



## MAPEAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS UTILIZANDO HBIM

**TRAVASSOS, Cristiano Saad (1); FERREIRA, Ana Carolina Franco (2); FAÍSCA,  
Renata Gonçalves (3)**

(1) Universidade Federal Fluminense, [cristianotravassos@id.uff.br](mailto:cristianotravassos@id.uff.br)

(2) Universidade Federal Fluminense, [acfranco04@gmail.com](mailto:acfranco04@gmail.com)

(3) Universidade Federal Fluminense, [renatafaisca@id.uff.br](mailto:renatafaisca@id.uff.br)

### RESUMO

No cenário da construção civil no Brasil, há demasiada atenção e foco para edificações novas ou recentemente construídas, não havendo uma disseminação da cultura de preservação, recuperação e manutenção em edifícios históricos. Tendo isto em vista, o objetivo deste trabalho consiste na modelagem de uma edificação histórica utilizando-se de fotogrametria terrestre com o intuito de obter uma representação realística do estado atual de conservação desta. Além disso, este estudo tem como finalidade apresentar um outro modo de representação das manifestações patológicas presentes em uma edificação, de maneira digital e parametrizada. Como objeto de estudo de caso, foi escolhida uma edificação integrante da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense (UFF), construída em 1888. Por meio da metodologia de projetos em BIM (*Building Information Modeling*) focada em edificações históricas, também conhecida como HBIM (*Historic BIM*), da fotogrametria terrestre e dos conceitos de parametrização e digital twin explorados, foi possível confirmar a rapidez e a eficiência da digitalização da edificação. Como resultado, foi obtido um mapa digital 3D de manifestações patológicas representado por um modelo digital HBIM. O modelo foi parametrizado com elementos BIM, auxiliando e trazendo maior confiabilidade no acompanhamento e correção das incidências encontradas.

**Palavras-chave:** Modelagem da Informação da Construção Histórica, HBIM, Manifestações Patológicas, Edificação Histórica.

### ABSTRACT

*In the Brazilian construction scenario, there is too much attention and focus on new or newly constructed buildings, and there is no dissemination of the culture of preservation, restoration and maintenance in historic buildings. With this in mind, the objective of this work is the modeling of a historical building using terrestrial photogrammetry in order to obtain a realistic representation of its current state of conservation. In addition, this study aims to present another way of representing the pathological manifestations present in a building, digitally and parameterized. As a case study object, an integral building of the School of Architecture and Urbanism of the Fluminense Federal University, built in 1888, was chosen. Through the BIM (*Building Information Modeling*) design methodology focused on historical buildings, also known as HBIM (*Historic BIM*), terrestrial photogrammetry and the concepts of parameterization and digital twin explored, it was possible to confirm the speed and efficiency of digitization of the building. As a result, a digital 3D map of pathological manifestations represented by an HBIM digital model was obtained. The model was parameterized with BIM elements, helping and bringing greater reliability in monitoring and correcting the incidences found.*

**Keywords:** *Historic Building Information Modeling, HBIM, Pathological Manifestations, Historical Building.*

## 1 INTRODUÇÃO

As edificações são primordiais aos seres humanos desde as primeiras civilizações. Nos dias atuais, com a demanda crescente por habitação, o aumento da população mundial e a redução dos custos dos meios de transporte e comunicação, a demanda por mais edificações cresceu conjuntamente.

Atualmente, em diversos centros urbanos, há um grande número de edificações ociosas, e por outro lado, pessoas vivendo em habitações cada vez menores. Muitas dessas edificações são prédios antigos que, pela idade, uso e falta de manutenção apresentam diversos tipos de manifestações patológicas, ou seja, danos decorrentes de algum erro, acidente ou situação imprevista. Tais danos comprometem o desempenho das edificações, fazendo com que estas não atendam às finalidades para as quais foram projetadas.

Com isso, surge a necessidade de recuperação e revitalização dessas edificações, tais atividades poderiam auxiliar a resolução do déficit habitacional do país, a preservação da identidade cultural do local e a criação de novos espaços sem necessidade de gastos excessivos e a ocupação de novas áreas.

Assim, a criação de um modelo com a metodologia *BIM* atrelado à captura da realidade constitui uma ferramenta potencial para a construção de um inventário que considere as particularidades dos edifícios históricos.

