenho de edifícios. Este mostrou-se como um campo de

⁸ BPM (Business Process Management) é uma abordagem disciplinada para identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar, controlar e melhorar processos de negócios em uma organização. Visa a tornar a organização capaz de alcançar resultados consistentes e alinhados com as suas metas estratégicas, agregando valor e permitindo o cumprimento de seus objetivos de negócio com mais agilidade. (Wikipedia)

⁹ WebGL (Web Graphics Library) é uma API em JavaScript, disponível a partir do novo elemento Canvas da HTML5, que oferece suporte para renderização de gráficos 2D e gráficos 3D. Pode ser implementado em uma aplicação web sem a necessidade de plug-ins no navegador. (Wikipedia)

interesse e atuação para a equipe de arquitetos e desenvolvedores, uma vez que foi identificada uma possibilidade de inovação ferramental para esse fim.

Ainda que existam ferramentas de gestão que abordem o espaço físico, a construção das mesmas possivelmente não contou com um arquiteto, pois dados espaciais são apresentados da mesma forma que um dado financeiro, por exemplo. Portanto, em um sistema atual, uma determinada área apenas aparecerá em um banco de dados com seu nome e sua metragem quadrada, apenas dados numéricos ou textuais. Dessa forma, diversos aspectos espaciais são ignorados, e o gestor munido dessa ferramenta fica com uma visão limitada do objeto gerido.

Conforme será demonstrado, em um *shopping*, por exemplo essa ruptura entre os sistemas se torna explícita. Em todas as três sedes administrativas de *shopping centers* pesquisadas durante este trabalho, encontrou-se na sala do gestor, ou superintendente, além do computador, com o software de gestão comum ao ramo, quadros na parede, nos quais estão as plantas do *shopping center* marcadas com recursos físicos, de ímãs, tachas, canetinhas, fitas adesivas e comentários a lápis.

Como pensar sistemas para convergir ambas as funções?

4 METODOLOGIA

Este trabalho apresentará três estudos de caso dentro da temática proposta. Optou-se pelo estudo de caso como metodologia de pesquisa pela indissociabilidade entre o objeto estudado e a realidade. Além disso, o subsídio de dados nos quais se apoia este trabalho foi obtido dentro da pesquisa “CNPQ RHAE Plataforma 3D”. O órgão responsável, CNPq, evidenciou a importância da convergência entre pesquisa e inovação na solução de problemas cotidianos fomentando o surgimento de produtos inovadores. Assim, foi possível desenvolver e testar ferramentas computacionais envolvendo dados, gestão e espaço físico na solução de problemas reais.

As ferramentas computacionais serão apresentadas em relação a como solucionam as questões que justificam sua criação, assim como serão detalhados aspectos de sua arquitetura de sistema.

Apesar de este trabalho explorar ferramentas desenvolvidas para a solução de situações exclusivas, não sendo genéricas, pretende-se, ao revelar os aspectos de sua construção, estabelecer parâmetros que possam ser generalizados e aplicados na construção de outras ferramentas voltadas para a abordagem de dados e espaço.

Pretende-se que de cada um dos estudos de caso sejam extraídos dados para responder a perguntas relativas à gestão de edifícios, visualização de dados e representação do espaço físico.

Finda a etapa de estudos de caso, será apresentado um protótipo de sistema para gestão de edifício. Trata-se de um *shopping center* voltado à comercialização de mobiliário e itens de decoração para residências, para o qual foi pensado um sistema que se estrutura a partir dos conceitos adotados e do conhecimento obtido nos estudos de caso.

Para análise das características das ferramentas apresentadas, haverá um confronto, principalmente com os conceitos de desenvolvimento de software estabelecidos no livro editado por Brenda Laurel, Negroponte, e atualizados Por Rogers e Shaarp, os quais apresentam uma visão coerente com os projetos relatados, pois já antecipam questões de softwares transdisciplinares e uma abordagem voltada para o usuário.

4.1 Recorte e hipóteses desta pesquisa

Dentro do contexto abordado nas seções anteriores, o recorte desta pesquisa está na participação do arquiteto no desenvolvimento de suas ferramentas computacionais e no emprego da tecnologia da informação (TI) para uma melhor utilização de aspectos espaciais. Ao passo que a rotina de produção para fins comerciais mostra não favorecer a reflexão sistemática, o contato com problemas cotidianos acelera o desenvolvimento de ferramentas, metodologias e meios para a construção de respostas cabíveis. Tanto os processos como os produtos aqui apresentados conduziram à construção das três hipóteses abordadas:

- O arquiteto pode atuar no desenvolvimento do ferramental tecnológico, ampliando não apenas o seu campo, mas a visão espacial em outros campos do conhecimento.
- O conhecimento relativo a determinado espaço pode ser mais bem abordado através de recursos computacionais que permitam uma correlação explícita entre suas características físicas e quaisquer acontecimentos que este abrigue.
- Recursos computacionais abertos ou livres apresentam-se como uma possibilidade para processos de criação de programas de computador de maneira mais ágil e barata, além de favorecer a atuação de leigos nos mesmos.

Essas hipóteses são trabalhadas a partir de questões-chave, que tornam explícitas as interseções entre os estudos de caso. No que se refere à primeira hipótese, da atuação do arquiteto no desenvolvimento do ferramental, as questões aqui abordadas passam pela forma de o arquiteto posicionar-se para coordenar o desenvolvimento. Quais são as linguagens de comunicação capazes de aproximar arquitetos e desenvolvedores? Qual é a contribuição oferecida pelo arquiteto no desenvolvimento de software?

Quanto à segunda hipótese, que relaciona o espaço a ferramentas computacionais, as questões centrais nesta pesquisa são: A representação do espaço físico associado a dados não gráficos relativos ao mesmo é de fato uma forma de favorecer a construção do conhecimento sobre este? Quando o recurso visual da representação é bem-vindo? Quais são as características da representação do espaço que devem ser respeitadas para a correlação com capacidades computacionais?

Já a terceira hipótese, que aborda o fomento da atuação de leigos no desenvolvimento em função de bibliotecas de recursos livres ou gratuitos, procura levantar as seguintes questões: Quais componentes e funções computacionais respondem a tais características? Quais recursos são favoráveis à problematização aqui estabelecida entre espaço e dados? Como convergir diferentes recursos na construção de um sistema?

Essas são, portanto, hipóteses e questões-chave neste trabalho.

5 ESTUDOS DE CASO

5.1 Centros históricos 3D

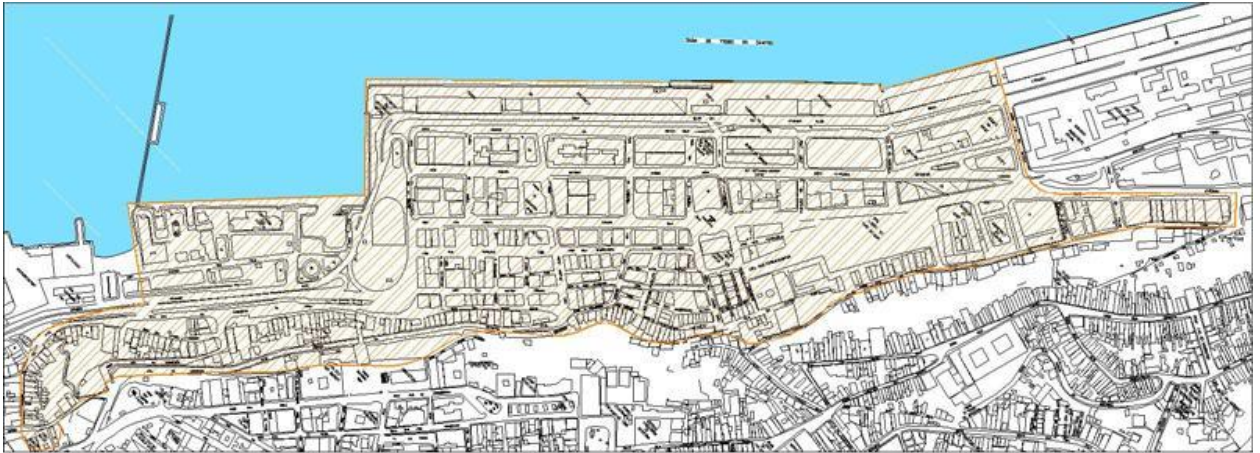
5.1.1 *Problematização*

O Departamento de Patrimônio Material e Fiscalização (DEPAM), uma das unidades do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), tinha o objetivo de construir uma base de conhecimentos a partir da qual seriam desenvolvidos os estudos de preservação e desenvolvimento urbano, permitindo simulações e projeções para futuras “operações urbanas” e para a implementação de instrumentos urbanísticos que devolvessem a qualidade perdida às áreas centrais dos sítios históricos selecionados.

Através do programa Reabilitação de Áreas Urbanas Centrais (Ministério das Cidades) e da ação Reabilitação de Bens Culturais e Sítios Históricos Protegidos – PTRES 22604 –, foi lançado o projeto “Requalificação de áreas centrais degradadas em sítios históricos”. Dentre os objetos contratados pelo projeto, estavam:

1. Revisar levantamento da informação gráfica existente, desde as fotografias de fachadas até a conferência de gabaritos existentes, bem como realizar levantamento fotográfico de fachadas para cada edificação do perímetro.
2. Realizar levantamento de dados cadastrais e funcionais (de dimensões imobiliárias, arquitetônicas, urbanísticas e geográficas) da área delimitada, conforme modelo de ficha e metodologia repassadas pela instituição de patrimônio.
3. Consolidar base de dados com as informações cadastrais e funcionais (de dimensões imobiliárias, arquitetônicas, urbanísticas e geográficas) de acordo com o levantamento a ser realizado.
4. Elaborar maquete eletrônica da área do sítio histórico segundo delimitação fornecida pela instituição de patrimônio.

Figura 5 - Delimitação da área a ser contemplada no município de Salvador, BA



Fonte: IPHAN

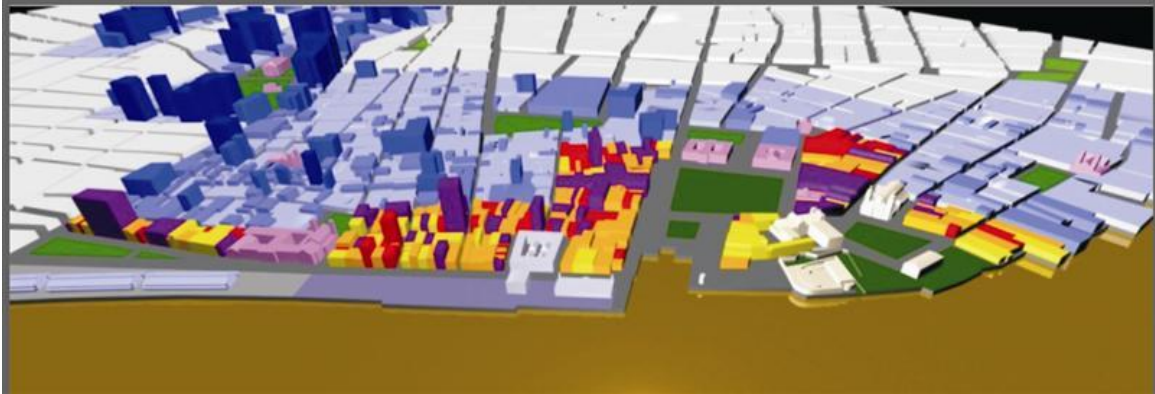
Este trabalho preocupou-se em detalhar os processos relativos ao quarto item citado, que de qualquer maneira conecta-se aos demais.

Para esta pesquisa foram usados os dados relativos às maquetes eletrônicas de São Luís, João Pessoa, Belém e Salvador. Àquele momento notou-se certa inovação na demanda do Instituto, uma vez que a gestão de trechos urbanos tende a ser feita sobre representações planejadas em software de GIS. O detalhamento da tarefa estruturou-se da forma relatada a seguir.

Para a construção dos modelos digitais dos centros urbanos, foram estabelecidos dois níveis de modelo para a representação de cada edifício, sendo Nível I a representação da volumetria do edifício de forma extremamente simplificada, com um prisma oriundo da projeção do edifício com sua altura, e o Nível II já apresentando maior quantidade de detalhes, inclusive elementos da fachada. As figuras, extraídas do projeto básico fornecido pelo IPHAN, estabeleceram o parâmetro visual a ser respeitado na maquete eletrônica. Além disso estabeleceu:

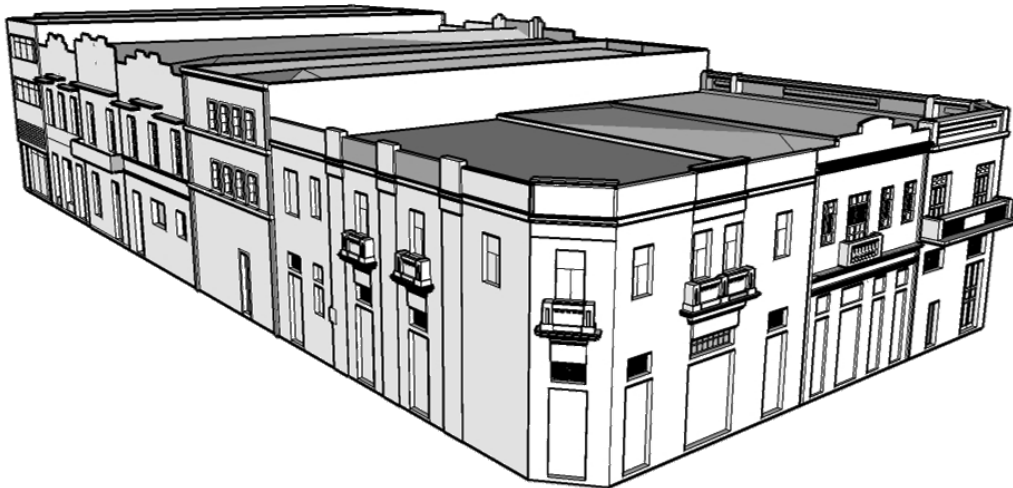
O 3D gerado a partir das elevações de edificações do sítio histórico delimitado pelo contratante não deverá apresentar nenhum tipo de render do Autocad (materiais, luzes, pano de fundo, etc.). A visualização será feita apenas através do comando “hidden” ou “ground shaded, edges on” nas cores dos respectivos *layers* definidos pelo contratante conforme tabela abaixo (IPHAN, 2008).

Figura 6 - Modelos de Nível I. Volumes simples sem detalhes volumétricos



Fonte: IPHAN

Figura 7 - Edificação Nível II. Apresentação simplificada dos detalhes da fachada



Fonte: IPHAN

Tabela 1 - Quantidades de edifícios por nível a serem representados na maquete

Cidade	Salvador - BA	Belém - PA	São Luís - MA	João Pessoa - PB
Edificações Nível I	223	0	315	423
Edificações Nível II	164	683	577	377
Total de Edificações	387	683	892	800

Fonte: Elaborada pelo autor

Outro aspecto detalhado pelo órgão refere-se à organização das maquetes. Cada um dos edifícios representados digitalmente deveria ser caracterizado dentro dos seguintes parâmetros:

Número de pavimentos:

- 1 e 2 pavimentos ou
- 3 e 4 pavimentos ou
- 5 a 15 pavimentos ou
- mais de 16 pavimentos.

Estado de conservação:

- ótimo ou
- bom ou
- precário ou
- em arruinamento ou
- arruinado.

Domínio:

- público ou
- privado ou
- sob litígio.

Uso:

- comercial ou
- residencial ou
- serviço ou
- institucional ou
- misto ou
- outro.

Além de:

- lote vago ou
- praça ou
- quadras do entorno.

Para isso determinou-se a seguinte regra: especificação dos *layers* (em *Layer Properties Manager*)

Quadro 2 - Exemplo de preenchimento para as edificações da área delimitada

<i>LAYERS</i>			
NOME DO <i>LAYER</i>	COR Nº	LINETYPE / LINEWEIGHT	OBS – itens da Ficha M2/03
Edif ótima	50	Continuous / Default	Estado de conservação - ótimo
Edif boa	40	Continuous / Default	Estado de conservação - bom
Edif precária	10	Continuous / Default	Estado de conservação - precário
Edif em arruinamento	35	Continuous / Default	Estado de conservação em arruinamento
Edif arruinada	202	Continuous / Default	Estado de conservação - arruinado
Público	62	Continuous / Default	Domínio público
Privado	72	Continuous / Default	Domínio privado
Sob litígio	82	Continuous / Default	Domínio sob litígio
Resid	92	Continuous / Default	Uso residencial
Comerc	102	Continuous / Default	Uso comercial
Serv	112	Continuous / Default	Uso para serviços
Instituc	122	Continuous / Default	Uso institucional
Misto	132	Continuous / Default	Uso misto
Outro	142	Continuous / Default	Uso não definido
Lotvago	152	Continuous / Default	Lotes vagos/terreno baldio
1 e 2 pav	151	Continuous / Default	Nº de pavimentos
3 e 4 pav	163	Continuous / Default	Nº de pavimentos
5 a 15 pav	160	Continuous / Default	Nº de pavimentos
16 ou + pav	164	Continuous / Default	Nº de pavimentos

Fonte: IPHAN

Quadro 3 - Outros

<i>LAYERS</i>			
NOME DO <i>LAYER</i>	COR Nº	LINETYPE / LINEWEIGHT	OBS
Praças	64	Continuous / Default	
Quadra entorno	151	Continuous / Default	Quadras fora da área delimitada

Fonte: IPHAN

Apesar dos detalhes e procedimentos estabelecidos pelo IPHAN, percebeu-se que as soluções determinadas estavam incoerentes com o produto delineado. No caso dos parâmetros aplicáveis aos edifícios, por exemplo, determinou-se que fosse feito através da organização em Camadas (*Layers*)¹⁰. No entanto, é inerente à função que uma entidade da maquete 3D, como um edifício,

¹⁰ A função *Layers*, ou Camadas, é recorrente nos softwares de desenho assistido por computador e refere-se à possibilidade de organizar itens da representação gráfica em camadas. Itens da mesma camada podem ser manipulados coletivamente.

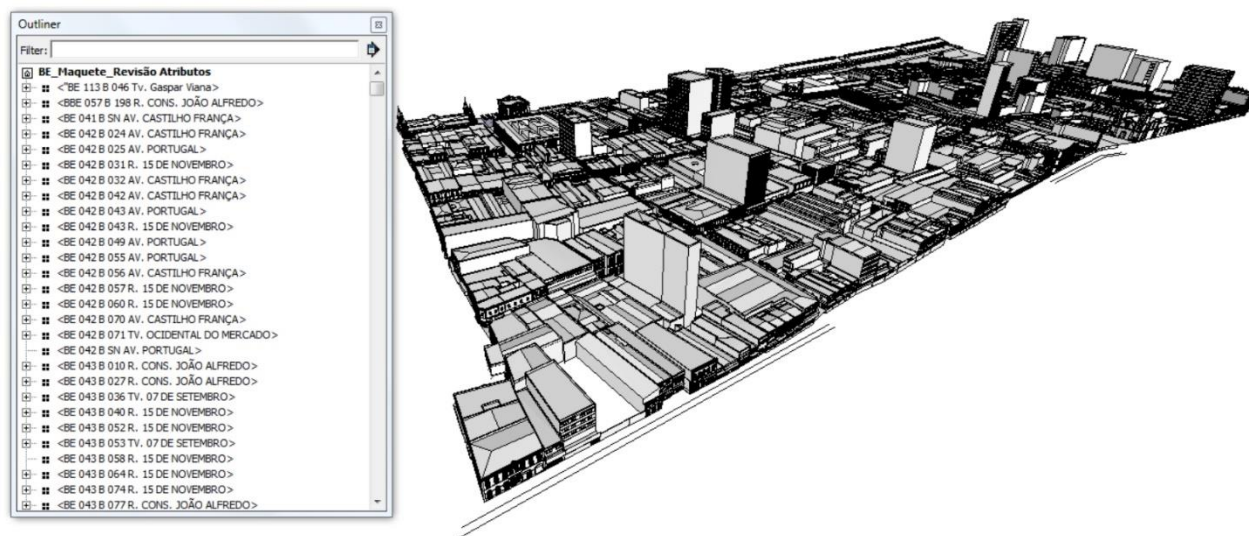
pertença exclusivamente a uma camada. Desta forma, é inviável que um edifício esteja simultaneamente na camada que determina seu estado de conservação sendo ótimo, e na camada relativa a seu uso, comercial, por exemplo.

