

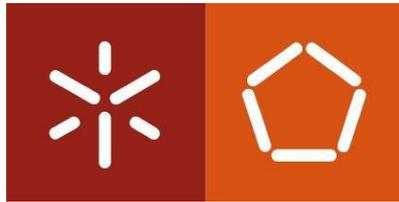
**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Tiago Manuel Barros Barreiro

**BIM na Construção e  
Manutenção de um Edifício**

Julho 2020



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Tiago Manuel Barros Barreiro

**BIM na Construção e  
Manutenção de um Edifício**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor José Cardoso Teixeira**

Julho 2020

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição-NãoComercial**

**CC BY-NC**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

## **AGRACEDIMENTOS**

Ao meu orientador, Professor José Cardoso Teixeira, por todo o apoio, orientação, conhecimento partilhado, e pela contante disponibilidade ao longo deste trabalho.

Ao Engenheiro Ricardo Duarte, por toda a ajuda, partilha de conhecimento e informação acerca do software Revit.

À Engenheira Isabel, por toda a ajuda, e por ter fornecido as plantas da escola.

À minha família, pelos seus sacrifícios, suporte, conselhos e afeto sempre constante ao longo do meu percurso académico.

A toda a equipa de docentes do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho por toda a disponibilidade e acompanhamento prestado ao longo destes cinco anos académicos.

E, por fim, mas não menos importante, ao meu primo Fernando Cerqueira, por toda a dedicação e atenção que teve com esta dissertação.

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração. Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## **RESUMO**

O trabalho reportado nesta dissertação versa a possibilidade de aplicar técnicas BIM (Building Information Modelling) no enquadramento da inspeção e manutenção de um edifício.

A manutenção de um edifício é da responsabilidade do dono do edifício, precisando, sempre que necessário recorrer a um técnico para realizar a inspeção. Uma boa manutenção depende da identificação e análise das anomalias detetadas durante uma inspeção ao local. O BIM revela-se uma excelente ferramenta para apoiar as ações de manutenção, pois tem a capacidade de armazenar informação relativa à construção e permite obter uma perspetiva em 3D do modelo construído do edifício.

O objetivo do presente trabalho consiste em apresentar uma proposta de metodologia e uma aplicação piloto para a implementação 'Building Information Modelling' no contexto de inspeção e gestão da manutenção de património construído. O desenvolvimento da investigação é realizado com recurso a um caso de estudo, o edifício da Escola E.B. 2,3,S, de Arcos de Valdevez, procurando-se testar um procedimento de inspeção e manutenção do edifício com recurso a softwares BIM, e outros complementares, de modo a se criar um modelo completo que inclua a informação sobre o edifício e a existência de fichas de inspeção articuladas informaticamente.

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação foi também estudada a interoperabilidade entre diferentes softwares BIM, analisando a preservação da informação, essencialmente no padrão IFC.

A presente dissertação contribui para demonstrar a dificuldade existente na interoperabilidade entre softwares, uma vez que ainda existem perdas de informação no processo de exportação (transferência do modelo de um para o outro programa), mas também as vantagens que o BIM apresenta na manutenção de um edifício.

**Palavras-chave:** BIM (Building Information Modelling); Manutenção; Inspeção; Património Construído; IFC.

## **ABSTRACT**

The work reported in this dissertation deals with the possibility of applying BIM (Building Information Modeling) techniques in the framework of the inspection and maintenance of a building.

The maintenance of a building is the responsibility of the building owner, requiring, whenever necessary, to call in a technician to carry out the inspection. Good maintenance depends on the identification and analysis of anomalies detected during a site inspection. BIM proves to be an excellent tool to support maintenance actions, as it has the capacity to store information related to construction and allows to obtain a 3D perspective of the built model of the building.

The objective of this work is to present a proposal for a methodology and a pilot application for the 'Building Information Modeling' implementation in the context of inspection and management of the maintenance of built heritage. The development of the investigation is carried out using a case study, the building of Escola EB 2,3, S, from Arcos de Valdevez, trying to test an inspection and maintenance procedure of the building using BIM software, and others complementary, in order to create a complete model that includes information about the building and the existence of computerized inspection forms.

During the development of this dissertation, interoperability between different BIM software was also studied, analyzing the preservation of information, essentially in the IFC standard.

The present dissertation contributes to demonstrate the existing difficulty in the interoperability between software, since there are still losses of information in the export process (transferring the model from one to the other program), but also the advantages that BIM presents in maintaining a building.

**Keywords:** BIM (Building Information Modeling); Maintenance; Inspection; Built Heritage; IFC.

## ÍNDICE

|  |     |
|--|-----|
| <b>DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS</b> .....   | ii  |
| <b>AGRACEDIMENTOS</b> .....  | iii |
| <b>DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE</b> .....   | iv  |
| <b>RESUMO</b> .....  | v   |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | vi  |
| <b>ÍNDICE</b> .....  | vii |
| <b>ÍNDICE DE IMAGENS</b> .....   | ix  |
| <b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 1   |
| <b>1.1 Considerações iniciais</b> .....  | 1   |
| <b>1.2 Âmbito e objetivos</b> .....  | 3   |
| <b>1.3 Estruturação da dissertação</b> .....   | 4   |
| <b>CAPÍTULO 2. METODOLOGIA DO BIM - BUILDING INFORMATION MODELING</b> .....          | 5   |
| <b>2.1 História do BIM</b> .....   | 5   |
| <b>2.2 Definição e características do BIM</b> .....                                  | 6   |
| <b>2.3 Interoperabilidade e BIM</b> .....  | 8   |
| <b>2.4 Softwares BIM</b> .....   | 11  |
| <b>2.5 Vantagens e Desvantagens do BIM</b> .....                                     | 11  |
| <b>2.6 BIM e a Manutenção</b> .....  | 16  |
| <b>CAPÍTULO 3. CRIAÇÃO DO MODELO BIM: CASO DE ESTUDO</b> .....                       | 18  |
| <b>3.1 Considerações iniciais</b> .....  | 18  |
| <b>3.2 Metodologia Aplicada</b> .....  | 19  |
| <b>3.3 Criação do modelo</b> .....   | 20  |
| <b>CAPÍTULO 4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE APOIO À MANUTENÇÃO</b> .....             | 40  |
| <b>4.1 Manutenção de edifícios</b> .....   | 40  |
| <b>4.2 Definição da ficha de inspeção</b> .....                                      | 41  |
| <b>CAPÍTULO 5. ESTABELECIMENTO DA INTERLIGAÇÃO ENTRE O MODELO E O PROGRAMA</b> ..... | 47  |
| <b>5.1 Interoperabilidade entre sistemas</b> .....                                   | 48  |
| <b>5.2 Manipulação da aplicação</b> .....  | 52  |
| <b>5.3 Inspeção</b> .....  | 55  |
| <b>5.4 Consulta do modelo para planeamento de manutenção</b> .....                   | 63  |
| <b>5.5 Vantagens e Desvantagens</b> .....  | 69  |
| <b>5.5.1. Vantagens</b> .....  | 70  |
| <b>5.5.2. Desvantagens</b> .....   | 70  |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                | <b>71</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                      | <b>76</b> |
| <b>SITES CONSULTADOS .....</b>                              | <b>78</b> |
| <b>ANEXO – PLANTAS E MODELO 3D RETIRADOS DO REVIT .....</b> | <b>79</b> |

## ÍNDICE DE IMAGENS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1- Dimensões do BIM[w1].   | 7  |
| Figura 2 - Versões do Formato IFC.  | 9  |
| Figura 3 - Software BIM utilizados nas diversas especialidades[w2].       | 11 |
| Figura 4 - Curva de MacLeamy .  | 14 |
| Figura 5 - Seleção Do Alçado Direito e do Botão Nível.                    | 20 |
| Figura 6 - Definição dos níveis do modelo.                                | 21 |
| Figura 7 - Planta do piso 0 em AutoCAD.                                   | 22 |
| Figura 8 - Seleção do Botão "Importar CAD"                                | 22 |
| Figura 9 - Importação do Formato .dwg para o REVIT.                       | 23 |
| Figura 10 - Seleção do elemento parede.                                   | 24 |
| Figura 11 - Duplicação de um tipo de parede.                              | 25 |
| Figura 12 - Definição da estrutura de uma parede e visualização da mesma. | 26 |
| Figura 13 - Criação de um material.                                       | 26 |
| Figura 14 - Desenho de uma parede.  | 27 |
| Figura 15 - Visualização em perspectiva da parede.                        | 27 |
| Figura 16 - Seleção do botão porta.                                       | 28 |
| Figura 17 - Criação e Visualização da "Curtain Wall".                     | 29 |
| Figura 18 - Características da porta (Salas de Aula)                      | 30 |
| Figura 19 - Representação em desenho e em perspectiva de uma porta.       | 30 |
| Figura 20 - Seleção do botão "floor".                                     | 31 |
| Figura 21- Definição e representação do acabamento Sala.                  | 32 |
| Figura 22- Definição e representação do acabamento exterior.              | 32 |
| Figura 23- Representação de um pavimento.                                 | 33 |
| Figura 24- Inserção da Cobertura.   | 33 |
| Figura 25- Definição da estrutura da Cobertura.                           | 34 |
| Figura 26- Representação da cobertura                                     | 34 |
| Figura 27 - Seleção do botão escada.                                      | 35 |
| Figura 28 - Seleção do botão "U-SHAPE WINDER"                             | 35 |
| Figura 29 - Propriedades das Escadas.                                     | 36 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 30 – Desenho da abertura nas escadas e Perspetiva .....   | 36 |
| Figura 31 - Seleção do botão "Components" e visualização tridimensional.....                                 | 37 |
| Figura 32 - Pormenor de Planta do Piso 0.....  | 38 |
| Figura 33 - Pormenor de Corte Vertical. ....   | 38 |
| Figura 34 – Alçado lateral Direito.....  | 38 |
| Figura 35 – Alçado principal. ....   | 39 |
| Figura 36 - Perspetiva do Modelo.....  | 39 |
| Figura 37 - Projeções do Interior Do Modelo.....   | 39 |
| Figura 38 - Interface da ficha de inspeção. ....   | 41 |
| Figura 39 - Tabela Subelementos.....   | 42 |
| Figura 40 - Tabela de Anomalias.....   | 43 |
| Figura 41 - Criação da Lista "Elementos".....  | 44 |
| Figura 42 - Função Procura. ....   | 45 |
| Figura 43 -Ficha de inspeção do elemento Paredes Exteriores com a anomalia Fendilhação. ...                  | 45 |
| Figura 44 - Arquivo do Modelo Revit nos formatos IFC.....  | 50 |
| Figura 45 - Modelo da escola no visualizador Naviswork.....  | 51 |
| Figura 46 – Seleção do elemento parede exterior do modelo.....   | 52 |
| Figura 47 - Informação preservada pelo formato ifc.....  | 53 |
| Figura 48 – Seleção de todos os elementos construtivos do mesmo tipo (paredes exteriores). .                 | 54 |
| Figura 49 - Adição de um link ao Naviswork. ....   | 55 |
| Figura 50 - Seleção de uma parede exterior. ....   | 56 |
| Figura 51 - Características da parede exterior.....  | 56 |
| Figura 52 - Seleção do Link "Tabela de Manutenção".....  | 57 |
| Figura 53 - Preenchimento da Identificação e Características do edifício.....                                | 57 |
| Figura 54 - Seleção da anomalia "Perda de Aderência".....  | 58 |
| Figura 55 - Causas possíveis, solução e sequência de reparação da anomalia "Perda de Aderência". ....        | 59 |
| Figura 56 - Informação Adicional da Ficha de Inspeção. ....  | 59 |
| Figura 57 - Seleção de uma parede interior.....  | 60 |
| Figura 58 - Seleção da anomalia "Vandalismo" relativa ao gesso cartonado existente numa parede interior..... | 61 |
| Figura 59 - Causas possíveis, solução e sequência de reparação da anomalia "Vandalismo". ..                  | 61 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 60 - Seleção de uma cobertura e respectivas características associadas. ....     | 62 |
| Figura 61 - Seleção da anomalia "Sujidade superficial ou acumulação de detritos" . .... | 63 |
| Figura 62 - Causas Possíveis, Solução e sequência de reparação da anomalia.....         | 63 |
| Figura 63 – Nomenclatura do excel depois de concluído. ....                             | 64 |
| Figura 64 - Seleção do elemento parede interior.....                                    | 65 |
| Figura 65 - Adição de um link ao Naviswork. ....  | 65 |
| Figura 66 - Seleção do link a adicionar ao Naviswork.....                               | 66 |
| Figura 67 - Comando walk. ....  | 67 |
| Figura 68 - Comando walk no corredor do piso 2. ....                                    | 67 |
| Figura 69 - Seleção da ficha de inspeção da anomalia associada à parede interior.....   | 68 |
| Figura 70 - Ficha de inspeção da anomalia "vandalismo" na Parede Interior.....          | 68 |

## **CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Considerações iniciais**

O património construído da engenharia civil, deverá ser acompanhado ao longo da sua vida útil, de forma periódica e exaustiva, para que se possa garantir, simultaneamente, a segurança da sua estrutura e um adequado desempenho funcional. As ações de gestão da manutenção e inspeção são fundamentais para que seja possível detetarem-se atempadamente situações de maior perigosidade, e possibilitar uma programação otimizada das intervenções necessárias a médio/longo prazo.

Existem, por vezes, anomalias e ocorrências resultantes da falta de manutenção, de acompanhamento e de inspeções periódicas nos respetivos edifícios, sendo que essa tal negligência pode ter repercussões muito graves para os seus utilizadores. Neste sentido, torna-se muito importante investir na sua manutenção e monitorização.

A construção é caracterizada pela elevada fragmentação da sua estrutura e por oferecer produtos muito característicos, e diferenciados (Shen et al., 2010). Esta indústria revela ainda bastante relutância em adotar novas tecnologias de informação, essencialmente, pelas características únicas deste sector e pela falta de interoperabilidade (Boddy et al., 2007). A interoperabilidade é definida como a aptidão necessária para que dois sistemas diferentes se compreendam reciprocamente e funcionem sem conflitos (Eastman et al., 2008).

Um relatório do Governo Inglês (Zang & Guangbin, 2009), publicado em 1998, revelava que cerca de 40% dos projetos eram concluídos tardiamente e ultrapassavam o orçamento inicial. Ainda segundo o mesmo relatório, os trabalhos repetidos representavam 30% das atividades da construção, 40% dos recursos humanos e 10% de desperdícios de material. Segundo dados mais recentes, estima-se que os trabalhos repetidos, devido a erros e omissões contratuais, representem apenas 11,07% do valor originalmente contratado, observando-se conseqüentemente uma redução nos prazos e nos custos. Esta melhoria de resultados está sobretudo relacionada com o uso da tecnologia Building Information Modeling (BIM), imposta governamentalmente.

O BIM é descrito como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação, funcionando como uma base de dados possível de ser partilhada, entre os diversos setores da indústria da construção, e acedida durante todo o ciclo de vida de um edifício.

Os modelos BIM têm-se revelado como uma excelente ferramenta não só durante a fase de planeamento e de construção, mas também na fase de manutenção, essencialmente devido à sua grande capacidade de armazenar informação, associada à representação tridimensional (3D) (Goedert & Meadati, 2008). O facto de ser possível aceder a toda a informação da edificação, através de uma só plataforma, aliada à atualização automática do modelo sempre que sejam realizadas alterações, torna o modelo BIM bastante expedito e promissor para a fase de exploração de edifícios, pois deste modo, conseguem-se operações de manutenção mais fiáveis e precisas (Martins & Cachadinha, 2012). Porém, garantir uma atualização dos modelos isenta de omissões, é uma das principais dificuldades verificadas na utilização dos modelos BIM na fase de exploração de um edifício (Goedert & Meadati, 2008). Estas e outras limitações, tais como a deficiente interoperabilidade entre sistemas, subsistem e permanecem nos modelos BIM. Apesar de, atualmente, ainda não ser uma metodologia isenta de erros, a tecnologia BIM apresenta diversos benefícios, como os referidos pela Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE) da Universidade de Stanford, num estudo baseado em 32 grandes projetos que utilizaram o BIM (Kunz, 2012):

- Trabalhos não orçamentados reduzidos em 40%;
- Tempo gasto em orçamentação reduzido em 80%;
- Detecção de conflitos antecipada, originando economia de 10%;
- Redução de 7% no tempo despendido a projetar a empreitada.

Face às oportunidades de inclusão de informação melhorada através das novas tecnologias, e sendo o BIM uma metodologia que permite que todo o modelo seja aproveitado e a informação seja recuperada de forma relevante ao longo do ciclo de vida do projeto, e tendo em conta a relevância do tema para a sociedade, a presente dissertação baseia-se no estudo da contribuição positiva do uso BIM na manutenção de edifícios, designadamente, na consulta da informação fornecida pelo modelo BIM e posterior atualização com dados relativos a inspeções efetuadas no local.

Para este efeito, torna-se necessária a elaboração de um plano de execução específico para o contexto de inspeções, integrado na metodologia BIM, agrupando a definição de todo um conjunto de processos e metodologias de modelação de informação, uma proposta de manuais de regras de modelação e ainda o estabelecimento de metodologias de modelação e introdução da informação em software BIM, tendo em conta a orientação do modelo para a gestão da manutenção.

## **1.2 Âmbito e objetivos**

Este trabalho pretende essencialmente demonstrar as potencialidades do BIM na manutenção de edifícios. Esta é uma das áreas da indústria da construção, onde se verificam maiores benefícios com a implementação deste tipo de software. Como tal, foi feita uma associação num visualizador BIM, entre um modelo BIM arquitetónico de um edifício selecionado como caso de estudo a escola E, B,2,3, S de Arcos de Valdevez, e um programa de inspeção. A criação do programa de inspeção, o desenvolvimento do modelo BIM arquitetónico e a sua respetiva interligação têm os objetivos, definidos em seguida:

- Criação de um modelo BIM arquitetónico, demonstrando as capacidades do mesmo, em termo de informação adicionada e de visualização gráfica detalhada;
- Desenvolvimento de um programa de inspeção em “Excel”, onde através da eleição de determinados elementos e subelementos construtivos, disponibiliza uma lista restringida de irregularidades possíveis de ocorrer, associadas às suas possíveis causas e soluções e métodos de reparação adequados.
- Estudar a interoperabilidade entre o software de modelação BIM e outros softwares de visualização, de modo a verificar senão existe perdas de informação importantes, numa transferência sob o formato IFC.
- Avaliar o desempenho da interligação entre os diferentes softwares nas ações de inspeção e reuso de dados.

### **1.3 Estruturação da dissertação**

A dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos com os seguintes tópicos:

- No capítulo dois é efetuado um estudo sobre a metodologia BIM, sendo apresentadas as suas características, vantagens e desvantagens, sobretudo da área da manutenção. É também realizada uma contextualização histórica, que permite situar a evolução do BIM e, perceber quais os futuros passos a dar, para a sua total implementação, em Portugal.
- No capítulo três é criado um modelo digital 3D da escola E, B,2,3, S de Arcos de Valdevez, recorrendo a um software de base BIM, o Revit Architecture versão 2020 da Autodesk, sendo descritos os principais passos na criação, edição e inserção dos principais elementos construtivos, bem como o seu processo de importação de desenhos. Foram ainda apresentadas diversas possibilidades que este software apresenta, tais como a criação de alçados, plantas, cortes e projeções do modelo;
- No capítulo quatro é implementado um programa de inspeção, criado em Excel, que apresenta uma lista de possíveis irregularidades, consoante o elemento construtivo selecionado, fornecendo a sua principal causa, respetiva solução e o procedimento de reparação recomendado.
- No capítulo 5 é estudada a capacidade de interoperabilidade entre os softwares de modelação e de visualização BIM, nomeadamente à preservação de informação do formato IFC.
- No capítulo seis são apresentadas as conclusões obtidas do trabalho.

## **CAPÍTULO 2. METODOLOGIA DO BIM - BUILDING INFORMATION MODELING**

### **2.1 História do BIM**

Building Information Modeling, a seguir designado por BIM, surgiu com a necessidade de uma representação mais rigorosa e detalhada de um projeto como por exemplo de um edifício.

BIM 1.0: Substituição de projetos bidimensionais em CAD por modelos em 3D. De início não havia colaboração entre os diferentes profissionais envolvidos num projeto, sendo um processo individual reservado a projetistas. Nos últimos anos a computação gráfica tem evoluído constantemente, proporcionando novas ferramentas que aperfeiçoaram os métodos de elaboração dos projetos que, até o final da década de 70, eram realizados em pranchetas. Apenas no final da década de 70 início da década de 80 passaram a ser comercializados alguns softwares, como por exemplo o AutoCAD da Autodesk (primeira versão dezembro de 1981) e Archicad (primeira versão ano 1984), atingindo apenas os profissionais da área técnica.

Durante essa década, a forma de projetar, utilizando computação gráfica, limitava-se ao 2D. No início dos anos 90 iniciou-se o uso de softwares que possibilitavam a elaboração de projetos em 3D, porém apenas com o uso de objetos vetoriais, sem a inserção de informações pertinentes ao projeto.

Na década de 90, decorreram vários estudos (Really Universal Computer Aided Production System (RUCAPS)) com a intuito de aperfeiçoar os projetos em 3D. Em 1997, depois de um grande investimento, um grupo de formandos do MIT (Massachusetts Institute of Technology) em conjunto com um grupo de ex-funcionários da empresa de software Parametric Technologies Corporation (PCT) e alguns investidores fundaram a empresa Revit Technologies Corporation e colocaram no mercado o Revit que revolucionou a indústria de softwares para a construção por ser o primeiro software de modelagem de edifício paramétrico no mercado. A Revit Technologies Corporation foi comprada pela Autodesk em 2002 e com o passar do tempo e novas pesquisas foram gradualmente aumentadas as funcionalidades dos softwares para modelagem, entre elas, o aumento das informações obtidas durante a execução da modelagem. O desenvolvimento de plataformas que permitem convergir essas informações tornou-se não apenas desejável, mas também uma necessidade para se trabalhar com todo o projeto como um produto único,

mantendo todos os sectores envolvidos atuando de maneira compassada no decorrer da elaboração.

BIM 2.0: Começa a utilização dos BIM por parte de outros profissionais além dos projetistas. Inicia-se a cooperação entre todos os intervenientes num projeto, trocando informações vitais, possibilitando a interoperabilidade, mas com algumas restrições porque cada perito utiliza programas diferentes que vão dar origem a ficheiros incompatíveis. Dados, tais como tempo e custos, começam a ser associados aos modelos.

No final do ano de 2004, os simuladores de projetos foram lançados. Neles a integração estende-se a plataformas CAD, utilizando-se softwares de gestão, como Microsoft Project, Primavera e similares. Ou seja, além da modelagem em 3D, pode-se integrar também ao modelo um cronograma das atividades, possibilitando a simulação do projeto antes da execução. Desta forma é possível visualizar e compatibilizar todos os projetos de uma construção, transformando-os em um único modelo interativo que permite a aplicação de um cronograma, onde se pode visualizar com precisão qualquer estágio da obra, tornando possível a deteção de interferências e análise de pontos críticos durante a execução, e de forma visual.

Atualmente, a forma mais usual de aplicação do BIM é o 4D, o termo 4D refere se ao tempo de construção do projeto, ou seja, o modelo 3D + agendamento (tempo/ datas). Porém há uma forma mais completa de aplicação que engloba os custos de todo o projeto, esta designa-se de 5D.

BIM3.0: A troca de informações entre os especialistas envolvidos num projeto começa a ser realizada por meio de protocolos abertos como o IFC (Industry Foundation Classes), permitindo a criação de um modelo de dados completo sobre a construção de um edifício.

## **2.2 Definição e características do BIM**

BIM (Building Information Modeling) são softwares de bases de dados, em formato digital, nos quais são passíveis de introdução todos os aspetos a considerar na edificação de um projeto, permitindo a criação de um modelo visual 3D e facilitando a visualização do resultado final do projeto em estudo.

Vem substituir a representação tradicional 2D, implementando visualizações de perspectivas em 3D e informações detalhadas sobre qualquer pormenor que o utilizador queira apontar, nomeadamente a indicação dos materiais a utilizar, fabricante, custo, resistência, entre outras informações que não eram possíveis de introduzir nos modelos CAD tradicionais.