Desta forma, este artigo tem como objetivo desenvolver um fluxo de trabalho para representar manifestações patológicas nas fachadas de uma edificação, unindo a fotogrametria terrestre com a metodologia *BIM* para edificações históricas.

## 2 PANORAMA SOBRE CAPTURA DA REALIDADE DE EDIFÍCIOS EXISTENTES

### 1.1 *Historic Building Information Modeling (HBIM)*

A Modelagem da Informação da Construção (do inglês *BIM*) pode ser definida como uma metodologia de trabalho colaborativo que utiliza um modelo criado a partir de informações coordenadas e consistentes, formando uma base de dados para tomadas de decisão durante todo o ciclo de vida da edificação. Este aspecto torna interessante a sua utilização em edificações históricas, pois permite o cadastro, estudo, acompanhamento e manutenção das mesmas (TOLENTINO, 2016).

O *HBIM* é a extensão do conceito do *BIM* para as edificações históricas. É um processo que envolve engenharia reversa, no qual objetos paramétricos representam os elementos arquitetônicos mapeados através de fotogrametria ou *laser scanning*, principalmente. Estes métodos possibilitam a obtenção de um modelo tridimensional de edificações complexas de forma rápida, eficiente e precisa (DORE; MURPHY, 2012).

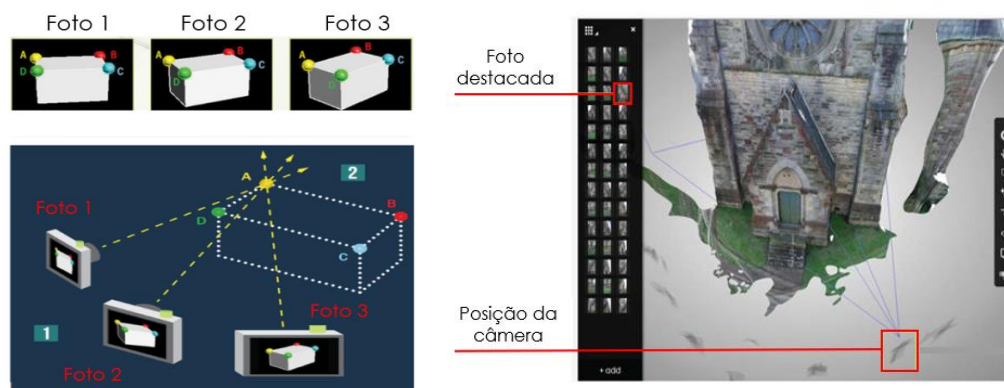
O *HBIM* pode fazer contribuições na área de Patologia de Edifícios porque este sistema pode conter todas as fases de construção em um único modelo, armazenar gráficos e informações textuais e padronizar sistemas construtivos antigos através de famílias *BIM*. O *HBIM* considera as características únicas das edificações antigas que, muitas vezes, são encontradas na forma de alvenarias irregulares, recalques de fundações, entre outras manifestações patológicas (GARCÍA-VALLDECABRES et al., 2016).

## 1.2 Fotogrametria

A fotogrametria permite a determinação das propriedades geométricas de objetos e também a reconstrução destes em 2D ou 3D através da medição e interpretação de imagens fotográficas. A fotogrametria terrestre refere-se a medições de um local na superfície terrestre fixo, enquanto que a aerofotogrametria refere-se a medições utilizando veículos aéreos não tripulados (drones) (KOLECKA, 2011).

A técnica resume-se em obter coordenadas espaciais através de múltiplas fotografias do mesmo objeto a partir de diferentes ângulos. Como pode ser visto na Figura 1, as posições das câmeras são calculadas e então a geometria é formada em 3D através da projeção dos pontos comuns (A, B, C e D) estabelecidos através de diferentes perspectivas (TWOMEY, 2013).

**Figura 1 – Ilustração do processo de fotogrametria e modelo exemplo**



**Fonte:** Adaptado de TWOMEY (2013)

## 1.3 Laser Scanning

Uma outra técnica bastante utilizada chama-se *Laser Scanning (LS)* ou escaneamento a laser. *LS* é uma técnica que permite a amostragem densa de superfícies ou objetos para fornecer uma nuvem de pontos, ou seja, uma grande quantidade de coordenadas de pontos 3D, descrevendo o objeto (KOLECKA, 2011).

