

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Alexandre Eduardo Fraga Coelho

**AMBIENTE COMUM DE DADOS (CDE) COMO MATRIZ DE UM
SISTEMA COLABORATIVO PARA GESTÃO - inventário e divulgação de bens
culturais materiais e imateriais**

Belo Horizonte/MG

2024

Alexandre Eduardo Fraga Coelho

**AMBIENTE COMUM DE DADOS (CDE) COMO MATRIZ DE UM
SISTEMA COLABORATIVO PARA GESTÃO - inventário e divulgação de bens
culturais materiais e imateriais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: André Guilherme Dornelles Dangelo.

Belo Horizonte/MG

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

C672a

Coelho, Alexandre Eduardo Fraga.

Ambiente comum de dados (CDE) como matriz de um sistema colaborativo para gestão [manuscrito] : inventário e divulgação de bens culturais materiais e imateriais / Alexandre Eduardo Fraga Coelho. - 2024.
172f. : il.

Orientador: André Guilherme Dornelles Dangelo.

Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Modelagem de informação da construção – Teses. 2. IPHAN – Instituições e sociedades culturais – Teses. 3. Patrimônio histórico – Teses. 4. Patrimônio cultural – Inventários – Teses. 5. Software – Desenvolvimento – Teses. 6. Acaiaca (Belo Horizonte, MG) – Teses. I. Dangelo, André Guilherme Dornelles. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 720.288

FOLHA DE APROVAÇÃO

Ambiente comum de dados (cde) como matriz de um sistema colaborativo para gestão - inventário e divulgação de bens culturais materiais e imateriais

ALEXANDRE EDUARDO FRAGA COELHO

Dissertação submetida à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração: Teoria, produção e experiência do espaço.

Aprovada em 8 de maio de 2024, pela Comissão constituída pelos membros:

 Documento assinado digitalmente
ANDRE GUILHERME DORNELLES DANGELO
Data: 27/05/2024 15:51:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Guilherme Dornelles Dangelo - Orientador
EA-UFMG

 Documento assinado digitalmente
MARCOS TOGNON
Data: 10/05/2024 05:40:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Tognon

 Documento assinado digitalmente
EDUARDO MARQUES ARANTES
Data: 09/05/2024 17:15:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes
EE-UFMG

 Documento assinado digitalmente
ALEXANDRE EDUARDO FRAGA COELHO
Data: 27/05/2024 16:09:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Belo Horizonte, 8 de maio de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é sempre uma tarefa desafiadora, pois é difícil incluir todos que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho.

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha esposa, Moniele, por seu apoio incondicional. Aos meus filhos, Artur e Bernardo, por estarem ao meu lado durante toda essa jornada e por auxiliarem em diversos momentos. Um agradecimento especial ao Artur pela modelagem artística do índio no software Blender.

Agradeço ao meu orientador, André Dangelo, pelo acompanhamento e pelas informações valiosas. Minha gratidão também se estende à sua esposa, Vanessa Brasileiro, por ministrar disciplinas que foram cruciais para meu entendimento sobre a teoria da restauração.

Aos professores Natacha Rena e Marcelo Maia, agradeço pela imersão na cultura chinesa. Ao professor Eduardo Arantes e ao professor Marcos Tognon, sou grato pelas observações preciosas que, neste momento final, elevaram a qualidade do meu trabalho.

Gostaria de agradecer ao Maycon Freitas que, utilizando os conhecimentos da plataforma Forge da Autodesk, conseguiu reativar o HBIM Portal parcialmente para que pudéssemos entendê-la melhor.

Finalmente, expresso meu agradecimento ao A. Rocha Miranda pelas histórias sobre o edifício Acaiaca, pela amizade e pela oportunidade de trabalhar com este "Gigante" e de poder fazer parte dessa história.

RESUMO

Esta pesquisa avalia o uso de HBIM (Modelagem da Informação da Construção Histórica) no estudo de caso do Edifício Acaiaca, em Belo Horizonte, onde essa tecnologia foi empregada comercialmente, permitindo a análise de várias práticas "a posteriori". A aplicação dessa tecnologia abrangeu os processos de projeto, construção, manutenção, conservação e restauração, com o gerenciamento suportado por um CDE (Ambiente Comum de Dados). A avaliação de alguns processos corroborou a opinião de diversos autores sobre a necessidade de maiores adaptações nos softwares desenvolvidos para BIM, visando atender às especificidades do HBIM. A principal deficiência identificada foi a dificuldade em obter um modelo digital que fosse verdadeiramente fiel ao modelo real. Foram sugeridos alguns desenvolvimentos que poderiam melhorar essas ferramentas, baseados na análise de softwares dedicados à indústria do entretenimento e da indústria de manufatura, que trabalham com malhas e sólidos geométricos. Por outro lado, a percepção de que os CDEs disponíveis para BIM poderiam ser mais facilmente adaptados para HBIM, extrapolando a esfera do gerenciamento, delineou o objetivo principal da pesquisa. Este objetivo consistiu em analisar o potencial de desenvolvimento de um CDE específico para HBIM que pudesse ser integrado a um órgão de gestão do patrimônio histórico, como o IPHAN, que permitisse, além do gerenciamento de edifícios históricos, a integração com outros sistemas do órgão para cadastro de inventários, aprovação de projetos, divulgação de bens tombados, entre outros. No desenvolvimento desta pesquisa, apesar da impossibilidade de investigar de forma abrangente os diversos CDEs para BIM disponíveis no mercado, foram analisadas algumas das principais tecnologias do setor, bem como pesquisas análogas e a iniciativa do IPHAN com o SICG, que visa a integração com ferramentas HBIM. Com a utilização do CDE, chegou-se à conclusão de que nem sempre é necessário modelar todo o edifício de forma fidedigna. Tendo a nuvem de pontos armazenada no CDE e com a possibilidade de esta nuvem ser classificada pelo agrupamento de vários pontos, a modelagem poderia se concentrar nos trechos que sofreriam alguma intervenção, eliminando dificuldades encontradas na obtenção de um modelo fidedigno HBIM.

Palavras-chave: BIM/HBIM; CDE; inventário; IPHAN; patrimônio histórico.

ABSTRACT

This research evaluates the use of HBIM (Historic Building Information Modeling) in the case study of the Acaiaca Building in Belo Horizonte, where this technology was commercially employed, allowing for the analysis of various "a posteriori" practices. The application of this technology covered the processes of design, construction, maintenance, conservation, and restoration, with management supported by a CDE (Common Data Environment). The evaluation of some processes corroborated the opinion of various authors on the need for greater adaptations in software developed for BIM to meet the specificities of HBIM. The main deficiency identified was the difficulty in obtaining a digital model that truly faithfully represents the real model. Some developments were suggested that could improve these tools, based on the analysis of software dedicated to the entertainment and manufacturing industries, which work with meshes and geometric solids. On the other hand, the perception that the CDEs available for BIM could be more easily adapted for HBIM, extending beyond the scope of management, outlined the main objective of the research. This objective consisted of analyzing the potential development of a specific CDE for HBIM that could be integrated with a historical heritage management body, such as IPHAN, allowing, in addition to the management of historic buildings, the integration with other systems of the body for inventory registration, project approval, dissemination of listed assets, among others. In the development of this research, despite the impossibility of comprehensively investigating the various CDEs for BIM available on the market, some of the main technologies in the sector were analyzed, as well as analogous research and IPHAN's initiative with SICG, which aims at integration with HBIM tools. With the use of the CDE, it was concluded that it is not always necessary to model the entire building faithfully. Having the point cloud stored in the CDE and with the possibility of this cloud being classified by clustering several points, the modeling could focus on the sections that would undergo some intervention, eliminating difficulties encountered in obtaining a faithful HBIM model.

Keywords: BIM/HBIM; CDE; inventory; IPHAN; historical heritage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Composição - Projeto Original (Luiz Pinto Coelho)	17
Figura 2	A imagem do projeto de Luiz Pinto Coelho e foi obtida do Patrimônio Histórico e Municipal de Belo Horizonte	19
Figura 3	A imagem do projeto de Luiz Pinto Coelho e foi obtida do Patrimônio Histórico e Municipal de Belo Horizonte	21
Figura 4	A imagem do projeto de Luiz Pinto Coelho e foi obtida do Patrimônio Histórico e Municipal de Belo Horizonte	22
Figura 5	Recorte da seção Aquarela da Revista Alterosa e foi obtida no site da Biblioteca Nacional.....	23
Figura 6	Simulação hipotética dos valores de restauração do Acaiaca pelo gráfico de Michalski	24
Figura 7	Comparativo entre fotos do Acaiaca na década de 50 e na década de 70	27
Figura 8	Parte do projeto de SPCI de 1986 (autor: MARANHÃO et al.)	28
Figura 9	Contestação do relatório de inspeção do CBMMG	29
Figura 10	Documento anexado aos processos do CBMMG	30
Figura 11	Notificação ao edifício Acaiaca pelo presidente do CDPCM	31
Figura 12	Intervenções ao fundo do Acaiaca (Plano Diretor).....	36
Figura 13	Propostas - Ramais Esgoto e Instalação Fotovoltaica sobre telhado.....	37
Figura 14	Projeto técnico de proteção contra incêndio - Planta 6º Pavto.....	39
Figura 15	Projeto técnico de proteção contra incêndio – Detalhe da Planta 6º Pavto.....	40
Figura 16	Projeto técnico de proteção contra incêndio – Corte AA (esquemático).....	41
Figura 17	Imagem do modelo 3ds do índio, visualização no software 3dsMax	46
Figura 18	Modelo 3D efígies – modo de visualização em arame	47
Figura 19	Nuvem de pontos por Fotogrametria exibida no software Autodesk Recap Pro...48	
Figura 20	Imagem da nuvem de pontos do mezanino do antigo cinema.....	51
Figura 21	Detalhe da nuvem de pontos do hall do térreo e rampas	52
Figura 22	Nuvem de pontos do telhado do edifício	52
Figura 23	Superfície Ondulada	55
Figura 24	Gráficos executados por computador	56
Figura 25	Caricatura do arquiteto	57
Figura 26	Tabela 23 - Produtos Omniclass - Autodesk Revit.....	59

Figura 27	Imagem do software usBIM.viewer	60
Figura 28	Exemplo de categorização de elementos da construção no Revit	64
Figura 29	Sincronização de modelos pelo Design Collaboration Autodesk.....	66
Figura 30	Folha de desenho contendo duas elevações e um vista em perspectiva do modelo HBIM do Edifício Acaiaca	70
Figura 31	Detalhe da cúpula do pavto 30, nuvem de pontos e modelagem.....	70
Figura 32	Vista axonométrica em recorte dos detalhes do hall térreo do edifício Acaica	71
Figura 33	Detalhe da família de porta pantográfica.....	77
Figura 34	Corte isométrico do edifício Acaiaca na linha da caixa de escada	80
Figura 35	Efígie dos índios convertida no software Agsoft.....	84
Figura 36	Efígie dos índios modelada no Blender	84
Figura 37	Mosaico de imagens das visadas de "antes" e "depois" do edifício	87
Figura 38	Configuração de fases no modelo HBIM no Revit.....	89
Figura 39	Itens a serem demolidos considerando o projeto aprovado em 2020	92
Figura 40	Proposta inicial da arquitetura para escada externa.....	94
Figura 41	Proposta da equipe de estrutura para a fundação da escada	95
Figura 42	Solução final aprovada para escada externa e elevador panorâmico.....	96
Figura 43	Sobreposição da nuvem de pontos sobre o telhado	97
Figura 44	Estrutura do café em vista axonométrica.....	98
Figura 45	Proposta inicial da estrutura com o piso em deck de madeira.....	99
Figura 46	Foto da estrutura do café	100
Figura 47	Óculos de realidade virtual HTC Vive Pro 2	101
Figura 48	Configuração de montagem dos óculos HTC Vive Pro 2	103
Figura 49	Imagem gerada no Twinmotion com o modelo HBIM do Revit e da cidade de Belo Horizonte gerada no Infracore.....	107
Figura 50	Tela do Enscape pela realidade virtual, uma visão da área do café no 26º andar	108
Figura 51	Cena do hall do edifício Acaiaca no IrisVR com a ferramenta de inspeção e o piso selecionado	109
Figura 52	Valores dos softwares para realidade virtual - Prospect Iris e Enscape	110
Figura 53	Tela do BIM 360 com o modelo HBIM do edifício Acaiaca	112
Figura 54	Interface BIM 360 no Chrome e pastas sincronizadas no Windows	113

Figura 55	Formato de arquivo de um projeto de exemplo exportado em IFC 2x3, pelo Revit	127
Figura 56	Modelo HBIM do edifício Acaiaca importado por IFC 2x3 do Revit.....	129
Figura 57	Modelo HBIM do edifício Acaiaca no formato IFC 2x3 importado para Tekla...	130
Figura 58	Modelo HBIM do edifício Acaiaca importado para o Navisworks usando IFC 2x3	131
Figura 59	Arquivo do modelo HBIM exportado em IFC 2x3 pelo Revit e importado no Revit.	132
Figura 60	Família de coluna Coríntia Tívoli do curso de Paul F. Aubin	136
Figura 61	Tesoura do engradamento do telhado no 3ds Max	138
Figura 62	Estrutura para avaliação de maturidade de um CDE	141
Figura 63	Trecho do código público do HBIM Portal	146
Figura 64	Dados em tempo real exibidos na plataforma HBIM	147
Figura 65	Figura do HBIM Portal reativada	148
Figura 66	HBIM Portal, vinculação de informações aos elementos	149
Figura 67	ARK-BIM (Versão 1.5.1) interface: BIMData default plugins (em laranja). Plugins destravados em roxo e novos plugins em azul	152
Figura 68	Proposta de um Portal HBIM para o IPHAN	161

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tabela dos itens levantados do edifício Acaiaca para o Gráfico de Michalski.....	24
Tabela 2	Lista resumo de peças do engradamento do telhado.....	98
Tabela 3	Evolução do formato IFC.....	126
Tabela 4	Tabela de avaliação de maturidade 12 CDEs.....	142
Tabela 5	Compilação de trechos do documento CPNPC, MA e CR do SICG.....	153

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção (<i>Architecture, Engineering and Construction</i>)
AIM	Modelo de Informação de Ativo (<i>Asset Information Model</i>)
API	Interface de Programação de Aplicações (<i>Application Programming Interface</i>)
AVCB	Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros
BIM	Modelagem da Informação da Construção (<i>Building Information Modelling</i>)
CABER	<i>Centre for Architecture and Built Environment</i>
CAD	Projeto Assistido por Computador (<i>Computer Aided Design</i>)
CAE	Engenharia Auxiliada por Computador (<i>Computer Aided Engineering</i>)
CBMMG	Corpo de Bombeiros do Estado de Minas Gerais
CDE	Ambiente Comum de Dados (<i>Common Data Environment</i>)
CPU	Unidade Central de Processamento (<i>Central Processing Unit</i>)
CSV	Arquivos de texto com valores separados por vírgulas (<i>Comma-separate values</i>)
DPCA	Diretoria do Patrimônio Cultural e Arquivo Público
GIS	Sistema de Informação Geográfica (<i>Geographic Information System</i>)
GPU	Unidade de Processamento Gráfico (<i>Graphics Processing Unit</i>)
IAI	Aliança pela Interoperabilidade (<i>Alliance for Interoperability</i>)
IFC	<i>Industry Foundation Class</i>
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
JSON	JavaScript Object Notation
LED	Diodo Emissor de Luz (<i>Light Emitting Diode</i>)
LIDAR	Deteção e varregura a laser (<i>Light Detection and Ranging</i>)
PIM	Modelo de Informação do Projeto (<i>Project Information Model</i>)
RAM	Memória de acesso randômico ou de acesso aleatório (<i>Random Access Memory</i>)
SICG	Sistema Integrado de Conhecimento e Gestão
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
VR	Realidade Virtual (<i>Virtual Reality</i>)
WebGL	Biblioteca Gráfica Web (<i>Web Graphics Library</i>)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	O EDIFÍCIO ACAIACA: UM BREVE RELATO DE SUA HISTÓRIA.....	16
3	EDIFÍCIO ACAIACA – PERÍODO DE OURO E DECADÊNCIA, SUA HISTÓRIA RECENTE E OS PROCESSOS ATÉ O INÍCIO DO USO HBIM	26
3.1	Retomada do Acaiaca: o início dos processos de revalorização do edifício.....	32
3.1.1	Plano diretor apresentado pela empresa de arquitetura Arquitetos Associados.....	33
3.1.2	Proposta da empresa Soluteste Solução & Instalação para obtenção do AVCB junto ao CBMMG	38
3.1.3	Início da utilização dos recursos da tecnologia HBIM no edifício Acaiaca	42
3.1.4	Uma breve visão sobre BIM e HBIM	43
3.1.5	Coleta de dados e modelagem no edifício Acaiaca.....	44
3.1.5.1	Levantamento por aerofotogrametria da fachada.....	45
3.1.5.2	Levantamento interno por Laser Scanner	49
3.1.5.3	Hipótese sobre a influência do modernismo nos softwares BIM.....	53
3.1.5.4	A experiência brasileira com o modernismo na arquitetura e sua empolgação com o “novo”	54
3.1.5.5	Utilização da computação na indústria e na arquitetura	55
3.1.5.6	Aumento ou redução do léxico	61
3.1.5.7	Requisitos para um ser classificado como software BIM	62
3.1.5.8	Organização modelagem HBIM do edifício Acaiaca	65
3.1.5.9	Processo de modelagem utilizando Autodesk Revit	68
3.1.5.10	Conclusões sobre o processo de levantamento e modelagem HBIM	81
3.1.6	Projetos e obras em um modelo vivo HBIM.....	84
3.1.7	HBIM aplicado – levantamento, cadastro e uso de um CDE para o edifício Acaiaca em Belo Horizonte	111
3.1.8	Algumas conclusões sobre os processos HBIM	114
4	HBIM EM DUAS ABORDAGENS.....	117
4.1	HBIM como ferramenta de cadastro da construção no seu aspecto físico.....	117
4.2	HBIM e o cadastro de informações relevantes para o inventário	119

5	O QUE PODERIA SER ADICIONADO A UM SOFTWARE DE MODELAGEM HBIM.....	123
5.1	Proposta 1 (IFC): apontamento de problemas na interoperabilidade.....	126
5.2	Proposta 2: trabalhar com malha e sólidos de forma eficiente	133
5.3	Proposta 3: importar, manipular, classificar e editar nuvens de pontos.....	134
5.4	Proposta 4: incorporar as categorias de elementos Históricos ao HBIM.....	134
5.5	Aumento da capacidade paramétrica, considerando elementos de malha e superfícies complexas	135
6	AMPLIANDO O CONCEITO DE CDE PARA APLICAÇÃO COM HBIM	139
6.1	O que é um CDE e quais são os mais comuns no mercado	139
6.2	HBIM Portal, proposta criada por profissionais utilizando a API Autodesk Forge	145
6.3	ARK-BIM: uma plataforma HBIM de código aberto	150
6.4	SICG: o sistema proposto pelo IPHAN	153
7	PROPOSTA PARA O SISTEMA DO IPHAN COM SUPORTE A HBIM...	161
8	CONCLUSÃO	168
	REFERÊNCIAS.....	170

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento que se pretende alcançar nesta pesquisa deriva da experiência com um edifício histórico no qual foram aplicadas as metodologias HBIM (*Historic Building Information Modeling*, ou, em português, Modelagem de Informação de Edifícios Históricos). Essa escolha, justificada pela ampla gama de questões que podem ser abordadas por meio dessa metodologia, tem por foco a observação da gestão do edifício e as possíveis aplicações de um Ambiente Comum de Dados (CDE – *Common Data Environment*) para edifícios históricos.

O edifício Acaiaca passou a utilizar a metodologia HBIM em 2018, e segue a utilizá-la até hoje em todas as intervenções necessárias. O estudo desse caso permitirá avaliar as práticas e as tecnologias empregadas, bem como examinar se há espaço para ampliar o uso da metodologia em um universo mais amplo, como na criação de um CDE específico para HBIM. Assim, é possível avançar no estudo do emprego da metodologia para questões que extrapolam a gestão de um edifício, tais como um sistema de aprovação de projetos, acompanhamento de obras e acesso virtual aberto ao público, com uma abordagem de foco para os órgãos gestores do patrimônio histórico e cultural.

Para isso, será apresentado o caso do Acaiaca, com destaque à história do edifício, às pessoas envolvidas no uso da tecnologia e aos objetivos que se espera alcançar com esse uso. Durante a apresentação do caso, este trabalho buscará relacionar tais práticas a estudos análogos, a fim de avaliar a metodologia aplicada.

Será abordada, em especial, nesta pesquisa, uma iniciativa do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), na qual foi criado um sistema para gestão do patrimônio histórico e cultural – o Sistema Integrado de Conhecimento e Gestão (SICG) – e na qual foi avaliada a possibilidade da utilização da tecnologia BIM no sistema. Além dessa iniciativa, serão apresentados casos fora do Brasil, no desenvolvimento de CDEs específicos para HBIM no âmbito da pesquisa, como é o caso do HBIM Portal, iniciativa do “Centre for Architecture and Built Environment Research” (CABER) da University of West England, Inglaterra, em colaboração com algumas empresas (Forge Autodesk, Microsoft Azure, Google Cloud etc.); e outra iniciativa, o ARK-BIM, outro CDE desenvolvido, que, diferentemente do HBIM Portal, teve como prioridade o desenvolvimento de código aberto “Open Source”, que vai ao encontro do conceito de Open BIM.

Essas iniciativas apontam, de certa forma, para a necessidade de adaptação dessas tecnologias, desenvolvidas inicialmente para BIM, para atender ao HBIM. A iniciativa do SICG do IPHAN é específica de um órgão de gestão do patrimônio histórico e cultural, e apresenta

outras necessidades que, caso sejam incorporadas as tecnologias específicas para HBIM, podem transcender ao que um CDE pode oferecer, como ferramentas administrativas, de inventariamento e a criação de um portal que possa ser acessado pelo público geral com todas as funcionalidades que isto exigiria.

Após essas análises, o trabalho apresentará uma proposta de como deveria ser uma aplicação HBIM com propósito de atender a um órgão de gestão do patrimônio histórico e cultural. Utilizando como exemplo o SICG (Sistema Integrado de Conhecimento e Gestão), no qual muitas das necessidades de um órgão de gestão do patrimônio e o acesso ao público geral são atendidas, o trabalho buscará sugerir as funcionalidades de um CDE para HBIM, além de outras que poderiam estimular o sentimento de preservação do patrimônio.

Em suma, a metodologia de estudo de caso aplicada nesta pesquisa, focada no edifício histórico Acaiaca, permitirá uma análise das práticas e tecnologias HBIM empregadas na sua gestão e intervenção. Essa abordagem metodológica inclui a observação e análise detalhada das práticas, a comparação com estudos análogos e iniciativas internacionais, e culminará na proposta de um CDE específico para HBIM. A revisão bibliográfica do estado da arte da tecnologia HBIM acompanha essa análise, proporcionando um contexto atualizado.

Na proposta de aplicação, a intenção inicial de criar um modelo de software funcional utilizando as ferramentas da Autodesk não foi concretizada. No entanto, foi possível reativar o HBIM Portal disponível no GitHub, embora sem todas as funcionalidades pretendidas. Esta experiência demonstrou que o sistema delineado poderia ser desenvolvido com as tecnologias atuais, evidenciando o potencial de adaptação e expansão das soluções HBIM para atender às necessidades de gestão do patrimônio histórico e cultural.

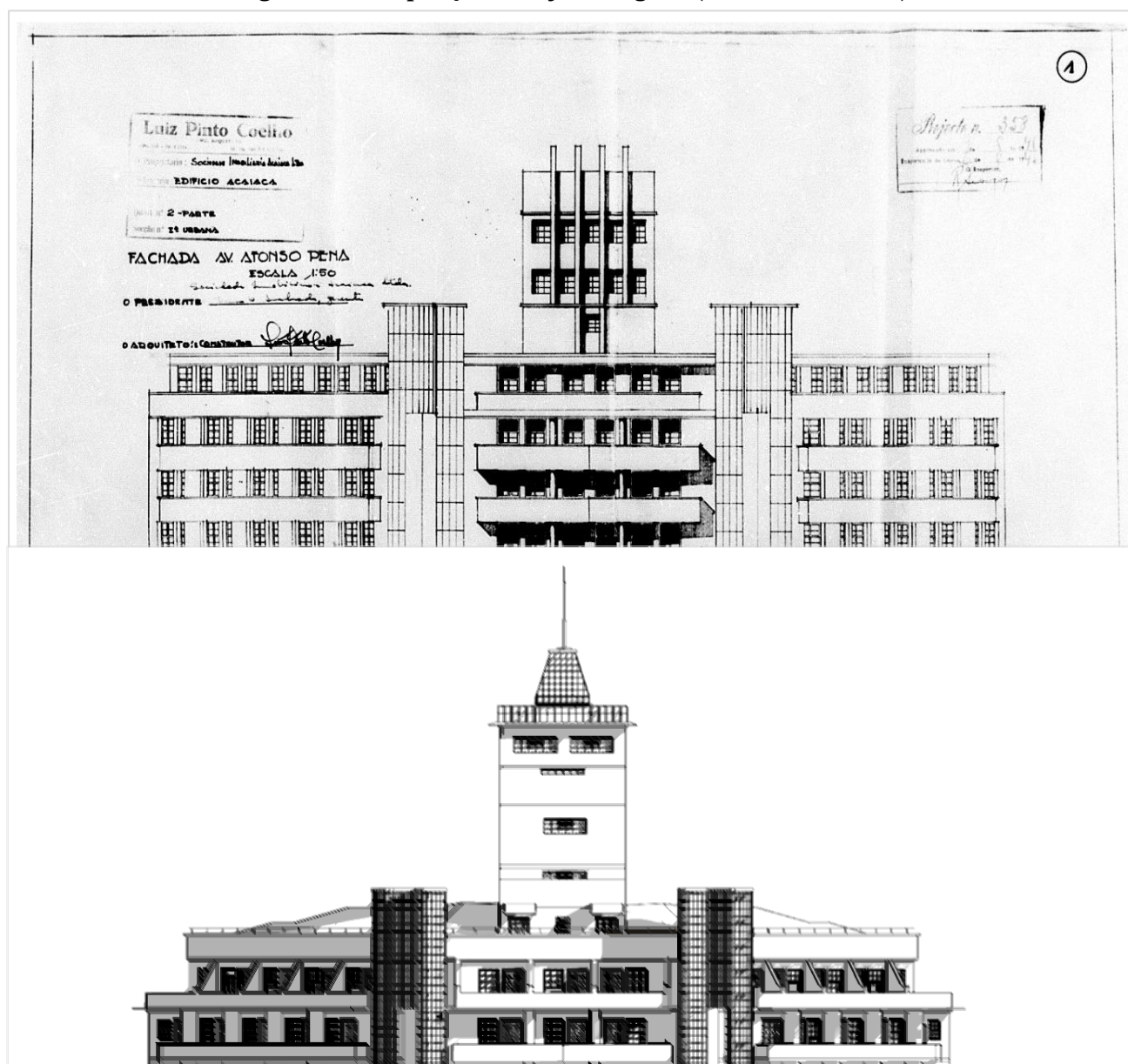
2 O EDIFÍCIO ACAIACA: UM BREVE RELATO DE SUA HISTÓRIA

O edifício Acaiaca tem uma história de singular relevância para Belo Horizonte, sendo um dos mais importantes edifícios da capital, tanto na década em que foi inaugurado como na seguinte. Singular também é a história de sua construção e das pessoas nela envolvidas. O terreno onde foi construído o edifício foi ocupado durante 38 anos pela igreja Metodista, até ser comprado em 1942, por um valor absurdo para época, de dois mil e quinhentos contos de réis, pelo empreendedor Redelvim de Andrade, com o objetivo de construir o edifício (Miranda, 2016).

O arquiteto responsável pelo projeto foi Luiz Pinto Coelho, genro de Redelvim. Em uma entrevista em 1997, ele exclamava “O Acaiaca foi um furor na época” (Miranda, 2016). Naquela época, o edifício figurava como o maior arranha-céu de Minas Gerais e do Brasil, pois ultrapassava o edifício Martinelli e só perdeu sua posição quando foi inaugurado o edifício Altino Arantes de 161 metros em São Paulo (Edifício [...], 2014).

De inspiração Art Decó, o Acaiaca possuía alguns diferenciais em sua concepção: seguindo a forma do terreno, sua planta tinha o formato de uma aeronave, e, em seu cume, foi criada uma cúpula, com aspecto de um diamante. Nos projetos iniciais, é possível ver que a cúpula não fora projetada da maneira como foi construída, e seguia com mais fidelidade os padrões do Art Decó, com quatro linhas verticais emoldurando um volume reto, no topo do edifício. Essa modificação corrobora a ideia de que a cúpula em formato de diamante possa ter sido uma solicitação de Redelvim de Andrade, representando a fonte de seu trabalho e riqueza, pois ele foi um grande exportador de minerais e pedras preciosas, como diamantes e cristais, sendo chamado “O Rei dos Cristais” por Carlos Drumond de Andrade, além de ter sido responsável por exportar um terço da produção brasileira de cristais no período de 1939 a 1945 (Miranda, 2016). A figura 1 a seguir é uma composição que mostra o detalhe da cúpula no projeto elaborado na época pelo arquiteto, em cima, e, embaixo, como foi construída.

Figura 1 – Composição - Projeto Original (Luiz Pinto Coelho)



Fonte: Miranda (2016) (acima); elaborada pelo autor (abaixo).

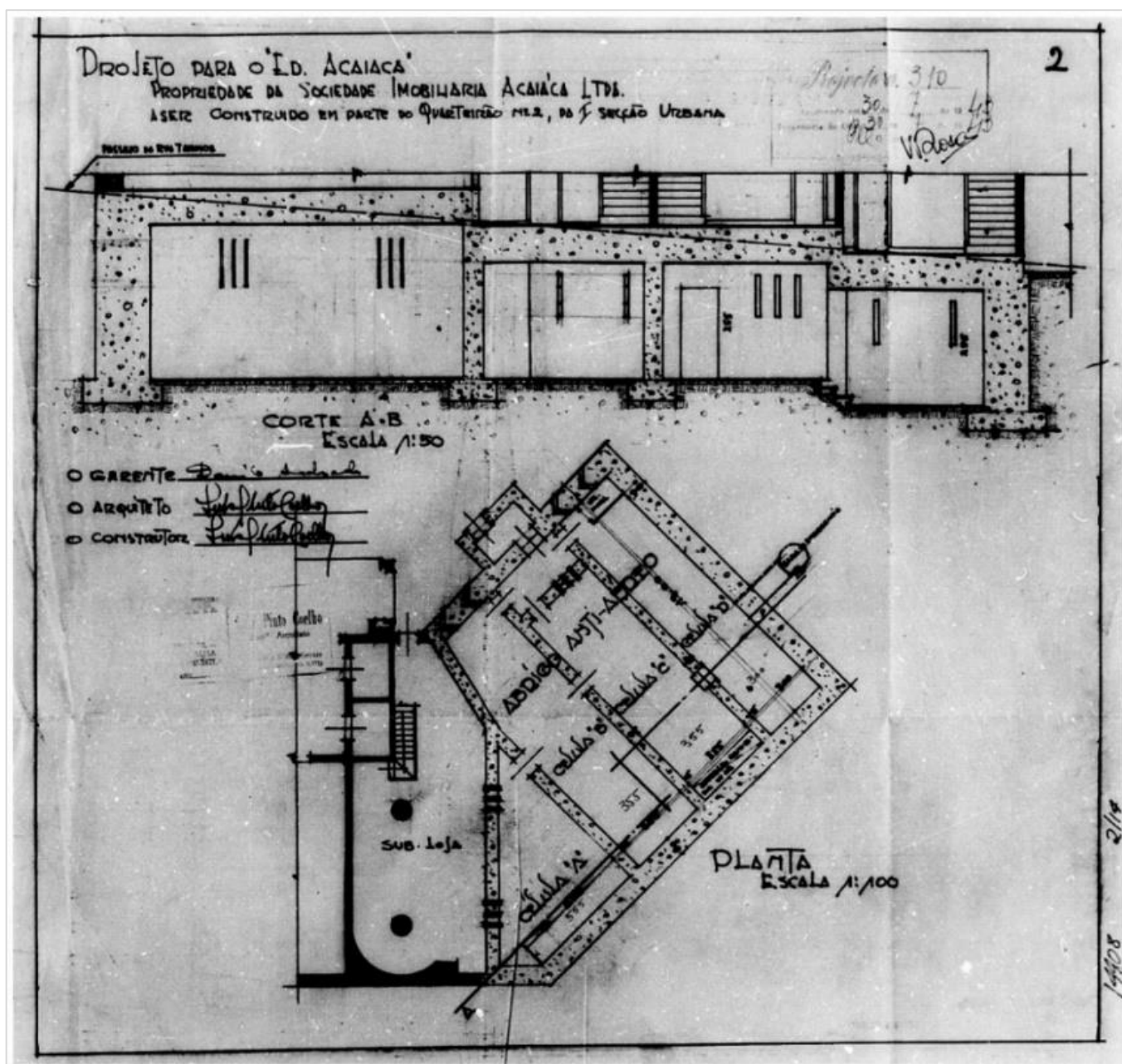
Outra característica interessante do edifício que, como as outras, traz consigo histórias – além de ser característica do Art Decó brasileiro, que incorporava elementos da flora, fauna e referências à cultura indígena – foi a construção dos índios que decoram a fachada do edifício:

As faces indígenas do edifício, que fazem jus ao nome “Acaiaca”, também possuem uma grande carga histórica e cultural. As cabeças seriam inicialmente gravadas pelo escultor português, José Bahia. Devido a problemas inesperados que o impediram de executar a tarefa, o arquiteto Luiz Pinto Coelho aceitou o desafio e esculpiu, com grande velocidade e utilizando andaimes, a face voltada para a Rua Espírito Santo. O mestre-de-obras ficou encarregado de copiá-la para a direção da Rua do Tamoios. Foram feitas baseadas no estilo artístico marajoara, evidenciado pelos desenhos tribais acima e abaixo das cabeças. Retirado de lendas escutadas nos arredores do Arraial do

Tejuco (atual Diamantina), o nome “Acaiaca” surgia batizando uma das maiores estruturas arquitetônicas de Belo Horizonte. Por serem os sócios idealizadores do projeto oriundos do norte de Minas Gerais e terem vivido inclusive em Diamantina, supõe-se que trouxeram de lá a inspiração para o nome da construção que os imortalizou. Inicialmente terminada a face marajoara voltada para a rua Espírito Santo, seu escultor, Luiz Pinto Coelho observou-a da escadaria da igreja São José. Dizia ele que, em primeira mão, a escultura parecia ser de “um gângster americano furioso”. Insatisfeito, voltou aos andaimes e remodelou-a até se formar a aparência que vemos hoje (Miranda, 2016, p. 77).

Outro fato histórico interessante foi a construção do abrigo antiaéreo para cumprir o decreto-lei nº 4.098, de fevereiro de 1942, instituído pelo ex-presidente Getúlio Vargas (Vargas *et al.*, 1942), no qual se exigia a construção do abrigo para todos os edifícios com cinco ou mais pavimentos ou com área coberta superior a 1.200 metros quadrados. O projeto original, apresentado na figura abaixo, mostra as características do abrigo.

Figura 2 – A imagem do projeto de Luiz Pinto Coelho e foi obtida do Patrimônio Histórico e Municipal de Belo Horizonte



Fonte: Miranda (2016).

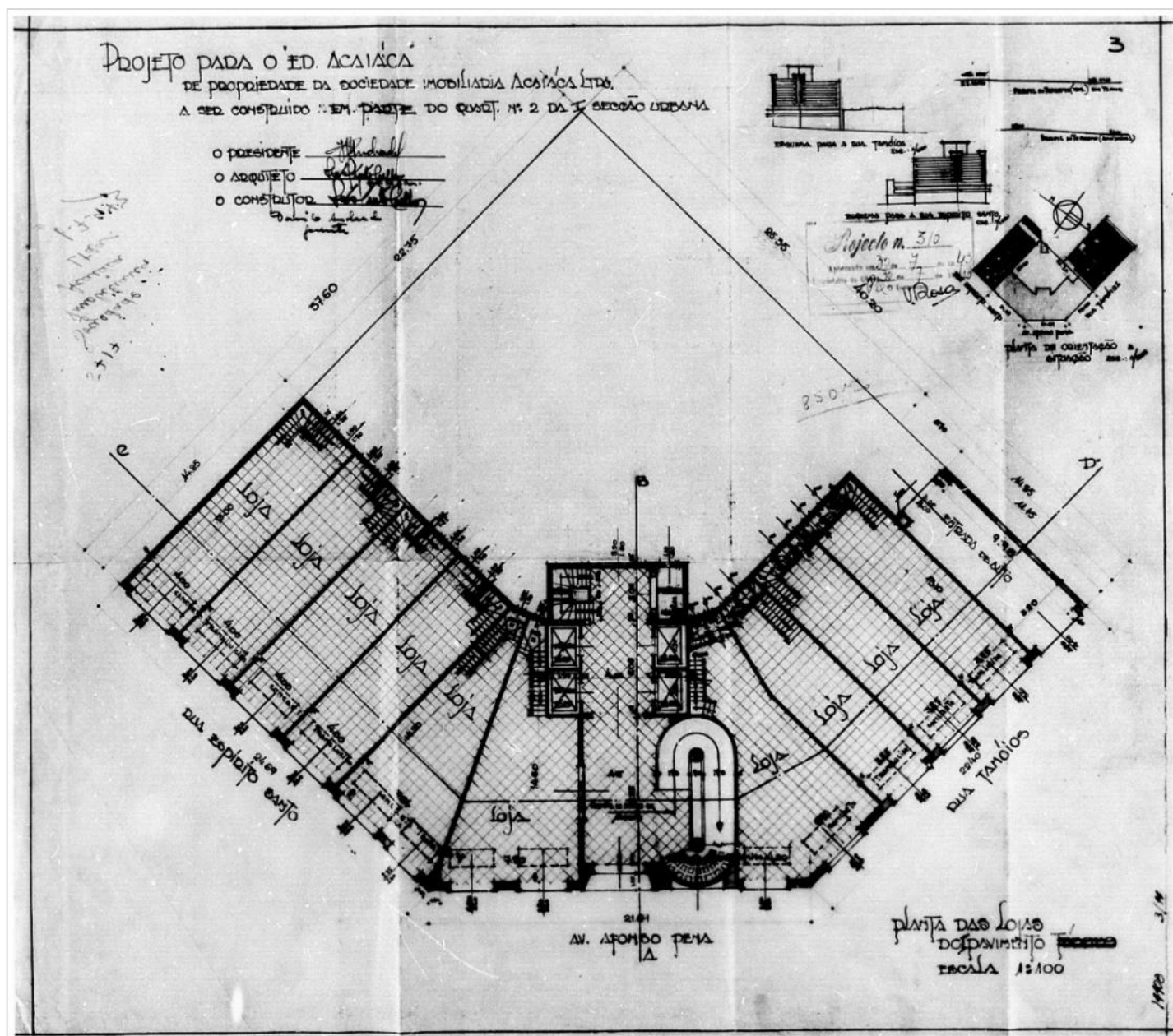
Um edifício do porte do Acaiaca, com seus 30 andares e 76 anos, abriga inúmeras histórias. Antes de concluir este breve apanhado histórico do edifício, é necessário mencionar o contexto de construção do cinema Acaiaca. A ocupação do prédio começou ainda durante a sua construção, que se iniciou em 1943 e foi concluída em 1947. Contudo, em 1946, quando o edifício já estava quase finalizado, surgiu a demanda da construção de um cinema, ao fundo do edifício. O cinema foi, então, construído, e inaugurado em 7 de outubro de 1948. A. Rocha

Miranda apresenta um relato sobre este evento, em que se revela a dificuldade apresentada por uma companhia de cinema americana:

Quando oferecido o terreno para a construção do cinema à empresa americana, seus diretores exclamaram: *thats impossible!* A relutância era devido à dificuldade de se “encaixar” a obra no prédio quase finalizado. Mesmo assim, o projeto que já havia sido previsto e idealizado pelo arquiteto e aprovado pela prefeitura, foi adquirido pelo banqueiro mineiro Clemente de Faria, dono do banco Lavoura, culminando em sua inauguração no dia 7 de outubro de 1948 (Miranda, 2016, p. 84).

A seguir, apresentam-se, nas figuras 3 e 4, respectivamente, os projetos de 1943 sem o cinema e o projeto de acréscimo do cinema, de 1946.

Figura 3 – A imagem do projeto de Luiz Pinto Coelho e foi obtida do Patrimônio Histórico e Municipal de Belo Horizonte



Fonte: Miranda (2016).

ao final, e são comparados ao Glória, como superiores, porém ainda assim “compartilham as pulgas”. O cine Acaiaca já contava com ar-condicionado na época, o que o diferenciava dos outros (Soc. Editôra Alterosa LTDA, 1953).

Figura 5 – Recorte da seção Aquarela da Revista Alterosa e foi obtida no site da Biblioteca Nacional



Fonte: bn digital Brasil.

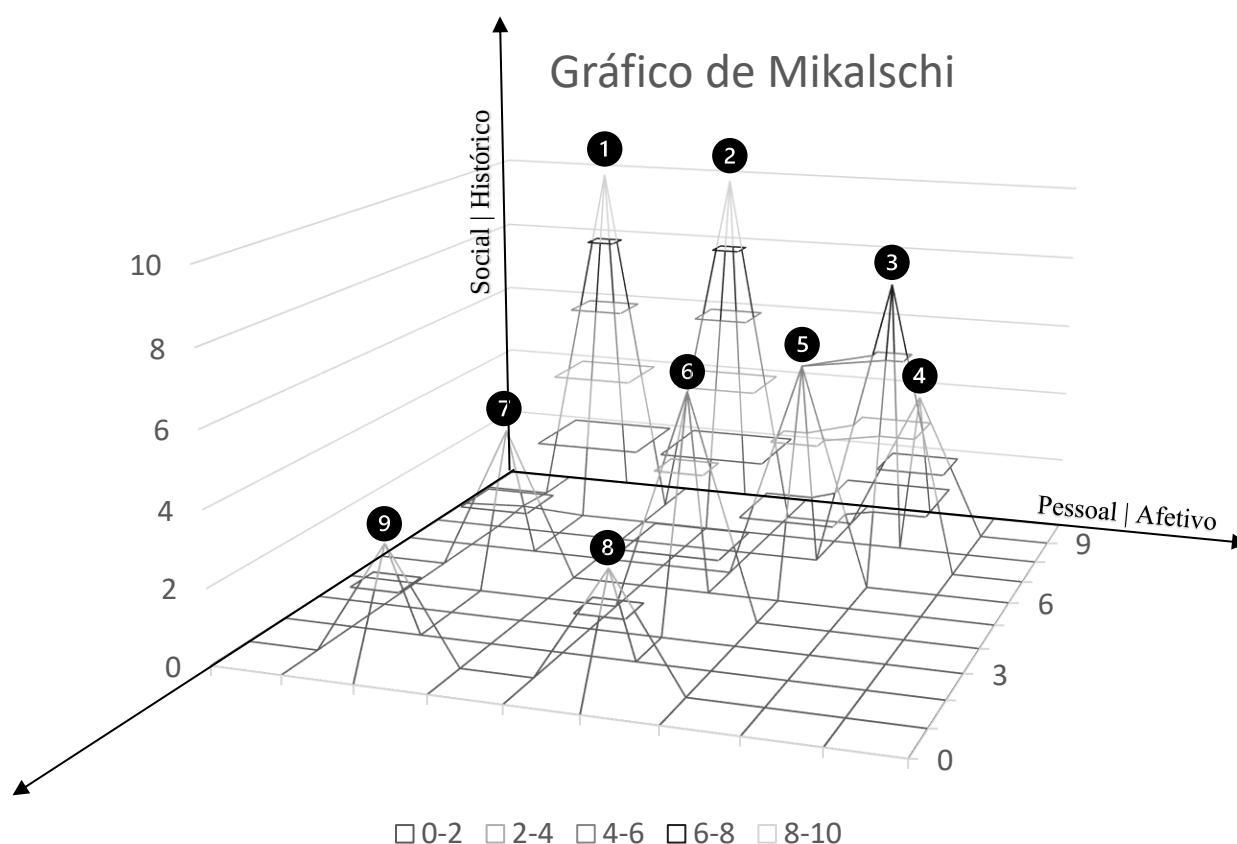
Além do cinema, o Acaiaca abrigou uma boate, a tv Itacolomi, o Sibéria Modas (com salão exclusivo para desfiles), o teatro universitário da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), entre outras instituições e empresas de grande importância para a capital.

Neste ponto, em que se interrompe este breve relato da história do edifício, pode-se destacar o seu valor histórico e cultural, o que justifica o seu tombamento. É interessante observar que, ao buscar a história do edifício é possível encontrar tanto relatos de relevância histórica, como relatos pessoais. A isso também podem ser somadas suas características arquitetônicas, das quais é difícil definir qual atributo tem maior relevância.

Na tentativa de definir a relevância desses atributos, foi elaborada a figura a seguir, que cruza os atributos do edifício no gráfico, utilizando um esquema tridimensional de três eixos:

do valor científico, do valor narrativo impessoal e o do valor narrativo pessoal, proposto por Michalski. Vale ressaltar que os valores foram transladados, e, dessa forma, o valor científico se traduz pelo valor cultural arquitetônico ao passo que o valor narrativo impessoal se traduz pelo valor histórico e social (Michalski, 1994). O valor pessoal afetivo, por sua vez, é apresentado na figura pela narrativa de pessoas que tenham criado algum vínculo afetivo com edifício. Os dados podem ser lidos a partir dos elementos trazidos na tabela 1.

Figura 6 – Simulação hipotética dos valores de restauração do Acaiaca pelo gráfico de Michalski



Fonte: elaborada pelo autor a partir de Michalski (1994, p. 249).

Tabela 1 - Tabela dos itens levantados do edifício Acaiaca para o Gráfico de Michalski

1 – Edifício mais alto do Brasil na época	5 – Há muitos relatos de eventos que aconteceram no edifício
2 – Centro de entretenimento e negócios agitando a capital.	6 – Muitas pessoas de Belo Horizonte o conhecem e já viveram alguma experiência no edifício.
3 – Possui um abrigo antiaéreo (valor histórico)	7 – Apresenta fatos incomuns na sua construção, como o caso do cinema, da cúpula.
4 – Podemos listar pessoas que possuem relações pessoais e afetivas de longa data com edifício.	8 – O arquiteto era reconhecido na capital e construiu outros edifícios, além de ter sido formado na primeira turma de arquitetura da UFMG

4 – Possui muitas histórias relacionadas a Tv Itacolomi, que por seu valor histórico teve um museu dedicado.	9 – Possui características Art-Decó com elementos da cultura brasileira.
--	--

Fonte: elaborada pelo autor a partir de Michalski (1994).

O gráfico original de Michalski considera os três eixos, de modo que quanto mais próximo da extremidade dos planos em direção às setas, maior a representatividade daquele valor. No gráfico apresentado, não houve uma amarração científica dos critérios, pois houve uma simulação com alguns dados apresentados na história do Acaiaca. Pode-se perceber, após a leitura do texto e a observação do gráfico, que o valor do edifício tende para o valor histórico/social. Para uma interpretação dos dados, pode-se pensar em um valor cultural arquitetônico, seja pelas características arquitetônicas relacionadas ao período, pela representatividade do arquiteto etc. Para uma leitura social e histórica, há o destaque do edifício para a cidade e a importância social em sua época e atualmente. Para o valor pessoal, é possível destacar as relações dos proprietários de salas no edifício e sua relação com ele, os funcionários que permanecem por muitos anos, as pessoas que frequentaram o cinema, a boate, todos aqueles que ali trabalharam etc. Uma vez que todas estas formas de interação se encontram em relatos e registros, isso pode significar um indício de que uma ferramenta como essa poderia ser desenvolvida se os registros históricos e relatos fossem catalogados em um banco de dados. Este seria um exemplo de ferramenta a ser adicionada a um sistema de gestão do patrimônio histórico e cultural. Mesmo que ela não representasse o valor efetivo de um bem, seria capaz de fornecer uma ideia mais precisa dos registros históricos de determinado bem, ou mesmo, de vários bens catalogados.

3 EDIFÍCIO ACAIACA – PERÍODO DE OURO E DECADÊNCIA, SUA HISTÓRIA RECENTE E OS PROCESSOS ATÉ O INÍCIO DO USO HBIM

A história do edifício Acaiaca, como brevemente apresentada na seção anterior, foi repleta de brilho – sua época de ouro. O edifício significava uma novidade à época, e abrigou as melhores empresas e pontos de entretenimento. Entretanto, na terceira década de sua existência, nos anos 70, seu glamour foi reduzido juntamente com um processo de esvaziamento do centro da cidade, que era abandonada pela classe média e cedia lugar para os carros, passando a ser apontado como um local degradado e perigoso (Jayme; Trevisan, 2012).

Esse esvaziamento afetou o edifício. Sua estrutura, dispendiosa – um edifício de 30 pavimentos, com seis elevadores de grande porte, exigia uma manutenção constante e onerosa. Com a redução de receitas, o edifício começou entrar em degradação, sendo conduzido a um ciclo no qual, à medida que degrada, reduz seu valor (de aluguéis, de compra e venda), esvazia, reduz a receita de condomínio – aumentando, portanto, a degradação. As duas imagens a seguir mostram o Acaiaca na década de 50, no seu período de ouro, e na década de 70, quando começou o declínio.

Figura 7 – Comparativo entre fotos do Acaiaca na década de 50 e na década de 70



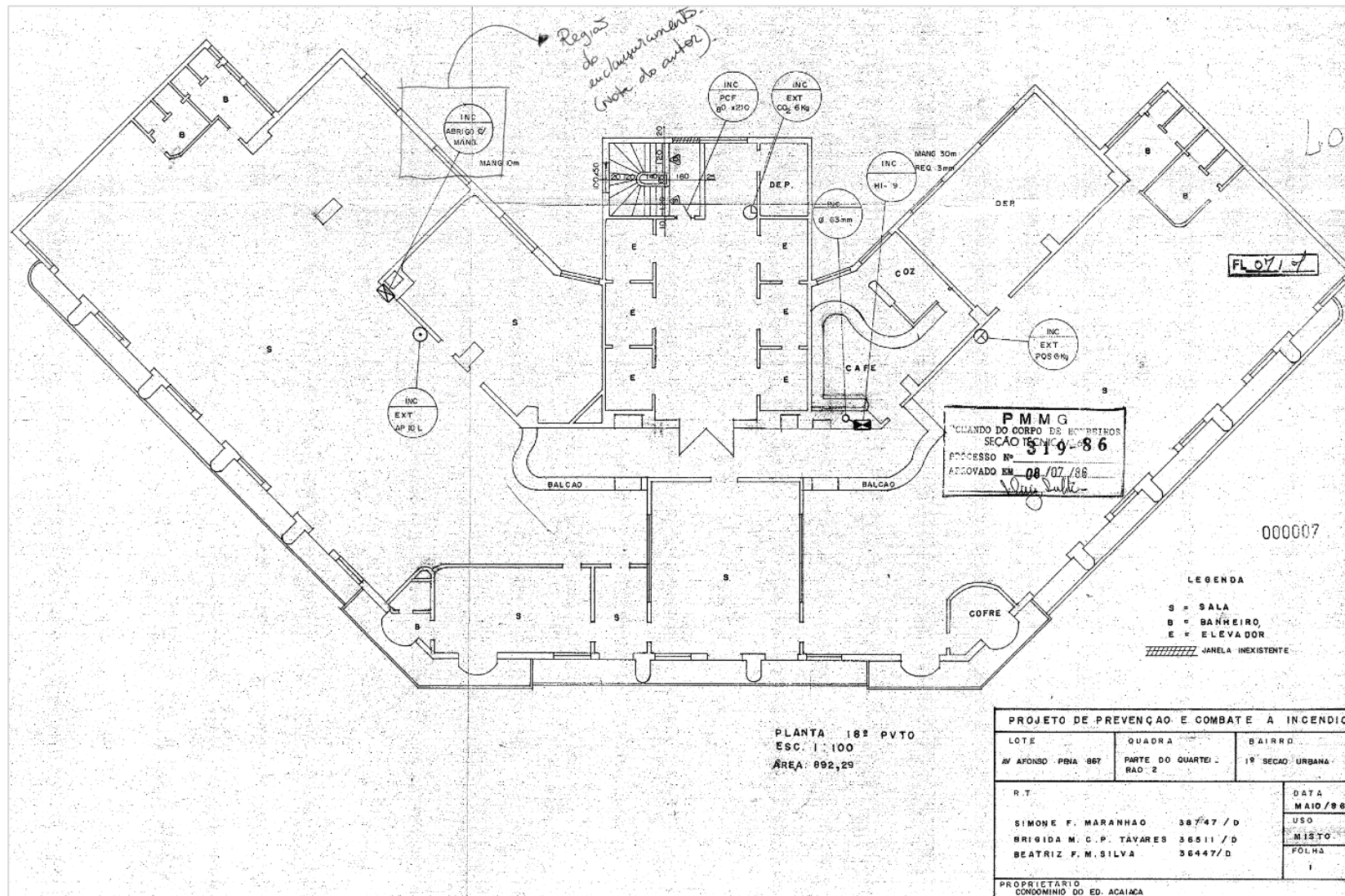
Fonte: Blog BH Nostalgia (imagem à esquerda)¹; Facebook - Fotos Antigas de Belo Horizonte (imagem à direita)²

Esse processo de degradação continua quando, já na década de oitenta, um aumento da exigência de segurança contra incêndio passou a exigir que o edifício melhorasse o seu sistema de segurança. De acordo com os processos solicitados ao corpo de bombeiros de MG, foi realizado um projeto de segurança e combate a incêndio (SPCI), que previa a instalação de extintores, hidrantes, e, principalmente, o enclausuramento da escada interna para rota de fuga contra incêndio. A figura 8 a seguir, que apresenta a planta de um dos pavimentos do edifício, mostra a solução que deveria ser adotada. Esse projeto foi aprovado no dia 08/07/1986.

¹ Disponível em: <https://bhnostalgia.blogspot.com/> Acesso em: 06 jun. 2024.

² Disponível em: <https://www.facebook.com/watch/?v=474300412922218> Acesso em: 06 jun. 2024.