O BIM veio abrir caminho para uma comunicação mais fácil, completa e concisa entre os vários especialistas envolvidos num projeto (arquitetos, engenheiros, construtores, proprietários...). Com este conceito, todos os envolvidos no processo de construção podem visualizar o modelo de diferentes perspectivas (tendo em conta a sua especialização), acrescentar ou modificar informações em tempo real e muitas outras funções sem terem a necessidade de converter ficheiros, ou aguardar por reuniões presenciais com os restantes profissionais envolvidos no projeto. Por exemplo, um arquiteto pode inserir a sua planta e comparar se nesta existem elementos que entram em conflito com alguma estrutura que esteja a ser planeada pelos engenheiros civil, ou mecânico.

Nos últimos anos, desde que os BIM e os seus conceitos começaram a fazer parte da indústria de edificação, detetou-se uma crescente expansão da sua utilização a todo o ciclo de vida dos edifícios. Primeiramente, no domínio da conceção pura, seguido pela área do projeto de execução, pelo marketing e nas vendas e por fim, os planificadores da construção (o 4D) que também passaram a adotar esta tecnologia. Na sua dimensão, os modelos BIM mais ousados dizem-se “nD” e qualificam o sector dimensional que vai além das vulgares três dimensões do espaço euclidiano.

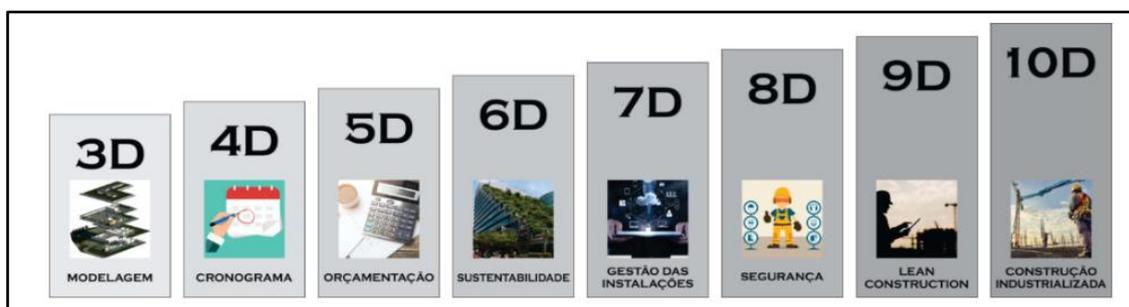


Figura 1- Dimensões do BIM [w1].

O BIM possui então uma quarta dimensão (4D) que será o fator tempo, caracterizado pela capacidade de retratar o ciclo de vida da construção, estratificando o modelo por fases de execução da construção e permitindo ainda uma visão singular da evolução do edifício no decorrer de um determinado período. Em contrapartida, esta arquitetura pode ser ainda beneficiada no contexto das aplicações de planeamento dos processos produtivos. Face a esta quarta dimensão, podemos ainda usufruir de uma quinta dimensão (5D) que serão os custos. O modelo possui uma capacidade de atribuir valores aos elementos do edifício, auxiliando e agilizando, de certa forma, os processos de orçamentação. Assim, esta funcionalidade permite assegurar pareceres coerentes com o estado atual do projeto. Estas duas vantajosas dimensões são, neste momento, o “extra” mais propagado. No entanto, o potencial dos BIM permite outras dimensões, sobretudo a nível de simulações e cálculo.

### **2.3 Interoperabilidade e BIM**

A palavra interoperabilidade significa a capacidade de um sistema (informatizado ou não) comunicar de forma transparente com outro sistema (igual ou diferente).

No contexto de software, a palavra interoperabilidade é utilizada para descrever a capacidade de diferentes programas trocarem informações e/ou dados através de computadores. A ausência de interoperabilidade deve-se, por vezes, à diferença nos formatos, nos protocolos, nas rotinas e por fim a nível de linguagem de programação.

As aplicações baseadas em modelos de geometria encontram-se hoje muito desenvolvidas na área da construção (AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção). No entanto a procura de um modelo de dados específicos para a construção é um paradigma de execução complexo. As aplicações atualmente existentes como ArchiCAD, Autodesk Revit, Bentley Architecture e Autodesk Architectural Desktop têm modelos de dados internos próprios, uma vez que são pedidos pelos fornecedores comerciais. Este fator leva à impossibilidade de existir interoperabilidade entre as diferentes aplicações, a menos que sejam desenvolvidos tradutores específicos.

O IFC é um formato de dados neutro usado para descrever, trocar e partilhar informações normalmente utilizadas no sector da construção. O paradigma do IFC tem um esforço paralelo bastante próximo do modelo colaborativo ISO-STEP (Standard for the Exchange of Product model data). Com o início na década de 80 pela International Standards Organization (ISO), o STEP foi

centrado na definição de normas para a representação e troca de informações sobre produtos, sendo utilizado nos dias de hoje em várias disciplinas da concepção do projeto. Com a utilização deste modelo pela indústria da construção civil, chegou-se à conclusão que seria necessário um modelo mais específico para a representação de dados do edifício.

Surge assim o envolvimento com a IAI (International Alliance of Interoperability), transmitindo conhecimento e experiência na definição de normas para a indústria. Em plena década de 90 nasce um novo modelo de IFC com o objetivo de ser criado um formato padrão de representação para a construção através dum paradigma ad hoc, ou seja, ciclos completos de construção de softwares que não foram corretamente projetados em razão da necessidade de atender a uma requisição específica do utilizador, ligada a prazo, qualidade ou custo.

A criação de uma linguagem de programação permitiu a estruturação desmaterializada do modelo, de modo a possibilitar a inclusão incessante de novos elementos e especificações. Desta forma, pretendia-se obter um mecanismo robusto para modelação e integração de informação, consistente com os princípios de troca de dados entre sistemas. Era assim concebida a linguagem de programação EXPRESS e EXPRESS-G. A partir de 2005 a IAI é denominada buildingSMART Alliance.

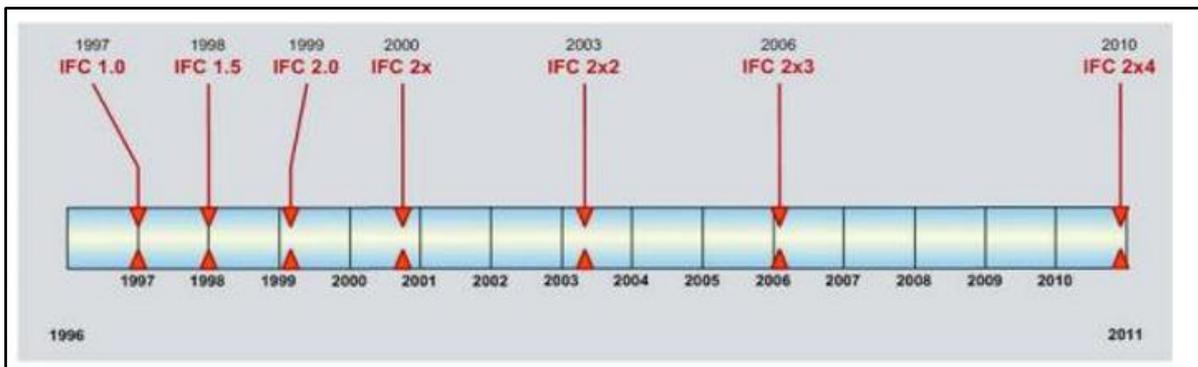


Figura 2 - Versões do Formato IFC.

Têm sido lançadas várias versões desde o início do desenvolvimento do modelo IFC. As primeiras versões foram lançadas com o propósito de criar uma linguagem sólida, estável e que seja suportada pelos diferentes softwares. Em 2002 uma boa parte do modelo conseguiu a certificação ISO (Organização Internacional para Normalização), ficando assim definido o cerne deste. Desde então que o modelo tem sido expandido e alargado. A última versão é a (IFC 2x4) bastante ampla

em avaliação para a totalidade do modelo obter a certificação ISO. Se tal for conseguido estará dado um grande passo no sentido de implementar o modelo IFC como um standard BIM universal.

O Industry Foundation Classes (IFC) foi desenvolvido pela International Alliance of Interoperability (IAI) para encontrar uma solução que permitisse a normalização de permuta de dados. Embora a tecnologia de troca de informações utilizando o IFC tenha sido estabelecida, há muitas áreas em que será necessário um desenvolvimento adicional antes de se atingir uma interoperabilidade global. Devido à grande abrangência da construção civil, existem algumas áreas que se encontram menos desenvolvidas quanto ao modelo IFC. É deste modo importante que os próprios utilizadores adicionem certas propriedades como forma de complementar o sistema e preencher alguns dos vazios existentes. O IFC apresenta desde logo uma série de vantagens tais como: aperfeiçoa a comunicação, a produtividade, o tempo de entrega e a qualidade em todo o ciclo de vida de um edifício e reduz a perda de informações durante a transmissão de um utilizador para o outro. O seu formato apoia-se na troca de dados entre processos em vários domínios, tais como arquitetura, engenharia estrutural, construção e instalações.

Para se definir na base de dados do modelo IFC os produtos da construção, faz-se a pormenorização de três substâncias genéricas:

- Os objetos;
- As propriedades;
- As relações;

Estas três substâncias são constantemente atualizadas de modo a facilitar a maioria das necessidades de representação. Os objetos são a definição de um conceito ao qual é dado significado de modelação, pela atribuição de propriedades. As relações entre objetos e/ou classes, definem a familiaridade e a forma como estes se relacionam. Para as relações entre objetos não há registo de omissões, donde se conclui que a vasta gama de entidades de representação de relações que está contida no modelo, abrange as necessidades atuais, seja a atribuir relações, composição e decomposição de partes, associação de informação a objetos, definição de relações genéricas ou conectividade topológica entre elementos.

As propriedades representam um dos maiores e mais variados conjuntos do modelo IFC devido ao espectro alargado do mesmo. São um conjunto de atributos utilizados para caracterizar um objeto em termos de constituição e/ou funcionalidade. Há uma gama de produtos bastante

extensa e cada objeto tem várias propriedades. Devido a esta complexidade existem sempre erros na representação de propriedades. Para solucionar este problema, foram adicionados ao modelo diversos conjuntos de propriedades, denominados Property Sets, que dizem respeito às características mais comuns. Deste modo o utilizador pode introduzir propriedades mais específicas. O modelo fica assim completo por parte do utilizador através de novos Property Sets relacionando-os com as propriedades e elementos já existentes.

## 2.4 Softwares BIM

Apesar da maioria dos softwares de CAD tradicionais terem, no contexto da indústria da construção, aplicações que suportam BIM, apresentam-se na figura 3, apenas os softwares direcionados exclusivamente para o BIM. A lista foi organizada por diferentes categorias da indústria da construção.

|                                   | SOFTWARE             | EMPRESA     | WEBSITE   |
|-----------------------------------|----------------------|-------------|---|
| <b>PROJETO ARQUITETÓNICO</b>      | Revit Architecture   | Autodesk    | <a href="http://www.autodesk.com.br">http://www.autodesk.com.br</a>   |
|                                   | ArchiCAD             | Graphisoft  | <a href="http://www.graphisoft.com/archicad">http://www.graphisoft.com/archicad</a>                           |
|                                   | VectorWorks          | Nemetscheck | <a href="http://www.vectorworks.net/architect">http://www.vectorworks.net/architect</a>                       |
|                                   | Bentley Architecture | Bentley     | <a href="http://www.bentley.com">http://www.bentley.com</a>   |
| <b>PROJETO ESTRUTURAL</b>         | EBERICK              | AltoQi      | <a href="http://www.altoqi.com.br/eberick">http://www.altoqi.com.br/eberick</a>                               |
| <b>PROJETO DE INSTALAÇÕES</b>     | QiBuilder            | AltoQi      | <a href="http://www.altoqi.com.br/qibuilder">http://www.altoqi.com.br/qibuilder</a>                           |
| <b>ANÁLISE E COMPATIBILIZAÇÃO</b> | Naviswork            | Autodesk    | <a href="http://www.autodesk.com.br">http://www.autodesk.com.br</a>   |
|                                   | Synchro              | Synchro     | <a href="http://verano.com.br/produtos/synchro">http://verano.com.br/produtos/synchro</a>                     |
|                                   | SOLIBRI              | Nemetscheck | <a href="http://www.solibri.com.br">http://www.solibri.com.br</a>   |
|                                   | Tekla BIMsight       | Trimble     | <a href="http://www.tekla.com/br/produtos/tekla-bimsight">http://www.tekla.com/br/produtos/tekla-bimsight</a> |
| <b>COLABORAÇÃO BCF</b>            | BIMcollab            | KUBUS       | <a href="http://www.bimcollab.com">http://www.bimcollab.com</a>   |

Figura 3 - Software BIM utilizados nas diversas especialidades [w2].

## 2.5 Vantagens e Desvantagens do BIM

A adoção da tecnologia BIM, constitui um avanço qualitativo para qualquer empresa de construção. O BIM sendo uma tecnologia de acumular o máximo número de dados e de informação possível, num modelo comum, podendo ser acedida pelos diversos intervenientes na construção e

automaticamente atualizável, conduz à realização de um projeto com uma melhor qualidade, mais eficiente e económico, já que lhe esta inerente uma enorme poupança de recursos, tempo e trabalho. Na tabela 1 referem-se as vantagens do BIM durante um projeto de construção, para cada interveniente.

Tabela 1 - Vantagens Do BIM.

| Interveniente                           | Vantagens  |
|---|--|
| Dono de Obra                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antecipação do planeamento da edificação e do processo da orçamentação;</li> <li>• Possibilidade de serem efetuadas várias simulações e análises económicas;</li> <li>• Redução de custos associada à redução do tempo necessário para os projetos e obra, trabalhos repetidos, conflitos observados, materiais utilizados e também porque evita cenários de inflação;</li> <li>• Minoração de solicitações de alteração de prazos, devido a redução dos conflitos;</li> <li>• Erros, omissões e conflitos são mais facilmente detetados antes de ocorrerem em obra, o que se traduz na disponibilidade do empreiteiro, em gastar mais tempo na organização da obra;</li> <li>• Após a conclusão do projeto, o modelo fica disponível e é facilmente acedido para efeitos de monitorização e manutenção, podendo ser inseridos diversos documentos e dados, resultando numa economia de esforços ao nível administrativo e na pesquisa e obtenção eficiente de documentos específicos.</li> </ul> |
| Projetistas<br>(Arquiteto e Engenheiro) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeamento e visualização do projeto antecipada e pormenorizadamente, originando melhores decisões a montante no processo de desenvolvimento;</li> <li>• Colaboração antecipada e otimizada de múltiplas disciplinas, aumentando a produtividade, a confiança entre equipas e originando uma poupança de tempo durante o projeto;</li> </ul>   |

|                      |   |
|----------------------|---|
|                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Correção automática de todo o modelo quando um item é corrigido;</li> <li>• Facilidade de geração de desenhos 2D de um modo rápido, e em qualquer vista;</li> <li>• Conciliação espacial 3D das especialidades, originando uma melhoria na qualidade dos desenhos e evitando erros de omissões, incongruências e repetições de trabalhos;</li> <li>• Interligação do edifício virtual com a orçamentação e o planeamento da obra;</li> <li>• Simplificação da recolha de informação produzida em projetos anteriores ou provenientes de informação externas;</li> </ul>  |
| Empreiteiro          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deteção antecipada de incongruências de projeto, prevenindo-se as repetições de trabalhos;</li> <li>• Rápida visualização do projeto pormenorizadamente;</li> <li>• Possibilidade de serem efetuadas várias simulações e análises económicas;</li> <li>• Sincronização do projeto com o planeamento da construção, sendo possível simular qualquer fase da obra num dado tempo;</li> <li>• Sincronização do projeto com o sistema de compra de materiais e serviços, sendo obtida uma antecipada e precisa de quantidades de materiais e de recursos necessários, tornando as subempreitadas mais baratas;</li> <li>• As subempreitadas terminam os trabalhos mais cedo, já que conseguem pré-fabricar a maioria do material devido ao elevado nível de detalhe dos desenhos;</li> <li>• Aumento da produtividade originando uma substancial redução do número de homens-hora;</li> <li>• Redução do número de acidentes de trabalho, devido à melhoria nos fluxos de trabalho;</li> </ul> |
| Gestor de manutenção | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhor planeamento e transparência do processo de manutenção;</li> <li>• Integração entre a operação e gestão de sistemas;</li> </ul>  |

|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhor gestão do espaço, já que através das ferramentas gráficas do BIM, é possível visualizar de forma rápida, diferentes formas de ocupação do espaço e possíveis conflitos causados;</li> </ul> |
|--|---|

Para a maioria dos intervenientes no processo construtivo, a implementação do BIM induz uma alteração nas práticas de trabalho usuais, antecipando algumas decisões e acontecimentos que só seriam detetáveis durante a fase de construção, ocorrendo, portanto, uma considerável redução de custos. Esta situação pode ser explicada, pela Figura 4, através da Curva de MacLeamy [W3].

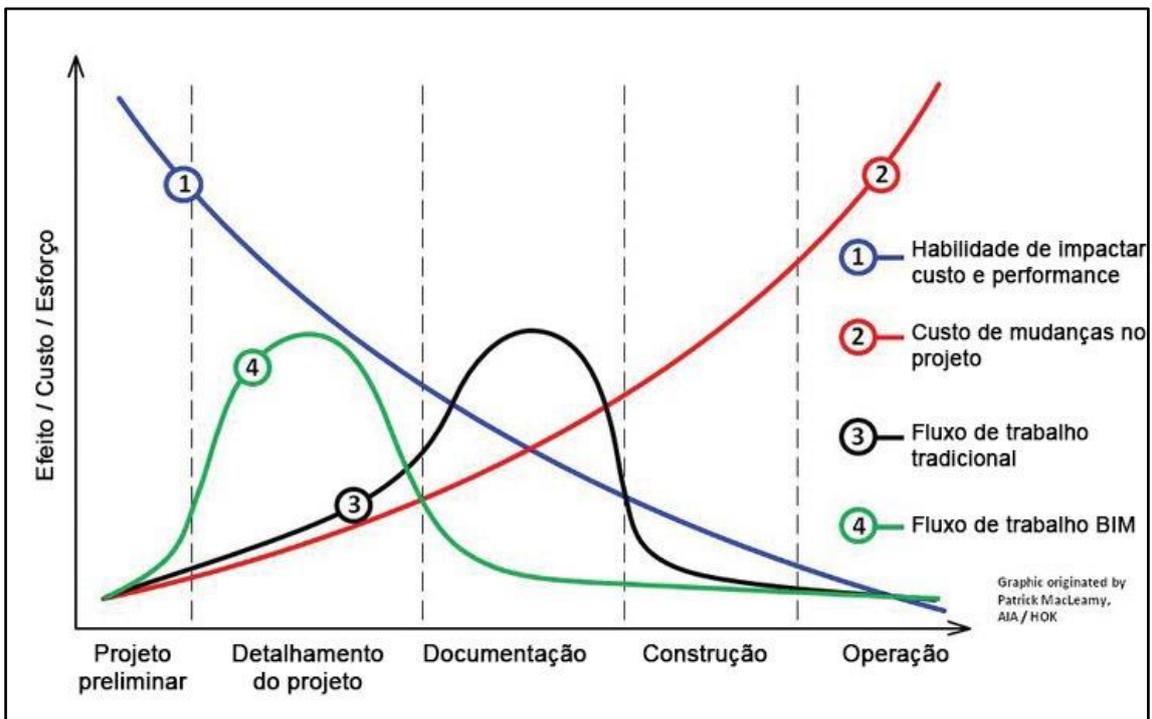


Figura 4 - Curva de MacLeamy.

Pela análise do gráfico é possível verificar que um planeamento efetuado mais cedo origina um menor esforço efetivo na fase de execução do projeto, etapa esta em que qualquer alteração tem um custo bastante acrescido. O gráfico possibilita, ainda, concluir que quanto mais tarde se

proceder a alterações, maiores serão os custos. Prevê-se, portanto, enormes benefícios económicos futuros com a adoção do BIM.

Contudo o BIM não apresenta só vantagens também apresenta desvantagens, as maiores desvantagens que o BIM evidencia são:

- Necessidade de maior detalhe por parte dos projetistas e dos construtores;
- Necessidade de existir uma predisposição para a mudança, incluindo a formação de novos utilizadores e o dispêndio de tempo para a sua implementação;
- Necessidade de investimento em hardware sofisticado e software dispendioso (com respetivas atualizações);
- A utilização do BIM com todas as suas potencialidades, exige que os utilizadores dominem as ferramentas de planeamento, orçamentação e gestão da manutenção;
- Ausência de uma padronização eficaz que torne a interoperabilidade isenta de erros, aliada à ausência de normas e de standards que definam como e com que nível de detalhe devem ser elaborados os modelos;
- Escassez de bibliotecas (de materiais, equipamentos e dados) que suportem o modelo, sendo necessário cada empresa criar as suas próprias bibliotecas.

Nos EUA, a McGraw-Hill Construction, publicaram o relatório “The Business Value of BIM for Infrastructure” (McGraw-Hill Construction, 2012), baseado na recolha de milhares de inquéritos a todo o tipo de intervenientes na indústria da construção, questionaram o porquê de alguns profissionais se recusarem a implementar o BIM nas suas empresas. Os resultados publicados no relatório, podem ser consultados na Tabela 2. [w4]

Tabela 2 - Resultados do Relatório. [W4]

| Justificação                                | Percentagem |
|---|-------------|
| Procura Insuficiente                        | 67%         |
| Softwares muito caros                       | 52%         |
| Insuficiente tempo para avaliar             | 42%         |
| Processo não se aplica bem ao que fazemos   | 44%         |
| Atualização de Hardware muito caro          | 36%         |
| Formação Insuficiente Disponível            | 27%         |
| Fraca Interoperabilidade com CAD aplicações | 35%         |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Métodos atuais são melhores | 35% |
|-----------------------------|-----|

## 2.6 BIM e a Manutenção

A manutenção é definida como um conjunto de ações, conduzidas com a finalidade de manter numa condição aceitável as instalações e o equipamento, de forma a assegurar a regularidade da produção, a sua qualidade e a segurança com o mínimo de custos totais. Manutenção na construção define um conjunto de atividades, a serem realizadas para conservar, ou recuperar, a capacidade funcional de um edifício e das suas partes constituintes, de forma a atender às necessidades e segurança dos seus utilizadores. A manutenção de edifícios, inclui todo o tipo de serviços realizados para prevenir ou corrigir a perda de desempenho da edificação, decorrente da deterioração dos seus componentes, ou de atualizações nas necessidades dos seus utilizadores, durante o ciclo de vida do edifício. Os principais objetivos da manutenção são:

- Aumento do tempo de vida útil do edifício e seus equipamentos;
- Incremento da segurança;
- Redução de custos globais;
- Minimizar o número de emergências e avarias;
- Diminuir os tempos de indisponibilidade do edifício e seus equipamentos.

Verifica-se, atualmente, uma crescente preocupação quanto à manutenção e conservação de edifícios, não só devido a normas regulamentares previstas em projeto, mas também pela exigência dos utilizadores em termos de segurança, saúde e conforto. Os próprios edifícios são projetados com requisitos funcionais, que requerem o cumprimento de planos de operação, uso e manutenção, previstos. No entanto, a manutenção de edifícios tem-se revelado uma tarefa algo complexa de realizar, não só porque a identificação e análise de todos os modos de falha da construção exigem um esforço considerável dos agentes responsáveis pela manutenção, mas também porque esta é de responsabilidade do administrador do edifício, que, usualmente, não é especialista em manutenção de edificações, e em muitos casos não está suficientemente sensibilizado para esta necessidade.

Reconhecendo este cenário e a potencialidade da criação de negócio, nos últimos anos, o conceito de Facility Management tem alargado as suas vertentes para o campo da manutenção de edifícios.

Segundo a IFMA (International Facility Management Association), [W5] Facility Management, em português Gestão de Instalações, é uma profissão interdisciplinar, dedicada principalmente à manutenção e conservação de edifícios comerciais ou institucionais (como hospitais, hotéis, complexos de escritórios, estádios, escolas ou centros de convenções), com o objetivo de garantir a funcionalidade da construção, durante o seu ciclo de vida.