Muitos dispositivos de varrimento mensuram a intensidade do pulso de *laser* devolvido através de um sensor, que depende do material da superfície em relação ao comprimento de onda óptico. Além disso, muitos deles são equipados com uma câmera digital. A varredura a *laser* terrestre opera a partir do solo e gera dados no sistema de coordenadas local (KOLECKA, 2011). Um resumo das características dos dois métodos é apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1 – Comparação entre fotogrametria e escaneamento a laser**

<b>Características</b>	<b>Fotogrametria</b>	<b>Escaneamento a laser</b>
Precisão	Centímetro	Milímetro
Resolução	Centenas de pontos	Milhões de pontos
Custo do equipamento	Centenas	Dezenas de milhares
Habilidade necessária	Baixa	Média-alta
Geração de dados 3D	Pós-processamento	Captura automática
Modelagem 3D	Modelagem manual	Extração automática da forma
Desafios ambientais	Repetição, textura da superfície e do material, ângulo e linha de visão	Refletividade, textura da superfície, tempo, bordas e linha de visão

**Fonte:** Adaptado de DEZEN-KEMPTER et al. (2015)

## 2 METODOLOGIA

O método adotado para a varredura da edificação consiste na associação da fotogrametria terrestre com a utilização de *softwares* para a geração do modelo tridimensional.

Para a elaboração do modelo 3D foram utilizados os *softwares* *ReCap Photo 2019*, *ReCap Pro 2019* e *Revit 2019*, na versão educacional da *Autodesk*. As fotografias foram tiradas utilizando uma câmera de 16 *megapixels*, 4608x3456 *pixels* de resolução, com uma abertura de lente f/2.0 e estabilização digital.

O procedimento realizado consistiu, primeiramente, na escolha do local, seguido da definição do dia e horário para a fotografia do prédio. Visando garantir a qualidade das imagens, as tomadas fotográficas foram realizadas no início da manhã, de modo a evitar a incidência direta do sol sobre a edificação e a formação de sombras.

As fotografias foram tiradas de diversos pontos ao redor da edificação, de forma a manter uma continuidade nas fotografias. Em cada um dos pontos foram tiradas diversas fotografias, em diferentes ângulos, de modo a cobrir toda a edificação. É importante capturar o máximo possível do prédio em

cada fotografia e, se possível, obter imagens de pontos mais elevados ao redor como, por exemplo, de prédios mais altos.

As melhores fotografias foram selecionadas para a produção do modelo, e as de baixa qualidade foram descartadas. Em seguida, as imagens foram inseridas no *software ReCap Photo* para gerar o modelo tridimensional.

É importante ressaltar que o processamento no *software ReCap Photo* é realizado na nuvem, portanto, é um processo mais rápido, porém o resultado final só pode ser conferido após o processamento. Além disso, a versão educacional deste *software* limita o número de fotografias a cem, o que limita a inclusão de mais informações e detalhes acerca da edificação, podendo comprometer a qualidade do modelo.

Após o processamento no *ReCap Photo*, o arquivo deve ser exportado para o *ReCap Pro* onde o modelo anteriormente constituído por uma malha de fotografias pode ser convertido em uma nuvem de pontos para ser possível manuseá-lo no *Revit*. Antes da exportação, é necessário definir a escala do modelo, portanto, durante o processo da tomada de fotografias é necessário mensurar alguns elementos da edificação para garantir que o modelo fique na escala adequada.

A *General Service Administration (GSA)* através do *BIM Guide for 3D Imaging* determina as tolerâncias a serem respeitadas em cada tipo de documentação, como apresentado no Quadro 2. Tolerância é o desvio entre uma dimensão do objeto real e a dimensão obtida no modelo. É importante salientar que tanto a medição de algum elemento em campo, quanto a medição no modelo pronto carregam incertezas.

**Quadro 2 – Características dos diferentes níveis de detalhe**

Nível de detalhe	Tipo de documento	Tolerância (mm)
1	Nuvem de pontos	± 51
2	Modelo 2D, modelo 3D, nuvem de pontos	± 13
3	Modelo 2D, nuvem de pontos	± 6
4	Modelo 3D, nuvem de pontos	± 3

**Fonte:** Adaptado de GENERAL SERVICE ADMINISTRATION (2009)

Para edificações históricas, a GSA define níveis 1 e 2 para a documentação da edificação, níveis 2 e 3 para reabilitação, e nível 3 para manutenção, registro de danos e restauração de fachadas.