Figura 8 – Parte do projeto de SPCI de 1986 (autor: MARANHÃO et al.)



Uma vistoria do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Minas Gerais (CBMMG), posterior ao projeto, atestou a presença dos hidrantes, das sinalizações e dos extintores; enclausuramento da escada, no entanto, não foi realizado, como pode ser verificado na figura 9 a seguir.

Figura 9 – Contestação do relatório de inspeção do CBMMG



Construtora e Incorporadora Maranhão Ltda.

Rua Jacuí, 1.036 - 2.º andar - Fones: 442-7199 - 442-2588

Floresta — Belo Horizonte — Minas Gerais

000025

FL 25/1

Belo Horizonte 01 de julho de 1986

Ilmo Sr. Tenente Domingos

P M M G

COMANDO DO CORPO DE BOMBEIROS

SEÇÃO TÉCNICA/B-6

PROCESSO Nº **319-86**

APROVADO EM 08/07/86

[Assinatura]

De acordo com as irregularidades constatadas por V.Sas. gostaríamos de esclarecer o seguinte; de acordo com seus itens anotados:

- 1 - A rede de hidrantes já foi executada e HI-34 está localizado no vão da escada conforme o projeto. ✓
- 2 - O cinema está enquadrado no cap. VI nos itens 4, 4.1 e 4.2 e 5 da N.G.A. (*iluminação*)
- 3 - As áreas das sobre-lojas estão caracterizadas conforme código de obras da Prefeitura de Belo Horizonte, sendo que apenas 5 sobre-lojas (do 2º pavto) e acupam 100% da área total da loja. 1
- 4 - A lotação do cinema é para 840 pessoas.
- 5 - A proteção do balcão e palco serão protegidos pelos hidrantes HI-23 e HI-34 respectivamente bem como unidades extintoras. No 2º pavimento não há circulação de pessoas e não há dependências por se tratar das sobre-lojas do 1º pavimento e apenas o hall da rampa.

Fonte: CBMMG (1986).

Esse processo de melhoria da segurança contra incêndio se desenrola até hoje. Porém, em meio a essa situação houve novo fato significativo que interfere no processo de segurança, uma vez que em 1994 o edifício foi tombado, e, com o tombamento, as intervenções, que anteriormente eram encaminhadas diretamente para aprovação no corpo de bombeiros e na prefeitura (quando houvesse acréscimo de área), passaram a se sujeitar, também, à aprovação do patrimônio histórico municipal.

Esse aspecto e sua influência podem ser percebidos nos documentos de aprovação e inspeção do CBMMG nos anos seguintes. Em 2009, ao serem autuados pelo atraso na execução de algumas exigências do Corpo de Bombeiros, os responsáveis pelo projeto à época anexaram ao processo, como justificativa, a necessidade de aprovar as modificações à Secretaria do Patrimônio Histórico do Município de Belo Horizonte, como apresentado na figura a seguir.

Figura 10 – Documento anexado aos processos do CBMMG

CONDOMÍNIO DO EDIFÍCIO ACAIACA, CNPJ: nº 19.715.457/0001-00, neste ato representado pelo síndico *Hermengardo J. Andrade Neto*, com endereço na avenida Afonso Pena, nº 867 – Centro - Belo Horizonte/MG; vem mui respeitosamente à presença de V.Exa; apresentar tempestivamente a sua DEFESA, com base nos fundamentos de fato e de direito abaixo expostos:

1- Digno Coordenador, o edifício acima qualificado foi autuado em 18/08/2009, no que tange ao relatório de vistoria/fiscalização nº: 1029024, em que este conceituado órgão requereu providências, no prazo de 30 dias, para sanar as supostas irregularidades detectadas nas dependências comuns e nas unidades privativas do Condomínio Acaiaca, no tocante à prevenção e combate a incêndio e ao pânico.

2- Registre-se que o Condomínio Acaiaca está tomando todas as providências necessárias para sanar as eventuais irregularidades porventura existentes áreas comuns do prédio, conforme determinado no auto de infração, sendo importante ainda salientar que o trintídio acima estabelecido mostra-se extremamente exiguo, diante da extensão da reforma a ser implementada.

Contudo, importante salientar que, por mandamento legal, qualquer alteração substancial e/ou reforma na edificação está sendo submetida ainda à autorização da Secretaria Patrimônio Histórico do Município de Belo Horizonte, tendo em vista que, desde o ano de 1994, o Edifício Acaiaca foi tombado como marco histórico e cultural da capital, nos termos do ofício em anexo.

3- Não obstante isso, ao se verificar criteriosamente o relatório de vistoria/fiscalização, percebe-se clara nulidade no referido ato, uma vez que a grande maioria das irregularidades apontadas no auto de infração referem-se às unidades autônomas e privativas (lojas) situadas no Edifício Acaiaca e não ao ora contestante.

CBMMG / 1º BSM
 28/08/09
 Assinatura
 4821401-10





Fonte: Condomínio do Edifício Acaiaca (2009).

Para comprovar o tombamento, em seguida, no mesmo anexo de processo, foram postados os documentos relativos ao tombado ocorrido em 1994, que protegiam a fachada, o

volume e o documento seguinte, de tombamento do hall principal, incluindo seis elevadores e vitrais da rampa, como está no documento, apresentado na figura a seguir.

Figura 11 – Notificação ao edifício Acaiaca pelo presidente do CDPCM

NOTIFICAÇÃO Nº 23/99

Belo Horizonte, 15 de março de 1999

Ref.: Tombamento de bem cultural (Processo nº 01.020871.99.43)

De: Presidente do Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte

Para: Condomínio Edifício Acaiaca

CBMMG - CAT

FOLHA: 126

O Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte/CDPCM - BH, nos termos do disposto na Seção II, do Capítulo III, do Título VIII da Constituição Federal; na Seção IV, do Capítulo I, do Título IV da Constituição do Estado de Minas Gerais e no Capítulo VII, do Título VI da Lei Orgânica do Município de Belo Horizonte, em conformidade com o Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, a Lei Municipal nº 3.802, de 06 de julho de 1984, e o Decreto Municipal nº 5.531, de 17 de dezembro de 1986, reunido em sessão ordinária realizada em 09 de março de 1999 (publicação no Diário Oficial do Município em anexo), deliberou aprovar o tombamento do hall principal, incluindo os seis elevadores e vitrais da rampa do Edifício Acaiaca, situado à Avenida Afonso Pena, nº 867, com tombamento específico de fachadas e volume desde 1994, por tratar-se de arquitetura de época, referência cultural merecedora de inscrição no Livro do Tombo Histórico, conforme pareceres técnicos em anexo.

Informamos que, nos termos da legislação vigente, o referido bem cultural, por estar sob tombamento provisório, não poderá ser destruído, demolido, pintado ou restaurado sem prévia autorização do CDPCM-BH, dispondo Vs. Sas. do prazo de 15 (quinze) dias, a partir do recebimento da presente notificação, para anuir ou oferecer, se quiser, impugnação a este ato, sendo sede deste Conselho a Secretaria Municipal de Cultura, situada na Avenida dos Andradas, 367/2º andar. Centro - CEP 30120-010.

Informamos, ainda, que os demais documentos que integram os autos do Processo nº 01.020871.99.43 encontram-se à disposição de Vs. Sas. para consulta interna, durante o prazo da impugnação supra, na sede deste Conselho.


 Arnaldo Augusto Godoy
 Presidente do Conselho Deliberativo do
 Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte

Fonte: CBMMG (1994).

Esse processo de regularização frente ao CBMMG, iniciado na década de 80, perdura até hoje. O documento acima, assinado pelo Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte, destaca características que justificavam o tombamento do hall principal. Esse mesmo ambiente, nos pavimentos superiores, possui características similares, prevalecendo em todos os andares o revestimento em mármore ou quartzito nas paredes dos

elevadores, o acabamento em granitina branca nos pisos e o acabamento rosa ou bege nas alvenarias, como era comum nos edifícios da época. Caso houvesse sido executada a solução encontrada antes do tombamento que previa o fechamento parcial do hall em alvenaria, as características do espaço poderiam ser prejudicadas.

Como todo edifício comercial ou residencial, geralmente determinado na convenção de condomínio, é exigida a troca regular de síndicos, por votação ou outra forma que a convenção determinar. Isso não impede que o mesmo síndico seja reeleito. Edifícios do porte do Acaiaca exigem, além do síndico, uma administração que lhe dê suporte. No caso do Acaiaca, está administração é constituída como uma pessoa jurídica. O ponto de atenção é que o cuidado ou descuido com a manutenção do edifício pode variar de acordo com a gestão de cada síndico.

No caso do Acaiaca, a partir do período de decadência, dos fatos relacionados à segurança contra incêndio (obtenção de Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros – AVCB) AVCB e do tombamento, o edifício foi degradando até que, em 2014, perdeu a isenção do IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) (medida compensatória adotada pela prefeitura para contribuir com a manutenção do bem tombado) devido às más condições em que o edifício estava sendo mantido.

3.1 Retomada do Acaiaca: o início dos processos de revalorização do edifício

A perda da isenção do IPTU parece ter chamado a atenção dos proprietários. Pode-se destacar que, em especial, chamou a atenção de um dos proprietários, que tinha uma relação especial com edifício desde sua infância, como ele mesmo relata.

Esse proprietário, que é autor de um livro dedicado ao Acaiaca (Edifício Acaiaca – O colosso humano em concreto), é Antonio Rocha Miranda, que, incomodado com a situação decadente do edifício e por ser proprietário de algumas salas, começou a participar da gestão do edifício como conselheiro em 2016 e atualmente é síndico do edifício. A partir de seu ingresso é que o destino do Acaiaca começou a tomar novos rumos. Sua visão era de que, por estar onde está e ter sido o que foi, o “Acaiaca poderia ser um dínamo propulsor da ressignificação do centro da cidade, atraindo, em sentido reverso, as pessoas do bairro para o centro” (Miranda, 2016). Por ter presenciado a vida no Acaiaca em toda sua pujança, ele começou a se dedicar a esse propósito e iniciou uma série de ações, sendo que, em uma delas, se insere todo o trabalho realizado com a metodologia HBIM.

O sonho de Miranda era que o edifício retornasse, ou até superasse a importância que teve para Belo Horizonte em sua época de glória. Para alcançar esse objetivo, ele sabia que não bastava apenas restaurar sua arquitetura: seria necessário trazer um novo significado para o edifício. Quando construído, por ser o edifício comercial mais alto e mais bem equipado da capital, o Acaiaca fora capaz de atrair as melhores empresas de Belo Horizonte. Atualmente, no entanto, o edifício não tem os atrativos que os novos edifícios desta categoria possuem e, além disso, a situação de decadência enfrentada pelo centro da cidade contribui para a desvalorização do edifício. Outra dificuldade é a de adequar o edifício aos padrões oferecidos atualmente e às exigências de segurança, como aquelas relacionadas à segurança e combate a incêndio.

Esses desafios passaram a exigir um estudo mais atento das necessidades e possibilidades que o Acaiaca possuía. Sendo assim, as medidas adotadas por Miranda foram: primeiro, realizar as manutenções prioritárias; segundo, contratar uma empresa de arquitetura para auxiliar nos planos que ele mesmo vislumbrava para a revalorização do edifício; terceiro, contratar uma empresa especializada em projetos de segurança e combate a incêndio para encontrar uma solução adequada que permitisse obter o AVCB sem prejudicar a arquitetura tombada do edifício; e, por fim e de maior importância, ajustar as contas do condomínio para que fosse possível auferir a receita necessária para as obras.

Diante disso, foram contratadas a empresa de arquitetura Arquiteto Associados de Belo Horizonte, para a realização do plano de ressignificação do edifício, e a empresa Soluteste Solução e Instalação, para o projeto de prevenção e combate a incêndio. De maneira geral e de forma resumida, os trabalhos realizados para solucionar os problemas apresentados foram fundamentais e geraram propostas que foram aprovadas tanto pela diretoria do patrimônio histórico quanto pelo Corpo de bombeiros.

3.1.1 Plano diretor apresentado pela empresa de arquitetura Arquitetos Associados

A proposta da arquitetura foi apresentada como um plano diretor, com diretrizes que norteavam as ações para revalorização do edifício e para sua modernização. O plano partiu de um diagnóstico e trouxe várias propostas que visavam transformar o Acaiaca, permitindo que o edifício abrigasse novos usos e que restaurasse e conservasse sua arquitetura e sua história. No momento de sua aprovação, o plano ainda contava com a proposta inicial do projeto de

segurança e combate a incêndio, que previa o enclausuramento da escada interna pela compartimentação do hall dos andares.

As propostas foram fundamentadas pela qualidade da análise e pelos níveis de preservação ou intervenção. Dessa forma, foram definidas as diretrizes, que foram seguidas e ajustadas, conforme será apresentado, no projeto aprovado junto à Diretoria do Patrimônio Cultural e Arquivo Público (DPCA) posteriormente, em 2020. As diretrizes do plano aprovado, resumidamente, foram as seguintes:

- 1) conservação e restauração da fachada frontal do edifício, mantendo sua materialidade e utilizando materiais de revestimento similares, porém atuais e com uma qualidade e resistência maior ao tempo e às intempéries;
- 2) fachadas laterais e posteriores sofreram uma intervenção maior, pois, de acordo com o levantamento e diagnóstico, possuíam menor qualidade estética e “não foram projetadas originalmente pelo arquiteto”, requerendo uma intervenção qualificadora. Como sugestão foi apresentada a pintura, como as demais fachadas;
- 3) a inserção de jardins verticais (nas empenas cegas), para as fachadas de fundo, o mesmo tratamento de pintura e a inserção de elementos leves em estrutura e vedação metálica, com telhas onduladas e micro perfuradas e estruturas para organização dos elementos de ar-condicionado, como plataformas de pequena largura para permitir a instalação e manutenção destes equipamentos e, ao fim, a reorganização de várias tubulações aparentes nessa fachada, com a criação de shafts, que seguem o mesmo padrão de estrutura metálica;
- 4) o rebaixo do teto nas circulações de acesso às salas do edifício em 50 cm, com o objetivo de permitir a instalação de quatro ramais de esgotos e quatro novas prumadas, que seriam instaladas nos shafts das fachadas posteriores, possibilitando a criação de banheiros em algumas das salas que não possuíam banheiros, e, ainda, a transformação de algumas salas comerciais em unidades habitacionais temporárias, de pequena área;
- 5) a instalação de painéis fotovoltaicos no telhado do edifício e atualização da iluminação com lâmpadas de LED (em inglês: *Light Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz). Aproveitando as modificações, havia a sugestão de criar uma iluminação com fitas de LED na fachada, iluminação dos índios, nas colunas envidraçadas, na cúpula superior e em linha horizontal na marquise da sobreloja. Por último, recomendou-se a alteração do sistema de controle dos elevadores para permitir

o acionamento a partir do hall, com sistema informatizado de antecipação de destino e chamada, que ajudaria na redução do consumo de energia;

- 6) a instalação de sistemas de segurança com implementação do controle de acesso aos elevadores com identificação informatizada de visitantes no balcão da portaria e instalação de um sistema de catracas, bem como a segregação da sobreloja, controlando o acesso aos elevadores, com acesso por controle biométrico ou cartão magnético;
- 7) ao final, são listadas algumas hipóteses de intervenções para o Acaiaca do século XXI, a partir de um compilado de ideias que surgiram ao longo do desenvolvimento do trabalho e que são relacionadas ao turismo. A primeira listada, e mais impactante do ponto de vista de turismo, parte dos desejos de A. Rocha Miranda para o novo Acaiaca, é a possibilidade de abrir o espaço aéreo entre o edifício Acaiaca e o parque municipal, bem como instalar uma tirolesa ou teleférico, como na época havia sido implantado no parque das mangabeiras. A segunda ideia, mais fácil de ser implantada, por não necessitar de nenhuma autorização especial, foi a de criar um mirante no topo do edifício, com uma vista de 360° da cidade. Para isso seria instalado um elevador panorâmico que levaria os visitantes do 25° andar até o 30°, local em que estaria situado o mirante.

A seguir apresentam-se as imagens que ilustram conceitualmente as propostas apresentadas como diretrizes no plano diretor.

A figura 12 ilustra a proposta 2 para as fachadas posteriores, para as fachadas cegas laterais e para proposta 6, do elevador panorâmico com o mirante 360° ao topo do edifício.

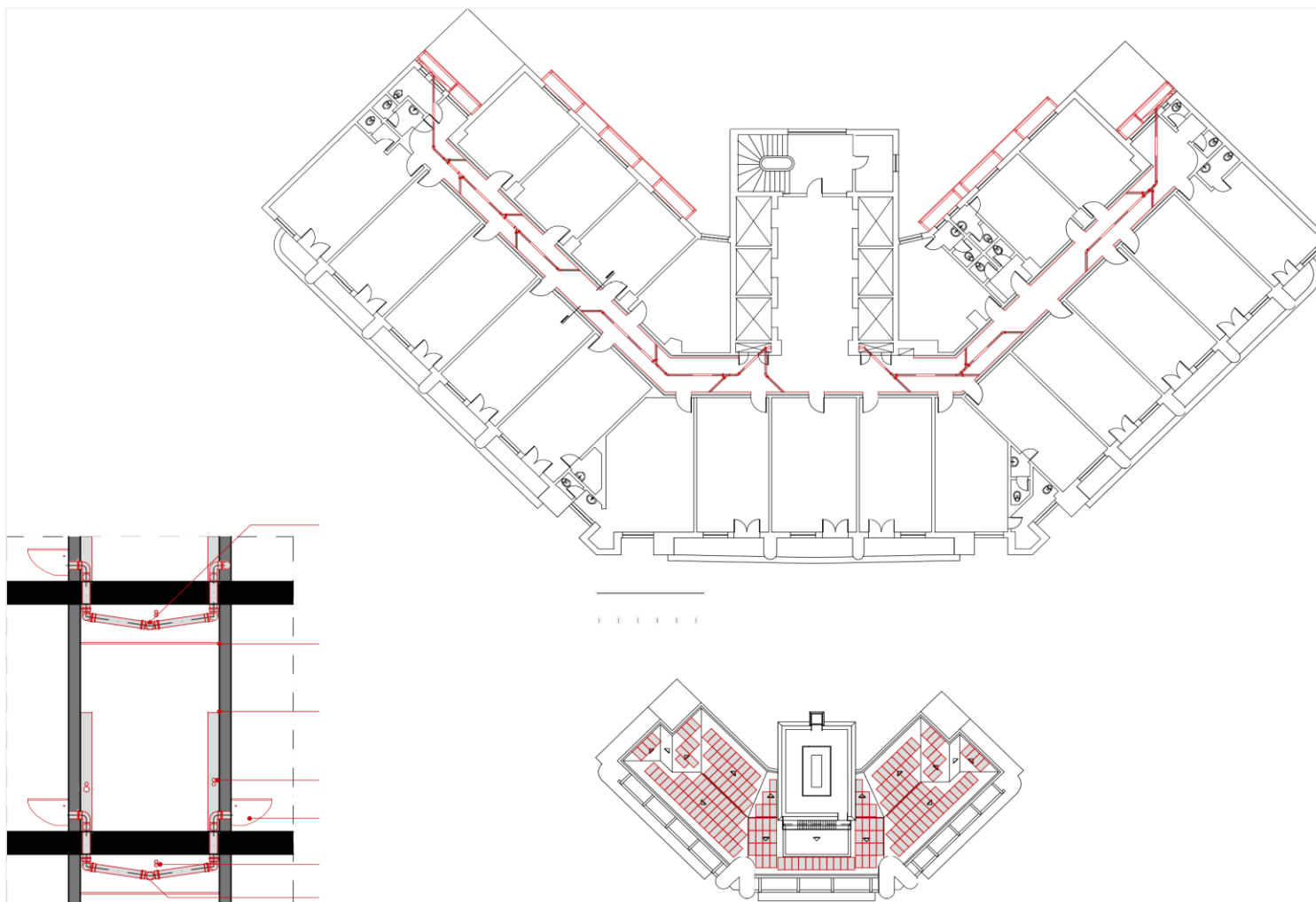
Figura 12 – Intervenções ao fundo do Acaiaca (Plano Diretor)



Fonte: Arquitetos Associados (2017).

A figura 13, por sua vez, traz as ilustrações das proposições da instalação de energia fotovoltaica no telhado do edifício e a criação de ramais de esgoto para prover sanitários para as unidades que não possuem banheiro privativo. Como pode ser visto na planta do edifício, nem todas as unidades possuem banheiro, e, ao final do corredor, em ambas as asas e ao centro da asa esquerda, na parte superior, há os banheiros, de acesso comum. Algumas salas possuem banheiro privativo. A dificuldade de instalação de novas unidades sanitárias decorre do fato de que a laje tem uma espessura maior, pois a estrutura está embutida na laje e os banheiros têm as saídas de esgoto sobre o piso do próprio pavimento, o que exige um degrau nos banheiros. Na solução apresentada na parte inferior esquerda da figura, a ligação de esgoto seria criada a partir da ligação das salas pelo corredor, as prumadas, e seria ocultada por um forro de gesso

Figura 13 – Propostas - Ramais Esgoto e Instalação Fotovoltaica sobre telhado

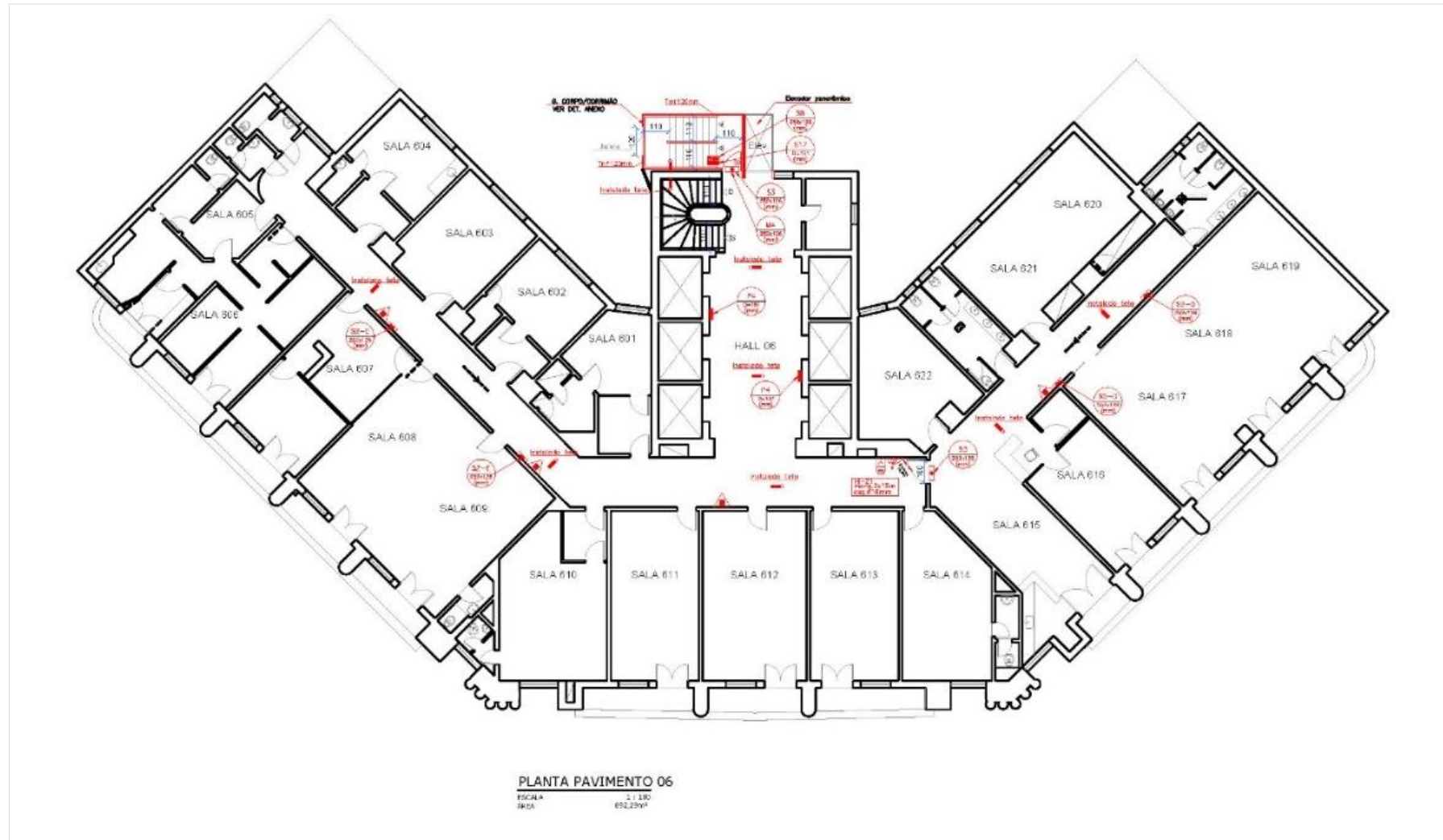


Fonte: Arquitetos Associados (2017).

3.1.2 Proposta da empresa Soluteste Solução & Instalação para obtenção do AVCB junto ao CBMMG

As novas ideias desde a retomada pelo interesse na revalorização do edifício, a partir do início da gestão de A. Rocha Miranda, suscitaram soluções que preservassem as características do edifício. Nesse sentido, também, a solução para a rota de fuga do edifício, em contraste com a solução anterior, que enclausurava o hall com alvenaria, apresentou o projeto de uma escada externa metálica e enclausurada. A imagem a seguir, de uma planta do projeto aprovado, ilustra a solução.

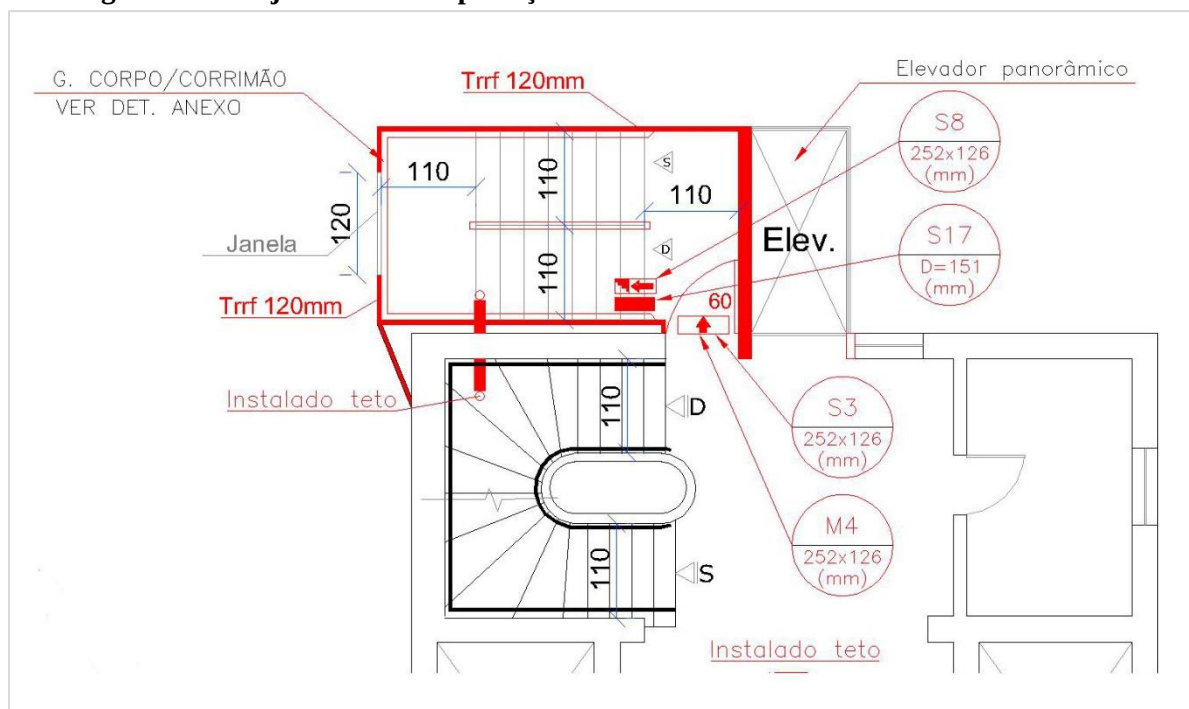
Figura 14 – Projeto técnico de proteção contra incêndio - Planta 6º Pavto



Fonte: Condomínio do Edifício Acaiaca.

A acima mostra a escada externa ao fundo do edifício em vermelho, logo após a escada interna. Essa solução, apresentada e aprovada, unia a necessidade de melhorar a rota de fuga e de construir o elevador panorâmico apresentado no plano diretor. Dessa forma, o hall interno do edifício sofria o mínimo de impacto, por não enclausurar a escada interna, e aproveitava-se a estrutura da escada para incorporar o elevador panorâmico. O projeto foi pensado de forma que a escada externa seria construída a partir do 5º pavimento, sobre o telhado da atual igreja e antigo cinema, e chegaria ao 30º pavimento, onde estava previsto, de acordo com o plano diretor, o mirante 360°. A figura 15, a seguir, mostra um recorte da região da escada externa e a próxima, ao passo que a figura 16 traz um corte do subsolo ao 30º pavimento, para melhor entendimento da proposta.

Figura 15 – Projeto técnico de proteção contra incêndio – Detalhe da Planta 6º Pavto

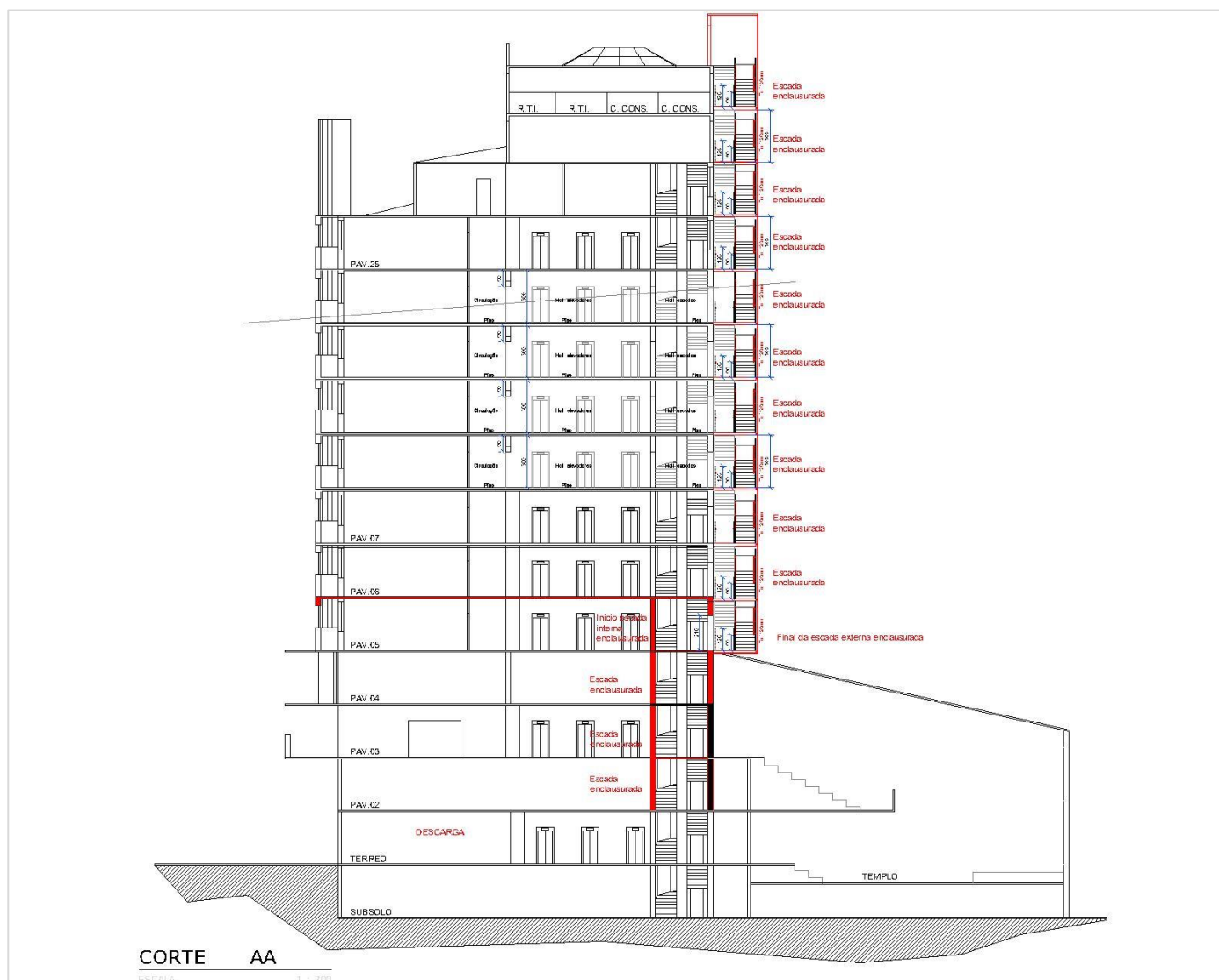


Fornecido: Condomínio do Edifício Acaiaca.

A escada externa, apresentada na figura 15, trazia ao lado o elevador panorâmico e era, apesar de externa, enclausurada com parede (ou outro tipo de vedação mais leve) com resistência ao fogo de 120 min. Essa escada permitiria, conforme a norma dos corpos de bombeiros à época, a passagem de duas pessoas por vez. Na figura a seguir, será mostrada a solução em corte esquemático. Essa solução aprovada, no entanto, ainda não contava com um estudo estrutural para a construção da escada. Ela iniciava do 5º pavimento, pois não considerava a necessidade de uma fundação (apesar dos seus 25 andares de altura), nem a

possibilidade de continuar através da igreja (antigo cinema), tombada. Por iniciar no 5º pavimento, havia no projeto uma solução para completar a rota até a saída no térreo, que contava com enclausuramento da escada interna, deste pavimento até o térreo. Isso também pode ser visto no corte esquemático abaixo.

Figura 16 – Projeto técnico de proteção contra incêndio – Corte AA (esquemático)



Fonte: Condomínio do Edifício Acaiaca.

O corte acima apresenta, em vermelho, complementando a escada enclausurada externa, a região na qual deveria ser enclausurada a escada interna. Do ponto de vista de preservação, essa região não seria tão impactada, pois atualmente, nesses andares, o hall não existe, já que o acesso da escada se dá direto para as salas. Outro ponto positivo é que o térreo, por ser o final da rota de fuga, não exigia o enclausuramento, preservando sua arquitetura. No 30º pavimento

pode-se ver o espaço previsto para a chegada do elevador panorâmico e o ponto de onde a escada finalizaria, cobrindo os andares até o 5º pavimento, sobre o antigo cinema.

3.1.3 Início da utilização dos recursos da tecnologia HBIM no edifício Acaiaca

Após os estudos e projetos iniciais mencionados até aqui, eles começaram a ser colocados em prática. Durante os processos de manutenção do edifício, tornou-se evidente a necessidade de se fazer um levantamento minucioso das condições da infraestrutura elétrica do edifício. Originalmente tendo sido projetado para abrigar uma variedade de estabelecimentos comerciais, ao longo dos anos, a evolução do cenário comercial demandou cada vez mais infraestruturas especializadas que não eram realidade na época de sua fundação. Isso exigia o levantamento dessa infraestrutura para estudar a melhor forma para realizar sua atualização.

Para esse propósito, foi contratada a empresa JVP Engenharia, especializada em projetos elétricos, com competência reconhecida na utilização da tecnologia BIM nesta disciplina. Tornou-se claro, contudo, que a modelagem da disciplina elétrica não poderia ser realizada de forma isolada, havendo a necessidade da integração com a modelagem BIM arquitetônica do edifício. Foi nesse momento que a empresa JVP Engenharia subcontratou a Paragram Arquitetura e Consultoria Ltda (da qual sou sócio fundador), incumbida do levantamento e modelagem da disciplina de arquitetura.

O objetivo do levantamento era apurar um levantamento anterior e fornecer um modelo BIM mais preciso do que o registrado em CAD (Projeto Assistido por Computador, ou, em inglês, *Computer Aided Design*). No planejamento inicial, ainda no momento da realização da proposta de trabalho, diante da relevância do edifício, da singularidade de suas efígies na fachada, foi incluída uma proposta à parte, para o levantamento aerofotogramétrico externo, de forma que as efígies pudessem ser capturadas com maior precisão, acrescentando-se um mapeamento de danos para toda a fachada. Para a parte interna do edifício foi utilizada a varredura a laser, na qual foi utilizado um laser scanner portátil Geoslam ZEB Revo, com uma taxa de medição de 43.200 pontos por segundo. Para criação do modelo digital, utilizou-se o software Autodesk Revit³, na versão 2019. À época do levantamento, meados de 2018, a

³ Revit: Um software de modelagem de informações de construção (BIM - Building Information Modeling) desenvolvido pela Autodesk. É amplamente utilizado na indústria de arquitetura, engenharia e construção para projetar e documentar edifícios e infraestruturas.

Autodesk já fornecia o CDE BIM 360 com a ferramenta Design Collaboration, que permitia o trabalho colaborativo diretamente em nuvem, por esse CDE e pela equipe.

Todo o trabalho de levantamento foi realizado por três profissionais. O fato de já existir um levantamento anterior, realizado em CAD, permitiu que o modelo fosse criado a partir deste levantamento e posteriormente ajustado com a sobreposição da nuvem de pontos, realizada interna e externamente. A modelagem foi realizada simultaneamente pelos três profissionais, sendo que cada um atuava remotamente no modelo utilizando o Design Collaboration e armazenando o modelo central na nuvem do BIM 360. Isso permitiu uma divisão otimizada do trabalho, bem como a realização do modelo e sua aferição com a nuvem de pontos em um período de 2 meses, sem dedicação exclusiva ao projeto.

3.1.4 Uma breve visão sobre BIM e HBIM

O BIM, que significa Modelagem da Informação da Construção, foi inicialmente desenvolvido para o setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) e é comumente aplicado em projetos de novos edifícios ou obras de infraestrutura. Ele representa uma abordagem inovadora que integra informações multidisciplinares em um modelo digital unificado.

O termo HBIM pode se referir a *Historic Building Information Modelling* ou *Heritage Information Modelling* ou, em português, à Modelagem da Informação da Construção Histórica. Essa tradução para o português brasileiro, no entanto, não captura a pequena diferença entre os termos como se daria na língua inglesa. Em termos gerais, refere-se a “Building Heritage” quando se trata de um edifício que tem uma relevância cultural e histórica que não prescinde de uma importância histórica do ponto de vista arquitetônico. Tratando o termo desta forma, é visível que o termo “Heritage” é mais abrangente do que “Historic”. No Brasil, não faria sentido uma tradução específica para edifícios patrimoniais ou tombados, de modo que, de forma mais geral, os pesquisadores têm utilizado o termo Modelagem da Informação da Construção Histórica, completando a tradução consolidada para BIM. É importante destacar que o *histórico* difere de *existente*, pelo valor histórico e cultural que possui.

Parece que o termo HBIM apareceu em primeiro lugar nas pesquisas de Murphy *et al.* (2017), em 2009. Nas pesquisas, utilizou-se o termo “Historic”, e não “Heritage”, ao que alguns autores, como Arayici *et al.* (2017), se referem como um termo “mais estreito”. Segundo esse entendimento, o termo “Heritage” incluiria as informações históricas não só para a gestão do

edifício, mas também do ponto de vista de informação histórica e cultural. Seguindo os passos de Murphy, é possível perceber que o desenvolvimento de suas pesquisas se concentrou mais em traduzir as nuvens de pontos obtidas em varreduras digitais para modelos HBIM fidedignos do ponto de vista geométrico e material do que no cadastro de informações históricas ou culturais complementares.

Em geral as pesquisas sobre HBIM seguem em uma via ou outra, tendo como principais estas duas abordagens: primeiro, a preocupação com o levantamento e cadastros de um modelo HBIM fidedigno ao levantamento por varredura digital que permita utilizar os recursos do modelo para sua manutenção física; segundo, utilizando o modelo HBIM ou recursos tecnológicos complementares para imputar informações complementares, comuns aos processos de inventário utilizados por conservadores e restaurados do patrimônio histórico e cultural.

De uma forma mais clara, tanto os modelos BIM (para construções novas) quanto os modelos HBIM não podem encerrar em si todos os dados necessários, para construção, manutenção, operação, restauração etc. Surge, então, o conceito de Ambiente Comum de Dados (CDE) para o BIM, no qual os modelos são armazenados juntamente com vários dados que o complementam, possibilitando as operações de construção, operação etc. e permitindo a colaboração entre os diversos agentes do processo.

Ao separar em duas abordagens principais, uma concentrada nas ferramentas que possibilitam um cadastro fiel do modelo e dos recursos para o trabalho do restaurador do ponto de vista técnico sobre a construção, e outra que permite cadastros acessórios que justifiquem o valor histórico e cultural de determinado bem, dentro de um Ambiente Comum de Dados, é possível trazer maior clareza para utilização de um sistema que, baseado nas premissas de um CDE, possa ser utilizado, abrangendo de forma satisfatória essas duas principais necessidades e ainda englobar os aspectos imateriais, quando não existir algo material a ser inventariado.

3.1.5 Coleta de dados e modelagem no edifício Acaiaca

O prazo para fazer o levantamento e cadastro digital do modelo HBIM de arquitetura do edifício Acaiaca era reduzido, uma vez que a disciplina de elétrica aguardava esse modelo para vincular na modelagem elétrica. O objetivo era ter uma maior precisão no estudo da intervenção. Esses dois aspectos, velocidade e precisão, por si só, justificaram a utilização de um sistema por varredura a laser. Os processos de levantamento manual, além de morosos, são

muito mais suscetíveis a erro. O levantamento de um edifício de 30 pavimentos e um subsolo, pelo processo manual, com a medição feita por trena (mesmo que a laser), com auxílio de fotos e croquis, levaria em média, duas semanas, com uma equipe pequena de três pessoas. Com essa mesma equipe e com a utilização do scanner portátil ZEB-REVO da GeosLAM, todo o levantamento foi realizado em dois dias. A capacidade de captura desse aparelho é de 43.200 pontos por segundo, com uma precisão de 1 a 3 cm e alcance até 30 m. O levantamento com este aparelho foi realizado nas áreas comuns, técnicas e de serviço do edifício, com exceção do antigo cinema que, apesar de não ser área comum, era uma área de grande relevância e de difícil levantamento, e por isso incluída no levantamento, que durou dois dias. Quando foi iniciado o levantamento, a equipe já tinha feito a modelagem de quase todo o edifício com base em um levantamento anterior, realizado pela equipe de arquitetura responsável pelo plano diretor. A nuvem de pontos seria utilizada posteriormente, para a aferição desse levantamento.

3.1.5.1 Levantamento por aerofotogrametria da fachada

Um levantamento adicional crucial para a identificação dos danos e a captura das características da fachada indígena foi conduzido através de drone. Esse levantamento possibilitou a realização da fotogrametria, um processo essencial na geração do modelo 3D, utilizando nuvem de pontos e imagens de alta resolução. Essa abordagem facilitou o mapeamento preciso dos danos. Durante o voo com o drone foram feitas capturas específicas para as efígies dos índios e dessa forma foi possível realizar a conversão das duas efígies para o modelo HBIM. O software utilizado para a geração da nuvem de pontos a partir das fotos do levantamento aéreo foi o Agisoft Photoscan⁴. Com ele também foi possível gerar o modelo 3d do índio e exportar nos formatos .Obj, e .3ds., inclusive com a aplicação de textura. Entretanto, a textura aplicada, pois não aparecia consistentemente em alguns softwares como o 3dsMax⁵. Esses formatos também foram importados para o software Blender⁶, embora não tenha sido possível visualizar o modelo. Na figura 17, a seguir, há a imagem do resultado apresentado no

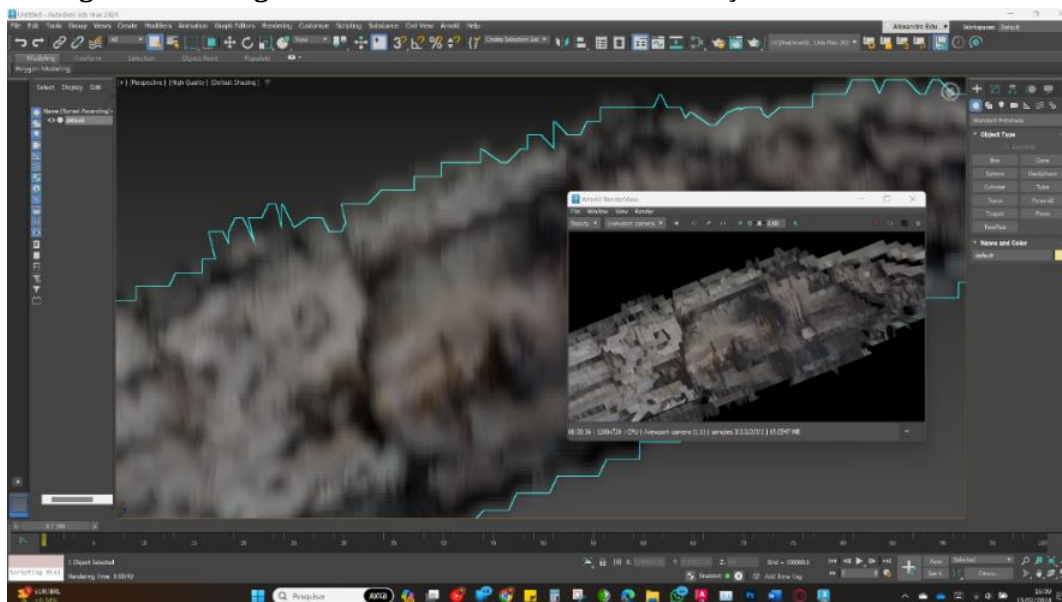
⁴ Agisoft PhotoScan é um software usado para criar modelos tridimensionais a partir de fotografias digitais. Ele funciona através do processo de fotogrametria, onde múltiplas imagens de um objeto ou área são analisadas para reconstruir sua forma em 3D. O software é amplamente utilizado em áreas como arquitetura, arqueologia, geologia, entre outras, para criar modelos precisos a partir de fotografias simples.

⁵ 3ds Max: Um software de modelagem, animação e renderização 3D desenvolvido pela Autodesk. É amplamente utilizado na indústria de entretenimento, arquitetura e design de produtos.

⁶ Blender: Um software de código aberto para modelagem, animação, texturização, composição, renderização, edição de vídeo e criação de jogos. É conhecido por sua comunidade ativa de usuários e sua ampla gama de recursos.

software 3dsMax. Nela, ao fundo, está o modelo texturizado e em uma janela menor; à frente está o modelo renderizado no mesmo software.

Figura 17 – Imagem do modelo 3ds do índio, visualização no software 3dsMax



Fonte: elaborada pelo autor.

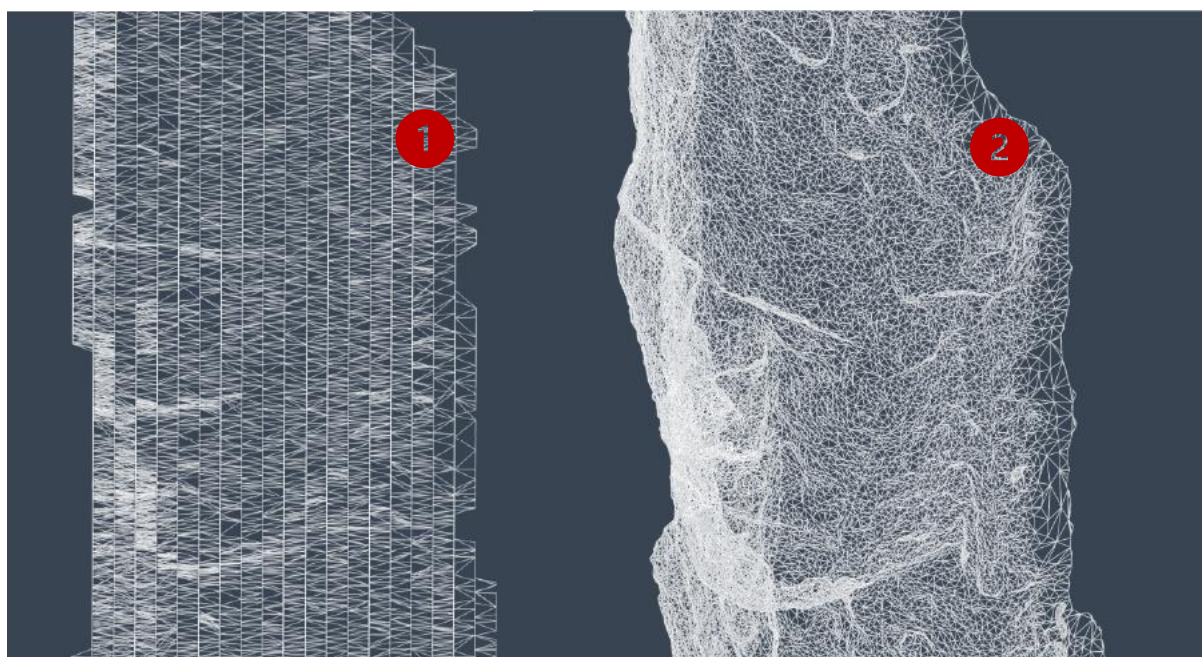
Analisando o resultado do modelo da próxima figura (18), é possível perceber que ele ficou multifacetado, com uma triangulação muito alta. Essa triangulação gera uma normal (direção imaginária que é perpendicular à superfície de cada triângulo em específico), que é responsável por determinar como a luz interage com a superfície do objeto. A quantidade muito alta de triângulos parece ter provocado o erro (ou dificuldade) para que o software criasse e apresentasse corretamente o mapeamento UV do modelo, que, em síntese, é o modo pelo qual o software atribui as coordenadas UV para cada vértice do modelo, o que essencialmente “desdobra” a superfície 3D em um espaço 2D.

Na figura 18, é apresentado, à esquerda (1), um modo de visualização de arame, no qual se pode visualizar os vértices do modelo que o software ajustou à malha para poder texturizar. É possível notar, ainda, que a triangulação foi alterada, criando triângulos com as faces ortogonais. À direita (2) pode-se observar o modelo gerado sem esse ajuste para texturização, de modo que cada triângulo parece apontar sua normal em uma direção aleatória, ou a melhor para a representação mais fidedigna do modelo. O modelo representado à direita foi inserido no software HBIM, pois teve maior aproximação com a realidade.

A partir disso, é possível constatar que o tratamento de um modelo convertido de nuvem de pontos gerada por aerofotogrametria, na qual o original possui uma escala arrojada, como a

efígie do Acaiaca, é um grande desafio. No caso do Acaiaca, o objetivo não era ter um modelo com o qual se fosse possível gerar uma réplica física em escala natural, então não foram empenhados maiores esforços para a regularização da superfície ou para os ajustes na texturização. Da forma com que foi inserido no modelo HBIM, atendeu às expectativas, como será apresentado mais adiante.

Figura 18 – Modelo 3D efígies – modo de visualização em arame



Fonte: elaborada pelo autor.

Outro produto do levantamento por drone foi a nuvem de pontos 3D completa do edifício. Essa nuvem, como será apresentado na imagem subsequente, possui uma densidade baixa; no entanto, ainda assim, foi capaz de auxiliar na modelagem, permitindo complementar detalhes externos do modelo HBIM que não seriam possíveis sem sua utilização. No modelo HBIM foram inseridas tanto as nuvens de captura interna pelo laser scanner Geoslam ZEB Revo, quanto a externa. A diferença de densidade é alta da externa (drone) para a interna (laser scanner); contudo, a nuvem externa, gerada a partir de fotos, trazia os pontos em RGB (coloridos), enquanto a interna, apesar da maior densidade, apresentava os pontos em preto e branco.

A figura, a seguir, apresenta o resultado da nuvem de pontos por fotogrametria de todo edifício no software de tratamento de nuvens de pontos da Autodesk, o Recap Pro⁷. Neste software foi possível fazer alguns ajustes como reposicionamento da nuvem antes de levá-la para o software BIM – Autodesk Revit. Inserida no Revit, a nuvem foi importante para auxiliar no posicionamento das efígies no modelo e para o ajuste de elementos externos, como o shaft de prumadas que iniciam no 25º andar, cúpulas de vidros, telhados, tubulações e outros detalhes da fachada.

Figura 19 – Nuvem de pontos por Fotogrametria exibida no software Autodesk Recap Pro



Fonte: elaborada pelo autor.

Desse levantamento por drone foi gerado, ainda, outro produto de extrema relevância para todo o projeto: as fotos em alta resolução, que permitiram fazer um levantamento apurado dos danos na fachada. A partir deste levantamento foi gerado um laudo com o qual o condomínio teve subsídio para fazer o orçamento para restauração da fachada, inclusive dos índios, que foi executada posteriormente.

⁷ Autodesk ReCap é um software que permite capturar, editar e visualizar dados do mundo real em formato digital. Ele é usado para criar modelos 3D a partir de nuvens de pontos, que podem ser usados em projetos de design, engenharia e construção. O ReCap também oferece ferramentas para análise e colaboração, tornando mais fácil compartilhar e trabalhar com dados capturados em diferentes projetos.

3.1.5.2 Levantamento interno por Laser Scanner

O levantamento interno, realizado com o laser scanner portátil Geoslam Zeb REVO, iniciou-se em 4 de julho de 2018 e foi finalizado no dia seguinte, 5 de julho. Esta é a data do registro que foi feito, a data da nuvem de pontos. É interessante ter esse registro, pois, apesar de ser um edifício tombado, o Acaiaca é um edifício comercial dinâmico – tanto é que, no momento da escrita desta dissertação, o registro de 05 de julho de 2018 já não reflete a realidade, pois o edifício já sofreu alterações. A nuvem de pontos daquela época constitui um registro daquela data, e, da mesma forma, quando forem abordados os processos de modelagem HBIM, no modelo são registradas como fases tanto a modelagem da situação em que foi levantado como as fases posteriores, das modificações que ocorreram.

O scanner portátil utilizado tem uma precisão inferior aos scanners estáticos, sobretudo levando-se em conta a época em que foi utilizado. Sua capacidade de 43 milhões de pontos por segundo e a precisão de 1 a 3 cm é de 5 a 8 vezes inferior a um scanner estático. Entretanto, ao considerar que o modelo HBIM é gerado de forma manual, utilizando a nuvem de pontos como referência, uma precisão ou densidade de pontos maior nem sempre implicará um modelo mais preciso, devido a algumas dificuldades que serão explanadas mais a frente.