Seja na gestão global, manutenção de grandes complexos públicos, ou simplesmente na manutenção de edifícios habitacionais, o desenvolvimento do BIM, veio auxiliar as operações de manutenção e conservação de edifícios, realizadas pelos gestores da manutenção. De facto, o BIM torna as ações de manutenção mais rápidas, fiáveis e precisas, essencialmente devido ao facto de toda a informação relativa ao edifício estar concentrada apenas numa só plataforma e devido à grande capacidade de representação 3D (Goedert & Meadati, 2008). Durante a fase de operação do edifício, qualquer operador responsável pela manutenção pode aceder ao modelo digital com o objetivo de aceder a diversas informações, podendo ainda inserir novos dados, sendo garantido que qualquer alteração efetuada ao modelo é automaticamente atualizada. Assim, pode considerar-se que a manutenção de edifícios é um dos ramos da indústria da construção, que pode beneficiar bastante com a implementação e uso do BIM. Todavia, conseguir uma atualização dos modelos de forma correta e isenta de omissões, é uma das principais dificuldades verificadas na utilização dos modelos BIM na fase de exploração de um edifício, factos estes que não podem ser descurados já que é essencial que a informação contida no modelo, corresponda exatamente à realidade (Goedert & Meadati, 2008).

O presente trabalho pretende constituir uma contribuição positiva no uso do BIM na manutenção de edifícios, nomeadamente, na consulta de informação fornecida pelo modelo BIM e na posterior atualização com dados relativos a inspeções efetuadas no local.

## **CAPÍTULO 3. CRIAÇÃO DO MODELO BIM: CASO DE ESTUDO**

### **3.1 Considerações iniciais**

BIM é informação. Esta frase, assumida por muitos intervenientes na construção como a que melhor define a metodologia, demonstra que um modelo BIM nunca está concluído, já que a possibilidade de inserção de informação adicional ao modelo, contribui para o seu enriquecimento. De facto, o modelo BIM não tem uma meta, possui sim um caminho, que é iniciado com o projeto de conceção e apenas terminado na fase de demolição do edifício. A metodologia BIM, assenta essencialmente na estreita colaboração entre os diversos intervenientes durante a construção e vida útil do edifício, não sendo possível distinguir qual a componente que mais contribui para seu sucesso, pois o BIM depende do conjunto de todas as incorporações num todo.

Este capítulo aborda a criação da componente arquitetónica e de redes do modelo BIM, recorrendo ao software Revit 2020. Este foi o software escolhido uma vez que era o que apresentava mais vantagem. É um software que serve para as quatro componentes do BIM (Arquitetura, Estrutura, Redes e Construção). Por outro lado, é um software gratuito para os estudantes, também foi o software mais recomendado para ser usado e na qual eu já tinha um formador em vista para me ajudar neste modelo.

Durante a definição do modelo foram utilizados diversos elementos construtivos, identificados como objetos paramétricos de arquitetura, uma das potencialidades mais reconhecidas no BIM. Posteriormente serão apresentadas outras vantagens inerentes ao modelo BIM, tais como a apresentação de projeções realistas do modelo 3D e a facilidade na realização de cortes e alçados, os quais constituem parte da documentação gráfica usual de um projeto.

O caso de estudo selecionado para ilustrar o modo de efetuar a modelação de um edifício, por recurso a um software de base BIM, corresponde a uma pequena fração de uma escola localizada em Arcos de Valdevez. Esta escola foi contruída no ano de 1984 e situa-se na rua Dr. Joaquim Carlos da Cunha Cerqueira, Arcos de Valdevez, Viana do Castelo.

O edifício é composto por três pisos. Cada piso é constituído por salas, instalações sanitárias e arrumos. No modelo, todos os elementos representados, como paredes, pavimentos, tetos, telhado, portas, janelas, corrimãos, etc., foram criados por adaptação dos objetos paramétricos

3D existentes na biblioteca do Revit. Os componentes de carácter decorativo e de equipamento, como sofás, cadeiras, sanitas, mesas, etc., foram utilizados diretamente, apenas atendendo ao fator de escala na sua inserção no modelo.

Como já referido, o modelo foi criado recorrendo ao Software Revit 2020, tendo-se utilizado a versão em inglês do software, motivo pelo qual a indicação dos comandos utilizados surgirá nesse idioma.

### **3.2 Metodologia Aplicada**

Nesta dissertação desenvolveu-se uma metodologia destinada a auxiliar os processos de monitorização e manutenção de um edifício, que recorre a ferramentas informáticas BIM.

Para o desenvolvimento e utilização deste método concluiu-se da necessidade de modelação informática em software BIM das características arquitetónicas e construtivas do edifício sobre o qual se pretende trabalhar, ao qual se adiciona informação que nos indicará uma sequência de passos necessários à correta monitorização e manutenção ao longo do ciclo de vida do edifício.

Este procedimento foi criado tendo como ponto de partida o objetivo de conjugar no modelo informático o maior número de informações necessárias à aplicação deste procedimento, considerando que a metodologia apresentada, e o tipo de informações definidos para introdução na base de dados tem em consideração o objetivo de aplicação do método especificamente à fase de monitorização-manutenção. Nesse sentido, valorizam-se mais as informações qualitativas e caracterizadoras dos materiais utilizados na construção do edifício, e menos as informações quantitativas, partindo do princípio que estas (qualitativas-caracterizadoras) são as que importam mais à fase monitorização-manutenção, ao passo que as segundas (quantitativas) serão mais importantes na fase de construção-execução de obra, compreendendo-se desse modo que o tipo de detalhes a introduzir na base de dados, bem como o desenvolvimento da metodologia e da sua aplicação deverão também ser distintos.

A metodologia apresentada baseia-se num processo de sequência de ações, no qual a criação e consulta de um modelo informático do edifício, elaborado em software BIM, Revit 2000, se revelou fundamental.

### 3.3 Criação do modelo

No processo de modelação do modelo arquitetónico do edifício foram seguidos os seguintes passos:

**1º Passo-** Definição das cotas de soleira dos pisos.

**2º Passo-** Importação de arquivos em formato .dwg.

**3º Passo-** Criação, edição e inserção de paredes.

**4º Passo-** Criação, edição e inserção de portas e janelas.

**5º Passo-** Criação, edição e inserção de pavimentos e tetos falsos.

**6º Passo-** Criação, edição e inserção de telhados.

**7º Passo-** Criação, edição e inserção de escadas.

**8º Passo-** Inserção de componentes.

**1º Passo: Definição das cotas de soleira dos pisos-** Esta é considerada, em qualquer modelação, a primeira etapa, pois permite definir os níveis em que os pisos começam a ser representados. Neste processo é necessário selecionar inicialmente um alçado, entre quatro disponibilizados, alçado direito, alçado esquerdo, alçado principal e alçado posterior (como ilustra a Figura 5). De seguida, selecionam-se o separador “architecture” e a opção “level”. O Revit considera inicialmente apenas dois níveis, tendo sido necessário incluir dois níveis adicionais.

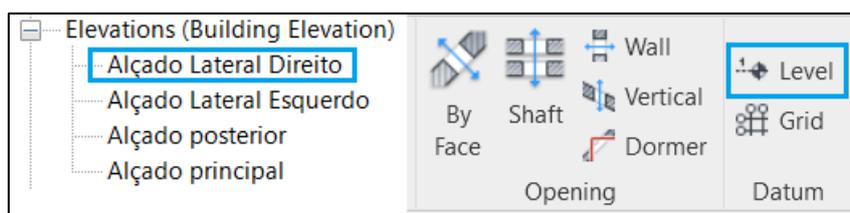


Figura 5 - Seleção Do Alçado Direito e do Botão Nível.

A Figura 6 ilustra a definição das cotas e a identificação de cada nível, “name” para a identificação do edifício, e “elevation” para a definição das cotas. Para tal é selecionado o nível pretendido, indicado o seu valor e introduzida uma designação. O pé direito de cada nível varia conforme as cotas apresentadas na planta do próprio edifício.

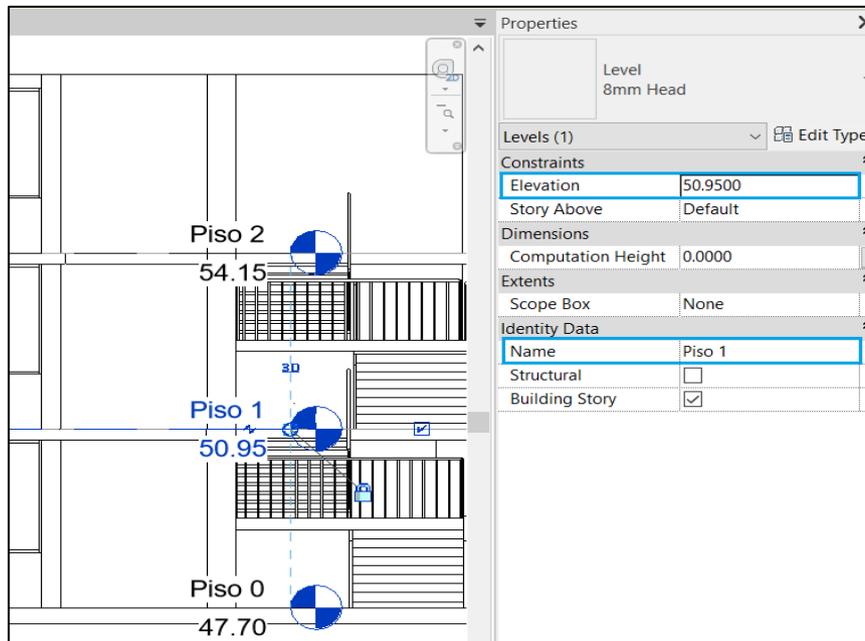


Figura 6 - Definição dos níveis do modelo.

**2º Passo- Importação de arquivos em formato .dwg** - Na modelação foram importadas as plantas em formato .dwg, dos pisos. Estes elementos foram cedidos pela Câmara Municipal De Arcos de Valdevez. Na Figura 7 é apresentada uma das plantas importadas para o modelo.



Figura 7 - Planta do piso 0 em AutoCAD.

O Revit permite a importação deste formato de desenho através da opção “Import CAD”, incluído no separador “Insert” (Figura 8).

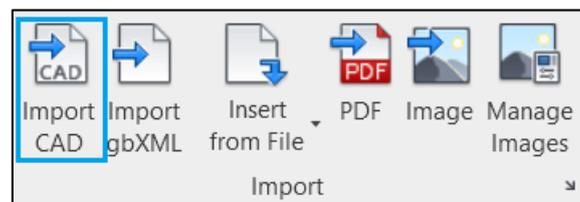


Figura 8 - Seleção do Botão "Importar CAD"

Neste passo devem ser atendidos previamente, diversos detalhes, de modo a não ocorrerem erros de importação, nomeadamente: não ser selecionada apenas a vista atual (para a planta importada ser visível nos diferentes níveis); escolher a opção inverter cores (de modo a que as linhas brancas do AutoCAD se tornem escuras no Revit); disponibilizar todas as camadas/níveis possíveis; posicionar a origem do desenho importado para a origem de sistema Revit (assim o ponto de referência do desenho importado corresponde ao ponto 0,0,0). Adicionalmente, deve indicar-se o nível onde o utilizador quer colocar o desenho 2D. A Figura 9 ilustra as situações referidas.

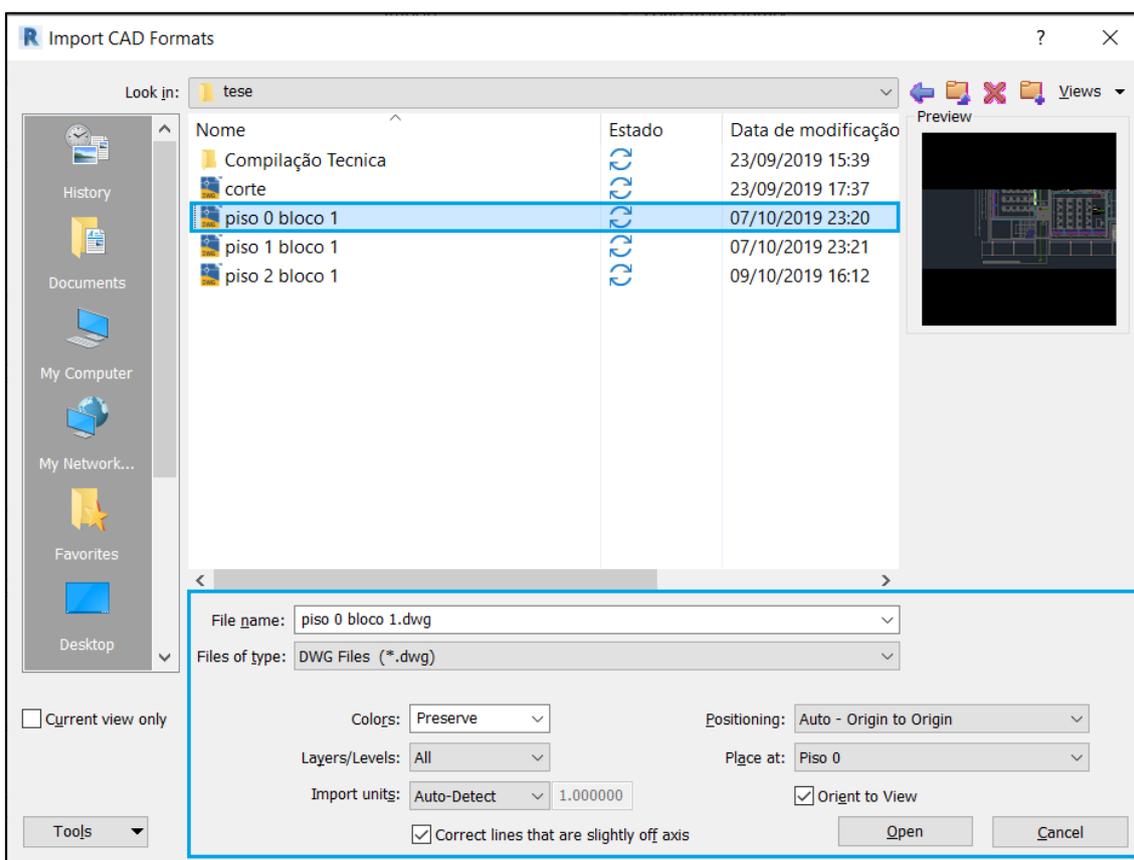


Figura 9 - Importação do Formato .dwg para o REVIT.

**3º passo: Criação edição e inserção de paredes** - O procedimento de criação de um objeto e definição das suas características é uma das potencialidades mais utilizadas, na metodologia BIM, pois permite-lhe conceber diversas soluções e adaptá-las de um modo fácil, pois os elementos são definidos de um modo paramétrico e a relação entre elementos mantida. A seleção do elemento “paredes” é efetuada a partir do separador “architecture”. A Figura 10 ilustra a seleção do botão parede seguida da opção parede estrutural. Na mesma figura é possível ainda observar

as restrições a definir na parede, tais como as restrições superior e de base. De seguida, interessa criar uma parede adequada, devendo ser seleccionado o botão “edit type” (Figura 10).

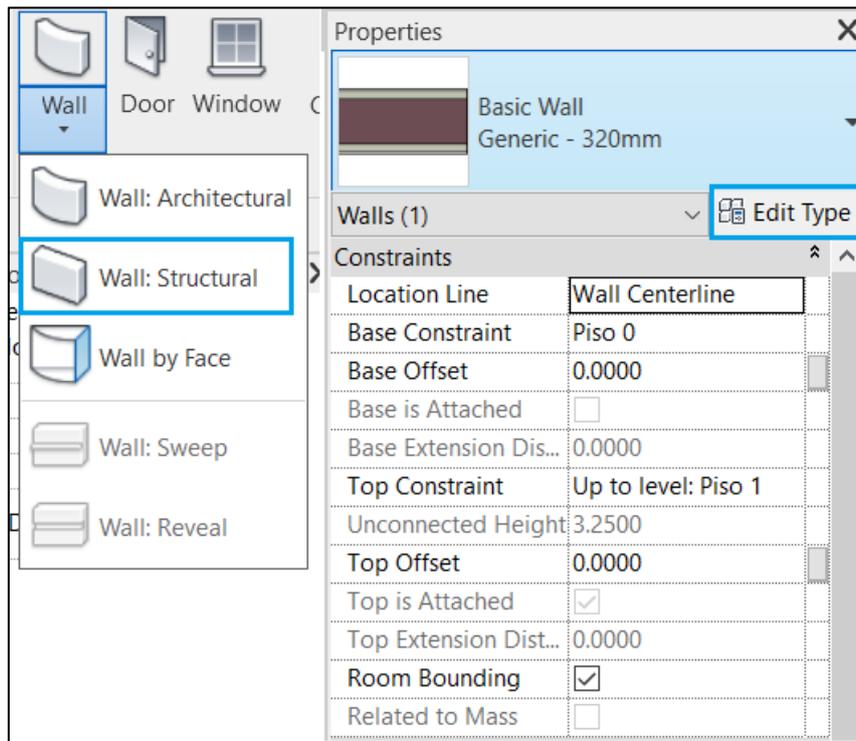


Figura 10 - Seleção do elemento parede.

Posteriormente, como se observa na Figura 11, deve carregar-se sobre o botão “duplicate” e seleccionar a designação do novo tipo de parede. No exemplo, a designação atribuída às paredes exteriores, foi “Basic Wall – 320mm”. Posteriormente, procedeu-se à caracterização da parede, devendo ser seleccionada a opção “edit”. Nesta figura é possível observar algumas informações associadas ao elemento, tais como fabricantes dos materiais, os modelos, etc.

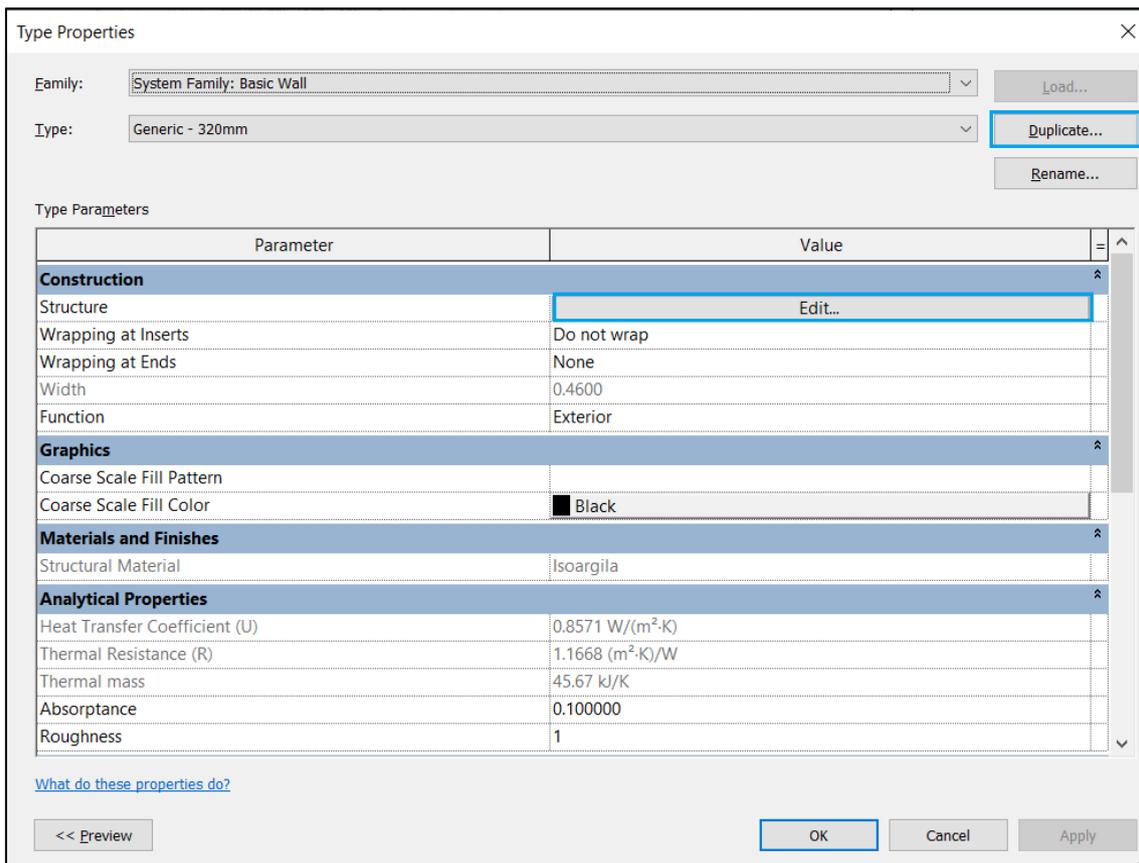


Figura 11 - Duplicação de um tipo de parede.

A Figura 12 ilustra a janela aberta pela ativação do comando “edit”. Nesta janela é possível observar diversas características respeitantes à parede, tais como, a sua composição por camadas e respetivas espessuras, sendo necessário ainda, definir a sua altura. No exemplo, a estrutura definida para a parede exterior do edifício, é constituída por uma camada de 6 cm de espessura de Reboco do tipo Isodur junto à superfície exterior e interior, um painel de 32 cm de tijolo do tipo Isoargila e ainda uma camada de 1 mm de pintura branca da marca CIN junto à superfície interior e exterior, totalizando uma espessura de 44.20 cm. A espessura de cada um dos materiais, pode ser alterada através da janela incluída na Figura 12.

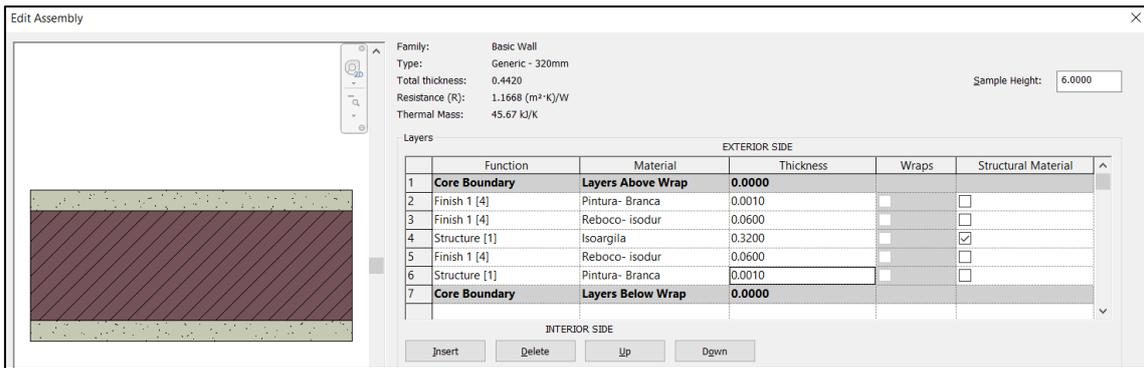


Figura 12 - Definição da estrutura de uma parede e visualização da mesma.

Para criar, alterar ou adicionar algum material, é necessário aceder a uma outra janela (Figura 13), devendo seleccionar-se o material a alterar. Nesta janela, é possível escolher o tipo de material e definir cores e padrões de representação. Caso seja necessário criar um material não existente na biblioteca do Revit, deve seleccionar-se o botão “creates and duplicates materials”, escolher a sua designação e proceder à sua caracterização.

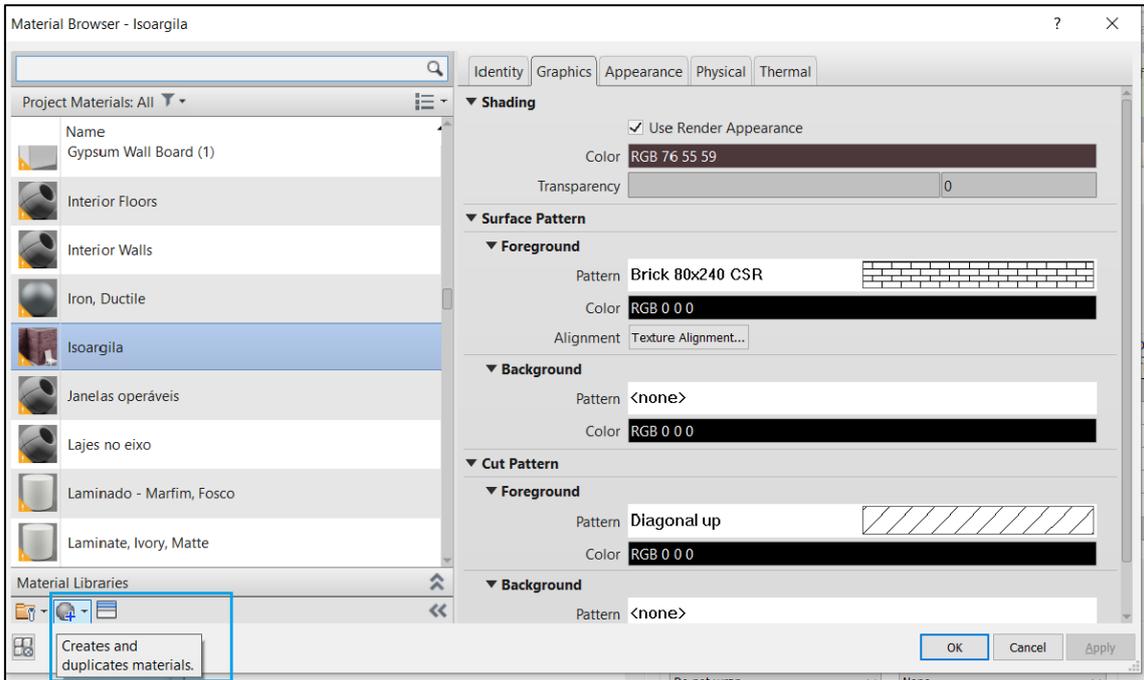


Figura 13 - Criação de um material.