Após a criação da nuvem de pontos, esta pode ser importada pelo *Revit*. No entanto, primeiramente, no *Revit*, foi criado um modelo geométrico da edificação a partir da planta baixa.

Com o modelo geométrico pronto, a nuvem de pontos pode ser atrelada a este e assim podem ser trabalhadas as manifestações patológicas.

As manifestações paramétricas foram representadas por elementos paramétricos inseridos no modelo 3D da edificação e representadas por famílias do *Revit*. Existem dois tipos de parâmetros que podem ser utilizados nas famílias: os parâmetros de tipo e os parâmetros de instância. Os parâmetros de tipo, quando alterados, modificam todos os elementos que sejam do mesmo tipo. Os parâmetros de instância, por sua vez, alteram apenas o elemento selecionado pelo usuário. Pelo fato de as manifestações patológicas terem as suas particularidades, muitas vezes suas características dependem da região da edificação, portanto, é interessante o uso de parâmetros de instância.

Como os parâmetros podem ser alterados, é possível acompanhar o avanço das manifestações patológicas ao longo da vida útil da edificação. Assim, pode ser concebido um mapa de danos inteligente, no qual há a união da realidade capturada, com a possibilidade de considerar as mutações que a edificação sofre ao longo da sua vida útil em relação às manifestações patológicas, como o aparecimento de novas manifestações e progresso das já existentes.

### 3 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A edificação escolhida, denominada *Chalet*, apresentada na Figura 2, consiste em uma das duas edificações pertencentes à Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense (UFF). Esta edificação foi construída em 1888 e tombada em 1991 pela Prefeitura Municipal de Niterói, e em 2011 pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (INEPAC).

A edificação apresenta a técnica de paredes espessas de alvenaria com requadros em cantaria. O telhado é constituído de telhas cerâmicas e o forro é de madeira. Esta ainda ostenta na sua fachada principal um frontão ornamentado com lambrequins de madeira e uma varanda ornamentada com rendilhado de ferro.

**Figura 2 – Edificação estudada**



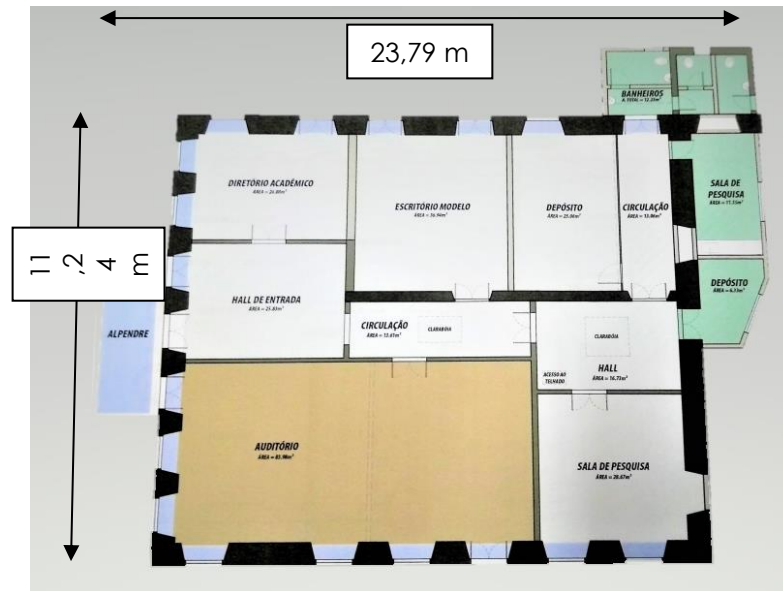
**Fonte:** Página Universidade Federal Fluminense<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.uff.br/?q=historico>> Acesso em Novembro 2018

A planta baixa, baseada em levantamentos realizados recentemente (CASTRO, 2010), está representada na Figura 3.