5.1.2 Representação do Espaço e Parâmetros associados

Esta seção irá detalhar o sistema computacional que respondeu à demanda do IPHAN extrapolando as funções originalmente pensadas. Essa ferramenta é composta dos modelos 3D dos centros urbanos, um *plug-in* de *Sketchup*, que conecta entidades dos modelos a um banco de dados que armazena os parâmetros determinados pelo órgão, e outro que armazena as fotos de cada um dos edifícios.

A Figura 8 mostra à esquerda uma janela com a hierarquia de modelos demonstrando os nomes das entidades – edifícios do modelo 3D. À direita, o modelo do centro histórico de Belém – PA.

Figura 8 - Maquete eletrônica do centro histórico de Belém - PA



Fonte: Elaborado pelo autor

A resposta à demanda foi balizada pelas necessidades básicas de manipulação de modelo tridimensional e parametrização dos entes do modelo. Abstraindo-se das determinações de software colocadas pelo órgão solicitante, buscou-se uma resposta mais coerente com a demanda. Afinal, conforme colocado, o *AutoCad* apresenta algumas características que poderiam tornar o sistema ineficaz, como a baixa capacidade de trabalhar com modelos 3D

muito grandes, como os de um centro urbano. Nessas ocasiões, a manipulação torna-se lenta e confusa. Outro quesito é a ausência de funções nativas que solucionem a questão da parametrização, afinal, a função *layers* não responde à necessidade, apesar de ter sido especificada como solução pelo IPHAN. Deve-se considerar o fato de o *AutoCad* ser um software privado, com preços elevados e atualizações constantes, um cenário desfavorável de consumo para um órgão público.

O problema exposto pode ser dividido em dois componentes distintos. O primeiro deles é a produção das maquetes eletrônicas dos centros urbanos. O segundo, a parametrização dessas maquetes.

A construção de modelos digitais de espaços físicos, ou até mesmo objetos, é constituída basicamente de pontos que formam linhas, que formam planos, e com esses planos constroem-se geometrias complexas. Existem diferentes maneiras de construção de modelos 3D. No caso, a técnica utilizada foi a fotogrametria manual.

Fotogrametria é a arte, ciência, e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre os objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões da energia eletromagnética radiante e outros fenômenos (ASPRS, 1980).

Ciência e tecnologia de se obterem medições e outros produtos geometricamente confiáveis a partir de fotografias (LILLESAND; KIEFER, 2000).

Equipes em campo foram orientadas em relação às metodologias pertinentes à técnica para tomada das fotos em campo. As fotografias precisam ser tiradas de maneira que se obtivessem, com a somatória delas, todas as fachadas dos edifícios, e deve-se observar que, quando possível, fotos adjacentes devem enquadrar um mesmo elemento, facilitando posteriormente que sejam sobrepostas. Junto à fachada foi colocada uma escala gráfica de um metro, com subdivisões de 25 centímetros, usada posteriormente como fonte de uma medida de referência.

Paralelamente, os dados cadastrais foram levantados junto ao município com o objetivo de obter-se qualquer fonte de informações topográficas e das vias dos centros históricos.

A construção do modelo 3D de um centro histórico pode acarretar problemas de processamento de dados e memória nos computadores. O processamento digital de ambientes 3D, recorrente no campo dos jogos digitais, requer, inclusive, hardware específico para aprimoramento do seu

desempenho, as placas de vídeo. O comprometimento de processamento pela manipulação de um objeto 3D no computador está diretamente relacionado à complexidade e, portanto, à quantidade de polígonos do arquivo.

Para controle do tamanho do arquivo e garantia da maleabilidade dos modelos 3D gerados, criou-se o método de simplificação arquitetônica, que representa detalhes do edifício de maneira simplificada, principalmente quando se representam curvas. Como mostra a figura 9, traços simplificados geram menos dispêndio de memória e processamento, ao passo que a volumetria resultante é capaz de remeter ao edifício.

Figura 9 - Metodologia para representação e simplificação arquitetônica



Fonte: Elaborado pelo autor

A mesma simplificação é feita com os dados topográficos, de maneira que todas as curvas de nível são redesenhadas com menor quantidade de segmentos. O modelo 3D contendo apenas as vias e a topografia já em aspecto de casca (figura 10) é subdividido em vários arquivos, sendo um para cada edifício. Assim, permite-se o desenvolvimento coletivo da maquete global em vários arquivos.

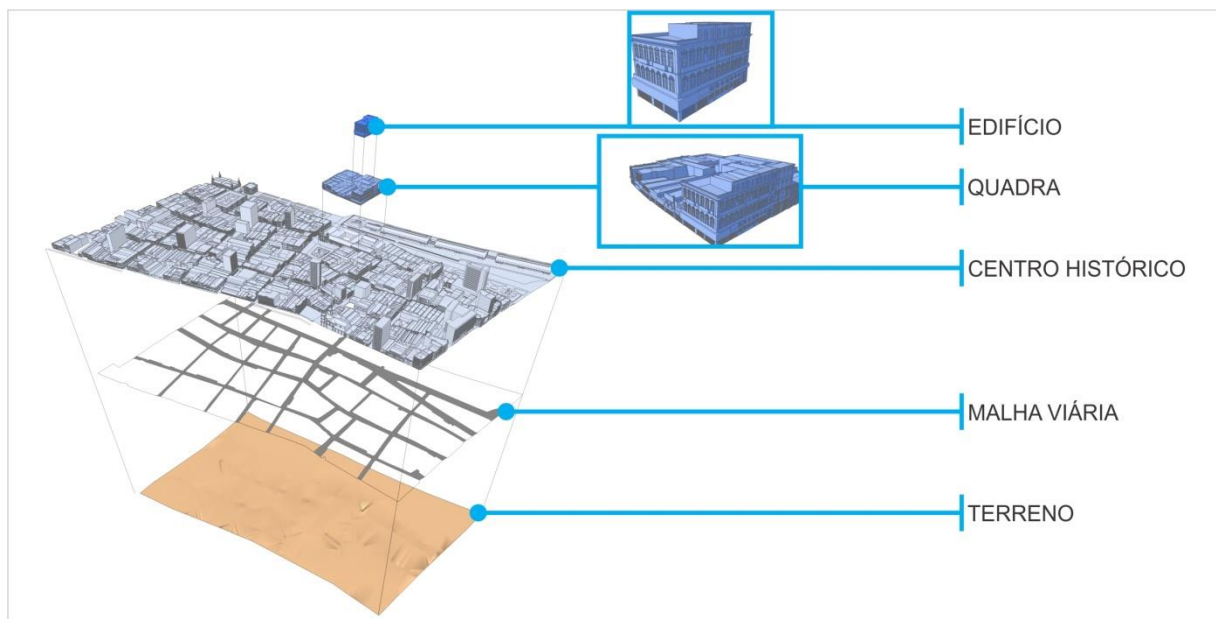
Figura 10 - Vista aproximada da maquete eletrônica do centro histórico de Salvador - BA



Fonte: Elaborado pelo autor

A fotogrametria aplicada na modelagem dos edifícios 3D é facilitada pela função “Match Photo” (Comparar foto – em tradução livre) nativa do software Sketchup. Ela permite a utilização de várias fotografias sobre as quais são indicados os pontos de fuga, permitindo a modelagem sobre a foto, e, posteriormente, a função “Measure” (Medida – em tradução livre) é utilizada na recuperação das medidas originais. A hierarquia de entidades em um modelo 3D encontra-se desta forma:

Figura 11 - Hierarquia de entidades nas maquetes eletrônicas de centros históricos



Fonte: Elaborado pelo autor

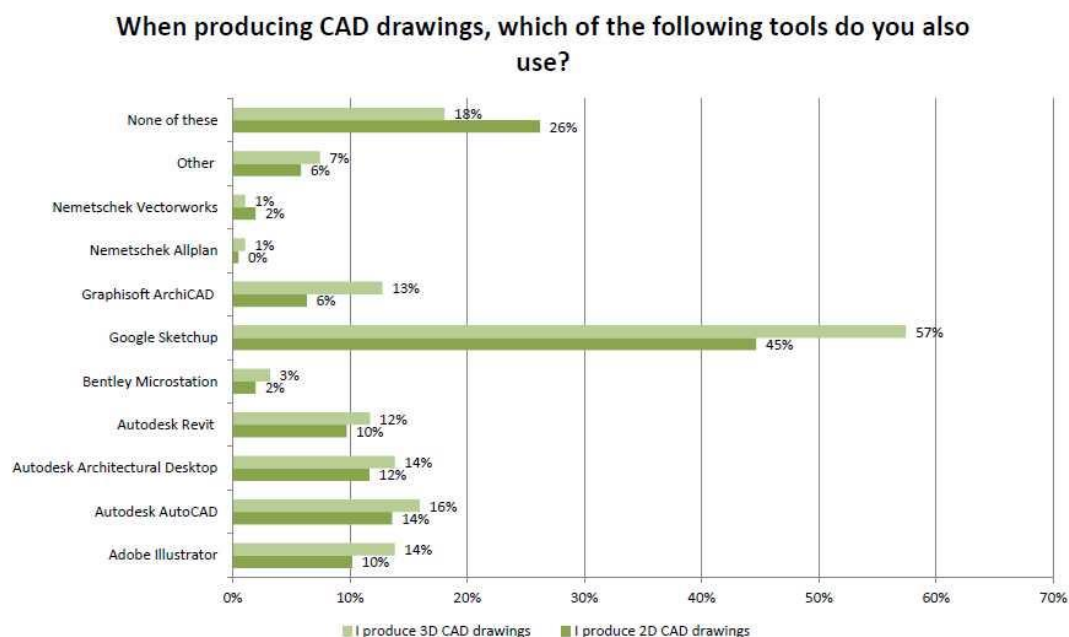
O software Sketchup, largamente usado na arquitetura, popularizou-se pela forma de exibir os modelos 3D, simplificando a visualização ao tornar os contrastes entre planos e linhas bastante evidentes, além de fornecer ferramentas inovadoras para a construção dos modelos como a função “*Push-Pull*”, que foi tão importante que gerou um registro de patente exclusivo. A companhia National BIM Library – NBS, da Grã Bretanha, na tentativa de estabelecer padrões para o uso do BIM no campo de projetos arquitetônicos, buscou conhecer o campo através de pesquisas. O foco desses levantamentos era conhecer as ferramentas de computador (software) utilizadas pelos profissionais do ramo da construção e entender como estes utilizam recursos BIM em sua rotina de produção. A pesquisa comprovou a larga difusão do software Sketchup, pertencendo naquele momento à empresa Google, sendo que entre os 386 profissionais da construção entrevistados 57% afirmaram utilizar esse software para desenvolvimento em 3D e 45% o utilizam inclusive para desenhos em 2D.

O IPHAN foi consultado sobre a possibilidade de utilização do *Sketchup* na solução da demanda formatada e, dada a popularidade do software, inclusive dentro do IPHAN, a solução foi bem aceita.

Figura 12 - Pesquisa de quantidades de usuários de software tipo CAD (Desenho assistido por computador)


NBS

2. BIM Survey – secondary CAD package



Fonte: NATIONAL BIM Library – NBS, Grã Bretanha

Figura 13 - Primeira página do registro de patente do software Sketchup detalhando o recurso “push-pull”



US006628279B1

(12) **United States Patent**
Schell et al.

(10) Patent No.: **US 6,628,279 B1**
(45) Date of Patent: **Sep. 30, 2003**

(54) **SYSTEM AND METHOD FOR THREE-DIMENSIONAL MODELING**

(75) Inventors: **Brad Schell**, Boulder, CO (US); **Joe L. Esch**, Boulder, CO (US); **John E. Ulmer**, Thornton, CO (US)

(73) Assignee: **@Last Software, Inc.**, Boulder, CO (US)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 165 days.

(21) Appl. No.: **09/716,957**
(22) Filed: **Nov. 22, 2000**
(51) Int. Cl.⁷ **G06T 17/00**
(52) U.S. Cl. **345/420**
(58) Field of Search 345/419, 427, 345/420, 642, 441, 848, 849, 852, 952, 953, 955, 964

(56) **References Cited**

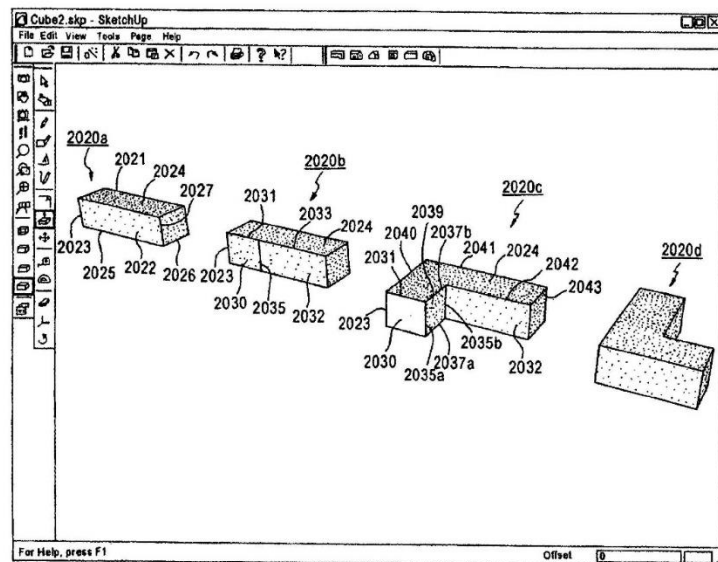
U.S. PATENT DOCUMENTS
6,448,964 B1 * 9/2002 Isaacs et al. 345/419
* cited by examiner

Primary Examiner—Almis R. Jankus
(74) Attorney, Agent, or Firm—McDermott, Will & Emery

(57) **ABSTRACT**

A three-dimensional design and modeling environment allows users to draw the outlines, or perimeters, of objects in a two-dimensional manner, similar to pencil and paper, already familiar to them. The two-dimensional, planar faces created by a user can then be pushed and pulled by editing tools within the environment to easily and intuitively model three-dimensional volumes and geometrics.

27 Claims, 159 Drawing Sheets



Fonte: @Last Software, 2003

O conjunto de acertos nesse software está relacionado à qualidade da interação homem - computador (NELSON, 1990), muitas vezes tida como intuitiva, já que no caso das ferramentas *push/pull* o usuário de fato empurra ou puxa planos, gerando aberturas ou volumes.

Além disso, o software apresenta-se disponível em versão gratuita e oferece a possibilidade de receber acréscimo de suas funções através de *plug-ins* na linguagem Ruby. *Plug-ins* são ferramentas de software aditivas, que, uma vez vinculadas a outro programa, acrescentam a ele funções não inclusas originalmente. Para que se tornem uma opção, é necessário que a arquitetura do *software* que se deseja modificar preveja essa opção.

A linguagem ruby é de código aberto – Open Source, e é tida como elegante na medida em que exige menos caracteres comuns a outras linguagens, tais como pontos e vírgulas, resultando em códigos mais limpos. Seu propósito é ser objetiva e versátil. Ainda que sejam de mensuração complexa, tais características propiciam o desenvolvimento de milhares de *plug-ins*, gratuitos ou pagos, que podem ser encontrados para o *Sketchup*. Tais *plug-ins* aprimoram as funcionalidades do software, tornando-o mais específico de acordo com a necessidade de seu usuário.

O *software Sketchup*, largamente utilizado no campo da arquitetura, é distribuído em uma versão com a maior parte de suas funcionalidades gratuitamente hoje pela empresa Trimble, e possui parte de seu código aberto. Ou seja, podem-se adicionar funções tornando o software mais específico para determinadas atividades. A linguagem de desenvolvimento é Ruby¹¹, que também é. A gratuidade do software, a boa difusão do mesmo entre profissionais arquitetos, a possibilidade de customização, a interação suficiente humano-computador tornam esse software uma grande possibilidade para o desenvolvimento de ferramentas específicas, especializadas, por exemplo, na construção de conhecimento acerca do ambiente construído.

5.1.3 Dados relacionados ao espaço

A associação de dados à representação do espaço pressupõe uma coerência entre representação do espaço e arquitetura da informação pretendida para o software desenvolvido.

A estrutura da ferramenta desenvolvida foi a seguinte:

Sketchup – Fornece a estrutura básica de interação com modelos 3D, como funções zoom e orbitar, que permitem a definição do ângulo de visualização pelo usuário. Edição do modelo 3D, que nesse caso é um meio para simulação do impacto da implantação de novos edifícios no contexto histórico (NELSON, 1990). Estilos de visualização coerentes com o que foi determinado pelo IPHAN, sendo *Shaded* e *Edges on*. *Shaded* (Sombreado) refere-se à alteração da luminosidade das faces da geometria do modelo 3D de acordo com sua posição em relação

¹¹ Ruby é uma linguagem de programação interpretada multiparadigma, de tipagem dinâmica e forte, com gerenciamento de memória automático, originalmente planejada e desenvolvida no Japão, em 1995, por Yukihiro "Matz" Matsumoto, para ser usada como linguagem de script. (Wikipedia)

a uma fonte de luz, e *Edges on* (Limites Ligados) refere-se à exibição dos contornos dos polígonos, linhas, que constroem digitalmente os planos dos edifícios do modelo 3D. O mesmo estudo da NBS, já citado, levantou a hipótese de o sucesso do *Sketchup* creditar-se, além dos fatores já levantados, à visualização amigável que proporciona do modelo 3D. Outra função nativa do *Sketchup* é a atribuição de parâmetros, dinâmicos ou não, a entidades do modelo. A ferramenta relatada neste primeiro estudo de caso utiliza apenas os campos de metadados das entidades, compostos pelos campos editáveis: Definição, Nome, Camada, Descrição. O estudo de caso seguinte aborda parâmetros dinâmicos.

Os valores atribuídos nos campos de metadados supracitados são um meio para a vinculação de entidades específicas do modelo a funções computacionais.

Plug-in – Computacionalmente estruturou-se na linguagem *Ruby* para adicionar ao *Sketchup* a função de atribuição de novos metadados, além da estrutura da função nativa do software, compreendendo especificamente os campos determinados pelo IPHAN: estado de conservação, número de pavimentos, tipo de uso e domínio. Esse método foi escrito para aplicar-se ao tipo de entidade denominada Componente, a qual é capacitada para definir entidades únicas no modelo 3D. O *plug-in* também desempenha a função de filtragem de parâmetros, que consiste de uma operação na qual são automaticamente selecionadas apenas aquelas entidades que correspondem simultaneamente aos parâmetros especificados. Exemplo: tipo de uso comercial e estado de conservação bom.

Com a finalidade de constituir uma ferramenta que de fato aprimorasse a capacidade do gestor do IPHAN, a equipe envolvida no projeto optou por extrapolar as funções predeterminadas, adicionando a funcionalidade de exportação de tabelas. Esse recurso garante a intercomunicabilidade dos dados produzidos dentro da maquete, uma vez que, tabulados, podem ser importados para outras plataformas, como *GIS*. A função permite que a totalidade das entidades, ou apenas as selecionadas, seja listada em um arquivo externo, preenchendo-se cada uma das colunas para cada item: nome, tipo de uso, estado de conservação, domínio e número de pavimentos. O formato de texto simples é o .csv, ou “comma separated values” (valores separados por vírgulas), ou seja, um arquivo de texto que pode ser automaticamente convertido em tabela. Já o formato .html repete as funções do .csv, somando-se a possibilidade de, ao clicar no nome do edifício, serem recuperadas as fotografias utilizadas no levantamento que originou os dados aplicados como metadados aos edifícios. Assim, permite-se que o gestor

verifique, por exemplo, se um *status* de estado de conservação colocado como metadado é coerente com o que mostra a fotografia.