Definido o tipo de parede pretendido procede-se à sua representação no modelo. A Figura 14 ilustra o processo de desenho de uma parede, ativado após seleção da ferramenta auxiliar de desenho.

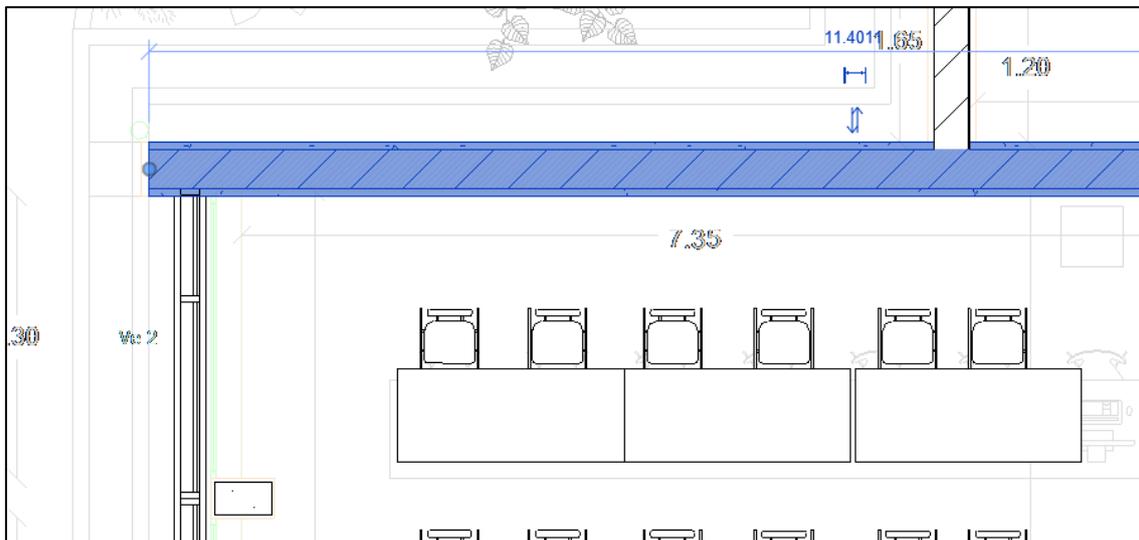


Figura 14 - Desenho de uma parede.

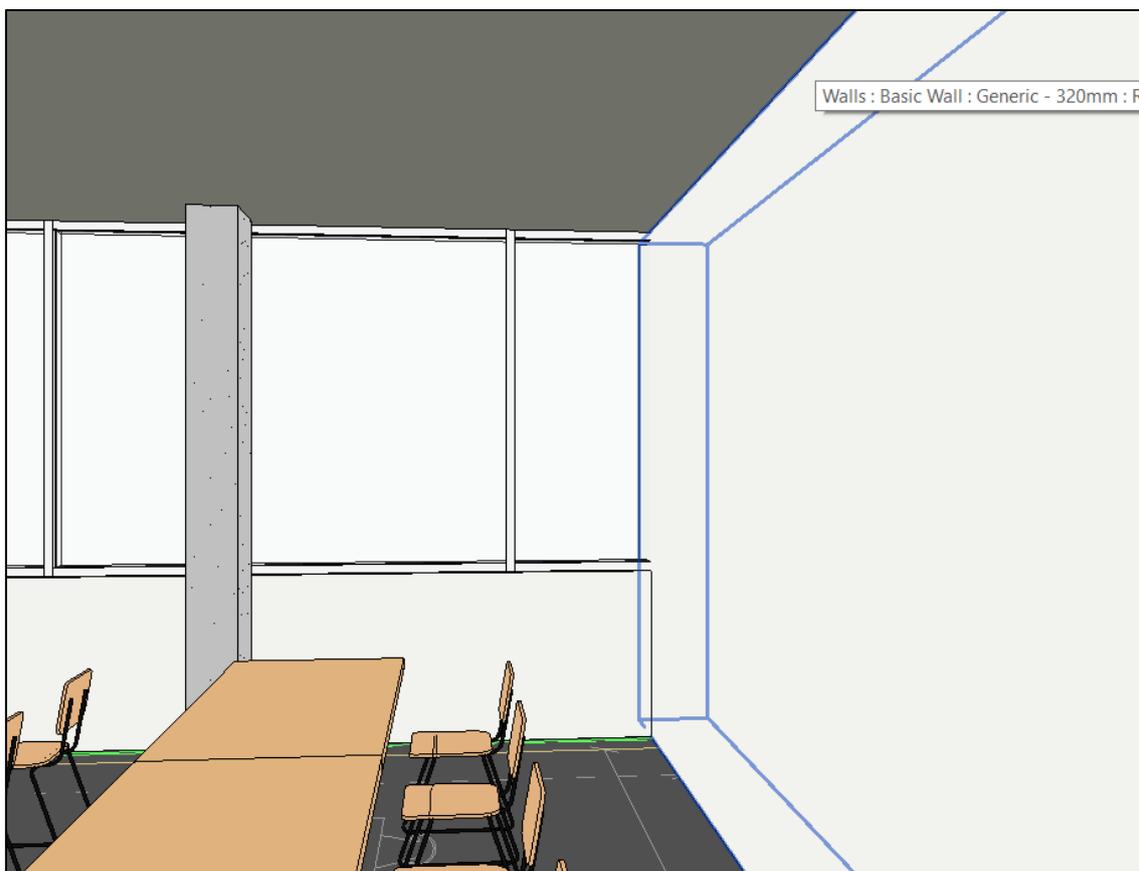


Figura 15 - Visualização em perspetiva da parede.

**4º Passo: Criação, edição e inserção de portas e janelas** - Definidas as paredes procede-se à inserção de portas e janelas no modelo. A seleção dos respetivos elementos é efetuada no separador “architecture”, escolhendo-se depois a opção porta ou janela, como ilustra a Figura 16. No modelo, foram criados diversos tipos de portas e janelas. Para a criação e inserção de uma porta devem ser seleccionados os botões “edit type” e “duplicate”, e indicar uma designação para o novo elemento (Portas sala de aulas, Figura 16).

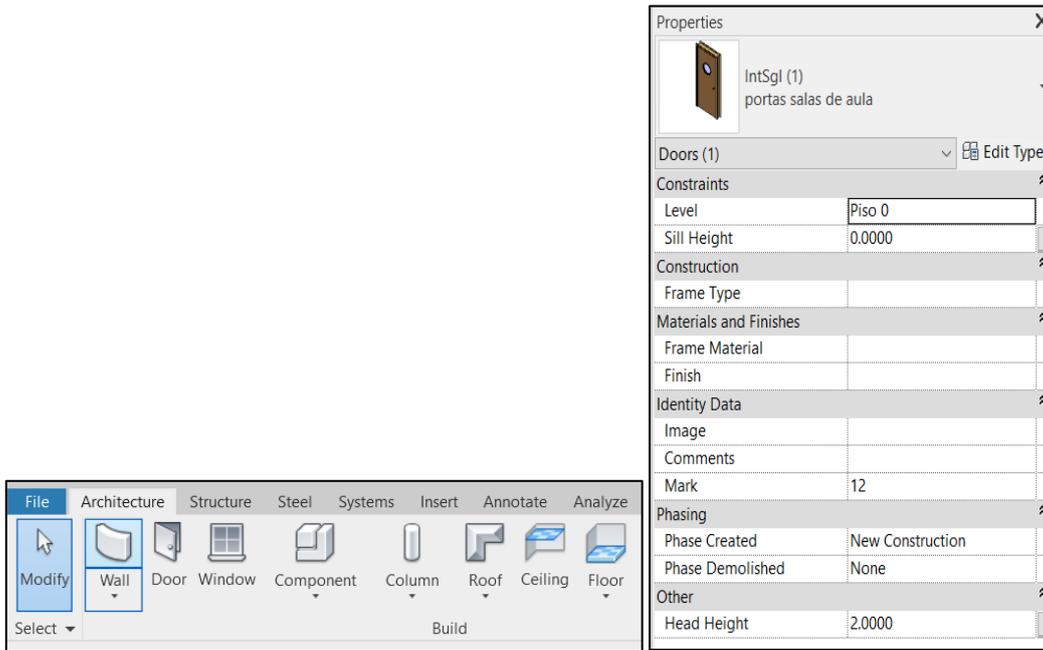


Figura 16 - Seleção do botão porta.

No caso das janelas foi criada uma “curtain Wall” (figura 17). “Curtain Wall” que em português significa “Fachada Cortina” é um revestimento externo de um edifício no qual as paredes externas não são estruturais, sendo utilizadas para a proteção contra o clima e para manter os ocupantes seguros. Para criar uma “curtain Wall” usa-se o separador “architecture” seleccionando-se depois o botão “wall”.

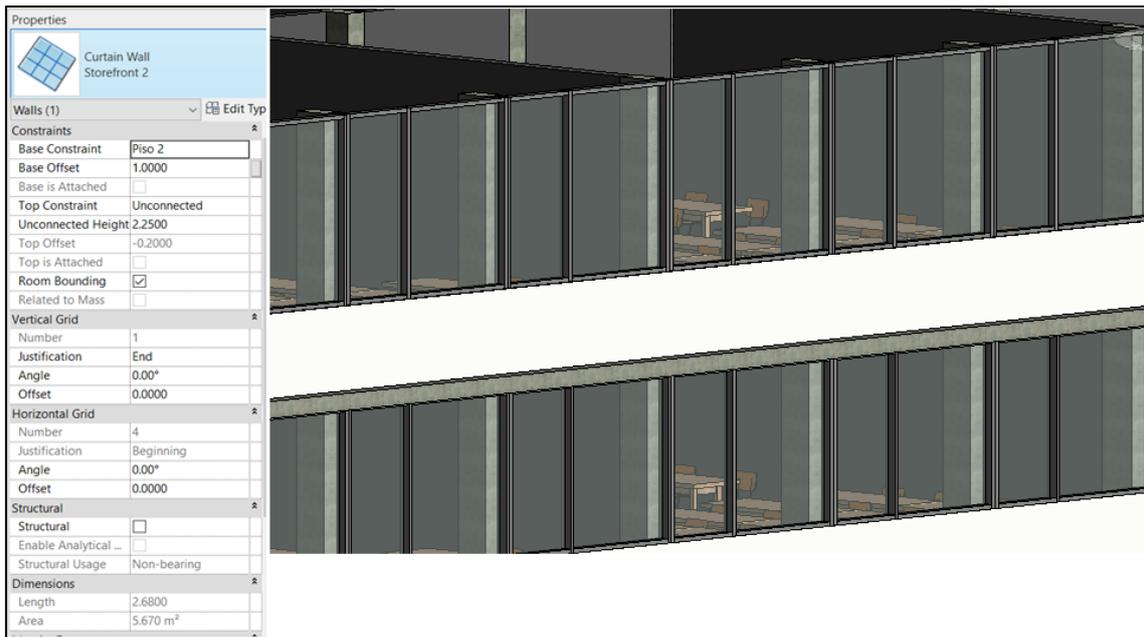


Figura 17 - Criação e Visualização da “Curtain Wall”.

Na caracterização do elemento devem ser escolhidos diversos parâmetros, tais como o tipo de materiais e acabamentos, suas características construtivas e suas dimensões, como mostra a Figura 18. Para criar ou alterar o tipo de material do elemento, é necessário aceder a outra janela semelhante à ilustrada na Figura 13, devendo para isso selecionar-se o parâmetro material. Nesta janela, é possível escolher o tipo de material e definir cores e padrões de representação. Caso seja necessário criar um material não existente na biblioteca do Revit, deve selecionar-se o botão “create and duplicates materials” no documento (Figura 13), indicar uma nova designação e proceder à sua definição.

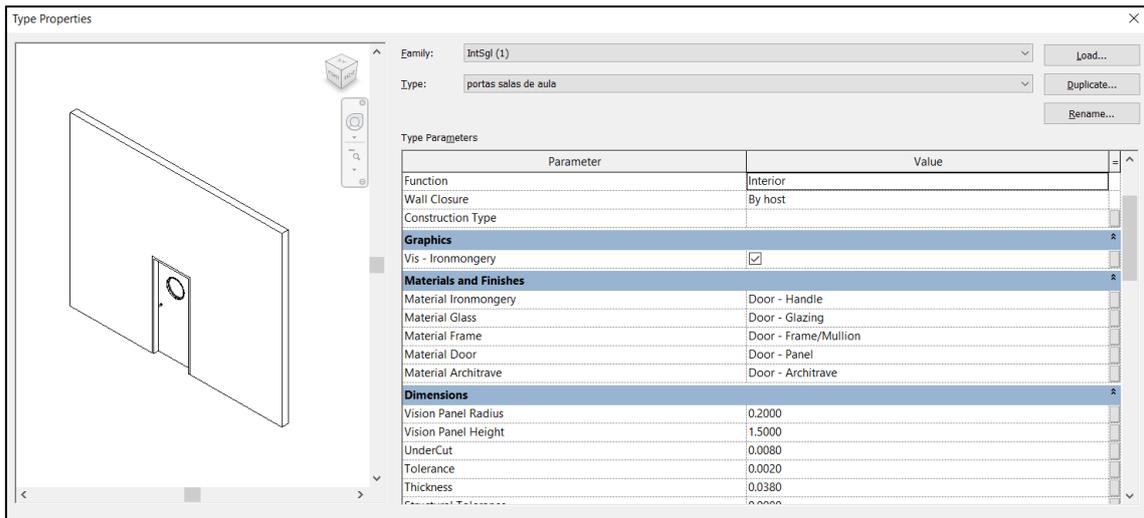


Figura 18 - Características da porta (Salas de Aula).

Caracterizadas as portas e as janelas a utilizar procede-se, de seguida, à sua inserção no modelo (Figura 19).

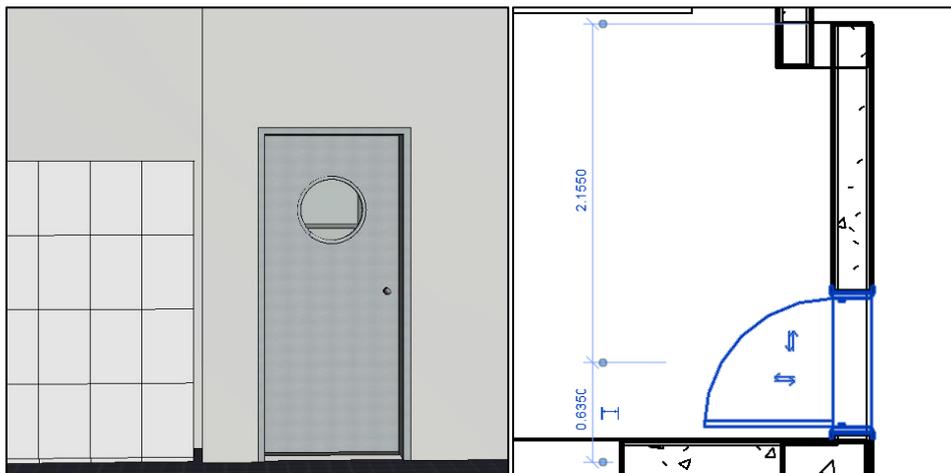


Figura 19 - Representação em desenho e em perspetiva de uma porta.

**5º Passo- Criação, edição e inserção de pavimentos e tetos falsos** - O Revit define que a parte superior dos pisos fica situada numa altura semelhante à do nível em que for criado. Note-se ainda que a parte superior do piso corresponde ao pavimento do piso superior, enquanto que a parte inferior do piso corresponde ao teto do piso inferior havendo a hipótese de adicionar posteriormente um teto falso. Para a inserção de um piso, devem ser escolhidos o separador

“architecture”, e as opções “floor”, como ilustra a Figura 20. Nesta figura, é possível observar o botão “ceiling”, utilizado quando se pretende inserir um teto falso.

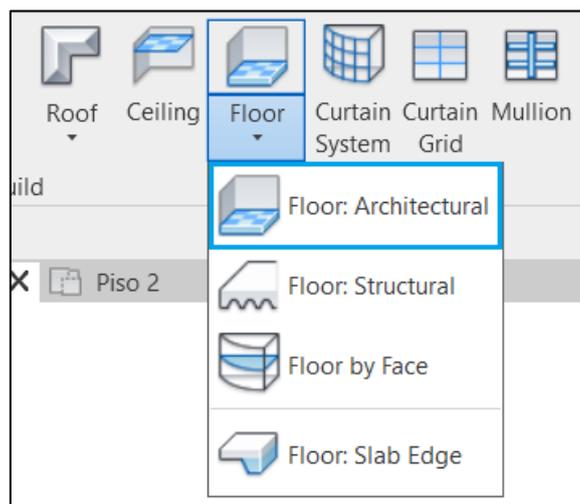


Figura 20 - Seleção do botão "floor".

Para efetuar as alterações na estrutura do elemento deve ser selecionado o botão editar, abrindo-se uma nova janela (Figura 21 e 22) onde é possível observar as diversas características respeitantes ao piso, tais como, as camadas constituintes e respetivas espessuras, a sua massa térmica, a sua resistência térmica, etc. No exemplo, a estrutura definida para o piso, nas salas é constituída por uma camada de 1.5 cm de pavimento *rain cloud* da *polyflor* junto à superfície superior, 0.5 cm de cola e 18 cm de betão junto à superfície inferior, totalizando uma espessura de 20 cm, no exterior das salas (ex. casa de banho, corredor, etc.) é constituído por uma camada de 1,5 cm pavimento *subway* da Magrês junto à superfície superior, 0.5 cm de cola e 13 cm de betão junto à superfície inferior.

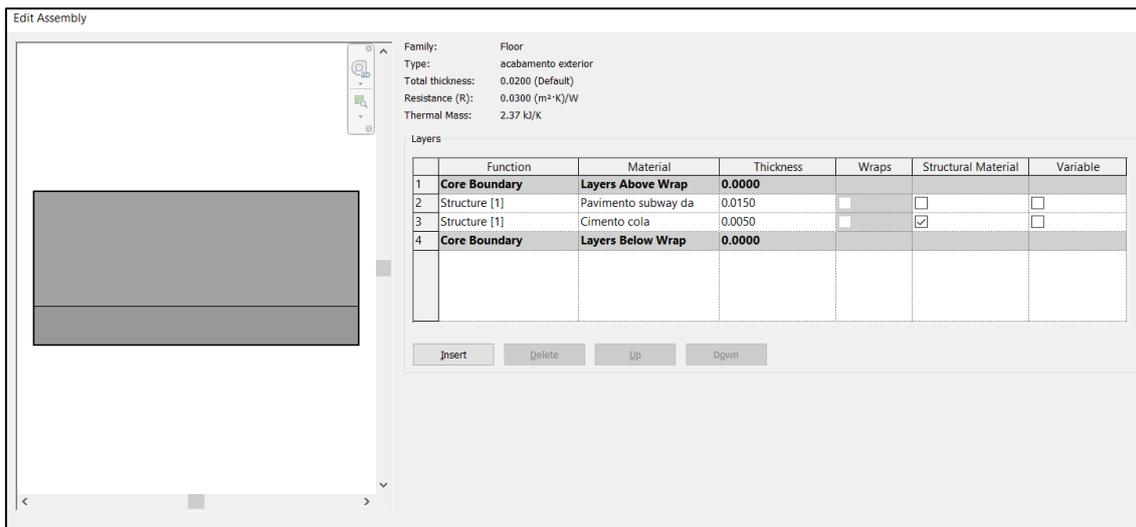


Figura 21- Definição e representação do acabamento Sala.

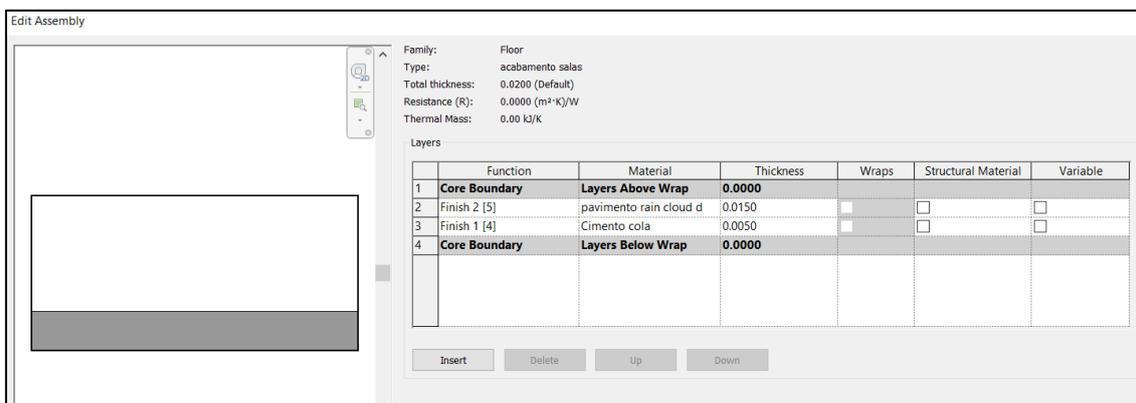


Figura 22- Definição e representação do acabamento exterior.

A espessura de cada um dos materiais, pode ser alterada na janela apresentada nas Figuras 21 e 22, no entanto, para se criar, alterar, ou adicionar algum material, é necessário aceder a outra janela (semelhante à Figura 13), devendo-se para isso, selecionar sobre o material a alterar. Caso seja necessário criar um material não existente na biblioteca do Revit, deve selecionar-se o botão “create and duplicates materials” (também observável na mesma figura), indicar uma nova designação e proceder à sua caracterização. A inserção do piso no modelo, é efetuada selecionando a ferramenta de desenho pretendida e contornando o interior das paredes de cada divisão, como ilustra a Figura 23.

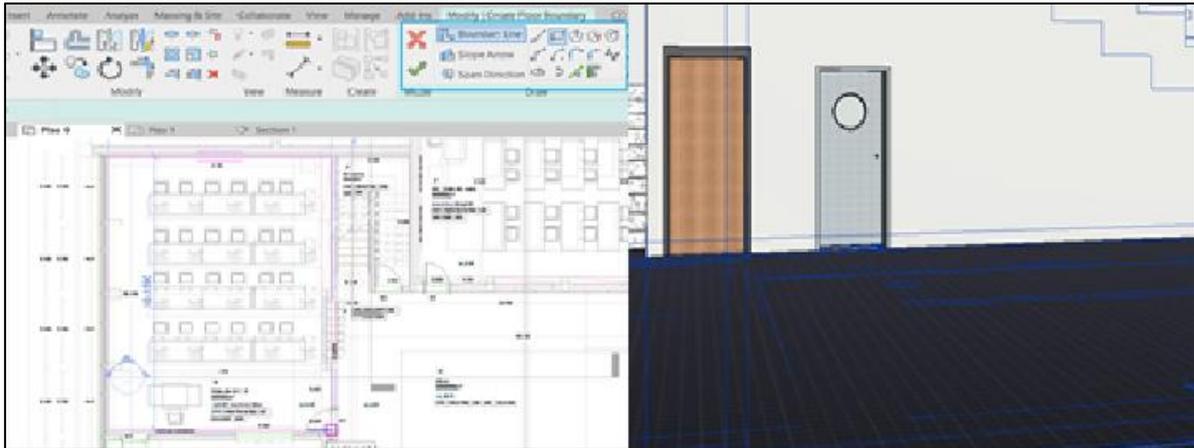


Figura 23- Representação de um pavimento.

**6º passo: Criação edição e inserção de telhados** – O Revit disponibiliza três tipos de telhado, telhado por perímetro, telhado por extrusão ou telhado por face. No exemplo será utilizado a opção telhado por perímetro (mais indicada para telhados inclinados, sendo que as outras opções são, respetivamente, dirigidas para telhados ondulados e telhados de massa), acionada pelo separador “architecture”, e pelos botões “roof” e “roof by footprint” (Figura 24). A cobertura é caracterizada através da seleção dos botões, “edit type” e “duplicate”, e escolhida uma designação (Figura 24).