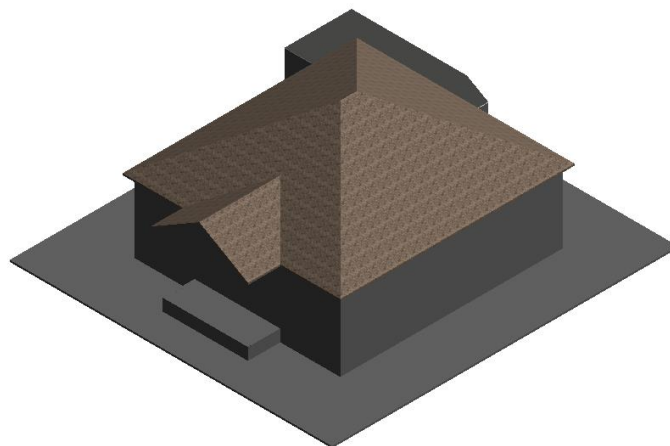
**Figura 3 – Planta baixa do Chalet**



Fonte: Adaptado de CASTRO (2010)

A partir da planta baixa e cortes típicos da edificação, foi elaborado o modelo tridimensional utilizando-se o software Revit 2019, conforme Figura 4.

**Figura 4 – Vista tridimensional do modelo**



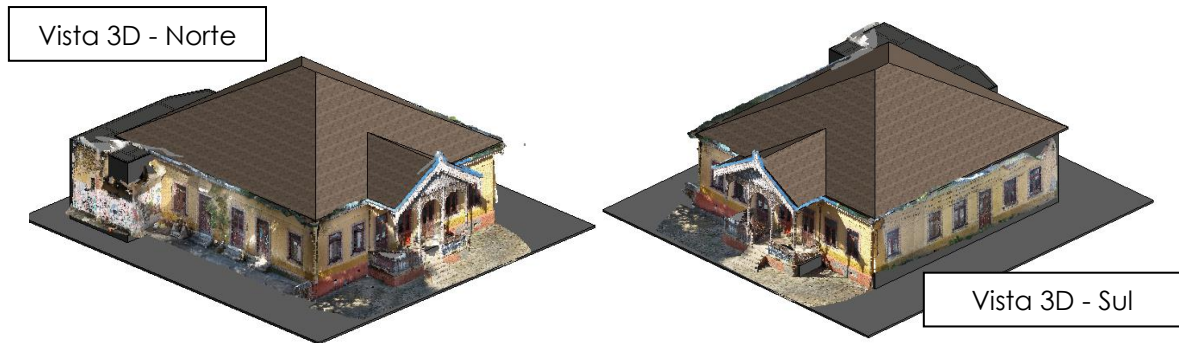
Fonte: Elaboração própria

O Revit permite a importação da nuvem de pontos obtida através da fotogrametria e do processamento nos softwares *Recap Photo* e *Recap Pro*, como pode ser visto na Figura 5. O próprio modelo da nuvem de pontos constitui um mapa de danos digital, pois é possível visualizar as



manifestações patológicas nas fachadas da edificação em virtude do alto nível de detalhes visuais.

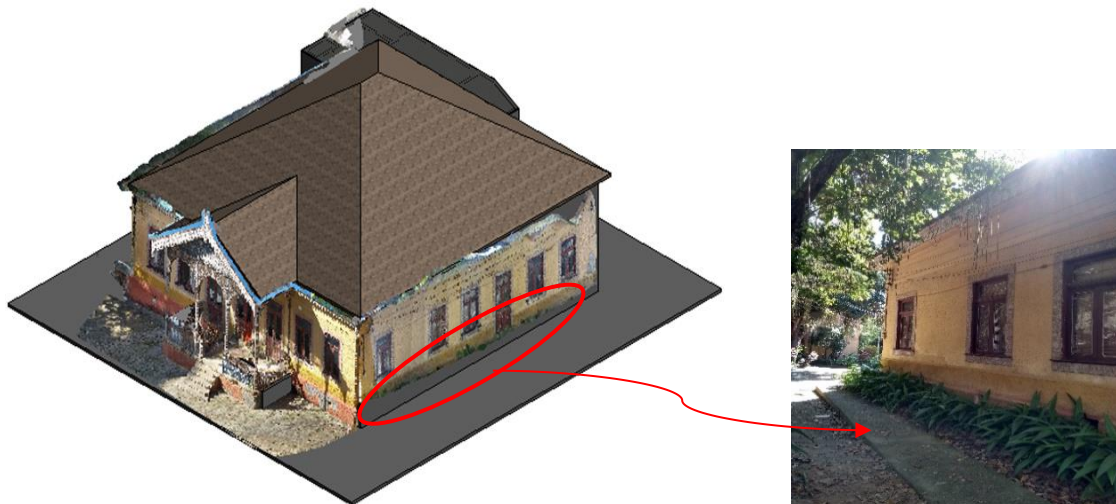
**Figura 5 – Vista do modelo com nuvem de pontos**



**Fonte:** Elaboração própria

Como pode ser observado na Figura 6, houveram algumas distorções no modelo, muito devido à presença de vegetação ao redor da edificação e também pelas fotografias tiradas.

