

## CONVERSÃO DE DADOS DE ESCANEAMENTO EM LIDAR PARA MODELOS BIM

PEDRO THIAGO ROQUE<sup>1</sup>; NATÁLIA DÂMASO BERTOLDI<sup>2</sup>; ANTONIO CÉSAR SILVEIRA BAPTISTA DA SILVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [ptdnascimento@inf.ufpel.edu.br](mailto:ptdnascimento@inf.ufpel.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [ndbertoldi@gmail.com](mailto:ndbertoldi@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [antoniocesar.sbs@gmail.com](mailto:antoniocesar.sbs@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

A digitalização de edificações por meio do escaneamento a laser tem se tornado uma ferramenta essencial na arquitetura e engenharia, particularmente em projetos de reforma e interiores (AUTODESK, 2024) (Borkowski; Kubrat, 2024) (Sadeghineko; Lawani; Tong, 2024) (Wang; Guo; Kim, 2019). Este trabalho busca explorar o uso dessas tecnologias, destacando como a automação na captura e processamento de dados pode otimizar a transição para modelos BIM (Building Information Modeling). O problema principal reside na necessidade de métodos mais acessíveis e eficientes para coletar e converter dados de ambientes construídos em geometrias digitais precisas, sem depender de equipamentos especializados ou equipe com treinamento avançado. A pesquisa foca no uso de dispositivos portáteis, como o iPhone 13 Pro, que integra a tecnologia LiDAR, permitindo a coleta de dados tridimensionais diretamente no local e avaliando a eficácia dessa abordagem para projetos arquitetônicos automatizados. O LiDAR (Light Detection and Ranging) é uma tecnologia que utiliza pulsos de luz laser para medir distâncias com precisão, mapeando ambientes ao capturar dados tridimensionais de objetos e superfícies (APPLE, 2024), sendo especialmente útil para criar modelos detalhados em engenharia, arquitetura e mapeamento. Neste projeto, utilizamos o aplicativo pCon.scan, que gera arquivos processando os dados escaneados. O pCon.scan automatiza a conversão da nuvem de pontos em elementos arquitetônicos básicos, como paredes, portas e janelas. Esse método otimiza o processo inicial de digitalização, eliminando etapas manuais de interpretação da geometria e acelerando a transição para o ambiente BIM. Entretanto, mesmo com essa automação, os elementos gerados por esse modo de escaneamento precisam ser posteriormente adaptados e interpretados para se adequarem ao fluxo de trabalho Building Information Modeling (BIM), particularmente no software Revit. Para isso, utilizamos programação, a fim de interpretar e converter esses dados em geometrias BIM paramétricas e inteligentes, que permitem maior controle e análise dentro do projeto. Este trabalho explora como a combinação de tecnologias de escaneamento, processamento automatizado e a programação personalizada podem transformar com eficiência arquivos escaneados em modelos BIM, otimizando o processo de modelagem e garantindo precisão nos projetos digitais.

### 2. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido utilizando a metodologia de pesquisa aplicada, com o objetivo de transformar arquivos XML, que contêm dados de escaneamento de ambientes, em geometria nativa para o software Revit,

empregando o software Dynamo como ferramenta de automação e conversão através de programação procedural e visual. O uso do Dynamo, aliado às bibliotecas como RevitAPI, permite automatizar interações com modelos Revit, facilitando processos desde a criação de elementos até manipulações que normalmente seriam realizadas manualmente pela interface visual, otimizando o fluxo de trabalho no ambiente BIM.

O projeto desenvolvido realiza a conversão de dados de escaneamento, utilizando uma série de funções que interpretam e transformam as descrições de objetos arquitetônicos em geometria. Utilizando a biblioteca `xml.etree.ElementTree`, foi possível aproveitar a forma hierárquica que organiza arquivos XML para implementar a lógica de geração dos elementos. Para cada objeto do tipo “parede”, foram extraídos os dados de comprimento, altura, ponto inicial e o *quaternion* de rotação, que são uma representação matemática que utiliza quatro parâmetros ( $w, x, y, z$ ) para descrever rotações tridimensionais de maneira eficiente, evitando distorções e facilitando cálculos complexos. Todas as medidas foram convertidas de metros para pés para se adequarem às configurações do projeto, assim como os pontos foram convertidos para o sistema de coordenadas do Dynamo, mantendo o eixo X, e trocando o eixo Z pelo Y ( $X, Y, Z \Rightarrow X, Z, Y$ ), corrigindo a orientação espacial e garantindo o posicionamento correto dos objetos no Revit.

A rotação dos objetos é expressa em *quaternions* devido à sua robustez em comparação com ângulos de Euler, que podem sofrer problemas como o *gimbal lock*. Isso exigiu implementações específicas para tratar esse formato e suas aplicações em objetos 3D, incluindo a conversão dos *quaternions* para o sistema de coordenadas do Dynamo. Para aplicar a rotação de um ponto, foi necessário calcular o conjugado do *quaternion*, que corresponde à inversão dos sinais da parte vetorial, e a multiplicação entre quaternions, para aplicação de fórmula conforme ilustrado na Figura 1. Essa manipulação de quaternions é essencial para garantir a aplicação correta das rotações aos pontos que geram as linhas definidoras da geometria.

No Dynamo, essas linhas orientam a construção de paredes no projeto Revit, sendo transformadas em elementos BIM ao associar características como altura e espessura ao eixo definido. A mesma lógica de pontos e linhas orienta o posicionamento de aberturas com base na descrição do escaneamento. Para garantir a reprodutibilidade do método, foram adicionados blocos de seleção para as famílias de portas, janelas e paredes no Revit.