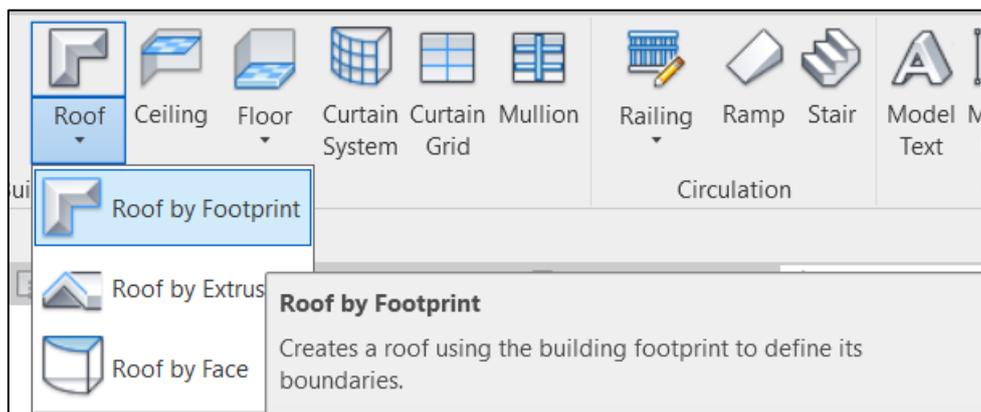


Figura 24- Inserção da Cobertura.

A caracterização deste novo elemento é efetuada através do elemento “edit”, onde é possível observar diversas características respeitantes ao telhado (Figura 25), tais como, a sua composição

por camadas e respetivas espessuras. No modelo, a composição considerada para a estrutura é definida por uma camada de 8 cm de painel tipo sanduiche lacado com resina polyester sobre galvanizado com poliuretano expandido junto à superfície superior e 34 cm de betão junto à superfície inferior. A espessura de cada um dos materiais, pode ser alterada na mesma janela, contudo, para se criar, alterar ou adicionar algum material, é necessário aceder a outra janela (semelhante à Figura 13), devendo-se seleccionar o material a alterar.

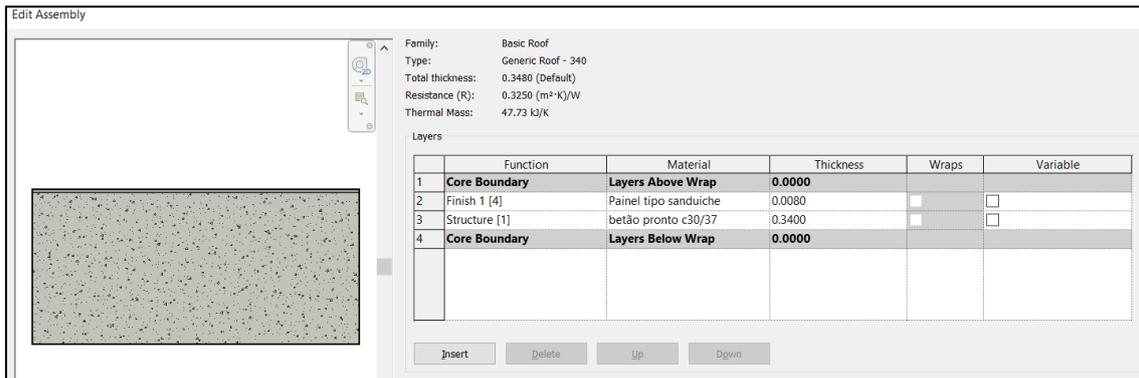


Figura 25- Definição da estrutura da Cobertura.

Para a inserção da cobertura no modelo é seleccionada a ferramenta de desenho pretendida e contornado o exterior das paredes envolventes do edifício (Figura 26). Posteriormente, é definida a inclinação de cada vertente e efetuado o alinhamento dos beirais.

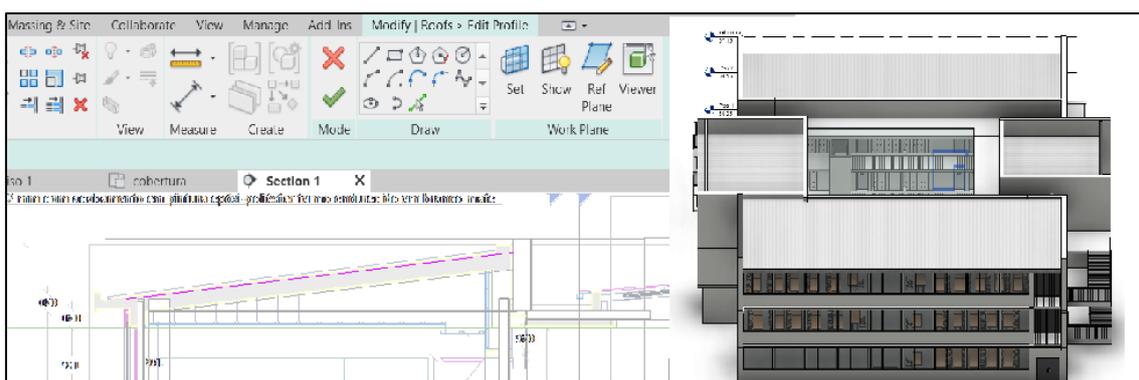


Figura 26- Representação da cobertura.

**7º Passo- Criação, edição e inserção de escadas** – A inserção de uma escada num modelo, é efetuada a partir da seleção do separador arquitetura, do botão “stair” (Figura 27).

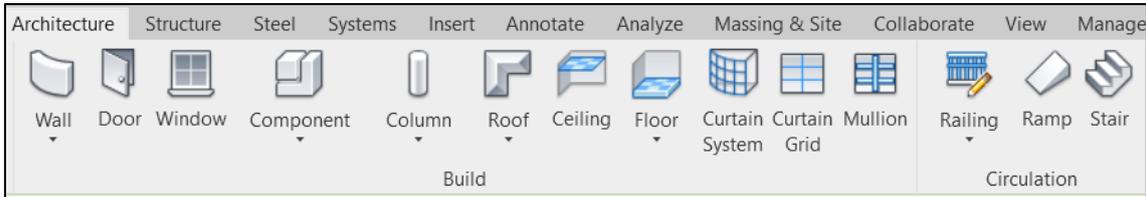


Figura 27 - Seleção do botão escada.

Nesta opção, as escadas possuem componentes comuns de lances de escada, patamar e suporte, no entanto, o Revit permite selecionar a opção de escadas “U-SHAPE WINDER”, esta opção foi a usada no modelo da escola, pois esta era a opção mais fácil para o tipo de escadas que a escola possui (Figura 28).

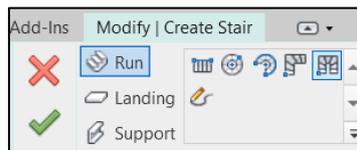


Figura 28 - Seleção do botão "U-SHAPE WINDER".

A caracterização das escadas é definida através dos parâmetros: largura do trecho; altura máxima do degrau; profundidade mínima do piso; largura mínima do trecho; os suportes, etc. (Figura 29). Através da janela associada ao comando, é selecionada a opção pretendida (material monolítico, Figura 29). A criação de um novo material é efetuada como referido em relação a outros elementos.

| Properties                              |                       |
|---|-----------------------|
| Cast-In-Place Stair<br>Monolithic Stair |                       |
| Stairs (1) <span>Edit Type</span>       |                       |
| Constraints                             |                       |
| Base Level                              | Piso 1                |
| Base Offset                             | 0.0000                |
| Top Level                               | Piso 2                |
| Top Offset                              | 0.0500                |
| Desired Stair Height                    | 3.2500                |
| Structural                              |                       |
| Rebar Cover                             | Rebar Cover 1 <25 mm> |
| Dimensions                              |                       |
| Desired Number of Risers                | 19                    |
| Actual Number of Risers                 | 19                    |
| Actual Riser Height                     | 0.1711                |
| Actual Tread Depth                      | 0.3000                |
| Tread/Riser Start Number                | 1                     |
| Identity Data                           |                       |
| Image                                   |                       |
| Comments                                |                       |
| Mark                                    |                       |
| Phasing                                 |                       |
| Phase Created                           | New Construction      |
| Phase Demolished                        | None                  |

Figura 29 - Propriedades das Escadas.

No entanto, o Revit não identifica a necessidade de efetuar uma abertura no pavimento, no cimo das escadas. A abertura do piso foi efetuada através do botão “floor” no separador “architecture”. Ao criar outra laje na laje já criada o revit assume que no local da nova laje é uma abertura na antiga laje (Figura 30).

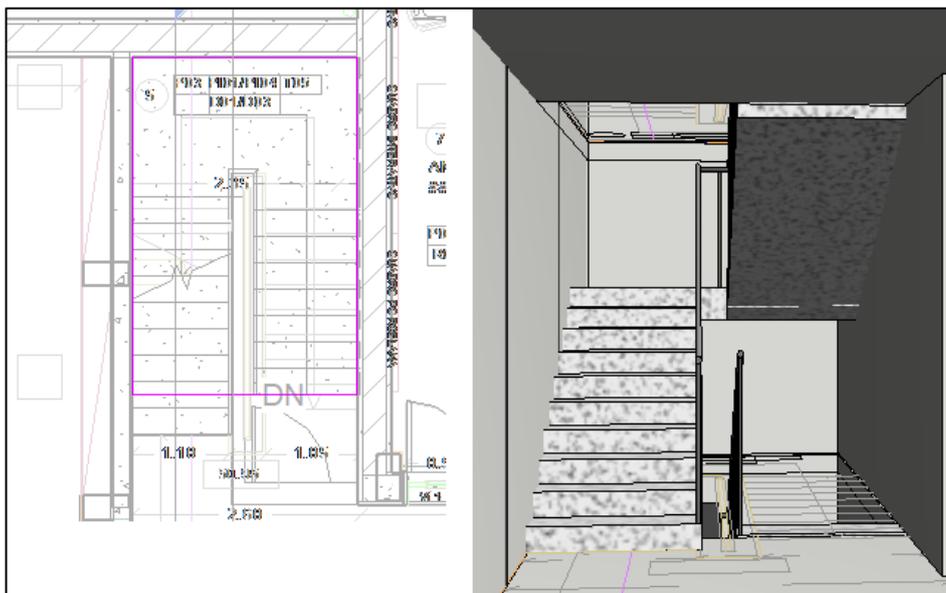


Figura 30 – Desenho da abertura nas escadas e Perspetiva.

**8º Passo: Inserção de componentes** – A inserção de componentes é efetuada de modo bastante simples, sendo selecionado o separador “architecture”, a opção “components” e de seguida escolher um elemento, como é observado na Figura 31. A imagem ilustra a colocação de uma secretária na sala. No modelo foram inseridos igualmente, equipamento sanitário, cadeiras, cacifos, etc.

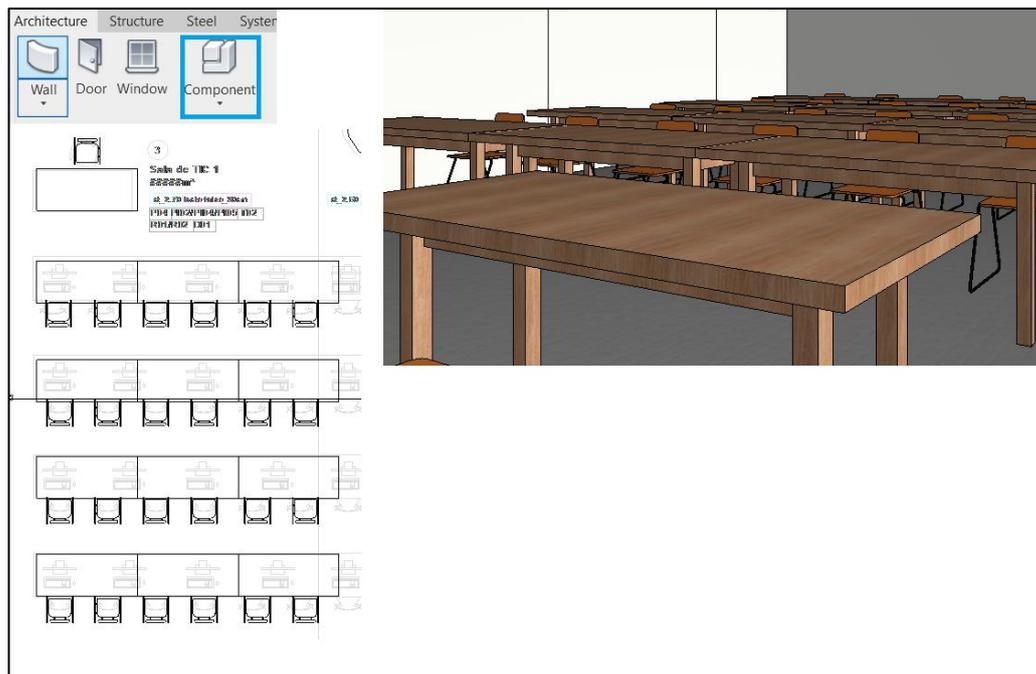


Figura 31 - Seleção do botão "Components" e visualização tridimensional.

Do modelo criado podem ser obtidos alguns desenhos e projeções. A Figura 32 e 33 apresentam uma planta e um corte, a Figura 34 ilustra o Alçado Lateral Direito, a figura 35 apresenta o Alçado Principal, a Figura 36 inclui uma perspetivas do exterior e a Figura 37 representa algumas imagens do seu interior. Este modelo vai ser utilizado nos capítulos seguintes para efeitos de manutenção.

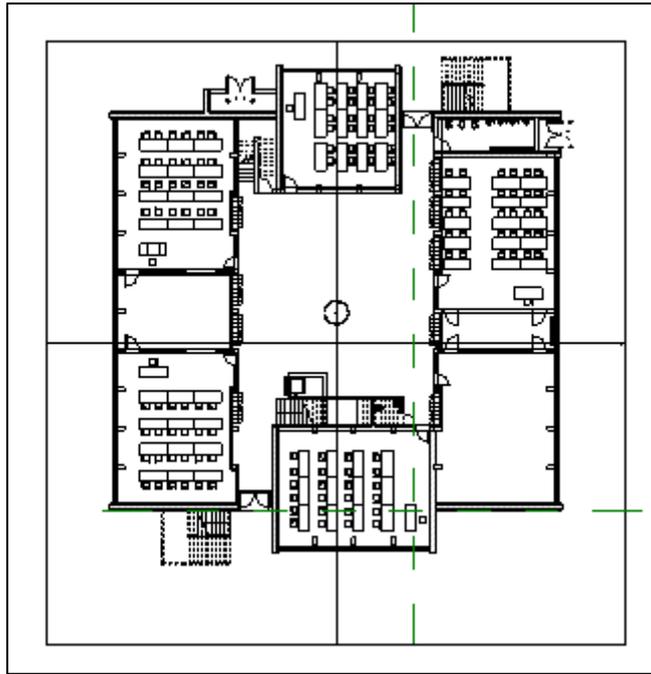


Figura 32 - Pormenor de Planta do Piso 0.

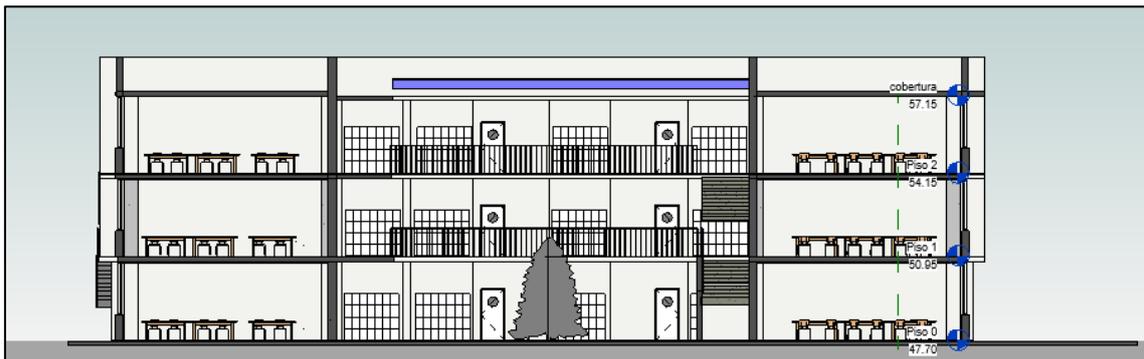


Figura 33 - Pormenor de Corte Vertical.

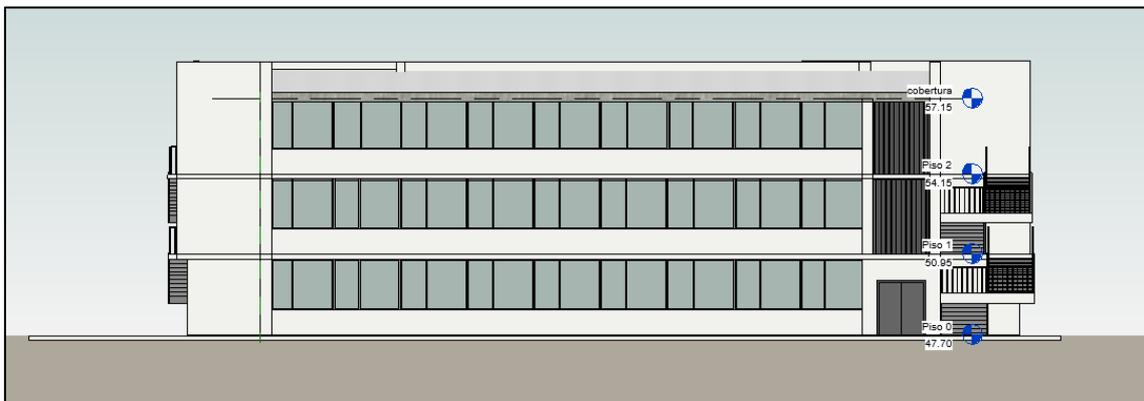


Figura 34 – Alçado lateral Direito.

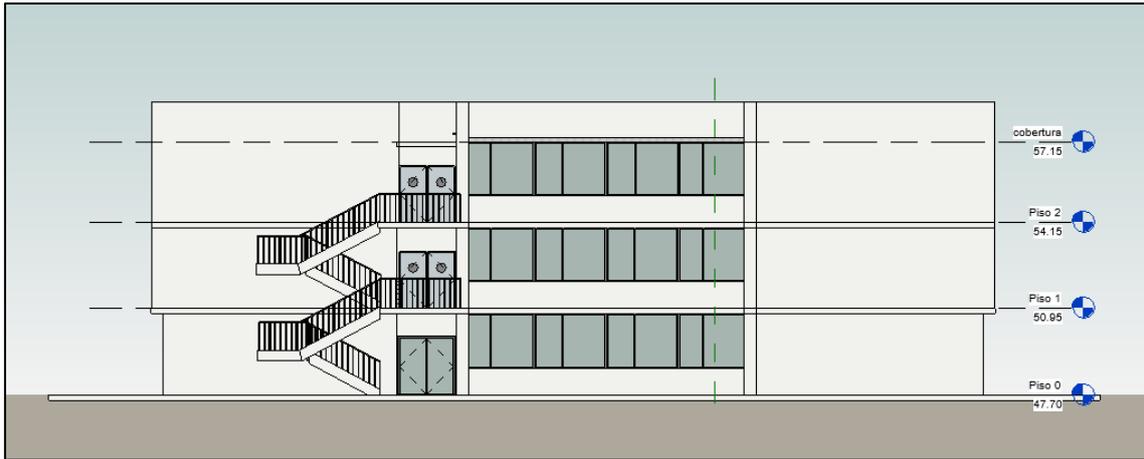


Figura 35 – Alçado principal.

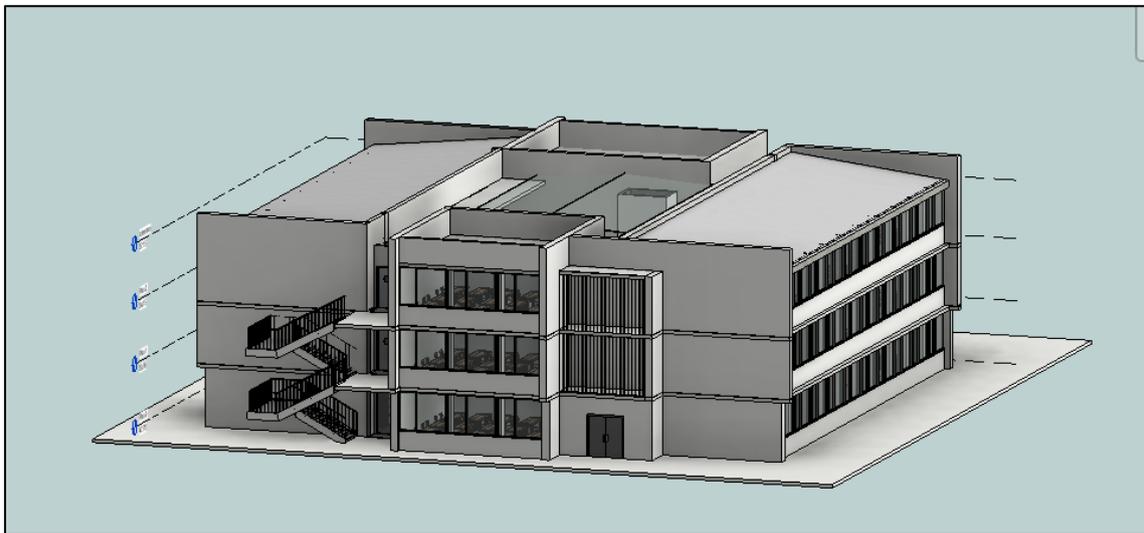


Figura 36 - Perspetiva do Modelo.



Figura 37 - Projeções do Interior Do Modelo.

## **CAPÍTULO 4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE APOIO À MANUTENÇÃO.**

### **4.1 Manutenção de edifícios**

A segurança de um edifício, não depende exclusivamente das suas características estruturais, devendo garantir-se, sempre que possível, boas condições, por forma a manter o edifício nas condições funcionais adequadas à sua utilização. De acordo com o Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro, artigo 89º, as edificações devem ser objeto de obras de conservação pelo menos uma vez em cada período de oito anos, devendo o proprietário, independentemente desse prazo, realizar todas as obras necessárias à manutenção da sua segurança, salubridade e arranjo estético. [w8]

Uma boa ação de manutenção passa pela correta caracterização do edifício e por uma detalhada análise das anomalias que possam ser identificadas numa inspeção ao local, de modo a poderem ser estudadas as soluções de intervenção adequadas. O estabelecimento de um plano de inspeções, constitui um método recomendado para manter o edifício num bom estado de conservação. Desta forma, são detetadas regularmente as anomalias originadas, fornecendo os alertas necessários para definir soluções de reparação atempadas e, portanto, mais económicas, já que o custo tende a aumentar com o tempo pois, as situações anómalas podem agravar-se. Na maioria dos casos, os trabalhos de diagnóstico iniciam-se com uma observação visual das anomalias, complementada com uma análise in-situ, usando preferencialmente métodos não destrutivos ou semi-destrutivos.

Nesse sentido, o presente capítulo descreve o desenvolvimento de uma ficha interativa de inspeção de edifícios, criada com recurso ao software Excel, tendo como principal objetivo apoiar a execução de uma inspeção. A interface implementada para a ficha e a base de dados de anomalias estruturadas por tipo de elemento, permitem o seu preenchimento digital de um modo fácil, rápido e eficaz. Posteriormente a ficha ou fichas são associadas ao modelo BIM criado, do edifício, tornando o um modelo mais rico em informação. Este modelo deve ser permanentemente atualizado, para que a consulta possa apoiar o estabelecimento de planos de reparação e de manutenção.

A informação considerada neste trabalho diz respeito a anomalias (suas causas, soluções e metodologia de reparação) relativas a componentes construtivas: paredes exteriores; paredes interiores; coberturas. Assim, o técnico de manutenção, durante uma inspeção, ao observar uma anomalia, consulta a base de dados de suporte ao preenchimento da ficha de inspeção e seleciona a anomalia identificada no local. De seguida, associa a informação relativa a causas prováveis, uma solução aconselhada e a respetiva metodologia de reparação. Posteriormente a ficha de inspeção preenchida, e inserida no modelo BIM.

## 4.2 Definição da ficha de inspeção

Como já foi referido a ficha de inspeção foi criada com o auxílio do software Excel e apresenta a interface ilustrada na figura 36. Uma ficha de inspeção deve incluir alguma informação inicial como: identificação do técnico, a data de inspeção e as características do edifício para efeitos de inspeção (nº de pisos, ano de construção e etc.).