A maneira de utilizar o scanner portátil da Geoslam foi simples, sobretudo por ser um instrumento leve: o aparelho de captura que vai à mão pesa 1 kg e acompanha uma maleta, com a unidade de processamento que pesa 4,1 kg. Sua capacidade de processamento e armazenamento durante a captura é de 20 minutos, de modo que, para se obter a nuvem de determinado ambiente, é necessário que você planeje o seu percurso para iniciar e terminar no mesmo ponto, para se obter ciclos fechados – “Closing loops”, considerando o limite de 20 minutos. Caso se ande muito rápido, a densidade da nuvem será menor. O ideal é que se caminhe lentamente e que também se movimente o scanner de forma lenta. Caso se queira maior densidade em algum objeto em específico, pode-se permanecer mais tempo próximo ao objeto. Caso o scanner seja utilizado com uma câmera acoplada, ele permite criar “bolhas” ou “pontos de referência” que permitem a visualização 3D, a partir das fotos pelo processo de “estereofotogrametria”. Tais bolhas auxiliam na visualização de detalhes que não são passíveis de observação nas nuvens, já que neste caso, mesmo com alta densidade, ao se aproximar o zoom para se observar detalhes mais finos, eles somem, pois o espaço entre os pontos sobressai. No levantamento feito não foi utilizado nenhuma câmera para a geração destas “bolhas”. Outra

questão a ser pontuada é que as nuvens geradas apareceram em preto e branco. Este modelo, Zeb Revo em específico, não tinha a capacidade de registrar os pontos coloridos.

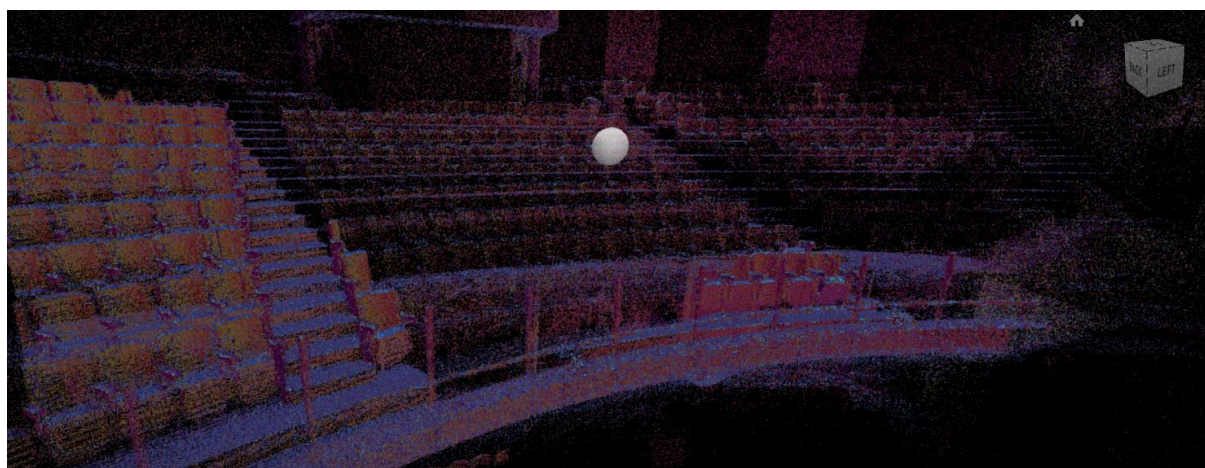
Após o escaneamento, foi necessário usar o software do próprio scanner (Geoslam Hub Software) para visualizar e processar as nuvens de pontos. Isto foi feito ao final de cada dia, gerando os arquivos nos formatos .las e .laz.

Apesar de a nuvem de pontos não ser de alta densidade e colorida, sua utilização permitiu uma modelagem com bastante precisão, o que, inclusive, suscitou a dúvida sobre qual seria a precisão mais adequada de uma nuvem de pontos para a modelagem de arquitetura. Por um lado, pontos mais densos fornecem uma maior qualidade de visualização; no entanto, a dificuldade está em modelar utilizando os pontos a partir dos “snaps” da nuvem de pontos e em representar o elemento real, que, mesmo em um edifício “art déco” ou “protomodernista”, que não tem as mesmas complexidades de uma igreja barroca, não tem a precisão geométrica do ambiente digital BIM ou CAD.

A nuvem de pontos teve extrema importância na modelagem precisa do antigo cinema, permitindo capturar a posição das cadeiras, o forro em pé-direito triplo, os detalhes do hall de entrada com pé direito duplo, os detalhes do forro de concreto amebado, os detalhes da rampa de acesso com um forro em concreto que segue a rampa, o engradamento do telhado etc. Trata-se de detalhes que seriam muito complexos para serem medidos segundo o método tradicional e para serem representados a partir de fotos.

A seguir, serão apresentadas algumas figuras das capturas realizadas. Nelas, será possível observar a diferença entre o modo de visualização que os softwares de tratamento de nuvens e de modelagem BIM oferecem. No modo de visualização pela normal, a nuvem de pontos é exibida apenas com base em suas coordenadas tridimensionais. No modo por intensidade, a cor de cada ponto na nuvem de pontos é determinada pela intensidade do retorno do laser. No modo de elevação, a cor de cada ponto é determinada pela sua elevação em relação a uma superfície de referência, geralmente o plano XY. Pontos mais altos são representados por cores mais claras, enquanto os mais baixos por cores mais escuras. Nesse modo, o software apresenta uma régua de escala de cores. Por fim, há o modo RGB, no qual a cor de cada ponto é determinada pelas informações de cores provenientes das imagens RGB associadas ao escaneamento a laser ou à fotogrametria. No caso da nuvem interna do Acaica, não houve tal associação, de modo que sua representação está em preto e branco e o software representa os pontos em branco.

Figura 20 – Imagem da nuvem de pontos do mezanino do antigo cinema



Fonte: elaborada pelo autor.

A figura anterior, que ilustra o mezanino do antigo cinema, trouxe com bastante precisão o detalhe dos assentos preservados e o seu posicionamento. Pode-se notar o detalhe do forro inclinado em concreto, complexo, que segue o formato do cinema e que possui uma reentrância central que seria muito difícil de representar sem o auxílio da nuvem de pontos. A nuvem de pontos da figura 20 apresenta o modo de visualização pela normal.

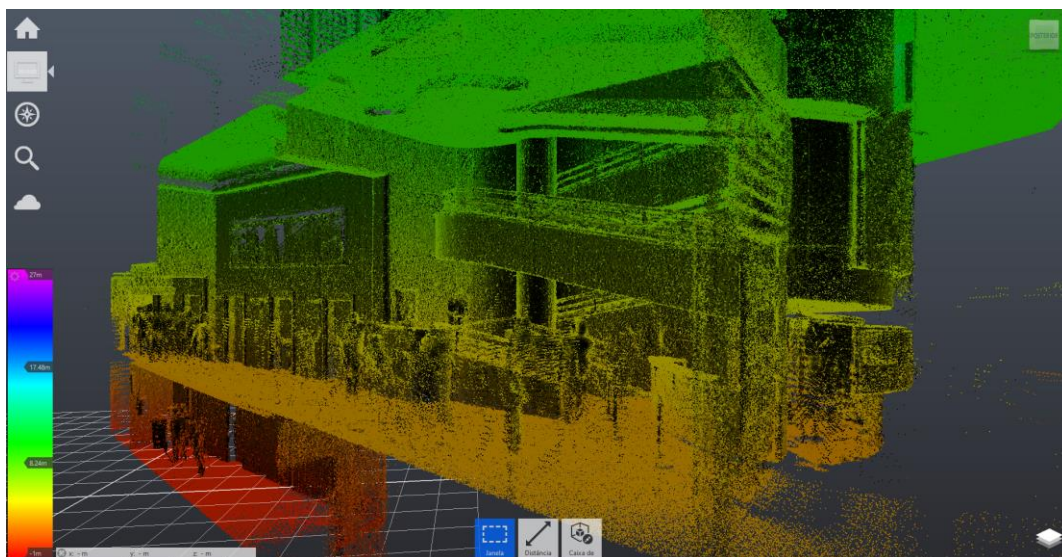
A figura 21, abaixo, ilustra um recorte da nuvem de pontos no modo de visualização por elevação que retrata o hall de entrada do térreo, a rampa de acesso à sobreloja, o hall do subsolo e, ainda, os detalhes do forro amebóide no teto e o que segue a rampa, todos em concreto. Esta nuvem foi importantíssima no detalhamento desses ambientes. A modelagem dos elementos foi bem precisa com a referência da nuvem de pontos. Para o detalhe do forro da rampa, ainda foi necessário fazer uso do software de design generativo⁸ Dynamo⁹.

⁸ Design Generativo é uma abordagem inovadora que combina a inteligência humana com o poder computacional para gerar múltiplas opções de projeto. Por meio de algoritmos e programas de computador, o design generativo explora novas possibilidades de desenho e projeto, indo além da capacidade humana. Ele é aplicado em áreas como arquitetura, engenharia e design gráfico.

⁹ O Dynamo é uma plataforma de programação visual integrada ao software Revit e outros. É um software de código aberto que permite que designers e engenheiros criem algoritmos e automações para processos complexos em modelagem 3D.

Aplicação: O Dynamo é usado para automatizar tarefas, criar geometrias paramétricas e explorar novas formas de design em projetos arquitetônicos e de engenharia

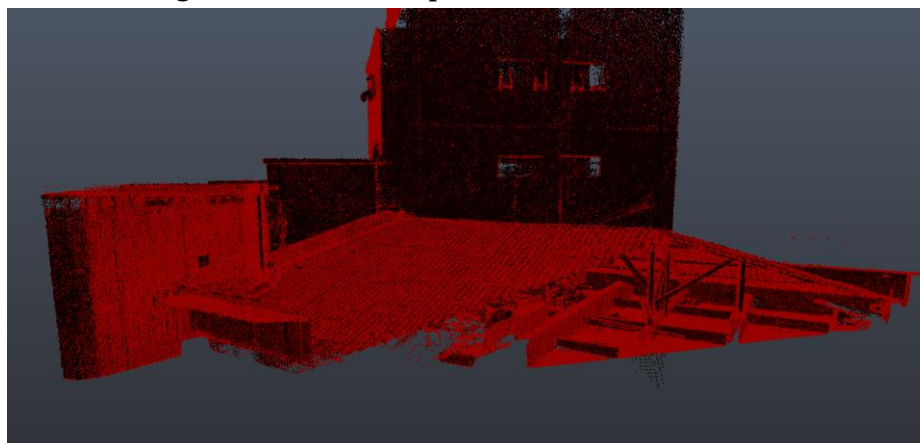
Figura 21 – Detalhe da nuvem de pontos do hall do térreo e rampas



Fonte: elaborada pelo autor.

Em seguida, a figura 22 tem o recorte da nuvem de pontos no modo de visualização por intensidade do telhado do edifício com todos os detalhes de vigas invertidas e engradamento em madeira. Esta e as nuvens apresentadas nas figuras anteriores representam uma tomada, ou um ciclo fechado de captura utilizando o scanner. Nesta, o percurso conseguiu capturar as duas “asas” do edifício sob o telhado e sobre o telhado. Hoje, tal região não existe mais como está na nuvem de pontos: o modelo HBIM apresenta as duas situações em fases diferentes, a atual e a fase do momento da captura. Ter registrado em detalhes tanto o engradamento, quanto as vigas invertidas sob telhado, foi fundamental para o projeto e a obra que foram realizados e serão detalhadas nos capítulos subsequentes.

Figura 22 - Nuvem de pontos do telhado do edifício



Fonte: elaborada pelo autor.

3.1.5.3 Hipótese sobre a influência do modernismo nos softwares BIM

Antes de abordar diretamente os processos de modelagem utilizados no edifício Acaiaca, é importante elucidar mais alguns conceitos sobre BIM/HBIM e elencar alguns princípios que nortearam as escolhas feitas durante a modelagem. Foi apresentada uma breve visão sobre a tecnologia no capítulo anterior e, em seguida, durante a apresentação do processo de levantamento por laser scanner e aerofotogrametria, foram apontadas de forma sucinta algumas dificuldades encontradas na modelagem a partir destes levantamentos. Durante a pesquisa sobre alguns aspectos relacionados a BIM/HBIM, foi possível levantar uma hipótese sobre o desenvolvimento dessa tecnologia que seria pertinente apresentar, antes do relato em si, da modelagem do objeto. Essa hipótese, que de certa forma decorre de uma compreensão lógica, é a de que o modernismo como determinação tecnológica teve grande influência no desenvolvimento das ferramentas (softwares) BIM. Ao mencionar o software BIM, o espectro deve ser limitado aos softwares que atendem a determinados requisitos para serem considerados BIM, ou seja, tenham em sua concepção a estrutura de dados homologada pela Building Smart, na qual os elementos da construção são definidos e padronizados para atender à construção virtual.

Nesse sentido, procura-se encontrar o vínculo do modernismo e da industrialização, compreendendo como eles foram capazes de dissecar os componentes da arquitetura para simplificar e produzir em série. Seguindo esta linha, poderá ser observado como as tecnologias de BIM e HBIM seguem esses mesmos predicados.

Para simplificar a hipótese proposta, deve-se observar a arquitetura moderna tirando todos os adornos das arquiteturas anteriores e separando seus elementos em lajes, paredes, viga, pilares, portas e janelas – os elementos que evoluem com a tecnologia da construção e que permitiram a industrialização. Deve-se pensar nas tecnologias BIM (Modelagem da Informação da Construção) e HBIM (Modelagem da Informação da Construção Histórica) como programas de computadores que possuem os elementos virtuais para que o arquiteto/engenheiro possa projetar utilizando esses mesmos elementos, tanto para edifícios novos, quanto para edifícios históricos.

Olhando algumas relações entre a arquitetura e a industrialização, a partir da célebre expressão de Le Corbusier “A máquina de morar”, inicia-se a saga da industrialização e a transposição, quase sempre, de conceitos industriais para a prática da arquitetura e do canteiro de obra. Será perceptível em alguns relatos da historiografia modernista essa supervalorização

da indústria, por alguns pesquisadores que construíram uma historiografia do modernismo e pelos próprios “autores” do modernismo.

Assim, será possível visualizar em maior detalhe as tecnologias BIM/HBIM e o que ela herda do modernismo e das outras indústrias.

3.1.5.4 A experiência brasileira com o modernismo na arquitetura e sua empolgação com o “novo”

O modernismo na arquitetura brasileira é um fenômeno que segue sincrônico com o resto do mundo e em alguns momentos tem até alguma posição de vanguarda. Esse movimento, amplamente apoiado pelo Estado, estava alinhado sempre com uma proposta de evolução, no Estado Novo (Getúlio Vargas) e com Brasília (Juscelino Kubitschek):

No final dos anos 30 e início dos 40, longe ainda da “unanimidade modernista” de Brasília, os arquitetos modernos disputavam com os adeptos das correntes neocolonial e acadêmica o privilégio de serem escolhidos pelo governo para efetuar as construções de seus ministérios e repartições. A seleção de formas arquitetônicas concretas que simbolizassem no Rio de Janeiro, então capital federal, o estilo e a face pública de um Estado que se queira “novo” envolveu disputas, explicitações de diferenças e conquistas de aliados em domínios não-arquitetônicos, além da mobilização da opinião pública, por meio de jornais... (Cavalcanti, 2006, p. 11).

A passagem acima apresenta a ideia de uma arquitetura capaz de trazer o “novo”, que se alinhava à ideia do progresso desenvolvimentista que o Estado Novo perseguia. Em outro trecho, o autor delinea os princípios do modernismo que o colocava à frente dos arquitetos acadêmicos e neocoloniais.

“A eliminação de ornatos, a estrutura aparente, a planta “livre”, a ideia de protótipo e a possibilidade de **reprodução industrial**¹⁰, muito mais que opções formais, eram apresentadas como justificativas éticas do movimento moderno” (Cavalcanti, 2006, p. 12).

A perseguição desse princípio industrial da arquitetura moderna como princípio ético e estético é o diferencial que a tornava interessante para o Estado que a apadrinhou. Por outro lado, os conceitos estruturais e práticos da indústria também foram adotados por arquiteturas mais pragmáticas.

Essas arquiteturas foram contemporâneas e antecessoras do modernismo e contavam com princípios modernistas ou industrializantes. Não participavam do movimento engajado do

¹⁰ Grifo nosso, para destacar o termo que sustenta a hipótese.

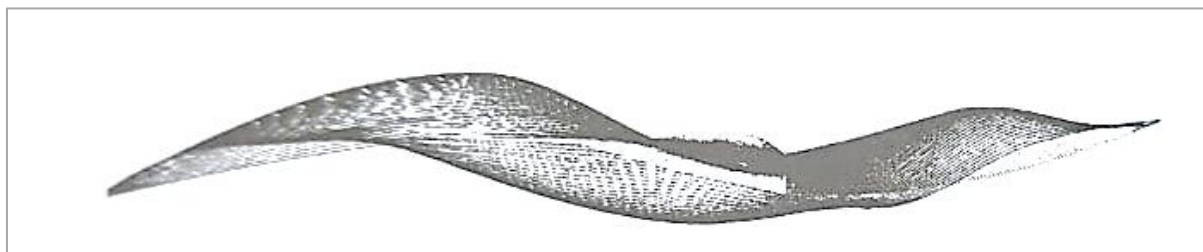
modernismo (Segawa, 1997). Essas arquiteturas seguem exemplos e poderiam ser classificadas como protomodernistas, Art Decó ou mesmo modernistas “a posteriori”.

Algumas das características assimiladas são: a capacidade de produção alinhada com a indústria, a redução de ornamentos e a utilização do concreto armado. Destaca-se o princípio racionalista destas obras, como é caso da Companhia de Santos, empresa constituída em 1912 pelo engenheiro civil Roberto Cochrane Simonsen. Esse engenheiro foi introdutor dos princípios tayloristas no Brasil, ao publicar, em 1919 o livro *O Trabalho Moderno*. A Companhia de Santos construiu simultaneamente 26 quartéis de grande porte entre 1921 e 1924, em nove estados brasileiros.

Tais exemplos são suficientes para demonstrar o peso dos princípios da indústria na arquitetura e a importância da racionalização, demarcando a eliminação dos ornamentos e, quando possível, dos processos mais artesanais. Frisa-se, entretanto, que a construção civil tem avançado menos do que outros setores industriais, e tem como característica a incorporação ou cópia de certos princípios das outras indústrias.

3.1.5.5 Utilização da computação na indústria de manufatura e na indústria de construção civil

Figura 23 – Superfície Ondulada



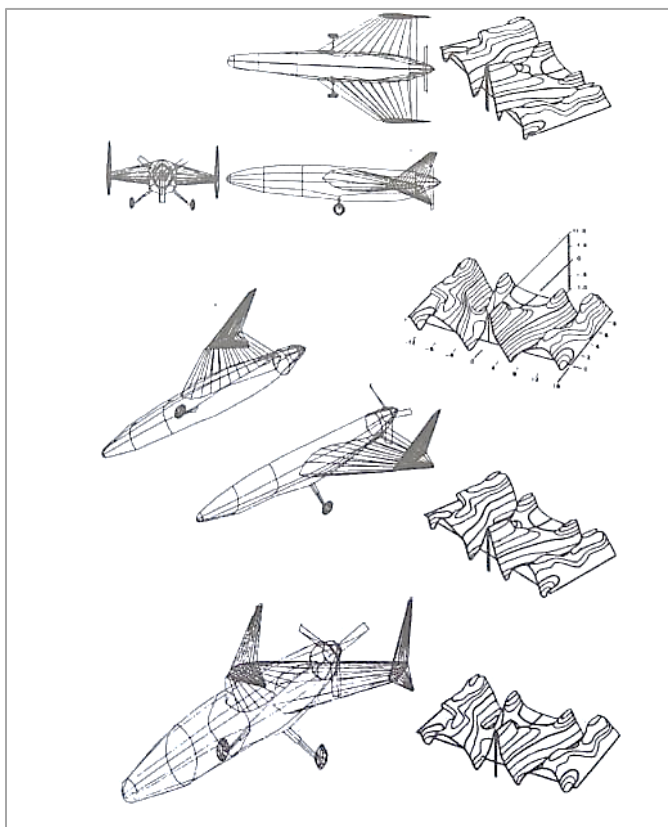
Fonte: Zevi, 1997.

A empolgação de Bruno Zevi com o computador surge a partir da observação de uma modelagem de uma superfície pela indústria de aviação:

Superfície ondulada, desenhada pelo computador da Aerospace Division of the Boeing Company. Seria quase impossível configurá-la com os rígidos instrumentos do arquiteto, régua e esquadro, compassos e máquina de desenhar. O computador estimula a invenção de formas, enriquecendo o léxico, a gramática e sintaxe dos arquitetos (Zevi, 1997).

Trecho da descrição da imagem anterior, apresentado no livro *A Linguagem Moderna da Arquitetura*. Guia ao código Anticlássico (Zevi, 1997).

Figura 24 – Gráficos executados por computador

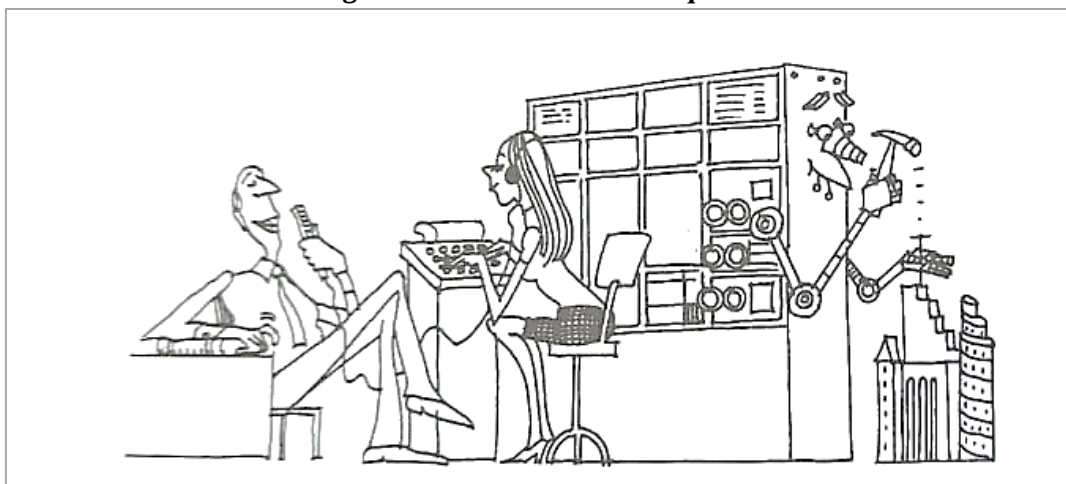


Fonte: Zevi, 1997.

Em outro momento, Zevi se impressiona com as possibilidades fornecidas pelo computador na apresentação do projeto:

Gráficos executados pelo computador da Airplane Division of the Boeing Company. Demostram como é fácil representar um mesmo objeto de inúmeros pontos de vista, por meio de simuladores acionados pelo computador. Graças à previsão tecnológica, a fantasia arquitetônica obterá uma confirmação imediata das suas hipóteses (Zevi, 1997).

Figura 25 – Caricatura do arquiteto



Fonte: Bruno Zevi (Haia Journal)

Bruno Zevi descreve a ilustração da figura acima:

Caricatura da profissão de arquiteto depois da chegada do computador, publicada no Haia Journal. O arquiteto, perfeitamente descontraído, transmite os frutos da sua imaginação a uma secretária, que os transcreve no computador. A maquinaria põe-se em movimento, e um robô constrói o edifício em três dimensões (Zevi, 1997).

As figuras apresentadas acima por Zevi (1997) mostram o entendimento do arquiteto sobre as possibilidades de uso do computador na arquitetura. Esse fato comprova novamente o avanço de outras indústrias sobre a tecnologia e o interesse da arquitetura em seguir pelo mesmo caminho. Na pesquisa, não foi encontrado o uso efetivo do computador nos projetos modernistas; entretanto, já no pós-modernismo ou desconstrutivismo, há o exemplo de Frank Gehry, que, na década de noventa, passou a utilizar um software desenvolvido para indústria aeronáutica francesa, o CATIA¹¹, no projeto do Museu Guggenheim. O software foi inicialmente desenvolvido pela empresa Avions Marcel Dassault em 1977 para modelagem de superfícies 3D no desenvolvimento do caça Mirage. Inicialmente chamado de CATI (*Conception assistée tridimensionnelle Interactive*), foi renomeado CATIA em 1981, quando a Dassault criou a subsidiária Dassault Systems para desenvolver e vender o software.

Esse tipo de software hoje integra o que a indústria de softwares denomina CAE – *Computer-aided engineering*, ou, em português, Engenharia Auxiliada por Computador –

¹¹ Catia: Desenvolvido pela Dassault Systèmes, o Catia é um software de CAD/CAM/CAE usado na indústria aeroespacial, automotiva e outras indústrias de manufatura para projetar produtos complexos.

desenvolvida para a indústria da manufatura como ferramenta para análises de elementos finitos e desempenho de componentes e montagens.

Não foi abordada a tecnologia CAD (Computer Aided-Design) utilizada tanto pela indústria de manufatura quanto pela da construção civil, pois a tecnologia limita-se a reproduzir o mesmo trabalho que era desenvolvido pela prancheta de desenho. Deve ser levado em conta, entretanto, que mais ou menos na mesma época em que o CAE era desenvolvido para a indústria de manufatura, começava-se o estudo de BIM (Building Information Modeling), termo cunhado na década de 70 e início da década de 80 para as primeiras ferramentas de software para modelagem de edifícios, como o Building Description System, desenvolvido por Chuck Eastman. Essas aplicações e os computadores necessários para executá-las eram caros e limitaram uma ampla adoção.

Essa dificuldade é, em parte, resultado da diferença de desenvolvimento de entre as indústrias de manufatura e de construção civil: enquanto aquela aplica uma parcela alta de capital no desenvolvimento de uma planta industrial e no protótipo que será replicado um número expressivo de vezes com uma expectativa de retorno do capital em um período determinado, esta trabalha com uma série de variantes que impedem um maior desenvolvimento de um protótipo e são limitadas na criação de uma planta industrial, pois o produto exige que grande parte do seu desenvolvimento aconteça *in situ*.

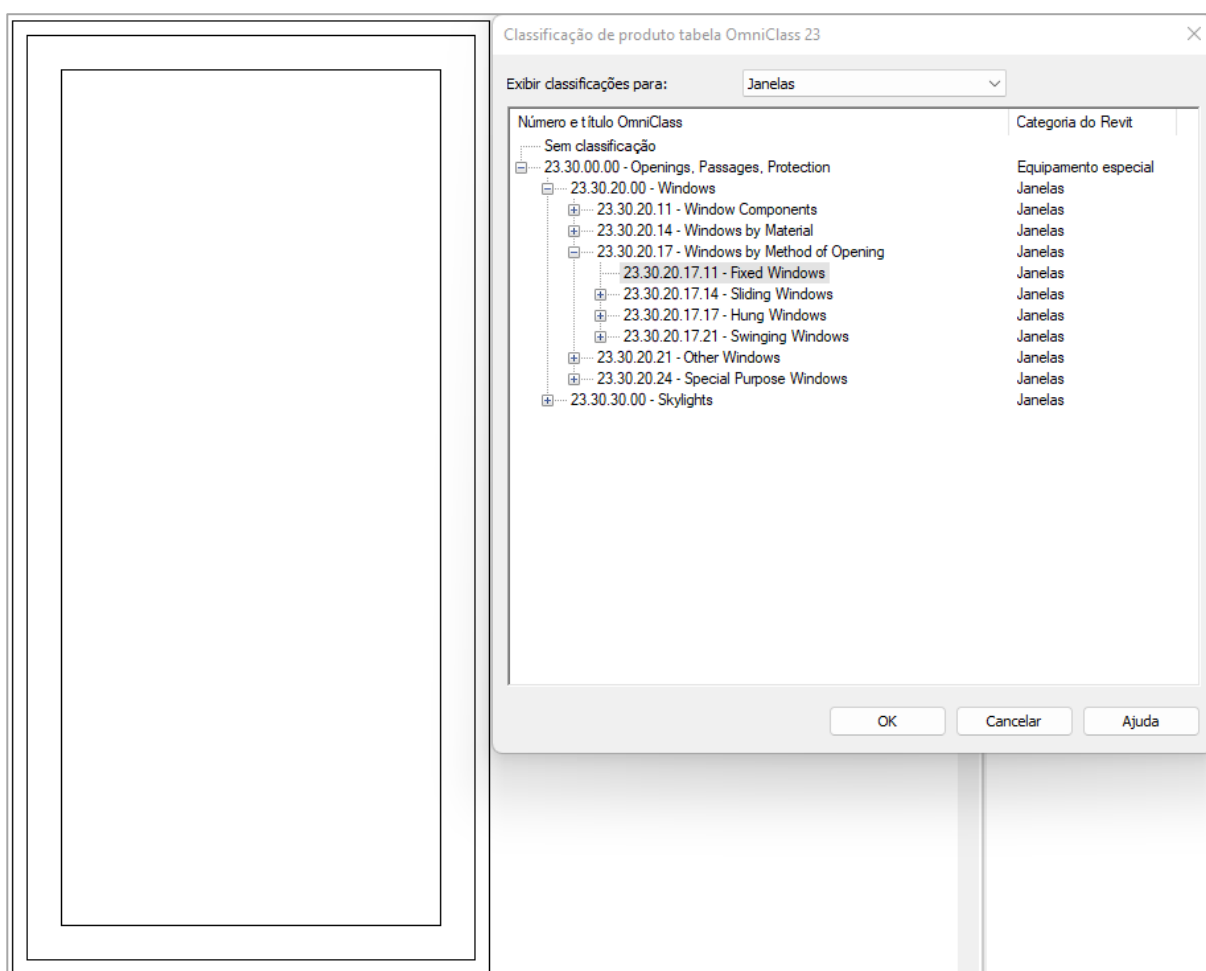
As diferenças entre as indústrias refletem-se nos padrões de desenvolvimento para CAE e BIM. Nesse ponto, a hipótese sobre a influência da arquitetura moderna na construção civil pela industrialização pode ser retomada. Ao definir uma simplificação de componentes e a adoção do aço e do concreto como principais materiais, a produção das obras civis seguiu esse processo, de modo que as ferramentas desenvolvidas para a melhoria dos processos inevitavelmente seguiriam pelo mesmo caminho. O caminho que a tecnologia BIM seguiu, quando o seu uso começou a ser difundido, a partir dos anos 2000, foi o padrão de industrialização da construção civil. A exemplo disso destaca-se o OmniClass, que é um sistema de classificação para a indústria da construção que abrange os principais elementos da MasterFormat e UniFormat. Esse sistema foi utilizado principalmente para os sistemas BIM, por permitir a classificação de um elemento virtual tendo como referência os elementos reais – classificados pelas tabelas MasterFormat e UniFormat.

A abordagem dessas tabelas, que participam de toda a padronização dos elementos virtuais desenvolvidos em softwares BIM e que são incorporadas pela Building Smart nos padrões de interoperabilidade para os softwares BIM, fornece melhor entendimento sobre como

o padrão dos elementos estão configurados para atender aos padrões de edifícios com tecnologias aplicadas com o modernismo e a racionalização da construção civil.

O padrão OmniClass é dividido em 49 tabelas, que classificam todos os elementos da construção civil, passando pelos edifícios, processos, agentes (profissionais, empresas), produtos etc., em um esforço de enumerar tudo o que existe no ambiente da construção e possibilitar uma “construção virtual”. A tabela 23 da OmniClass é uma tabela de produtos, e, na figura a seguir, apresenta-se um pequeno trecho, com a classificação para um produto janela em um software BIM (Autodesk Revit):

Figura 26 – Tabela 23 - Produtos Omniclass - Autodesk Revit

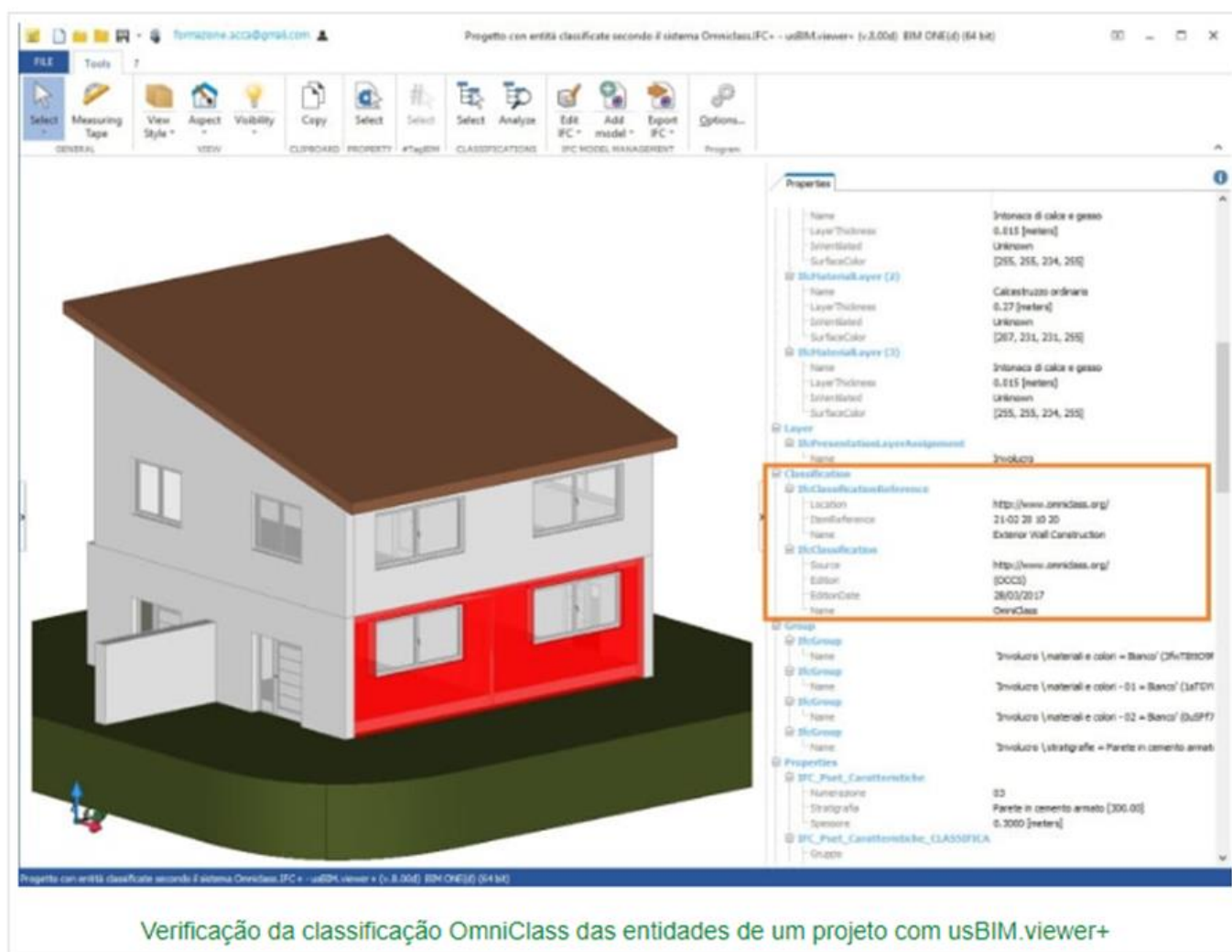


Fonte: elaborada pelo autor.

Outra imagem, trazida na figura a seguir, apresenta uma modelagem que foi realizada em algum software BIM, sendo mostrada em um visualizador de modelos BIM com a seleção de uma parede e a listagem do elemento e a sua classificação na OminiClass. A padronização promovida pela Building Smart exige que essas informações sejam contempladas por softwares

de modelagem BIM, por isso, independentemente da empresa que esteja desenvolvendo o software, os princípios básicos desses elementos digitais devem seguir os padrões determinados nas tabelas. Apesar de alguns países, como o Brasil, desenvolverem normas BIM, o que em muitos casos envolve a classificação dos elementos, essa classificação não é incorporada pelos desenvolvedores aos softwares BIM, ficando a cargo das empresas ajustarem as tabelas de classificação dos elementos. A norma brasileira de BIM, NBR 15.965, por exemplo, tem uma estrutura de classificação, embora essa estrutura fique uma camada acima da estrutura de classificação da Building Smart, reproduzida nos formatos IFC, BCF e Cobie.

Figura 27 - Imagem do software usBIM.viewer



Fonte: Biblus, 2020.

Ao consultar as tabelas completas, seja OmniClass, MasterFormat ou o formato IFC (Industry Foundation Class, formato padrão para interoperabilidade de modelos BIM) (Building Smart), pode-se constatar com clareza que os objetos da construção civil estão definidos pelo

que se conhece hoje com os elementos que compõem os edifícios. Pode-se observar, também, e esta observação é primordial para o entendimento da proposta, que muitos dos elementos da arquitetura clássica não estão elencados nessas tabelas, dos quais podemos citar alguns como exemplo: arquitrave, capitel, cornija, triglifos, mútulos etc.

Observando esse pequeno conjunto de elementos, é possível perceber que nenhum deles está presente nas tabelas. Apesar de existirem na arquitetura eclética, tais elementos foram excluídos da arquitetura moderna. Tendo sido excluídos na arquitetura moderna e por conseguinte da construção, parece que sequer foram cogitados de serem incluídos nas tabelas de padronização dos elementos da construção.

3.1.5.6 Aumento ou redução do léxico

Parte do trecho apresentado no capítulo anterior por Zevi (1997), ao pontuar que “[o] computador estimula a invenção de formas, enriquecendo o léxico, a gramática e sintaxe arquitetônicas”, suscita um questionamento: a arquitetura foi enriquecida com novos elementos? Ou reduzida aos elementos óbvios?

Essa pergunta também cabe aos desenvolvimentos computacionais, como é o caso do BIM. Considerando apenas a classificação dos elementos hodiernos os softwares BIM, percebe-se que houve uma proposta de tradução do mundo real para o digital, onde existe uma tentativa, inclusive, de recriar nestes softwares a relação entre os elementos da construção. Não houve, nessa concepção, um olhar para o passado. Tal característica impacta de certo no resgate do patrimônio, como é o caso do HBIM. Isto não se traduz em uma crítica, apenas deve ser observado que a concepção dos softwares procurou atender aos preceitos do mercado, criando ferramentas que otimizassem o trabalho de projeto dentro desta premissa.

O conceito HBIM foi apresentado pela primeira vez em 2009 em um artigo dos pesquisadores Murphy e Dore (2017), no qual os autores apresentam uma metodologia para a aplicação do BIM em edifícios históricos, aliando ao BIM a utilização de tecnologias de levantamento por varredura a laser e aerofotogrametria por drone. Neste primeiro artigo, enumeram algumas das dificuldades para a aplicação do BIM em edifícios históricos, sendo que uma delas (a que mais interessa na sustentação da hipótese), é a dificuldade em modelar e cadastrar os detalhes mais elaborados das arquiteturas clássicas.

As formas complexas exaltadas (Zevi, 1997) nos sistemas de computador da Airplane Division of the Boeing parecem não terem sido incorporadas aos sistemas BIM. Isso não pode

ser atribuído ao computador ou, em melhor termo, à Geometria Computacional, uma vez que há casos em que os softwares CAE foram projetados para utilização na concepção e análise de geometrias complexas. Por outro lado, é possível constatar que, ao se elencarem determinados elementos da construção de edificações do período modernista em diante, como paredes, pisos, janelas e portas para as ferramentas de modelagem BIM, tenha sido criado um dificultador para a criação de geometrias complexas, e, por conseguinte, para o “enriquecimento do léxico”, como pretendia Bruno Zevi.

Uma análise mais detalhada no funcionamento dos softwares BIM, nos avanços da metodologia HBIM, pode fornecer mais pistas sobre as limitações desses softwares e o seu vínculo com o desenvolvimento da construção civil “moderna”. Os aspectos dessa influência podem ser positivos e negativos para a prática do projeto utilizando a metodologia BIM/HBIM; contudo, para um melhor entendimento desses aspectos, será necessário elucidar o que determina que um software possa ser classificado como BIM e como eles geralmente são estruturados.

3.1.5.7 Requisitos para um ser classificado como software BIM

Para definir o que é um software BIM, podem-se listar alguns predicados e suas ausências, pois BIM (Modelagem da Informação da Construção) é, sobretudo, um conceito. Por ser um conceito amplo, diversos autores têm definições próprias e que podem ser discordantes. Não é interesse deste capítulo, no entanto, avaliar diversas opiniões, tampouco aprofundar a questão. Para facilitar a definição, começa-se por determinar **o que não é** um software BIM para, depois, detalhar algumas das principais características de um software BIM. Apesar de amplamente abordado, estas definições são importantes para o entendimento do que é um software BIM e de que as limitações mencionadas para HBIM, excluem softwares que tem como premissa o atendimento a outras indústrias, como foi citada, a indústria de manufatura.

“O termo BIM é uma palavra em voga usada pelos desenvolvedores de software para descrever as capacidades que seus produtos oferecem. Dessa forma, a definição de o que constitui tecnologia BIM está sujeita a variações e confusões. Para lidar com essa confusão, é útil descrever soluções de modelagem que não utilizam tecnologia BIM. Isso inclui ferramentas que criam os tipos de modelos a seguir.

Modelos que contêm somente dados 3D, sem atributos de objetos. Esses modelos podem ser utilizados somente para visualizações gráficas, e não possuem inteligência ao nível do objeto. Eles são bons para visualização, mas não fornecem suporte para integração de dados e análise de projeto.

Modelos sem suporte para comportamento. Esses modelos definem objetos, mas não podem ajustar seu posicionamento ou suas proporções, porque não utilizam inteligência paramétrica. Isso torna as modificações muito trabalhosas e não oferece proteção contra a criação de vistas do modelo inconsistentes ou imprecisas.

Modelos que são compostos de múltiplas referências a arquivos CAD 2D que devem ser combinados para definir a construção. É impossível assegurar que o modelo 3D resultante será factível, consistente, contabilizável e que mostrará inteligência com os objetos nele contidos.

Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas. Isso permite erros no modelo que são muito difíceis de detectar (é similar a substituir uma fórmula por uma entrada manual em uma planilha eletrônica) (Eastman *et al.*, 2014).

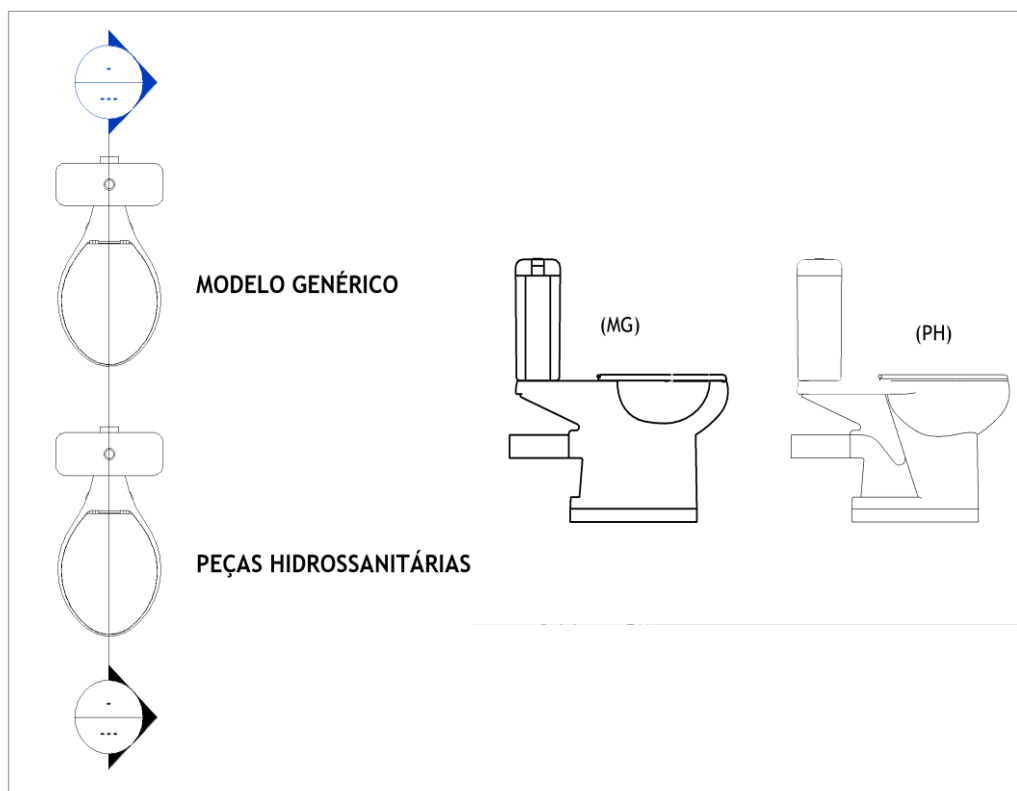
Essa abordagem de Chuck Eastman, ao definir o que não torna um software BIM, facilita o entendimento e permite que se possa contrapor cada característica não desejável com a característica desejável, uma vez que podem ser múltiplas. Nesses termos, serão abordadas algumas características que definem um software BIM através de exemplos do software Autodesk Revit, pois este foi o software utilizado na modelagem do Edifício Acaiaca. Pode-se apresentar tais características contrapondo os argumentos daquilo que não caracteriza o software BIM, na mesma ordem.

Possuir inteligência paramétrica em seus objetos. Os atributos são definidos por parâmetros, que, por sua vez, podem ser definidos pelo usuário. Tais parâmetros permitem análise, pois podem ser desde simples textos atribuídos a determinado elemento, até características da construção ou da geometria, como unidades de força, ângulos, comprimentos, materiais, resistência etc. Além disso, os valores atribuídos aos parâmetros podem ser definidos por fórmulas.

Ter suporte a comportamento, possuir elementos paramétricos que tenham comportamento holístico. Os elementos da construção no Revit, por exemplo, são definidos por categorias como portas, janelas, paredes, pisos, luminárias e peças hidrossanitárias. Essas categorias definem o comportamento dos elementos, bem como a maneira pela qual serão representados. A exemplo de comportamento pode-se citar a inserção automática de uma janela ou de uma porta em uma parede. Ao ser inserida, a porta ou a janela automaticamente recorta a parede, tornando os objetos interdependentes. Ao se excluir a porta ou janela, a abertura que havia na parede é restaurada. Caso seja deletada a parede, a porta ou a janela serão excluídas, por não existir mais a parede, que era sua hospedeira. A exemplo de representação conforme a categoria de determinados objetos, pode-se apresentar a representação das peças hidrossanitárias. Ao utilizar essa categoria na criação de um elemento, como uma bacia sanitária, no momento da criação das vistas, passando-se um corte por esse elemento, mesmo

que seu modelo 3D tenha detalhes internos, o elemento será representado, na vista de corte, como se fosse visto em elevação. Tal inteligência está associada a essa categoria de peças hidrossanitárias. Caso o mesmo elemento seja trocado de categoria, mudando, por exemplo, para a categoria de modelos genéricos, ele será representado partido ao meio. Para trazer mais clareza para esse último exemplo, a figura a seguir apresenta, à esquerda, uma vista em planta com a representação do corte passando por duas bacias sanitárias: a superior, classificada na categoria de modelos genéricos, e a inferior, na categoria correta de peças hidrossanitárias. À direita está a vista de corte, com a representação das duas peças.

Figura 28 – Exemplo de categorização de elementos da construção no Revit



Fonte: elaborada pelo autor.

As vistas que geram a documentação do modelo (as vistas 2D, 3D e tabelas com a listagem de elementos) são sempre a representação fiel do modelo. Usando o exemplo da figura acima, a vista em corte à direita é a representação dos modelos 3D das bacias que estão sendo visualizados em planta à esquerda. Caso os elementos sejam deletados na planta, ele também o será no corte e vice-versa. Complementando o conceito e estendendo para as tabelas (as tabelas também são vistas dos desenhos, pois refletem o que está modelado), caso tenha sido criada uma tabela listando os elementos, haveria dois elementos. Caso qualquer um deles fosse

deletado da tabela, ele também seria em todas as vistas e vice-versa. Isso demonstra a confiabilidade do software, garantindo a consistência de relação entre a modelagem e as documentações, quantificações dos elementos etc.

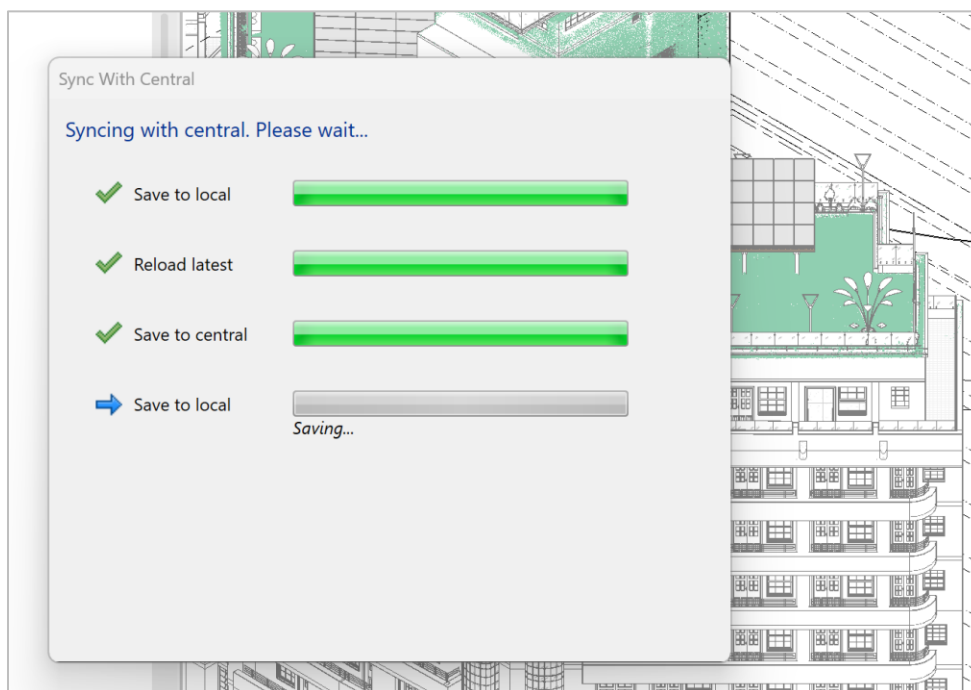
Permitir a colaboração e a interoperabilidade entre diversos softwares BIM. A interoperabilidade permite que os dados sejam compartilhados entre diferentes softwares BIM, facilitando a colaboração entre arquitetos, engenheiros, construtores, gerentes de projetos e outros profissionais envolvidos em um projeto de construção. Para que isso seja possível, são usados padrões de dados definidos e controlados pela Building Smart como IFC (Industry Foundation Classes), BCF (BIM Collaboration Format) e o COBie (Construction Operations Building Information Exchange).

3.1.5.8 Organização modelagem HBIM do edifício Acaiaca

A modelagem do edifício Acaiaca foi iniciada a partir de um levantamento anterior, feito em CAD, por três projetistas – eu e meus dois sócios na empresa Paragram Arquitetura e Consultoria –, e finalizada com a sobreposição das nuvens de pontos. A modelagem foi realizada no software Autodesk Revit versão 2019 e já foi iniciada com o uso de um CDE (Ambiente Comum de Dados), da Autodesk (BIM 360), usando o recurso para trabalho colaborativo (Design Collaboration), fornecido para ser usado juntamente com o CDE. Entre diversos recursos, essa ferramenta de trabalho colaborativo permite que os projetistas trabalhem no mesmo modelo ao mesmo tempo, cada um de sua localidade.

Em linhas gerais, com o Design Collaboration, um modelo chamado “central” fica armazenado em nuvem, no BIM 360, e cada projetista fica com um modelo chamado de “local” em seu computador. Nesse modo de trabalho, cada projetista passa a sincronizar suas modificações com o modelo que está na nuvem. A figura 29, abaixo, apresenta a sequência de sincronização. Inicialmente, o Revit salva o modelo local; em seguida, baixa as últimas modificações que podem ter sido feitas pelos outros projetistas; após, carrega para o modelo central as últimas modificações feitas no modelo local; e, por fim, salva o modelo local novamente, com as atualizações.

Figura 29 – Sincronização de modelos pelo Design Collaboration Autodesk



Fonte: elaborada pelo autor.

Esse processo de modelagem com o modelo em nuvem no CDE oferece outras ferramentas úteis, como a visualização do modelo a partir do browser, com a possibilidade de interações, como análises no modelo com ferramentas de marcação de problemas.

A organização geral para criação do modelo HBIM seguiu as seguintes premissas:

- 1) A modelagem inicial a partir do levantamento anterior, o que agilizaria o processo, pois seria necessário criar muitas “famílias” novas no Revit para uma modelagem com LOD 350 de um edifício histórico, tais como esquadrias, luminárias e guarda-corpos. Além disso, não seriam levantadas todas as unidades, mas apenas as áreas comuns, técnicas e áreas de maior interesse para a reforma que seria realizada após o levantamento.
- 2) Os materiais de acabamento, itens que não dependem da nuvem de pontos, e sim da observação/inspeção no local e o registro fotográfico, também poderiam ser realizados antecipadamente.
- 3) Diante do fato de ser um scanner portátil e da dificuldade em georreferenciar a nuvem de pontos, esta foi planejada do seguinte modo: foi feita a captura dos pavimentos com a caixa de escadas, e, em seguida, a captura de três pavimentos do hall com as caixas de escada. Desse modo, a interligação das nuvens tinha como referência o

modelo criado a partir do levantamento CAD e os levantamentos do hall interligando os pavimentos.