Para esse recurso optou-se pela utilização do servidor local para as imagens. Mas essa opção mostrou-se desfavorável, uma vez que é necessário que todo o banco de dados, com milhares de fotografias digitais, seja copiado para o computador onde o sistema será usado, gerando volumosos gastos de memória no disco local.

O método computacional utilizado também não foi o mais adequado. As variáveis de metadados definidas como os nomes que fazem de cada edifício uma entidade única do modelo 3D correspondiam também à nomenclatura dos arquivos das fotos, atribuída manualmente. A requisição da imagem baseava-se, portanto, na solicitação de arquivos naquele computador que possuíssem no nome os mesmos caracteres do nome de definição da entidade no modelo 3D. A quantidade de fotos dos bancos, somada à metodologia inadequada, resultaram na nomeação incoerente de muitos arquivos, gerando erros de requisição pelo arquivo *.html* e comprometendo o desempenho do software e do computador.

Percebe-se hoje que a resposta computacional mais adequada teria de estabelecer um banco de imagens na nuvem, ou disponível pela internet, e o identificador que as conectasse seria atribuído por um algoritmo específico para esta finalidade e, se possível, coerente com as metodologias de catalogação e sistemas de informação já usados pelo IPHAN.

Apesar dessas ressalvas, o *plug-in* mostrou-se capaz de realizar as funções propostas, extrapolando-as positivamente. Os modelos 3D dos quatro centros históricos não têm sua manipulação comprometida pela quantidade de polígonos.

Essa ação inspirou a investigação de outras possibilidades que envolvessem a representação digital e funções computacionais, aproximando o arquiteto do processo de desenvolvimento de software, podendo este contribuir com suas percepções e leituras sobre como lidar com o espaço.

Figura 14 - Método de atribuição de parâmetros. Linhas do código de programação do *plugin* referido

```

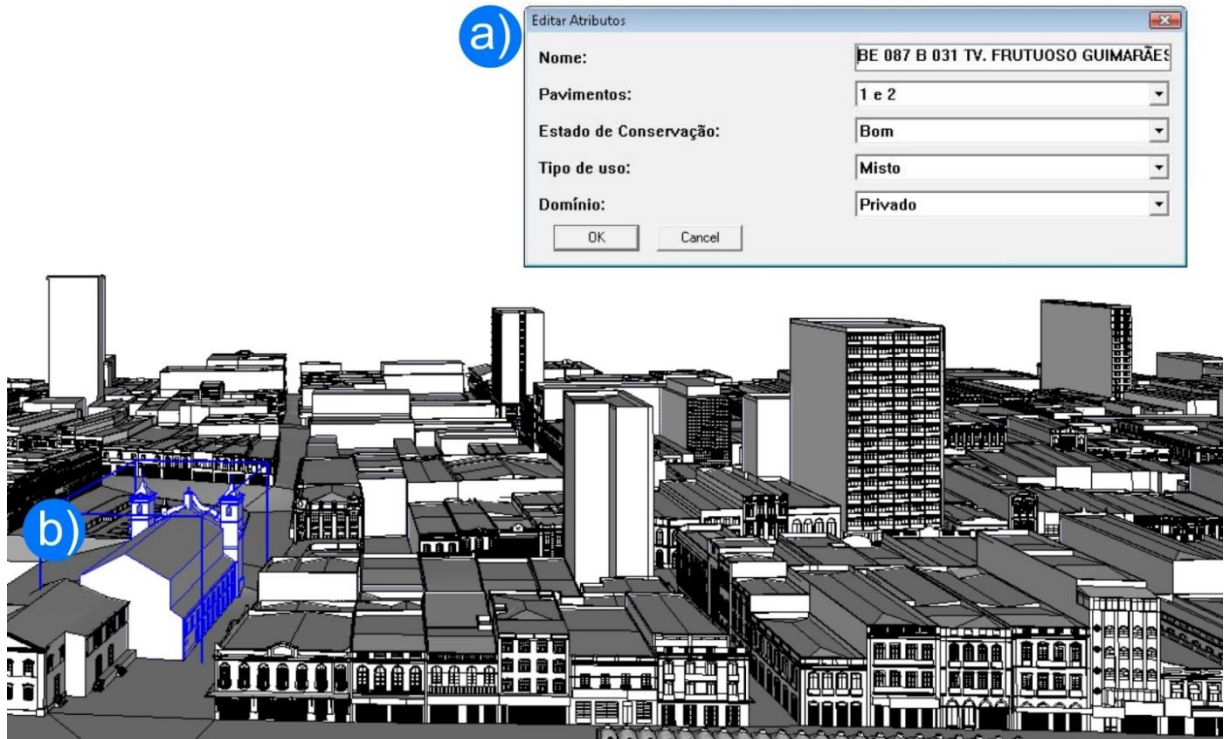
113 def edit_attributes
114   input = Input.new self
115   return unless input.valid?
116
117   @name, @pavement_no, @status, @type, @domain = input.parse
118   set_type @type
119   set_status @status
120   set_domain @domain
121   set_name @name
122   set_pavement_no @pavement_no
123 end

```

Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 14 mostra o método de atribuição de parâmetros a entidades de um modelo 3D em ruby. Para que ocorra a possibilidade de parametrização de entes de um modelo 3D, é necessário que o mesmo seja construído dentro de uma metodologia e hierarquias pertinentes com a linguagem computacional que será adotada, neste caso, Ruby. Cada ente do modelo, como um dos edifícios do centro histórico, deve ser convertido em uma entidade definida pelo software como “componente”. Nessa condição, a entidade passa a poder receber metadados (MOURA, 2012). O principal metadado atribuído é a nomenclatura do ente, ou objeto 3D, que receberá os parâmetros. Através da nomenclatura, o objeto passa a ter um meio para ser requisitado pela linguagem computacional e então operado pelas funções desenvolvidas. A programação da ferramenta aqui analisada faz com que, uma vez selecionado o objeto de interesse na tela do software, seja permitido o acesso à janela de atribuição dos parâmetros contendo as quatro variáveis e suas opções.

Figura 15 - Atribuição ou verificação de parâmetros através do *plugin*



a) Janela de atribuição e leitura de parâmetros do edifício selecionado b) Seleção de edifício no modelo tridimensional do centro histórico de Belém – PA.

Fonte: Elaborado pelo autor

Outro método, também desenvolvido em *Ruby*, seleciona entidades do modelo de acordo com as definições estabelecidas pelo usuário. Permite-se, assim, o cruzamento de dados para filtragem do modelo. No exemplo seguinte, solicitou-se que fossem destacados os edifícios comerciais com mais de dois pavimentos em bom estado de conservação.

Figura 16 - Requisição de filtragem



NOME	ESTADO DE CONSERVACAO	TIPO DE USO	DOMINIO	PAVIMENTOS
<u>SL_013_B_065_RUA DO SOL</u>	Bom	Comercial	Privado	1 e 2
<u>SL_014_B_382_RUA DO RIBEIRÃO</u>	Bom	Comercial	Privado	1 e 2
<u>SL_017_B_069_RUA DA PAZ</u>	Bom	Comercial	Privado	1 e 2
<u>SL_018_B_175_LARGO DO CARMO</u>	Bom	Comercial	Privado	1 e 2
<u>SL_019_B_240_BECO DO TEATRO</u>	Bom	Comercial	Privado	1

Parâmetros, 1 e 2 pavimentos, bom estado de conservação, comercial. a) Janela de atribuição de parâmetros para filtragem. b) Itens correspondentes selecionados. c) Ficha individual com foto de um dos edifícios d) Listagem com os edifícios abrangidos pela filtragem.

Fonte: Elaborado pelo autor. Integração com bancos de dados

De acordo com o método adotado, uma vez configurados, os atributos de cada edifício passam a pertencer àquela entidade dentro do modelo 3D geral. Tais informações ficam salvas, portanto, no arquivo do *Sketchup*, de extensão .skp. O uso desse recurso é adequado, pois, sempre que o arquivo é copiado, essas informações são mantidas. No entanto, há possibilidade

de conectar entidades de um modelo 3D a bancos de dados externos. Nesse caso, apesar de o modelo não depender apenas dele mesmo para conter dados, pode-se conectar à maquete eletrônica, e cada uma de suas entidades a uma quantidade de dados infinita, além da possibilidade de remeter a bibliotecas de fotos ou outros recursos. Por exemplo, no caso de aproveitamento de dados de software de GIS, como arcgis, basta repetir a nomenclatura das entidades do modelo de acordo com a nomenclatura correspondente nas tabelas de metadados. Se o nome que os identifica for o mesmo, os dados podem ser facilmente migrados de uma ferramenta para outra, aumentando as possibilidades de processamento dos mesmos.

Figura 17 - Mapa gerado a partir do modelo da cidade de Belém - PA



Fonte: Elaborado pelo autor

O desenvolvimento desse projeto foi crucial para a pesquisa apoiada pelo CNPq, na medida em que fez emergir questionamentos que culminaram posteriormente nas hipóteses apresentadas relativas à construção de ferramentas para lidar com o espaço físico.

5.2 Estudo de Caso: Indústria-A

Neste estudo de caso será observada a estrutura computacional da ferramenta na qual a representação gráfica em 3D de um projeto de arquitetura é o *input* do sistema que coordena a produção dos componentes de um sistema construtivo de divisórias de ambientes. Uma solução similar à *Bulding Information Modeling*, BIM (Modelagem da Informação em Edifícios – em tradução livre).

A indústria do ramo de divisórias especiais, aqui denominada Indústria-A, comercializa os componentes e a instalação de um sistema estrutural de divisórias voltado para segmentar áreas livres, como andares corridos para empresas.

Existem muitos tipos de divisórias no mercado. Ao definir seu produto como “divisórias especiais”, a Indústria-A estabeleceu um recorte, focado em clientes que procuram o estabelecimento de um espaço físico com melhores qualidades ambientais. É por esse motivo que esse sistema é mais complexo, apresentando materiais de estrutura tão refinados quanto os de acabamento, além de incorporar elementos voltados para o equilíbrio térmico e acústico nos ambientes.

Figura 18 - Tipos de divisórias



a) Divisória simples b) Divisória especial

Fonte: Acervo da Indústria-A

Esse sistema apresenta-se, quando finalizado, em paredes de 90 milímetros de espessura estruturadas com componentes metálicos modulados na vertical e horizontal, e com vedações em vidro ou madeira, ambas com opções de acabamentos. Os principais componentes verticais são os montantes, que determinam a modularização visível da parede. Estes apoiam-se no chão dentro de perfis metálicos tipo C, denominados guias de piso, o mesmo que ocorre no topo com as guias de teto. Quando há modularizações também na vertical, são colocadas peças metálicas intermediárias.

O catálogo de produtos oferece centenas de tipos de divisórias que, se contadas as possibilidades de variações com os materiais e modularizações disponíveis, chegam a milhões de combinações.

A partir do quadro teórico proposto nesta seção, será sistematizada a abordagem do problema de gestão de processo enfrentado pela Indústria-A para a construção de um sistema computacional capaz de tornar mais simples o processo de venda e distribuição das divisórias.

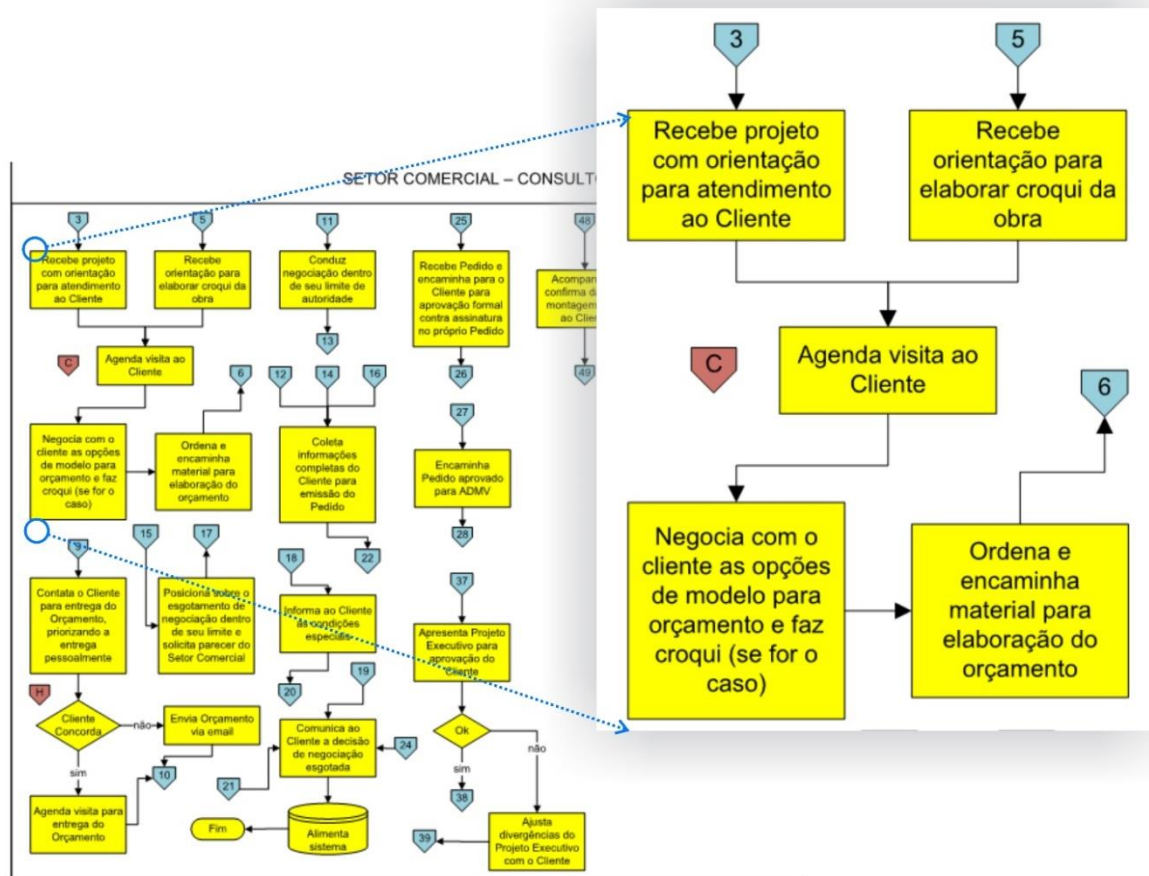
5.2.1 Contexto

Quando a equipe de pesquisadores e técnicos da pesquisa do CNPq encontrou-se com os responsáveis pela Indústria-A, estes já tinham estruturado o problema enfrentado pelo seu negócio. O processo de comercialização de divisórias é lento, complexo e sujeito a erros, como digitação incorreta, falha na aplicação das metodologias de cálculo, erros de cálculos numéricos. Essa etapa atrasa e dificulta o trabalho da equipe de campo que transporta os componentes da indústria para montar as divisórias no local. O problema do tempo é crucial, principalmente para empresas que estão especificamente em tempos de mudança do espaço físico, afinal, durante as transições, além de fazer-se necessário um alto investimento, a empresa fica sujeita à diminuição da produtividade, gerando um ciclo perigoso. Assim, o quesito tempo é de fato uma variável na tomada de decisão do empresário que vai contratar a instalação das divisórias. Outro fator que gera frequentes atrasos no processo de vendas está no fato de o cliente muitas vezes não conseguir compreender exatamente o que está comprando. Isso se deve ao fato de que se emprega o desenho técnico como linguagem de comunicação, e o cliente, muitas vezes não habituado com a linguagem, se confunde. Além disso, a planta técnica exclui a possibilidade de visualização de uma série de parâmetros pelos quais o cliente está pagando, como os luxuosos acabamentos, vidros e persianas. Esses itens apenas podem ser vistos nos catálogos da empresa, exigindo do cliente a capacidade de se abstrair e imaginar como ficará o ambiente que está contratando. A ineficácia do processo gera dúvidas e hesitações. Mais tempo é gasto. Observando um sistema utilizado pelas indústrias de cozinhas planejadas, os empresários vislumbraram um sistema que poderia encurtar o processo de venda. Nesse ramo de negócio, os vendedores utilizam um software próprio, no qual a cozinha é construída em 3D, e a visualização do cliente é facilitada, encurtando o processo de vendas. Como o campo de conhecimento requerido para a elaboração de um projeto similar coincide com o objeto de estudo da equipe do projeto Gestão 3D, foi estabelecido um acordo.

A Indústria-A forneceu a documentação relativa ao mapeamento dos processos internos, além de ter permitido o acompanhamento sistemático de todas as atividades relativas à venda de divisórias. As entrevistas e os dados coletados fornecem dados para a estruturação do sistema

e das afirmações que seguem. Trata-se da construção de diagramas mostrando o fluxo da informação para cada ação executada no ambiente da empresa, similar à notação BPM. Esse fluxograma mostrou-se como um meio eficaz de comunicação entre clientes, arquitetos e desenvolvedores, por permitir a identificação de quais etapas podem ser abordadas por um software. Entre os documentos fornecidos pela Indústria-A, consta também o Manual de Montagem, fundamental para a obtenção dos relatos deste trabalho. A figura 19 mostra um tipo de linguagem eficiente no mapeamento das funções que passaram a ser desempenhadas pelo sistema.

Figura 19 - Documentação de parte dos processos comerciais adotados pela indústria-A



Fonte: Indústria-A

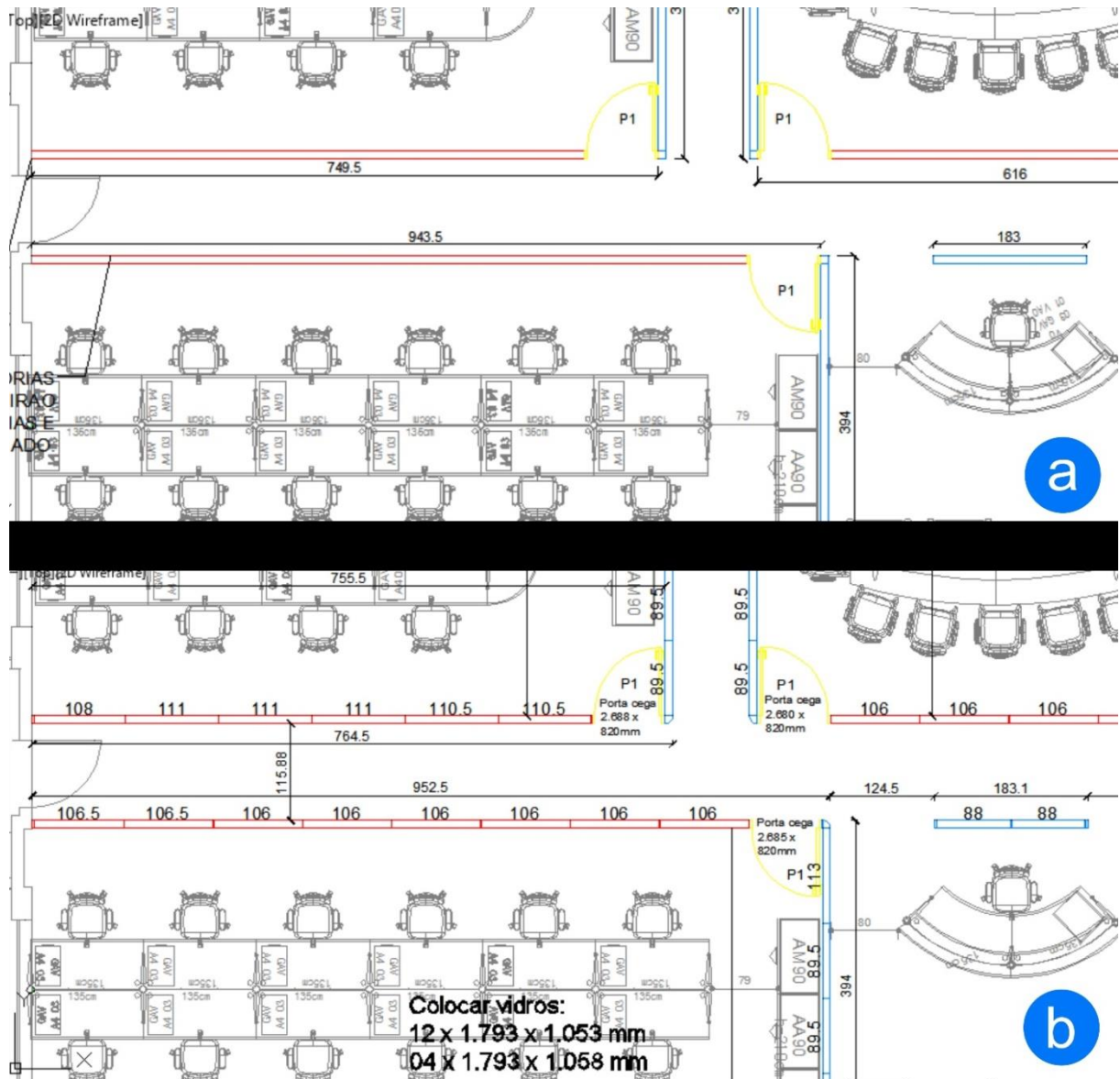
O processo de venda das divisórias possui o seguinte fluxo de informação:

- 1) Abordagem do cliente: Os clientes que procuram os serviços da Indústria-A são, conforme atestado por seu portfólio, corporações e empresas bem estruturadas que procuram o estabelecimento de suas sedes e escritórios dentro de edifícios comerciais. Quando

procuram a empresa, já estão interessados no acabamento que oferece e, normalmente, conforme entrevista com os empresários, já possuem um projeto contratado de um arquiteto. Esse projeto é o *input* inicial de dados, e o primeiro produto solicitado a partir desse *input* é o orçamento para aquele projeto.