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Section 4: Identificação do edifício**
  - Identificação do edifício: Escola EB2,3/5 Arcos de Valdevez
  - Morada: R. Dr. Joaquim Carlos da Cunha Cerqueira
  - Código postal: 4970-457 | Concelho: Arcos de Valdevez
  - Freguesia: Vila Fonche | Distrito: Viana do Castelo
- Section 5: Características do edifício**
  - Ano de Construção: 1986 | Nº de pisos: 3
  - Utilização do edifício: Escola
- Section 10: Anomalia, Solução e Sequência de Reparações**
  - Table with columns: Elemento, Sub-Elemento, Anomalia, Causas Possíveis, Solução, Sequência de Reparações, and Outras Observações. All cells in this table are currently empty or contain "#N/D".
  - Equipamentos e materiais necessários à reparação: #N/D
- Section 36-40: Additional Information**
  - Relevância para degradação do desempenho do edifício: #N/D
  - Urgência na reparação: #N/D
  - Necessidade de desocupação do Edifício: #N/D
  - Manual de Manutenção: [Compilação Técnica 3 - Documentação Técnica 3.3 - Plano de Manutenção](#)
  - Técnico: #N/D
  - Data da última inspeção: #N/D
  - Data de Hoje: [Empty field]

Figura 38 - Interface da ficha de inspeção.

No excel foram criadas duas páginas, na primeira página contém a interface da folha de inspeção/manutenção (figura 38) e a segunda página contém umas tabelas que servem de auxílio para a criação da ficha, esta folha está bloqueada por palavra passe e só o técnico que realiza a manutenção do edifício tem direito a modificá-la. As tabelas são as seguintes: uma tabela com os elementos de construção neste caso os elementos são: Parede Exterior, Parede Interior e Cobertura; uma tabela com os subelementos (Figura 39); e por fim uma tabela com as anomalias por subelemento com as suas causas possíveis, solução, sequencia de reparações e etc. (Figura 40).

| <b>Paredes Exteriores</b> | <b>Paredes Interiores</b> | <b>Cobertura</b>             |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Revestimento em reboco    | Gesso Cartonado           | Painel Tipo Sanduiche        |
|                           | Lã de Rocha               | Placas alveolares Clarabóias |
|                           | Revestimento em reboco    |                              |

Figura 39 - Tabela Subelementos.

| Sub-elemento                 | Anomalia                                     | Causas possíveis  | Solução   | Sequência de reparação:  | Relevância para a segurança do desempenho do edifício: | Necessidade de desconexão do edifício: | Urgência na reparação: | Equipamentos e materiais necessários à reparação:        | Técnicas   | Data da última inspeção: |
|------------------------------|--|---|---|--|--|--|------------------------|--|------------|--------------------------|
| Revestimento em concreto     | Empolamento                                  | A presença de humidade no espaço. O desenvolvimento de fungos ou a presença de insetos. A presença de humidade no espaço. A presença de humidade no espaço.   | Reparação   | 3º Escovar a superfície até ao nível do revestimento. 4º Verificar se a base apresenta degradação e, nesse caso, proceder à sua reparação. 5º Preparar a área de superfície e aplicar o produto ou aplicar a massa de reparação.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Fenótipo de                                  | Movimentos estruturais significativos do substrato. Aplicação de revestimentos multicaóticos de espessura adequada. Aplicação de revestimentos de espessura adequada. Aplicação de revestimentos de espessura adequada.                   | Reparo e/ou substituição do produto ou aplicação de produto específico (com ligação específica) | 3º Remover-se todo o revestimento e revestimento por rasgar. 4º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.  | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Perda de aderência                           | Incompatibilidade química do produto de revestimento com a base de aplicação; Incompatibilidade química do produto de revestimento com a base de aplicação; Incompatibilidade química do produto de revestimento com a base de aplicação. | Reparação   | 3º Escovar a superfície até ao nível do revestimento. 4º Verificar se a base apresenta degradação e, nesse caso, proceder à sua reparação. 5º Preparar a área de superfície e aplicar o produto ou aplicar a massa de reparação.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Perda de cor ou de aparência                 | Incompatibilidade química do produto de revestimento com a base de aplicação; Variações térmicas; Variações de humidade.  | Reparação   | 3º Escovar a superfície até ao nível do revestimento. 4º Verificar se a base apresenta degradação e, nesse caso, proceder à sua reparação. 5º Preparar a área de superfície e aplicar o produto ou aplicar a massa de reparação.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
| Cabo estrutural              | Presença de microgrietas (craquelamento)     | Ação biológica  | Limpar e reparar  | 1º Fazer os seguintes testes: 2º Limpar a zona afetada; 3º Escovar a superfície até ao nível do revestimento; 4º Verificar se a base apresenta degradação e, nesse caso, proceder à sua reparação; 5º Preparar a área de superfície e aplicar o produto ou aplicar a massa de reparação. | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Teor   | Variações térmicas; Variações de humidade; Envelhecimento natural.  | Substituir o produto de revestimento por outro produto compatível.                              | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Vassoura, etc.   | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Humidade e infiltrações                      | Variações de humidade; Infiltrações; Infiltrações de água.  | Reparação do produto de revestimento  | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Verdugão                                     | Ação biológica  | Reparação do produto de revestimento  | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
| Linha de fuga                | Teor   | Envelhecimento natural; Variações de humidade   | Substituir o produto de revestimento por outro produto compatível.                              | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Humidade e infiltrações                      | Variações de humidade; Infiltrações; Infiltrações de água.  | Reparação do produto de revestimento  | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Verdugão                                     | Ação biológica  | Reparação do produto de revestimento  | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Teor   | Envelhecimento natural; Variações de humidade   | Substituir o produto de revestimento por outro produto compatível.                              | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
| Princ. de suporte, simétrico | Fenótipo de                                  | Ação biológica; Movimento estrutural significativo do substrato.  | Reparação da estrutura  | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Perda de compatibilidade de                  | Variações térmicas; Variações de humidade; Envelhecimento natural; Erosão de descida.   | Reparação da estrutura  | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Suporte superficial e acumulação de detritos | Revelação de fissuras; Chuva; Ventos; Ação biológica.   | Proceder à limpeza da estrutura   | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Teor   | Proteção de fissuras com materiais não adequados; Uso de materiais não adequados; Uso de materiais não adequados; Uso de materiais não adequados.   | Reparação de fissuras   | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
| Revestimento em concreto     | Fenótipo de                                  | Ação biológica; Movimento estrutural significativo do substrato.  | Reparação da estrutura  | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Perda de compatibilidade de                  | Variações térmicas; Variações de humidade; Envelhecimento natural; Erosão de descida.   | Reparação da estrutura  | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Suporte superficial e acumulação de detritos | Revelação de fissuras; Chuva; Ventos; Ação biológica.   | Proceder à limpeza da estrutura   | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |
|                              | Teor   | Proteção de fissuras com materiais não adequados; Uso de materiais não adequados; Uso de materiais não adequados; Uso de materiais não adequados.   | Reparação de fissuras   | 3º Fazer a pintura ou revestimento com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                    | Princ. Rebatida, Revestimento do tipo Betão-ISODUR, etc. | Taga-Betão | 01_01_2020               |

Figura 40 - Tabela de Anomalias. (nota: tabela no anexo)

Para criar a ficha de inspeção (primeira página do excel), foram criadas várias listas com o auxílio das tabelas acima mencionadas, para a criação destas listas foi usado o botão “Validação de Dados” que se situa no separador Dados, ao selecionar essa opção aparece uma tabela e nessa tabela aonde diz “Critério por Validação” escolhe-se “Lista”, depois é só completar aonde diz “Origem” pela função **igual** e escreve-se o nome da tabela que queremos usar, por exemplo se quiser criar uma lista com a tabela Elementos escrevo a função “=Elementos” (Figura 41).

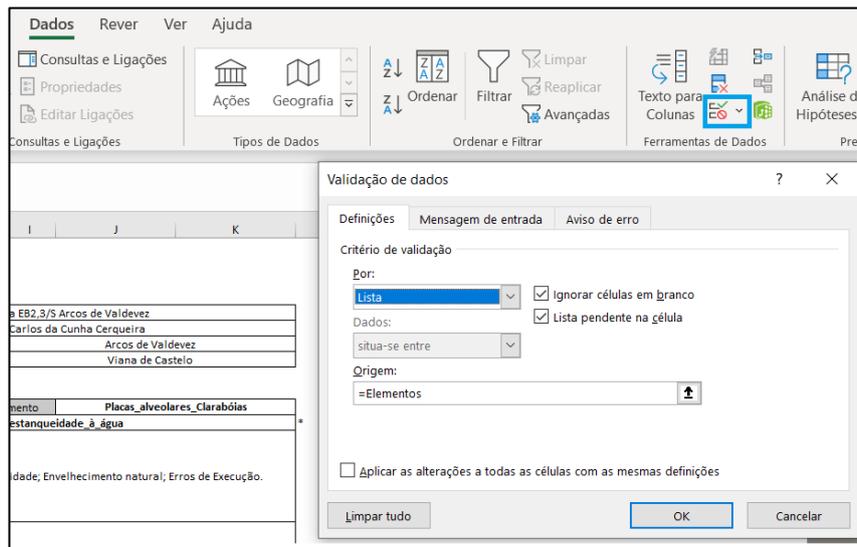


Figura 41 - Criação da Lista "Elementos".

Foram então criadas três listas, a primeira lista é a lista dos Elementos, a segunda é a lista dos Subelementos e por último a lista das Anomalias. De mencionar que as listas estão interligas, ou seja, a lista de Subelementos só aparece se na lista dos Elementos for selecionado um elemento.

Para o resto das opções da ficha da inspeção foi usada a função “procv”, esta função é uma função de procura, ou seja, procura o texto correto na tabela criada para as anomalias; por exemplo se quero a causa possível da anomalia Perda de Estanqueidade à água uso a função “PROCV(E12;Anomalias!I28:AF77;2;FALSO)” (Figura 42).

|    |  |   |   |
|----|--|---|---|
| 10 | <b>Anomalia, Solução e Sequência de Reparações</b> |   |   |
| 11 | Elemento   | Cobertura   | Sub-Elemento Placas_alveolares_Clarabóias |
| 12 | Anomalia   | Perda_de_estanqueidade_à_água   |   |
| 13 | Causas Possíveis                                   |   |   |
| 14 |  |   |   |
| 15 |  | =PROCV(E12;Anomalias!128:AF77;2;FALSO)  |   |
| 16 |  |   |   |
| 17 |  |   |   |
| 18 |  |   |   |
| 19 | Solução  | PROCV(valor_proc; matriz_tabela; núm_índice_coluna; [procurar_intervalo])   |   |
| 20 |  | Reparação da claraboia  |   |
| 21 |  |   |   |
| 22 |  |   |   |
| 23 |  |   |   |
| 24 | Sequencia de Reparações                            |   |   |
| 25 |  | 1º Identificar a zona onde ocorre perda de estanqueidade; 2º Remove-se total ou parcialmente o revestimento por raspagem; 3º Efetuar a pintura ou repintura com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas. |   |
| 26 |  |   |   |
| 27 |  |   |   |
| 28 |  |   |   |
| 29 |  |   |   |
| 30 |  |   |   |
| 31 |  |   |   |
| 32 | Outras Observações                                 |   |   |
| 33 |  |   |   |
| 34 |  |   |   |

Figura 42 - Função Procura.

Na imagem seguinte é a folha de inspeção com a escolha do Elemento **Parede Exterior**, com o Subelemento **Revestimento em Reboco** com a anomalia **Fendilhação** (figura 43).

| Ficha de Inspeção, Diagnóstico e Solução para a Reabilitação   |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <b>Identificação do edifício</b>   |   |   |   |
| Identificação do edifício  |   | Escola EB2,3/5 Arcos de Valdevez                            |   |
| Morada:  | R. Dr. Joaquim Carlos da Cunha Cerqueira  |   |   |
| Código postal:   | 4970-457  | Concelho:   | Arcos de Valdevez   |
| Freguesia:   | Vila Fonche   | Distrito:   | Viana do Castelo  |
| <b>Características do edifício</b>   |   |   |   |
| Ano de Construção  | 1986  | Nº de pisos   | 3   |
| Utilização do edifício   | Escola  |   |   |
| <b>Anomalia, Solução e Sequência de Reparações</b>   |   |   |   |
| Elemento   | Paredes Exteriores  | Sub-Elemento  | Revestimento em reboco  |
| Anomalia   | Fendilhação   |   |   |
| Causas Possíveis   | Movimentos estruturais significativos do substrato; Aplicação de Revestimentos muito acima das especificadas; Incapacidade física-química-mecânica do produto de pintura com a base de aplicação. |   |   |
| Solução  | Tratamento superficial (com remoção parcial ou total do revestimento; Tratamento superficial (com fixagem superficial)  |   |   |
| Sequencia de Reparações  | 1º Remove-se total ou parcialmente o revestimento por raspagem; 2º Efetuar a pintura ou repintura com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.                                   |   |   |
| Outras Observações   |   |   |   |
| Equipamentos e materiais necessários à reparação:  |   | Pincel, Rebadeira, Revestimento do tipo Reboco-ISODUR, etc. |   |
| Relevância para degradação do desempenho do edifício:  | Médio   | Urgência na reparação:                                      | Não   |
| Necessidade de desocupação do Edifício:  | Não   | Manual de Manutenção:                                       | <a href="#">\OneDrive\Ambiente de Trabalho\tese\Compilação Técnica\3 - Documentação Técnica\3.3 - Plano de Manutenção</a> |
| Técnico:   | Tiago Barreiro  | Data da última inspeção:                                    | 02_01_2020  |
|  |   | Data de Hoje:   |   |
| * Nota: Aonde diz teste e teste1 é a anomalia degradação; Aonde diz teste 3 é o deslocamento de remates. |   |   |   |

Figura 43 -Ficha de inspeção do elemento Paredes Exteriores com a anomalia Fendilhação.

De mencionar que na criação desta ficha de inspeção obteve-se um problema, nomeadamente na criação do excel, como se pode reparar em algumas imagens da ficha de inspeção existe uma nota a explicar que a anomalia teste 1 equivale a degradação e o teste 3 ao deslocamento de remates, esta nota foi criada pois se colocasse o nome da anomalia por exemplo “degradação” a função procura ( PROCV) não me dava o texto correto.

## **CAPÍTULO 5. ESTABELECIMENTO DA INTERLIGAÇÃO ENTRE O MODELO E O PROGRAMA**

Como tem sido referido no presente trabalho, um modelo BIM, se detalhadamente elaborado, constitui-se como um importante elemento de introdução e consulta de informação relativamente aos projetos e/ou aos edifícios. A informação arquitetónica, estrutural e de serviços para efeitos de análise estética, energética, cálculo ou orçamentação é frequentemente usada, reutilizada e atualizada num processo de base BIM.

Contudo, a etapa da manutenção de um edifício, pode considerar-se como uma informação adicional, devendo ser inserida no modelo BIM do edifício, servindo assim como um auxílio importante para um melhor conhecimento do edifício. Como referido, o objetivo principal da implementação de fichas de inspeção de um edifício seria a criação e associação das respetivas fichas ao modelo digital do edifício, dotando-o de mais informação, que se revelará útil, em futuras ações de manutenção.

Este capítulo aborda o modo de associar ao modelo BIM do edifício, modelado por recurso ao Revit 2020, a informação da ficha de inspeção. Este estudo requer a análise da interoperabilidade entre o software modelador BIM e os diferentes visualizadores BIM, nomeadamente a nível de transferência de dados e informações sob o formato IFC. Para este efeito foi testado o visualizador BIM Navisworks. Este passo revela-se da maior importância, já que a interoperabilidade é fundamental na metodologia BIM, pois a inexistência de uma interoperabilidade eficaz e isenta de erros, retira benefícios ao BIM.

O presente capítulo efetua a interligação entre o programa criado e o visualizador BIM selecionado, Navisworks, e ilustra o preenchimento de uma ficha de inspeção, posteriormente gravada e inserida no modelo.

O software Naviswork foi escolhido, pois como é um produto da Autodesk e como o modelo foi realizado no software Revit 2020 também da Autodesk existe menor probabilidade de perder informação ao exportar o modelo.

Seguidamente, uma consulta do modelo para efeitos de análise é realizada por um técnico de manutenção e são enumeradas as potencialidades que a interligação entre o modelo e programa de ficha de inspeção revela para ações de manutenção de edifícios.

### **5.1 Interoperabilidade entre sistemas**

As empresas fornecedoras deste tipo de software BIM criaram os visualizadores BIM permitindo um determinado grau de interoperabilidade. Um visualizador é uma aplicação que possibilita o acesso a toda a informação criada no modelo. Ao contrário do software de modelação, a navegação e a interação com o modelo é executada de uma forma rápida e mais leve, podendo ainda ser acedida a partir de dispositivos móveis, como smartphones ou tablets.

Este tipo de aplicação permite executar algumas das vantagens reconhecidas no BIM, pois é a base para a integração da diversa informação proveniente de projetos de arquitetura, de estruturas, de instalações prediais e de orçamentação, e permite, ainda, a análise da deteção de conflitos.

Segundo a Autodesk, um visualizador BIM é um software vocacionado para a engenharia, arquitetura e construção, sendo uma ferramenta profissional dirigida para a análise e revisão de modelos integrados, deteção de conflitos e planeamento de projetos de construção ou remodelação [W9]. O objetivo deste trabalho é utilizar um visualizador eficaz no apoio à manutenção.

O funcionamento eficaz dos visualizadores BIM assenta sobretudo na concretização da interoperabilidade, que pode ser definida como a capacidade de os sistemas comunicarem eficientemente entre si, compreendendo-se reciprocamente, funcionando sem quaisquer erros e conflitos (Sacks et al., 2008). Um visualizador BIM é uma aplicação aglutinadora de toda a informação proveniente dos diversos intervenientes na construção de um edifício. Normalmente considera-se que cada interveniente forneça os seus dados no formato original do respetivo software de apoio, de modo a enriquecer o modelo BIM. O sucesso da metodologia BIM, depende assim do funcionamento do visualizador BIM, pois atua como o interlocutor. O modo de funcionamento de um visualizador BIM, apesar de simples, depende fundamentalmente do formato IFC. Assim, um modelo usado como ferramenta de base BIM, deve ser exportado no formato IFC e, posteriormente, importado por um visualizador BIM.

Atualmente, no mercado, existem inúmeros visualizadores BIM, tais como o Navisworks da Autodesk, o Solibri Model Checker da Solibri, o BIMx da Graphisoft, o TeklaBimSight da Tekla, entre outros [w10]. No âmbito da dissertação, foi feita uma breve pesquisa, para recolher informação de quais os visualizadores que recolham maior apetência e frequência de utilização, tendo-se optado por testar o Navisworks.

Pré-selecionados os visualizadores BIM mais populares, procedeu-se à sua análise, de modo a poder escolher-se, o visualizador que melhor se adequaria às necessidades do trabalho. Para tal, o primeiro passo foi a obtenção da respetiva aplicação. O Navisworks foi obtido de forma gratuita sob a forma de licença estudantil (válida por três anos), evitando-se o preço de mercado situado nos 1 162€ por ano [W11].

No Revit foi arquivada uma versão do modelo em formato IFC, para se proceder à sua transposição para os visualizadores. Este procedimento é efetuado por seleção da opção **Exportar**, incluído no separador “File”, devendo ser indicado a opção **IFC**, como ilustra a Figura 44. No entanto, através do mesmo separador e escolhendo novamente o botão **Exportar**, pode ser selecionada a hipótese **NWC** (Figura 44). Assim, o Revit permite a exportação do modelo no formato NWC, ou seja, no formato exclusivo do Navisworks. Esta exclusividade apenas é possível devido ao facto da empresa detentora do software Navisworks ser a mesma que detém o Revit, a Autodesk.

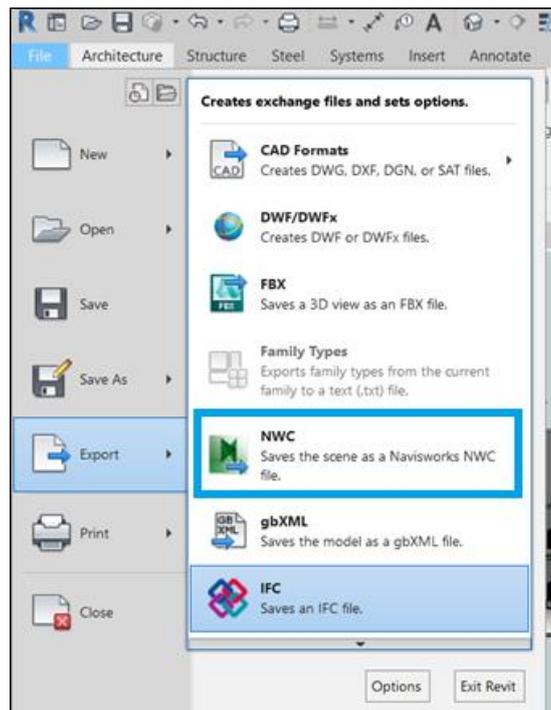


Figura 44 - Arquivo do Modelo Revit nos formatos IFC e NWC.

Neste trabalho, o arquivo do modelo, criado no Revit, foi efetuado em formato IFC4. [w12].

De seguida procedeu-se à importação do modelo IFC pelo visualizador Naviswork. Esta aplicação não apresentou qualquer erro. A interface deste visualizador é bastante semelhante à do Revit, como se pode observar na imagem da Figura 45. A representação do modelo do edifício é mais pormenorizada, e possui, toda a informação dos elementos, de uma forma individualizada, preservando todas as informações inseridas no Revit, excetuando a cor dos elementos. O Navisworks efetua uma deteção automática dos conflitos, tem uma possibilidade de adição de comentários e documentos a cada elemento construtivo, podendo ainda interligar-se com outros softwares.

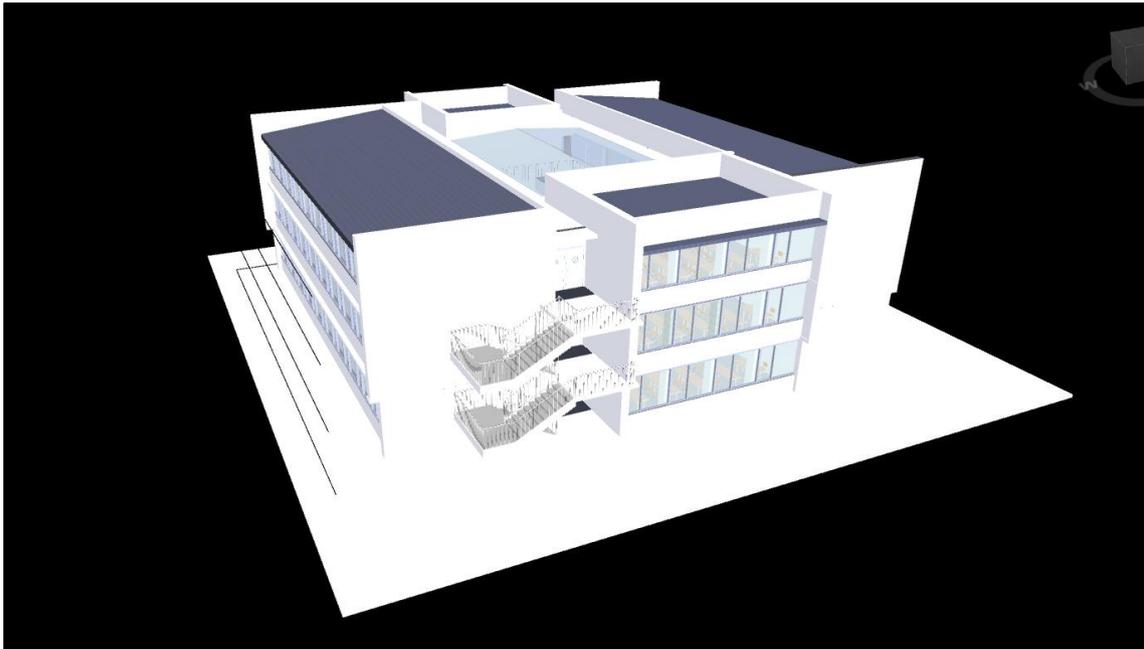


Figura 45 - Modelo da escola no visualizador Naviswork.