**Figura 6 – Falha produzida pela presença de vegetação**

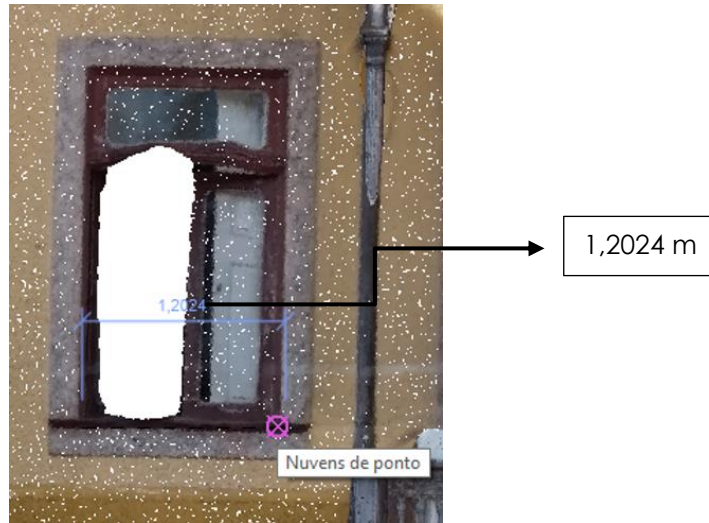


**Fonte:** Elaboração própria

Como uma forma de validar o modelo, quando em campo, foram mensuradas as janelas da edificação para aplicação da escala e verificação do desvio entre as dimensões reais e as dimensões do modelo. Como pode ser visto na Figura 7, o desvio foi de aproximadamente 2,40 mm.



**Figura 7 – Verificação das dimensões do modelo**



Fonte: Elaboração própria

Em seguida, utilizando-se do artifício de famílias paramétricas do *Revit*, foram criadas famílias que representam as manifestações patológicas. Assim, é possível, ao abrir o modelo, visualizar as manifestações patológicas através da nuvem de pontos, além de obter informações acerca de cada dano. Essas informações podem ser obtidas através de ensaios em laboratório ou em campo, e são de fácil e rápida inserção no modelo.

Em sequência, pode ser observada na Figura 8 uma mancha de umidade de terreno, que está presente na fachada principal da edificação, representada como um objeto parametrizado e os parâmetros que lhe podem ser atribuídos.

**Figura 8 – Família parametrizada de dano decorrente da umidade**



Fonte: Elaboração própria

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o levantamento realizado através da fotogrametria, verificou-se que esta constitui uma metodologia rápida e adequada para o levantamento de um edifício. Ademais, configura uma boa prática para a verificação e documentação de danos na edificação, pela facilidade de visualização e observação da localização destes.

Contudo, esta metodologia apresenta dificuldades a serem superadas. Assim como a captura de realidade tem o intuito de produzir um modelo que seja o mais semelhante possível com o objeto real, muitos fatores podem contribuir para a ocorrência de distorções no modelo. Vegetação, clima, sombreamento, além de erros humanos e de configurações da câmera podem ser apontadas como principais distorções, portanto, a precisão do modelo depende muito da experiência de quem o faz.

Além disso, antes da utilização da nuvem de pontos foi necessária a modelagem da edificação, ou seja, não há uma automação de reconhecimento de componentes, nem mesmo os mais simples, como paredes, por exemplo. Materiais de construção também não são reconhecidos pelo software *Revit*, logo, o processo apesar de relativamente rápido, demanda trabalho operacional do usuário.

O uso de *softwares* da mesma empresa facilitou a transferência de dados, mas a comunicação entre estes não é suficiente para que haja algo além de simples importações e exportações de dados.

Com relação aos elementos paramétricos, o fato de o dano ser representado por um objeto tridimensional possibilita que seja estimado um volume de parede danificado, conforme a Figura 9, que demonstra o volume de material danificado devido à umidade de terreno na fachada principal. Tal informação auxilia a obtenção de uma estimativa de custo para a recuperação do elemento danificado.