- 2) Quando chega à indústria, o desenho técnico do arquiteto é refeito seguindo as lógicas de modulação da empresa. O tamanho dos módulos precisa ser cuidadosamente definido, a fim de que sejam contempladas todas as inúmeras peculiaridades do processo industrial de produção das peças. Esse novo desenho é uma planta técnica que contém a mesma divisão espacial fornecida pelo arquiteto, revelando a divisão em módulos que será usada, e com uma legenda que remete cada módulo a um tipo de divisória do catálogo.

Figura 20 - Projetos para divisórias



a) Projeto elaborado pelo cliente b) Projeto refeito pela empresa seguindo as normativas internas já revelando a modularidade das paredes em linhas vermelhas.

Fonte: Projetos cedidos pela Indústria-A. Montagem elaborada pelo autor

- 3) Mediante aprovação do projeto pelo cliente, o próximo passo é dado para a elaboração do orçamento. Munido exclusivamente de papel e lápis, um funcionário da empresa calcula as áreas de elevação de cada tipo de divisória, levando em consideração a medida que obtém no software de desenho técnico – CAD, e o pé direito fornecido pelo cliente. Todas as áreas são somadas, adotam-se os procedimentos determinados pela empresa e é multiplicado o fator de preço por área de cada tipo de divisória. Itens especiais, como portas, são contados individualmente e possuem preços unitários, sendo, portanto, adicionados à conta. Calcula-

se ainda, também manualmente, a quantidade de Lã de Rocha¹² que corresponde ao pedido. Esse produto é adquirido em sacos, cada um contendo uma quantidade determinada. O cálculo da quantidade de lã de rocha precisa não apenas prever a quantidade de lã, mas a quantidade otimizada de pacotes de lã de rocha que devem ser levados à instalação. Como quantidade otimizada entenda-se a consideração de restos de um pacote de lã de rocha para iniciar o preenchimento de outra área do projeto. Assim, áreas de tipos de divisórias, portas e lã de rocha são os itens medidos que irão determinar o preço da aquisição dos produtos e serviços de instalação das divisórias.

- 4) Quando o orçamento não é aprovado, o trabalho é descartado. Caso contrário, a aprovação do orçamento dispara o processo na Indústria-A denominado Empenho. Esse procedimento visa à preparação do almoxarifado para a entrada do serviço na linha de produção. Algumas peças são reservadas e outras precisam ser adquiridas para atendimento da demanda. Essa etapa impede que a sobreposição de serviços gere crises de esgotamento do estoque. A etapa de empenho exige a atuação criteriosa de funcionário experiente na empresa, que conheça não apenas a metodologia da composição do documento de empenho, mas aspectos da natureza industrial, pois nessa fase é necessário que decisões sejam tomadas. Partindo do projeto que gerou o orçamento, o procedimento de empenho irá estabelecer um quantitativo preliminar de cada uma das milhares de peças que podem compor esse sistema construtivo. O procedimento ocorre de forma segmentada, com etapas de medição no software tipo CAD, contagens manuais com papel e lápis e preenchimento de uma tabela com cálculos automáticos que gera parte dos resultados esperados. Conforme levantado no acompanhamento e nas entrevistas na Indústria, o funcionário responsável chega a gastar de meio turno a um dia de trabalho apenas confeccionando uma lista de empenho.
- 5) O empenho garante que as peças estarão no estoque para serem cortadas e adequadas ao projeto. No entanto, o projeto fornecido estava até esse ponto baseado nas informações fornecidas pelo cliente. Esse tipo de sistema construtivo, por conter partes industrializadas pré-produzidas na fábrica, é detalhado em milímetros. Assim, faz-se necessário que a própria indústria realize as medições no local para adequação do projeto à sua metodologia industrial. A aferição de medidas busca identificar desníveis de piso, irregularidades nos

¹² A Lã de Rocha é um tipo de isolante fibroso que, ao ser empregado no vão das divisórias, aprimora sua inércia térmica e absorção acústica, melhorando o conforto ambiental no ambiente em que é utilizada.

forros e paredes e medidas precisas do espaço físico. Esse levantamento gera um novo projeto, mais detalhado. Para a elaboração desse projeto, não se apresentou como vantajoso o aproveitamento dos desenhos e cálculos anteriores, portanto tudo é refeito. Inclusive a etapa Empenho precisa ser refeita agora sob o nome Quantitativos, já que com maiores detalhes estabelece as instruções finais para cortes, compras e separação de peças.

Esse é o conjunto de ações apresentadas pelos empresários como etapas cruciais de seu negócio sobre as quais gostariam de realizar melhorias mediante o desenvolvimento de um sistema exclusivo.

5.2.2 O conceito do sistema

O sistema proposto buscou basear-se no desenho como ferramenta de encurtamento dos processos, uma vez que dele podem ser extraídas as informações para orçamento e empenho automaticamente.

A exemplo do referencial teórico, o sistema baseou-se no desenvolvimento de um *plug-in*, mais uma vez do *Sketchup*. O software original obtém, conforme demonstrado, grandes êxitos na conquista de público, tendo estabelecido marcos de interação humano-computador com modelos tridimensionais. Desse programa foram aproveitadas as capacidades de visualização, manipulação e construção de modelos 3D, além da funcionalidade “componentes dinâmicos”, que já prevê certa parametrização de entidades do modelo.

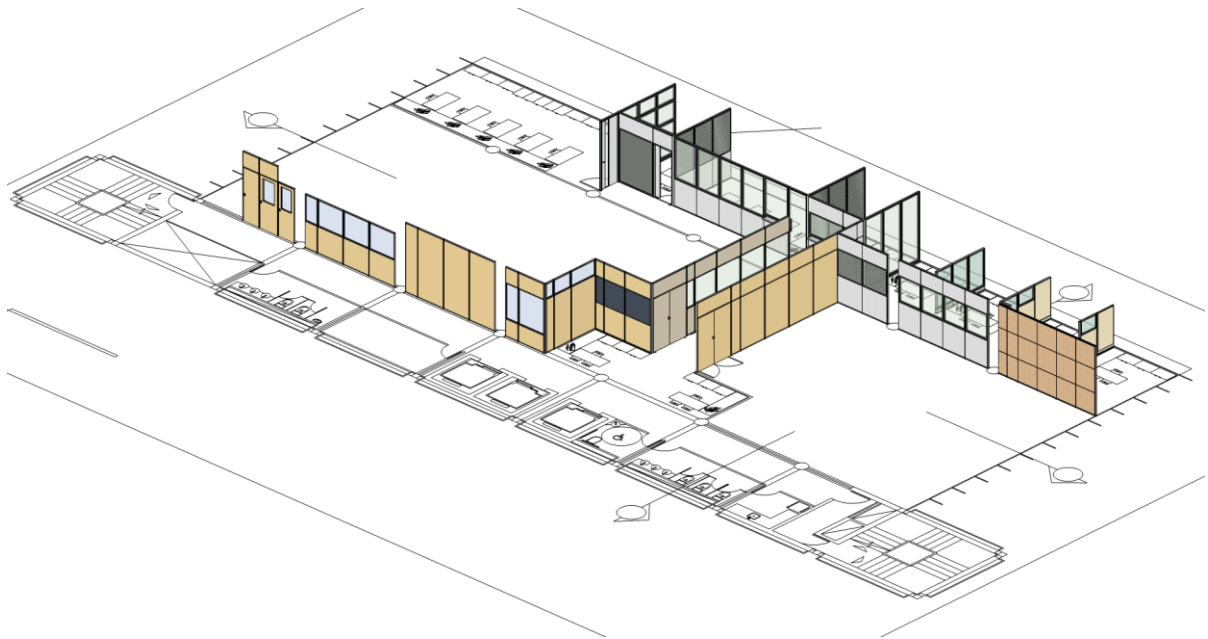
A seguir, serão detalhados os aspectos cabíveis das funcionalidades do sistema que foi desenvolvido.

5.2.3 Aspectos gerais

O sistema proposto encontra-se estruturado da seguinte forma: uma vez instalado, aparece na interface do *Sketchup* com três botões próprios. O primeiro deles permite a escolha do tipo de divisória que se deseja utilizar. É aberta uma janela, e nela é escolhido o modelo de divisória. Completadas as configurações, o usuário desenha as paredes seguindo as orientações oriundas, assim como no processo original, do projeto fornecido pelo cliente. Para desenhar uma parede, foi desenvolvida uma nova função, aprimorando a função original de desenho do *software*. Ao

clicar em um ponto da tela, já é exibida a espessura da parede de maneira e o segundo clique define seu comprimento. Com o segundo clique já surge a parede modulada pelas divisórias. Essa parede é composta por componentes dinâmicos, que são entidades em 3D as quais contêm parâmetros que coordenam o método de escala dos objetos, impedindo deformações e tamanhos incoerentes com a produção da indústria.

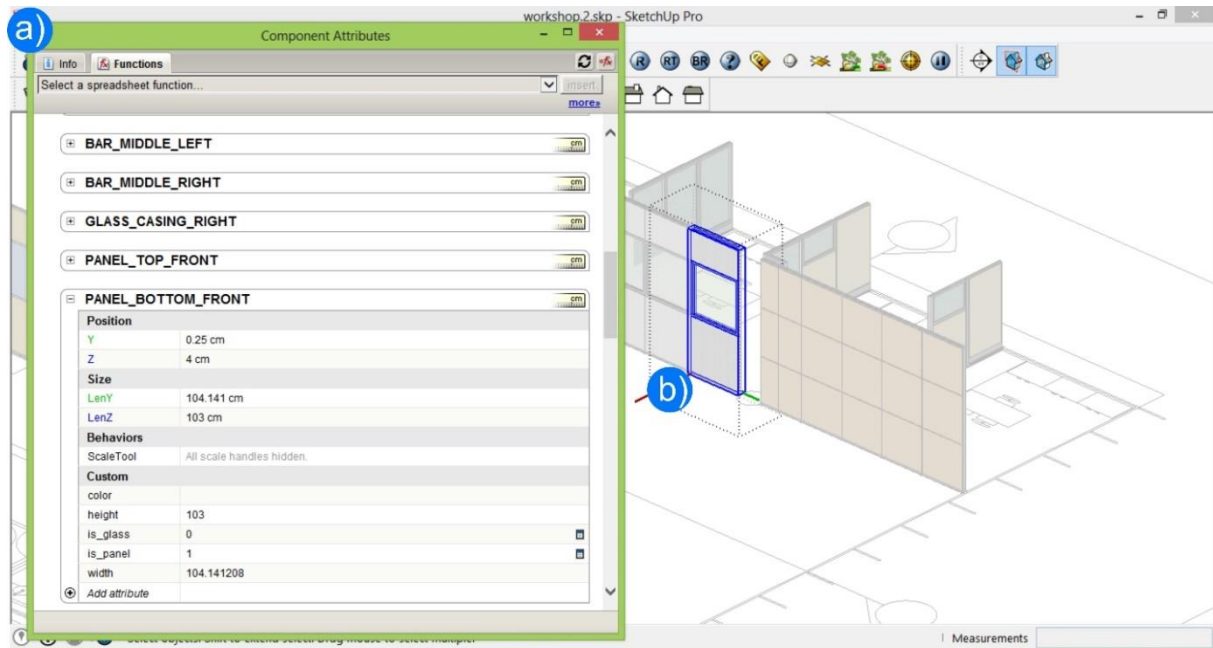
Figura 21 - Representação 3D do projeto utilizando o sistema construtivo de divisórias construído a partir do *plugin* demonstrado



Sob o desenho tridimensional é visível o desenho técnico que orienta o projeto.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 22 - Componente dinâmico



a) Mostra a janela de atribuições de parâmetros dinâmicos aos componentes de um único módulo de divisórias. Os parâmetros visíveis na imagem referem-se às dimensões do painel de madeira frontal inferior. b) Mostra a entidade do modelo, módulo único de divisória, que tem os parâmetros exibidos.

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo resultante contém parâmetros que alimentam as funções de orçamento e empenho, respectivamente, os dois outros botões na interface do software. Desse modo, ao clicar sobre orçamento, o sistema já fornece em segundos o cálculo de áreas, produtos unitários, lâ de rocha, e multiplica os devidos fatores, gerando o documento de orçamento. Para isso, o método computacional utilizado foi a criação de um objeto JSON¹³ que, a grosso modo, traduz um objeto tridimensional em linguagem de texto, para então ser aproveitada por linguagens computacionais. No objeto JSON, incluem-se, por exemplo, metragem dos componentes das divisórias, materiais de acabamento, preço e quaisquer parâmetros que tenham sido determinados nas etapas anteriores. Esse objeto é requisitado pelo servidor PHP¹⁴ que os processa, passando pelas fórmulas que remetem à metodologia de trabalho da indústria, como contenção do tamanho de peças de madeira, relação com peças remanescentes no estoque, definição de ferramentas que precisam ser levadas à obra para instalação dos componentes que serão empregados. Essas informações que irão compor, enfim, os documentos de orçamento e

¹³ JavaScript Object Notation, é um formato leve para intercâmbio de dados computacionais. JSON é um subconjunto da notação de objeto de JavaScript, mas seu uso não requer JavaScript exclusivamente. (Wikipedia)

¹⁴ PHP (um acrônimo recursivo para "PHP: Hypertext Preprocessor", originalmente Personal Home Page) é uma linguagem interpretada livre, usada originalmente apenas para o desenvolvimento de aplicações presentes e atuantes no lado do servidor, capazes de gerar conteúdo dinâmico na World Wide Web. (Wikipedia)

empenho, gerados automaticamente. São inseridas no documento as miniaturas de cada tipo de produto orçado, favorecendo a visualização pelo cliente. Para cooperação entre os diferentes recursos computacionais e sua exibição em interfaces no lado do cliente, utilizou-se o recurso *Bootstrap*, que será detalhado à frente.

Do mesmo modelo 3D do qual são extraídos dados de orçamento, é extraída uma renderização, processo digital que, a partir do posicionamento de uma câmera em um modelo 3D, permite obter uma imagem-foto realística da cena devido à parametrização dos materiais, que passam a representar comportamentos do mundo físico, de reflexo, transparência e reações à luz. Essa possibilidade de produção de imagens-foto realísticas dos projetos tornou-se um poderoso instrumento de vendas, já que favorece a compreensão do cliente. O recurso é largamente utilizado pelo mercado imobiliário.

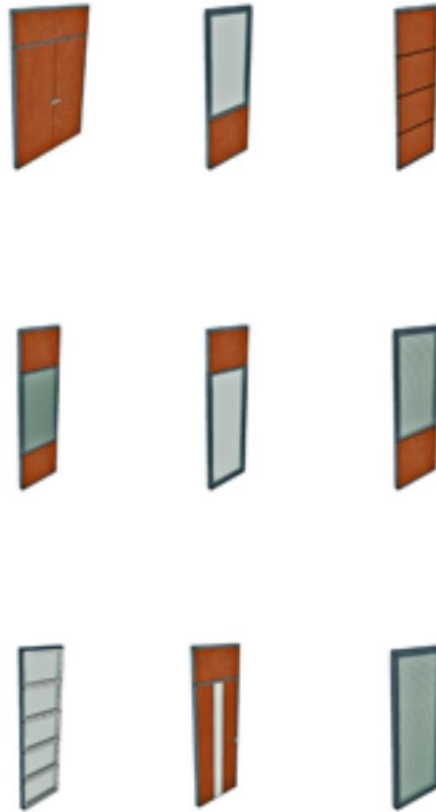
Figura 23 - Imagem renderizada a partir dos modelos paramétricos



Fonte: Indústria-A

Com a aprovação do cliente ocorrendo de forma mais fluida, o processo de empenho é acionado. Mais uma vez, um único clique gera a documentação detalhada do empenho e, para obtenção do quantitativo, basta atualizarem-se as medidas e a função empenho que, agora com dados mais precisos, gera detalhadamente as quantidades de materiais que serão gastos naquele projeto.

Figura 24 - Alguns tipos de divisórias abordados no sistema



Fonte: Sistema Indústria-A

A forma de representação do espaço buscou aprimorar a interação já suficiente que o *Sketchup* provê. Selecionado e configurado o tipo de divisória a ser empregado, ao clicar em um ponto da tela, sendo este a origem e o ponto de inserção da divisória, já se visualiza a espessura da parede em uma projeção bidimensional, ou seja, um paralelogramo de espessura fixa, de 90 centímetros, relativa à espessura da divisória e com o comprimento a ser determinado pelo clique seguinte, limitando-se o tamanho da parede.

O programa irá, então, calcular como dividir aquela parede em módulos do tipo de divisória escolhido e ainda obedecendo aos parâmetros da indústria, como tamanhos mínimos e máximos das peças, e cálculos de contenção de desperdícios.

O resultado se apresentará em três dimensões, moduladas, em cores. Clicando-se sobre os módulos com o botão direito, é obtida a janela de escolha de materiais de acabamento entre 80 tipos de acabamento de madeira e uma dúzia de acabamentos para vidro, com películas. É dessa representação tridimensional que são derivados os já mencionados documentos relativos a

orçamento, empenho e quantitativo final de peças, além da imagem-foto realística do ambiente comercializado, favorecendo a compreensão prévia do produto adquirido pelos clientes da indústria.

5.3 Estudo de Caso – Digitalização 3D e Gestão de Bens móveis integrados

5.3.1 Problematização

Esta seção refere-se ao estudo para o projeto de museografia para o Museu de Artes Sacras de Alagoas. O edital licitatório foi lançado pelo IPHAN/AL neste ano de 2014 e engloba os bens móveis integrados tombados em conjunto com o Convento Franciscano de Santa Maria Madalena na cidade de Marechal Deodoro – AL. Associada à proposta museográfica, o corpo técnico responsável pelo projeto pretende elaborar também uma plataforma que permita a gestão e visitação digital do museu e dos bens móveis tombados a partir das tecnologias computacionais discutidas nesse trabalho, porém, nesse caso, o modelo 3D a que se atrelam é originado de escaneamento ou digitalização tridimensional (3D). Será apresentada a metodologia de digitalização utilizada.