Foi testada a interligação com o programa de inspeção criado. Este processo decorreu sem qualquer tipo de problema, verificando-se um grau bastante eficiente de interoperabilidade entre softwares. De facto, o Navisworks dispõe de uma elevada gama de opções, tais como a possibilidade de renderização do modelo, da criação de animações, da definição de um percurso virtual, pelo interior e exterior do edifício, o facto de incorporar automaticamente uma aplicação de planeamento da obra, etc.

Como conclusão é possível afirmar que o visualizador funciona perfeitamente sob o formato IFC, já que a transposição do modelo para o Naviswork, foi efetuada com total preservação da informação e isenta de erros. Como limitações, refiram-se à desorganização da informação proveniente do Revit e a falta de capacidade de armazenamento das cores definidas no Revit, descolorindo totalmente o modelo. Note-se, todavia, que, este fato já não acontece na transposição do formato NWC, diretamente do Revit para o Navisworks, o que faz supor, que é uma limitação associada ao padrão IFC, apesar que ao exportar em NWC já existe perda de informação sobre o modelo, por isso é que foi usado o padrão IFC.

Como tal, no âmbito da dissertação, foi escolhido o Navisworks, não só por ser mais completo, mas também porque foi o único que revelou capacidade para se interligar com o programa criado.

## 5.2 Manipulação da aplicação

Como referido, o visualizador BIM escolhido para trabalharmos o exemplo, foi o Navisworks da Autodesk, tendo-se optado por utilizar o formato padrão IFC. O visualizador identifica toda a informação proveniente do Revit, individualizada por elemento construtivo. Pode observar-se a seleção de uma parede exterior do modelo na Figura 46, apresentado na cor azul. O elemento está associado a inúmeras informações, tais como, o nome do elemento, suas dimensões, características físicas, materiais constituintes e respetivas espessuras, entre outras (Figura 47).

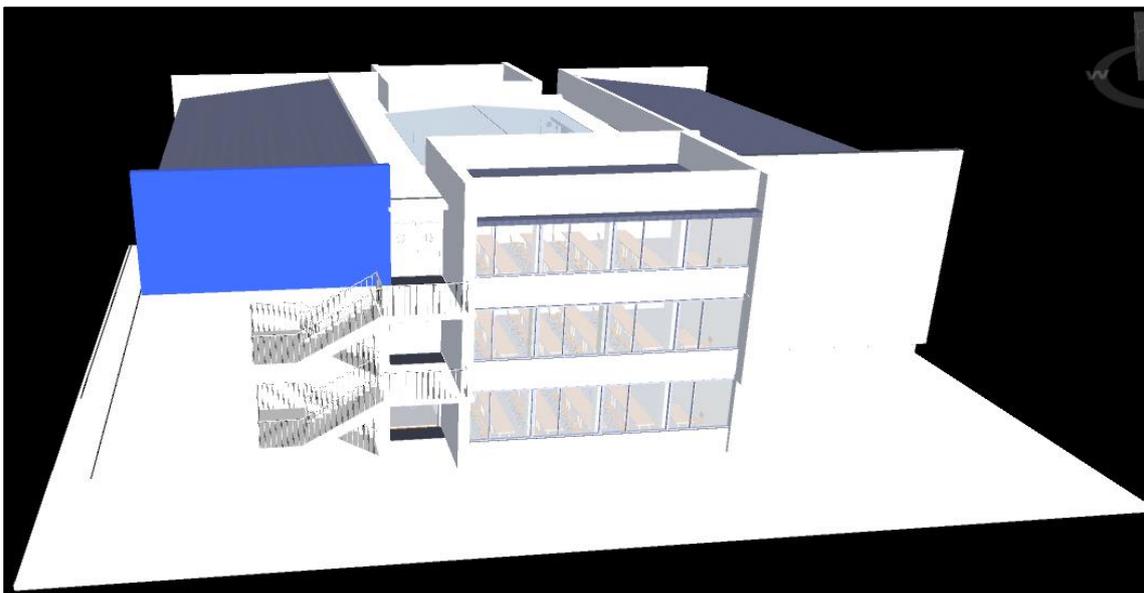


Figura 46 – Seleção do elemento parede exterior do modelo.



Figura 47 - Informação preservada pelo formato ifc.

Quando efetuada a transposição para o visualizador as informações referentes a características geométricas foram preservadas, tais como a localização e dimensão dos elementos, cortes, plantas, alçados e projeções.

A interligação entre o programa de inspeção e o Navisworks, é executada através de uma hiperligação, criada e adicionada separadamente por tipo de elemento construtivo. O processo de execução, consiste em selecionar previamente o elemento construtivo, escolher os botões “Select Same” e “Select Same Type”, como ilustra a Figura 48, de modo a ocorrer uma seleção de todos os elementos construtivos do mesmo tipo (no exemplo, paredes exteriores).

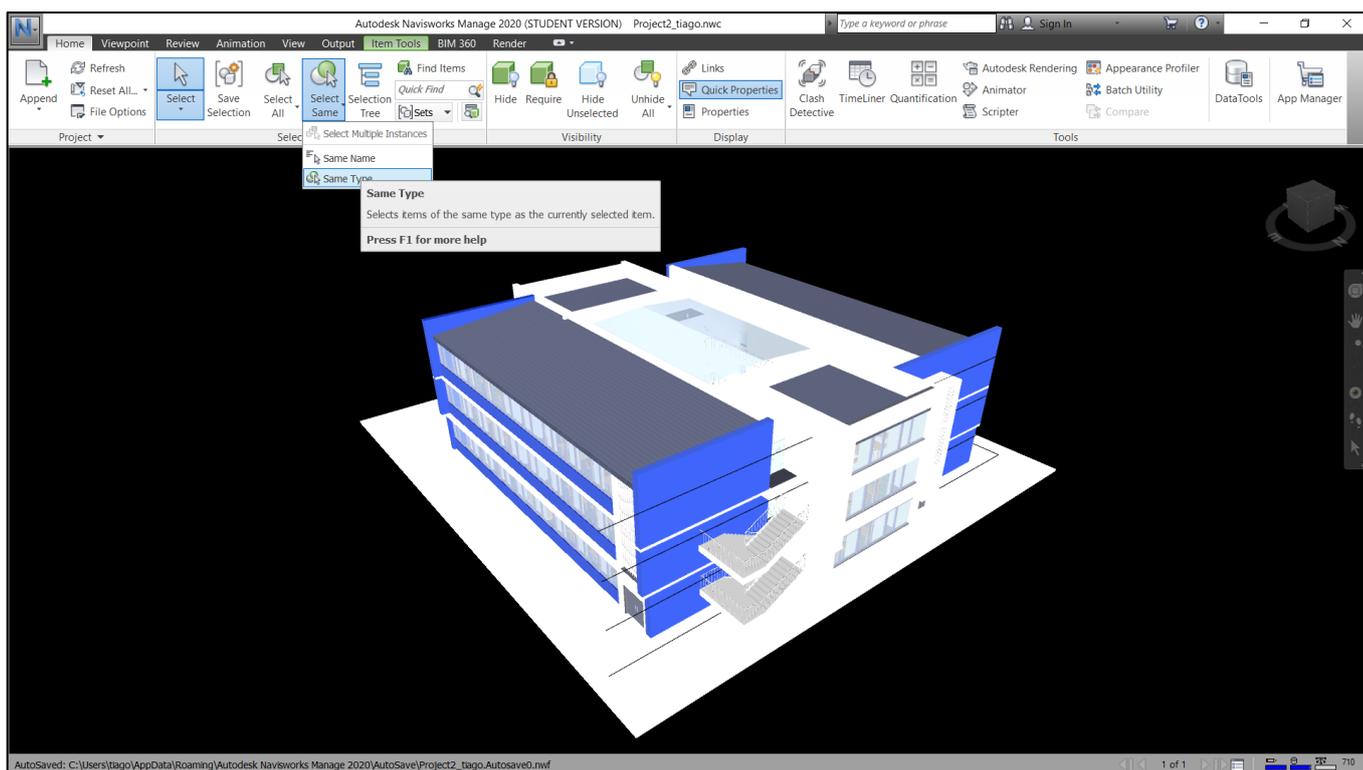


Figura 48 – Seleção de todos os elementos construtivos do mesmo tipo (paredes exteriores).

De seguida, com o clique do botão direito do rato, sobre a seleção efetuada, são escolhidas as opções Links e Add Links, sendo automaticamente aberta uma nova janela (figura 49), onde é possível escolher a localização do ficheiro a adicionar, e a respetiva designação (no exemplo a designação escolhida foi “Tabela de Manutenção”).

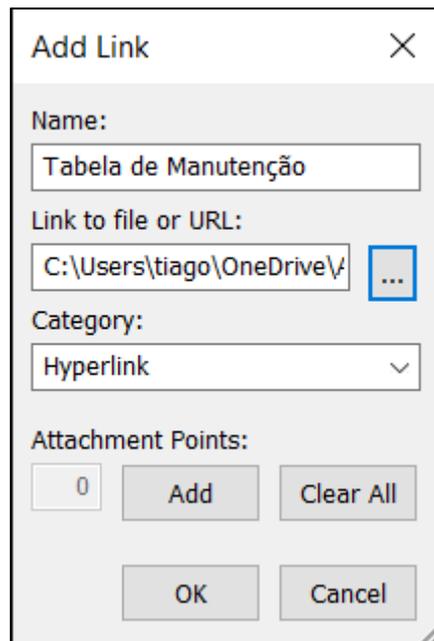


Figura 49 - Adição de um link ao Naviswork.

Este procedimento foi efetuado para os elementos construtivos analisados neste trabalho, paredes exteriores, paredes interiores e coberturas inclinadas, ficando todos os elementos do modelo preparados para ser inspecionados. O processo que a seguir se descreve, relativo à adição de documentos ao modelo, é efetuado de uma forma semelhante para qualquer elemento do modelo.

### 5.3 Inspeção

Neste subcapítulo, é simulada uma inspeção ao edifício, sendo registada uma anomalia por cada elemento construtivo estudado: parede exterior, parede interior e cobertura inclinada.

Considere-se o registo de uma anomalia originada numa parede exterior do edifício:

O técnico de manutenção, recorrendo à aplicação desenvolvida, seleciona a correspondente parede no visualizador BIM (representada a azul na Figura 50). Através do modelo BIM, consegue identificar os materiais constituintes da parede exterior: a espessura total é de 44.2 cm; a sua camada externa e interna é constituída por 6cm de Reboco do tipo Isodur, Pintura Branca Exterior de 0.1cm e Isoargila de 32cm (Figura 51). As características dos elementos, atribuídas durante a criação do modelo de arquitetura, podem ser agora consultadas. O modelo BIM é apenas

arquitetónico e, portanto, não contém informação de carácter estrutural ou de instalações de serviços, tais como a passagem de tubagens pelas paredes, existência de paredes resistentes, etc.

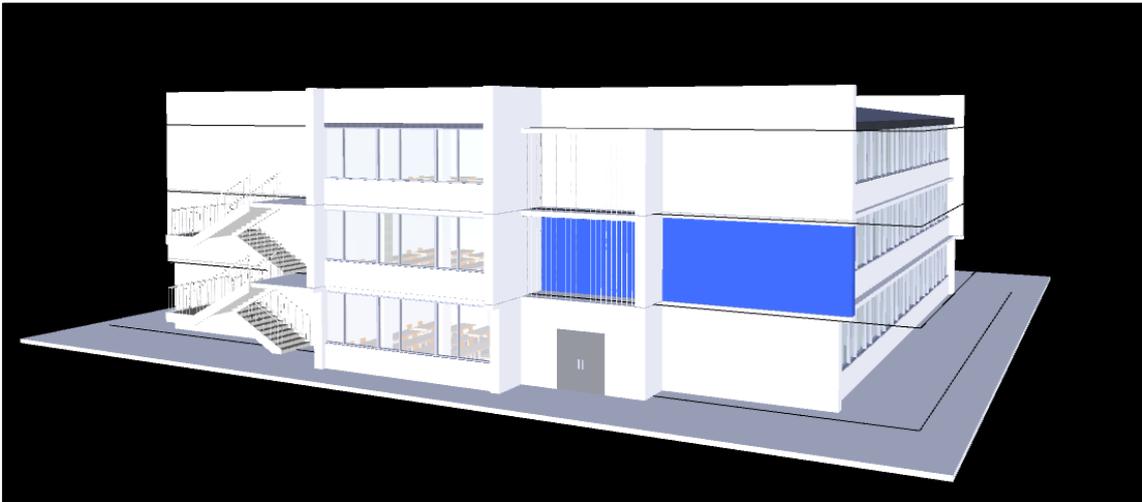


Figura 50 - Seleção de uma parede exterior.

|                  |   |
|------------------|---|
| ifcName          | Basic Wall:Generic - 320mm:264090   |
| ifcPropertySe... | "Pset_ElementShading";"Pset_ProductRequirements";"Pset_QuantityTakeOff";"Pset_ReinforcementBarPitchOfWall";"Pset_WallCommon"                |
| Phase Created    | Phase "New Construction", #3  |
| Type Id          | DirectShapeType "Basic Wall:Generic - 320mm", #2470   |
| Type             | DirectShapeType "Basic Wall:Generic - 320mm", #2470   |
| Rebar Cover      | RebarCoverType "Rebar Cover 1", #1851   |
| ifcMaterial      | Pintura- Branca Exterior: 0.0010 m;Reboco- isodur: 0.0600 m;Isoargila: 0.3200 m;Reboco- isodur: 0.0600 m;Pintura- Branca Exterior: 0.0010 m |

Figura 51 - Características da parede exterior.

Confirmadas todas as informações necessárias, segue-se a execução do excel, selecionando-se as opções Links e Tabela de Inspeção, como ilustra a Figura 52, iniciando-se automaticamente a folha de Excel.

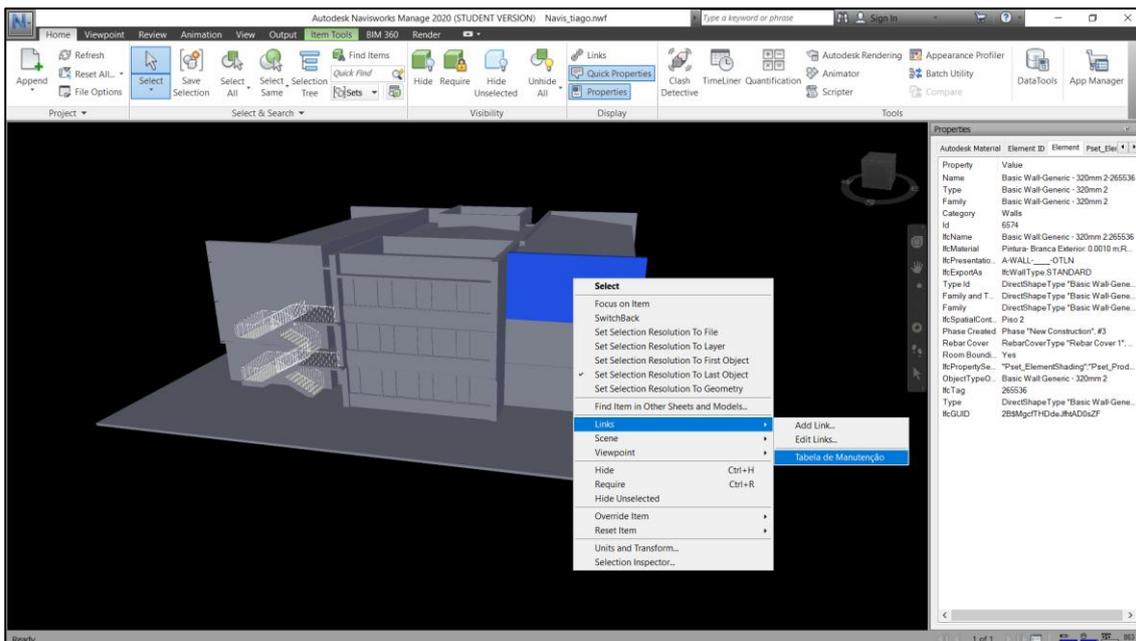


Figura 52 - Seleção do Link "Tabela de Manutenção".

A ficha de inspeção, entretanto aberta, subdivide-se em: zona de identificação e caracterização do edifício; zona específica de identificação da anomalia observada e associação de metodologia de reparação.

O técnico deve iniciar o preenchimento da ficha, inserindo todos os dados relativos às características e identificação do edifício. A maioria dos dados são inseridos através de caixas de texto livre. Esta etapa, não deve ser descurada pois garante a correta identificação do edifício e das suas características. A Figura 53 ilustra a parte inicial da ficha de inspeção já preenchida, relativo à escola localizada em Arcos de Valdevez com 3 Pisos.

| Ficha de Inspeção, Diagnóstico e Solução para a Reabilitação |  |                                    |                   |
|--|--|------------------------------------|-------------------|
| <b>Identificação do edifício</b>                             |  | <b>Características do edifício</b> |                   |
| Identificação do edifício                                    |  | Escola EB2,3/S Arcos de Valdevez   |                   |
| Morada:  | R. Dr. Joaquim Carlos da Cunha Cerqueira |                                    |                   |
| Código postal:   | 4970-457                                 | Concelho:                          | Arcos de Valdevez |
| Freguesia:   | Vila Fonche                              | Distrito:                          | Viana do Castelo  |
| Ano de Construção  |  | 1986                               | Nº de pisos       |
| Utilização do edifício                                       |  | Escola                             |                   |

Figura 53 - Preenchimento da Identificação e Características do edifício.

A segunda fase do preenchimento da ficha de inspeção, consiste em diagnosticar a anomalia e efetuar o seu registo:

O técnico, através de consulta no modelo BIM das características do elemento a seleccionar, fica informado relativamente a materiais e espessuras das camadas, da componente em análise. Assim, no preenchimento da ficha indica inicialmente qual o elemento e o subelemento pretendidos. De seguida, fica disponibilizada uma lista com as possíveis anomalias associadas ao subelemento. Considere-se o elemento “Paredes exteriores” e o subelemento “Revestimento em Reboco”. Seleccione-se, por exemplo a anomalia “Perda de Aderência”, como ilustra a Figura 54.

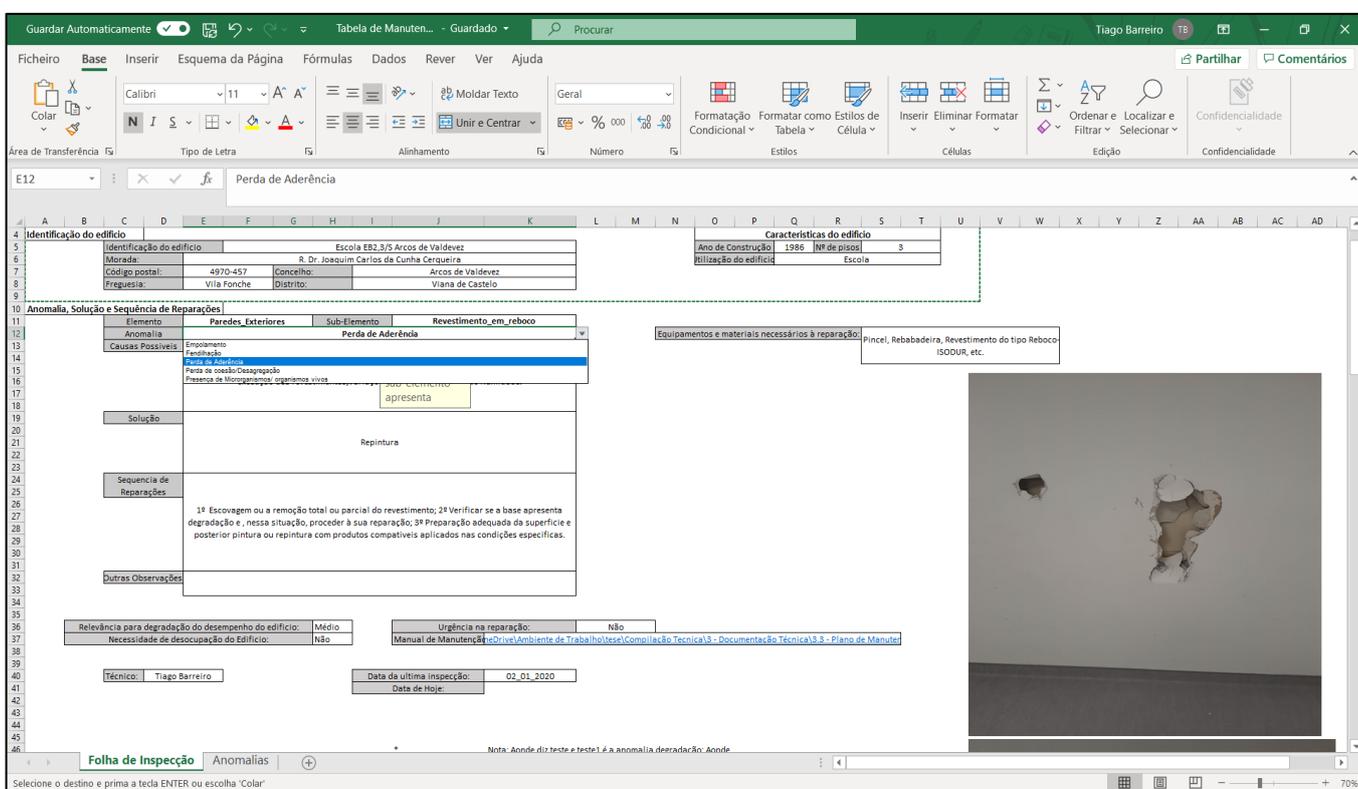


Figura 54 - Seleção da anomalia "Perda de Aderência".

O técnico deverá ser conhecedor do tipo de anomalias frequentes, de modo a poder seleccionar corretamente a anomalia que está a observar e, proceder à sua correta classificação. As causas prováveis, a solução recomendada e o método de reparação apropriado são fornecidas automaticamente pelo excel, consoante a anomalia seleccionada. Neste exemplo, à anomalia

“Perda de Aderência”, estão associadas as causas possíveis, a solução e a sequência de reparações, observáveis na Figura 55.

| Elemento                | Paredes_Exteriores  | Sub-Elemento | Revestimento_em_reboco |
|-------------------------|---|--------------|------------------------|
| Anomalia                | <b>Perda de Aderência</b>   |              |                        |
| Causas Possíveis        | Incompatibilidade química do produto de revestimento com a base de aplicação; Incorreta execução dos revestimentos; Variações térmicas; Variações de Humidade.  |              |                        |
| Solução                 | Repintura   |              |                        |
| Sequencia de Reparações | 1º Escovagem ou a remoção total ou parcial do revestimento; 2º Verificar se a base apresenta degradação e , nessa situação, proceder à sua reparação; 3º Preparação adequada da superfície e posterior pintura ou repintura com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas. |              |                        |

Figura 55 - Causas possíveis, solução e sequência de reparação da anomalia "Perda de Aderência".

Adicionalmente, a ficha de inspeção permite a indicação de mais informação, como (Figura 56): a urgência de reparação; A Relevância para degradação do desempenho do edifício; a necessidade de desocupação do edifício e os manuais de utilização fornecidos pela empresa construtora do mesmo. O técnico poderá aconselhar, ainda, o tipo de equipamento e materiais necessários à sua reparação, de forma a fornecer informação adicional à equipa de reparação acerca da correta execução dos trabalhos.

|   |                |                          |   |
|---|----------------|--------------------------|---|
| Relevância para degradação do desempenho do edifício: | Médio          | Urgência na reparação:   | Não   |
| Necessidade de desocupação do Edifício:               | Não            | Manual de Manutenção:    | <a href="#">\OneDrive\Ambiente de Trabalho\tese\Compilação Técnica\3 - Documentação Técnica\3.3 - Plano de Manutenção</a> |
| Técnico:  | Tiago Barreiro | Data da última inspeção: | 02_01_2020  |
|   |                | Data de Hoje:            |   |

Figura 56 - Informação Adicional da Ficha de Inspeção.

Para a realização da inspeção de uma parede interior o preenchimento é semelhante. Admita-se que o técnico responsável pela inspeção deteta uma anomalia numa parede interior pertencente a uma sala do edifício. Através do visualizador o técnico seleciona o elemento (representado a azul na Figura 57).