**Figura 9 – Tela do *Revit* com geometria do material danificado**

Cotas	
Altura dano	0,3500
Eixo	0,7750
Largura dano	4,5000
Profundidade	0,2000
Volume	0,315 m <sup>3</sup>

**Fonte:** Elaboração própria

O processo de parametrização, todavia, também requer intenso trabalho manual, pois como cada manifestação patológica possui suas próprias características, na presença de muitas, este torna-se um trabalho moroso. Isto ocorre porque é necessário modelar cada manifestação patológica

presente e inserir os parâmetros inerentes à geometria e ao material para cada uma das manifestações.

Conforme apresentado no estudo de caso, a parametrização das famílias exige conhecimentos específicos e experiência do profissional, principalmente relativo aos dados não geométricos do modelo HBIM. Como consequência, o fluxo de trabalho é majoritariamente manual exigindo conhecimento técnico específico do modelador.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As construções possuem um valor cultural muito alto, pois a partir destas é registrada a evolução da humanidade e das sociedades. Conhecer o modo como estas foram construídas e os materiais que as compõem é fundamental para uma atuação precisa na preservação ao longo do tempo.

Os edifícios antigos, por diversas razões, como a presença de elementos geométricos de difícil modelagem, de manifestações patológicas, de materiais que hoje não são muito utilizados, entre outras, tornam a elaboração de projetos e a execução de reformas processos trabalhosos. Portanto, é preciso agregar a tecnologia disposta atualmente para auxiliar e facilitar tais procedimentos.

A partir do estudo realizado, é possível perceber a razão da captura de realidade e da metodologia *BIM* aplicada nos mais diversos setores estarem se propagando. Ambas possuem áreas de aplicação abrangentes e possuem a capacidade de modificar a forma como os projetos e as obras são executadas.

No estudo de caso, ao inserir a nuvem de pontos obtida por meio da fotogrametria, foi possível obter diversos detalhes da edificação que seriam difíceis de modelar. Além disso, foi possível observar o estado atual de conservação da mesma, conjuntamente com as manifestações patológicas presentes nas fachadas. As manifestações patológicas detectadas nas fachadas da edificação foram: descolamento de argamassa, descolamento de pintura, eflorescência, fissuras, manchas de umidade, oxidação em peça de ferro e presença de vegetação.

Cabe destacar, a importância do nível de experiência do usuário ao modelar e interpretar os resultados obtidos, a fim de que dados errôneos como, por exemplo, distorções no modelo, não sejam interpretados como manifestações patológicas.

A parametrização dos danos permite a criação de um mapa de danos, não tradicional, em que há um apelo visual dos danos e ainda é possível complementar o mapeamento com diversas informações acerca das manifestações patológicas, informações estas que podem ser alteradas com o tempo. Este processo pode ser um grande aliado de programas de

manutenção, pois o levantamento da edificação ocorre rapidamente e as informações podem ser facilmente alteradas no *software*.

## REFERÊNCIAS

- CASTRO, P. D. **Projeto de restauração e requalificação do Chalet da Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFF**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.
- DEZEN-KEMPTER, E. et al. **Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas**. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 10, n. 2, p. 113-124, 2015.
- DORE, C.; MURPHY, M. **Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites**. In: *Virtual Systems and Multimedia (VSMM)*, 2012 18th International Conference on. IEEE, 2012. p. 369-376.
- GARCÍA-VALLDECABRES, J.; PELLICER, E.; JORDAN-PALOMAR, I. **BIM scientific literature review for existing buildings and a theoretical method: proposal for heritage data management using HBIM**. In: *Construction Research Congress 2016*. 2016. p. 2228-2238.
- GENERAL SERVICE ADMINISTRATION. **BIM Guide for 3D Imaging**. Washington, DC: GSA, 2009.
- KOLECKA, N. **Photo-based 3D scanning vs. laser scanning: Competitive data acquisition methods for digital terrain modelling of steep mountain slopes**. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 38, n. 4, 2011.
- TOLENTINO, M. M. A. **A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico**. XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, 2016. p. 510-518.
- TWOMEY, S. **Photo reality capture for preliminary infrastructure design**. 2013. Disponível em: < <http://www.a2ktechnologies.com.au>>. Acesso em 13 out. 2018.