- 4) Todas as informações que não foram levantadas em detalhes no CAD 2D seriam ajustadas e finalizadas com o auxílio da nuvem de pontos.
- 5) Seria utilizado o recurso de fases do Revit para trabalhar com o modelo, considerando o levantamento como a fase existente e deixando o modelo preparado para que novas modificações fossem realizadas em fases posteriores. Não havia a demanda de levantar modificações anteriores e datá-las, como numa inspeção arqueológica.
- 6) Na metodologia do processo de modelagem, optou-se por criar as camadas de composição de pisos e paredes separadas. Essa escolha se deu para facilitar intervenções posteriores, pois, pela metodologia de uso de fases, ao realizar uma modificação para um projeto de reforma, o projetista tem que apresentar o que vai modificar, ou seja, o que vai demolir, o que vai ser novo e o que vai manter. Nesse caso, com as camadas já separadas, na troca de um piso, ou um revestimento de parede, a demolição de um elemento específico facilita o processo.
- 7) A modelagem seria realizada como LOD 350 ou superior, o que exigiu a representação mais fiel possível dos componentes e dos materiais.
- 8) Não havia um projeto estrutural de referência para determinar a estrutura do edifício e não havia recursos ou tempo hábil para essa inspeção. Dessa forma, ficaram registradas no modelo apenas as estruturas possíveis de identificação na nuvem de pontos e pela inspeção visual.
- 9) O mapeamento de danos também não seria repassado ao modelo nesse momento. Este registro seria apenas por fotografias, tanto internas, quanto externas, realizadas pelo drone no processo de aerofotogrametria. A validade de um mapeamento de danos para o modelo HBIM pode ser questionável, devido à complexidade dessa modelagem e à real utilidade de tal processo para a realização da reparação dos danos, uma vez que o registro pode ser realizado de outra maneira. Como mencionado, desde o início o processo foi realizado em um CDE, devendo-se ressaltar que o CDE armazena não só os modelos BIM/HBIM, mas diversos tipos de formatos de arquivos de maneira organizada, com possibilidades de visualização, controle de versões etc., justificando, portanto, que os registros tenham sido armazenados nele.

- 10) Ao final da modelagem, o modelo de arquitetura seria disponibilizado para a equipe de elétrica para que servisse de base para a modelagem da disciplina, facilitando o estudo de interferências e as escolhas projetuais.

Essas premissas refletem as características comuns tanto aos processos BIM como HBIM. A criação de um modelo digital é complexa e demanda muito planejamento, pois o objetivo da criação do modelo é que define o nível de detalhe e as informações que o modelo deve conter.

O processo de levantamento e modelagem completa do edifício pelos três profissionais com bastante experiência em processos BIM foi realizada no período de dois meses, sem dedicação exclusiva. O edifício possui 31 pavimentos, considerando o subsolo, com variações tipológicas entre todos os pavimentos e algumas complexidades para a modelagem que serão relatadas no próximo tópico. O auxílio do CDE e as ferramentas de colaboração em nuvem foram fundamentais para o cumprimento dos prazos. Um dos profissionais estava em São Paulo e os outros dois em Belo Horizonte. A possibilidade de trabalhar em um mesmo projeto à distância, sem nenhum impacto em performance no uso do software foi um diferencial.

Os predicados dessas ferramentas de trabalho é que fornecem as premissas para o desenvolvimento de um CDE exclusivo para HBIM, pois as características inerentes aos edifícios históricos podem ser beneficiadas com essa tecnologia e com o acréscimo de algumas ferramentas que atendam outros critérios e outros objetivos para edifícios históricos.

3.1.5.9 Processo de modelagem utilizando Autodesk Revit

Apesar de um alto nível de acurácia da nuvem de pontos, a modelagem será mais ou menos precisa, devido à capacidade analítica do modelador aliada às possibilidades que o software de modelagem pode oferecer. Ainda não há processos totalmente automatizados para converter a nuvem de pontos em modelos HBIM. Pode-se considerar que ela facilita o processo de levantamento de campo e ao mesmo tempo é um registro preciso daquele momento, podendo, inclusive, ser utilizada posteriormente, considerando os possíveis avanços dos softwares para a conversão de nuvens de pontos diretamente para um modelo HBIM.

As dificuldades de conversão da nuvem para o modelo BIM já foram abordadas por Murphy e Dore (2017) e, em linhas gerais, permanecem sem muito avanço:

- 1) Apesar da velocidade na captura, a modelagem encontra o gargalo de que os softwares BIM que não possuem ferramentas adequadas para a modelagem de edifícios históricos.
- 2) As bibliotecas de elementos paramétricos da construção (BIM) também não dão suporte aos edifícios históricos.
- 3) Algumas ferramentas para conversão automática da nuvem de pontos para o modelo foram desenvolvidas; no entanto, estão limitadas às formas mais simples e planas.
- 4) A modelagem procedural pode fornecer a automatização na geração de geometrias 3D complexas, mas elas ainda são inadequadas para engenharia, pois trabalham com malhas e não sólidos.

A quarta etapa mostra que a nuvem de pontos é uma referência com alta precisão, mas que contém apenas uma pequena parcela da informação do edifício. O levantamento e o cadastramento dessas outras informações é uma grande e importante etapa do processo.

Durante a modelagem do edifício Acaiaca, o software Autodesk Revit estava na versão 2019 – a Autodesk geralmente lança a versão do software considerando o ano posterior. É importante, aqui, abordar a versão do software, pois o software tem avançado com o passar dos anos. As pesquisas feitas por Murphy e Dore (2017) foram concentradas no software BIM ArchiCAD¹², e, apesar de o Revit ser um software desenvolvido por outra empresa, as observações acima são válidas para ele – e isso ficará mais claro à medida que forem abordados dos processos utilizados no edifício.

A folha de desenho, que compõe a figura 30 a seguir, foi um dos produtos de entrega ao final da modelagem. Ela contém duas elevações do edifício (elevação frontal da av. Afonso Pena e elevação lateral da rua Espírito Santo) e uma perspectiva com visada da Afonso Pena com Espírito Santo. Esta figura está sendo apresentada como resultado da modelagem, para tornar mais clara a dimensão do projeto e o seu nível de complexidade. Podem ser observadas as duas efígies dos índios no edifício, que foram resultado da conversão do software Agsoft, ajuste e reconversão no software Autodesk 3dsMax e, posteriormente, de conversão para o Revit no formato .rfa, que foi apresentada em maiores detalhes no tópico anterior (3.1.5.1).

¹² O ArchiCAD é um software de modelagem de informação de construção (BIM) desenvolvido pela Graphisoft. Ele é usado por arquitetos, engenheiros e designers para criar projetos de construção detalhados em um ambiente virtual 3D. O ArchiCAD permite aos usuários criar modelos BIM completos, incluindo elementos arquitetônicos, estruturais e detalhes construtivos. Ele oferece funcionalidades avançadas para design, documentação, visualização e colaboração, permitindo aos profissionais da construção criar e gerenciar projetos de forma eficiente e precisa. O ArchiCAD é conhecido por sua interface intuitiva, poderosas ferramentas de modelagem e integração com outros softwares BIM e fluxos de trabalho.

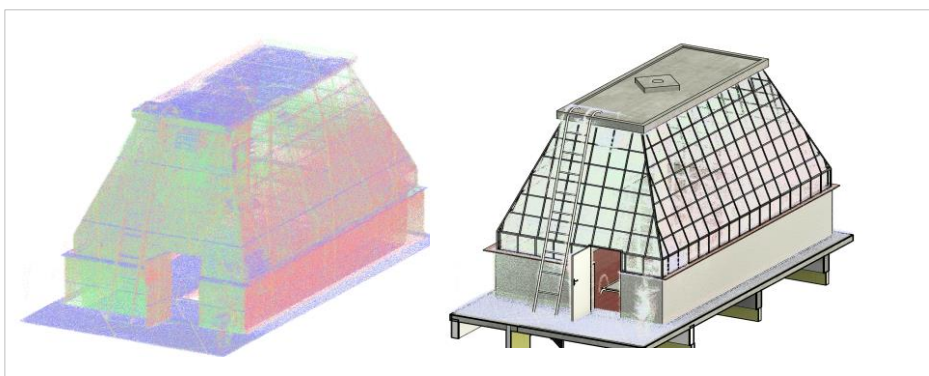
Figura 30 – Folha de desenho contendo duas elevações e um vista em perspectiva do modelo HBIM do Edifício Acaiaca



Fonte: elaborada pelo autor.

Outro ponto de atenção na figura 30, considerando detalhes da fachada, são as cúpulas de vidro, que iniciam no pavimento 14 e vão até o pavimento 26; e outra, modelada no pavimento 30, ao topo do edifício. Essas cúpulas, construídas em perfis metálicos em “T” de pequena espessura (3/8”) e vidro, já sofreram deformação e desgaste com o tempo. Dessa forma, a modelagem de cada perfil, com a dimensão de cada vidro, seria de todo irrelevante para os objetivos da modelagem e demandaria um trabalho longo e minucioso.

Figura 31 - Detalhe da cúpula do pavto 30, nuvem de pontos e modelagem

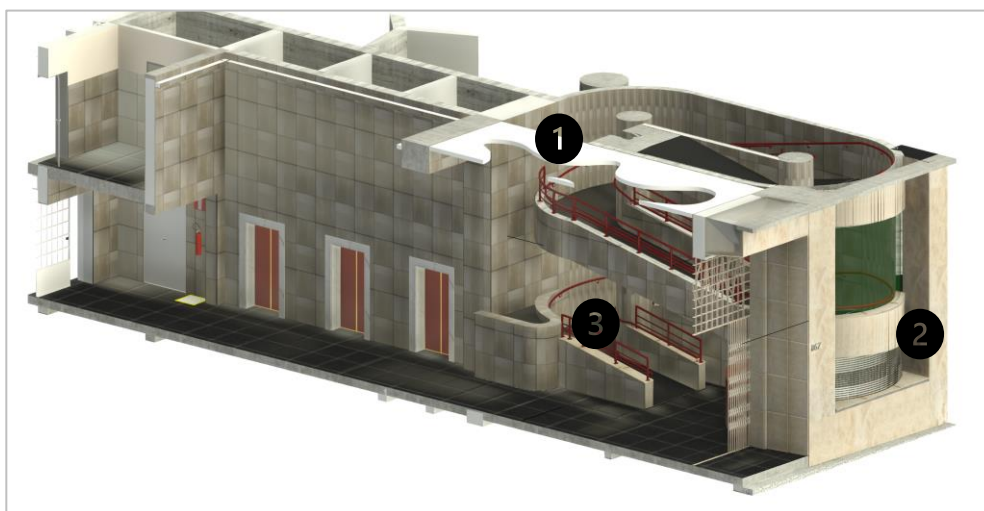


Fonte: elaborada pelo autor.

Como pode ser observado na figura acima, com a nuvem de pontos à esquerda e a modelagem e a nuvem de pontos sobreposta à direita, a modelagem respeita os limites geométricos; no entanto, as divisões dos perfis que dividem os acomodam com a aproximação da divisão encontrada na nuvem, sem seguir um detalhe mais fino e os ajustes que foram feitos durante a construção da cúpula. Da mesma forma foi feita a modelagem das cúpulas maiores, que seguem do 14º ao 26º pavimento.

Internamente, uma modelagem de pouca complexidade, mas que dificilmente seria levantada com o uso de métodos tradicionais, sem o auxílio da nuvem de pontos, possibilitou uma qualidade muito boa de aproximação geométrica com o real e uma boa qualidade na representação gráfica com a aplicação das texturas dos materiais, foi o hall térreo, um ponto de destaque do edifício pela sua qualidade arquitetônica. A figura a seguir apresenta o mesmo trecho da figura anterior, que apresentava as características da nuvem de pontos.

Figura 32 – Vista axonométrica em recorte dos detalhes do hall térreo do edifício Acaica



Fonte: elaborada pelo autor.

A figura 32 elucida alguns detalhes que seriam muito complexos de modelar geometricamente de forma próxima do real sem o auxílio de sobreposição da nuvem de pontos. O primeiro deles é o forro ameboide (1) branco. A dificuldade de fazer um levantamento preciso se dá pelo simples fato de que ele está instalado em um pé direito duplo. O outro é que sua forma ameboide dificultaria a medição mesmo que ele estivesse ao alcance das mãos. O auxílio de fotografias poderia ajudar, com a dificuldade das distorções de perspectiva que a foto teria. Por todos esses pontos, fica claro que a sobreposição da nuvem de pontos foi fundamental para a precisão da modelagem. Outro ponto de atenção na modelagem foi a fachada curva com os

vidros curvos (2). Além de curva, essa fachada inicia com uma dimensão menor à esquerda e termina maior à direita. O mármore da fachada nessa região foi cortado em filetes de 10 cm para acompanhar esta curvatura, sendo que cada pedra possuía uma altura diferente para encaixar nessa variação de dimensões. Por fim, há a rampa (3), que a partir da nuvem, foi modelada com correta inclinação correta e, além disso, a nuvem permitiu que fosse modelado o forro em concreto, que possui alguns detalhes que seriam complexos de levantar. Quanto ao guarda-corpo, apesar de ter ficado próximo ao original na aparência, sua geometria não segue exatamente a nuvem de pontos: por ser uma ferramenta paramétrica do Revit, que segue uma lógica que simplifica sua criação, ele possui algumas limitações que dificultariam a modelagem exata. Seria possível modelar exatamente o que estava levantado na nuvem, com muitas horas de trabalho, modelando cada trecho em separado. Além dos pontos de modelagem, é possível observar que as texturas foram aplicadas a partir das fotografias tiradas com o intuito de texturizar os materiais que seriam aplicados no modelo.

Essas estruturas, aparentemente simples, demandam esforços que corroboram com as observações de Murphy e Dore (2017) de que, apesar da velocidade na captura das nuvens de pontos, a modelagem encontra o gargalo porque os softwares BIM não possuem ferramentas adequadas para a modelagem de edifícios históricos. Nesse ponto, cabe lembrar que essas limitações dos softwares de modelagem BIM não se restringem a edifícios históricos: dentro da experiência que possuo, tanto na implementação da tecnologia BIM, quanto na prática projetual, algumas dessas limitações também existem para projetos de novos edifícios. Para confirmar esta afirmação, o trecho abaixo extraído do Manual BIM, de Eastman, Telcholz, Sacks e Liston, traz uma breve consideração sobre as limitações do Revit e do ArchiCAD, duas ferramentas líderes desse mercado.

Pontos fracos do Revit: O Revit é um sistema baseado em memória, o que o faz ficar significativamente mais lento para projetos maiores que cerca de 220 megabytes. Ele possui limitações de regras paramétricas que lidam com ângulos. Ele também não suporta superfícies curvas complexas, o que limita sua habilidade de dar suporte a projetos com elas ou referências a esse tipo de superfícies.

Pontos fracos do ArchiCAD: Tem certas limitações em suas capacidades de modelagem paramétrica, não suportando regras de atualização entre objetos em uma montagem ou aplicação de operações booleanas entre objetos (Khemlani, 2006). Apesar de o ArchiCAD ser um sistema baseado em memória, podendo encontrar problemas com projetos grandes, ele possui modos efetivos de gerenciar tais projetos; ele pode repartir os projetos grandes em módulos, para que se possa gerenciá-los (Eastman; Telcholz; Sacks; Liston, 2014).

Embora a citação seja antiga, esses softwares evoluíram pouco nos pontos destacados pelos autores: tanto o Revit quanto o ArchiCAD são softwares baseados em memória. Para elucidar esse termo, isso significa que o projeto é armazenado como um único arquivo, de modo que, ao se executar o software, ele tem que alocar e gerenciar a memória quando carregar o arquivo. O modelo HBIM do edifício Acaiaca, ao final da modelagem, estava com 701,276 KBytes, ou seja, quase 1 GB. Isso exige computadores com grande capacidade de processamento, memória e processamento gráfico. Existem outros softwares BIM, como o Tekla¹³, da empresa finlandesa Trimble, desenvolvido para projetos estruturais, que utilizam um sistema baseado em arquivos. Isso significa que ao invés de se ter um único arquivo para o projeto, tem-se uma pasta com vários arquivos. Dessa forma, ao abrir o projeto, o software parte de um arquivo ponteiro e carrega os arquivos à medida que é necessário. Isso libera a memória do computador, aumentando a velocidade de processamento e permitindo, com isso, trabalhar com grandes projetos sem gargalos.

Quanto à capacidade de trabalhar com curvas complexas no Revit e à dificuldade com os componentes paramétricos tanto no Revit, quanto no ArchiCAD, não houve muita evolução: o Revit trabalha com esse conceito de forma mais simples, o que permite criar a modelagem e parametrização das famílias sem a necessidade de conhecimento de linguagens de programação de computadores. O ArchiCAD, por sua vez, tem uma ampla capacidade de criar os componentes comuns da construção utilizando a interface interna do software; porém, para personalizar componentes paramétricos, é necessário conhecer a linguagem de programação GDL (Graphisoft Design Language) específica do ArchiCAD, que permite definir geometrias e comportamentos dos elementos.

Dentro da categoria de softwares BIM dedicados a AECO (arquitetura, engenharia, construção e operação), existem softwares com maior ou menor capacidade para lidar com grandes projetos, curvas complexas e parametrizações. Cada um deles possui vantagens e desvantagens, variando desde custo, performance, adequação aos objetivos, possibilidade de personalização, até curva de aprendizado. Todos esses quesitos são importantes e devem ser levados em conta na decisão de aquisição.

¹³ O Tekla é uma solução de modelagem de informação de construção (BIM) desenvolvida pela Trimble. Ele é amplamente utilizado na indústria da construção para criar, gerenciar e colaborar em modelos 3D detalhados de estruturas de concreto, aço e madeira. O Tekla oferece funcionalidades avançadas para criar modelos precisos e detalhados, gerar documentação de construção, realizar análises estruturais e coordenar com outras disciplinas de projeto. Ele é conhecido por sua capacidade de melhorar a eficiência, precisão e colaboração em projetos de construção de todos os tamanhos e complexidades.

A parametrização das famílias do Revit para a modelagem do edifício Acaiaca, outro gargalo apontado por Murphy e Dore (2017) e Eastman, Telcholz, Sacks e Liston (2014), foi relativamente simples. Simples na medida em que o Acaiaca é um edifício Art Decó e, na época de sua construção, o modernismo e muitos avanços da racionalização da construção já eram comuns. Os únicos elementos históricos que exigiram a parametrização de suas características geométricas foram as esquadrias, os guarda-corpos e as escadas. Não havia, por exemplo, a necessidade de parametrização geométrica de elementos históricos de outros períodos, como uma coluna jônica, dórica, coríntia, com suas características decorativas, e tampouco a necessidade de entender e replicar a lógica dessas ordens que foram exploradas por Vitruvius – o que, por sinal é um dos temas explorados por Murphy, que tem apresentado resultados interessantes utilizando o software ArchiCAD, através de análise em softwares procedurais (que trabalham com malhas e geralmente são voltados para a indústria de mídias e entretenimento). Em sua tese, ele olha para arquitetura clássica de Dublin do período entre 1700 e 1830, buscando desenvolver as regras dos objetos paramétricos com base nas ordens documentadas em manuscritos como os de Vitruvius, Alberti's, Sebastiano Serlio, Giacomo Vignola, Andrea Palladio (Murphy, 2012).

Trabalhando com o Revit, a criação de componentes parametrizados muito específicos, como é necessário para os projetos de edifícios históricos clássicos, o conhecimento dos processos de parametrização das famílias deve ser mais avançado, com a necessidade de explorar a criação de fórmulas, famílias de massa adaptativa, uso de linhas e planos de referência etc.

Como exemplo de desenvolvimento de famílias que envolvem o mesmo tipo de arquitetura abordadas no trabalho de Murphy, é possível citar Paul F. Aubin, que desenvolveu um curso vendido na plataforma do Linked-in Learning com base em sua experiência de consultoria; ou, ainda, cursos e criação de livros técnicos no uso de ferramentas BIM, nomeados de “Project Soane”, de autoria do arquiteto que trabalhou em Londres no século XIX e que foi responsável pelo projeto do banco da Inglaterra, construído no período entre 1788 e 1827. Ele utiliza este projeto como exemplo para a criação de famílias paramétricas de um frontão com colunas clássicas coríntias e outros detalhes que restaram deste antigo (Aubin, 2015). Outra referência de seu trabalho foi o livro lançado por ele em 2013, no qual explora as ordens clássicas, com o título de *Renaissance Revit: Creating Classical Architecture with Modern Software* (Aubin, 2013).

A parametrização de componentes ou “famílias” nos softwares de modelagem BIM, entre outras coisas, permite flexibilizar o projeto, possibilitando que os usuários personalizem os objetos BIM de acordo com as necessidades específicas do projeto. Isso inclui a capacidade de alterar dimensões, materiais, detalhes e outros atributos para atender aos requisitos de projeto. Atender a padrões de projeto e construção consistentes dentro de um projeto, organização ou setor. A parametrização ajuda a garantir que os objetos BIM sigam diretrizes e normas específicas, facilitando a colaboração e a interoperabilidade entre as diferentes partes interessadas. Por aumentar a eficiência ao reduzir o tempo gasto para criar e modificar elementos de construção, a parametrização evita a necessidade de redesenhar repetidas vezes componentes comuns, fornecendo recursos de análise e visualização de diferentes opções de projeto. Assim, com as capacidades de parametrização geométricas, de materiais, de comportamento, de relações entre objetos e de informações da construção, a parametrização e o conhecimento a seu respeito são fundamentais para o aproveitamento dos recursos BIM.

Entretanto, esse conhecimento e a utilização dos recursos da parametrização devem estar aliados aos objetivos do projeto, para que não seja dispendido tempo com parametrizações desnecessárias ao projeto. Isto é, não é porque um componente tem 100 tipos de informações que todas elas devem ser cadastradas. Do mesmo modo, não é necessário criar todos os detalhes geométricos se não forem úteis ao projeto; também não é útil parametrizar a geometria de um objeto que não irá sofrer alterações ou cujo dimensional seja necessário em uma tabela.

A exemplo dos elementos criados no modelo HBIM do edifício Acaiaca, há as efígies dos índios, que, por serem elementos únicos no projeto, não podem ser reutilizadas em nenhum outro projeto. Por possuir características orgânicas, seria perda de tempo imaginar a parametrização geométrica desse componente, de modo que ele não seria redimensionado. As informações da construção que seriam necessárias ao projeto são sua forma, dimensão e material utilizado. Estendendo as propriedades de informação ao HBIM, poderiam ser acrescentadas as informações sobre quem as concebeu, a data de sua construção, anedotas sobre o fato e outras que possam caracterizá-la como objeto único. As dimensões exatas estão registradas na nuvem de pontos, e, no caso da criação de uma réplica, seria necessária a conversão para um software que trabalhasse com malhas e o posterior tratamento de sua superfície para que fosse possível criar um molde ou a impressão 3D. Pode-se concluir, assim, que a decisão de parametrização de um objeto e as informações da construção ou históricas dependem exclusivamente dos objetivos que essas mesmas informações têm para o projeto.

Como já mencionado, um dos componentes que exigiram maior nível de parametrização do ponto de vista geométrico foram as esquadrias, que, por serem pouco usuais atualmente, tiveram que ser todas criadas para o projeto. A necessidade de parametrização geométrica, nesse caso, é clara, pois um mesmo tipo de esquadria se repete com várias dimensões no projeto, a exemplo de uma janela guilhotina de madeira que está presente em toda a fachada do edifício com diversas dimensões. Outro fator relevante para parametrização é o fato de que, apesar de não serem tão usuais atualmente, elas ainda são usadas com menor frequência e poderiam ser utilizadas em outros projetos de edifícios históricos.

Outro ponto interessante a ser observado é que a decisão sobre a parametrização leva em conta a relação de tempo nela despendido, o tempo planejado para o projeto e a utilidade daquela parametrização para os objetivos do projeto a curto e a longo prazo (pensando no conceito de ciclo de vida BIM), na relação com outros colaboradores etc. Isso está relacionado com o conceito de BEP, que é o “Plano de Execução BIM” (em inglês, BIM Execution Plan). Também é importante lembrar que além da decisão de parametrizar está aquela de definir o nível de detalhe do elemento, ou LOD (em inglês, Level of Detail). Esse é outro entre os principais conceitos comumente levados em conta na definição do BEP.

Esses conceitos definidos nos processos BIM, como BEP e LOD, entre outros não discutidos nesta etapa, têm uma estrutura que pode ser suficiente para elaborar um plano de execução para um projeto que envolve edifícios históricos, desde que sejam adicionados os objetivos do projeto que se envolvem com a esfera do patrimônio histórico, da conservação e do restauro.

No momento do levantamento não se tinha toda a clareza do uso que seria feito do modelo; entretanto, o que estava claro, naquele momento, era que o modelo não precisava ser alimentado com todas as informações no início do processo para a geração de um modelo vivo dentro do conceito de ciclo de vida do BIM, e que ele poderia ser atualizado ao longo do tempo.

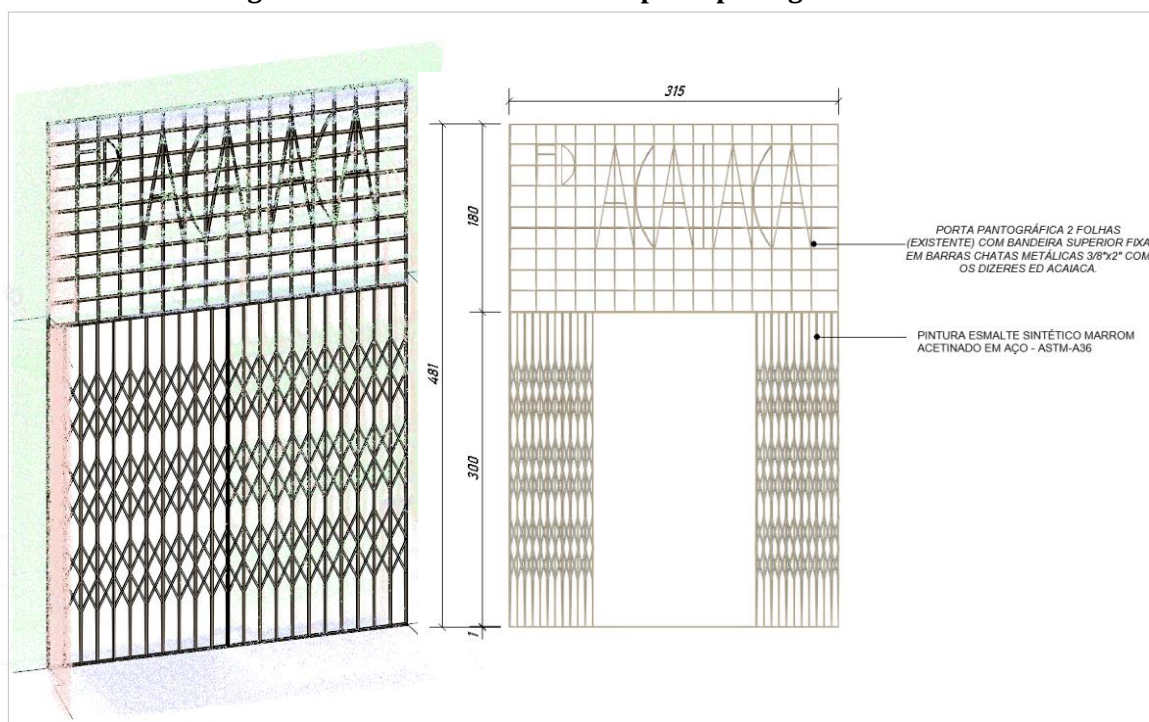
Seguindo a lógica e as práticas mencionadas acima, o processo de modelagem foi focado no prazo e, por isso, considerou-se o LOD 350 ou superior. Nesse momento não seriam levantados dados históricos do edifício, já que a empresa que liderava o projeto tinha como objetivo a realização do projeto elétrico com interesse de aproveitar referência arquitetônica que fosse mais fidedigna possível ao construído.

Essas premissas foram de certo modo ampliadas pela equipe de arquitetura ao sugerir o levantamento da fachada por drone e por ter incluído em seu custo, sem repassar para o contrato, o levantamento interno que foi realizado por laser scanner.

Na definição do plano de execução BIM para o modelo de arquitetura, sendo também de sua responsabilidade, tal qual a determinação de camadas para pisos e paredes, decidiu-se parametrizar as famílias e elevar o máximo que fosse possível o LOD dentro do prazo do levantamento. Outro ponto importante foi que desde o início foi considerado o uso do CDE BIM 360 que a empresa de arquitetura já utilizava em outros projetos, igualmente sem repassar tais custos ao contrato. Assim, os dados de levantamento, fotos, informações, relatórios, nuvens de pontos etc. ficaram armazenados no CDE juntamente com o modelo HBIM.

As figuras seguintes apresentam algumas dessas famílias parametrizadas, e, em seguida, são apresentados alguns detalhes dessas parametrizações, sendo que a maioria das famílias que sofreram parametrizações envolvendo geometria foram as janelas, portas e portões. Outras famílias como bancadas de pias, lavatórios, equipamentos sanitários, luminárias, paredes, pisos, guarda-corpos, escadas, rodapés, telhados, vigas, pilares de concreto ou madeira seguiram obedecendo a geometria e com uma facilidade maior de parametrização geométrica, quando necessário.

Figura 33 - Detalhe da família de porta pantográfica



Fonte: elaborada pelo autor.

A figura 33 apresenta um detalhe à esquerda da porta fechada com a nuvem de pontos sobreposta. À direita, há a família da porta aberta, sem a nuvem de pontos. O LOD para essa família pode estar entre 400 e 500.

O LOD é um conceito, de modo que devem ser consideradas as questões que envolvem a prática de cada disciplina, agente ou processo. Em linhas gerais, o LOD é estimado da seguinte forma.

LOD 100: Este é o nível mais básico de desenvolvimento. No LOD 100, o modelo BIM é representado por formas geométricas simples, como caixas, cilindros ou esferas. Não há informações específicas sobre os elementos construtivos ou componentes.

LOD 200: No LOD 200, o modelo começa a incluir informações adicionais sobre os elementos construtivos. Isso pode incluir dimensões aproximadas, formas específicas e características gerais dos componentes, mas ainda não há detalhes específicos sobre materiais ou especificações.

LOD 300: Neste nível, o modelo BIM é mais detalhado. Ele inclui informações sobre os materiais dos elementos, dimensões precisas e outras características específicas, permitindo uma representação mais precisa dos componentes do projeto.

LOD 350: No LOD 350, o modelo é ainda mais detalhado e inclui informações adicionais sobre a fabricação e montagem dos elementos. Isso pode incluir detalhes como juntas, conexões e fixações, permitindo uma compreensão mais completa de como os elementos serão construídos e montados. Outra importante marca deste LOD é a compatibilização dos objetos em análises e compatibilizações entre as disciplinas de projeto.

LOD 400: Neste nível de desenvolvimento o modelo BIM inclui informações detalhadas o suficiente para apoiar a fabricação dos componentes. Isso pode incluir especificações exatas de materiais, detalhes de fabricação e informações de montagem, possibilitando a produção de elementos construtivos com base no modelo.

LOD 500: Representa um modelo BIM que caracteriza o projeto após o “as built” ou conforme construído e isto pode incluir informações adicionais que poderiam auxiliar na operação e manutenção do edifício ao longo de seu ciclo de vida.

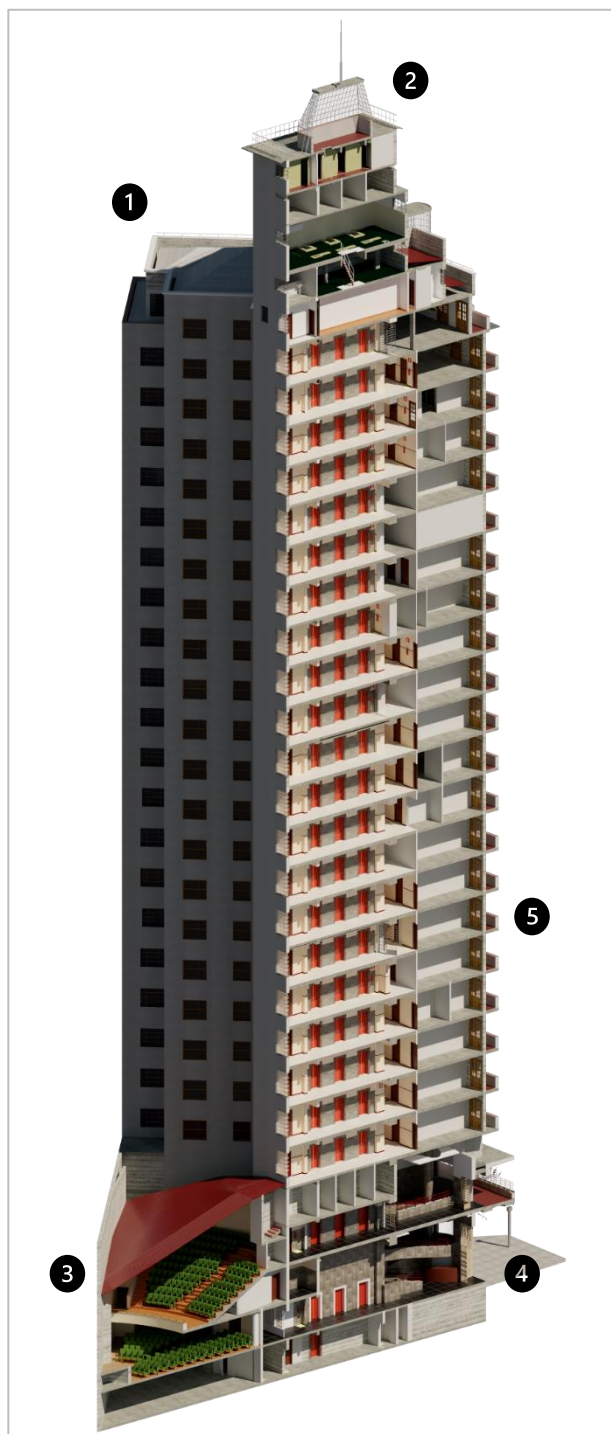
A partir disso, é possível considerar a família da porta nesse nível de LOD 400, pois nos processos projetuais e construtivos adotados a arquitetura geralmente não detalha todos os elementos de uma esquadria para a fabricação: os itens que compõem uma esquadria podem ser indicados, mas o detalhamento com a dimensão exata de uma dobradiça, uma maçaneta etc., geralmente não é desenhado. Considerando as premissas, é possível aceitar que os detalhes apresentados na família são suficientes para sua fabricação. Para considerar o LOD 500, basta adicionar as informações para operação e manutenção do edifício, podendo-se utilizar ou não o formato padrão de apoio para isto o “COBie”. O modelo HBIM do edifício Acaiaca tornou-se

um modelo vivo, ainda em uso, e nele há informações que são utilizadas em todas as intervenções, como será apresentado ao longo deste trabalho.

O compromisso da arquitetura não se limita ao edifício. Ela se envolve com as artes, com a história, com a sociedade, com o urbano e com a engenharia. Isso faz com que o arquiteto, ao navegar por essas disciplinas, deva considerar importantes alguns aspectos que vão além do simples “Level of Detail”. Além disso, também obriga o arquiteto a estender suas pesquisas e a utilizar diversos recursos de “convencimento”, sobretudo a tentativa de representar a materialidade do que se está projetando de forma mais atrativa. Nesse sentido, pode-se observar no modelo HBIM do Acaiaca que essa preocupação, que poderia estar alinhada ao que Salvador Muñoz Viñas (2021) denominou “o simbolismo dos objetos de Restauração, também norteou a modelagem.

Esse aspecto, juntamente com os detalhes precisos auxiliados pela utilização da nuvem de pontos e o armazenamento em um CDE, tornou o modelo HBIM do edifício muito útil. A imagem a seguir traz um corte isométrico do modelo, onde estão assinalados os pontos mais importantes em usos posteriores ao levantamento.

Figura 34 – Corte isométrico do edifício Acaiaca na linha da caixa de escada



Fonte: elaborada pelo autor.

Após a modelagem HBIM de levantamento, o projeto seguiu em frente com as diretrizes do plano diretor, como será detalhado no próximo tópico. Os itens numerados na figura acima são aqueles que tiveram relevância nas fases posteriores de projeto e obra. De acordo com a numeração na figura, seguem as observações:

- 1) A nuvem de pontos capturada do telhado permitiu modelar as águas, o engradamento de madeira existente e as vigas invertidas de concreto que apoiavam o engradamento e sustentam a laje do pavimento 25. Essa precisão ajudou no processo de aprovação, detalhamento e obra posterior, aprovada no patrimônio histórico em 2020;
- 2) O detalhamento da laje do 30º pavimento, com as vigas que apoiam essa laje, todas presentes na nuvem de pontos, tornou possível a realização da proposta para o mirante 360º, aprovada em 2020;
- 3) O detalhamento preciso do antigo cinema permitiu fazer diversas análises juntamente com a empresa que desenvolveu o dimensionamento e o cálculo estrutural da escada metálica externa, auxiliando na aprovação do projeto arquitetônico aprovado em 2020, no patrimônio;
- 4) O detalhamento da fachada do térreo e do hall foi importante para o detalhamento e aprovação do projeto de restauro da fachada e do hall, aprovado pelo patrimônio histórico em 2022;
- 5) Todo o modelo permitiu um levantamento preciso de diversos itens para o projeto, orçamentação e obras, com a precisão de levantamento de áreas, materiais, criação de planos de Rigging¹⁴ etc.

Além desses aspectos que são muito relevantes para projeto e obra, o refino dos materiais e da representação do modelo auxiliou em diversas apresentações o conselho administrativo do condomínio, inclusive com auxílio de óculos de realidade virtual, na escolha da melhor proposta de projeto do ponto de vista estético e financeiro.

3.1.5.10 Conclusões sobre o processo de levantamento e modelagem HBIM

Durante este capítulo foi relatada a experiência com o Acaiaca, e, a partir dela, foram apontadas algumas referências sobre o assunto e uma hipótese. Este capítulo busca mostrar o processo com o foco técnico do HBIM, que cria a possibilidade de se ter um modelo vivo para um prédio histórico em uso. Pela extensão do capítulo e pela importância dos temas abordados, um resumo com algumas conclusões ajudará a embasar a proposta de um CDE para HBIM.

¹⁴ O Plano de Rigging é um documento elaborado para planejar uma operação de movimentação de carga utilizando guindaste móvel, visando a otimização dos recursos aplicados na operação e determinar todas as fases da operação.

- 1) O levantamento por aerofotogrametria ou laser scanner não pode ser excluído do processo. Não é possível chegar a um detalhe tão preciso na modelagem sem o auxílio desses recursos. Isso foi comprovado tanto no caso das efígies dos índios na fachada, quanto nos detalhes dos forros em pé direito duplo. Do voo de drone ainda se aproveitou o recurso das fotos de alta definição para o mapeamento de danos. Além disso, a nuvem de pontos fica como uma referência ativa no modelo e no CDE, podendo ser utilizada para refinar qualquer detalhe que não foi possível em dado momento, ou para validar se a modelagem ficou correta.
- 2) A conclusão que Murphy e Dore (2017) chegaram no artigo que publicaram em 2017, de que os softwares BIM ainda são o gargalo para a modelagem por não possuírem ferramentas para dar suporte a edifícios históricos, continua a ser verdadeira. Nesse ponto, ressalta-se a hipótese apresentada de que a arquitetura moderna pela industrialização influenciou a criação dos softwares BIM, e estes só contemplam ferramentas e inteligência computacional para a criação de elementos da construção atuais.
- 3) Também continua verdadeira a afirmação de que as bibliotecas de elementos paramétricos não dão suporte a edifícios históricos. Entretanto, aqui deve ser apontado que as bibliotecas paramétricas também não são completas para edifícios novos, apesar de serem disponíveis em maiores quantidades. De certa maneira, cabe avaliar o objetivo de se ter uma coluna jônica paramétrica em um modelo HBIM, dada a complexidade de sua criação. No caso do Acaiaca, optou-se por uma conversão direta utilizando o Agsoft e o 3dsMax para adequar as efígies a um formato compatível com o Revit, considerando que se trata de elementos estáticos e que não se repetem no projeto. A representação desse modelo seria insuficiente para uma apresentação 3D realista, mas para a representação de projeto foi suficiente. Os detalhes complexos e finos de uma coluna da arquitetura clássica também poderiam se valer desse artifício. O impacto é sempre no tempo para o desenvolvimento de uma proposta ou outra. Outra perspectiva de grande relevância que deve ser avaliada, considerando os últimos avanços em softwares com integração de ferramentas de inteligência artificial, é a abordagem de tratamento e classificação da nuvem de

pontos. Recentemente houve o lançamento do POINTLY¹⁵, um software com recursos de IA que é capaz de identificar e classificar os objetos na nuvem de pontos, permitindo a exportação desses elementos separadamente e sua vetorização para CAD. Esse software ou plataforma trabalha diretamente no browser na internet, similar às aplicações CDE. A classificação dos elementos na nuvem pode ser um ponto de evolução nos processos, talvez eliminando a necessidade de conversão de toda a nuvem para um modelo HBIM.

- 4) A afirmação de que existem ferramentas de conversão automática de nuvem de pontos para modelo são limitadas às formas mais simples e planas também se mantem verdadeira. As próprias fabricantes de laser scanners, como a Faro, se encarregam de desenvolver ferramentas com esse objetivo. Estas ferramentas geralmente são APIs (em inglês, Application Programming Interface) que permitem interagir com os softwares BIM. No caso do Acaiaca, pela simplicidade do projeto não houve a necessidade o uso desse tipo de ferramenta, haja vista que não existe ainda uma ferramenta que faça a conversão total e automática da nuvem para o modelo HBIM. Na loja da Autodesk online é possível encontrar algumas aplicações para facilitar a manipulação e modelagem com nuvens de pontos.
- 5) A observação de que softwares procedurais podem fornecer automatizações na geração de geometrias 3D complexas, mas ainda inadequadas para engenharia por trabalharem com malha, é válida e, de certa forma, interessante. Os softwares procedurais, como o Blender, permitem a modelagem orgânica, com uma precisão que não é impossível de se chegar com um software de engenharia ou BIM que trabalhe com sólidos. No modelo do HBIM do Acaiaca, em um momento posterior ao levantamento, foi utilizado o Blender para uma modelagem das efígies a fim de melhorar a apresentação, sem, contudo, haver maior preocupação com a precisão geométrica das efígies e deste modo avaliando qual seria a dificuldade de reprodução da realidade, caso não houvesse o levantamento por nuvem de pontos. As figuras a seguir apresentam as duas propostas: acima, a efígie convertida; abaixo, a efígie

¹⁵ POINTLY Point out what matters, é uma Plataforma de serviços em nuvem para classificação, tratamento e vetorização de nuvens de pontos, acessada a partir de um browser. Esta plataforma oferece diversas ferramentas para – etiquetagem “Labeling” onde ela oferece o serviço de etiquetagem a ser realizado pela equipe dela. O serviço de classificação personalizado “Custom Classifiers” onde a classificação é realizada por IA pode ser treinada para os seus objetivos. Classificação automática “Automatic Point Cloud Classification” e pôr fim a exportação automática ou “vetorização” para CAD. Tradução própria. Disponível em: <https://pointly.ai/pointly-3d-point-cloud-services/#labeling>. Acesso em 27 de fevereiro de 2024.

modelada no Blender, utilizando como referência apenas as fotos da efígie. É possível ver que a efígie modelada a partir de uma foto não representa a realidade. Apesar da facilidade de modelagem em um software como o Blender, a modelagem a partir de fotos depende da capacidade artística do modelador e dificilmente representaria com precisão a realidade. Apesar disso, artisticamente, foi mantida nas apresentações do projeto.

Figura 35 – Efígie dos índios convertida no software Agsoft



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 36 – Efígie dos índios modelada no Blender



Fonte: elaborado pelo autor.

3.1.6 Projetos e obras em um modelo vivo HBIM

Após a conclusão do levantamento arquitetônico HBIM, a empresa de arquitetura foi contratada para fazer o projeto arquitetônico incorporando as propostas do plano diretor aprovado em 2017 e a escada externa aprovada pelo corpo de bombeiros em 2019. Após a

aprovação dos projetos, a empresa foi contratada para realizar a gestão das obras de revitalização.

O desenvolvimento deste projeto a partir de um modelo HBIM, utilizando um CDE, trouxe várias vantagens ao processo, que incluem:

- 1) Facilidade para analisar o projeto por muitas perspectivas: visualização refinada da proposta, maior capacidade na análise de impactos na edificação, assertividade nos levantamentos para orçamento, possibilidades de simulação de propostas etc.
- 2) Melhor interface com as outras disciplinas de projeto, tanto na verificação de interferências, quanto nos estudos das propostas.
- 3) Capacidade de manter o registro do existente com a visualização precisa e a quantificação do que será necessário demolir, manter, restaurar ou construir.
- 4) Utilização do CDE para registro dos dados complementares, como processos de orçamentação, registros fotográficos ou vídeo, processos de aprovação de projeto, de orçamento, modelo HBIM, nuvens de pontos etc., com o controle preciso de revisões e versões dos arquivos, controle de acesso, visualização e colaboração utilizando o browser com vínculo direto dos arquivos locais do computador de cada usuário que tem acesso ao ambiente comum de dados.
- 5) Levantamento rápido e preciso de áreas, volumes e materiais para demandas do condomínio na reforma ou orçamentação de itens que não faziam parte do projeto que estava em andamento.
- 6) Melhor apresentação de projeto final e memorial descritivo, facilitando a aprovação de projeto no patrimônio histórico e cultural.

Na apresentação dos processos de projeto, serão identificados diversos aspectos que respaldam as vantagens de um Ambiente de Dados Comuns integrado às ferramentas típicas dos processos BIM, as quais facilitam os procedimentos relacionados ao HBIM (Modelagem de Informação da Construção Histórica). Essas considerações, apresentadas ao longo da proposta de projeto para a aprovação pelas autoridades responsáveis pelo patrimônio histórico, devem sustentar várias sugestões relacionadas à concepção e adaptação de ferramentas de um modelo de negócios para um CDE, direcionado e aplicável tanto ao BIM quanto ao HBIM. Isso ampliará as possibilidades disponíveis e os recursos necessários nos processos de registro, documentação histórica, cultural e gestão de bens tombados.

A proposta inicial para o patrimônio histórico e cultural visava a inserção da escada externa do projeto de SPCI para obtenção do ACVB e a requalificação do edifício conforme o

plano diretor. Essa proposta abordava a implantação da escada externa e a criação do mirante 360° no último andar do edifício. Nas próximas páginas, serão apresentadas as figuras do edifício na fase de levantamento e na fase proposta em projeto, seguidas do detalhamento dos principais processos utilizados, facilitadores na criação da proposta, e das obras realizadas.

Figura 37 – Mosaico de imagens das visadas de "antes" e "depois" do edifício



Fonte: elaborada pelo autor.

O mosaico de imagens da figura 37 apresenta as imagens de duas visadas – as duas imagens superiores (visada da av. Afonso Pena) e as duas inferiores (visada da rua Tamoios). Elas apresentam uma ideia geral do projeto como um “antes e depois” para facilitar o entendimento dos processos e a utilidade de um modelo HBIM. Nas imagens à esquerda há o

“antes”, e, nas imagens à direita, o “depois”. Essas imagens são visadas do edifício apresentadas no projeto para facilitar a visualização dos impactos que a modificação proposta resultaria no edifício para que os analistas do patrimônio pudessem avaliar. As imagens foram renderizadas a partir do modelo HBIM que contém a fase de levantamento e a fase de proposta (ou a fase do projeto). As fases, que são um recurso do Revit, são controladas no modelo, e fornecem muitas vantagens ao processo, tanto do ponto de vista de registros históricos, quanto de projeto e obra.

Pode-se observar na imagem superior direita, comparando-a à imagem da esquerda, que as modificações no mirante 360° são pouco observáveis do ponto de vista do solo. No topo do edifício também foram removidos os telhados, e foram criadas duas estruturas para um café e uma loja, que também não são visíveis do ponto de vista do solo. Nas imagens inferiores, onde o impacto é maior, pode-se ver uma escada metálica externa, com pintura branca e, no seu topo, uma caixa de vidro, na qual será instalado um elevador panorâmico que levará os visitantes do 25° pavimento ao 30°, onde estará o mirante 360°. A despeito do impacto da escada e do elevador, a pintura da escada na cor branca suaviza sua presença.

A possibilidade de trabalhar com fases para um software que vai lidar com edifícios históricos é imprescindível. No Revit, a lógica de fases funciona da seguinte maneira.

- 1) As fases são definidas na aba de gerenciamento do projeto, quantas forem necessárias e onde é possível nomeá-las e descrevê-las como for conveniente, organizando-as do passado para o futuro.
- 2) Deve-se, juntamente com as fases, criar os filtros de fase. Esses filtros podem combinar quatro estados dos objetos no modelo: novo, existente, demolido e temporário. Para cada estado do objeto, pode-se ter três estados de visualização: por categoria (como ele foi criado e está configurado pela categoria, sem modificação), sobrescrito (com as modificações que são configuradas na aba de fases, sobreposição de gráficos), não exibido (nesse caso o objeto fica oculto).
- 3) Na aba “sobreposição dos gráficos”, os quatro estados do objeto (novo, existente, demolido e temporário) podem ter sua visualização alterada quando são exibidos em projeção e superfície, em corte, com sombreado geral e na aplicação de um único material para os quatro estados dos objetos.
- 4) Todo objeto no Revit é sempre criado em uma fase. O que determinará a fase do objeto é a fase que está determinada na vista onde o objeto foi criado. Por exemplo, se na vista está definida a fase existente, o objeto será criado na fase existente. É possível trocar a fase de um objeto ou vários após sua criação.

- 5) Para determinar se o estado de um objeto é demolido ou temporário, nas propriedades de fase do objeto, utilizam-se dois parâmetros para configurar: o da fase criada e o da fase demolida. Para que um objeto seja levado ao estado de demolido, ele tem que ser criado em uma fase e demolido na fase posterior (futuro). Para que o objeto seja levado ao estado de temporário, ele tem que ser criado na mesma fase em que é demolido.

Essas ferramentas permitem configurar toda a apresentação do projeto, criando tabelas de elementos a construir, a manter, a demolir ou temporários, sendo possível determinar várias camadas históricas. A figura 38, a seguir, mostra a configuração de fases no modelo HBIM do edifício Acaiaca. Podem-se observar os dizeres “passado” na parte superior da figura e “futuro” na parte inferior.

Nesse modelo foram definidas 3 fases: A mais antiga, a modelagem com base no levantamento; a segunda (fase 1) na aprovação do projeto no patrimônio histórico em 2020; e a fase 2, de um projeto de restauração da fachada Térreo em 2022.

Figura 38 – Configuração de fases no modelo HBIM no Revit

	Nome	Descrição
1	Levantamento	Levantamento do por laser scan e aerofotogrametria em 05 de julho de 2018
2	Fase 1	Projeto de Reforma - Mirante, Escada Externa, Elevador Panorâmico (Remetido e aprovado pelo DPCA em agosto de 2020)
3	Fase 2	Projeto de restauração da Fachada Térreo

Fonte: elaborada pelo autor.

A configuração e a aplicação das fases no modelo são simples, sobretudo se ao modelar tiverem sido separados os objetos, como as paredes e pisos, em camadas, facilitando a demolição apenas de revestimento – o que acontece na maioria dos casos em um edifício tombado. Entretanto, existem certos fatores de complexidade na gestão de fases em um modelo vivo HBIM, como é o caso do edifício Acaiaca.

O primeiro deles está relacionado ao tamanho do arquivo e à dificuldade no gerenciamento de memória pelo Revit, como relatado anteriormente. O modelo, que contempla

todas as pranchas de desenho, as nuvens de pontos vinculadas, os modelos de outras disciplinas e as famílias com LOD elevado, tem atualmente um tamanho médio de 1GB.

O segundo ponto está relacionado aos custos para que seja possível manter todas as informações atualizadas e nas fases corretas. Levando em conta o exemplo acima, no qual há a fase de levantamento, a fase 1 (projeto aprovado 2020) e a fase 2 (projeto aprovado 2022), deveria ter sido considerada, entre a fase 1 e a fase 2, ambas de projeto, a criação de uma fase “as built”, que seria o levantamento das obras que já foram executadas. Essa questão suscita a pergunta sobre a importância de, nesse levantamento, se fazer o registro por laser scanner, para registro mais preciso do momento. Isso impactaria no custo de aluguel do equipamento, nas horas de equipe de levantamento e na revisão do modelo.

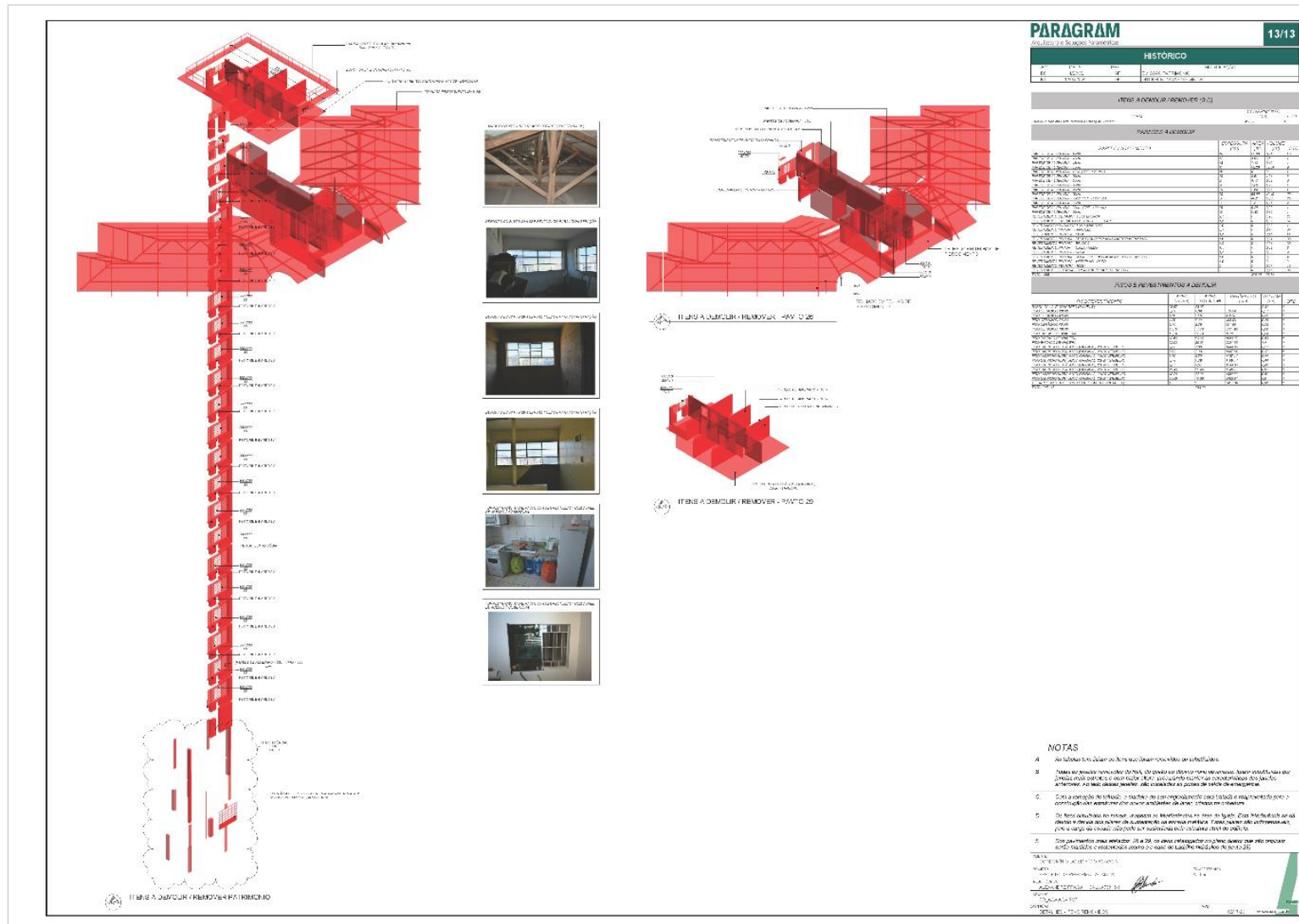
O terceiro ponto está relacionado ao fato de que os projetos também são estudados no modelo, e que nem sempre são executados. Isso gera a necessidade de utilização da ferramenta de opções de desenho, que, embora funcione bem, permitindo criar mais de uma proposta para uma mesma área do modelo, impõe a necessidade de mais atenção na gestão do modelo. Isso implica, também, um impacto no tamanho do arquivo, tornando a alternativa inviável para modificações muito expressivas.