Localizado na cidade de Marechal Deodoro, primeira capital de Alagoas, o Convento Franciscano de Santa Maria Madalena reflete a influência dos missionários dessa Ordem no Nordeste brasileiro durante o período colonial. A construção do edifício atual teve início em 1684, quando o terreno foi oficialmente cedido aos franciscanos. A capela ficou pronta em 1689, mas as obras mais significativas do prédio foram realizadas apenas em 1723, quando se finalizou a execução da capela-mor e da capela do Santíssimo (lateral). Nesse mesmo ano, entraram em curso os serviços relativos às celas dos frades e à galeria superior do claustro. A fachada principal da Igreja foi concluída em 1793. Os três altares colaterais foram introduzidos em meados do séc. XIX, assim como as pinturas do forro e do nártex.

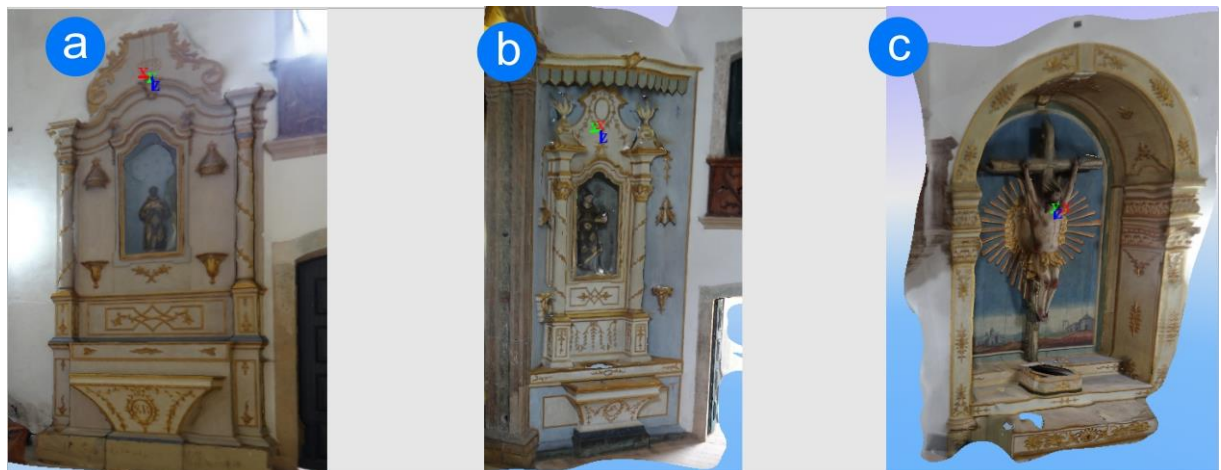
Em 1964, o complexo conventual foi tombado pelo IPHAN. O Convento de Marechal Deodoro é o último representante da chamada Escola Franciscana do Nordeste, conjunto de 13 conventos da Ordem construídos ao longo do litoral dessa região e iniciados em Olinda/PE, em 1585. Tal escola é considerada a primeira manifestação de uma arquitetura genuinamente brasileira (BAZIN, 1983), na qual os franciscanos adotaram soluções inéditas ao adaptarem elementos e funções da vida monacal medieval e renascentista às condições tropicais.

Quadro 4 - Listagem de alguns objetos que serão apresentados nesta seção

OBJETO	DESCRIÇÃO
1. Pia de água benta	Normalmente tem o formato de uma concha marinha, onde a água benta é depositada, existindo uma em cada acesso da igreja. Servia para o fiel se benzer antes de entrar no templo.
2. Púlpito	Local onde eram proferidos os sermões e discursos em ocasiões solenes.
3. Capela-mor e Altar do Santíssimo (lateral)	Os elementos mais trabalhados de todo o conjunto, desenvolvendo-se em estilo barroco, talhado com motivos florais e elementos antropomórficos, folheados a ouro e policromias.
4. Retábulos	a) Retábulo lateral esquerda. b) Retábulo lateral direita. c) Retábulo para crucifixo.
5. Pedestal	Ornamento vertical em pedra torneada localizado na base da escada principal.
6. Nicho com conversadeira	Utilizado para contemplação da paisagem, assim como o mirante.
7. Cozinha	Local da preparação das refeições coletivas no convento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 25 - Modelos 3D dos retábulos localizados no cruzeiro da nave



a) Retábulo lateral esquerda, b) Retábulo lateral direita, c) Retábulo para crucifixo.

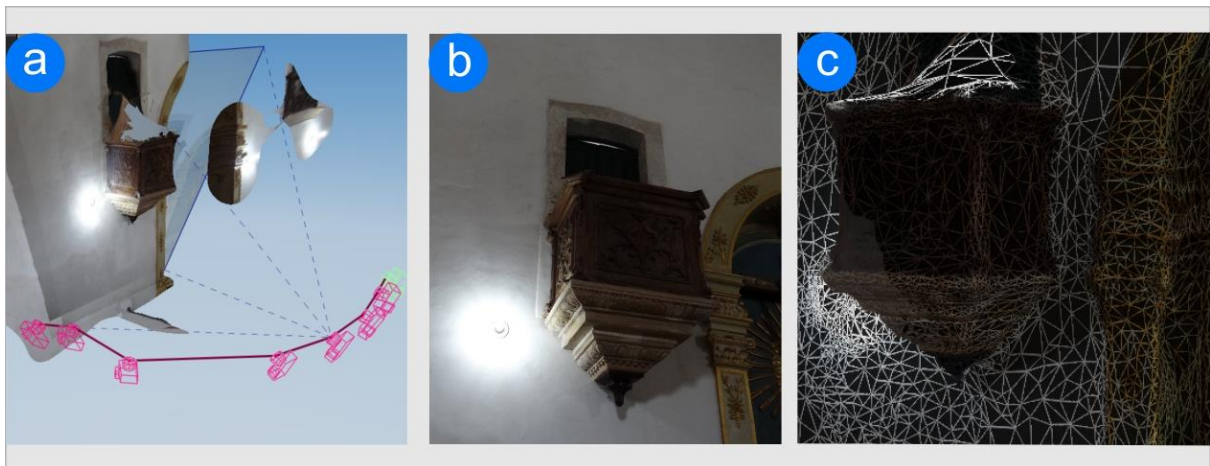
Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.2 Metodologia e Desenvolvimento

Para a obtenção automática de modelos digitais tridimensionais dos elementos arquitetônicos do Convento a partir de fotografias, deve ser aplicada a metodologia adequada de captura de fotos. O próprio software utilizado (123D Catch) fornece as orientações por meio de diversas mídias, incluindo vídeos explicativos. A partir da compreensão dessas orientações, desenvolveu-se uma metodologia específica para o trabalho, que é coerente com os objetivos do material a ser produzido.

Recomenda-se que sejam feitas mais de 20 fotografias por objeto a ser digitalizado, circundando-o por 360° horizontalmente e com no mínimo duas alturas diferentes de posicionamento da câmera no eixo vertical. Em alguns casos, como o do púlpito da capela do convento, foi possível obter um modelo satisfatório com apenas oito fotos. A sequência de fotos deve ser feita prevendo uma repetição de elementos para que o software consiga correlacionar os pixels¹⁵ das imagens, tornando possível a reconstrução da posição da câmera na representação digital do espaço.

Figura 26 - Digitalização 3D do púlpito



a) Imagem do modelo 3D gerado. Em magenta estão as posições da câmera em cada uma das oito fotos tomadas. b) Fotografia do púlpito. c) Constituição da malha digital tridimensional em diversos polígonos.

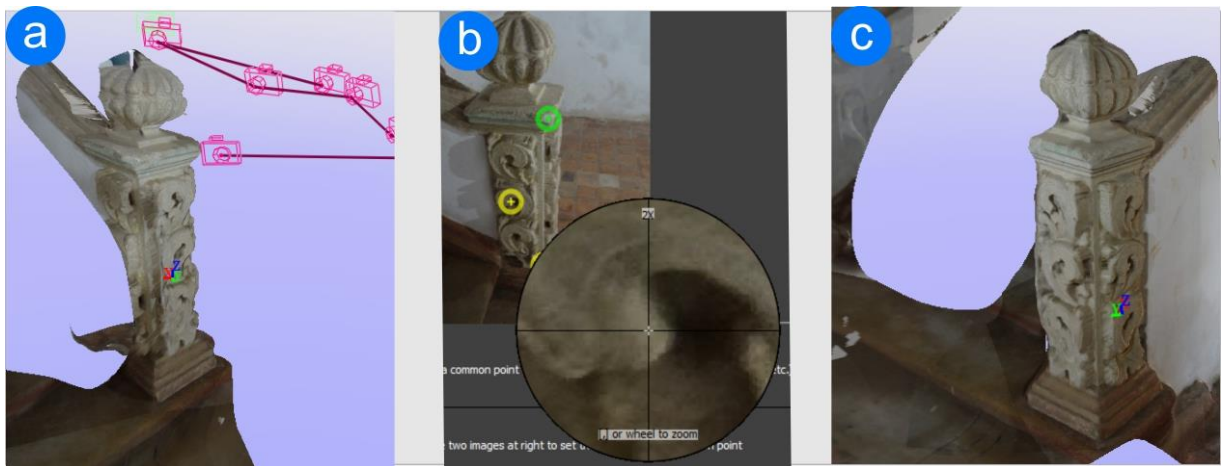
Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação ao pedestal, que tem uma geometria prismática quadrangular com ao menos uma das faces ligada ao edifício (similar ao púlpito), foram realizadas 19 fotografias. Porém, nesse

¹⁵ Pixel - É o menor elemento num dispositivo de exibição (por exemplo, um monitor), ao qual é possível atribuir-se uma cor. (Wikipedia)

caso, observou-se uma falha do software, que gerou uma malha incompleta, sem visualização da face voltada para a escada. Isso se deve ao fato de as fotos terem sido tiradas distantes umas das outras, com um intervalo de ângulos não contemplados, impedindo a devida correlação entre pixels. Nesses casos, o programa apresenta a tradicional opção de conectar os pontos manualmente.

Figura 27 - Digitalização do pedestal



a) Imagem do modelo 3D gerado com a falha. Em magenta estão as posições da câmera. b) Interface para correção manual. c) Faces bem construídas pelo software. Sem falhas.

Fonte: Elaborado pelo autor

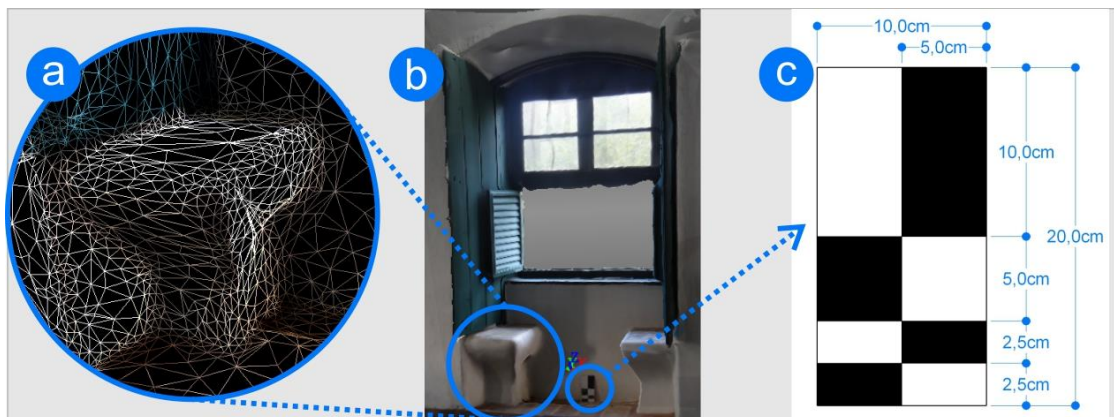
5.3.3 Equipamento e materiais utilizados

As fotografias foram obtidas por meio da câmera fotográfica SONY modelo DSC-HX200V. É importante que o equipamento utilizado seja capaz de gerar imagens em alta definição e resolução, porém o fundamental é o respeito às técnicas de tomada das fotos, visando ao bom aproveitamento das mesmas pelo software. O programa Autodesk®, *123D Catch* está disponível também para aparelhos celulares e tablets que possuem câmera, permitindo que o processamento de imagens ocorra diretamente.

Objetos ou ambientes que apresentam grandes áreas homogêneas podem confundir o processo de digitalização do software. Nesses casos, faz-se necessário inserir novas “marcas” no contexto físico ou entorno do objeto para facilitar a identificação da posição de cada fotografia. Para tal, foram utilizadas fitas adesivas que fizessem contraste com o objeto a ser digitalizado. Adotou-se uma escala gráfica que permite a recuperação e/ou aferição das medidas do modelo 3D. O desenho da escala empregada também foi coerente com o processo de identificação do software,

adotando duas cores com o maior contraste possível, o preto e o branco, e apresentando divisão em elementos de tamanhos variados. Se, por exemplo, fosse estabelecido que a divisão seria em quadrados de iguais dimensões, o software poderia se confundir e sobrepor quadrados semelhantes por parecerem ser os mesmos. A escala é, portanto, um plano de medidas conhecidas com desenhos de padrão “xadrez” não uniforme em alto contraste que evidencia a alteração da perspectiva em cada ângulo fotográfico, servindo como referência para o trabalho automatizado do software.

Figura 28 - Digitalização do nicho do mirante - conversadeiras



- a) Constituição da malha de polígonos do modelo 3D do assento do nicho. b) Modelo 3D completo do nicho. c) Medidas da escala utilizada.

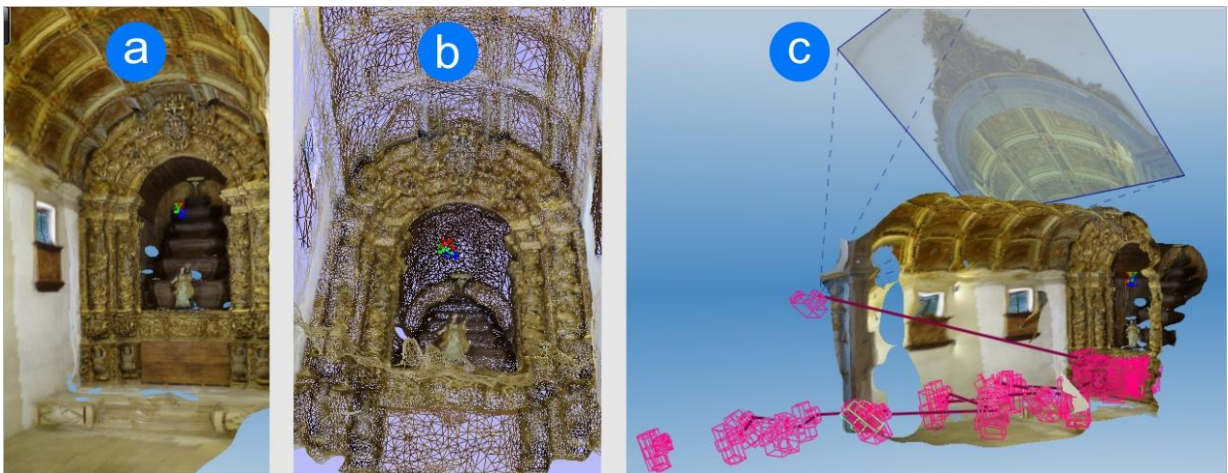
Fonte: Elaborado pelo autor

A alteração da iluminação de uma foto para outra pode dificultar a identificação de pontos similares entre as imagens, e o modelo 3D não ficará completo. Nessa experiência, obtiveram-se alguns resultados insatisfatórios com modelos incompletos, originados por uma iluminação inadequada com reflexos fortes. Recomenda-se, então, o controle na iluminação do ambiente e na captura da câmera. Esses parâmetros devem se repetir, caso o objeto de interesse ou outro projete sombras, pois estas serão incorporadas à textura do modelo 3D. Deve-se ainda prezar pelo estabelecimento de contraste apropriado entre figura e fundo.

5.3.4 Pós-captura de fotos

Após captura e envio das fotografias para os servidores da Autodesk®, é feito o processamento das imagens (que ocorre também na nuvem¹⁶), e o modelo tridimensional resultante já é exibido na tela. Forma-se uma malha oriunda da triangulação de milhares de pontos com as texturas devidamente mapeadas. Conforme mostra a Figura 27a, o ambiente do software traz uma representação gráfica da posição da câmera (em magenta) em cada um dos ângulos das fotografias empregadas na reconstituição volumétrica. Essa funcionalidade de reconstituição da posição da câmera nos permite verificar algumas limitações no software nas extremidades do modelo 3D gerado. Na Figura 29 deve-se observar que a foto obtida do coro da igreja, e portanto em posição mais elevada que as demais, possui um elemento que não foi contemplado no modelo 3D: o arco que separa a nave principal do altar. Observando tal fenômeno neste e em outros casos, percebe-se que há uma dificuldade do programa em obter dados suficientes para a reconstrução 3D nas bordas das imagens. Assim, deve-se atentar para que a totalidade do objeto seja contemplada em uma posição mais central na fotografia, e que o enquadramento contemple uma margem de segurança.

Figura 29 - Modelo 3D da Capela Mor



a) Imagem do modelo 3D gerado. b) Composição da malha tridimensional. c) Destaque da fotografia com elementos descartados pelo software, obtida de um ponto mais elevado, o coro. Em magenta estão as posições da câmera.

Fonte: Elaborado pelo autor

¹⁶ Utilização da memória e capacidades de armazenamento e cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da Internet (Wikipedia).

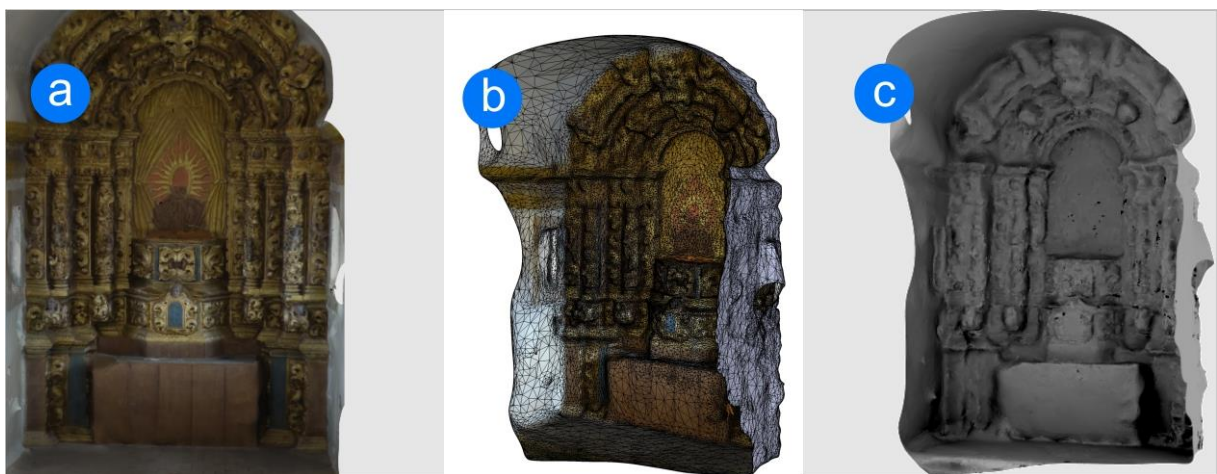
5.3.5 Aspectos qualitativos dos modelos 3D gerados

Para iniciar o desenvolvimento de um novo modelo tridimensional a partir de fotos, utiliza-se a função “Criar nova captura”, disponível no *software*. Nesse momento, as fotografias obtidas são selecionadas e confirma-se o envio das mesmas aos servidores da Autodesk© . Conforme relatado, boa parte do processamento dos dados ocorre na nuvem e, dessa forma, o tempo gasto para a geração do modelo 3D depende diretamente da qualidade e velocidade da conexão de internet. Neste caso, trata-se de uma conexão contratada de 15 MB/S¹. A digitalização de um dos retábulos no cruzeiro da nave, por exemplo, gastou 12 minutos até a obtenção final do modelo tridimensional.

Visualmente, o modelo 3D gerado pelo programa é bem detalhado e possibilita perceber nuances de relevo um tanto delicadas. No entanto, esses detalhes são enriquecidos pela qualidade do mapeamento das fotografias sobre a superfície ou malha (*mesh*) criada. Se observarmos o modelo 3D sem as texturas, ficam evidentes as simplificações e triangulações. Os baixos relevos, por exemplo, são em maioria ignorados, mas ficam bem representados quando a fotografia se sobrepõe.