Representação do Ponto como Quaternion

$$p=(0,x,y,z)$$

Cálculo do Conjugado do Quaternion de Rotação

$$q \star =(w,-x,-y,-z)$$

Multiplicação de Quaternions para Aplicar Rotação

$$p'=q \cdot p \cdot q \star$$

Representação do Quaternion de rotação

$$q=(w,x,y,z)$$

Fórmula de Multiplicação de Dois Quaternions

$$\begin{aligned} q_1 \cdot q_2 = & (w_1w_2-x_1x_2-y_1y_2-z_1z_2, \\ & w_1x_2+x_1w_2+y_1z_2-z_1y_2, \\ & w_1y_2-x_1z_2+y_1w_2+z_1x_2, \\ & w_1z_2+x_1y_2-y_1x_2+z_1w_2) \end{aligned}$$

Figura 1 - Fórmulas Utilizadas nas Funções do Projeto. Fonte: autores, 2024

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

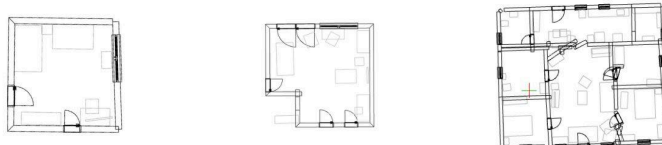
A ferramenta desenvolvida permitiu a criação automatizada de elementos arquitetônicos como paredes, portas e janelas, com base nos dados extraídos do arquivo XML. O processo envolveu a interpretação das dimensões, posições e rotações contidas no XML, convertendo-as em geometrias nativas no Revit de forma eficiente, eliminando a necessidade de modelagem manual inicial.

A precisão e fidelidade da conversão dos dados do XML para o Revit foram avaliadas visualmente através da comparação entre o modelo gerado e as plantas originais. As imagens (Figura 2) mostram que os elementos criados seguem fielmente as dimensões e posições definidas no arquivo XML, demonstrando a exatidão do processo de conversão. Pequenas discrepâncias podem ocorrer devido a variações no processamento dos quaternions de rotação, mas o impacto na modelagem geral foi mínimo.

O projeto demonstrou uma eficiência significativa no processamento dos dados e geração de geometria comparado com métodos manuais. O tempo de execução foi reduzido drasticamente, com a criação automatizada de geometrias complexas como paredes, portas e janelas. Enquanto a modelagem manual de ambientes similares pode levar horas, dependendo da complexidade, o projeto automatizado conclui essa tarefa em segundos. A complexidade de uso do projeto também foi avaliada, com a interface em Dynamo facilitando a adaptação para diferentes tipos de arquivos XML e requisitos de projeto, tornando-o uma solução robusta e eficiente para fluxos de trabalho BIM. O projeto e seus códigos fontes são open source e estão disponíveis em <https://github.com/PedroThiagoRoque/ScanXMLtoRevit>.

Em trabalhos futuros, o projeto poderá ser expandido para incluir uma maior variedade de elementos arquitetônicos, como diferentes tipos de portas e mobiliários, assim como o refino de cálculos de posições tridimensionais. Essas melhorias ampliarão a capacidade da ferramenta, tornando-a ainda mais versátil e adaptável a diferentes tipos de projetos arquitetônicos e de engenharia.

Escaneamentos



Reconstruções em Revit

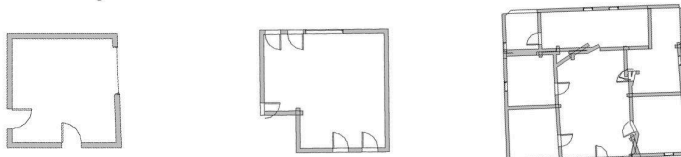


Figura 2 - Comparação de geometria original de escaneamentos e reprodução em geometria Revit a partir da implementação. Fonte: autores, 2024

#### **4. CONCLUSÕES**

O projeto demonstrou ser uma contribuição para o fluxo de trabalho BIM, otimizando a conversão automatizada de dados de escaneamento em geometrias digitais precisas no Revit. A automação proporcionada pelo trabalho reduz a intervenção manual, tornando o processo mais rápido e menos suscetível a erros, especialmente em projetos que envolvem grande volume de dados. No entanto, o uso de quaternions para tratar rotações tridimensionais apresentou desafios, especialmente na modelagem de geometrias complexas no Revit, revelando limitações que podem ser alvo de aprimoramentos futuros. O projeto demonstrou ser uma ferramenta eficiente para agilizar os processos de modelagem arquitetônica, com potencial para ser expandido e adaptado a novos tipos de elementos e aplicações, proporcionando avanços para modelagem na arquitetura e engenharia.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**AUTODESK.** 3D laser scanning: Unleashing the power of precision. 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com/solutions/3d-laser-scanning>. Acesso em: 12 set. 2024.

**BORKOWSKI, A. S.; KUBRAT, A.** Integration of laser scanning, digital photogrammetry and BIM technology: a review and case studies. *Eng*, v. 5, n. 4, p. 2395-2409, 2024.

**SADEGHINEKO, F.; LAWANI, K.; TONG, M.** Practicalities of incorporating 3D laser scanning with BIM in live construction projects: a case study. *Buildings*, v. 14, n. 6, p. 1651, 2024.

**WANG, Q.; GUO, J.; KIM, M. K.** An application oriented scan-to-BIM framework. *Remote Sensing*, v. 11, n. 3, p. 365, 2019.

**APPLE.** Capturing depth using the LiDAR camera. 2024. Disponível em: [https://developer.apple.com/documentation/avfoundation/additional\\_data\\_capture/capturing\\_depth\\_using\\_the\\_lidar\\_camera](https://developer.apple.com/documentation/avfoundation/additional_data_capture/capturing_depth_using_the_lidar_camera). Acesso em: 08 out. 2024.