Por fim, nem sempre é possível manter um único modelo para acompanhar todas as modificações ao longo do ciclo de vida de uma edificação. No caso do Acaiaca, a separação de arquivos foi necessária na criação de outros conceitos de projeto, e, em dado momento, pode-se perceber a necessidade de copiar modificações entre um modelo e outro – o que nem sempre é uma tarefa simples. As cópias de elementos entre arquivos são complexas pois muitos elementos são dependentes de outros elementos ou do nível da edificação em que está hospedado, ocasionando erros ao serem copiados sem os elementos aos quais são dependentes. Além disso nem sempre é possível copiar as vistas de desenho e folhas de desenho junto com os elementos modelados. Quando um arquivo é salvo para a criação de uma proposta de projeto, caso aquela proposta não seja aprovada, acaba sendo necessário voltar à proposta anterior. No projeto do Acaiaca houve a necessidade de voltar a um projeto anterior, entretanto outras intervenções menores e em outros pavimentos foram aprovadas. Estas propostas foram realizadas no arquivo que contemplava uma proposta maior e geral que não foi aprovada. Neste caso foi necessário voltar ao arquivo anterior e trazer propostas que haviam sido aprovadas. Isto implicou em observar as diferenças entre os dois arquivos para que as modificações pudessem ser copiadas sem erros, para garantir o mínimo retrabalho. Entretanto não foi possível trazer

com fidelidade as vistas e folhas de desenho que já haviam sido criadas no outro arquivo e isso gerou retrabalho.

O uso do modelo em fases, no caso do edifício Acaiaca, auxiliou e continua auxiliando no registro das modificações e no levantamento mais preciso dos custos e dos impactos. A figura 37, vista anteriormente, apresenta um mosaico de imagens que gera a impressão de que há poucas modificações no edifício propostas no projeto. Entretanto, as modificações são expressivas, fica mais claro a extensão dos impactos, quando estes são apresentados com os filtros de fase, isolando os elementos demolidos e novos. As tabelas de levantamento de materiais, utilizando esse mesmo filtro, permitiram fazer um orçamento mais seguro e um controle mais efetivo de obra. A folha de desenho apresentada no processo de aprovação no patrimônio histórico municipal exhibe os itens a serem demolidos, as fotos das regiões onde serão realizadas as demolições e uma lista desses itens sobre o carimbo. Na lista estão esquadrias, paredes, estruturas etc. com as quantidades expressas em peças, áreas e volumes.

Figura 39 – Itens a serem demolidos considerando o projeto aprovado em 2020



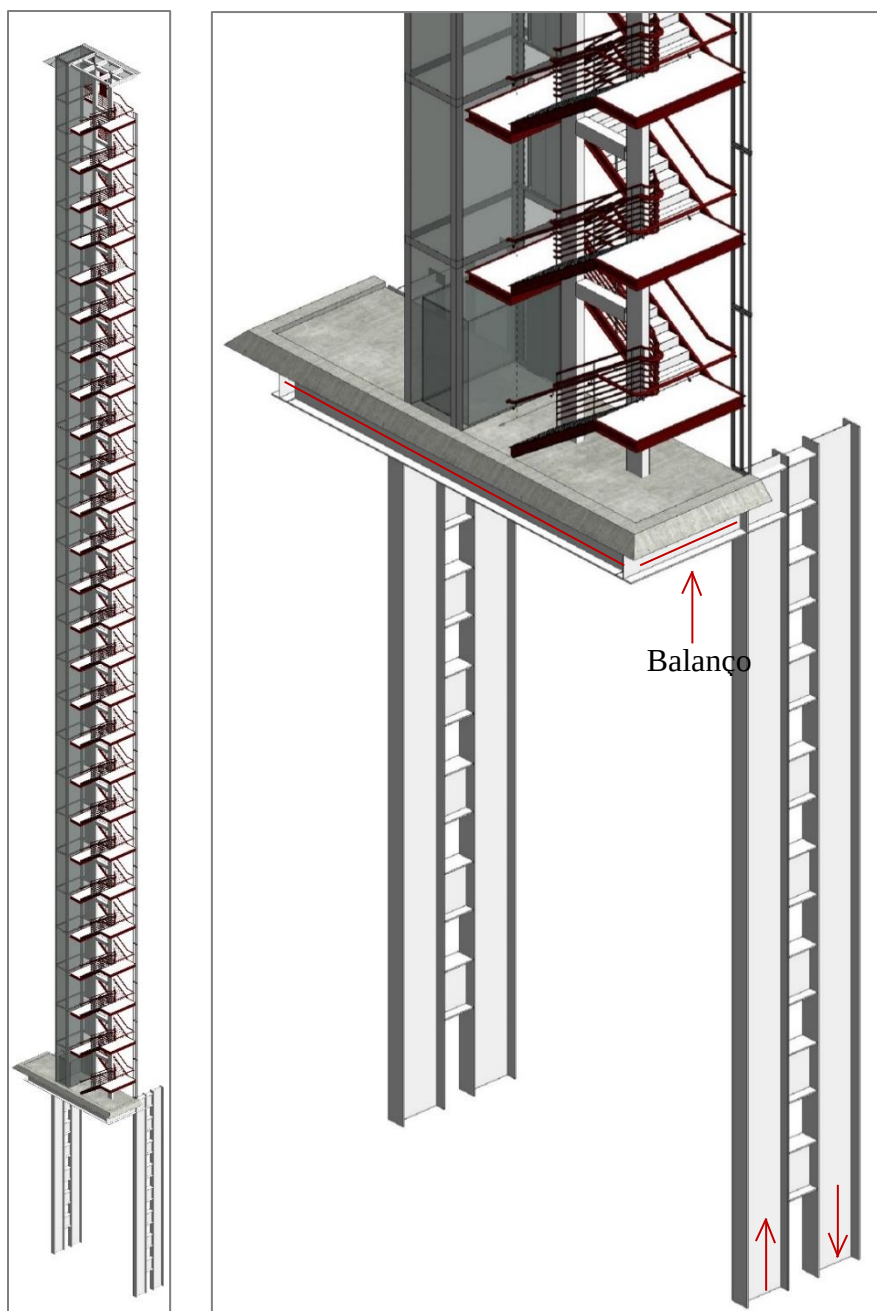
Fonte: elaborada pelo autor.

Na figura acima é possível ver a marcação de alguns elementos em nuvem, na parte inferior esquerda da imagem, que destacam o impacto da estrutura de fundação da escada metálica externa no antigo cinema. O modelo HBIM permitiu fazer um estudo refinado sobre as possibilidades estruturais para a construção da escada e os impactos no edifício. Na parte superior da figura pode-se ver a demolição do telhado e sua estrutura de engradamento em madeira de lei peroba rosa. O levantamento preciso desse engradamento possibilitou que, ao ser realizado o projeto das estruturas de um café e uma loja, no 26º, fosse utilizada a madeira retirada do engradamento. Por fim, ainda na parte superior, há os impactos da demolição de paredes no 29º pavimento e da laje do 30º pavimento, e da remoção de todas as janelas e demolição das paredes do 5º pavimento até o 29º para instalação de porta corta fogo e instalação de novas janelas.

O potencial na análise de projeto com um modelo HBIM é ampliado, pois é possível verificar muitos detalhes que dificilmente seriam avaliados em projetos 2D, nos quais não é possível representar todos os pontos que podem sofrer interferência, exigindo que o projetista tenha que ter o conhecimento do local para determinar os pontos nos quais essas interferências poderiam ocorrer – o que pode levar à necessidade de se fazer várias inspeções no edifício à medida que novas propostas de projeto são desenvolvidas. No modelo HBIM, esse estudo é feito de maneira mais rápida, pois todas as informações estão à mão.

No exemplo do Acaiaca, a equipe de estruturas recebeu a proposta da arquitetura para escada externa, e esta foi pensada para evitar qualquer interferência com o antigo cinema. Essa proposta seguia o projeto de SPCI, no qual a escada externa seguia até o topo do antigo cinema e, a partir desse ponto, a rota de fuga continuava na escada interna que seria enclausurada. Evitando a intervenção no antigo cinema, essa primeira proposta da arquitetura projetava que a fundação da escada pudesse ficar em balanço, com pilares laterais à caixa de escada do edifício, conforme a figura seguir.

Figura 40 – Proposta inicial da arquitetura para escada externa

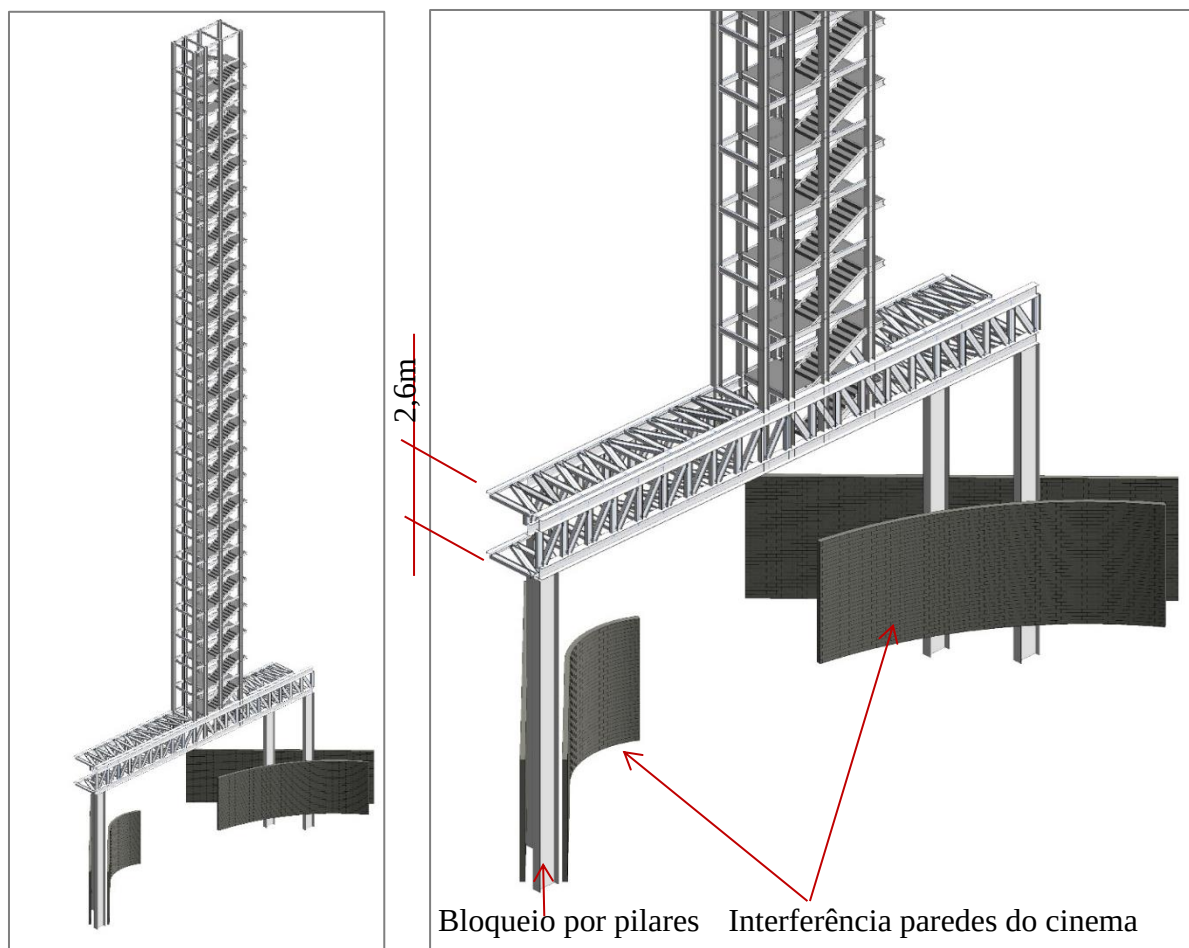


Fonte: elaborada pelo autor.

Observe-se que, na figura 40, essa proposta considerava o elevador panorâmico anexo à escada iniciando no 5º pavimento e indo até o 30º pavimento. Ao realizar o cálculo estrutural, a equipe de estrutura retornou com outra proposta, pois a estrutura em balanço não passou no cálculo. Na inspeção estrutural que fizeram, chegaram à conclusão de que não poderiam descarregar nenhum esforço vertical na estrutura do edifício, e que a escada deveria descarregar os esforços na fundação. Os esforços da ligação da escada com edifício seriam apenas esforços laterais.

A proposta com a qual retornaram contava com um grande pórtico que apoiaria a escada por cima do cinema, conforme a figura 41, a seguir.

Figura 41 – Proposta da equipe de estrutura para a fundação da escada



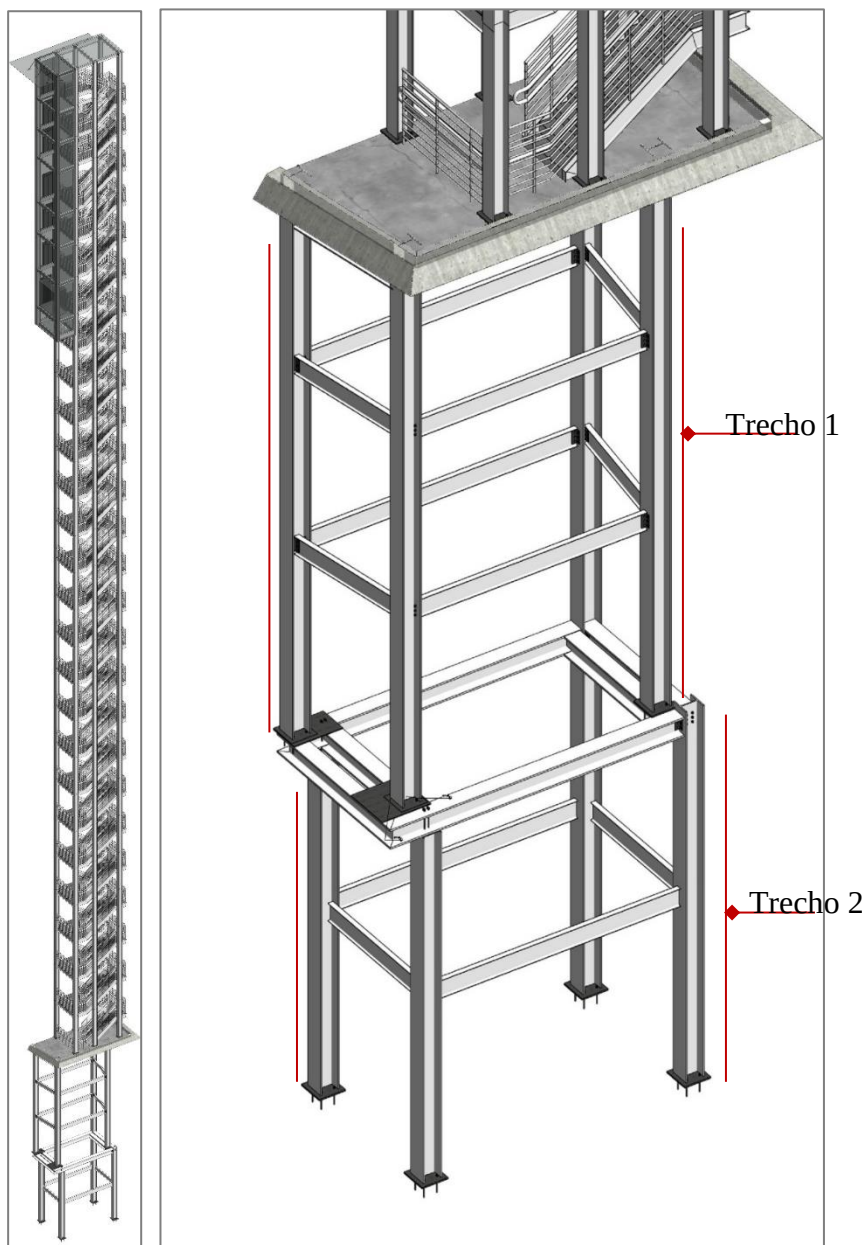
Fonte: elaborada pelo autor.

A contraproposta por parte da equipe de estrutura, após análise, mostrou-se inviável. Além de trazer grande impacto visual à fachada do edifício e de ser financeiramente mais onerosa, a proposta contemplava apoios do pórtico que afetariam o antigo cinema, bloqueando uma de suas saídas.

Após essas análises, a equipe de arquitetura propôs a construção da fundação passando pelo antigo cinema. Para isso, foram estudados todos os impactos que a estrutura teria sobre a edificação, com o cuidado de alterar ao mínimo esses impactos. Após esses estudos, chegou-se à conclusão de que deveria ser criada uma transição de pilares, para que essa estrutura não afetasse a antiga sala de projeção do cinema, as cadeiras e, ainda, para que pudesse se alinhar à sala de projeção de modo a esconder os pilares e as vigas. A solução foi modelada e enviada

para a equipe de cálculo, sendo a escolhida por passar nos cálculos e por ter o menor custo com o mínimo de impacto. Ainda, para reduzir os custos, optou-se por anexar o elevador panorâmico somente a partir do 25º andar, o último andar aonde chegam os elevadores existentes.

Figura 42 – Solução final aprovada para escada externa e elevador panorâmico



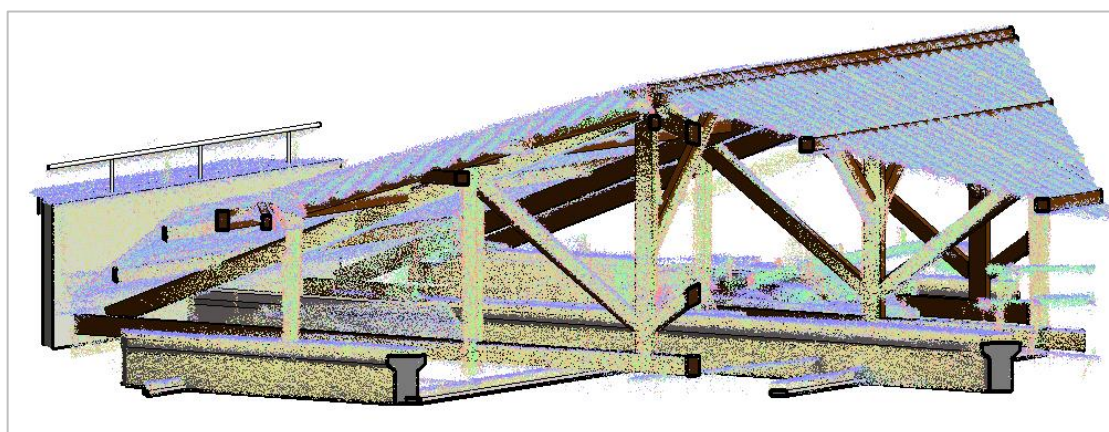
Fonte: elaborada pelo autor.

Após os estudos e a aprovação do projeto no patrimônio histórico, foram iniciados os projetos executivos, que aprofundaram o detalhamento do modelo de arquitetura e as soluções projetuais. Essa fase também foi realizada no mesmo modelo HBIM, respeitando as mesmas premissas ao trabalhar com as fases de projeto. Ao ser finalizado o projeto, foram iniciados os

orçamentos. Ficou decidido que seria realizada, primeiro, a intervenção de remoção do telhado e a construção da estrutura superior com o café e a loja no 26º pavimento. A decisão de iniciar por ali se deu pelas péssimas condições do telhado que vazava no andar inferior, provocando prejuízos, e pelo fato de que a obra seria custeada sem que houvesse necessidade de fazer uma chamada de capital dos proprietários para a realização da obra.

Para a solução de projeto e construção no 26º andar, o levantamento por nuvens de pontos da estrutura em madeira de lei (peroba rosa) do telhado permitiu uma precisa quantificação e dimensionamento das peças. Isso possibilitou a projeção da estrutura do café e da loja, levando em consideração a utilização dessas peças. Além disso, o registro das vigas de concreto invertidas na base do engradamento, que sustentam a laje do pavimento inferior, permitiu o detalhamento da fundação da nova estrutura e o projeto de impermeabilização da laje, evitando a morosidade e possíveis impactos em custos e prazos associados ao método tradicional de levantamento manual e detalhamento 2D em CAD. A figura a seguir apresenta a parte do modelo HBIM do edifício Acaiaca com um recorte na área do telhado com a sobreposição da nuvem de pontos.

Figura 43 – Sobreposição da nuvem de pontos sobre o telhado



Fonte: elaborada pelo autor.

A tabela gerada do engradamento foi usada no projeto e exportada para o Excel, para que, durante a obra, pudesse ser utilizada pela equipe para separar as peças e estudar a melhor maneira de evitar perdas, sempre discutindo com a equipe de projeto. A tabela a seguir traz o resumo desta lista.

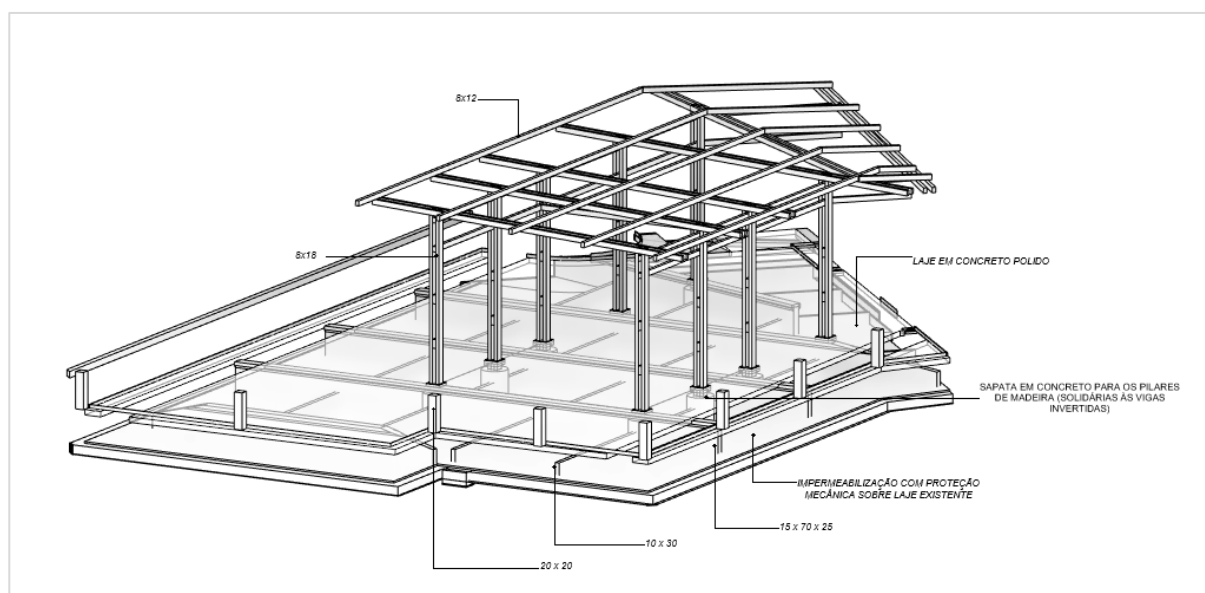
Tabela 2 – Lista resumo de peças do engradamento do telhado

ENGRADAMENTO DO TELHADO - RESUMO			
A	B	C	D
TIPO	QTD	COMP. (m)	MÍN E MÁX
Madeira de lei 7x14	22	48,7	215,37 ... 230,44
Madeira de lei 8x12	74	389,6	111,14 ... 1814,59
Madeira de lei 8x18	48	286,05	111,99 ... 1224
Total: 144		724,35	

Fonte: elaborada pelo autor.

O processo de projeto, orçamento e obra foi muito beneficiado na utilização do modelo. Outro exemplo dessa utilização foi a precisão na quantificação da manta de impermeabilização necessária para cobrir toda a laje do 26º pavimento, considerando as vigas invertidas de 30 e 70 cm sobre a laje. Essa impermeabilização foi planejada porque a proposta inicial do projeto era cobrir uma grande parte do piso, que seria apoiado sobre as vigas invertidas, com um deck de madeira, e uma pequena parte sobre a laje e o café a ser construída em concreto.

O café seria construído na asa do edifício do lado da rua Tamoios; e a loja, no lado da rua Espírito Santo.

Figura 44 – Estrutura do café em vista axonométrica

Fonte: elaborada pelo autor.

Outra vantagem da modelagem da estrutura foi que a empresa responsável pela obra utilizou o IFC para calcular o projeto proposto pela arquitetura e não houve necessidade de modificações. Durante a montagem da estrutura pela empresa responsável, foram modificado

o sistema de travamento das terças, por questões estéticas. A figura a seguir mostra a proposta inicial da arquitetura e a posterior uma foto da estrutura construída.

Figura 45 – Proposta inicial da estrutura com o piso em deck de madeira



Fonte: elaborada pelo autor.

Após a fase de orçamento, a área do deck foi reduzida para evitar custos, mantendo-se apenas duas faixas de deck nas bordas, para acesso à parte inferior da laje para manutenção da

tubulação de água potável, pluvial e de ventilação de esgoto. Essa modificação pode ser observada na figura 44 e na figura 46, a seguir.

Figura 46 – Foto da estrutura do café



Fonte: elaborada pelo autor.

Na foto da estrutura do café, em que a obra está quase finalizada, pode-se observar o detalhe das faixas do deck e a solução para travamento das terças, um recorte quadriculado sob o forro em compensado naval com pintura marrom. As modificações mais importantes são estudadas no modelo antes da implementação. Outras, que acontecem na obra, são repassadas ao modelo de acordo com a importância e a disponibilidade da equipe para a realização.

A tecnologia de realidade virtual, como mencionado anteriormente, também foi útil no processo. Foi apresentada a ideia de aquisição de óculos de realidade virtual para o condomínio do edifício, com intuito de ajudar na divulgação de todas as propostas que estavam sendo aprovadas no patrimônio histórico e implementadas.

As iniciativas que o síndico A. Rocha Miranda tem idealizado e realizado são incomuns para edifícios comerciais privado. Geralmente as ações são de manutenção do edifício, pequenas implementações de segurança e pequenas modernizações. As propostas para o Acaiaca, no entanto, extrapolam essas implementações, visando à revalorização do edifício com propostas ousadas, posicionando o Acaiaca entre os raros edifícios desse seguimento que procuram alternativas como essas, que garantem a perpetuação do patrimônio. Diante do fato de que as ações do condomínio devem ser aprovadas em assembleia, com maioria de votos, a apresentação das propostas auxiliou no convencimento dos proprietários.

Os óculos de realidade adquiridos na época foram do modelo HTC Vive Pro 2¹, considerado entre os que ofereciam melhor performance na época. Porém, a pesquisa para compra do equipamento não deu a devida importância à mobilidade, de modo que, após a aquisição do equipamento, foi possível perceber que teria sido melhor renunciar à performance e à capacidade visual para ter maior mobilidade. A questão de limitação de mobilidade não está só relacionada ao fato de o equipamento exigir um computador com boa capacidade gráfica, pois o escritório de arquitetura possui notebooks com essa capacidade. A dificuldade está muito relacionada à quantidade de fios, equipamentos acessórios e à demora para montá-los, além do tempo necessário para a inicialização de todos os softwares envolvidos – mesmo que todos já estejam instalados no computador. A foto da figura 47 apresenta os óculos e os componentes complementares principais.

Figura 47 – Óculos de realidade virtual HTC Vive Pro 2



Fonte: fabricante.

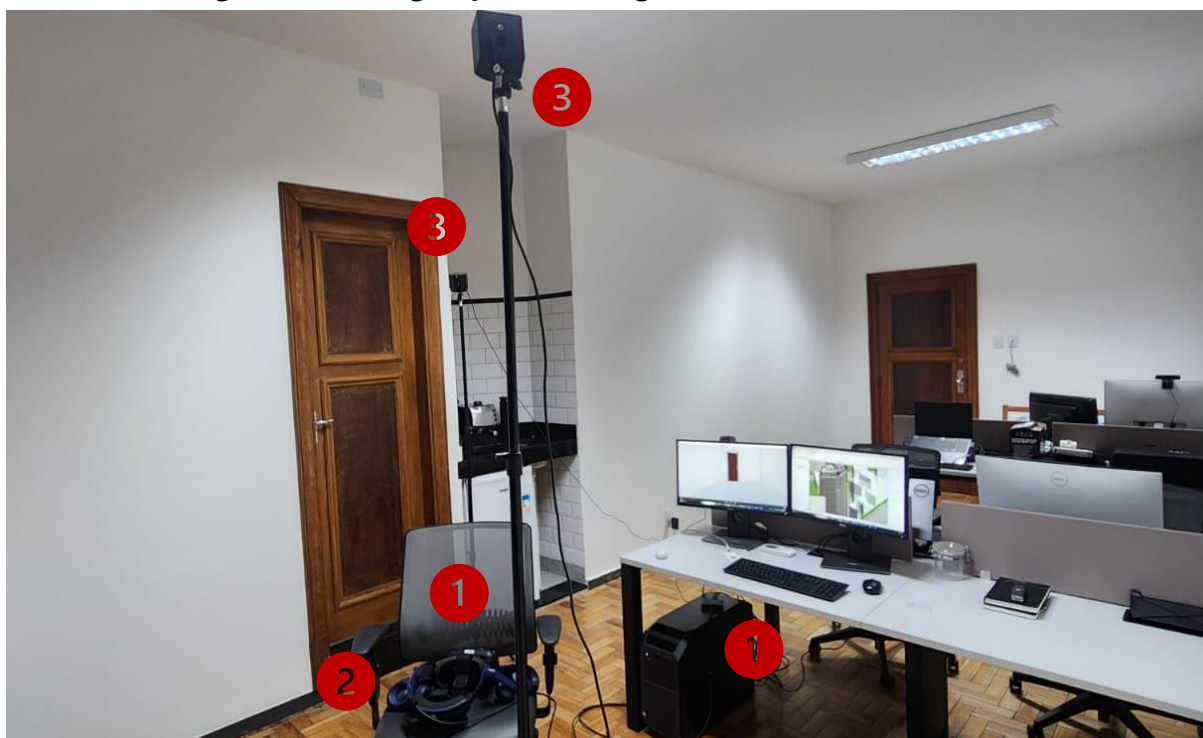
Não são muitos os componentes complementares à primeira vista; entretanto a complicação está na configuração de montagem desses componentes. Os óculos (1) são conectados ao computador por um fio e uma central de conexão que tem que estar alimentada por energia elétrica, exigindo uma tomada. Ela ainda possui um cabo Usb e um Display Port¹⁶

¹⁶ Origens da DisplayPort: No fim de 2003, a Dell reuniu um grupo de empresas de computadores pessoais, placas de vídeo e semicondutores para planejar um novo padrão de interface de vídeo digital. O padrão precisava atender às futuras demandas de interface e reduzir o custo e a complexidade de vídeo. O objetivo da Dell era desenvolver uma interface aberta com base em padrões abertos, sem royalties e extensível, adequada para monitores de desktop externo e interfaces de exibição internas. O resultado do esforço foi a

para conectar ao computador. Uma vez que formato de conexão com o computador não é o mesmo para todos os notebooks, é disponibilizado um adaptador de Display Port para Mini Display Port. Os controles (2) são conectados ao computador por Bluetooth e devem estar carregados no uso; para isso, são fornecidos os carregadores. As bases (3) funcionam comunicando-se com os óculos para delimitar o espaço onde o usuário estará no momento da imersão virtual com os óculos. Por necessitarem de energia elétrica, os óculos não funcionam sem elas. Assim, os óculos têm que ser instalados de modo que fiquem no centro e que uma base esteja no campo de visão da outra base. Com as bases posicionadas, é possível escolher a configuração estática ou móvel. Nessa configuração, o usuário pode se deslocar no limite de 4 metros de diâmetro, desde que o espaço esteja livre de objetos, e, nesse caso, os óculos exibem em realidade virtual os limites, quando o usuário aproxima dele. É bom lembrar que esse limite também está de acordo com o comprimento do cabo dos óculos. Na configuração estática, o usuário deve permanecer imóvel e se movimentar com os recursos que o software utilizado oferecer.

interface de exibição digital DisplayPort baseada em padrões abertos. Recursos e benefícios: A DisplayPort tem recursos para fornecer uma interface de exibição digital dimensionável com áudio opcional e recurso de hdcp (high-definition content protection, proteção de conteúdo de alta definição) para uso amplo em aplicativos empresariais, empresariais e de consumo. A interface DisplayPort foi projetada para oferecer suporte a conexões de exibição digital internas e externas. Exemplos de aplicações externas para DisplayPort incluem conexões de vídeo entre PCs, monitores e projetores. A DisplayPort também é adequada para conectividade entre aplicativos de conteúdo de alta definição, como players de unidade óptica, dispositivos móveis, gravadores de vídeo pessoais e TVs. Essa nova interface foi projetada para funcionar junto com a interface visual digital (DVI) exclusiva usada entre o computador pessoal e uma tela externa. E a interface legada de sinalização diferencial de baixa tensão (LVDS) usada dentro de notebooks, monitores e TVs para conectar-se a painéis LCD. À medida que a DisplayPort Esse hiperlink direcionará você para um site fora da Dell Technologies. se tornar mais difundida, ela substituirá as tecnologias VGA, DVI e LVDS como o padrão da interface de vídeo. Disponível em: <https://www.dell.com/support/kbdoc/pt-br/000134877/o-que-%C3%A9-displayport?gacd=9657105-15015-5761040-275878141-0> Acesso em: 25 jan. 2023.

Figura 48 – Configuração de montagem dos óculos HTC Vive Pro 2



Fonte: elaborada pelo autor.

Pela configuração de montagem dos óculos HTC Vive Pro 2, vê-se que ele não foi projetado para ter mobilidade. As bases (3) têm que ficar em uma altura suficiente para que o usuário fique visível. Para isso, vêm incluídos junto às bases dois pequenos suportes para fixá-los na parede – que é excelente no caso de uma sala dedicada para a realidade virtual, com um computador e óculos dedicados. No caso do Acaiaca, no entanto, essa sala não existe, de modo que, nesse caso, foram adquiridos os tripés para a instalação das bases (3). Os óculos (1) estão conectados ao computador por um fio que chega ao componente de conexão sobre o computador (1) que está ligado por energia no filtro de linha que também alimenta o computador. Observe-se, ainda, que as bases (3) também estão ligadas às tomadas. Portanto, mesmo que se tenha uma sala dedicada, é necessário pensar na disponibilização de tomadas para os equipamentos, construindo um layout no qual o usuário possa aproveitar o limite de quatro metros de diâmetro.

Outra questão que impacta no uso dos óculos é a ausência de um link direito do Revit com eles. Até a versão 2018 do Revit, havia um aplicativo, Revit Live¹⁷, que foi descontinuado

¹⁷ O Revit Live não está mais disponível: A partir de 30 de março de 2020, a Autodesk descontinuará o serviço em nuvem Revit Live. Isso afetará todas as versões do Revit Live lançadas anteriormente. O Revit Live não fará mais parte da coleção Autodesk Architecture, Engineering & Construction. Suporte contínuo para Revit

nas versões posteriores. Para a visualização em realidade virtual é necessária a aquisição de softwares específicos para esse fim, em sua maioria por aluguel. Não foi possível encontrar qualquer software gratuito para configurar o modelo de maneira rápida e com a qualidade desejada.

Foram testadas algumas opções gratuitas, como é o caso do Unreal Engine¹⁸; no entanto, exigia-se uma grande etapa de configuração para que o modelo ficasse pronto para apresentação. Esse software é uma ferramenta poderosa utilizada pela indústria de entretenimento na criação de jogos eletrônicos, e, por isso, apesar da possibilidade de personalizar toda a apresentação, sua curva de aprendizado é alta e a exigência de configuração das cenas também. Existem modelos específicos para VR (realidade virtual), mas, ainda assim, a qualidade dos materiais, controle de iluminação e controles de navegação pela realidade virtual devem ser todos configurados. Esse tipo de aplicação seria útil caso o objetivo fosse criar apresentações mais interativas, com possibilidades de se abrir portas, entrar e acionar os elevadores etc.

Outra possibilidade de gratuidade, também testada, foi o ThreeJS¹⁹, que é uma biblioteca para desenvolvimento WebGL²⁰, gratuita, que permite o desenvolvimento de aplicações 3D, com possibilidades quase tão amplas quanto as oferecidas pelo Unreal Engine. Na plataforma onde são disponibilizados os códigos do ThreeJS existem vários exemplos de códigos de

Live: Aprendemos muito sobre processamento de dados e como nossos clientes usam a tecnologia VR. Estamos usando o que aprendemos para desenvolver ofertas futuras em torno de AR/VR para nossos clientes. Saiba mais na Rede de conhecimento da Autodesk. Tradução própria. Disponível em: <https://translate.google.com/?sl=en&tl=pt&text=Revit%20Live%20is%20no%20longer%20available%0AEffective%20March%2030%2C%202020%2C%20Autodesk%20will%20discontinue%20the%20Revit%20Live%20cloud%20service.%20This%20will%20affect%20all%20versions%20of%20Revit%20Live%20previously%20released.%20Revit%20Live%20will%20no%20longer%20be%20a%20part%20of%20the%20Autodesk%20Architecture%2C%20Engineering%20%26%20Construction%20Collection.%0A%0AContinued%20support%20for%20Revit%20Live%0AWe%20learned%20a%20lot%20about%20data%20processing%20and%20how%20our%20customers%20use%20VR%20technology.%20We%20are%20using%20what%20we%20have%20learned%20to%20develop%20future%20offerings%20around%20AR%2FVR%20for%20our%20customers.%20Learn%20more%20from%20the%20Autodesk%20Knowledge%20Network.&op=translate>
Acesso em: 25 jan. 2023

¹⁸ Unreal Engine é um motor de jogo desenvolvido pela Epic Games, usado pela primeira vez em 1998 no jogo de tiro em primeira pessoa Unreal, ele tem sido a base de muitos jogos desde então. Embora usado inicialmente para jogos de tiro em primeira pessoa, ele tem sido usado com sucesso em uma grande variedade de gêneros de jogos. Seu núcleo é escrito em C++, possibilitando a portabilidade. Suporta múltiplas plataformas, incluindo Microsoft Windows, Linux, Mac OS e Mac OS X em computadores pessoais, e os consoles Dreamcast, GameCube, Nintendo Switch, PlayStation 2, PlayStation 3, PlayStation 4, PlayStation 5,[1] Stadia,[2] Wii, Wii U, Xbox, Xbox 360, Xbox One e Xbox Series X.[1]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Unreal_Engine. Acessado em: 23 fev. 2024

¹⁹ Para criar e mostrar gráficos 3D animados em um navegador web. ThreeJS usa WebGL.

²⁰ Biblioteca gráfica web.

programação oferecidos pela comunidade de desenvolvedores desse pacote de código aberto²¹. Entre esses exemplos, existe um para realidade virtual cuja interface bem simplificada, servindo para que quem for desenvolver algo mais elaborado tenha um ponto de partida. A linguagem de desenvolvimento utilizada é o JavaScript. Este exemplo disponível foi testado; entretanto, seria necessário ainda desenvolver muitas funcionalidades para que a navegação e a apresentação pretendida fossem alcançadas. Partindo para os softwares pagos, por mensalidade, foram testados três softwares – Enscape, Prospect Iris VR²² e Twinmotion²³.

Desses três, o que teve maior aderência ao objetivo, que era o de apresentar as ideias de forma rápida e com qualidade, foi o Enscape, pois ele funciona a partir do Revit, apresentando uma boa qualidade de configuração de texturas, sistema de navegação fácil para os controles e rapidez para a conversão do modelo BIM para o visualizador VR. Embora ele ainda não tenha avançado na apresentação das propriedades dos objetos BIM para o trabalho colaborativo e na possibilidade de criar anotações de problemas e nas inspeções do modelo, funcionalidades disponíveis no Iris Prospect, seu custo é inferior e a qualidade das texturas e a navegação são melhores.

Quanto ao Twinmotion, software desenvolvido pela Unreal, que, apesar de possibilitar um link direto com o modelo Revit, através de uma ferramenta chamada DataSmith²⁴, ainda exige uma configuração maior na textura dos materiais, por não reconhecer todos os materiais e texturas criadas no Revit. Além disso, a sua interface de navegação para VR é bem limitada e ele exige maior poder de computação gráfica, incluindo placas de vídeo mais poderosas. A navegação com os controles no Twinmotion também dificulta o seu uso: ele exige que os ambientes a serem visitados tenham uma cena pré-definida, por não permitir atravessar paredes.

²¹ Código aberto. Em inglês - Open Source é o código-fonte que é disponibilizado gratuitamente para consulta, examinação, modificação e redistribuição. *Consulte:* https://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_aberto.

²² Prospect Iris VR: O Prospect Iris VR é uma plataforma de realidade virtual (RV) desenvolvida pela IrisVR, projetada especificamente para arquitetos, engenheiros e designers. Ele permite que os usuários convertam seus modelos 3D em experiências imersivas de realidade virtual, onde podem explorar e revisar os projetos em escala real. Com o Prospect Iris VR, os profissionais podem colaborar de forma mais eficaz, identificar problemas de design e comunicar suas ideias de forma mais clara e impactante.

²³ Twinmotion: O Twinmotion é um software de visualização arquitetônica e renderização em tempo real desenvolvido pela Epic Games. Ele permite aos usuários criar visualizações impressionantes de projetos arquitetônicos, oferecendo uma ampla gama de recursos para adicionar vegetação, luzes, materiais realistas e efeitos atmosféricos. O Twinmotion é conhecido por sua interface amigável e capacidade de produzir renderizações de alta qualidade de forma rápida e fácil.

²⁴ O plug-in DataSmith Exporter para Revit apresenta a funcionalidade Direct Link que permite sincronizar seus arquivos no Twinmotion com um único clique. Você também pode sincronizar vários arquivos do Revit no mesmo projeto Twinmotion ou até mesmo misturá-los e combiná-los com arquivos do Archicad, Rhino ou SketchUp Pro. Tradução própria. Disponível em: <https://www.twinmotion.com/en-US/plugins/revit> Acessado em: 23 fev. 2024

A qualidade de visualização, no entanto, é mais poderosa, pois ele permite a inserção de pessoas, carros e outros elementos animados na cena.

Por essas características, o Twinmotion foi escolhido para a criação de algumas animações e imagens estáticas para a apresentação do projeto. Para complementar o modelo nas apresentações no Twimotion, foi utilizado o software Infracworks²⁵, que é um software de infraestrutura da Autodesk, ao qual foram adicionados, como complementos, os mapas fornecidos pela prefeitura de Belo Horizonte no BHGEO²⁶. O Infracworks, utilizando as bases de dados do Open Street Maps, permite recortar até 200 Km quadrados de superfície, que, no caso de cidades, traz as informações de vias, viadutos, túneis, edifícios e a superfície topográfica com curvas de níveis com nível por satélite com precisão de 30 e 30 m. A quantidade de edifícios que ele converte varia de cidade para cidade: geralmente as capitais contêm mais informações e quantidade de edifícios disponíveis em seu mapa.

No caso de Belo Horizonte, foi possível completar o restante de edifícios usando o BHGEO, que disponibiliza várias camadas de mapas geoespaciais, inclusive de edifícios com os formatos CSV, JSON²⁷ e Shapefile²⁸, compatíveis com diversos softwares GIS e com o Infracworks. Esses dados e suas informações geoespaciais foram inseridos no Infracworks, trazendo-se informações como forma, altimetria e altura dos edifícios, para que, a partir deles o Infracworks distribuisse os edifícios na superfície gerada. O recorte feito no Infracworks partiu do Bairro Lagoinha e chegou até a Serra do Curral a partir da ferramenta de geração de modelos. Depois de criar o modelo com a área escolhida e com os edifícios, o modelo foi exportado no formato FBX²⁹ e inserido no Twinmotion. Esse formato, que permite o intercâmbio entre

²⁵ O que é o Autodesk InfraWorks? O software de projeto conceitual Autodesk InfraWorks® ajuda você a modelar e entender os projetos de maneira contextualizada. Utilize para: Agregar grandes quantidades de dados para gerar modelos contextuais repletos de informações. Visualizar as opções de projeto conceitual para projetos de infraestrutura de estradas, ferrovias e trânsito, pontes e água. Analisar o fluxo de tráfego por meio de interseções e realizar estudos de linha de visão para visualizar os impactos. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/infracworks/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. Acessado em: 23 fev. 2024.

²⁶ O Portal BHGEO tem como objetivo apresentar e disponibilizar as informações relacionadas aos Dados Geoespaciais do Município de Belo Horizonte, incluindo visualizador de dados geográficos web (BHMAP), catálogo de metadados (Geonetwork), dicionário de dados, tutoriais, normas, legislação, mapas para consulta, dentre outras. Tudo isso faz parte da Infraestrutura de Dados Espaciais de Belo Horizonte, a IDE BHGEO, que compõe um nó da INDE, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhgeo/institucional> Acessado em: 26 jan. 2023.

²⁷ JavaScript Object Notation é um formato compacto, de padrão aberto, de troca de dados simples e rápida entre sistemas

²⁸ Esri Shapefile ou simplesmente shapefile é um formato popular de arquivo contendo dados geoespaciais em forma de vetor usado por Sistemas de Informações Geográficas.

²⁹ Arquivos FBX (.fbx) são semelhantes a OBJ, pois ambos contêm dados de objeto 3D. No entanto, arquivos FBX também contêm dados de animação. Devido a isso, este é o tipo de arquivo mais popular para filmes, jogos e efeitos visuais, que são áreas que exigem modelos, animações e materiais complexos.

softwares, leva consigo a geometria, as texturas e inclusive as informações de animação, sendo muito utilizado entre softwares de animação 3D.

Depois da inserção da cidade, foi inserido o edifício, utilizando-se o plugin Datasmith, disponível para o Revit e o Twinmotion, que mantém o edifício como um vínculo, de forma que, caso o modelo HBIM seja atualizado, a atualização é recarregada para o Twinmotion por sincronização. Finalmente, no Twinmotion, foram complementadas as texturas dos materiais, que não vieram com boa qualidade do Revit, e inseridos elementos animados do Twinmotion, como carros, pessoas e vegetação. A figura a seguir apresenta um pouco do que foi discutido até agora sobre os softwares de realidade virtual e apresentação.

Figura 49 - Imagem gerada no Twinmotion com o modelo HBIM do Revit e da cidade de Belo Horizonte gerada no Infracore



Fonte: elaborada pelo autor.

A imagem da figura 49 foi uma proposta para o enclausuramento da escada interna com o elevador panorâmico na face oposta da figura. A possibilidade de manter o modelo vinculado pelo Datasmith permite que sejam realizadas várias propostas, atualizando o modelo dinamicamente. Infelizmente o Twinmotion não oferece uma boa navegação com o seu recurso de realidade virtual, exigindo muito processamento gráfico. Seria interessante poder visualizar o edifício inserido na cidade.

O modelo com a cidade foi testado em uma estação de trabalho HP Z8 Geração 4, com processador Intel Xeon Platinum 4214, 64 GigaBytes de memória RAM e com uma placa de

vídeo Nvidia Quadro RTX 4000; e, mesmo com o mínimo de configuração de qualidade em VR no Twinmotion, ele ainda apresentava erros e não permitia uma navegação fluida. Essa placa de vídeo é um modelo intermediário para estações de trabalho, de modo que, talvez com uma placa de vídeo mais potente, seria possível navegar pelo modelo. Por ser renderizado em tempo real, o Twinmotion exige muito processamento da GPU da placa de vídeo e muito pouco do processador (CPU) do computador. Com um modelo desse tamanho, exige também bastante capacidade de memória da placa de vídeo e de memória RAM do computador.

Para utilizar os óculos de realidade virtual para apresentação de forma mais dinâmica, com boa qualidade de apresentação gráfica e podendo ter uma iteração do modelo quase em tempo real com a realidade virtual (uma modificação no modelo no Revit é refletida quase automaticamente na visão em realidade virtual), o melhor software foi o Enscape. Ele também se mostrou melhor software para navegação, ou seja, na simplicidade para utilizar os controles. Isso é muito importante em uma apresentação na qual a pessoa terá contato com a realidade virtual pela primeira vez. No caso do Enscape, é muito fácil orientar a pessoa para que ela possa navegar sozinha. A figura 50, abaixo, mostra a tela do Enscape, visualizada no computador enquanto a pessoa utiliza os óculos. Isso permite que se oriente quem está em realidade virtual, o caminho por onde seguir durante a apresentação do projeto.

Figura 50 – Tela do Enscape pela realidade virtual, uma visão da área do café no 26º andar

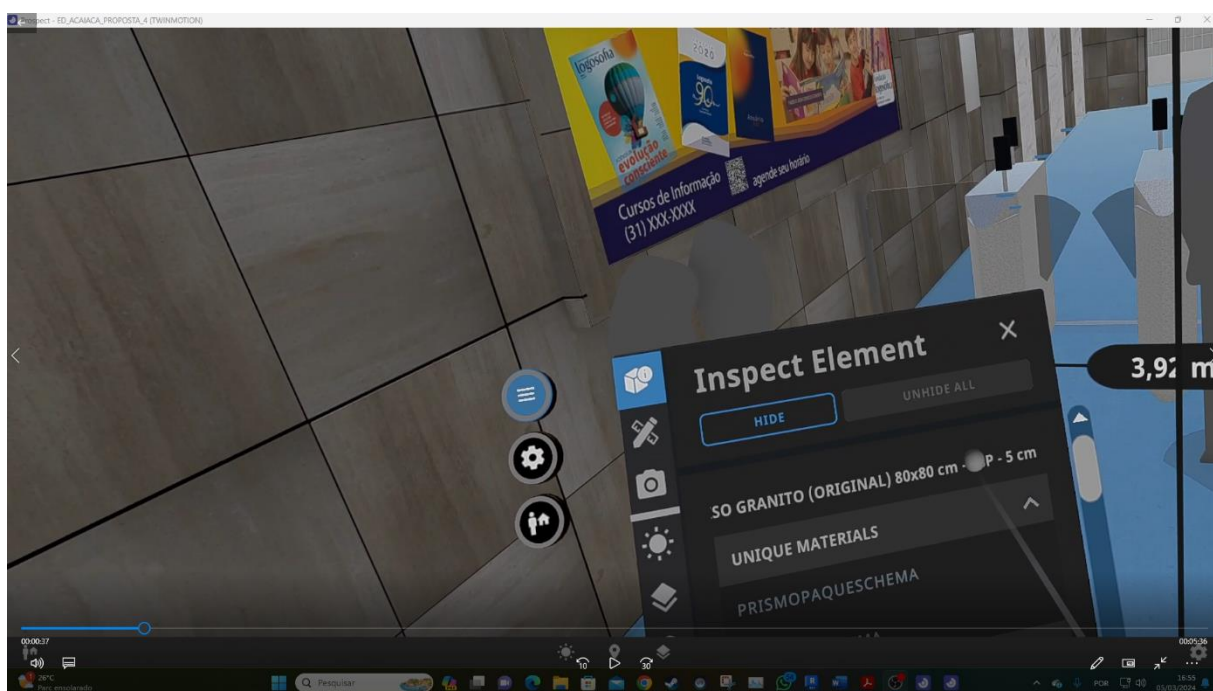


Fonte: elaborada pelo autor.

A outra ferramenta testada para realidade virtual foi o IrisVR Prospect. Essa ferramenta é mais útil para os processos de colaboração. Inicialmente, ela era menos fiel as texturas de acabamento inseridas no Revit, mas, na versão atual, isso evoluiu. Em sua plataforma de

realidade virtual, a ferramenta possibilita que mais de uma pessoa esteja no ambiente para analisar o projeto. Para que isso seja possível, o modelo é convertido para sua plataforma em nuvem e os participantes podem acessar o projeto de onde estiverem. Dentro do ambiente virtual é possível medir os espaços, selecionar e inspecionar os elementos, fazer anotações sobre o modelo. A figura a seguir mostra uma tela do Prospect, depois da conversão do modelo, exibindo as propriedades dos elementos e a medição dos espaços.

Figura 51 – Cena do hall do edifício Acaiaca no IrisVR com a ferramenta de inspeção e o piso selecionado



Fonte: elaborada pelo autor.

A imagem do hall do edifício no ambiente virtual do Iris VR mostra que ele já traz a representação de texturas dos elementos configurados no Revit, e isso melhorou entre a versão testada em 2022 e a atual, de 2024. Entretanto, ele não traz todas as texturas corretas ainda e a sua navegação é um pouco mais complexa, pois impede de atravessar facilmente as paredes, como no Enscape.

A avaliação desses softwares é interessante, pois faz parte do processo de projeto uma boa apresentação. Pensando pelo ponto de vista HBIM, a expansão dessas ferramentas para processos de visita virtual e educação cultural sugeriu novas perspectivas que estão sendo estudadas e serão apresentadas no decorrer deste trabalho.

Para finalizar, o impacto de essas ferramentas não serem incorporadas às ferramentas BIM acaba por onerar o processo, limitando o seu uso. As duas ferramentas, tanto o Enscape³⁰, quanto o Iris VR, são contratadas por aluguel. A figura a seguir apresenta o valor atual dos dois softwares, ambos em dólares, extraídas diretamente do site das empresas desenvolvedoras.

Figura 52 – Valores dos softwares para realidade virtual - Prospect Iris e Enscape

PROSPECT BY IRISVR

Individual

\$ 225/mo

For individuals with access to their own personal headset.