Por isso, os modelos tridimensionais gerados por esse *software* são suficientes para objetos que exigem detalhes modestos, não se aplicando para demandas de detalhes milimétricos.

Figura 30 - Modelo 3D do altar lateral



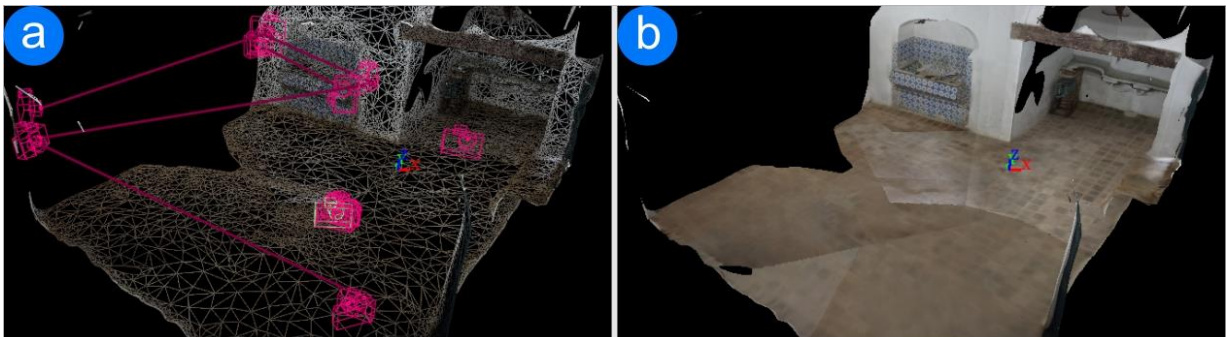
a) Imagem do modelo 3D gerado. b) Composição da malha tridimensional. c) Imagem do modelo sem as texturas em que é possível perceber as simplificações volumétricas.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.6 Aspectos quantitativos

Verificou-se que a quantidade de fotos, apesar de muito relevante para a geração dos modelos 3D, não gera impactos na complexidade dos mesmos. A quantidade de polígonos depende da complexidade do objeto digitalizado, sendo mais complexos aqueles objetos com maior quantidade de curvas e irregularidades. Objetos que são conformados por planos mais regulares, como o caso do púlpito, geram modelos menores por necessitarem de menos polígonos. Observando novamente a Figura 30 nota-se, no assento do retábulo, que seu plano é construído com poucos polígonos de tamanhos maiores. Já as curvas que o conformam apresentam grande acúmulo de polígonos. O modelo do altar principal (Figura 29) é o mais complexo entre os apresentados e é, não por coincidência, o objeto também mais complexo, dada a quantidade de detalhes entalhados na madeira e curvas, presentes tanto no altar quanto no forro. Já o modelo da cozinha apresentou-se também maior, mas nesse caso a própria dimensão do espaço foi preponderante, afinal, um modelo maior também demanda grandes quantidades de polígonos.

Figura 31 - Modelo 3D da cozinha



a) Malha de polígonos e posição da câmera. b) Modelo 3D

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 32 - Posição dos itens digitalizados. Primeiro e segundo pavimentos do convento, respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 2 relaciona aspectos quantitativos dos modelos tridimensionais. Buscou-se estabelecer relações entre a complexidade dos objetos de interesse, quantidades de fotos empregadas na geração dos modelos 3D e tamanho dos arquivos digitais.

Tabela 2 - Aspectos quantitativos dos modelos 3D obtidos

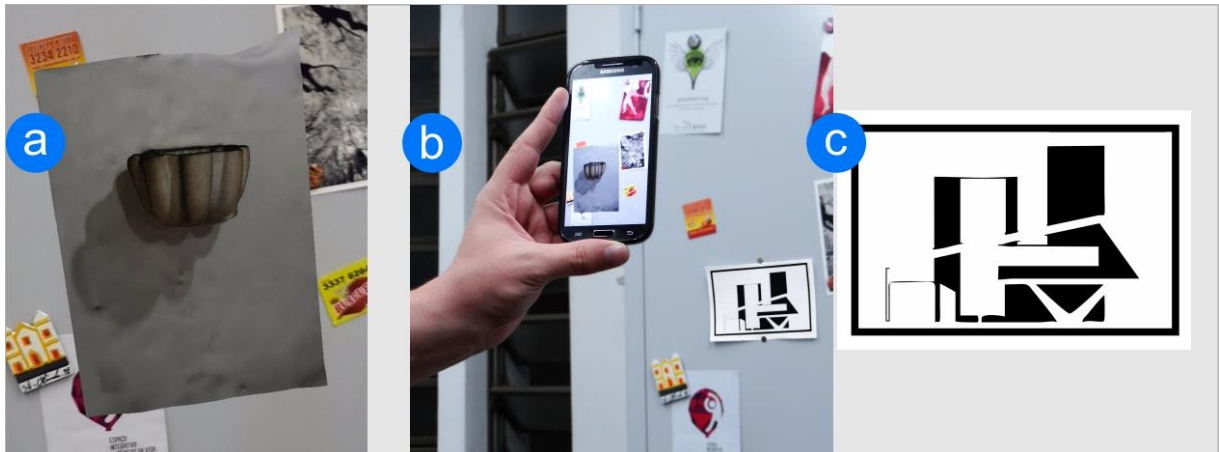
Item	Fotos	Tamanho do arquivo .OBJ	Quantidade de Polígonos	Legenda nas plantas
Altar-mor (capela-mor)	76	10,7 MB	108.978	a
Altar (capela lateral)	28	6,3 MB	71.513	b
Altar/retábulo (lado do Evangelho)	15	2,91 MB	32.405	c
Altar/retábulo (lado da Epístola)	20	5,10 MB	46.414	d
Crucifixo (nicho na nave)	20	2,65 MB	26.064	e
Púlpito (nave da igreja)	8	1,45 MB	12.905	f
Pedestal (escada principal)	19	3,10 MB	33.958	g
Cozinha	21	7,50 MB	73.519	h
Conversadeiras (mirante)	15	2,32 MB	24.603	i
Lavabo (sacristia)	15	2,00 MB	16.692	j

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.7 Realidade aumentada

A grosso modo, “Realidade Aumentada” refere-se à incorporação de uma camada extra de informações sobre a realidade. Neste caso, ao apontar a câmera do celular para uma marca, a mesma serve de referência para a sobreposição do modelo 3D da pia batismal do convento, com suas devidas texturas. Assim, ao movimentar-se em torno da marca, a pia é observada de diversos ângulos; ocorre, portanto, a sobreposição da visualização 3D de um elemento digital sobre a realidade.

Figura 33 - Realidade aumentada



a) Captura da tela do celular exibindo o modelo 3D sobreposto à marca. b) Celular apontado para a marca que orienta a sobreposição da camada digital. c) Marca desenvolvida a partir da logomarca do evento, usada para orientar a sobreposição de modelo 3D digital à imagem real da câmera do aparelho.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.8 Comparativo com a tecnologia do primeiro estudo de caso

O primeiro estudo de caso apresentado neste trabalho, Cidades Históricas em 3D, refere-se a uma ferramenta para a gestão de centros urbanos de interesse histórico, operada através das representações digitais dos mesmos em 3D. Conforme relatado, a reconstrução desses centros foi feita a partir de uma metodologia de fotogrametria manual, ou foto-correspondência. A tecnologia empregada naquela situação fora compatível, dada a demanda inicial. Além disso, outras opções que existiam para digitalização de ambientes em 3D eram extremamente caras.

O amadurecimento e oferta livre de software, como o 123D Catch ou outros capazes de realizar a tarefa de forma automática, vem revolucionando metodologias de levantamento de grandes áreas. Com câmeras equipadas a Veículos Aéreos não Tripulados – VANTS, é possível obter uma sequência de imagens que, interpretadas por tal software, geram nuvens de pontos e, posteriormente, modelos 3D da área desejada.

A tecnologia denominada LIDAR (*Light Detection And Ranging*)¹⁷ foi usada em larga escala pela empresa Google, porém com o uso de aviões, para tornar disponíveis em 3D vários centros urbanos.

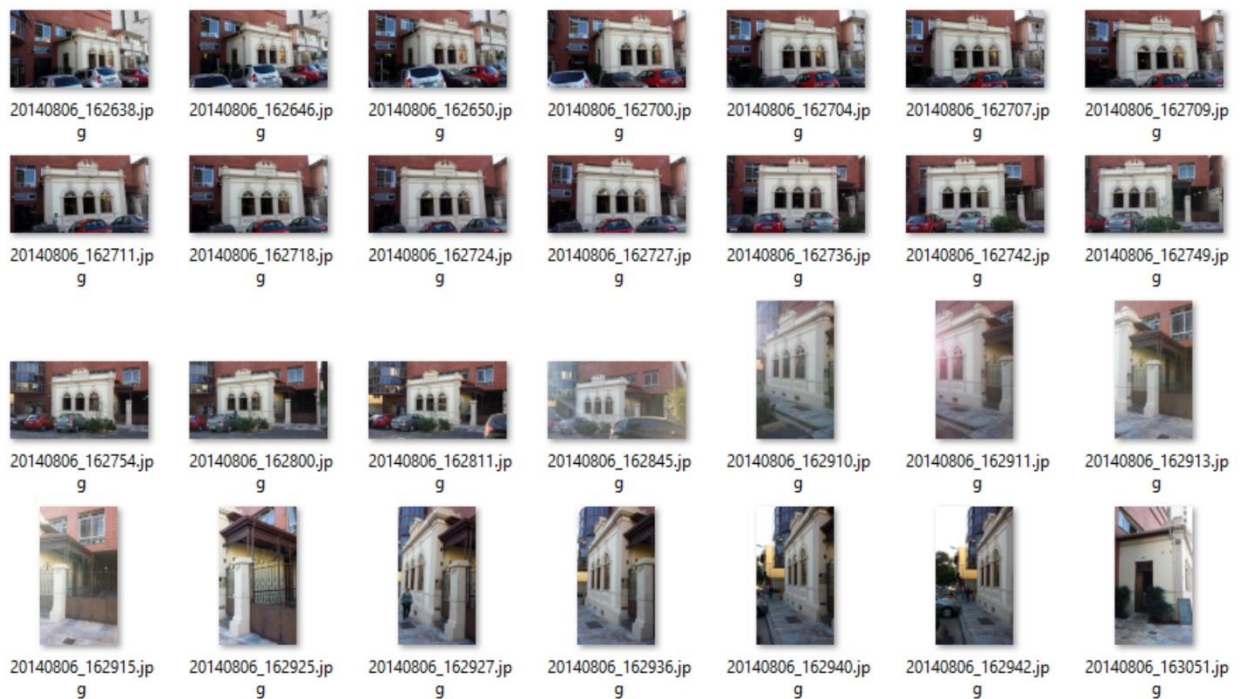
¹⁷ Lidar- tecnologia óptica de detecção remota que mede propriedades da luz refletida de modo a obter a distância e/ou outra informação a respeito um determinado objeto distante. O método mais utilizado para determinar a distância a um objeto é a utilização de laser pulsado. A distância a um objeto é determinada medindo-se a

O fato é que um bom software mostrou-se capaz de atualizar a velha tecnologia da câmera fotográfica, tornando-a uma digitalizadora 3D de baixo custo. Assim, foi possível realizar um pequeno experimento para estabelecer uma comparação entre os produtos gerados através da tecnologia anterior, de fotogrametria manual, com o produto de uma digitalização 3D gerado automaticamente pelo 123D Catch.

O teste comparativo dedicou-se a investigar como o modelo originado pelo software atenderia à funcionalidade de integração com bancos de dados e metadados, conforme ocorria com a tecnologia anterior.

A partir das mesmas 28 fotografias obtidas de um edifício histórico de Belo Horizonte, foram derivados um modelo 3D de fotogrametria manual feito em *Sketchup* e outro gerado automaticamente pelo 123D Catch. As figuras s mostram as fotos de vários ângulos utilizadas e os modelos resultantes.

Figura 34 - Sequência de fotografias ao redor de edifício histórico em Belo Horizonte obtidas pelo autor para construção dos modelos 3D



Fonte: Elaborado pelo autor

diferença de tempo entre a emissão de um pulso laser e a detecção do sinal refletido, de forma semelhante à tecnologia do radar, que utiliza ondas de rádio. (Wikipedia)

Figura 35 - Comparativo entre digitalizações tridimensionais de edifício tombado em Belo Horizonte



- a) Modelo 3D criado manualmente com técnica de fotogrametria automática no programa de computador *Sketchup*.
 b) Modelo gerado pelo software de fotogrametria automática com o programa 123D Catch.

Fonte: Elaborado pelo autor

Os modelos oriundos da tecnologia automática de fotogrametria são constituídos de uma casca – *mesh*, formada de uma nuvem de pontos. Sobre essa casca, constituída de diversos polígonos triangulares, projetam-se as fotografias utilizadas em sua construção, assim, visualmente os modelos apresentam grande semelhança com o original. Ao obter as medidas do modelo, verificou-se a correspondência entre as mesmas tomadas do edifício com o uso de trena. No entanto, as entidades que compõem o edifício não são automaticamente separadas em uma hierarquia geométrica, o que é feito sistematicamente no procedimento manual. Assim, a única entidade geométrica à qual pode remeter uma chamada de sistema é a totalidade do edifício.

Há formas simples de separar as geometrias de um modelo em casca, que seria, a grosso modo, cortá-lo em partes selecionando cada um dos triângulos que compõem a área que se deseja destacar, realizando operações do que demanda um trabalho manual equivalente ao da fotogrametria manual.

A partir das experiências relatadas, convergindo nesse comparativo, sugere-se que a função do modelo 3D determine a metodologia a ser empregada em sua construção, se os objetivos com o modelo baseiam-se na fidelidade de representação global da realidade, como substrato para projetos, ou são meros objetos de visualização. Esse tipo de modelo 3D é adequado para base de projetos de arquitetura, pois é melhor que um levantamento topográfico tradicional. Também é ótimo para observar coisas, como peças de um acervo digital de museologia, que precisam ser

vistas com detalhes. As fotos fazem bem esse papel, como mostrado no experimento do convento. A vinculação de funções computacionais e bancos de dados torna-se dificultada, uma vez que os modelos não são construídos dentro de uma hierarquia geométrica, como foi explicado no capítulo que se refere ao estudo de caso dos Centros Históricos em 3D.

Fazer alterações drásticas no modelo para que este se torne um item que possa ser requisitado por qualquer função computacional mostrou-se como um trabalho que inviabiliza a tecnologia.

Quando abriu mão de que o povoamento em 3D da representação das cidades do planeta no *Google Earth*¹⁸ fosse feito através do *Sketchup*, em detrimento da tecnologia de aerofotogrametria automática, o Google também enfrentou o dilema de perder dados associados diretamente aos edifícios. Anteriormente era padrão a possibilidade de clicar em cada edifício, acessando suas informações e conhecimento individualmente. Agora, apesar de grandes centros urbanos estarem representados em três dimensões, apenas temos acesso ao coletivo da casca. O recurso computacional que permite o acesso individual ainda está mantido, no entanto a plataforma adotada como padrão para modelagem global em larga escala ainda não se encontra segmentada por edifícios ou outra hierarquia urbana, como quarteirões, bairros etc. O conjunto da cidade é um único modelo 3D, sem subdivisões.

Já modelos que precisam ser associados a bancos de dados, sendo parte de ferramentas e não produtos de outras, devem ser construídos dentro de uma hierarquia que permita a vinculação dos mesmos às funções computacionais desejadas. Esse modelo deverá ser, portanto, construído manualmente, assim como cada uma das linhas de código que irão operá-lo.

¹⁸ Google Earth é um programa de computador de propriedade da empresa Google, que oferece a visualização do globo terrestre em três dimensões através da qual pode-se obter a visualização da imagem de satélites, modelos 3D e diversos outros tipos de informação georreferenciada relativa a qualquer lugar do planeta.

5.4 Estudo de Caso – Protótipo Gestão 3D

5.4.1 Problematização

Nesta seção são discutidos aspectos funcionais de ferramentas de gestão atualmente comercializadas para a gestão de negócios que envolvam grandes infraestruturas. Nestes exemplos buscou-se analisar como o espaço físico é tratado e como os gestores operam a partir dos dados que coletam.

As características dos *shopping centers* fazem desse tipo de negócio objeto de interesse para a pesquisa que forneceu dados para esse trabalho. Os *shopping centers* são negócios baseados na infraestrutura, pode-se dizer que o negócio do *shopping center* é a comercialização de seu espaço físico. É por isso que esse tipo de negócio já se vale de sistemas de gestão para a construção de conhecimento sobre o espaço. Além disso, o desempenho financeiro de porções do espaço físico do *shopping* é constantemente medido. Para um sistema computacional, se há um índice que permita medir o desempenho de determinado trecho do espaço de acordo com os parâmetros da gestão, pode ser estabelecida uma ferramenta para a gestão.

Além disso, a equipe tinha facilitadores pessoais para aproximar-se de pessoas vinculadas ao negócio de *shopping centers*. Em Belo Horizonte, o *Shopping Minas Casa*, do segmento de mobiliário residencial, forneceu dados e permitiu o acompanhamento sistemático de seus processos de gestão. Portanto, este foi o objeto escolhido para ser atendido pelo protótipo. Além dele, a empresa T¹⁹, que possui dezenas de *shopping centers* pelo país, também permitiu o estudo de parte de seu processo de gestão e, inclusive, do escritório da empresa em Belo Horizonte. Outra empresa que foi consultada sobre o software utilizado foi a empresa M²⁰.

Segundo dados da Associação Brasileira de *Shopping Centers*, ABRASCE, há no Brasil 505 *shopping centers*, totalizando uma área bruta locável de 13,320 milhões de metros quadrados.

¹⁹ O nome de empresas foi suprimido neste trabalho. A empresa T refere-se a uma empresa de atuação em escala nacional no projeto, construção, e manutenção de *shoppings*, a qual colaborou com esta pesquisa fornecendo dados, entrevistas e concessão de permissão para acesso a suas dependências administrativas.

²⁰ O nome de empresas foi suprimido neste trabalho. A empresa M refere-se a outra empresa de atuação em escala nacional no projeto, construção e manutenção de *shoppings*, a qual colaborou com esta pesquisa fornecendo dados, entrevistas e concessão de permissão para acesso a suas dependências administrativas. Juntas, T e M detêm grande parte do mercado nacional.

O faturamento de 2013 ultrapassou a marca dos 120 bilhões de reais. O fenômeno de sua expansão atualmente repercute no interior do país, dado que as capitais encontram-se saturadas. Estima-se que 415 milhões de pessoas circulem mensalmente por *shopping centers*.

Ainda de acordo com dados obtidos através da ABRASCE e comprovados nos estudos feitos *in loco*, o mercado brasileiro de ferramentas para a gestão de *shopping centers* é dominado por dois grandes agentes: Group Software e VS. São plataformas similares entre si que fazem as funções da gestão do negócio, e são eficientes nesse quesito. O detalhamento das funcionalidades desse software não é objeto de interesse desta pesquisa, uma vez que o foco é o aspecto espacial da gestão. Nesse quesito, ambos tratam do espaço físico, afinal essa variável é de extrema importância para o negócio. Mas nenhum deles incorpora o aspecto da visualização do espaço a sua rotina.

Por outro lado, se os sistemas ignoram o aspecto da representação do espaço físico gerido, não há como abandoná-lo. Por isso, em todos os escritórios visitados, havia, além do computador como ferramenta para a gestão, plantas dos empreendimentos, ora impressas com legendas de cores, ora com intervenção de desenhos, tachinhas e marcadores remetendo exatamente aos dados medidos e mapeados pelo sistema tradicional, ou seja, é explícita a necessidade de aprimoramento desse recurso. Afinal, enquanto o banco de dados meramente alfanumérico guarda a possibilidade de ser revisto em qualquer tempo, não há o mesmo estabelecimento da memória digital sobre a representação do espaço, que é feita em papel.