BUY NOW

Enterprise

Volume discounts + custom bundles available.

For firms looking to deploy VR at scale.

CONTACT US

Workstation

\$ 350/mo

For teams using a shared VR headset.

CONTACT US

chaos Enscape

Fixed-Seat License

Recommended for individuals and smaller teams.

\$46⁹⁰/month

Monthly **Yearly**

Billed yearly \$562.80. You save 44.76% (\$456)

- License is bound to one computer
- Use your license with multiple CAD/BIM tools on the same computer
- Free upgrades to the latest software version
- Expert support included

Proceed to checkout

Recommended Floating License

Recommended for individuals and teams who want maximum flexibility.

\$79⁹⁰/month

3-Year **Yearly**

Billed yearly \$958.80.

- License can be used on multiple computers
- Use your license with multiple CAD/BIM tools on multiple computers
- Free upgrades to the latest software version
- Expert support included

Proceed to checkout

Enterprise

Recommended for larger teams.

Contact Sales for pricing

- Select the perfect license bundle for your team
- Free upgrades to the latest software version
- Premium support included
- Personalized onboarding included

Contact Sales

Fonte: Irisvr, [2024]; Enscape, [2024].

³⁰ Enscape: O Enscape é um plugin de renderização em tempo real projetado para software de modelagem 3D, como Revit, SketchUp, Rhino e ArchiCAD. Ele permite que os usuários criem visualizações realistas e interativas de seus modelos 3D diretamente no ambiente de trabalho do software de modelagem. Com o Enscape, os arquitetos e designers podem visualizar e apresentar seus projetos de forma rápida e fácil, explorando diferentes cenários de iluminação, materiais e paisagens.

Considerando esses valores, a contratação deve pender para o Enscape no caso de apresentação conceitual de projeto, e para o Prospect Iris VR no caso de análise de detalhe do projeto em uma reunião de apresentação e discussão técnica. Os custos de uma aplicação para visualização de modelo em VR são altos, dado que ela deve ser acrescida aos custos dos outros softwares BIM, por alguns deles não terem esse tipo de aplicação nativa, como acontecia até a versão 2018 do Revit, em que era disponibilizado o Revit Live. A boa qualidade na apresentação das texturas, que, no caso do Acaiaca, foram configuradas a partir de fotos, é importante não só para a apresentação, mas também como parte da Modelagem da Informação da Construção Histórica.

3.1.7 HBIM aplicado – levantamento, cadastro e uso de um CDE para o edifício Acaiaca em Belo Horizonte

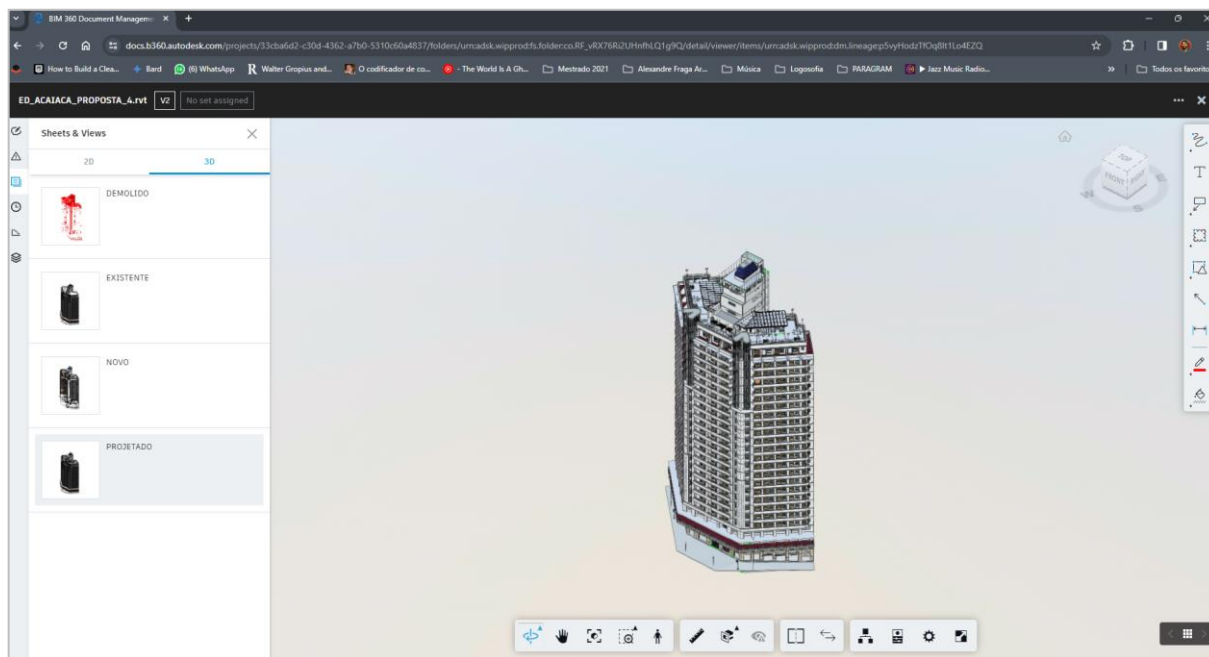
Como apresentado anteriormente, o Ambiente Comum de Dados foi subutilizado nos processos HBIM do edifício Acaiaca, por não ter sido possível envolver todos os participantes do processo. Isso se deu principalmente pelo fato de que a maioria dos envolvidos não tinham prática ou disponibilidade para o uso das ferramentas. A despeito dessa subutilização, é válido apresentar algumas vantagens que, mesmo não tendo sido utilizadas por todos, a tecnologia forneceu e ainda fornece ao processo do Acaiaca.

O CDE utilizado desde o início do processo foi o BIM 360 da Autodesk. Atualmente a Autodesk está oferecendo o Autodesk Construction Cloud em substituição ao BIM 360, porém esses dois CDEs foram desenvolvidos com o foco em BIM, e não em HBIM. Apesar disso, desde o seu lançamento, da mesma forma que a Autodesk faz com a maioria dos seus softwares, ela ofereceu um conjunto de APIs (Interface de Programação de Aplicações, em inglês *Application Programming Interface*) a partir do Autodesk Forge, que permite a personalização e automação do CDE. Apesar dessa possibilidade e devido à sua subutilização, o CDE foi utilizado apenas com os recursos nativos, sem nenhuma adaptação para HBIM – e, mesmo assim, mostrou-se útil.

A figura a seguir mostra uma tela do BIM 360 com a visualização do modelo do edifício Acaiaca, acessado a partir do browser Chrome da Google, apresentando algumas ferramentas e à esquerda exibido com os filtros de fase – para as fases Existente, Novo, Projetado e Demolido. Isso comprova que, mesmo sem adaptações, o CDE já oferece o suporte a visualizações de fase, que são importantíssimas para o processo HBIM. Na parte superior da figura é possível ver o

nome do arquivo e a versão (ED_ACAIACA_PROPOSTA_4.rvt - V2). O controle de versão dos arquivos e o armazenamento em nuvem é ilimitado e essas características facilitaram todo o processo, evitando a necessidade de backups constantes de arquivos muito grandes.

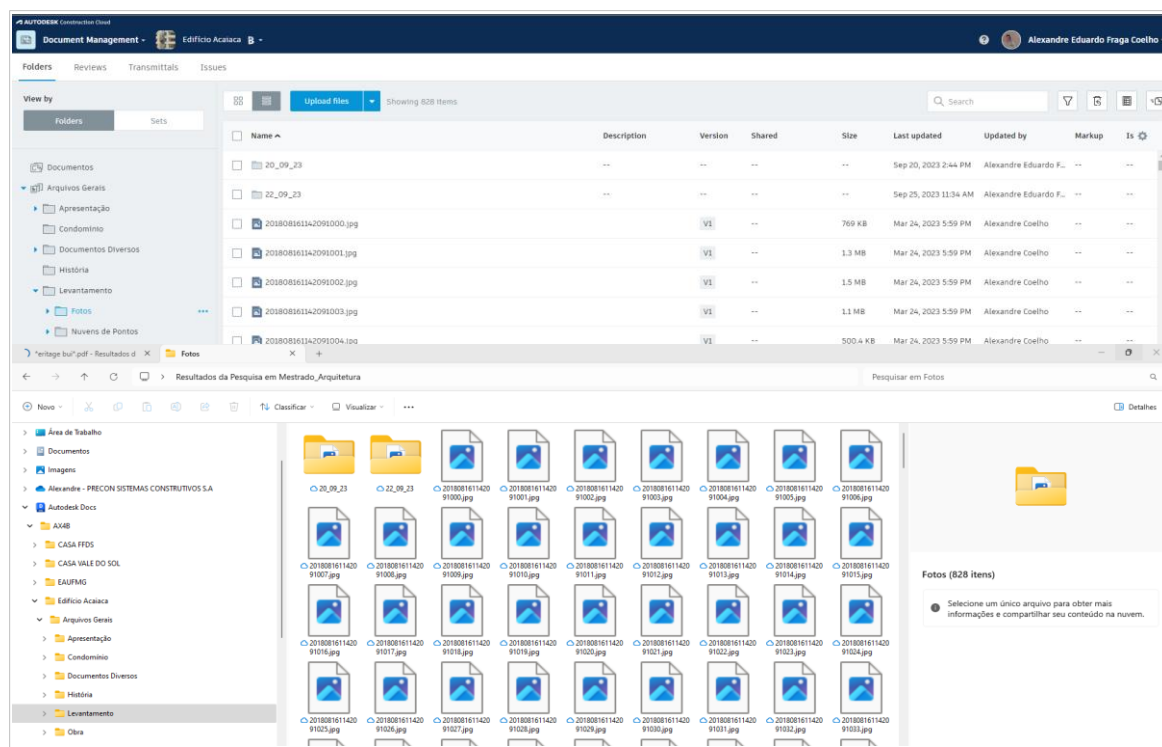
Figura 53 – Tela do BIM 360 com o modelo HBIM do edifício Acaiaca



Fonte: elaborada pelo autor.

Na figura, há ícones representando ferramentas úteis para colaboração entre equipes, como visualização do modelo, marcação e comunicação de problemas. A figura seguinte mostra a estrutura de armazenamento, similar ao Google Drive e OneDrive, mantendo a sincronização entre o navegador e as pastas locais do usuário.

Figura 54 – Interface BIM 360 no Chrome e pastas sincronizadas no Windows



Fonte: elaborada pelo autor.

O CDE permitiu cadastrar muitas informações do levantamento, do projeto, da obra e ainda documentos complementares (jurídicos, patrimoniais, orçamentários etc), garantindo backup, controle de versão e ferramentas de visualização e edição de diversos formatos.

A opção de utilizar parâmetros no próprio modelo HBIM para inserção de informações históricas complementares, como inventários, foi uma abordagem descartada desde o início. Não foi encontrada nenhuma utilidade prática para essa abordagem – não do ponto de vista do projeto, manutenção e restauração do edifício. Por isso, o CDE foi a escolha para o armazenamento dessas informações. Nos processos de estudo e aprovação foram solicitados documentos ao arquivo público de Belo Horizonte sobre o edifício Acaiaca. Os documentos fornecidos, como plantas arquitetônicas da época da aprovação, recorte de jornais etc. ficaram armazenados no CDE. Existem vistas no modelo HBIM em que algumas destas plantas estão sobrepostas ou mesmo como parte da documentação.

Em um CDE específico para HBIM, seria útil agregar algumas funcionalidades como:

- Possibilidade de vincular informações estruturadas sobre inventário no modelo que está armazenado – por exemplo, anexar um relatório de uma análise estratigráfica em determinada região do modelo no CDE.

- Capacidade de classificar as regiões das nuvens de pontos e organizá-las como um modelo HBIM, com as mesmas possibilidades de vincular informações estruturadas.
- Capacidade nativa para inserção de sensores, como no exemplo do HBIM portal;
- Possibilitar a sobreposição de modelo HBIM e nuvem de pontos, incluindo ferramenta que permitisse a análise de correspondência entre os dois.
- Ampliar as capacidades de cadastro de fotografias, com informação estruturada sobre a descrição das fotos, inclusão de anotações, marcações sobre as fotos, e a posição de onde foram disparadas identificadas no modelo HBIM ou na nuvem de pontos.
- Integração com ferramentas de realidade virtual e realidade aumentada, para o modelo HBIM, nuvem de pontos ou passeios virtuais.

3.1.8 Algumas conclusões sobre os processos HBIM

Nos capítulos anteriores foram abordados vários usos do modelo digital HBIM no caso real do edifício Acaiaca. Nem sempre foi possível manter as melhores práticas, pois, sendo um projeto real, com prazos curtos e uma equipe pequena, não era possível sempre avaliar as melhores opções. Apesar disso, as principais vantagens puderam ser apontadas nesse breve relato.

Algumas boas práticas não puderam ser implementadas, nem sempre pela falta de conhecimento, mas também pela falta de recursos ou falta de capacitação de equipes ou fornecedores parceiros. A utilização do CDE para o trabalho colaborativo com outras empresas, por exemplo, foi um recurso subutilizado. Alguns fornecedores não tinham experiência com a plataforma e esta não foi a centralizadora da comunicação e do avanço dos projetos. Muitos fornecedores entregavam seus projetos por e-mail e ficava a cargo da empresa de arquitetura armazená-los durante o andamento do projeto.

Apesar disso, o CDE foi muito útil e está sendo usado até o momento, centralizando as informações de projeto, obra e informações históricas. Os processos de compatibilização utilizando recursos HBIM foram pouco utilizados: a maioria dos fornecedores entregaram seus projetos em CAD 2D, o que acarretaria a demanda de modelá-los para realizar a compatibilização.

A equipe de projeto elétrico, por exemplo, entregou o projeto apenas para a situação em que o edifício foi levantado, sem contemplar a nova proposta. Essa proposta de reforma das instalações elétricas foi orçada na época por aproximadamente dois milhões de reais e ainda não foi realizada. Hoje esse modelo de elétrica e a sua proposta de projeto se tornaram obsoletos, pois, com avanço das propostas, foi solicitado outro projeto, substituindo a central de medição para os corredores e incorporando toda as propostas de arquitetura. Para esse novo projeto não foi exigida a entrega dos projetos em BIM, devido ao aumento do custo. As dificuldades encontradas para implementação de um processo HBIM partem de dificuldades que são comuns para aos processos BIM para edifícios novos, adicionando complexidades que tornam o processo HBIM ainda mais difícil de ser implementado.

A decisão na adoção das ferramentas HBIM para edifícios históricos depende de muitos fatores, e isto começa pelo conhecimento da existência desta tecnologia e das vantagens que ela pode trazer. Mesmo em edifícios de maior porte, como é o caso do Acaiaca, sua administração inclui geralmente uma pequena equipe para a realização das manutenções, e raramente chegam a contratar um arquiteto, um engenheiro ou uma empresa de engenharia de projetos para atuação constante. Sendo assim, a decisão para a adoção das ferramentas dependerá do conhecimento da tecnologia e eventual oferecimento do serviço pela empresa contratada para o projeto de reforma, restauração ou obra.

Ainda assim, pesquisando sobre uso de HBIM para edifícios históricos no Brasil, é possível encontrar sua aplicação em edifícios de maior relevância patrimonial, embora, na maioria dos casos, apenas como “Prova de Conceito”, estudos de casos ou estudos acadêmicos. Nos editais dos quais órgãos do patrimônio histórico e cultural participam, já se pode encontrar a solicitação de uso. Também é possível ver a aplicação do conceito por empresas especializadas em projetos de restauração.

Outro impacto na escolha do HBIM está no custo alto das ferramentas disponíveis para BIM/HBIM. Esse custo inicia-se na locação ou aquisição dos equipamentos de levantamento por nuvem de pontos, passando pelos softwares de modelagem e gerenciamento, até chegar nas equipes de projeto que possuam conhecimento para a utilização dos processos BIM/HBIM. A tecnologia BIM/HBIM tem avançado e muitas empresas já usam a tecnologia no dia a dia, mas sua adoção não é tão ampla quanto os processos anteriores, realizados em CAD.

O edifício Acaiaca vem se beneficiando com uso do HBIM, embora a perpetuação desse uso também seja complexa. A opção pela utilização das ferramentas e manutenção de um modelo HBIM com o máximo de atualização coube, em parte, às decisões da empresa de

arquitetura, que investiu nisso. Caso essa empresa encerre o contrato e saia do processo, mesmo que forneça todos os arquivos atualizados de todos os modelos, caberá à administração do edifício contratar outras empresas que utilizem os processos HBIM e aproveitem os modelos fornecidos.

4 HBIM EM DUAS ABORDAGENS

As pesquisas sobre HBIM têm abordado duas principais perspectivas: a primeira, no ponto de vista do levantamento, conservação, restauração, manutenção e gestão dos edifícios históricos; e a segunda, no cadastro das informações históricas e culturais com diversos objetivos, que vão desde a pesquisa arqueológica até o turismo cultural.

Na primeira abordagem existe a preocupação com levantamento e cadastros de um modelo HBIM fidedigno ao levantamento por varredura digital que permita utilizar os recursos do modelo para sua manutenção física, ou seja, nos processos de manutenção, conservação e restauração. Na segunda, a utilização dos processos HBIM e seus recursos tecnológicos com a visão de imputar informações complementares, comuns aos processos de inventário utilizados pelos conservadores e restauradores do patrimônio histórico e cultural. De uma forma mais clara, tanto os modelos BIM (para construções novas) quanto os modelos HBIM não podem encerrar em si todos os dados necessários para construção, manutenção, operação, restauração etc. Surge, então, o conceito de Ambiente Comum de Dados (CDE) para o BIM, no qual os modelos são armazenados juntamente com vários dados que o complementam, possibilitando as operações de construção, operação etc. e permitindo a colaboração entre os diversos agentes do processo. Muitas ferramentas surgem no mercado e algumas, como o BIM Archibus³¹, para “Facility Management” conseguem vincular dados nos modelos e mantê-los sincronizados, permitindo o uso mais intensivo do modelo.

Separando-se essas duas abordagens principais – a primeira concentrada nas ferramentas que possibilitam um cadastro fiel do modelo e dos recursos para o trabalho do restaurador, do ponto de vista técnico, sobre a construção, e a segunda que permite cadastros complementares de inventário que justifiquem o valor histórico e cultural de determinado bem, dentro de um Ambiente Comum de Dados –, é possível ter maior clareza na criação de um sistema que, baseado nas premissas de um CDE, abranja de forma satisfatória essas duas principais necessidades e ainda englobe os aspectos imateriais, quando não existir algo material a ser inventariado. Outra perspectiva dessa segunda abordagem seria, ainda, a utilização de todo esse material cultural armazenado de forma estruturada para a educação e divulgação dos bens.

4.1 HBIM como ferramenta de cadastro da construção no seu aspecto físico

³¹ Disponível em: <https://archibus.com/products/bim-fm/> Acesso em: 06 jun. 2024.

O HBIM difere do BIM não só pelo fato de se começar por um edifício que já existe, mas também por se tratar de um edifício de relevância histórica e cultural. É possível utilizar o recurso de varredura digital por laser scanner ou a aerofotogrametria por drone para levantar um edifício existente e ainda assim estar na seara do BIM. Esse processo de levantamento está se consolidando, tornando-se comum para edifícios existentes quando há a necessidade de uma reforma. Nesse caso, podem ser utilizadas as mesmas tecnologias e até os mesmos passos realizados no levantamento de um edifício histórico. O que diferencia um modelo BIM de um edifício existente para um modelo HBIM de um edifício histórico é precisamente o fato de o edifício ser histórico e de relevância, ou seja, há uma mudança no objetivo de sua captura (levantamento) e cadastro – que leva em consideração as premissas técnicas que envolvem o trabalho do restaurador.

Os passos utilizados no levantamento de um edifício histórico HBIM, de forma resumida e ainda repetindo algumas informações apresentadas nos processos realizados no edifício Acaiaca, são:

- 1) Preparação: nesta etapa, é importante reunir toda a informação disponível sobre o edifício histórico, incluindo desenhos, fotografias, histórico de construção, informações sobre o patrimônio e documentação relevante (Folhas de Inventário).
- 2) Planejamento: com base na informação coletada na etapa anterior, é necessário planejar o projeto de levantamento, incluindo a escolha de equipamentos e tecnologias, a definição de equipes, a definição de escopo e a programação da produção do modelo.
- 3) Aquisição de dados: nesta etapa, são coletados dados de imagens digitais e de medições a laser (LIDAR) da estrutura e do entorno do edifício. Processamento de dados: os dados coletados na etapa anterior são processados para produzir um modelo 3D preciso do edifício, incluindo todos os detalhes relevantes, como paredes, portas, janelas etc. Nesta etapa é formada a nuvem de pontos, juntamente com as “Bubble Views” ou “pontos de vistas em bolhas” que são a captura completa em 3D de um objeto ou ambiente, combinando várias imagens parciais capturadas a partir de diferentes ângulos.
- 4) Modelagem: com base nos dados processados, é criado um modelo 3D detalhado do edifício histórico, incluindo informações sobre a estrutura, materiais de construção, acabamentos etc. Este é o modelo HBIM, e, para que possa ser considerado como tal, deve-se utilizar um software com esta tecnologia (deve

seguir uma série de premissas que são normatizadas e atualizadas pela buildingSmart³²).

- 5) Validação: nesta etapa, o modelo 3D é validado com base nas informações disponíveis e nas medições realizadas in situ.
- 6) Visualização e Análise: com o modelo 3D finalizado, é possível realizar uma ampla variedade de análises e visualizações, incluindo simulações de fluxo de luz, análises de estrutura, análises para conservação, restauração etc.
- 7) Documentação: por fim, o modelo 3D e todas as informações relevantes são documentadas e registradas para futuras referências e conservação do patrimônio.
- 8) Utilização de ferramentas complementares para operação, manutenção e monitoramento do edifício com recursos propostos comumente para BIM, tais como Gêmeos Digitais (em inglês: Digital Twin) e gerenciamento de instalações FM (em inglês: Facility Management).

Esses são aspectos básicos de um levantamento e cadastro HBIM. Em situações mais complexas nas quais uma pesquisa arqueológica se fizer necessária, outras tecnologias e procedimentos devem ser utilizados, como técnicas de análise química, microscopia eletrônica, análise de carbono 14, análise de camadas, análise histórica, tomografia por raio-x, escavação arqueológica, levantamento por georadar etc.

Diante dessa infinidade de informações, é possível apresentar os recursos tecnológicos do HBIM para recebê-las e organizá-las, seja em um modelo federado ou em um ambiente comum de dados (CDE).

4.2 HBIM e o cadastro de informações relevantes para o inventário

Antes de propor o cadastro de inventários utilizando os recursos HBIM, é preciso entender o que é um inventário na esfera do patrimônio histórico e cultural. No Brasil, o órgão principal que tem o dever de entender, acompanhar a evolução do conceito e orientar as

³² BuildingSMART International está liderando a transformação digital ao possibilitar uma melhor colaboração e fluxos de trabalho digitais através das soluções e padrões que entrega. Fluxos de trabalho digitais ajudam na colaboração e comunicação eficientes em todas as fases do ciclo de vida do projeto e do ativo. Fluxos de trabalho digitais são críticos em projetos que envolvem muitas disciplinas, aplicativos de software e organizações que devem colaborar e trocar informações para alcançar o sucesso. Padrões interoperáveis, abertos e internacionais para BIM que transcendem as fases tradicionais de design e construção para permitir um ambiente digital abrangente para todo o ciclo de vida do projeto e do ativo oferecem benefícios substanciais. A buildingSMART International possibilita o desenvolvimento, criação e adoção de padrões digitais abertos para fluxos de trabalho produtivos. Os objetivos da comunidade buildingSMART são alcançados através de três programas principais: Padrões, Conformidade e Usuário. Tradução própria. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/about/what-we-do/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

diretrizes de inventariamento de bens culturais materiais e imateriais é o IPHAN. O conceito de inventário não é estanque, mas evolui com os conceitos das teorias de restauração, e pode ser polêmico em alguns casos, exigindo pesquisa constante e conhecimento para quem for aplicá-lo. Além do aspecto conceitual capaz de trazer maior confiança na determinação do que inventariar, existe o aspecto técnico de como inventariar e dos meios pelos quais a informação será resguardada, preservada. Do mesmo modo que as teorias de restauração evoluem, o mesmo ocorre com o conceito de restauração, as técnicas de restauração e as formas de conservação.

Pensando em uma proposta para inventariar edifícios históricos com o uso do HBIM, registrar informações e resguardá-las, fica evidente que se trata de um novo meio de inventariar que está no campo de desenvolvimento da tecnologia da informação, da arquitetura, da engenharia e da construção. Nessa perspectiva, a forma como os dados são armazenados, possibilitando a estruturação de informações históricas, dados materiais de restauração, arquitetura e engenharia em uma única base de dados, ou em várias bases inter-relacionadas digitalmente, tem como objetivo conservar um edifício, ampliando a segurança, o acesso e a qualidade da informação preservada.

Além disso, é possível envolver vários interessados na gestão dessas informações, possibilitando maior colaboração na conservação, restauração, divulgação, promoção e educação do bem e dos dados que ele encerra.

Essa mistura de informações que pode acontecer na Modelagem da Informação da Construção Histórica de certo modo pode dificultar o entendimento sobre qual informação está em qual campo. Ao mesmo tempo que um modelo HBIM pode ser utilizado para registrar, detalhar e propor a solução de restauração de determinado elemento de um edifício histórico, ele também está registrando uma intervenção futura e criando mais uma camada histórica para aquele bem. Sendo realizada a restauração, fica o registro dos processos dessa alteração.

Pensando nesses processos inseridos em um Ambiente Comum de Dados, com um modelo HBIM para a realização e discussão da proposta de restauração, no qual várias pessoas colaboraram no processo técnico e decisório, o registro dentro desse CDE fica muito rico em informações. Uma percepção sobre as teorias contemporâneas clássicas e contemporâneas de restauração é a de que existe uma abordagem muito ampla de como preservar o passado para as gerações futuras com o mínimo de impacto ou alteração no objeto do restauro. Entretanto, é pouco abordada a preservação do presente para o futuro, esquecendo-se, de certo modo, que a rapidez com que as tecnologias são substituídas podem comprometer muito mais o seu acesso futuro do que aconteceria, por exemplo, com a preservação de um papel ou pergaminho.

Essa preocupação em relação à manutenção dos meios de registro informacional não está no “limbo”: há uma preocupação com a maneira e os meios como os dados são armazenados e acessados, principalmente nos campos de teoria da informação. Entretanto, com a infinidade de aplicações que se tem hoje, a infinidade de formatos de arquivos proprietários, esse controle se torna um assunto relevante para a conservação do presente.

No campo do HBIM, tal preocupação é acentuada, pois deve-se ter em mente que nem todas as informações que estão sendo criadas através dos processos existentes podem ser mantidas, pelos motivos mencionados acima. Um exemplo prático sobre este assunto, usando os processos no Acaiaca, são os cuidados tomados em adicionar as texturas reais, a partir de fotos, aos materiais aplicados no modelo, que podem ser perdidas, pelos motivos a seguir:

- 1) Até o momento, o formato aberto para interoperabilidade de modelos BIM, o IFC, não carrega essas informações.
- 2) O Revit é uma ferramenta proprietária da Autodesk e o seu arquivo é gravado em formato binário como rvt, podendo ser aberto apenas no software Revit. Caso ele seja descontinuado, restaria apenas a possibilidade de acessar os dados pelo formato IFC e o BCF.
- 3) O formato FBX leva a informação da textura para que possa ser utilizado em outro software, porém tal formato não é o padrão de interoperabilidade documentado para os processos BIM ou HBIM.

A observação desse ponto vai de encontro ao de que a utilização do termo HBIM tem avançado mais na academia do que nos aspectos profissionais e de mercado, pois as aplicações específicas para HBIM estão mais no âmbito acadêmico do que comercial, como é o caso do HBIM Portal e o ARK-BIM. Isso é impactado pelo uso de tecnologias BIM adaptadas para os conceitos HBIM. Os softwares de Modelagem da Informação da Construção não estão só limitados pela dificuldade em representar geometricamente as complexidades dos edifícios históricos, mas também pela inserção de informações históricas nos padrões de interoperabilidade controlados pela Building Smart. Isso não se relaciona apenas a uma simples aplicação de textura em um material aplicado a um elemento, mas na classificação dos elementos HBIM, nas tabelas e nos padrões de interoperabilidade – IFC, BCF e Cobie. Existem desenvolvimentos de ferramentas que dão suporte a HBIM, que, no entanto, na maior parte das vezes se restringem a APIs, ou seja, aplicações com interface para softwares BIM existentes e que têm como objetivo adicionar recursos que facilitem o uso destes softwares para o HBIM.

Diante das perspectivas enumeradas acima, e apesar de alguns estudos avançarem nas possibilidades de inserção de muitas informações de inventário aos modelos HBIM, a consideração dessa abordagem como algo inerente ao processo ainda é algo temerário, tanto para que se permita o acesso futuro, quanto para o acesso de todos os interessados naquela informação – considerando o domínio público, o conhecimento e difusão da tecnologia HBIM no presente.

HBIM é um conceito apoiado por ferramentas BIM. O trabalho de inventário, dentro do que foi apresentado até o momento é mais aderente a um CDE. Manter as informações do inventário em diversas mídias é essencial para garantir o acesso à informação e preservar os aspectos originais de determinados registros. Esse suporte é oferecido pelo CDE, complementado pelo controle de versões, backup, visualização e edição de alguns formatos de arquivos comuns, como fotos, vídeos, documentos em word, pdf, excel e, claro, os formatos gerados pelos softwares da plataforma BIM.

5 O QUE PODERIA SER ADICIONADO A UM SOFTWARE DE MODELAGEM HBIM

Analisando a experiência do processo HBIM em uso no edifício Acaiaca, foi possível imaginar quais seriam os requisitos para um software de modelagem HBIM com foco em arquitetura. A criação de plugins (ferramentas acessórias criadas por meio de APIs) não consegue superar todas as barreiras, já que está limitada às possibilidades do software em que está “plugada”. Essas ferramentas adicionam novas possibilidades, automatizando tarefas ou até mesmo trabalhando em paralelo com o software BIM. No entanto, no momento de realizar as modificações nos arquivos do software ao qual faz interface, ela se limita às possibilidades do software em questão.

As considerações, enumeradas a seguir, ignoram as limitações políticas ou mercadológicas, concentrando na usabilidade e eficiência do software.

- 1) Utilizar o formato IFC como padrão do software, eliminando o processo de criar mais um arquivo binário proprietário e trabalhando diretamente com o formato IFC. É sabido que um formato binário tem maior velocidade para escrita e leitura do que o IFC, que é um formato de texto. Entretanto, essa opção vai de encontro ao OPEN BIM, eliminando as barreiras da obsolescência programada ou o impacto da descontinuação de um software. Outro ponto positivo é o fato de impulsionar melhorias no IFC à medida que o software desenvolve novas funcionalidades. Há diferenças na capacidade dos softwares em lidar com o IFC. O ArchiCAD, por exemplo, consegue ler com maior precisão e rapidez um arquivo IFC do que o Revit. Abrir um arquivo IFC no Revit, mesmo que seja exportado pelo Revit leva quase 10 vezes mais tempo do que a abertura de um IFC no ArchiCAD. O nível de erro, como superfícies não reconhecidas ou faltantes, também é muito maior.
- 2) Capacidade de trabalhar com malhas, sólidos e com superfícies complexas para superar as dificuldades encontradas nas modelagens de elementos históricos. Seria importante a possibilidade de conversão de malha em sólido e vice-versa. O sólido é importante para garantir precisão nos cálculos de engenharia, para facilitar a extração de vistas 2D e a documentação. Não é simples a criação de algoritmos para este tipo de conversão, porém é um item importante para a consolidação de um software com suporte total a HBIM.

- 3) Facilidade para importar, editar, classificar nuvens de pontos e convertê-las em malha ou sólido. Existem ferramentas para edição das nuvens, como foi apresentado anteriormente – inclusive com suporte de IA, como é o caso do Pointly –; contudo, a edição interna agilizaria todo o processo e garantiria maior precisão.
- 4) Adição de novas categorias de elementos específicos para HBIM como, por exemplo, os elementos da arquitetura clássica, incorporados aos padrões de interoperabilidade do IFC. Possibilidade de alterar o comportamento e forma de representação das categorias adicionando ou removendo propriedades.
- 5) Aumento na capacidade paramétrica como a possibilidade de criar restrições e relações entre os elementos. Os softwares de mecânica, como o Inventor³³, SolidWorks³⁴ e Catia, utilizam as restrições entre elementos para possibilitar a simulação de movimento. Os softwares da indústria de entretenimento, como 3dsMax, Maya³⁵, Cinema 4D³⁶ e Blender, utilizam modificadores sobrepostos para modificar uma geometria, esticando, simplificando, torcendo etc. para modelagem complexa e a criação de animações. Os softwares BIM já trabalham com restrições entre elementos e relações entre eles, que levam em conta as regras dos elementos da construção civil, a possibilidade de novos tipos de restrições e as possibilidades de criação de modificadores, o que ajudaria na modelagem complexa e na criação de simulações.
- 6) Utilizar otimização de memória trabalhando com arquivos múltiplos, evitando o uso arquivo único e que sobrecarrega memória e o processamento do computador.
- 7) Maior integração com sistemas GIS, para permitir integração de dados, aproveitamento melhor de superfícies topográficas e infraestruturas das cidades.
- 8) Capacidade de visualização renderizada em realidade virtual e aumentada, com possibilidades de modelagem, anotação, inspeção de elementos etc.
- 9) Recursos aprimorados para criação, manipulação e edição de fases. Possibilidade de extrair ou incorporar fases em e entre arquivos.

³³ Autodesk Inventor: Um software de modelagem 3D e CAD (Computer-Aided Design) usado para projetar, visualizar e simular produtos. É comumente usado na engenharia mecânica e no design de produtos.

³⁴ SolidWorks: Outro software de CAD 3D, o SolidWorks é usado principalmente para modelagem paramétrica de peças e montagens. É amplamente utilizado na indústria para projetar produtos e simular seu desempenho.

³⁵ Maya: Outro software da Autodesk, Maya é usado para modelagem, animação, simulação e renderização 3D. É popular na indústria de cinema e jogos devido à sua flexibilidade e conjunto abrangente de ferramentas.

³⁶ Cinema 4D: Desenvolvido pela Maxon, o Cinema 4D é uma poderosa ferramenta de modelagem, animação e renderização 3D. É conhecido por sua interface amigável e é amplamente utilizado na indústria de publicidade, televisão e design de produtos.

- 10) Recursos aprimorados para criação, manipulação e edição de opções de projeto. Permitindo criar opções de projeto e o seu intercâmbio entre arquivos;
- 11) Criação de matrizes inteligentes de objetos, gerando relação entre eles, permitindo a troca de elementos sem perda de relação, permitindo restrições onde fosse possível limitar o tamanho da matriz podendo definir que a alteração de tamanho de um elemento pudesse ser direcionar o sentido no qual haveria a diminuição dos elementos que estão ao seu redor;
- 12) Ter maior número de formatos intercambiáveis possível, incluindo tanto os formatos de arquivos 3D, quanto 2D e de dados. Por exemplo, a utilização de vários formatos 3D consagrados pela indústria com a utilização CAE (Engenharia Assistida por Computador);
- 13) Inclusão de ferramentas de design generativo de forma nativa ou integração com ferramentas já consolidadas neste ambiente como Dynamo, Grasshoper³⁷, Gálapagos³⁸.
- 14) Documentação, criação e disponibilidade de SDK³⁹ com API sólida para permitir a interface com outros softwares e a possibilidade de criar automações.
- 15) Investimento em pesquisa em IA generativa⁴⁰ integrada por API com suporte a design generativo e geração de automações pela criação de códigos automáticos para automação de tarefas.

O que está proposto nessa lista pode ser melhor entendido através de alguns exemplos. Algumas proposições estão alinhadas a dificuldades encontradas no processo de modelagem

³⁷ O Grasshopper é um editor de algoritmos gráficos integrado ao Rhino. Ele permite que designers criem formas e estruturas complexas usando lógica visual, sem a necessidade de programação por linhas de código. Aplicação: O Grasshopper é usado para modelagem algorítmica, geração de formas paramétricas e exploração criativa em design arquitetônico e de produtos

³⁸ Gálapagos é um resolvidor evolutivo integrado ao Grasshopper. Ele aplica algoritmos evolutivos para otimizar projetos e encontrar soluções eficientes. Aplicação: O Gálapagos é usado para otimização de parâmetros em projetos de arquitetura e design, permitindo que o usuário explore diferentes configurações e encontre a melhor solução.

³⁹ SDK, ou kit de desenvolvimento de software, é um conjunto de ferramentas oferecidas a desenvolvedores por fornecedores de sistemas operacionais e linguagens de programação. Ele é disponibilizado para facilitar a criação e integração de aplicativos em uma determinada plataforma. Os SDKs trazem documentações, bibliotecas de códigos, editores visuais e guias, que podem ser usados para agilizar o processo de desenvolvimento. Alguns também entregam um projeto de teste para eliminar a necessidade de escrever o código do zero.

⁴⁰ IA Generativa, ou Inteligência Artificial Generativa, é um tipo de sistema de IA capaz de gerar conteúdo novo e sintético em resposta a solicitações em linguagem comum. Isso inclui criação de texto, imagens, música, vídeos e muito mais. A IA generativa utiliza algoritmos e modelos para criar resultados inéditos, indo além da simples análise ou classificação. Ela tem aplicações em pesquisa, experiência do cliente e otimização de processos de negócios.

HBIM no edifício Acaiaca e outras que são melhoramentos relacionados aos processos BIM. A seguir estão detalhadas e exemplificadas algumas das proposições na mesma sequência em que foram apresentadas na lista acima.

5.1 Proposta 1 (IFC): apontamento de problemas na interoperabilidade.

A Building Smart foi criada inicialmente com o nome de IAI – Aliança pela Interoperabilidade (Em inglês: Alliance for Interoperability) – em 1994. com o objetivo de aumentar o intercâmbio entre softwares da indústria da construção, desenvolvendo o formato de interoperabilidade IFC. Até os dias de hoje, esse é o formato e intercâmbio de informações, e vem evoluindo, embora ainda mantenha algumas limitações em relação às geometrias. As empresas desenvolvedoras associadas à Building Smart auxiliam na evolução desse padrão aberto. Empresas como a Autodesk, Graphisoft, Bentley etc. são associadas e colaboradoras. A tabela a seguir apresenta a evolução do IFC.

Tabela 3 – Evolução do formato IFC.

TABELA DE EVOLUÇÃO DO FORMATO IFC
IFC4.3.RC4 (2021-07): additions of Rail and Infrastructure
IFC4.2 (2019-04): withdrawn
IFC4.1 (2018-86): withdrawn
IFC4 Add2 TC1 (2017)
IFC4 Add2 (2016)
IFC4 Add1 (2015)
<u>IFC4 (March 2013)[6]</u>
ifcXML2x3 (June 2007)
IFC2x3 (February 2006)
ifcXML2 for IFC2x2 add1 (RC2)
IFC2x2 Addendum 1 (July 2004)
ifcXML2 for IFC2x2 (RC1)
IFC 2x2
IFC 2x Addendum 1
ifcXML1 for IFC2x and IFC2x Addendum 1
IFC 2x
IFC 2.0 (March 1999)
IFC 1.5.1 (September 1998)
<u>IFC 1.5 (November 1997)[1]</u>
IFC 1.0 (June 1996)

Fonte: Industry [...], 2014.

A estrutura do arquivo é simples: inicia com a informação da norma ISO do arquivo (ISO-10303-21) e, em seguida, há o cabeçalho delimitado pelas linhas HEADER no início e ENDSEC, no final. No cabeçalho há a informação da versão do IFC (FILE-SCHEMA), a descrição do arquivo, informação do software no qual foi criado, o tipo de coordenadas utilizadas etc. Em seguida, os dados para gerar o modelo com todas as informações da construção vêm delimitados pelas linhas DATA, no início, e ENDSEC, no final. Nessas linhas estão descritas todas as informações do modelo.

Por ser um arquivo em formato de texto, os softwares geralmente levam mais tempo para processá-lo do que um arquivo binário. No entanto, a estrutura de gravação de um arquivo binário é similar: são instruções ordenadas para que o arquivo seja criado ou aberto. Essas instruções têm que seguir uma ordem de escrita e leitura. O arquivo binário, como o arquivo de extensão (.rvt), do Revit, não é inteligível para humanos como o arquivo IFC, mas apenas para o software que o gerou. O arquivo IFC, por ser um arquivo de texto, pode ser alterado no bloco de notas. Caso a informação não seja trocada de lugar, mantendo-se a estrutura do arquivo intacta, o arquivo pode ser interpretado pelo software sem perda. Por exemplo, é possível mudar as coordenadas dos arquivos mudando seu valor pelo arquivo de texto.

Entre as vantagens que um software teria em trabalhar diretamente com o formato de arquivo IFC, sem um formato proprietário, está a garantia de conseguir escrever e ler com maior assertividade os arquivos IFC gerados por diversos softwares e de colaborar com o desenvolvimento do IFC de maneira direta, por ser dependente do formato. Seria muito mais interessante que todos os softwares BIM trabalhassem diretamente nesse formato, pois o fato de ser apenas um formato de intercâmbio de dados nem sempre oferece os melhores resultados ou se comporta conforme o esperado.

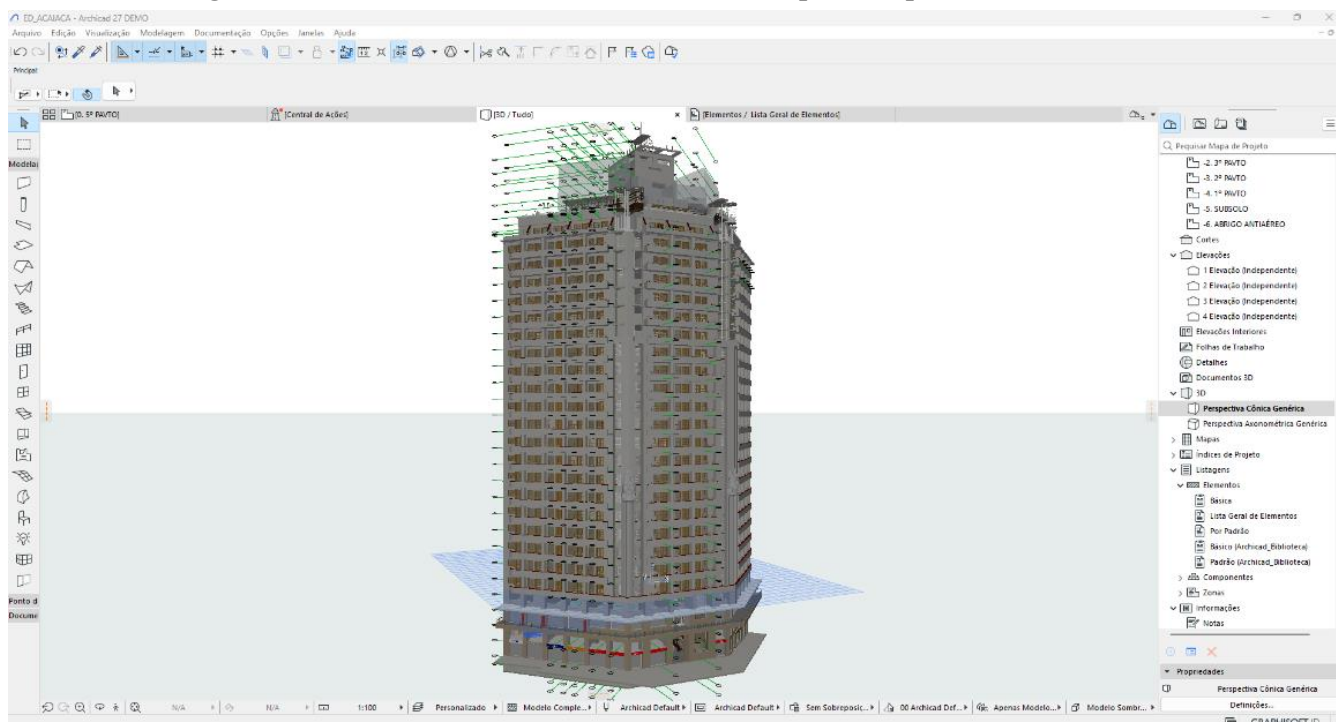
Os testes feitos com a exportação do modelo do edifício Acaiaca apresentaram algumas dificuldades que comprometem a consistência das informações passadas de um software para outro. A importação do IFC apresentou resultado satisfatório no ArchiCAD, Tekla Structures e Navisworks⁴¹; porém, no Revit, o software que gerou o arquivo, o resultado foi aquém do necessário. O Revit, em sua versão 2024, levou cerca de 50 minutos para exportar o IFC do arquivo do edifício Acaiaca, que está atualmente com o tamanho de 1 GB. Como informado

⁴¹ O Navisworks é uma solução de revisão, coordenação e análise de projetos de construção desenvolvida pela Autodesk. Ele oferece funcionalidades para combinar e revisar modelos 3D de diferentes disciplinas, detectar e resolver conflitos de projeto, simular processos de construção, realizar análises de custos e cronogramas, e colaborar de forma eficiente entre as equipes de projeto. O Navisworks é amplamente utilizado na indústria da construção para melhorar a coordenação e a comunicação entre as partes interessadas, reduzir retrabalhos e otimizar o planejamento e execução de projetos de construção.

anteriormente, o arquivo IFC 2x3 gerado ficou com o tamanho de 2,14 GB. Na geração do arquivo, em vários momentos, o Revit apresentava a mensagem de que não estava respondendo, indicando que iria travar – o que, no entanto, não ocorreu. Essas mensagens provocam desconforto ao usuário, deixando-o com a sensação de que a tentativa não será bem-sucedida. Além disso, essa sensação fica ainda mais incômoda com o passar do tempo – quando, por exemplo, o usuário fica mais de 30 minutos aguardando, sem saber se terá o resultado esperado, pensando que poderá ter perdido 30 minutos à toa, sem resultados com o travamento do software.

A primeira importação, realizada no software ArchiCAD, versão 27 Demo, foi surpreendentemente positiva. O modelo foi importado em apenas 15 minutos sem apresentar qualquer erro durante a importação. Ao final da importação, o modelo apresentado estava fiel ao modelo original, criado no Revit. Os elementos da construção estavam com as informações, e as vistas acessadas não apresentavam erro perceptível. A figura a seguir apresenta a imagem do arquivo aberto no ArchiCAD. Por não possuir uma versão licenciada do ArchiCAD, não foi possível salvar o arquivo no formato proprietário do software para ver qual seria o seu tamanho em Bytes.

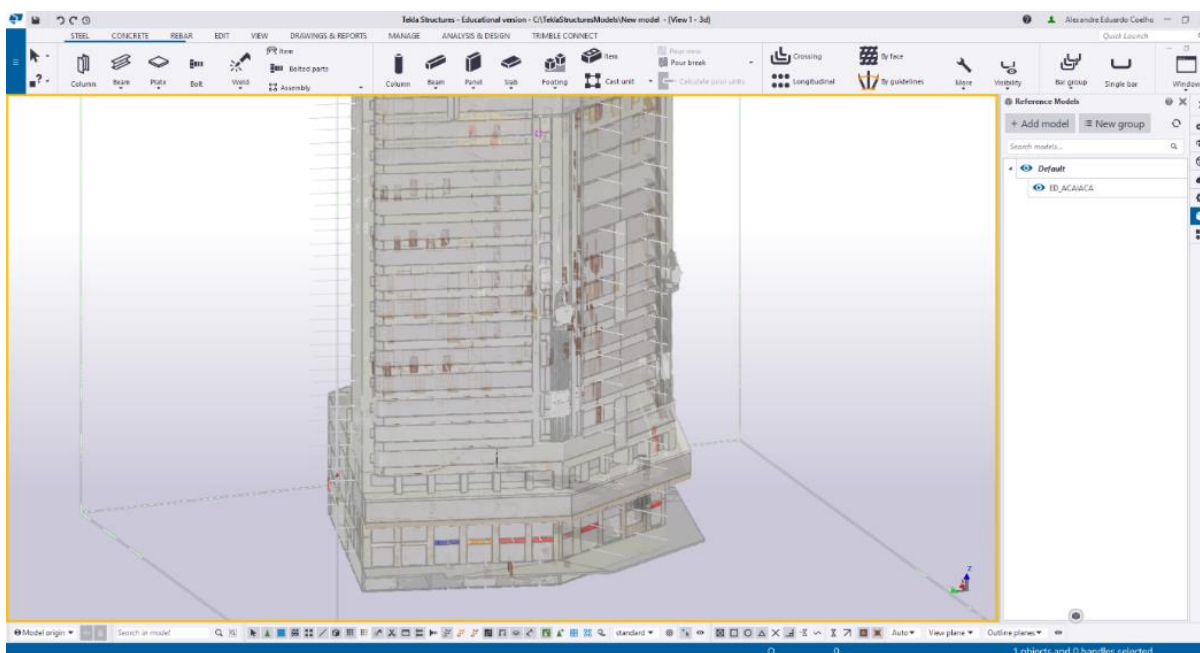
Figura 56 – Modelo HBIM do edifício Acaiaca importado por IFC 2x3 do Revit



Fonte: elaborada pelo autor.

O resultado para as efígies importadas foi preciso, sem qualquer deformação. O ArchiCAD foi o software que conseguiu converter o modelo com menor tempo. Foi utilizado sempre o mesmo computador para garantir a confiabilidade na medição dos tempos. Após o teste no ArchiCAD, foi realizada a importação no Tekla Structures 2022, software especializado na modelagem e documentação de estruturas metálicas e de concreto. Nele, a importação demorou um pouco mais que 20 minutos sem apresentar erro, conforme figura a seguir.

Figura 57 – Modelo HBIM do edifício Acaica no formato IFC 2x3 importado para Tekla

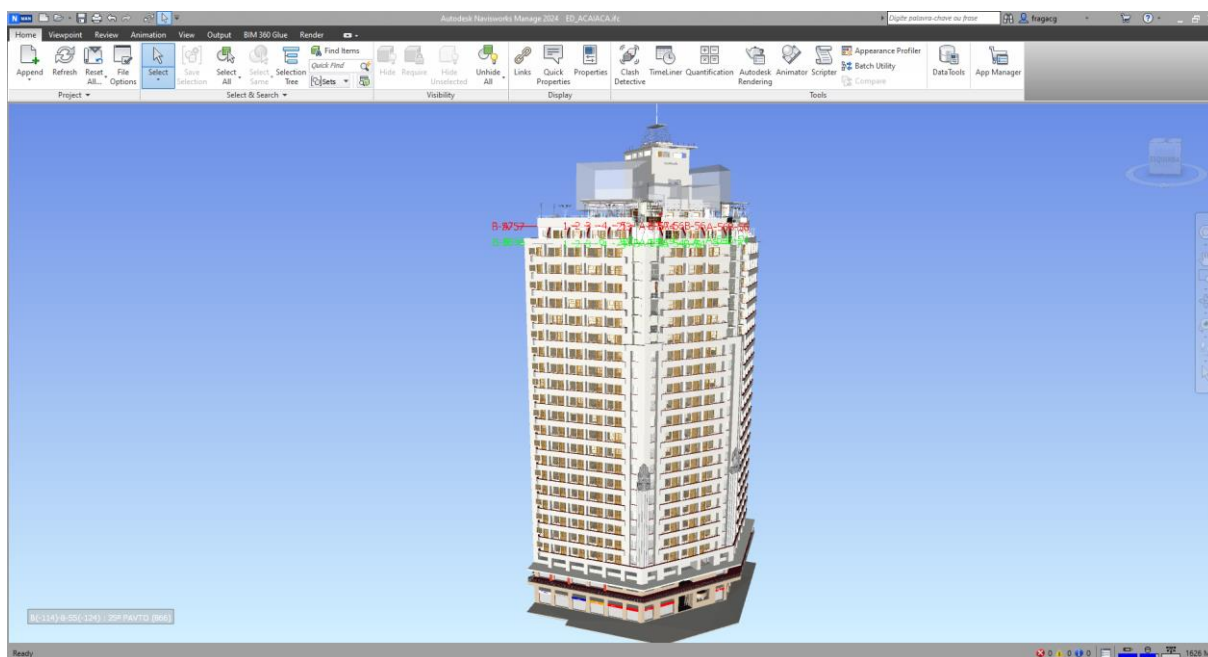


Fonte: elaborada pelo autor.

O modo de exibição do Tekla, apropriado para trabalhar com estruturas, não é muito interessante do ponto de vista da arquitetura. No entanto, o resultado foi verificado e não foi encontrado erro no modelo. Além da configuração do IFC, alguns softwares inserem plugins para melhorar a compatibilidade durante a exportação e a importação. No caso do Tekla, existe um plugin para aumentar a qualidade de exportação para o Revit. Para a importação, por sua vez, não foi utilizado nenhum plugin.

O penúltimo teste foi feito com o Navisworks, um software de Autodesk utilizado para verificação de interferências, BIM 4D e 5D. Esse software trabalha com 50 formatos diferentes de arquivo e permite criar o modelo federado mantendo os links sempre atualizados. Nele, o tempo de importação durou 40 minutos, também sem qualquer erro. O modelo trouxe as geometrias e informações corretas. A próxima figura traz a imagem do modelo aberto no Navisworks.

Figura 58 – Modelo HBIM do edifício Acaiaca importado para o Navisworks usando IFC 2x3



Fonte: elaborada pelo autor.

Até este ponto, o formato IFC mostrou-se confiável, cumprindo sua missão de garantir a interoperabilidade. Entretanto, no último teste feito, ao importar o IFC novamente para o Revit, a confiança ruiu: a importação do IFC no Revit foi extremamente demorada se comparada aos outros softwares, durando mais de 12 horas. Quando estava finalizando, a importação apresentou muitos erros, de modo que a única opção para os remediar era desanexar algumas geometrias e deletar outras. Nas figuras seguintes, os erros foram recortados dos vários prints de tela e, em seguida, agrupados em uma imagem única com o resultado do modelo importado do IFC.

resistiu até hoje sem nenhum cuidado especial. Ela estava se desfazendo e sua recuperação foi possível 80 anos depois. Qual será o destino das informações que estão sendo lançadas de forma digital neste modelo HBIM daqui a 80 anos? Ela poderá ser acessada? Como ela pode ser resguardada?