Figura 36 - Ferramentas contemporâneas para gestão de *shopping centers*

LOJA				COMERCIAL REALIZADO					
Atividade	LUC	Piso	Área (m²)	Lojista	MIX Realizado	CONDOMÍNIO FIXO	Data de Assinatura	Status	Índice de Reajuste
Comparativo				29.511,46					
ERRO				-6.175,91					
EMPREENDIMENTO				21.135,55					
Satélites			6.564,68						
Alimentação			1.000,77						
Restaurante			550,40						
Mega Lojas			2.772,96						
Âncoras			5.629,25						
Cinema			1.975,68						
Lazer			687,55						
Serviços			326,11						
Hipermercado			3.634,15						
Atividade	LUC	Ordenar							
Alimentação	138	L1	43,25						
Alimentação	154	L1	24,46						
Alimentação	155	L1	23,34						
Alimentação	156	L1	23,34	Mistear Churros e Sorvetes	Satélites ; Sorveteria			Aprovada	IGP-DI
Alimentação	181	L1	33,37	Brasil Cacau	Satélites ; Chocolate			Aprovada	IGP-DI
Alimentação	243	L1	33,37	Café do Ponto	Satélites ; Cafeterias			Aprovada	IGP-DI
				Rei do Mate	Satélites ; Cafeterias			Aprovada	IGP-DI



- a) Tela de software de gestão de lojas em diversos edifícios no país, as mesmas são referidas nas tabelas pelos seus nomes ou códigos. Sala de administração da empresa T, com computadores que operam o software.
 c) Plantas dos *shopping centers* no quadro à frente dos computadores. Evidente ruptura de linguagem e meios.

Fonte: Elaborado pelo autor. Empresa T

Os *shopping centers*, em geral, funcionam da seguinte maneira: são constituídos do condomínio formado entre suas lojas, estas, por sua vez, precisam pagar para ocupar áreas específicas dentro do edifício do *shopping center*. A área de uma loja é oriunda de um ou mais LUCS, que são as unidades mínimas comercializáveis de um *shopping center*. O valor que circula nas dependências de um *shopping center* é constantemente monitorado pelo seu gestor, pois o valor de aluguel cobrado varia em função do desempenho coletivo e individual dos lojistas, isso

porque cada unidade do edifício depende do edifício como um todo para ter um desempenho satisfatório.

Os sistemas de gestão estudados são ferramentas que permitem um acompanhamento sistemático desses valores nas dependências físicas do *shopping* alimentados de forma manual ou automática por dados relativos a cada metro quadrado do edifício. Tais dados são em geral apresentados no formato de tabelas.

Apesar de os sistemas difundidos trabalharem bem com a gestão de grandes volumes de dados, não demonstram preocupação em estabelecer uma linguagem própria para o espaço físico gerido. O espaço físico dos *shopping centers* é referido como um código, e seus aspectos ambientais são desconsiderados. O momento da gestão que se utiliza da representação do espaço físico é desconectado do procedimento digital. Com a planta impressa e os *status* das lojas sendo ressaltados com pinos na cortiça, fica impossível estabelecer uma memória dos dados espacializados e, conseqüentemente, torna-se improvável a construção de conhecimento acerca da formação desse espaço.

O estabelecimento de plataformas capazes de convergir bancos de dados volumosos e representação digital de edifícios pode trazer uma nova forma de leitura da ocupação do edifício, permitindo seu estudo sistemático e a aproximação com o campo da arquitetura, o que se torna vantajoso, uma vez que o arquiteto é o profissional mais adequado para propor ou dar suporte a intervenções em edifícios. O estabelecimento de uma linguagem de aproximação entre gestão e arquitetura é, portanto, importante.

A arquitetura do sistema tornou-se possível nos últimos anos com a possibilidade do *webgl*, que consiste na possibilidade de um ambiente 3D nos programas de navegação de internet mais comuns, como o Google Chrome, Mozilla ou Internet Explorer.

A construção dos sistemas pode valer-se da apropriação de bibliotecas, que tornam as funções mais completas e encurtam o tempo de desenvolvimento. Nesse caso, há utilização de bibliotecas para a geração de gráficos tradicionais que completam a visualização de um processamento de dados já exibido na representação digital do espaço.

Além disso, o sistema pode trabalhar tanto com um banco de dados estático, como, por exemplo, dados de faturamento atualizados apenas mensalmente, ou ainda dados em tempo real, que podem ser obtidos de sensores, câmeras etc. Foi sugerida a incorporação de sensores para a contagem de pessoas por área. Souza prevê em seu livro a integração de dispositivos ao ambiente tanto para medir suas condições ambientais quanto para atuação remota no espaço, mas até o fechamento deste trabalho não houve contato com o hardware para um teste efetivo, apesar de a arquitetura do sistema prever esse tipo de entrada.

5.4.2 Objetivos do protótipo

A fim de estabelecer um produto coerente com as práticas pertinentes ao negócio dos *shopping centers*, buscou-se o desenvolvimento de um módulo que permitisse a visualização e o mapeamento dos dados já coletados na rotina tradicional. Ou seja, não se pensou em substituição do software e das metodologias vigentes, mas sim o acréscimo do módulo visual, alimentado pelo banco de dados existente. Esse pensamento é coerente com as afirmações do texto “A maneira correta de pensar o design de programas de computador – Combinando o Velho e o Novo”, de Nelson, no livro *The Art of Human Computer Interface*. Ele explica que fracassos de implantação de sistemas estão muitas vezes vinculados à ruptura drástica, seja visual ou metodológica, entre a nova prática e as anteriores. No caso dos *shopping centers*, o agravante é maior, pois o tempo que estes têm permanecido vinculados a um dos softwares de gestão citados passa a ser relevante, afinal, como estes não se preocupam com a abertura de seus códigos, parte dos dados fica aprisionada e condicionada àquele software. Qualquer mudança muito drástica será evitada, inclusive pelo gestor que estiver de acordo com a proposta de inovação.

O projeto para o protótipo foi orientado pelo *design* de interação desejado (SHAARP, 2013). Para isso, o pensamento foi estruturado em quatro imagens conceituais dessa possível interface de gestão.

A interface é composta de duas janelas laterais, sendo que à esquerda são visualizados dados tabulados, no centro está o ambiente de manipulação da maquete eletrônica, e à direita estão os botões das funcionalidades, que podem ser acessados pelo software.

Esse design baseia-se nos conceitos *mobile first*²¹ que orientam a priorização de recursos que tornem seu aplicativo web compatível, primordialmente, com dispositivos móveis, o que é coerente com o público a quem se endereça o programa de computador, tanto pelos recursos econômicos quanto pela estética que é consumida pelo segmento, que se vale de tendências, sendo, portanto, coerente com esse tipo de tecnologia.

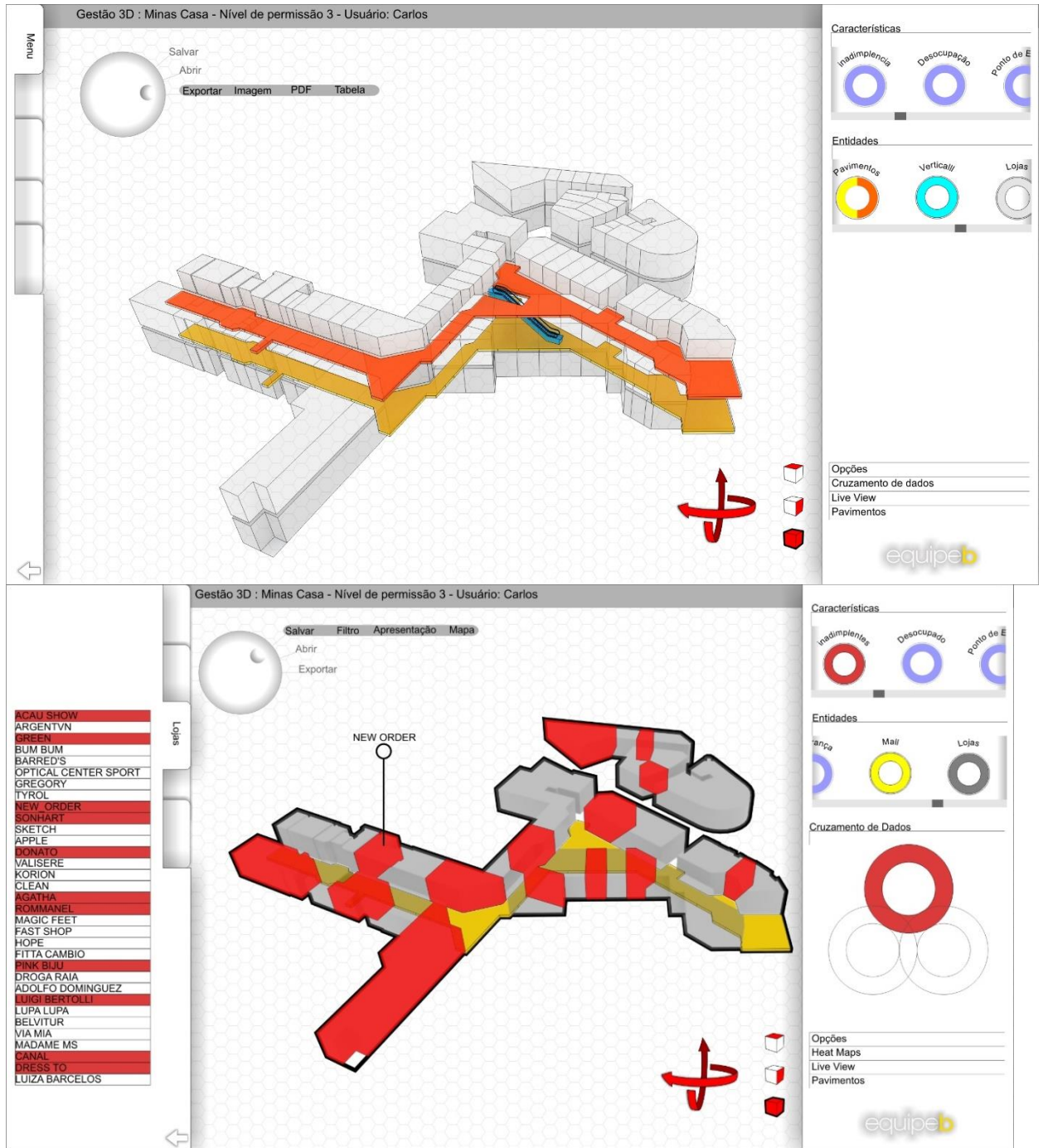
Por isso, os menus encontram-se nas laterais, ao alcance dos dedos do usuário, que utiliza o sistema de um *tablet*.

É também por essa razão que o aplicativo é de uso via internet, web based, e, assim como os demais exemplos, utiliza software e bibliotecas abertas para sua estruturação enquanto sistema.

Abaixo estão as quatro imagens que orientaram o desenvolvimento baseado no *design* de interação.

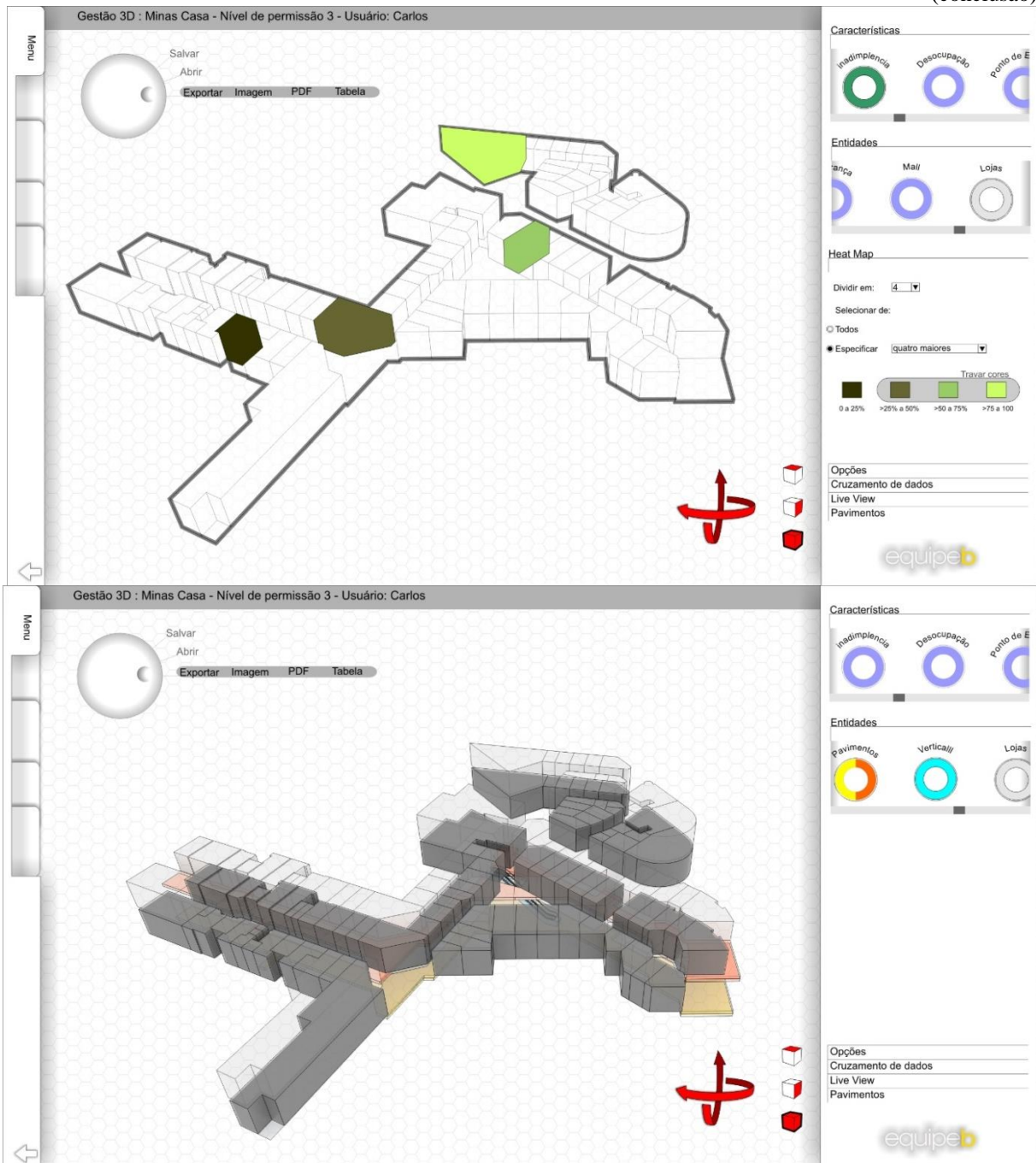
²¹ Mobile First – Conjunto de práticas no desenvolvimento de sites e aplicativos web que priorizam o desempenho em dispositivos móveis.

Figura 37 - As quatro imagens constituem o projeto de interface que orientou o desenvolvimento da ferramenta Gestão 3D para *shopping centers*



(continua)

(conclusão)



Fonte: EquipeB. Elaborado pelo autor.

5.4.3 Representação do Espaço

Partindo da observação da metodologia de gestão vigente nos *shopping centers*, especificamente no Shopping Cidade, observa-se que a unidade espacial sobre a qual são atribuídos valores e dados são os LUCs. Dessa forma, a estrutura computacional dos softwares de gestão de *shopping centers* já abarca essa característica, portanto as tabelas dos bancos de

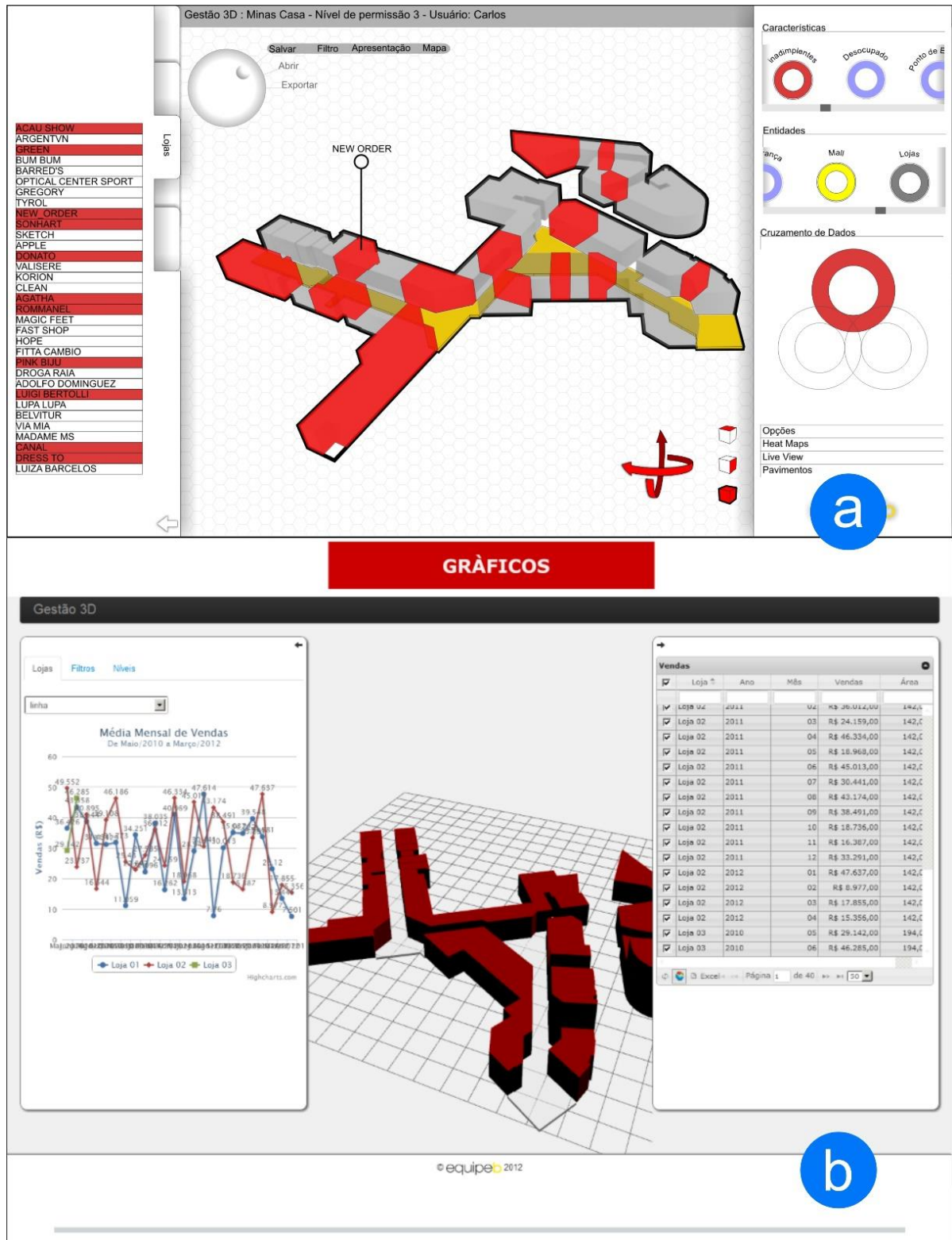
dados têm na coluna ID Identificação, o código do Luc, e a ele são atribuídos parâmetros, como a loja que está naquele LUC e o lucro daquele espaço específico no negócio.

Buscou-se que a representação digital remetesse à linguagem computacional e ao objeto de gestão. Assim, a partir da planta do *shopping center* apresentando a subdivisão em LUCs, foi desenvolvido, de acordo com a proposta de *design* gráfico e de interação, um modelo 3D relativo à planta do *shopping center*, na qual as entidades que conformam o modelo são os prismas de seis lados, oriundos da projeção da planta de cada LUC com a altura do pé direito, ou seja, cada objeto corresponde a um LUC. Desse modo, repete-se a estrutura de dados já existente, e a representação é suficiente para que o gestor consiga, ao clicar sobre um dos LUCs, saber qual é aquele lugar através da observação da morfologia do modelo 3D que remete ao espaço real.