5.2 Proposta 2: trabalhar com malha e sólidos de forma eficiente

O Revit foi o software de modelagem de maior referência nesta pesquisa, mas possui a limitação de não trabalhar com malhas. Há um avanço com os softwares que trabalham com malhas, geralmente utilizados pela indústria de entretenimento, bem como um avanço na modelagem conhecida com modelagem procedural (definida regras e algoritmos), que permite criar modelagens complexas, gráficos e texturas avançadas. Parece haver um consenso ou prática sobre sua utilização nos softwares de engenharia a modelagem por sólidos. Entretanto, existem softwares mais específicos para mecânica, modelagem orgânica e escultura digital que trabalham tanto com malha, quanto com sólido. Alguns exemplos são: Geomagic Design X⁴², MeshLab⁴³, Autodesk Netfabb⁴⁴, 3D Systems Freeform⁴⁵ e SpaceClaim⁴⁶.

A capacidade de trabalhar com malhas e sólidos permite maior capacidade e facilidade na criação de geometrias complexas. As ferramentas de modelagem de sólidos são mais limitadas do que as de malha para o trabalho com geometrias complexas. A garantia de se

⁴² Geomagic Design X: Anteriormente conhecido como Rapidform XOR, o Geomagic Design X é um software de digitalização 3D e engenharia reversa que pode converter dados de malha em modelos CAD sólidos editáveis. Disponível em: https://www.artec3d.com/3d-software/geomagic-design-x?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=12554714117&utm_term=geomagic%20design%20x||kwd-307115311401&utm_content=119631253419||&keyword=geomagic%20design%20x&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcWtcGqhR_qC2nElDMKUmY0zXN9MwpSDDerBwka8vIz5aCDmqh05W5MaAsseEALw_wcB Acesso em: 05/02/2024

⁴³ MeshLab: MeshLab é um software de código aberto para processamento e edição de modelos 3D de malha. Embora não converta diretamente malha em sólido, ele pode ajudar na preparação da malha para conversão posterior em um software CAD. Disponível em: <https://www.meshlab.net/> Acesso em: 05/02/2024.

⁴⁴ Autodesk Netfabb: O Autodesk Netfabb oferece ferramentas avançadas para reparo, edição e preparação de modelos 3D, incluindo conversão de malha em sólido. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/netfabb/free-trial> Acesso em: 05/02/2024.

⁴⁵ 3D Systems Freeform: O software Freeform da 3D Systems é uma ferramenta de modelagem orgânica e escultura digital que também pode ser usada para converter malhas em sólidos. Disponível em: <https://br.3dsystems.com/software/geomagic-freeform> Acesso em: 05/02/2024.

⁴⁶ SpaceClaim: Embora não seja especificamente projetado para conversão de malha em sólido, o SpaceClaim é conhecido por sua capacidade de trabalhar com dados de malha e converter geometria em modelos sólidos editáveis. Disponível em: <https://www.ansys.com/products/3d-design/ansys-spaceclaim> Acesso em: 05/02/2024.

trabalhar tanto com malha, quanto com sólidos, amplia as possibilidades na criação de formas complexas.

Nos tópicos que seguem, foram criadas algumas ideias de como seriam ampliadas as possibilidades da parametrização geométrica de certos elementos, tomando como exemplo algumas ferramentas utilizadas como modificadores de geometria utilizadas nos softwares que trabalham com malhas.

5.3 Proposta 3: importar, manipular, classificar e editar nuvens de pontos

Também com o olhar sobre a limitação do Revit em editar as nuvens de pontos internamente, a sugestão de importar e fazer alguma edição da nuvem internamente vem da necessidade de que nuvem de pontos seja tratada antes de ser transformada em uma malha. Outra necessidade de edição tem como objetivo aprimorar a visualização da nuvem, a identificação de referências e pontos de snap, os recortes de partes desnecessárias etc., que podem ser realizadas em outro software, mas que seriam muito mais rápidas se fossem ferramentas nativas do software.

O Revit possui alguns plugins que permitem a edição das nuvens e conversões, embora ferramentas nativas sejam mais eficientes na maioria dos casos. A possibilidade de classificar as nuvens de pontos em um software BIM poderia ser expandida para a parametrização, mesmo que essa parametrização estivesse restrita geometricamente. Identificar os elementos, classificá-los conforme os padrões dos elementos HBIM/BIM, já seria um grande avanço.

5.4 Proposta 4: incorporar as categorias de elementos Históricos ao HBIM

O tópico 5.4 não apresenta nenhuma atualização do IFC ou qualquer menção de adição das características inerentes ao HBIM. No tópico 3.1.5.3 foi levantada a hipótese de influência da arquitetura moderna industrializada na definição dos padrões dos softwares BIM. Portanto, uma revisão nos padrões já caberia na agenda da Building Smart para o HBIM/IFC. A classificação de elementos elevaria o padrão na representação dos edifícios históricos. Elementos de arquitetura histórica, como colunas jônicas, dóricas, frontões, frontões etc., poderiam ser classificados, possuindo características próprias, relacionadas aos dados históricos, às formas de representação, aos critérios de análise, às práticas de restauro, às

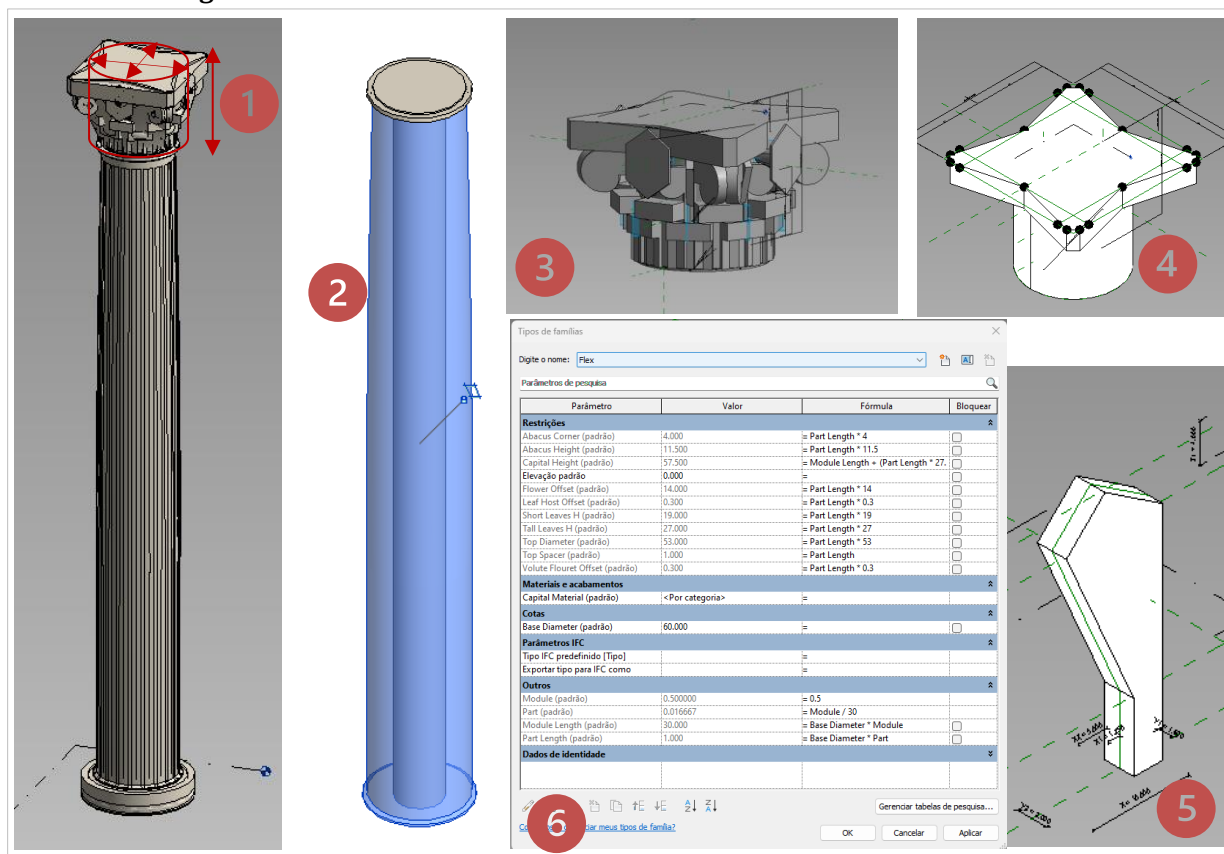
maneiras de quantificar e orçar esses elementos e aos comportamentos dos elementos digitais no contexto HBIM.

5.5 Aumento da capacidade paramétrica, considerando elementos de malha e superfícies complexas

Softwares desenvolvidos para a indústria de entretenimento, como o 3dsMax, Maya, Blender, são muito poderosos na criação de superfícies orgânicas com malhas e ainda possibilitam a animação dessas superfícies utilizando recursos de deformação. Algumas das lógicas dessas ferramentas poderiam ser muito úteis para a ferramenta HBIM proposta. Um dos exemplos de desenvolvimento é a modelagem de uma coluna com um capitel ornamentado. A lógica para criar um capitel seguindo as ordens clássicas é de grande complexidade, e a justificativa para isso é a criação de uma família paramétrica que pode ser redimensionada respeitando as regras das ordens clássicas pela qual foi gerada, como na dimensão do capital que deveria aumentar proporcionalmente ao diâmetro e a altura da coluna. Paul F. Aubin mostra em um curso que desenvolveu, passo a passo, como criar uma família no Revit considerando àquelas premissas e obteve um resultado excelente (Aubin, 2015). Entretanto, para chegar ao seu resultado, são gastas horas de trabalho que nem sempre cabem no orçamento. A reutilização desse elemento pode ser uma justificativa, mas ainda assim o custo é alto e nem sempre seria possível reutilizar em outros projetos.

Analisando o uso das ferramentas de deformação de malhas, que geralmente podem ser empilhadas, é possível pensar em novas formas de parametrização seguindo estes conceitos. No caso da coluna Coríntia Tivoli, modelada por Paul F. Aubin, a conversão da nuvem de pontos em malha para o capitel da coluna, seu tratamento e a adição de modificadores de deformação permitiriam alterar o capitel proporcionalmente à coluna por outros tipos de regras paramétricas. A figura a seguir ilustra esse pensamento.

Figura 60 – Família de coluna Coríntia Tívoli do curso de Paul F. Aubin



Fonte: elaborada pelo autor.

A parametrização feita por Paul F. Aubin utilizou a composição de várias famílias aninhadas. Este conceito, no Revit, consiste em criar as famílias separadamente com os atributos necessários e inserir essa família em outra. Isso pode ser feito quantas vezes for necessário. Na figura 60, é possível ver que, na composição adotada, a família da coluna é composta de duas famílias principais: o capitel (1) e o corpo da coluna (2). Para compor o capitel (1), ele utilizou várias subfamílias – uma compõe o corpo principal do capitel (4) e outras compõem os detalhes, como a folha (5). As subfamílias são parametrizadas e os seus parâmetros são controlados pela família em que estão hospedadas. Da forma que ele desenvolveu a lógica da família, o capitel se ajusta automaticamente após a alteração das dimensões das colunas. Altera-se o corpo principal cilíndrico do capitel (4) e os detalhes o acompanham, pois foram distribuídos com a aplicação de restrições a esse corpo principal ou aos elementos de referência, que podem ser o plano de referência ou a linha de referência (esta pode ser curva, com dois planos, ou reta, com seis planos).

Com experiência na utilização do software uma pessoa deve conseguir criar uma família com esta lógica, gastando em média de três a seis horas de trabalho, a depender de sua

capacidade de abstração dos conceitos para a lógica da família. A lógica de fazer as famílias aninhadas também contribui para construção das próximas que podem exigir apenas a edição das subfamílias, mantendo a lógica de montagem e funcionamento, reduzindo o tempo gasto. A modelagem e parametrização do corpo da coluna é relativamente simples em relação ao capitel com todos os seus detalhes.

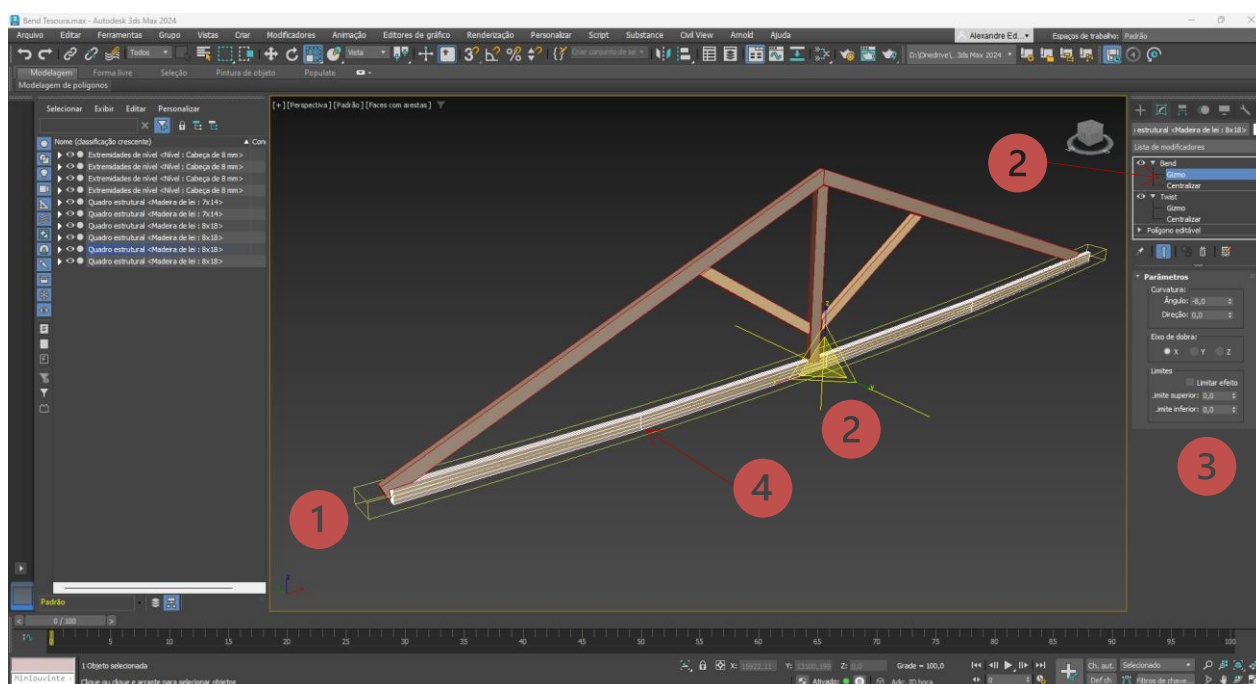
Na proposta de utilizar a lógica dos softwares de malha, a criação de ferramentas para parametrização de formas, como os modificadores que permitiriam dobrar, torcer, esticar as geometrias, como pode ser observado na figura 60, pelo cilindro em vermelho e algumas setas sobre o capitel (1). Esse modificador cilíndrico, parametrizável, atuaria na geometria do capitel, permitindo que ele fosse alterado em reação ao diâmetro e à altura da coluna. O capitel poderia ser uma forma única, extraída ou convertida diretamente da nuvem de pontos. O conceito de modificadores de forma, como no 3dsMAX, permite empilhar um modificador sobre o outro, escalonando o próprio modificador (1) para limitar o seu ponto de atuação na forma da geometria.

Outro exemplo prático aconteceu durante a modelagem do engradamento sob o telhado no edifício Acaiaca, em que seria complexo modelar a estrutura devido às torções que aconteceram com a madeira ao longo do tempo. A figura 61, a seguir, mostra esta situação. Foi exportada no formato DWG⁴⁷ uma tesoura do engradamento do modelo HBIM do Revit; em seguida, foi importada para o 3dsMax; depois, o banzo inferior da tesoura foi convertido em polígono editável, aumentando a divisão da malha original; para, por fim, serem aplicados os modificadores empilhados, em sequência – Twist (permite torce a geometria) e Bend (permite dobrar a geometria).

Os dois modificadores possuem o subelemento Gizmo (2), que pode ser escalonado, movido ou rotacionado em qualquer um dos eixos 3D (X,Y,Z), influenciando a maneira de modificar a geometria. Esses modificadores podem ser invertidos, removidos ou adicionados na pilha a qualquer momento, alterando o resultado da modificação da geometria.

⁴⁷ DWG é um formato de arquivo usado principalmente em software de CAD (Computer-Aided Design) para armazenar desenhos e projetos técnicos. A sigla DWG significa "Drawing" (Desenho) e é associada principalmente ao software AutoCAD, desenvolvido pela Autodesk.

Figura 61 – Tesoura do engradamento do telhado no 3ds Max



Fonte: elaborada pelo autor.

As modificações realizadas no banzo inferior não poderiam ser realizadas pelo uso da ferramenta nativa do Revit para criação de vigas ou tesouras. Não seria possível torcer a viga, como foi feito com o modificador twist. A curvatura na viga, como ocorreu com o modificador bend, seria possível usando a opção de spline no lugar da linha, ao desenhar a viga. Algumas limitações do Revit devem-se aos planos de trabalho, que permitem a modificação apenas nesse plano, que pode ser XY, XZ, YZ. Os modificadores facilitam o trabalho e ainda podem eliminar algumas barreiras do software. O banzo inferior foi torcido e dobrado no centro, simulando o que aconteceu com a peça real, levantada com o laser scanner. A precisão da representação de todos os elementos conforme o levantamento dependerá da facilidade de representação do software.

A geometria é uma maneira simplificada de representar o mundo, e a geometria computacional sofre com isso. Os softwares que trabalham com malhas, nesse sentido, avançaram mais na representação, mas não na precisão. Assim, a união dos dois cenários, trabalhar com sólido e malhas, pode oferecer maior agilidade e possibilidades de automação na modelagem, permitindo uma representação mais fiel do levantamento.

6 AMPLIANDO O CONCEITO DE CDE PARA APLICAÇÃO COM HBIM

A apresentação do caso do edifício Acaiaca teve o objetivo de apresentar as vantagens e as dificuldades encontradas na utilização de softwares projetados para BIM e adaptados ao HBIM. Embora não tenha sido tão aprofundada quanto em um cenário ideal, essa apresentação trouxe à luz várias lacunas deixadas pelos softwares BIM, que têm avançado pouco ao longo dos anos no atendimento as necessidades do HBIM. A obtenção de bons resultados em uma modelagem HBIM deve ser amparada por vários softwares ou plugins, elevando o tempo de projeto e gerenciamento. No capítulo anterior foram apresentadas algumas funcionalidades que deveriam ser suportadas por um software de modelagem para HBIM.

Neste capítulo serão apresentados em maior detalhe os conceitos que definem um CDE aplicado a BIM e os novos conceitos para que um CDE possa suportar HBIM. Durante a análise feita dos processos do Acaiaca, foi comprovado que o CDE pode ou deve ser a aplicação capaz de oferecer suporte ao gerenciamento amplo de um edifício histórico e ao seu inventário. A percepção de que um CDE pode cumprir esse papel já vem sendo estudada e algumas iniciativas serão apresentadas em maior detalhe.

A possibilidade de que a estrutura de um CDE seja ampliada para dar suporte ao gerenciamento de edifícios históricos e inventariamento para um órgão público como IPHAN foi percebida por uma pesquisadora brasileira, que sugere que o suporte ao HBIM deveria ter sido contemplado em um sistema que o IPHAN estava criando para integrar os dados sobre o Patrimônio Cultural do Brasil (Tolentino, 2018). Tal perspectiva será abordada, considerando a lógica do CDE e as prerrogativas do IPHAN para o gerenciamento, da maneira com que foram estruturadas no sistema que foi desenvolvido para eles, o SICG.

Antes de detalhar essa proposta, será apresentado em mais detalhes o conceito por trás de um CDE; em seguida, o conceito em que foi desenvolvido o SICG do IPHAN; para, ao final, propor um conceito que possa ampliar as capacidades de gerenciamento e integração dos dados do patrimônio histórico e cultural.

6.1 O que é um CDE e quais são os mais comuns no mercado

O CDE é um conceito que considera o espaço de trabalho colaborativo, com armazenamento em nuvem e acesso a web e desktop, no qual os dados de um edifício são coletados, gerenciados e compartilhados ao longo de seu ciclo de vida. Ele auxilia na

transformação digital do setor de construção, possibilitando que todos os membros da equipe tenham acesso às informações mais atualizadas e rastreiem mudanças de forma controlada.

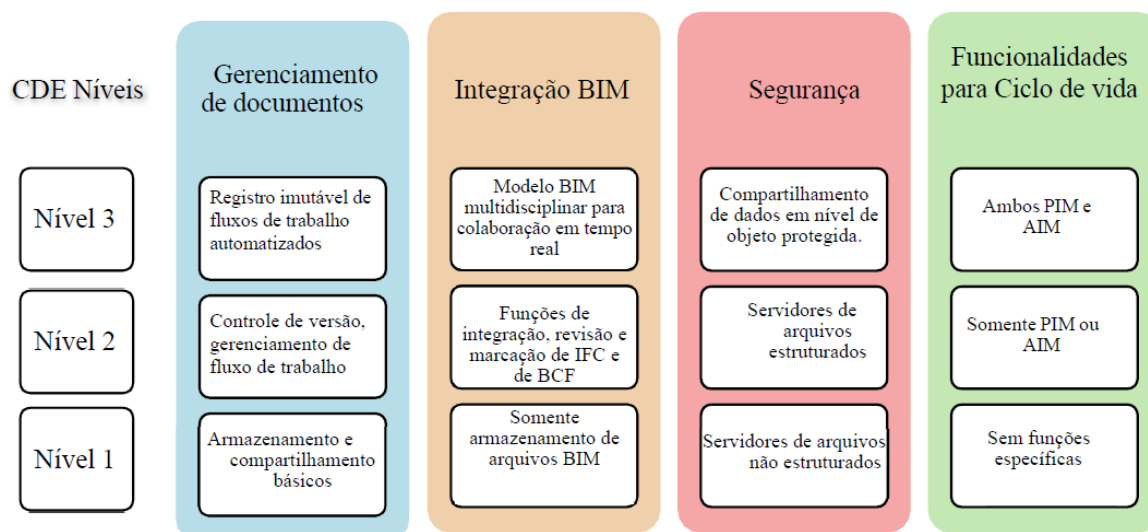
Existem muitos CDEs hoje no mercado, cada um com mais ou menos recursos. Geralmente o CDE de uma determinada empresa terá maior integração com outros softwares que ela desenvolve, permitindo integração de APIs e leitura de formatos de arquivos proprietários. Por ser um conceito que nasce com o BIM, todos devem ser capazes de ler o formato IFC.

A Building Smart lançou recentemente o OpenCDE com intuito de expandir os padrões de implementação nessa área. Definiram um grupo para o desenvolvimento de padrões e certificações na área, utilizando como referência o CDE Aconex⁴⁸ da Oracle e o Solibri⁴⁹, pelo avanço destas ferramentas para OpenBIM e pela satisfação dos usuários. Esse grupo tem o objetivo de melhorar os padrões e diminuir algumas barreiras, como a de conectividade, eliminando a necessidade da conversão de arquivos dos modelos BIM para carregar no CDE e de comunicação com base em BCF e na garantia dos padrões. Em um webinar transmitido em dezembro de 2022 eles apresentaram o conceito, o grupo de desenvolvimento iniciado, convidando os interessados a participar do desenvolvimento de duas APIs abertas (Em inglês: Documents API e Foundation API).

Em uma conferência internacional sobre computação na construção, ocorrida na Grécia em julho de 2023, pesquisadores da University College London apresentaram um artigo que realizava a comparação de entre alguns CDEs (Jaskula, Papadonikolaki; Rovas, 2023). No estudo, eles desenvolveram um critério para classificar os CDEs por nível de desenvolvimento, tomando como base os objetivos dos CDEs de criar um fluxo de trabalho que permitisse organizar e auxiliar o gerenciamento de informações dos ativos construídos ao longo do seu ciclo de vida, de acordo com revisão da literatura, entrevistas com profissionais do setor e consulta a documentos e normas, como ISO 19650 (BSI, 2021), (BIM Dictionary, 2020) e outros. O resultado foi a tabela, da figura a seguir, que apresenta os principais critérios para o julgamento de maturidade de um CDE.

⁴⁸ O Aconex é uma plataforma de colaboração e gerenciamento de projetos de construção desenvolvida pela Oracle Construction and Engineering. Ele oferece uma ampla gama de funcionalidades projetadas para facilitar a comunicação, colaboração e gestão de projetos em toda a cadeia de suprimentos da construção.

⁴⁹ O Solibri é uma plataforma de modelagem de informação da construção (BIM) e verificação de qualidade desenvolvida pela Solibri, uma empresa da Trimble. Ele oferece funcionalidades para analisar modelos BIM, identificar e resolver conflitos, verificar conformidade com padrões e regulamentos, e garantir a qualidade e consistência dos modelos ao longo do ciclo de vida do projeto. O Solibri é amplamente utilizado na indústria da construção para melhorar a eficiência, reduzir erros e garantir a entrega de projetos de alta qualidade.

Figura 62 - Estrutura para avaliação de maturidade de um CDE

Fonte: Jaskula; Papadonikolaki; Rovas, 2023 (tradução nossa).

A conclusão a que chegaram é que múltiplos CDEs são necessários ao longo do ciclo de vida do projeto, pois nenhuma ferramenta disponível no mercado pode fornecer todas as funcionalidades necessárias em todas as fases do ciclo de vida do projeto.

Eles compararam 12 ferramentas, sendo que algumas delas são questionáveis quanto ao fato de serem consideradas um CDE, apesar do uso feito por algumas empresas como Dropbox, Sharepoint (Microsoft) e Google Drive. A tabela classifica o nível de maturidade conforme a anterior. Nela, foram incluídas a pontuação na plataforma Catera⁵⁰ especializada em avaliação de softwares e a pesquisa com os usuários.

⁵⁰ A Catera é uma plataforma online que oferece serviços de avaliação de softwares desde 1999. Ela permite que os usuários comparem e avaliem diferentes softwares com base em critérios específicos, facilitando a tomada de decisão na seleção de ferramentas de software para necessidades empresariais ou pessoais. A Catera ajuda os usuários a encontrar as melhores soluções de software, fornecendo análises, classificações e revisões detalhadas dos produtos disponíveis no mercado.

Tabela 4 – Tabela de avaliação de maturidade 12 CDEs

Ferramenta	Preço	BIM Pesquisade usuários	Avaliação Capterra	Gerenciamento de documentos	Integração BIM	Segurança	Funções para Ciclo de vida
Autodesk BIM360/ACC	£48 até £155	39%	4.3	Nível 2	Nível 3	Nível 3	Nível 2
Viewpoint 4projects (Trimble)	£15 até £50	50%	4.1	Nível 3	Nível 2	Nível 3	Nível 2
Aconex (Oracle)	£53 até £87	36%	4.4	Nível 3	Nível 2	Nível 3	Nível 2
Asite	A partir £375 por projeto	32%	3.6	Nível 3	Nível 2	Nível 3	Nível 2
ProjectWise (Bentley)	£49 to £145	18%	4.4	Nível 3	Nível 2	Nível 3	Nível 2
Deltek/ UnionSquare	n.a.	11%	2.8	Nível 3	Nível 2	Nível 3	Nível 2
Procore	A partir \$375 (usuários ilimitados)	5%	4.5	Nível 3	Nível 2	Nível 3	Nível 2
BIMcollab	£5 até £14	n.a.	4.3	Nível 2	Nível 3	Nível 3	Nível 2
Dropbox	£14 até £40	38%	4.5	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1
SharePoint (Microsoft)	£4.10 até £22	36%	4.3	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1
Google Drive	A partir £5	23%	4.8	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1
One Drive (Microsoft)	£8.20 até £36	30%	4.5	Nível 1	Nível 1	Nível 1	Nível 1

Fonte: Jaskula, Papadonikolaki; Rovas, 2023, tradução nossa.

O aspecto mais importante dessa avaliação talvez seja o atendimento à norma ISO 19650. Traduzida pela ABNT, resultando nas normas ABNT NBR ISO 19650-1⁵¹ e 19650-2, e ainda a norma NBR PR 1015, que trata especificamente dos CDEs e apresenta o conceito de contêineres de informação, essas normas abordam os processos organização, digitalização e gerenciamento de informações de ativos construídos, incluindo a Modelagem da Informação da Construção. Os conceitos dos acrônimos PIM (Modelo de Informação do Projeto, em inglês:

⁵¹ A norma NBR 19650 surgiu como parte dos esforços da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e é baseada na norma internacional ISO 19650. A ISO 19650 é um padrão internacional que regula a gestão da informação sobre todo o ciclo de vida de um ativo, utilizando o Building Information Modeling (BIM). A versão internacional da norma é conhecida como ISO 19650 e fornece um quadro para a gestão da informação usando BIM, ajudando a garantir consistência e qualidade no uso do BIM em diferentes organizações e em todo o processo de construção.

Project Information Model) e AIM (Modelo de Informação do Ativo, em inglês: Asset Information Model) derivam dessa norma.

Desses CDEs avaliados, o BIM 360 da Autodesk, utilizado nos processos HBIM do edifício Acaiaca e que está no topo da lista, atingiu o nível mais alto em maturidade nos quesitos integração BIM e segurança, e nível intermediário em gerenciamento de documentos e funções para o ciclo de vida. Diante da equivalência desse CDE com os de maior maturidade, e por ter sido utilizado no processo do Acaiaca, ele pode ser considerado uma referência para avaliação da proposta de um CDE com suporte para HBIM. A vida útil do BIM 360 está chegando ao fim com o lançamento do Autodesk Construction Cloud (ACC), mais evoluída. Por isso, a Autodesk está incentivando os usuários a migrarem para ela. Os principais recursos do BIM 360 são:

BIM 360 Docs: permite organizar e gerenciar documentos do projeto, acessar e gerenciar plantas 2D, modelos BIM 3D e outros documentos relevantes.

BIM 360 Field: focado no canteiro de obras, ajuda a garantir que as informações cheguem às pessoas corretas, vinculando tarefas e fichas de verificação aos elementos do modelo 3D.

BIM 360 Glue: facilita a integração de documentos (Revit, CAD e Navisworks) para visualização total das categorias de projeto, permitindo que o Gerente BIM acesse modelos atualizados, verificando interferências e tomando anotações.

Project Management: oferece fluxos de trabalho configuráveis para RFI e submissões, além de reuniões, cronogramas e correspondências para manter os projetos no caminho certo.

Safety Management: suporta formulários PDF e nativos, modos de colaboração e suporte a fotos, padronizando programas de segurança.

Design Collaboration: transforma documentação de *design* em um registro robusto do projeto para capturar e gerenciar dados de *design* entre todas as equipes do projeto.

Document Management: melhora o acesso à informação certa no momento certo com permissões robustas e aprovações, processamento rápido de desenhos e suporte total para fotos e vídeos.

Quality Management: com controle aprimorado de problemas e dashboards para visualizar o trabalho atribuído, ajuda a reduzir retrabalho e manter os projetos no caminho certo.

Data & Analytics: identifica e mitiga riscos com análises preditivas alimentadas pela IA da Autodesk, através de relatórios e *dashboards* de fácil implementação.

Coordination & Constructability: fornece a todos os membros do projeto uma coordenação eficiente com ferramentas BIM fáceis de aprender e detecção automática de conflitos.

Cost Management: incluído agora no Autodesk Build, melhora o controle de custos e fornece visibilidade em tempo real dos riscos relacionados a custos.

O ACC (Autodesk Construction Cloud) é uma evolução do BIM 360 e oferece uma plataforma mais integrada e abrangente, com algumas mudanças, apontadas a seguir.

Integração e Eficiência de Fluxo de Trabalho: o ACC foi desenvolvido para proporcionar maior integração e eficiência de fluxo de trabalho, transformando o BIM 360 em um ecossistema mais coeso baseado em hospedagem na nuvem.

Novos Recursos e Ferramentas: o ACC adiciona novos recursos e expande a gama de fluxos de trabalho de construção que cobre, incluindo ferramentas como Autodesk BIM Collaborate, Autodesk Docs, Autodesk Build e Autodesk Takeoff.

Visibilidade Compartilhada e Colaboração: o ACC se concentra em como o projeto se junta através de dashboards compartilhados, proporcionando visibilidade compartilhada para gerentes de projeto, executivos e proprietários.

Fim da Vida Útil do BIM 360: o BIM 360 como produto autônomo está chegando ao fim de sua vida útil, com a Autodesk incentivando os usuários a migrarem proativamente para o ACC em 2024.

A conclusão apresentada neste levantamento parece não ter levado em conta a personalização dos CDEs com base em APIs. A Autodesk, por exemplo, oferece um conjunto de APIs, o Autodesk Forge, que permite a personalização e integração tanto do BIM 360 quanto do ACC. Essa API pode oferecer suporte para aumentar a eficiência nos quesitos em que o ACC não mostrou a maturidade mais elevada, em ferramentas para o ciclo de vida e controle de documentação – pontos em que o CDE Aconex mostra maior nível de maturidade, por contemplar ferramentas mais robustas para esse fim e a integração com outras ferramentas de sua propriedade, como o Primavera⁵², um software de gerenciamento de projetos.

Alguns detalhes das funcionalidades do BIM 360 foram apresentados durante o detalhamento dos processos HBIM do edifício Acaiaca. Durante as proposições para o CDE

⁵² O Primavera é um software de gerenciamento de projetos desenvolvido pela Oracle Corporation. Ele oferece uma variedade de ferramentas para planejamento, programação, controle e execução de projetos em diversas áreas, incluindo construção, engenharia, manufatura e tecnologia. O Primavera permite o acompanhamento detalhado do progresso do projeto, alocação de recursos, análise de custos e gestão de riscos, ajudando as organizações a garantirem a entrega bem-sucedida de projetos dentro do prazo e do orçamento estabelecidos.

HBIM outras serão apresentadas. Antes de prosseguir para a proposta, serão apresentadas pesquisas interessantes propostas de CDE para HBIM: o HBIM Portal, o ARK-BIM⁵³ e, ainda, o SICG do IPHAN.

6.2 HBIM Portal, proposta criada por profissionais utilizando a API Autodesk Forge

HBIM Portal foi uma plataforma criada para apresentar, monitorar e visualizar a performance energética de edifícios históricos por meio de sensoriamento inteligente através de plataformas digitais (Nagy; Ashraf, 2021). Esse sistema, baseado nos conceitos de CDE e Gêmeos Digitais, foi desenvolvido de forma aberta, mas sobre uma plataforma proprietária – Autodesk Forge. Esta plataforma ficou disponível online e em funcionamento durante um certo período no endereço web: <http://alpha.hbim.org/index.html>. Atualmente, no entanto, esse endereço não está mais ativo, embora o código de desenvolvimento desta plataforma ainda esteja disponível no GitHub⁵⁴, no endereço: <https://github.com/0x41mmar/HBIMPortal.git>, de domínio público.

Após a desativação do HBIM Portal não foi possível encontrar informação significativa sobre o desenvolvimento da plataforma, e, ao que parece, foi desenvolvida por profissionais para o desenvolvimento da pesquisa: “The process of HBIM in this paper consisted of four steps: heritage documentation, modeling, HBIM management and HBIM portal created for this research by professionals” (Nagy; Ashraf, 2021).

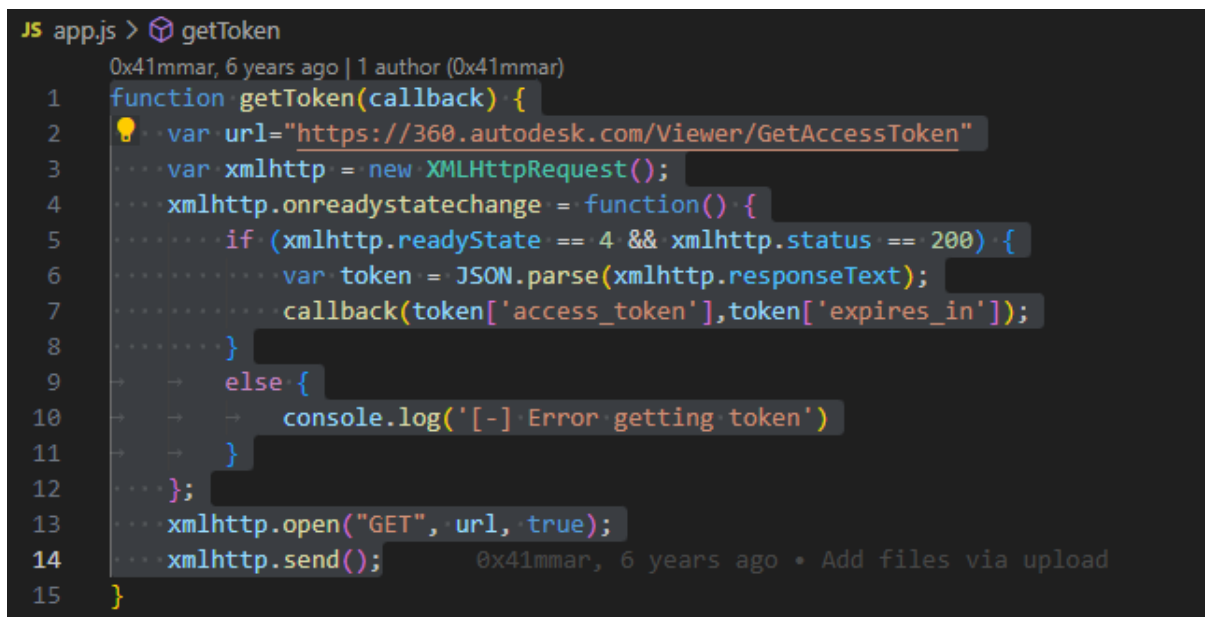
No desenvolvimento desta pesquisa, houve a tentativa de reativar o HBIM Portal, e, durante a análise do código, pode-se deduzir que se tratava de um sistema desenvolvido utilizando o conjunto de APIs Autodesk Forge, ao se deparar com a url de acesso ao token⁵⁵ da Autodesk nas seguintes linhas de código, conforme figura (63) a seguir.

⁵³ ARK-BIM is a modular web HBIM platform for Archaeology. It was developed on the basis of BIMData and XEOKIT. Then the plugin implementation was designed via via JavaScript, VueJS, XEOKIT and HTML. Disponível em: <https://ark-bim.github.io/>

⁵⁴ O GitHub é uma plataforma online que permite aos desenvolvedores hospedar, compartilhar e colaborar em projetos de software usando o sistema de controle de versão Git. Ele oferece recursos como controle de versão, gerenciamento de projetos, colaboração e integração contínua, tornando-o essencial para o desenvolvimento de software moderno.

⁵⁵ Um token é uma representação de acesso a um recurso específico em um sistema de computador. Em contextos de segurança de dados e autenticação, um token é geralmente uma sequência única de caracteres que é emitida por um servidor após uma solicitação bem-sucedida de autenticação. Este token é então utilizado para acessar recursos ou serviços subsequentes sem a necessidade de fornecer novamente credenciais de autenticação, como nome de usuário e senha.

Figura 63 – Trecho do código público do HBIM Portal



```

JS app.js > getToken
0x41mmar, 6 years ago | 1 author (0x41mmar)
1 function getToken(callback) {
2   var url = "https://360.autodesk.com/Viewer/GetAccessToken"
3   var xmlhttp = new XMLHttpRequest();
4   xmlhttp.onreadystatechange = function() {
5     if (xmlhttp.readyState == 4 && xmlhttp.status == 200) {
6       var token = JSON.parse(xmlhttp.responseText);
7       callback(token['access_token'], token['expires_in']);
8     }
9   } else {
10    console.log('[-] Error getting token')
11  }
12 };
13 xmlhttp.open("GET", url, true);
14 xmlhttp.send();
15 }
  
```

Fonte: elaborada pelo autor.

Diante da perspectiva de, de um lado, reativar o HBIM Portal, e, de outro, pesquisar outras soluções e o que elas podem oferecer, optou-se pela segunda opção. Havia também a dificuldade de manter a plataforma ativa, visto que a Autodesk concede apenas 3 meses para o uso de teste da API Autodesk Forge e havia dúvida sobre o que ainda seria reaproveitado do código, dada a evolução do Forge nos últimos anos.

Por ser de domínio público, contudo, esse código pode ser útil no desenvolvimento de um CDE específico para HBIM utilizando o Forge, visto que o desenvolvimento do HBIM Portal foi bem-sucedido para os fins de monitoramento da edificação histórica e no suporte à pesquisa desenvolvida. Esta pesquisa foi desenvolvida seguindo o roteiro de levantamento de documentação do ativo, modelagem, gerenciamento HBIM e criação do portal por profissionais, representados resumidamente em 04 passos:

Passo 1: documentação histórica, coleta de dados da condição atual do ativo histórico.

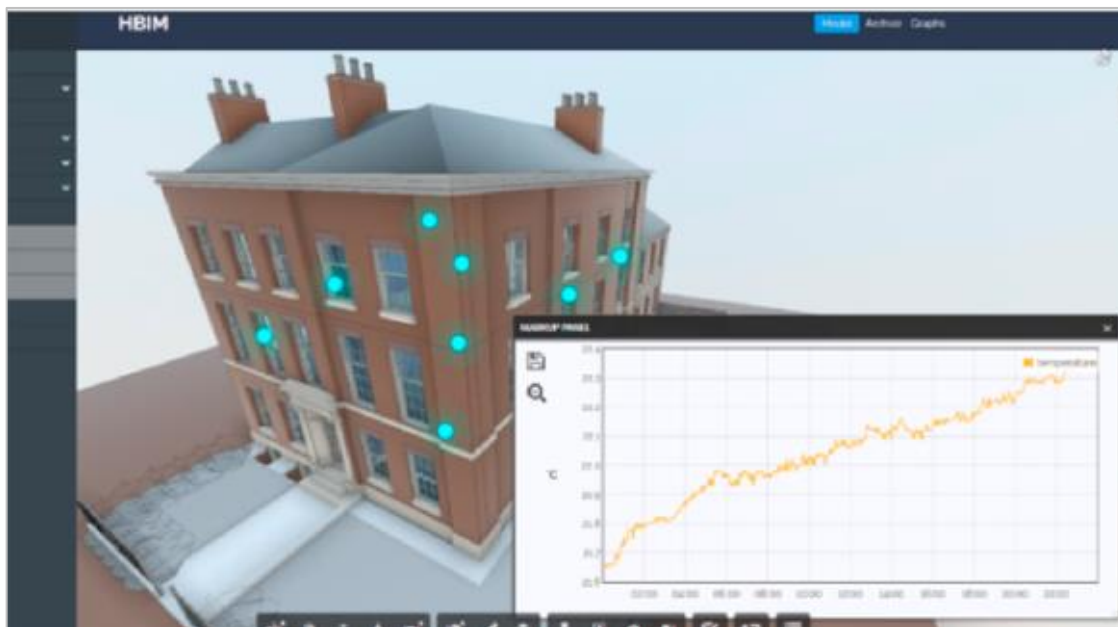
Passo 2: modelagem BIM com informações 2D e 3D (com varredura a laser)

Passo 3: gestão HBIM, dependente do software que produz, gerencia, relaciona, usa e arquiva os dados.

Passo 4: HBIM Portal, uma plataforma integrada de código aberto preenchida com dados e análises acessíveis via interface web.

Através da utilização de sensores foi possível, em algumas residências utilizadas nos testes, exibir e monitorar os dados capturados em tempo real pelo HBIM Portal. A figura a seguir apresenta esses dados e os pontos em que foram instalados os sensores.

Figura 64 – Dados em tempo real exibidos na plataforma HBIM



Fonte: Nagy; Ashraf, 2021.

Foram utilizados os seguintes tipos de sensores: sensor de níveis de CO₂, sensor de nível de iluminação (luxímetro), sensor infravermelho passivo PIR (em inglês: Passive Infrared Sensor) e os sensores VOC (Compostos Orgânicos Voláteis, em inglês: Volatile Organic Compounds) e dB (Decibéis).

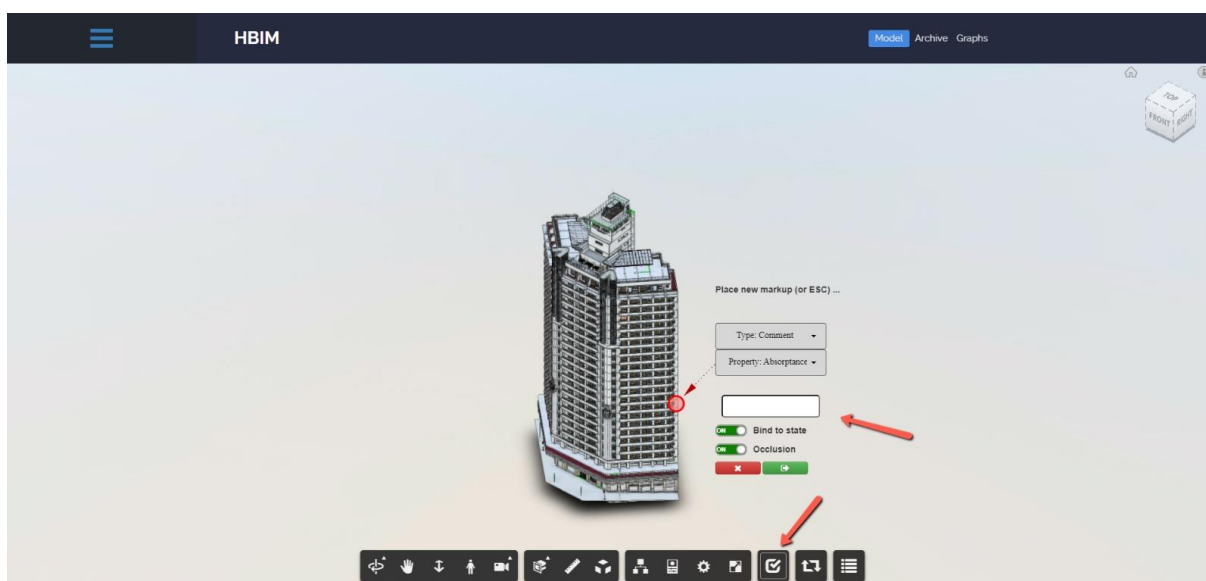
Essa abordagem mostra com sucesso as possibilidades de uso de um CDE adaptado para HBIM. Esse tipo de aplicação, desenvolvida sobre uma base consolidada no mercado como o BIM 360/ACC com o conjunto de APIs Autodesk Forge, reduz em muito o tempo de desenvolvimento e os custos iniciais. No entanto, é importante considerar que o custo total pode aumentar ao longo do tempo, uma vez que o armazenamento requer investimento contínuo e algumas funcionalidades do Forge também podem implicar custos adicionais.

A reativação do HBIM portal foi realizada por um profissional com experiência no desenvolvimento sobre a plataforma Forge da Autodesk. Ele conseguiu reativar parte do portal, pois o banco de dados que armazenava os modelos utilizados como exemplo na plataforma não era acessível, de modo que não foi possível a visualização dos modelos e os dados de leitura dos sensores em tempo real.

A plataforma foi criada em uma versão do Forge que não contemplava recursos mais atuais e utilizava outra forma de acesso que teve que ser adaptada. O sistema ainda contava com uma interface criada pela linguagem de programação PHP, na qual o desenvolvedor tinha pouca experiência. Apesar dessas diferenças e da falta de acesso ao banco de dados que continha os exemplos, foi possível reativar o portal, carregando no lugar dos modelos de exemplo, o modelo HBIM do edifício Acaiaca, utilizando o arquivo do Revit, pela API (Model Derivative) do Forge.

Analisando a plataforma, foi possível verificar algumas funcionalidades, como a de adicionar marcações no modelo e relacioná-las com as propriedades dos elementos da construção no modelo. Estas marcações podem ser adicionadas ao “state”, que aparece em outra parte da aplicação em que é possível salvar vários estados do modelo. A figura a seguir apresenta a interface do HBIM portal com o modelo do Acaiaca, com essas funcionalidades.

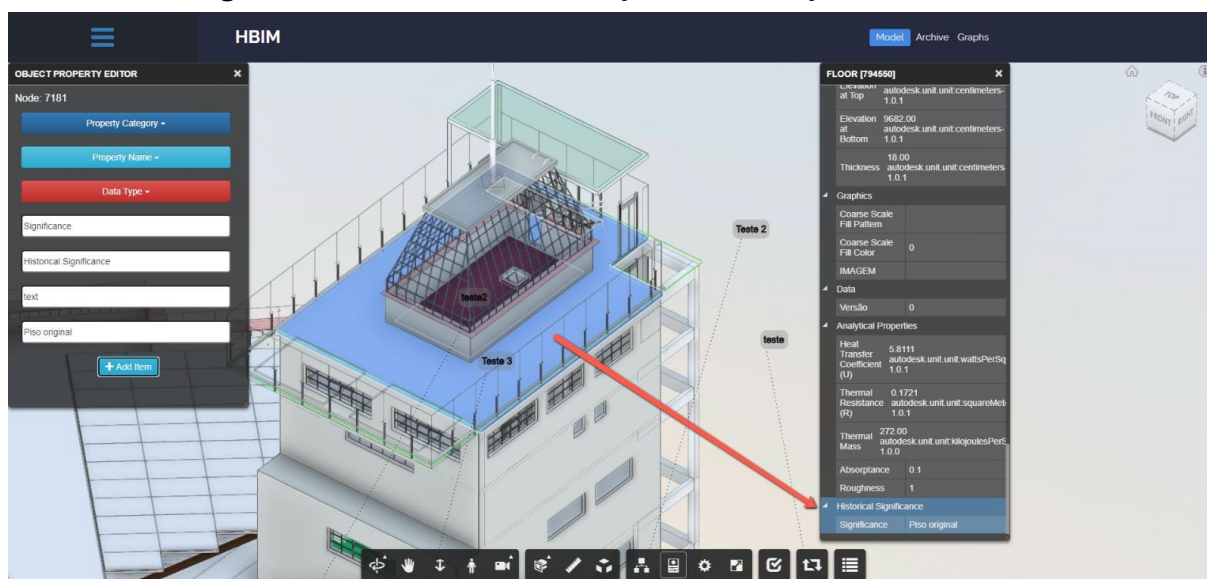
Figura 65 – Figura do HBIM Portal reativada



Fonte: elaborada pelo autor.

A necessidade de associar informações complementares ao modelo é suprida por uma ferramenta no HBIM Portal. É possível selecionar um elemento e preencher informações para serem associadas a este elemento. Entretanto no teste, não foi possível persistir com esta informação para o modelo HBIM (o arquivo Revit do modelo), pois seria necessário para isto, ou seria necessário um banco de dados em nuvem ou a API “Design Automation” do Forge que modificaria o modelo. Na figura a seguir, é apresentado o teste de associação das informações que, posteriormente podem ser visualizadas nas propriedades dos elementos.

Figura 66 – HBIM Portal, vinculação de informações aos elementos



Fonte: elaborada pelo autor.

O menu lateral da aplicação oferece várias funcionalidades, das quais algumas foram possíveis testar e entender o uso, outras, associadas ao banco de dados inacessível, não permitiram acesso e segurança quanto a sua real funcionalidade:

- Home: a tela inicial da aplicação.
- Buildings: lista todos os projetos disponíveis sem a necessidade de voltar à tela inicial.
- Timeline: linha do tempo em que é possível adicionar datas, texto, imagens, e links com informações sobre edificação e histórico da construção.
- Measurement Reports: não foi possível acesso.
- Archival Reports: possui um submenu, Heritage Significance, com três abas: document, images e Properties, que oferece a possibilidade de associar documentos diversos aos elementos do modelo.
- Analysis Reports: não foi possível acesso.
- Real-time Data View: não foi possível acesso, porém foi possível identificar as marcações relacionadas aos sensores e supor que estas marcações forneciam acesso aos gráficos em tempo real dos sensores.
- Report Creator, Configuration, Data Sources, Export e About: não foi possível o acesso.

6.3 ARK-BIM: uma plataforma HBIM de código aberto

ARK-BIM é um CDE de código aberto, desenvolvido para incluir informações semânticas de bens arqueológicos e patrimoniais. Ele permite fazer upload e editar modelos IFC em tempo real, analisar recursos, imagens e bancos de dados relacionados ao modelo, e, ainda, realizar consultas interativas. Além disso, ele possibilita a realização de revisões profundas do modelo através da opção do BCF (Diara, 2022).

O ARK-BIM começou seguindo a experiência de um programa de pesquisa de doutorado de três anos sobre HBIM customizado para arqueologia por meio de ferramentas de código aberto, seguindo a real necessidade de acessibilidade e troca de dados relacionadas aos projetos de Modelagem de Informações de Edifícios Históricos (HBIM) de ativos patrimoniais. O projeto pode ser considerado a continuação de um trabalho anterior em andamento relacionado à proposta inicial de um desenvolvimento web de plataforma BIM customizada (Diara; Rinaldo, 2021).

Os estudos realizados pelo criador do ARK-BIM estão sintonizados com a ideia de utilização de softwares de código aberto para a realização dos processos HBIM, de modo que, no lugar de utilizar plataformas proprietárias como Revit para a modelagem, procuraram desenvolver as soluções em um software aberto, no caso o FreeCAD⁵⁶, que é um software de modelagem paramétrica 3D gratuito e de código aberto. A necessidade, detectada na pesquisa, de se ter uma solução em nuvem que permitisse a troca de informações e a colaboração por equipes distantes, bem como as necessidades específicas para HBIM levaram à ideia de criar uma plataforma aberta como um CDE, similar a algumas iniciativas de CDEs, livres ou de código aberto para BIM que pesquisaram: BIMServer⁵⁷ (código aberto), BIMSever.server

⁵⁶ O FreeCAD é um software de modelagem paramétrica 3D gratuito e de código aberto. Ele é usado principalmente para design de produtos, engenharia mecânica, arquitetura e modelagem de peças. O FreeCAD permite criar e modificar modelos 3D de forma precisa e detalhada, com uma variedade de ferramentas e recursos para ajudar no processo de design. Ele é altamente modular e extensível, o que significa que os usuários podem adicionar funcionalidades extras através de plugins e scripts. O software suporta uma ampla gama de formatos de arquivo, facilitando a colaboração e a integração com outros softwares de CAD e design.

⁵⁷ O BIMServer é uma plataforma de código aberto para colaboração BIM (Building Information Modeling). Ele permite o armazenamento centralizado de modelos BIM e facilita a colaboração entre diferentes partes interessadas em um projeto de construção. O BIMServer é altamente personalizável e extensível, e é usado para compartilhar dados BIM em um ambiente colaborativo.

⁵⁸(livre), e BIMData⁵⁹, (livre até determinado limite de dados (300 MB), e por cobrança de mensalidades a partir desse limite).

Nesse levantamento de plataformas para BIM, o BIMData foi a referência do ponto de vista de confiabilidade, recursos, interface amigável e código fonte acessível. Ele tem três modos de serviço – Livre (300 MB), profissional, empreendimento (em inglês: *entreprise*) –, sendo que a principal diferença entre eles é no armazenamento, editor de IFC, suporte a email e acesso a API.

Todo desenvolvimento da plataforma BIMData foi realizada sobre as seguintes linguagens de programação de código aberto: VueJS (design system), JavaScript and XEOKIT⁶⁰, que é uma programação de código aberto 3D toolkit⁶¹ (WebGL SDK) desenvolvido pela XEOLABS e projetada para BIM e AEC. A equipe de desenvolvedores está comprometida em compartilhar o código fonte, fornecendo acesso completo aos usuários ao visualizador principal, a interface e o projeto de plugins (Diara; Rinaldo, 2021).

A plataforma ARK-BIM utiliza a estrutura de códigos, plugins e armazenamento do BIMData, que fornece um token para acesso aos arquivos IFC. Importante observar, nesse ponto, que, apesar de o BIMData ser construído em base de código aberto, o serviço é pago, e por isso há a exigência de acesso por token. A diferença entre o BIMData e o BIM 360 ou ACC é que estes não utilizaram o conceito de código aberto em seu desenvolvimento, portanto as linguagens de desenvolvimento podem ou não ser livres. Entretanto, a personalização também seria possível utilizando o conjunto de APIs do Forge, talvez a um custo mais expressivo.

⁵⁸ O BIMServer.server é uma variante do BIMServer com foco na hospedagem de instâncias de servidores BIM. Ele oferece uma solução de hospedagem gerenciada para organizações que desejam configurar e usar um servidor BIM, mas preferem não lidar com a manutenção de infraestrutura. O BIMServer.server fornece recursos de colaboração BIM em uma plataforma hospedada.

⁵⁹ BIMData é uma plataforma BIM baseada na web que oferece uma ampla gama de ferramentas para gerenciamento de dados, colaboração e visualização de modelos BIM. É uma solução completa para gerenciar projetos de construção em todas as fases, desde o projeto até a construção e a manutenção. BIMData oferece recursos avançados de colaboração, integração com outras ferramentas BIM e suporte técnico especializado, mas é uma plataforma paga.

⁶⁰ A XEOLABS é uma empresa especializada no desenvolvimento de tecnologias para criação e visualização de gráficos 3D em tempo real. Eles fornecem soluções avançadas para aplicações 3D em diversas áreas, incluindo jogos, simulações, visualização arquitetônica, treinamento virtual e muito mais. A empresa é conhecida por suas ferramentas e frameworks de alta qualidade, projetados para ajudar desenvolvedores a criar experiências imersivas e interativas em 3D.

⁶¹ O 3D Toolkit é uma das principais soluções oferecidas pela XEOLABS. Trata-se de um conjunto de ferramentas e bibliotecas para desenvolvimento de aplicativos e experiências em 3D. O toolkit fornece uma variedade de recursos essenciais, incluindo renderização avançada, física, interação com o usuário, manipulação de modelos 3D e muito mais. Ele é projetado para ser altamente modular e flexível, permitindo que os desenvolvedores personalizem e estendam as funcionalidades de acordo com as necessidades de seus projetos. O 3D Toolkit é amplamente utilizado por desenvolvedores de jogos, aplicativos interativos, simulações e outras aplicações 3D em tempo real.

As duas abordagens têm suas vantagens e desvantagens. No caso do Forge, haveria a possibilidade de maior integração com os softwares da Autodesk, e a facilidade de não ter que converter os arquivos dos modelos HBIM, que fossem criados a partir do Revit ou outros softwares de propriedade da Autodesk, antes de carregar na plataforma desenvolvida.

A plataforma ARK-BIM está disponível para acesso na web, onde existe um modelo realizado com a ferramenta FreeCAD para fins de exemplo e de teste das funcionalidades da plataforma. A figura a seguir apresenta a tela com tais funcionalidades.

Figura 67 – ARK-BIM (Versão 1.5.1) interface: BIMData default plugins (em laranja). Plugins destravados em roxo e novos plugins em azul



Fonte: Diara; Rinaldo, 2021.

Um dos conceitos aplicados nesse CDE conta com a inclusão de imagens e documentos relacionados ao modelo. O motor gráfico de apresentação do modelo tem características muito distintas do padrão da Autodesk e até mesmo do BIM Data, trazendo funcionalidades como a visualização dos dados do modelo em uma tabela estruturada, que pode ser acessada pelo ícone Database, apresentado na figura 65. Outra funcionalidade interessante é a vinculação do modelo com um sistema de georreferenciamento interno disponível. Trabalha também sobre o BCF para comunicação e colaboração entre equipes, entre outras funcionalidades relevantes para o universo HBIM.

O próximo tópico traz a visão do SICG do IPHAN para complementar a ideia do CDE que será proposto.

6.4 SICG: o sistema proposto pelo IPHAN

O Sistema Integrado de Conhecimento e Gestão (SICG) foi desenvolvido a partir de 2009, e tem por objetivo integrar os dados sobre o patrimônio cultural, reunindo em sua base dados do inventariamento brasileiro e atuando, sobretudo, para ser colaborativo e integrador dos diversos atores que participam deste processo. Ele é fruto de políticas públicas da área cultural, e o IPHAN pretendia que ele extrapolasse a esfera do órgão, atingindo outras instâncias, cumprindo um amplo objetivo amplo de facilitar a gestão e promover fruição dos bens culturais brasileiros. Ele encaixa como suporte aos principais objetivos do Sistema Nacional do Patrimônio Cultural (SNPC), que foi a quinta meta do Plano Nacional de Cultura (PNC), cujo objetivo era de implementar a gestão compartilhada do Patrimônio Cultural Brasileiro, visando à otimização de recursos humanos e financeiros para sua efetiva proteção.

Dentro desse conceito amplo, o SICG teria que permitir uma gestão colaborativa dos bens culturais por esses diversos agentes, em uma base de dados única. Essa base colaborativa deveria oferecer meios para que os órgãos estaduais e municipais que trabalham de forma descentralizada com o IPHAN pudessem trabalhar de forma colaborativa e, de certo modo, mais centralizada com o ente federal. Foi considerando essa visão estratégica que a partir 2009 se iniciaram, no âmbito do Departamento de Patrimônio Material e Fiscalização (DEPAM) do IPHAN, as iniciativas para a construção de uma solução informatizada de gerenciamento da informação sobre os bens culturais que auxiliasse a tomada de decisão por parte dos gestores e contribuísse para a difusão do conhecimento sobre o patrimônio cultural brasileiro – o SICG.

A estrutura do SICG foi pensada a partir da articulação de três subsistemas básicos de dados sobre bens culturais, denominados de módulos – módulo de conhecimento, módulo de gestão e módulo de cadastro. Pensando também no patrimônio imaterial, foi incorporado, a partir de 2012, um subsistema de dados referentes aos bens culturais, às ações e parcerias institucionais referentes à gestão do patrimônio imaterial (Corrêa, 2014).

Tabela 5 – Compilação de trechos do documento CPNPC, MA e CR do SICG

Diretrizes estratégicas PNPC	Características do SICG
Criar e implantar um sistema georreferenciado de informação e gestão do patrimônio cultural no âmbito nacional, incluindo as manifestações materiais e imateriais	O sistema a ser desenvolvido tem como base a inteligência geográfica, onde os usuários poderão articular territórios, lugares e bens, permitindo e com isso construir cartografias culturais e ter insumos para tomadas de decisão. O objetivo é reunir em uma única

Diretrizes estratégicas PNPC	Características do SICG
	base as informações essenciais sobre o patrimônio cultural. Destacamos o fato de termos, em uma única interface, o cadastro de bens diversos que, historicamente, tinham seus cadastros informatizados de forma isolada e sem vasos comunicantes.
Promover um mapeamento contínuo dos bens culturais, das atividades, manifestações e expressões artísticas (censo cultural), criando um banco de dados e mantendo-o disponível para consulta pública	O SICG será desenvolvido em software livre, configurando-se como um instrumento estratégico para o desenvolvimento de uma política integrada e de difusão das informações, já que também poderá ser acessado para consulta via internet. Os usuários poderão acessar o sistema em diversos níveis de acesso (IPHAN, estados, municípios e entidades parceiras como universidades, centros de estudo, museus e outros).
Criar redes de comunicação entre agentes e gestores de áreas afins ao patrimônio	Um dos aspectos que mais chamam a atenção para o SICG é o seu papel no cumprimento da Missão Institucional dado que o sistema tem um papel federativo ao permitir em sua concepção e automatização de processos o compartilhamento do cadastro de bens considerados como patrimônio cultural por prefeituras e governos locais
O objetivo geral do SNPC é conceber e implementar formas de gestão e promoção conjuntas de políticas públicas integradas, voltadas à proteção, preservação e valorização do patrimônio cultural brasileiro, compartilhadas e pactuadas entre entes da federação, instituições governamentais e sociedade civil.	No médio prazo, os desafios articulam-se com a estruturação do Sistema Nacional do Patrimônio Cultural-SNPC. As articulações institucionais, os programas de capacitação, as “rodadas” de debates com os tomadores de decisão devem alinhar-se com os projetos de desenvolvimento territorial do país, permitindo dar visibilidade ao tema e política relacionados ao patrimônio cultural.

Fonte: Correa, 2014, p. 18.

A tabela acima, elaborada por Corrêa, relaciona as características do SICG extraídas do seu Manual de Aplicação e do Caderno de Referências com o documento preliminar de Consolidação da Política Nacional do Patrimônio Cultural para colocar em evidência a vinculação do sistema com a orientação estratégica.

O grifo meu, na segunda linha da segunda coluna, destaca em amarelo uma questão importante sobre o desenvolvimento do sistema que será proposto – o caráter de software livre,

que vai na contramão de uma plataforma proprietária, como é o caso do Autodesk Forge. No entanto, a interpretação como software livre, no contexto do SICG, parece não estar relacionada à tecnologia utilizada para o desenvolvimento do sistema, mas ao seu caráter de acesso livre e sem custos para o público externo ao órgão.

A utilização de tecnologias proprietárias pelos órgãos do governo não é vetada, desde que, para sua aquisição, seja aberto um edital possibilitando a livre concorrência. Para que fosse utilizado o conceito de software livre para inclusão de ferramentas para integração HBIM, o desenvolvimento do sistema e o seu uso, ele teria que ser desenvolvido a partir das tecnologias WebGL e Three.JS ou algo similar ao desenvolvimento do BIMData ou ARK-BIM o XEOKIT, VueJS – todas tecnologias livres ou de código aberto.

As diretrizes estratégicas da PNPC são amplas, e isso deve refletir em uma estrutura complexa e bem articulada para um sistema que lhe dê suporte. Por isso, foi verificado se o sistema proposto pelo IPHAN está alcançando o resultado esperado.

A implantação de um sistema que centralize informações e requeira colaboração entre os usuários exige mudança de cultura e engajamento, uma vez que as tarefas rotineiras, práticas consolidadas, devem ser substituídas. Quando se trata de engajar não apenas usuários, mas estruturas governamentais em esferas diferentes, como federal, estadual e municipal, o engajamento vai além da necessidade de mudança de rotina, exigindo que a estrutura do sistema englobe as práticas e necessidades inerentes a esses órgãos – sendo flexível o suficiente para estruturar um organograma comum que incentive estes órgãos a abandonarem o sistema que já está implantado e funcionando (sistema como prática, processos, não necessariamente um sistema informatizado).

Não é aceitável, na implantação de qualquer sistema informatizado, que sua utilização não consiga abranger as tarefas importantes e que acabe sendo apenas um complemento parcial das atividades importantes, pois isso impediria que ele se tornasse estrategicamente uma fonte principal e confiável. Um exemplo prático disso seria o fato de o sistema não possuir todos os campos necessários para determinado processo, exigindo que parte do processo ficasse armazenada em planilhas e fora do sistema. Nesse caso, o usuário se vê obrigado a preencher os campos do sistema com informações parciais do processo, sem que consiga concluir a atividade, o que torna sua tarefa mais lenta e a informação descentralizada.

Pensando novamente no objetivo amplo, dentro da premissa em que o SICG deveria ser útil para todos os usuários, que, por sua vez, extrapolam a esfera do IPHAN, é possível prever que, se o sistema não suprir as necessidades desses diversos usuários, dentro da rede, ele se

tornaria apenas um peso, que exigiria mais trabalho no dia a dia, pois as principais ferramentas de trabalho e informação não estariam concentradas nele. Esse é um problema grave para qualquer sistema, pois, além de despender mais tempo dos usuários, o sistema demoraria ou nunca receberia a carga necessária de informação, contrariando um dos seus principais objetivos.

Esse problema da falta de integração nos dados foi detectado, antes da criação do SICG, e relatado em um Plano Diretor de Tecnologia da Informação, em 2009, pela equipe de Coordenação Geral de Tecnologia da Informação do IPHAN, que relatava o problema de fragmentação das informações não georreferenciadas, contendo discrepâncias e repetições, múltiplos formatos das bases de dados, ausência de rotinas e procedimentos focados na gestão e na retroalimentação de sistemas de informação, ausência de sistemas de informação voltados à tomada de decisão, desarticulação de métodos, procedimentos e formas de gestão para todas as etapas da proteção e valorização do patrimônio, realização de análises pontuais, sem visão sistêmica, nem territorial das atividades do IPHAN e inexistência de determinadas informações ou restrição à difusão de informações importantes.

O SICG veio com o intuito de ser o sistema de gestão do patrimônio cultural, desenvolvendo Inventários de Conhecimento⁶², formando uma base de informações aplicada à construção de “Redes de Patrimônio” em todos estados e municípios (Tolentino, 2018).

Os planos para o SICG foram amplos e os problemas a serem resolvidos foram identificados. Ele foi inicialmente dividido em três módulos: conhecimento, gestão e cadastro. As fichas utilizadas pelo IPHAN, já padronizadas, criadas e armazenadas como arquivos do word, foram estruturadas no banco de dados do SICG. Além do SICG, o IPHAN criou mais dois sistemas: um para auxiliar na gestão, o FISCALIS, com foco na fiscalização; e o SIGPHAN, o sistema de informações gerenciais e processos que faz o controle orçamentário, monitoramento de obras e a parte relativa à interface com outros sistemas do ministério do planejamento.

⁶² Um Inventário de Conhecimento (ou de varredura) é qualquer estudo que vise conhecer o universo de bens culturais de determinada região [...] ou relacionados com determinado tema [...], que identifique e cadastre as ocorrências materiais ainda existentes, apontando a necessidade de estudos mais detalhados, como aqueles voltados para o registro das manifestações culturais imateriais. Os inventários de conhecimento ou varredura funcionam como um mapeamento abrangente do patrimônio cultural, cujo objetivo final é sua proteção e valorização. Para a proteção, devem ser utilizados os diversos instrumentos existentes, tanto em nível federal, como estadual e/ou municipal, aplicados de forma compartilhada entre Iphan, estados e municípios, através da pactuação de ações, que é a base da proposta de construção de “Redes de Patrimônio”. (IPHAN, 2014, p. 2.).

O manual do usuário SICG apresenta de forma resumida o seu principal objetivo e os três módulos que possui:

Uma das aplicações fundamentais do SICG é o desenvolvimento de inventários de conhecimento, cujo objetivo prioritário é formar uma base de informações aplicadas as construções de uma Rede Nacional de Proteção do Patrimônio Cultural em todos os estados e municípios. Os inventários de conhecimento ou varredura funcionam como um mapeamento abrangente do patrimônio cultural, cujo objetivo final é sua proteção e valorização. Para a proteção, devem ser utilizados os diversos instrumentos existentes, tanto em nível federal, como estadual e/ou municipal, aplicados de forma compartilhada entre IPHAN, estados e municípios, através da pactuação de ações, que é a base da proposta de construção de redes de patrimônio (IPHAN/SICG, [2024]).

O sistema é dividido em três módulos: o de cadastro, de conhecimento e de gestão. Conforme o manual do sistema:

Módulo de cadastro: Nesta primeira versão do SICG o módulo de cadastro contempla os bens de natureza material e imaterial de forma separada. O motivo para esta separação no cadastro deve-se à estrutura de dados diferente entre os dois tipos de bens. Contudo, para a segunda versão do SICG já está previsto o cadastro unificado de bens culturais, independentemente de sua natureza.

Na versão SICG 1.0 temos o cadastro básico e complementar dos bens materiais, sendo um cadastro básico único para todas as naturezas de bens. No caso dos cadastros complementares, os campos de preenchimento variam de acordo com o cruzamento da natureza e tipo do bem. No caso do patrimônio imaterial o que temos é o cadastro de três entidades de dados, a saber: bem, ação e instituição. O cadastro básico do bem material possui campos de dados comuns a todas as categorias do patrimônio material contendo informações indispensáveis sobre o bem cultural, que permitem sua identificação e o recebimento de um número denominado Código Iphan tal como uma cédula de identidade.

Somente a partir do cadastro básico é possível aprofundar os conhecimentos sobre os bens cadastrados por meio do preenchimento de formulários especializados, de acordo com o cruzamento natureza e tipo do bem. No caso do Patrimônio Imaterial, o cadastro de bens está restrito aos bens já identificados e/ou registrados. É um formulário sucinto que objetiva ter uma noção mais geral do bem. Não se trata dos campos do INRC strictu sensu mas uma espécie de sumário executivo dos bens. Foi desenhado para articular-se com o cadastro de ações e instituições do patrimônio imaterial. Os demais cadastros focam a descrição sumária que permitiram uma visão relacional e, de forma inédita, geográfica da abrangência da Política Nacional de Patrimônio Imaterial-PNPI. Vale ressaltar que todos os cadastros do PNPI serão georreferenciado de forma a se observar em que medida a prática de identificação, reconhecimento e salvaguarda/fomento tem ocorrido no território brasileiro e quais as redes sociais e geográficas ali existentes.

Módulo de conhecimento: O módulo de conhecimento é considerado como básico e essencial para se iniciar os estudos de identificação e reconhecimento de bens culturais. Pode ser por meio de um inventário de conhecimento temático ou geográfico. Em virtude disto sua inteligência está estruturada na relação entre o território e os bens ali existentes. Permite o cadastro de dados de natureza socioeconômica, histórica e cultural de forma integrada. Permite olhar o espaço de estudo a partir da produção de conhecimento sistemático e complementar que sirva de base ao planejamento urbano-territorial e não apenas ao olhar de bens isolados. Os insumos ali produzidos servem a diversos procedimentos de reconhecimento e preservação dos bens culturais, seja no campo do licenciamento ambiental e o

patrimônio cultural ou nas atividades de normatização e delimitação de áreas de preservação prioritárias como é o caso da outorga de paisagem cultural a determinadas localidades e práticas socioculturais.

Este módulo está estruturado em recortes temáticos e geográficos que juntos permitem a relação entre os dados em variadas escalas. A lógica de operação é simples: contextos gerais contêm contextos imediatos e bens a partir de uma relação geográfica de pertinência. Com isso pode-se ter leituras territoriais mais gerais e outras mais específicas e a estas leituras bens relacionados.

O módulo de conhecimento foi concebido para instituir uma metodologia unificada de Inventário de Conhecimento para todas as categorias de bens culturais, abarcando as dimensões materiais e imateriais. Com isso, busca-se organizar as informações sobre o território e os valores patrimoniais ali presentes permitindo a construção de universos culturais temáticos ou territoriais, contribuindo para visualização de possíveis cartografias do patrimônio cultural brasileiro. Por fim, as informações obtidas através desse módulo são complementadas pelo cadastro de bens, efetuado através do módulo de Cadastro.

Módulo de gestão: O módulo de Gestão reúne um conjunto de fichas cujo enfoque são as áreas e bens já protegidas, ou seja, sobre as quais o Iphan ou os demais órgãos de preservação do patrimônio cultural – nas esferas estadual e/ou municipal – têm obrigação de fazer a gestão através de normatização, ações de fiscalização, da construção de planos e preservação, de reabilitação, entre outros. Foi desenhado para estabelecer uma relação de retroalimentação aos módulos de natureza cadastral por meio de formulários que tratam dos processos de gestão para a preservação dos bens culturais. Na primeira versão do SICG foram desenvolvidos formulários para bens imóveis do tipo edificações e conjuntos urbanos. Os processos envolvidos são aqueles relativos a delimitação de poligonais de proteção e entorno, setorização e normatização áreas protegidas, laudo de vistoria e avaliação do estado de conservação (integrantes do processo de fiscalização). O processo de normatização desenhado no SICG tem um caráter estratégico e visa ir além de normativas e operar nos campos de elaboração de planos de preservação, de requalificação e demais ações estratégicas de desenvolvimento econômico e social das áreas protegidas. O módulo ainda carece de aprimoramentos como é o caso da inclusão de formulários de outros processos e complementação dos já existentes com a inclusão de outras naturezas do bem (IPHAN/SICG, [2024]).

Em uma entrevista realizada com a arquiteta Lia Motta, Coordenadora do Mestrado Profissional em Preservação do Patrimônio Cultural e Coordenadora Geral de Pesquisa e Documentação do COPEDOC/DAF do IPHAN, Tolentino (2018) apontou uma crítica relacionada ao fato de que não houve uma discussão conceitual pelos desenvolvedores antes da construção. Isso se reflete no nome, Sistema Integrado de Conhecimento e Gestão, que não se denomina como inventário, e, por conseguinte, não se compromete como tal.

Segundo Motta e Rezende (2016), o conceito de inventário e suas classificações, seguem o conceito:

Os **inventários** têm como função, por um lado constituir-se em uma ação de preservação do patrimônio, na medida em que conservam em outros suportes as informações contidas nos bens culturais, permitindo o acesso e a produção de conhecimento sobre os mesmos, independentemente dos seus suportes originais, por outro lado, especialmente no caso dos sítios urbanos, apoiar os trabalhos de planejamento e atualização das intervenções, contribuindo diretamente para o estabelecimento de critérios e parâmetros de preservação.

Inventários de identificação servem para um primeiro conhecimento dos bens culturais e devem coletar dados básicos como: a localização, o proprietário, a época de construção e fotografias dos bens. Os inventários de proteção, por sua vez, devem reunir os dados necessários à tomada de decisões sobre a proteção dos bens. Já os inventários científicos destinam-se a levantar e produzir informações necessárias a um conhecimento profundo para a identificação dos valores a serem preservados, visando orientar obras de conservação e restauração (Motta; Rezende, 2016).

A definição de inventário consolidada e aceita pelo IPHAN foi base para algumas das definições do SICG, apesar das considerações de Motta. Essas definições são muito úteis, inclusive, para definições semânticas para HBIM. O SICG, como um banco de dados que traz as informações estruturadas, está em acordo com a norma NBR ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) 19650 em muitos aspectos. A análise das estruturas dados do SICG com a integração de dados HBIM e as premissas ou critérios da norma é um dos pontos mais interessantes a serem aprofundados na definição de um CDE com suporte a HBIM.

Outra observação importante é que a norma ISO 19650 foi desenvolvida com base nos padrões britânicos, desenvolvidos na norma PAS 1192⁶³, devido à excelência obtida pela norma, extraída em muitos casos da análise de dados reais, em obras realizadas utilizando a tecnologia BIM. A Inglaterra tem empreendido grandes esforços na padronização dos processos BIM para tornar a indústria da construção mais competitiva. Também tem investido, nesse sentido, na padronização dos processos para HBIM e tem lançado a partir da Historic England⁶⁴, alguns padrões, através de publicações, que podem nortear o desenvolvimento de ferramentas para suporte ao HBIM.

Este pequeno resumo do SICG dá ideia do potencial da ferramenta. Nela está encerrada, mesmo que parcialmente, a grande base de conhecimento do IPHAN sobre o inventário. Esse conhecimento começa a ser um conhecimento estruturado, organizado de maneira sistemática

⁶³ PAS 1192 é uma especificação britânica que define os requisitos para a gestão da informação durante todo o ciclo de vida de um empreendimento de construção e infraestrutura. Ela estabelece padrões para a criação, compartilhamento e utilização de informações digitais dentro de projetos de construção.

A norma ISO 19650, por sua vez, é uma norma internacional que desenvolve e amplia os princípios estabelecidos na PAS 1192. Ela fornece diretrizes para a gestão da informação durante todo o ciclo de vida de ativos de construção e infraestrutura, incluindo a fase de operação e manutenção.

Em resumo, a PAS 1192 estabelece padrões específicos para a gestão da informação em projetos de construção no Reino Unido, enquanto a ISO 19650 expande esses princípios para uma escala internacional.

⁶⁴ Historic England é uma organização governamental do Reino Unido, especificamente da Inglaterra. Sua principal atribuição é a preservação e proteção do patrimônio histórico e arquitetônico da Inglaterra. Isso inclui a identificação, listagem, conservação e promoção de edifícios, monumentos e locais históricos em todo o país.

e coerente, para que possa ser facilmente compreendido e utilizado por humanos e sistemas de computador. No lugar de inúmeros documentos digitais de textos, planilhas, fotos, vídeos armazenados no computador, de forma mais ou menos organizada e, às vezes, desorganizadas, agora as informações são formatadas em um banco de dados, tabelas, esquemas, ontologias ou grafos, nos quais as relações entre os diferentes elementos são definidas de forma explícita.

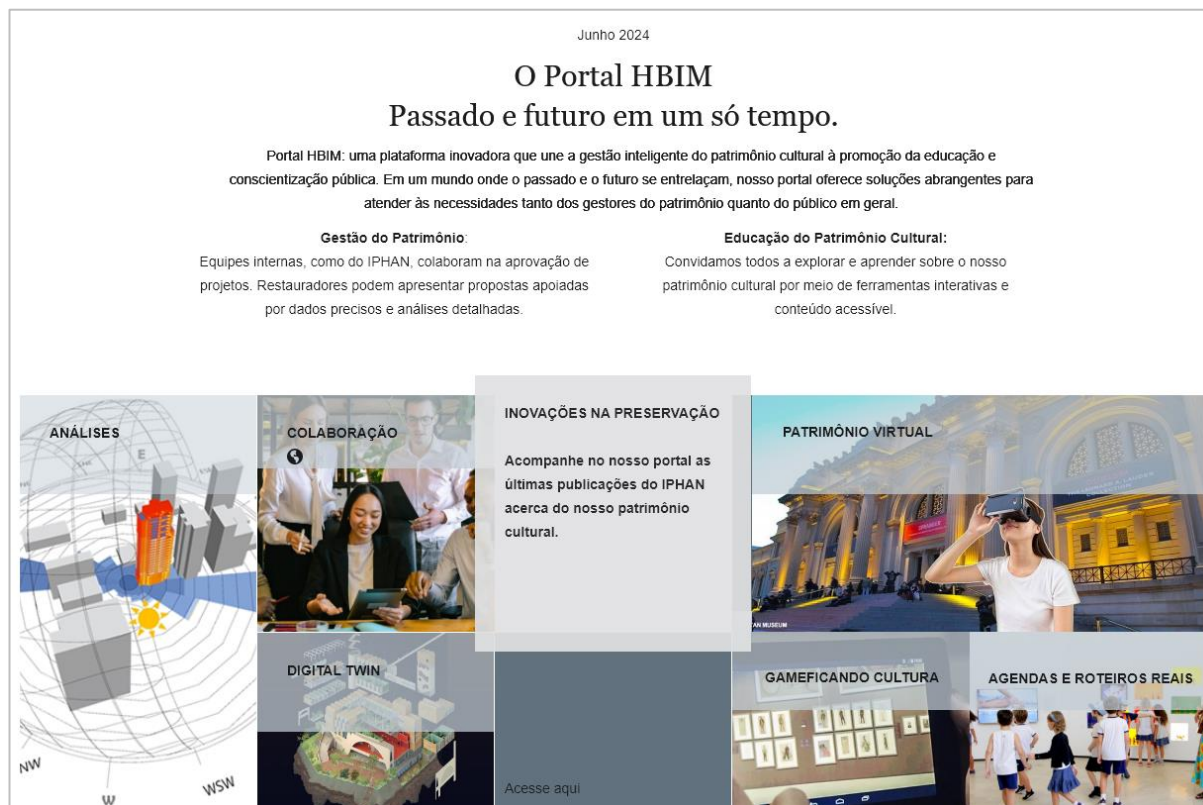
Na classificação de um CDE, o SICG poderia atingir o nível 2 de maturidade (Jaskula, Papadonikolaki; Rovas, 2023) em alguns quesitos, como controle de versão, gerenciamento do fluxo de trabalho, servidores de arquivos estruturados e inclusive AIM (Modelo de Informação de Ativos).

Entretanto, ainda não há nenhum suporte para BIM. A grande diferença de um CDE com suporte para BIM é que, do mesmo modo que os dados de planilhas e documentos são estruturados, criando relações explícitas entre estes diferentes elementos, um CDE com suporte a BIM fará o mesmo com os modelos BIM e os dados da construção que eles levam consigo.

A integração de tecnologias que dê suporte ao BIM e à atualização de sua estrutura, para que seja responsiva, integrada às potencialidades do SICG, como a inteligência embutida do conhecimento do IPHAN e dos seus recursos para georreferenciamento dos ativos forneceria uma potencialidade ao sistema que poderia torná-lo um recurso valioso para impulsionar o uso HBIM para o patrimônio histórico e cultural.

7 PROPOSTA PARA O SISTEMA DO IPHAN COM SUPORTE A HBIM

Figura 68 – Proposta de um Portal HBIM para o IPHAN



Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 66 representa a montagem de uma tela de apresentação para um portal que atenda às necessidades propostas pelo IPHAN, incorporando os recursos da tecnologia HBIM. A imagem destaca duas estruturas principais para o desenvolvimento de um portal com estas características: uma focada na criação de ferramentas de apoio à educação cultural de acesso público e outra voltada à gestão do patrimônio. Esta última inclui recursos para suportar os processos de inventário, gestão HBIM e estabelece regras e processos para a aprovação de intervenções de restauração de bens.

Ao longo deste trabalho, percebe-se que os processos HBIM ainda necessitam de melhorias, especialmente quando foram apresentadas as principais ferramentas existentes, em situações reais, nas quais se apresentam dificuldades relacionadas às modelagens complexas, aos problemas de interoperabilidade e à falta de normas específicas para o BIM aplicado às construções históricas. Muitas destas dificuldades não estão relacionadas somente ao HBIM, mas ao BIM para novas construções.

Os CDEs especializados para BIM surgiram recentemente e têm impulsionado muito a adoção e a melhoria dos resultados para BIM no conceito de ciclo de vida da construção, ao permitir que os dados dos modelos possam ser acessados de forma estruturada nessa plataforma, oferecendo mais transparência e acesso aos dados da Modelagem da Informação da Construção a todos os envolvidos. Deve ser considerada a norma ISO 19650 como a impulsionadora da gestão da informação da construção, levando-se em conta a necessidade de se estruturar os dados, a comunicação, permeando os processos necessários para condução do BIM entre os interessados. Na mesma direção está a definição de um Ambiente Comum de Dados, para auxiliar no controle dos ativos, das informações e relacionamentos de todos esses dados.

A apresentação dos dois casos em que houve estudos de adaptação de um CDE para HBIM, reforçado pela iniciativa de criação do SICG pelo IPHAN, que antecede à norma NBR 19650-1 e 2 e o conceito de CDE, teve o objetivo de centralizar as informações dos ativos patrimoniais, corroborando a necessidade de um portal com suporte a HBIM.

Para preencher essa lacuna, serão elencadas a seguir as diretrizes e recursos necessários para o desenvolvimento desse portal com características de suporte a HBIM, herdando as funcionalidades do SICG e ampliando algumas relações com a comunidade. As proposições não têm o compromisso de analisar ou questionar quaisquer políticas do IPHAN: seu objetivo é avaliar o que as tecnologias disponíveis poderiam oferecer para um sistema com as características pretendidas.

- 1) Definição de desenvolvimento do sistema deve seguir dois focos principais: gerenciamento de ativos patrimoniais e divulgação/educação patrimonial.
- 2) Deve-se aproveitar todo o conhecimento aplicado ao SICG. Pode ser construído sobre a plataforma do SICG desde que essa possa ser reformulada para atender as propostas apresentadas nas próximas diretrizes, caso contrário, o sistema deve partir do zero, herdando a inteligência do sistema e os dados estruturados do SICG.
- 3) O desenvolvimento da plataforma, no aspecto de gerenciamento das informações dos ativos patrimoniais, deve utilizar como referência a norma NBR 19650-1 e NBR 19650-2. Além disso, é preciso utilizar e estar atento às publicações da organização governamental inglesa Historic England⁶⁵. Essa organização, que tem como objetivo a

⁶⁵ Historic England é uma organização governamental britânica que tem como objetivo proteger, preservar e promover o patrimônio histórico e cultural da Inglaterra. Foi fundada em 2015, assumindo as funções anteriormente desempenhadas pela English Heritage. Historic England é responsável por identificar, listar e proteger edifícios, monumentos, sítios arqueológicos e paisagens históricas importantes em toda a Inglaterra. Além disso, fornece orientação e apoio para a conservação e restauração desses locais, bem como promove a

proteção do patrimônio histórico e cultural da Inglaterra, tem desenvolvido e publicado uma série de guias para o uso do BIM para o patrimônio histórico, todos alinhados a estudos de caso e com vistas às normas, inclusive a ISO 19650, que é de origem britânica.

- 4) A tecnologia do portal deve ser responsiva⁶⁶, podendo ser acessada de qualquer dispositivo sem muito prejuízo, tanto em relação às funcionalidades do portal, quanto em seu aspecto gráfico, que deve ser proposto por uma agência de design especializada e formulado para comunicar o valor do patrimônio histórico, atraindo públicos diversos e integrando com o portal web oficial do IPHAN.
- 5) Respeitando os direitos privados e as informações sensíveis, as ações de conservação, restauração ou manutenção dos ativos tombados poderiam ser de acesso público, para conferir maior transparência para esses processos. Isso incluiria a visita virtual, tanto via web, quanto por realidade virtual, aos modelos HBIM, às nuvens de pontos 3D de levantamentos, passeios virtuais, fotos, documentos, andamento de projetos, enquetes, gráficos de avanço de processos etc.
- 6) Seguindo as mesmas premissas do SICG, que permite acesso multiusuários com controle de permissões de acesso integrado ao sistema GOV (Sistema de Governança Digital do Governo Federal)⁶⁷, deve-se facilitar o acesso público e a comunicação com outros sistemas do governo federal integrando-se ao sistema GOV. Diferentemente do SICG, partes do sistema que às quais usuário não tem acesso, conforme o grupo de interesse do usuário cadastrado no sistema, não devem ser visíveis.
- 7) A integração com sistema GIS é fundamental. No entanto, ao utilizar esse sistema, deve-se procurar integrá-lo com o sistema HBIM, permitindo aos usuários acessarem os

conscientização pública sobre a importância do patrimônio histórico. Em resumo, Historic England desempenha um papel fundamental na preservação e celebração da rica história e herança cultural da Inglaterra.

⁶⁶ Um site responsivo é construído utilizando técnicas de design e desenvolvimento que permitem que o conteúdo e os elementos da página se reorganizem e se redimensionem automaticamente, garantindo uma experiência de usuário consistente e otimizada, independentemente do dispositivo usado para acessá-lo. Em essência, um site responsivo busca proporcionar uma navegação fluida e uma visualização confortável do conteúdo em qualquer tela, evitando que os usuários tenham que fazer zoom in ou out ou tenham dificuldades para acessar informações devido ao tamanho da tela. Isso é especialmente importante em um mundo onde o acesso à internet é cada vez mais diversificado em termos de dispositivos.

⁶⁷ O sistema GOV, ou Sistema de Governança Digital do Governo Federal, é uma plataforma que visa aprimorar a gestão pública e a prestação de serviços digitais pelo governo brasileiro. Ele integra diversas ferramentas e sistemas utilizados pelos órgãos públicos, proporcionando maior eficiência na execução de políticas e na interação com os cidadãos. Por meio do GOV, é possível centralizar informações, facilitar a comunicação entre os diferentes setores governamentais e oferecer serviços online aos cidadãos, tornando os processos mais ágeis e transparentes.

modelos HBIM pela navegação GIS. Outra integração seria o aproveitamento dos dados espaciais para complementar os modelos HBIM, como a extração das curvas de níveis para a conformação de um terreno no modelo HBIM. A possibilidade de os dados estruturados entre os dois sistemas (BIM/GIS) serem intercambiáveis aumenta em muito as possibilidades de análises dos processos de conservação, manutenção e restauração dos ativos do patrimônio histórico e cultural.

- 8) O sistema deve ser utilizado para a aprovação de processos de restauração, conservação e manutenção de ativos culturais e patrimoniais, a exemplo do que vêm fazendo algumas prefeituras ao adotar a aprovação de projetos BIM. Entretanto, para a proposta HBIM, deve ser considerado o poder das ferramentas para tratamento e manipulação de nuvens de pontos. Os avanços nessa área estão sendo direcionados para a utilização da nuvem de pontos no gerenciamento de ativos. Nesta abordagem, as nuvens de pontos começam a ser classificadas, permitindo determinar as características de cada região: por exemplo, pode-se selecionar determinada região da nuvem de pontos e determinar a qual categoria este elemento pertence – uma parede, uma viga, um pilar etc. Na sequência, pode-se atribuir parâmetros mais específicos, informando a característica da parede, de um motor, de um objeto de preservação e ainda anexando informações importantes para o inventário etc. Além da classificação é possível utilizar a nuvem de pontos, com algoritmos de análise de interferências para averiguar a consistência da modelagem HBIM. Duas ferramentas que avançaram nessa direção e que devem ser vistas como referência são: Pointly¹¹ e Cintoo⁶⁸.
- 9) Há a necessidade de desenhar e estruturar muito bem os fluxos de trabalho para a aprovação de projetos. Esse fluxo utilizará a inteligência construída no SICG e deve ampliar para o HBIM, com todas as considerações para nuvem de pontos, acrescentados ao poder de comunicação e controle de fluxos que um CDE permite para os modelos BIM. Esses fluxos permitem o cadastro dos modelos BIM com controle de versões, com determinação de fluxos de aprovação em uma ou mais etapas, bem como a comunicação entre equipes na análise do modelo e sobre o próprio modelo visualizado através da plataforma – comunicação de ajuste, de problemas etc. Os processos de aprovação

⁶⁸ A Cintoo é uma empresa especializada em soluções de gerenciamento e análise de nuvens de pontos em nuvem. Eles oferecem uma plataforma de software que permite aos usuários visualizar, analisar e colaborar em grandes conjuntos de dados de nuvem de pontos em tempo real. A Cintoo é conhecida por suas ferramentas avançadas de análise de interferência, detecção de colisões e integração de dados de digitalização a laser em modelos de informação de construção (BIM), facilitando assim a colaboração e o gerenciamento de projetos em várias indústrias, como arquitetura, engenharia e construção.

ganham muita celeridade com tais sistemas, já que as respostas das análises se dão através do sistema e os avisos podem ser direcionados por e-mail ou outra forma de comunicação.

- 10) A definição das tecnologias para o desenvolvimento do sistema é extremamente importante, tanto do ponto de vista de possibilidades em relação a recursos e desempenho, quanto de custo. O sistema pode ser livre, de código aberto ou pode, ainda, utilizar tecnologias proprietárias. Em relação ao BIM, deve suportar Open BIM. Do ponto de vista de linguagem de programação e banco de dados, poucas são as tecnologias que não são livres ou de código aberto. O que pode acontecer é que uma tecnologia (software livre) exija um ou outro sistema proprietário, tanto de software, quanto de hardware. Utilizar software livre, aberto ou proprietário tem relação direta com o custo de desenvolvimento, manutenção do sistema e desempenho. Muitas vezes um desenvolvimento sobre plataforma aberta pode exigir maiores despesas para desenvolvimento e uma exigência maior de infraestrutura. Os exemplos apresentados, HBIM Portal, ARK-BIM e SICG podem servir de apoio a este argumento. O HBIM portal, desenvolvido sobre a plataforma da Autodesk, utiliza vários recursos já desenvolvidos, ampliando e personalizando estes a partir do conjunto de APIs Autodesk Forge. O desenvolvimento sobre essa plataforma aproveita também a infraestrutura da Autodesk para o processamento dos dados. No caso do ARK-BIM, apesar de utilizar o conceito de software aberto, foi necessário utilizar a infraestrutura do DataBIM, outra aplicação de código aberto. Um sistema com todos os recursos apresentados talvez tenha que ser desenvolvido utilizando o que há disponível de forma livre ou aberta, bem como o que há de melhor em sistemas proprietários.

A complexidade de um sistema que seguiria essas diretrizes extrapola o âmbito da tecnologia de desenvolvimento de software. É evidente que aspectos políticos, organizacionais e teóricos do patrimônio também colaboram para a complexidade desse desenvolvimento. Contudo, no desenvolvimento de sistemas, na matemática, filosofia, há o interessante conceito de abstração, que pode ser utilizado para se pensar que o sistema está funcionando enquanto estão sendo desenvolvidos seus recursos. Essa técnica pode ser referida como “pensar de forma orientada a resultados” ou “pensar em termos de interface”. Utilizando-a de maneira genérica, imagine-se que o IPHAN, ou alguém no IPHAN, consiga fazer valer estas ideias e implemente o sistema aqui proposto e algumas situações hipotéticas. A seguir com base nestas situações imaginadas para o sistema em funcionamento, são elaboradas algumas situações:

Com o sistema funcionando, a primeira ação do IPHAN, denominada “digitalização do patrimônio construído”, consiste em disponibilizar uma equipe, ou mais de uma, para fazer o levantamento por varredura a laser terrestre e embarcada por drone, para levantar os principais monumentos. À medida que essa equipe de campo carrega os resultados do levantamento no sistema, outra equipe interna categoriza os elementos na nuvem de pontos e os classifica, utilizando todos os dados já inventariados pelo IPHAN no SICG, complementados pelas informações que podem ser solicitadas à equipe de campo através do próprio sistema, colocando a solicitação diretamente no item que está sendo catalogado. Para a celeridade na categorização dos elementos na nuvem de pontos, o IPHAN contratou os serviços da Pointly, que desenvolveu um treinamento de IA personalizado⁶⁹ para os dados que o IPHAN priorizou, facilitando a interpretação das nuvens de pontos.

Agora em outra situação, um restaurador deve atuar em uma edificação já levantada nesse processo, propondo um projeto de restauração que contempla alteração no bem edificado. Ele já está cadastrado no sistema e possui o nível de acesso para este tipo de função – restaurador externo ao órgão. Ele inicia o processo abrindo um projeto para a aprovação do IPHAN. Preenche todos os relatórios e acessa a nuvem de pontos cadastrada e classificada. Baixa a nuvem de pontos para o seu computador e inicia sua proposta utilizando um software BIM para realizar o projeto. Insere a nuvem de pontos no software BIM que está utilizando e pode modelar apenas a parte em que vai realizar a intervenção ou modelar toda a edificação, pois a nuvem de pontos pode ser considerada uma grande fonte de informação HBIM a partir do momento que foi classificada e os itens inventariados. Utilizando a abordagem de modelar toda a edificação a fim de apresentar melhor o seu trabalho, o restaurador projeta o existente e a modificação, levantando todos os quantitativos de demolições, interferências no existente e apresentando um modelo HBIM para avaliação no próprio sistema, de modo que os analistas do IPHAN poderão, a partir do fluxo de aprovação de projetos desta natureza, bloquear o modelo no prazo de análise e retornar, na própria plataforma, com anotações sobre o modelo e sobre os formatos de desenho inseridos, opinando pela aprovação ou a solicitando revisões.

A nuvem de pontos pode não oferecer um passeio virtual muito fascinante do ponto de vista gráfico, mas, durante a captura do ativo do IPHAN foi observado o valor de se criar um passeio virtual com as imagens fotográficas capturadas. Esse recurso fica disponível para a

⁶⁹ Point Cloud Custom Classifier ou, em português tradução própria, Classificador personalizado de nuvem de pontos, é um serviço oferecido no portal Pointly que permite o treinamento de IA para agilizar a classificação de itens na nuvem de pontos de grande escala. Disponível em: <https://pointly.ai/pointly-3d-point-cloud-services/point-cloud-custom-classifier/> Acesso em: 24/03/2024.

comunidade, que pode acessar o sistema pela sua conta na plataforma GOV. Nessa situação, um usuário que está visitando uma cidade e quer explorar os locais mais interessantes acessa a plataforma a partir do celular, que identifica, pelo GPS do aparelho, as obras de maior relevância ao seu redor. Clicando em uma das obras, ele pode acessar para um rápido passeio virtual pelo próprio aparelho, com destaques para os itens inventariados. Outro usuário, que está se divertindo com os óculos de realidade virtual, vê o sistema disponível na plataforma de seus óculos: ele não é brasileiro, fica curioso e entra no sistema. Navega pelo sistema GIS adaptado para realidade virtual e pode acessar as edificações históricas de seu interesse, juntamente com outros visitantes, enriquecendo, dessa forma, a experiência.

Em uma faculdade de arquitetura, por exemplo, quão enriquecedora e facilitadora seria a apresentação da história da arquitetura com a visita virtual em um laboratório utilizando os óculos de realidade virtual disponíveis para um grupo de alunos e o professor. Isso também pode se estender para escolas da educação infantil, fundamental e médio, inclusive pelas possibilidades de gamificação de alguns ativos, no sentido de estimular o conhecimento de forma lúdica.

Enfim, é possível pensar em várias implementações e casos de uso para uma plataforma como foi proposta. Muito embora a complexidade para seu desenvolvimento possa ser alta, os casos apresentados provam que, apesar de complexa, ela é totalmente possível, e o seu potencial de uso apresenta grande valor para a preservação e educação sobre o patrimônio histórico e cultural.

8 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de pesquisas e os avanços destas para HBIM tem sido expressivo. A utilização da metodologia HBIM no edifício Acaiaca possibilitou análises rápidas e o desenvolvimento de projetos com maior assertividade e velocidade do que seria possível utilizando os processos em CAD. A organização dos documentos históricos, documentos de projeto, obra e orçamento no CDE BIM 360 otimizou o tempo e garantiu o controle de versão e backup.

Entretanto, os softwares BIM e a Building Smart continuam sendo desenvolvidos com um foco maior para BIM. O uso de softwares de modelagem BIM em HBIM ainda exigem muito aperfeiçoamento para lidar com as complexidades geométricas do mundo real. A utilização de plugins com o objetivo de melhorar a tradução das nuvens de pontos para modelos HBIM parece não ser o caminho ideal, apesar de apresentar alguns avanços.

Por outro lado, as possibilidades oferecidas pela classificação das nuvens de pontos direcionam para um caminho mais interessante no inventário dos ativos. Essa tecnologia tem o potencial de acelerar o levantamento e cadastro dos bens, além de permitir sua utilização para os processos de conservação, manutenção e restauração, bem como para a criação de gêmeos digitais sem que haja sempre a necessidade de criar um modelo HBIM. Com esse avanço, deve-se pensar quando realmente será necessário criar o modelo HBIM, e, quando necessário, se ele deve ser criado para toda a edificação ou se somente para as áreas que devem sofrer intervenção. O registro por nuvens de pontos deve ser considerado sempre, no levantamento e após a intervenção. Ele é um recurso importante para garantir o histórico das intervenções em uma edificação de interesse cultural.

Apesar de não haver um foco em HBIM pelas principais desenvolvedoras de software ou pela Building Smart, os avanços do BIM têm auxiliado no desenvolvimento HBIM. A norma NBR ISO 19650-1 e 19650-2, que trata da gestão da informação da construção, é muito completa e aborda em profundidade a gestão da informação em todo o ciclo de vida de um empreendimento. O interesse na utilização desse conhecimento foi reconhecido pela organização governamental britânica Historic England para aplicação em HBIM, que ressaltou o valor das diretrizes da norma para os processos na fase de operação de ativos. Essa norma desenvolve o conceito de CDE e resalta a importância de um CDE para a gestão da informação da construção, para a organização das ações e garantia da comunicação entre todos os interessados.

O SICG do IPHAN é um sistema que segue alguns dos conceitos aplicados a um CDE, ao estruturar os dados. Ele absorve uma série de conceitos entre os quais pode ser considerada a inteligência do IPHAN no inventariamento de bens. No entanto, ele não dá suporte ao HBIM e apresenta uma interface obsoleta para os padrões atuais, por não ser responsiva.

Apesar de não ter sido possível fazer um estudo sistematizado sobre os softwares disponíveis para BIM, tanto para a modelagem, quanto para o gerenciamento, a investigação sobre a capacidade dos softwares desenvolvidos para outras indústrias, como a de manufatura, com os softwares CAE e a de entretenimento, com softwares que trabalham com malhas, deve ser levada em consideração, pois os desenvolvimentos sobre os softwares existentes, por meio de APIs encontram a barreira que o software original impõe.

A criação de um sistema como um Portal HBIM tem o potencial de ampliar as capacidades de gestão do IPHAN e dos órgãos estaduais e municipais vinculados a ele. A utilização da base de conhecimento do IPHAN e do SICG no desenvolvimento dessa ferramenta seria fundamental para o sucesso de sua implementação. Existem muitos recursos disponíveis para o desenvolvimento desta ferramenta, de modo que a maior dificuldade pode estar na força ou vontade política para sua criação.

REFERÊNCIAS

ARAYICI, Y. *et al. Heritage Building Information Modelling*. 1. ed. Nova York: Taylor & Francis, 2017.

ARQUITETOS ASSOCIADOS (Branca Perocco, Carlos Alberto Maciel, Gabriel Aun). *Plano diretor para o edifício Acaiaca*. Belo Horizonte: [s. n.], 2017.

AUBIN, P. F. HBIM - Historic Building re-creation. *LinkedIn Learning*, [S. l.], 2015. Disponível em <https://www.linkedin.com/learning/hbim-historic-building-re-creation/what-is-project-soane>. Acesso em: 05 jun. 2024.

AUBIN, P. F. *Renaissance Revit: Creating Classical Architecture with Modern Software*. [S. l.]: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.

BIBLUS. *OmniClass: como classificar os objetos IFC*. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/omniclass-como-classificar-os-objetos-ifc/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

CAVALCANTI, L. *A história de uma nova linguagem na arquitetura (1930-60)*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.

CORRÊA, M. T. *O projeto de implementação do sistema integrado de conhecimento e gestão no IPHAN: impactos de sistemas de informações gerenciais nos processos organizacionais e nas políticas de gestão*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Pública) – Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, 2014.

DIARA, F. HBIM Open Source: A Review. *ISPRS - International Journal of Geo-Information*, v. 11, n. 9, p. 472, 2022.

DIARA, F.; RINALDO, F. ARK-BIM: Open-Source Cloud-Based HBIM Platform for archaeology. *Applied Sciences*, v. 11, n. 18, p. 8770, 2021.

EASTMAN, C. *et al. Manual de BIM: um guia de Modelagem da Informação da Construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores*. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EDIFÍCIO Acaiaca. In: *WIKIPÉDIA – a enciclopédia livre*. [S. l.]: [s. n.], 2014. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Edif%C3%ADcio_Acaiaca. Acesso em: 08 set. 2023.

ENSCAPE. *Pricing*. [S. l.], [2024]. Disponível em: <https://enscape3d.com/pricing/>. Acesso em: 05 jun. 2024.

INDUSTRY Foundation Classes. In: *WIKIPÉDIA – The Free Encyclopedia*. [S. l.]: [s. n.], 2023. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes. Acesso em: 06 jun. 2024.

IPHAN/SICG. Como se estrutura? [S.l.], [2024]. Disponível em: https://sicg.iphan.gov.br/sicg/manual_html/Comoseestrutura.html. Acesso em: 14 mar. 2024.

IRISVR. *Choose the best plan for you*. [S. l.], [2024]. Disponível em: <https://irisvr.com/pricing/>. Acesso em: 05 jun. 2024.

JASKULA, Klaudia; PAPADONIKOLAKI, Eleni; ROVAS, Dimitrios. Comparison of current common data environment tools in the construction industry. In: *EC3 Conference 2023. European Council on Computing in Construction*, Crete, 2023.

JAYME, J. G.; TREVISAN, E. Intervenções urbanas, usos e ocupações de espaços na região central de Belo Horizonte. *Civitas: Revista de Ciências Sociais*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, pp. 359-377, ago. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-60892012000200359&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 6 jun. 2024.

MICHAISKI, S. W. Sharing responsibility for conservation decisions. In: KRUMBLEIN, W. E. *Durability and Change: the science, responsibility, and cost of sustaining cultural heritage*. [S. l.]: [s. n.], 1994. p. 241-258.

MIRANDA, A. R. *Edifício Acaiaca O colosso humano e concreto*. Belo Horizonte: Biografia, 2016.

MOTTA, L.; REZENDE, M. B. Inventário. *Dicionário do Patrimônio Cultural*, [s. l.], 2016. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/dicionarioPatrimonioCultural/detalhes/64/inventario>. Acesso em: 15 mar. 2024.

MURPHY, M. *Historic Building Information Modelling (HBIM) For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin 1700 to 1830*. Dublin: MPhil, MBEng, Department of Civil, Structural & Environmental Engineering, School of Engineering, Trinity College Dublin, 2012.

MURPHY, M.; DORE, C. Current State of the art Historic Building Information Modelling. *XLII-2/W5. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Ottawa, 2017. v. 42, p. 185-192, 2017.

NAGY, G.; ASHRAF, F. *HBIM platform & smart sensing as a tool for monitoring and visualizing* (Vol. 100056). Egito: Elsevier, 2021.

SEGAWA, H. *Arquiteturas no Brasil 1900-1990*. São Paulo: EdUSP, 1997.

SOCIEDADE EDITORA ALTEROSA LTDA. Aquarela Mineira. In: C. LINHARES, L. TELES, L. MARIA; N. PRATES. *Revista Alterosa*. Belo Horizonte: Sul América, 1953.

TOLENTINO, M. M. *A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico*. 2018. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

VARGAS, G. et al. *Legislação Informatizada - Decreto-lei nº 4.098, de 6 de fevereiro de 1942 - Publicação original*. Diário Oficial da União - Seção 1 - 10/2/1942, Página 2061.

VIÑAS, S. M. *Teoria contemporânea da Restauração*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2021.

ZEVI, B. *A linguagem moderna da arquitetura, guia ao código anticlássico*. Lisboa: Marsilio Editor, 1997.