Essa estrutura de modelo, ainda que simplista, também favoreceu a necessidade de ser operada em uma plataforma web, requerendo que fosse menos dispendiosa em termos de memória. Assim, a resposta obtida mostrou-se suficiente e coerente com os objetivos enquanto protótipo.

Conforme tratado em capítulos anteriores, mostra-se conveniente que, além da representação de uma estrutura meramente equivalente ao banco de dados, permita-se a visualização de mais detalhes, o que favoreceria que, durante a observação de determinados fenômenos medidos naquele espaço, possam ser estabelecidas conexões entre os mesmos e componentes que configuram aquele ambiente. Assim, mediante evolução do protótipo, pode-se considerar a opção de exibir mais detalhes do modelo 3D do espaço gerido.

Figura 38 - Comparação entre interface projetada e executada



a) Imagem conceitual do projeto da interface. b) Interface executada, adequada às limitações dos componentes computacionais empregados em sua execução

Fonte: Elaborada pelo autor

5.4.4 Arquitetura da Informação

Esta seção tem como objetivos relatar e detalhar as escolhas mais relevantes do ponto de vista de arquitetura de software durante o desenvolvimento da aplicação Gestão 3D. Para isso é necessário definir o que é arquitetura de software (CLEMENTS, 2010). Por arquitetura de um sistema entende-se a organização de um conjunto de tecnologias e de padrões definidos e utilizados para garantir o cumprimento de todos os requisitos funcionais e não funcionais de uma aplicação.

As partes [de um programa de computador] são submetidas a um processo unificado de sintonia e depois de formalmente unidas são refinadas, aparadas, balanceadas e até reorganizadas em novos princípios e conceitos distantes das linguagens meramente técnicas. Trata-se de uma habilidade em conceber e perceber uma visão unificada.²² (NELSON, 1990, p. 238)

Requisitos funcionais definem uma função dentro de um sistema, esperam uma entrada e produzem uma saída. Um exemplo simples é o cadastro de endereço de um ponto de interesse no sistema de Gestão 3D. Requisitos não funcionais são aqueles que não definem uma funcionalidade de uma aplicação, mas geralmente alguma característica importante, como a necessidade de um modelo tridimensional ser exibido em menos de 30 segundos na tela.

Outro conceito importante é a arquitetura básica cliente/servidor. Ela divide uma aplicação em basicamente dois componentes, o *frontend* e o *backend*. O *frontend* é composto por qualquer código que é executado do lado do cliente e geralmente é materializado pela interface gráfica de usuário. Já o *backend* é composto por qualquer código que é executado do lado servidor e geralmente é materializado por lógicas de negócio e armazenamento não volátil de informações. Primeiramente, serão apresentadas decisões tomadas para o desenvolvimento do lado cliente e logo depois decisões tomadas para o desenvolvimento do lado servidor.

Um aspecto importante da plataforma de Gestão 3D é a exibição de modelos tridimensionais em um navegador *WEB*. Tradicionalmente, isso é feito com o uso de *plug-ins* e *applets*. Porém, esses dois tipos de componentes deixam as páginas *WEB* lentas e consomem muita memória (SMITH, 2013). Para que isso fosse feito de maneira rápida, sem consumo excessivo de

²² “The parts are subjected to a unified tuning process after they have been formally joined. We do not merely put them together, but trim, balance, tune, abstract, and even reorganize them on new principles. Special talents are required that have nothing to do with technicalities. The greatest of these is the ability to conceive and realize a unifying vision.” (Tradução do autor)

memória, uma biblioteca escrita em *Javascript* e que utiliza *HTML5* (tecnologias bastante eficientes em navegadores modernos) foi usada, a *three.js*²³.

Outro aspecto importante da plataforma Gestão 3D é permitir uma interação com o usuário fácil e fluida. Para garantir a fluidez, a técnica chamada *Asynchronous Javascript and XML (AJAX)* foi amplamente utilizada. Ela permite carregar dados de uma página *WEB* em partes e sob demanda. A tela não precisa ser completamente recarregada com a ação de um usuário, como uma pesquisa com filtros, a finalização de um cadastro de uma entidade ou a solicitação de um relatório. A implementação dessa técnica foi feita usando a biblioteca *jQuery*²⁴. Já para garantir a facilidade e uma boa usabilidade, diversas bibliotecas de interface gráfica em *Javascript* foram utilizadas. Entre elas, podemos citar: *jQuery UI*²⁵, *Bootstrap*²⁶ e *jqGrid*²⁷.

É importante ressaltar que todo o lado cliente foi desenvolvido utilizando puramente *HTML*, *CSS* e *Javascript*, que são tecnologias nativas de um navegador *WEB*. Outras tecnologias de *frontend*, como *JSF*, *Richfaces*, *Coffeescript* e outras não foram utilizadas por gerarem código e dificultarem a criação de interfaces complexas, diferentes dos tradicionais formulários e *grids*. Além disso, essas tecnologias introduzem um passo extra não necessário para o desenvolvimento de uma aplicação [2].

O lado servidor foi totalmente escrito em *Java*, por se tratar de uma linguagem madura e possuir servidores *WEB* robustos. O servidor escolhido foi o *Apache Tomcat*, por ser leve e do tipo *open source* (VUKOTIC; GOODWILL, 2011).

O gerenciamento do ciclo de vida dos objetos que representam a lógica de negócio do lado do servidor foi feito pelo *Spring*. Ele foi escolhido no lugar do também conhecido *Enterprise Java Beans (EJB)*, por ser mais simples, rápido e não necessitar de um servidor de aplicação *Java* completo (HO; HARROP, 2012).

²³ Three.js - JavaScript 3d library, Biblioteca para recursos 3D em Java.

²⁴ jQuery – Biblioteca JavaScript voltada para manejo de dados do lado cliente.

²⁵ jQuery UI – Biblioteca JavaScript com recursos de interação para o usuário, animações, efeitos e temas com o objetivo de aprimorar a experiência do usuário.

²⁶ Bootstrap – Framework otimizado para plataforma mobile, dentro do conceito *mobile first* voltado para o *frontend*. Baseado em *Web*.

²⁷ jqGrid - Biblioteca Javascript que aprimora a manipulação de dados tabulados na *web*. Compatível com Ajax.

A comunicação entre o cliente servidor, como dito anteriormente, é amplamente feita usando *AJAX* acessando serviços no estilo *REST* (FIELDING, 2000) criados pelo *SpringMVC* (HO, 2012). Essa forma permite ao cliente acessar dados do servidor usando apenas os métodos do protocolo disponíveis em *HTTP*. Não é necessário um protocolo especial, como outras tecnologias precisam para recuperar ou enviar dados para o servidor. Em outras palavras, futuramente, caso um aplicativo *mobile* seja criado, não será necessário alterar o código do servidor, todos os serviços desenvolvidos serão acessados pela mesma interface.

O armazenamento persistente das informações da plataforma de Gestão 3D é feito usando-se um banco de dados relacional. Especificamente, foi utilizado *MySQL* por ser robusto e do tipo *open source*. O código do servidor que acessa os dados foi todo escrito com base no *framework Hibernate*, pois ignora detalhes de implementação e simplifica o acesso aos dados (FISHER; MURPHY, 2010). Os modelos tridimensionais foram todos armazenados em formato *JSON*, por ser mais sintético, principalmente considerando que eles devem ser transportados para o lado cliente. Ou seja, quanto menor o volume de dados trafegados entre o cliente e o servidor, melhor. Outra estratégia adotada foi o uso da compactação *GZIP*, para diminuir ainda mais o volume de dados trafegado.

Finalmente, várias boas práticas de desenvolvimento de software foram utilizadas, retiradas dos livros *Code Complete* (MCCONNELL, 2004) e *Pragmatic Programmer* (HUNT; THOMAS 1999). Especialmente, os conceitos de modularização, legibilidade e testes.

6 CONCLUSÃO

A conclusão do trabalho inicia-se a partir da retomada das hipóteses estabelecidas em seção anterior. Assim, quanto à primeira delas, o arquiteto pode atuar no desenvolvimento do ferramental tecnológico, ampliando não apenas o seu campo, mas a visão espacial em outros campos do conhecimento.

Sugere-se sua atualização, pois se mostrou imprescindível não apenas a presença do arquiteto, mas a composição de equipes transdisciplinares, com arquitetos, desenvolvedores, *designers*, historiadores e profissionais que possam contribuir de acordo com a temática abordada. Ao mesmo tempo, verificou-se que o vocabulário do arquiteto no trato do espaço é contributivo nesse quesito específico que tange à representação. Está reforçada a posição de Laurel de que programas de computador desenvolvidos por equipes compostas apenas de engenheiros de software estão fadados ao fracasso.

Como segunda hipótese, o conhecimento relativo a determinado espaço pode ser mais bem abordado através de recursos computacionais que permitam uma correlação explícita entre suas características físicas e quaisquer acontecimentos que este abrigue.

De fato, a representação do espaço físico abordada nos estudos de caso e protótipo foi central ao convergir as funcionalidades das ferramentas. A representação sugere um meio democrático de discutir dados relativos a espaços físicos na medida em que possibilita associações mais imediatas entre o que se observa no software e na realidade. No caso específico do sistema construtivo de divisórias, a representação revolucionou o processo industrial encurtando o tempo para detalhamento e instalação de seus componentes por prover projetistas e clientes com uma linguagem mais clara para comunicação de novo arranjo de um espaço.

A terceira hipótese seria que recursos computacionais abertos ou livres apresentam-se como uma possibilidade para processos de criação de programas de computador de maneira mais ágil e barata, além de favorecer a atuação de leigos nos mesmos.

Tanto todos os estudos de caso quanto o protótipo, aqui abordados, são construções oriundas da fusão entre software e funções de bibliotecas e *frameworks* existentes, todos livres e gratuitos. Dado o fato de os programas apresentados terem conseguido cumprir e extrapolar os

objetivos iniciais a que se propuseram, essa alternativa se confirma. Deve-se acrescentar que não apenas no campo da arquitetura, mas os diversos campos de atividades ou de conhecimento já se beneficiam com milhares de ferramentas e recursos computacionais colocados à disposição de forma livre. Essa lógica só faz evoluir os mesmos sistemas na medida em que mais pessoas contribuem para sua melhora.

A possibilidade da visualização digital de dados sobre a representação do espaço físico mostrou abrir a possibilidade para o surgimento de ferramentas para objetivos diversos, como a gestão de edifícios (*Facility Management* – FM) ou ainda para auxiliar na construção do conhecimento acerca da ocupação de edifícios. Conforme demonstrado, atrelando-se a representação a um banco de dados alimentado por mais tempo, é possível visualizar o mapeamento de dados naquela época e, observando a evolução dos dados ao longo do tempo, compreender em uma abordagem heurística as prováveis influências da conformação espacial sobre os dados coletados.

Este trabalho buscou contribuir analisando e expondo meios concretos para a construção de ferramentas específicas desenvolvidas de forma racionalizada na medida em que se estimula a fusão de funções computacionais preexistentes para a composição de um sistema exclusivo e mais complexo.

Com os estudos de caso, sugere-se que o desenvolvimento dos sistemas não deve basear-se na implosão dos meios existentes; rupturas drásticas podem desfavorecer a implantação, uma vez que seus usuários passam a não saber desempenhar as funções como faziam anteriormente. No caso da indústria-A por exemplo, ficaram claras as incorporações de nomenclaturas e referências aos meios de produzir que antecedem o software, fato que não se verificou no caso dos centros históricos 3D. Nesse caso, os gestores levaram mais tempo para utilizar a ferramenta construída, pois a mesma não pertencia à rotina de gestão anterior. Por isso, o protótipo apresentado não pretende realizar as funções que os outros softwares de gestão já desempenham, mas, sim, adicionar a elas a capacidade de visualização. Sempre que possível, devem ser mantidas nomenclaturas e recursos visuais já vigentes.

A construção de sistemas específicos para o estudo, observação ou gestão do espaço construído mostra-se viável ainda que com recursos modestos. Grupos de pesquisa e pequenas empresas

podem se beneficiar de bibliotecas de funções computacionais ou de software, como o *Sketchup*, que viabilizam a incorporação de funções extras por meio de *plug-ins*.

A evolução das formas de obtenção de um modelo 3D digital irá acelerar as discussões sobre esse recurso digital, inclusive no campo tratado neste trabalho, que se vale da parametrização e articulação com outras funções computacionais. Os recursos têm apresentado uma tendência de reduzir os custos, dado que a tecnologia atualmente se aproveita de fotografias comuns. Somando-se à popularização dos *VANTS*²⁸, o estudo do espaço físico é favorecido, na medida em que se permite a obtenção do modelo 3D de grandes áreas, inclusive edifícios. A deficiência dessa tecnologia ainda está no produto gerado, uma casca que não apresenta hierarquia entre as geometrias. Todos os objetos apresentam-se fundidos à mesma malha.

A atuação do arquiteto no desenvolvimento de sistemas é favorável para que este saiba incluir recursos que facilitem a obtenção de conhecimentos e dados referentes ao espaço, podendo, inclusive, apoiar-se nesses produtos para a tomada de decisões direcionadas à melhoria das condições ambientais do edifício.

A arquitetura do sistema computacional aparenta caminhar para o funcionamento independentemente da instalação no computador do usuário. Conforme o protótipo apresentado, tende-se a colocar aplicações em funcionamento através da internet. Essa ação favorece o acesso da aplicação em múltiplas plataformas, o que é coerente com a visível tendência de dispositivos portáteis com capacidade de processamento suficiente, como *tablets* e *smartphones*. Somada a essa tendência, o recurso da realidade aumentada, introduzido no estudo de caso da digitalização 3D, favorece a sobreposição de uma camada digital à visualização do espaço obtida pela câmera dos mesmos dispositivos. Integrados os recursos, o gestor em breve será capaz de caminhar pelo espaço sob sua responsabilidade e, apontando seu aparelho para pontos do edifício, irá obter os dados referentes àquele local.

O campo do patrimônio mostrou-se como um consumidor imediato do tipo de tecnologia defendida neste trabalho, uma vez que recursos visuais são imprescindíveis para a salvaguarda do estado de bens, mapeamento dos danos, orientações para processos de restauração, criação

²⁸ Veículos aéreos não tripulados – Máquinas aéreas controladas remotamente que, munidas de câmeras digitais, possibilitam, entre outras funções, o levantamento fotográfico obtido de alturas elevadas. (Definição do autor)

de modelos de situações para planejamento de intervenções, produção de conhecimento para estudos do patrimônio, bibliotecas, museus digitais, jogos e outras opções.

A implantação de um sistema mostrou-se condicionada ao engajamento de todos os envolvidos na mudança, o que foi favorecido no caso da indústria-A. Já no caso do protótipo e dos Centros Históricos 3D, o desenvolvimento da ferramenta ficou congelado pelo interesse de poucas pessoas, que futuramente deixariam de ocupar os cargos em que estavam, levando consigo a possibilidade do desenvolvimento das aplicações.

REFERÊNCIAS

- ASPRS. **Digital photogrammetry**: an addendum to the manual of photogrammetry. Estados Unidos: The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1997.
- BAZIN, Germain. **A arquitetura religiosa barroca no Brasil**: Estudo histórico e morfológico. vol. 1-2. Rio de Janeiro: Editora Record, 1983.
- BERTIN, Jacques. **Semiology of graphics**: diagrams, networks, maps. Princeton: Univesity of Wisconsin, 1983 [1962].
- BOOTSTRAP. Disponível em: <<http://getbootstrap.com/>>. Acesso em: 20 de maio de 2013.
- BRASIL. **Decreto n.º 6.666**, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo Federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de nov. 2008. Seção 1, p. 57.
- BRASIL. **Portaria n.º 511**, de 7 de dezembro de 2009. Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 dez. 2009. Seção 1, p.75.
- CLEMENTS, PAUL *et al.* **Documenting software architectures**: views and beyond. 2.ed. Pittsburgh: Addison-Wesley Professional. 2010.
- EDGERTON, Harold, **Stopping Time**, 2000.
- FIELDING, R. T. **Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures**. PhD thesis, University of California, 2000.
- FISHER, Paul T.; MURPHY, Brian D. **Spring persistence with hibernate**. New York: Apress, 2010.
- GRAHAM, S. The end of geography or the explosion of place? Conceptualizing space, place and information technology. **Progress in Human Geography**. 1998, 22: 165-185.
- HO, CLARENCE; HARROP, Rob. **Pro spring 3**: a comprehensive reference and practical guide to the spring framework. New York: Apress. 2012.
- HUNT, Andrew; THOMAS, David. **The pragmatic programmer**: from journeyman to master. Pittsburgh: Addison-Wesley Professional, 1999.
- IPHAN. **Convento Franciscano de Marechal Deodoro** – Santa Maria Madalena. Ana Cláudia Magalhães, Josemary Ferrare e Maria Angélica da Silva(Org.). Brasília, DF: IPHAN, 2012.
- jQuery Grid Plugin** - jqGrid. Disponível em: <<http://www.trirand.com/blog/>>. Acesso em: 23 de junho de 2013.
- jQuery UI**. Disponível em: <<http://jqueryui.com/>>. Acesso em: 20 de abril de 2013.

jQuery. Disponível em: <<http://jquery.com/>>. Acesso em: 20 de abril de 2013.

MCCONNELL, Steve. **Code complete**: A practical guide to software construction. 2.ed. Portland: Microsoft Press, 2004.

MOURA, Ana Clara Mourão; **A importância dos metadados no uso das Geotecnologias e na difusão da Cartografia Digital**. Departamento de Cartografia – IGC/ UFMG, Belo Horizonte, 2012.

NEGROPONTE, Nicholas. **Beign Digital**. Hodder & Stoughton, 1995.

NELSON, Theodore Holm. **The Art of Human Computer Interface**. Brenda Laurel ed., 1990.

RODRIGUES, R. M. G. Calejo. **Gestão de edifícios, Modelo de Simulação Técnico Econômica**. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia FEUP, 2001.

ROGERS, Y; SHARP, H; PREECE, J. **Design de Interação** – Além da interação humano-computador. Bookman, 2013.

SENGERS, P. *et al.* **Culturally embedded computing**. Pervasive Computing, IEEE, 2004, 3(1): 14.

SHAFER, S. Ten Dimension of Ubiquitous Computing. Managing Interactions In: SHAFER, S. a. N., Arthur. **Ubiquitous Computing and the EasyLiving Project**. Redmond WA 98052 USA, Ubiquitous Computing Group, Microsoft Research. 2000.

SMART ENVIRONMENTS -MASE 99. **Springer-Verlag**. London, The Intelligent Environments Resource Page.

SMITH, PETER. **Professional website performance**: optimizing the front end and the back end. Indianapolis. John Wiley & Sons, Inc. 2013.

SOUZA, R.C.F. **Information Technology in Urban Places**: A theoretical framework for the development of IT applied in the space. LAP Editors, Germany 2010.

Three.js - **JavaScript 3d library**. Disponível em: <<http://threejs.org/>>. Acesso em: 2 de abril de 2013.

VUKOTIC, Aleksa; GOODWILL, James. **Apache tomcat 7**. New York: Apress. 2011.

WEISER, M. **Ubiquitous Computing**. Nikkei Electronics Magazine, Nikkei Electronics, 1993, p.137-143.

Sites:

http://www.pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o_em_nuvem (Consultado em agosto 2014)

<http://www.123dapp.com/catch> (Consultado em agosto de 2014)

<https://www.sketchfab.com/> (Consultado em agosto de 2014)

<http://www.ceci-br.org/ceci/index.php> (Consultado em agosto de 2014)

<http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaInicial.do> (Consultado em agosto de 2014)

<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/alagoas/marechaldeodoro.pdf> (Consultado em agosto de 2014)

<http://www.sketchup.com/> (consultado em outubro de 2014)

<http://www.nationalbimlibrary.com/> (Consultado em abril de 2014)

<http://www.portaldoshopping.com.br/> (Consultado em agosto de 2014)