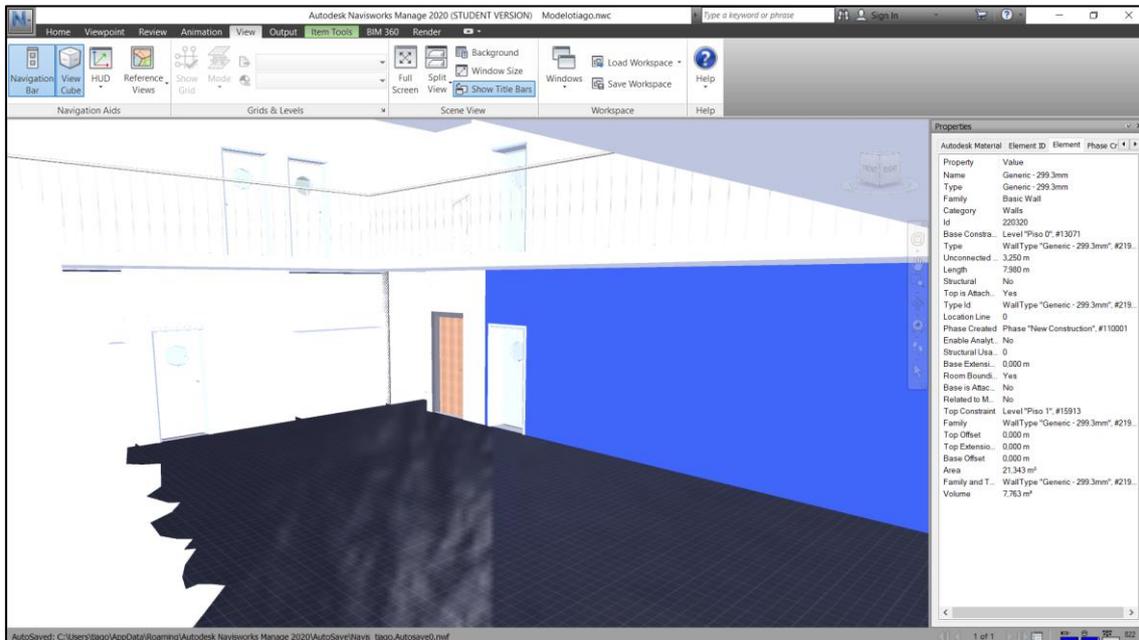


Figura 57 - Seleção de uma parede interior.

Pretendendo registar uma anomalia sobre o elemento parede, segue-se a execução do programa, selecionando-se as opções “Links” e “Tabela de Manutenção”, como ilustra a Figura 52.

Tratando-se do mesmo edifício, acima analisado, os dados iniciais são os mesmos. Na opção elemento e sub-elemento devem agora corresponder, respetivamente, a “Parede interior” e “Gesso Cartonado” (Figura 58). Considera-se a anomalia “Vandalismo” selecionada a partir da lista de anomalias associada ao subelemento indicado. A seleção da anomalia “Vandalismo”, está relacionada com as causas possíveis, a solução e a sequência de reparações, visualizadas na Figura 59.

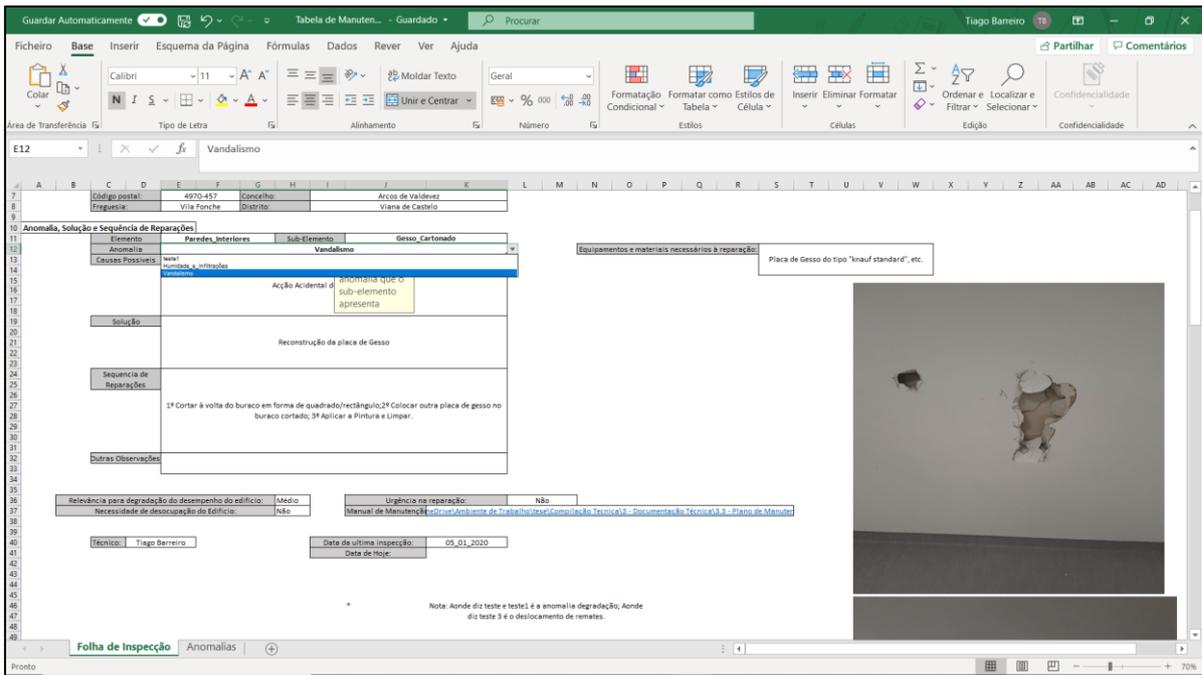


Figura 58 - Seleção da anomalia "Vandalismo" relativa ao gesso cartonado existente numa parede interior.

| Elemento                | Paredes_Interiores   | Sub-Elemento | Gesso_Cartonado |
|-------------------------|--|--------------|-----------------|
| Anomalia                | <b>Vandalismo</b>  |              |                 |
| Causas Possíveis        | Acção Acidental de origem Humana.  |              |                 |
| Solução                 | Reconstrução da placa de Gesso   |              |                 |
| Sequencia de Reparações | 1º Cortar à volta do buraco em forma de quadrado/rectângulo; 2º Colocar outra placa de gesso no buraco cortado; 3º Aplicar a Pintura e Limpar. |              |                 |

Figura 59 - Causas possíveis, solução e seqüência de reparação da anomalia "Vandalismo".

Finalmente, é inspecionado um elemento de cobertura.

Admita-se que o técnico responsável pela inspeção, deteta uma anomalia na cobertura do edifício.

No visualizador BIM, o técnico de manutenção, seleciona essa cobertura (Figura 60). A informação

relativa aos materiais constituintes do elemento selecionado, é visualizado: na parte inferior betão pronto c30/37 com 34cm de espessura e na parte superior painel do tipo sanduiche com 0,8 cm. Um modelo BIM mais rico poderia conter informação relativa a elementos singulares de cobertura, tais como tubos de queda, ralos de embocadura, sistemas de ventilação, etc., dados bastante úteis para uma análise no âmbito da manutenção.

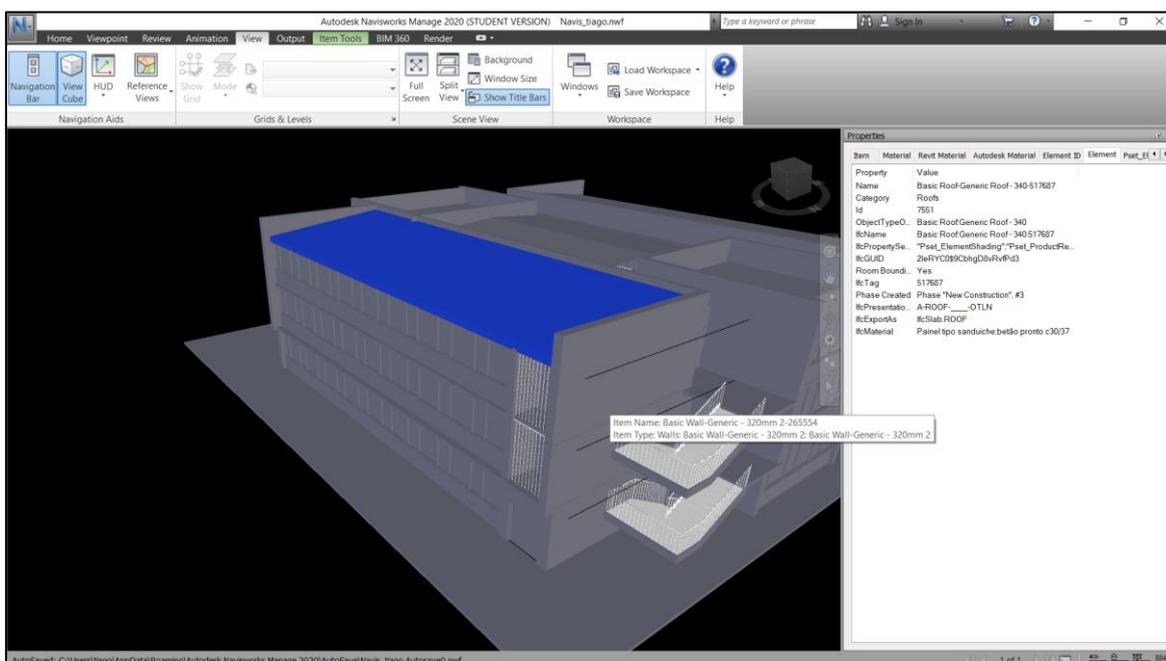


Figura 60 - Seleção de uma cobertura e respetivas características associadas.

Visualizadas as informações associadas ao elemento necessárias, segue-se a execução do programa, selecionando-se as opções Links e Tabela de Manutenção, como nos exemplos anteriores.

Após a abertura do excel, é preenchida a parte inicial da ficha de inspeção, a segunda fase é iniciada com a escolha do elemento “Coberturas” e do subelemento “Painel tipo sanduiche”. A anomalia considerada na ilustração do elemento da cobertura é “Sujidade superficial ou acumulação de detritos nos remates” selecionado a partir da lista de anomalias apresentada em lista (Figura 61).

Após a seleção da anomalia, o excel forneceu de modo automático, as causas possíveis, a solução e respetivo método de reparação, como é visível na Figura 62.

| Anomalia, Solução e Sequência de Reparações  |  | Elemento   | Cobertura  | Sub-Elemento  | Painel_Tipo_Sanduiche |
|--|--|--|--|---|-----------------------|
| Anomalia   |  |  |  |   |                       |
| Causas Possíveis   |  | teste3   | Equipamentos e materiais necessários à reparação |   |                       |
|  |  | Fissuração_de_Remates                                      |  |   |                       |
|  |  | Sujidade_superficial_ou_acumulação_de_detritos_nos_remates |  |   |                       |
|  |  |  | anomalia que o sub-elemento apresenta            |   |                       |
| Solução  |  |  | #N/D   |   |                       |
| Sequencia de Reparações  |  |  | #N/D   |   |                       |
| Outras Observações   |  |  |  |   |                       |
| Relevância para degradação do desempenho do edifício:  |  | #N/D   | Urgência na reparação:                           | #N/D  |                       |
| Necessidade de desocupação do Edifício:  |  | #N/D   | Manual de Manutenção:                            | <a href="#">C:\Arquivos de Trabalho\teste\Compilação Técnica\3 - Documentação Técnica\3.3 - Plano</a> |                       |
| Técnico:   |  | #N/D   | Data da última inspeção:                         | #N/D  |                       |
|  |  |  | Data de Hoje:                                    |   |                       |
| * Nota: Aonde diz teste e teste1 é a anomalia degradação; Aonde diz teste 3 é o deslocamento de remates. |  |  |  |   |                       |

Figura 61 - Seleção da anomalia "Sujidade superficial ou acumulação de detritos".

| Anomalia, Solução e Sequência de Reparações |  | Elemento | Cobertura   | Sub-Elemento | Painel_Tipo_Sanduiche |
|---|--|----------|---|--------------|-----------------------|
| Anomalia                                    |  |          | Sujidade_superficial_ou_acumulação_de_detritos_nos_remates  |              |                       |
| Causas Possíveis                            |  |          | Inexistência de limpeza; Chuva; Vento; Acções Ambientais.   |              |                       |
| Solução                                     |  |          | Proceder á limpeza.   |              |                       |
| Sequencia de Reparações                     |  |          | 1º Contratar pessoal especializado para limpeza da cobertura. 2º Utilizar todas as medidas de segurança para subir á cobertura. |              |                       |

Figura 62 - Causas Possíveis, Solução e sequência de reparação da anomalia.

#### 5.4 Consulta do modelo para planeamento de manutenção

Ao realizar os ficheiros em "excel" acima mencionados, depois de concluídos, deverão ser gravados os ficheiros através do botão "Guardar Como" que se situa no separador "Ficheiro". Ao

utilizar este botão temos a opção de escolher qual o nome desejado para dar ao ficheiro, e qual a pasta de destino, ou seja, o técnico ao realizar a inspeção poderá preencher o Excel, e depois de concluído guarda o ficheiro com o nome do elemento, seguido do subelemento, da anomalia e por fim da data em que a inspeção foi realizada (figura 63).

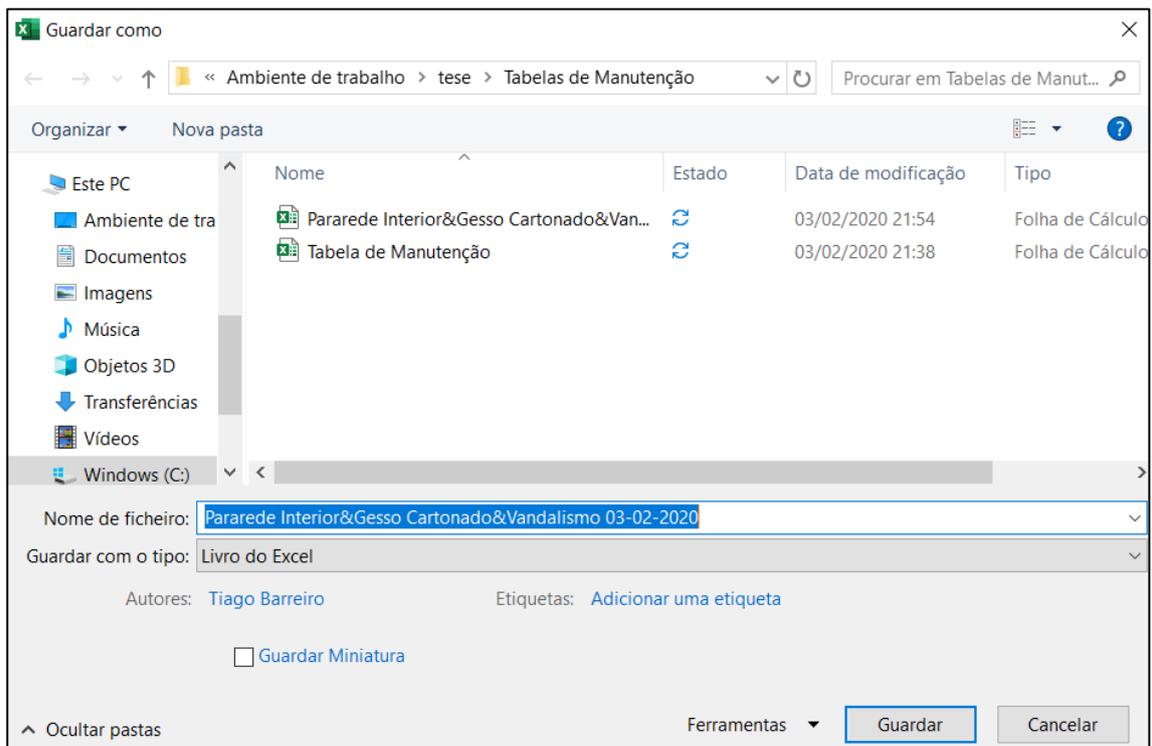


Figura 63 – Nomenclatura do excel depois de concluído.

Por último, relaciona-se o mesmo ficheiro ao respetivo elemento, isto é efetuado através do mesmo navegador BIM. Este processo é iniciado com a seleção do elemento construtivo (por exemplo, a parede interior da sala da Figura 63), seguido da opção Links e Add Links (figura 64).

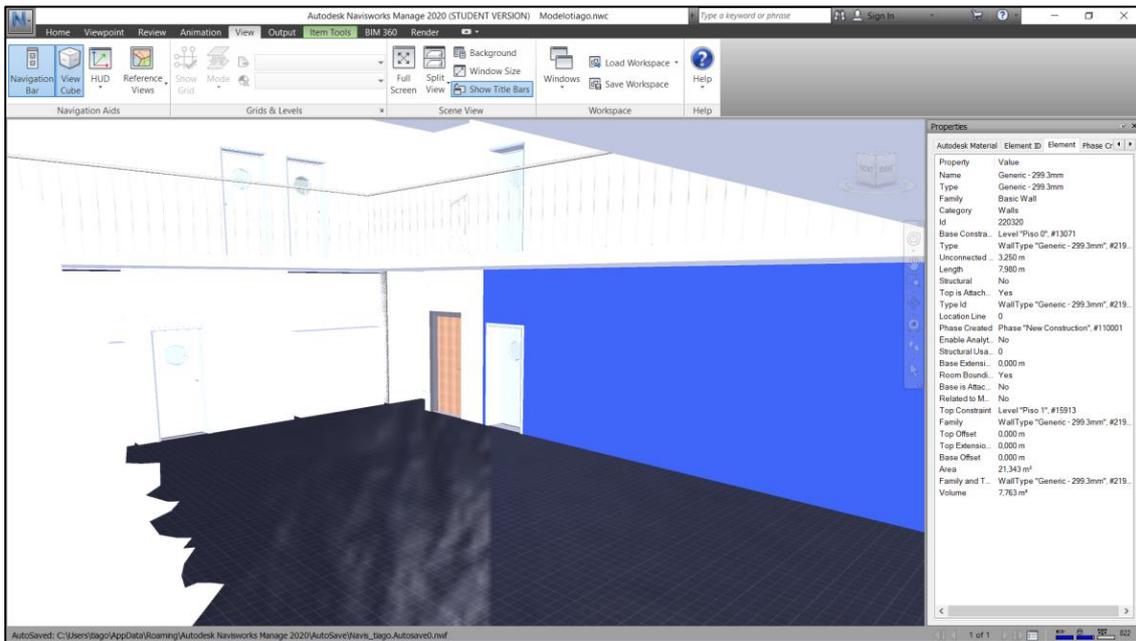


Figura 64 - Seleção do elemento parede interior.

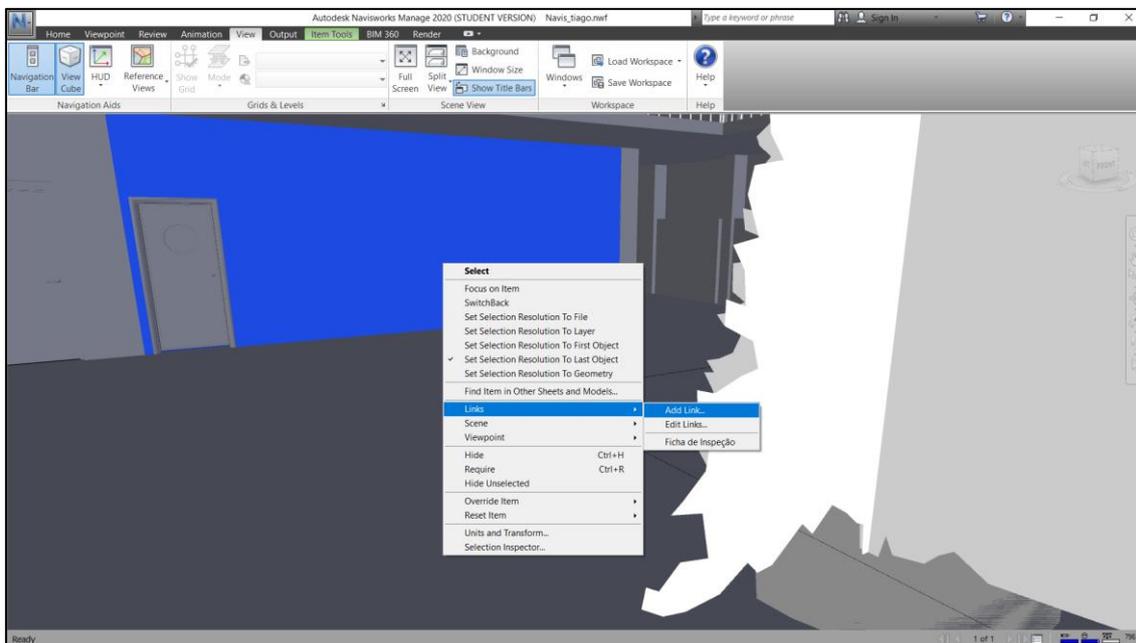


Figura 65 - Adição de um link ao Naviswork.

De seguida, é aberta uma janela onde é selecionado o documento a inserir no modelo e a sua respetiva designação. No exemplo, foi selecionada a ficha de inspeção relativa à anomalia

verificada na parede interior da sala (agora designada “Parede Interior&Gesso Cartonado&Vandalismo 03-02-2020”, como ilustra a Figura 66). Na designação é obrigatório revelar o tipo de anomalia, pois um elemento pode possuir mais do que uma anomalia, sendo que cada ficha de inspeção é preenchida individualmente, por anomalia. A data também deve ser referida na designação do documento, pois um elemento pode ter múltiplas fichas de inspeção, referentes à mesma anomalia, realizadas em diferentes datas.

Após a inserção do documento no modelo, este fica disponibilizado para consulta.

A data é das designações mais importantes a introduzir, pois, através da sua indicação o técnico poderá consultar a periodicidade de inspeções realizadas, nomeadamente a data da última inspeção efetuada, dados que serão importantes para a criação de criar um plano para a manutenção do edifício.

De referir que como o caso de estudo se trata de uma escola pública, na qual deve ser tida em consideração a segurança de pessoal docente e não docente que frequenta o edifício, a manutenção deste deve se realizar anualmente, e ao mínimo registo de anomalia esta deverá ser corrigida de imediato.

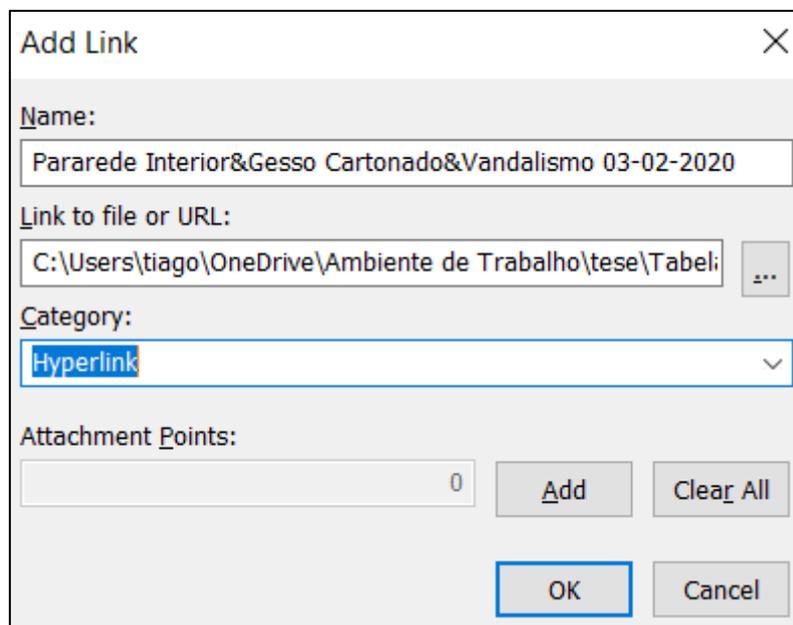


Figura 66 - Seleção do link a adicionar ao Naviswork.

Admita-se que se pretende elaborar o planeamento de obras de reparação ao edifício.

O técnico manipula o modelo BIM, podendo realizar uma visita virtual pelo seu interior, através do comando “Walk” (Figura 67). Este tipo de animação permitida sobre o modelo geométrico, identifica o espaço envolvente podendo o técnico avaliar o tipo de meios de acesso ao local e o espaço disponível para determinados equipamentos.

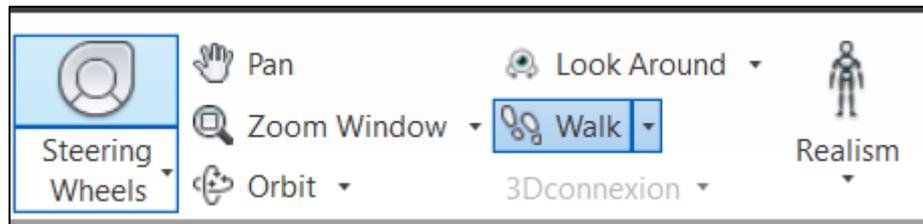


Figura 67 - Comando walk.

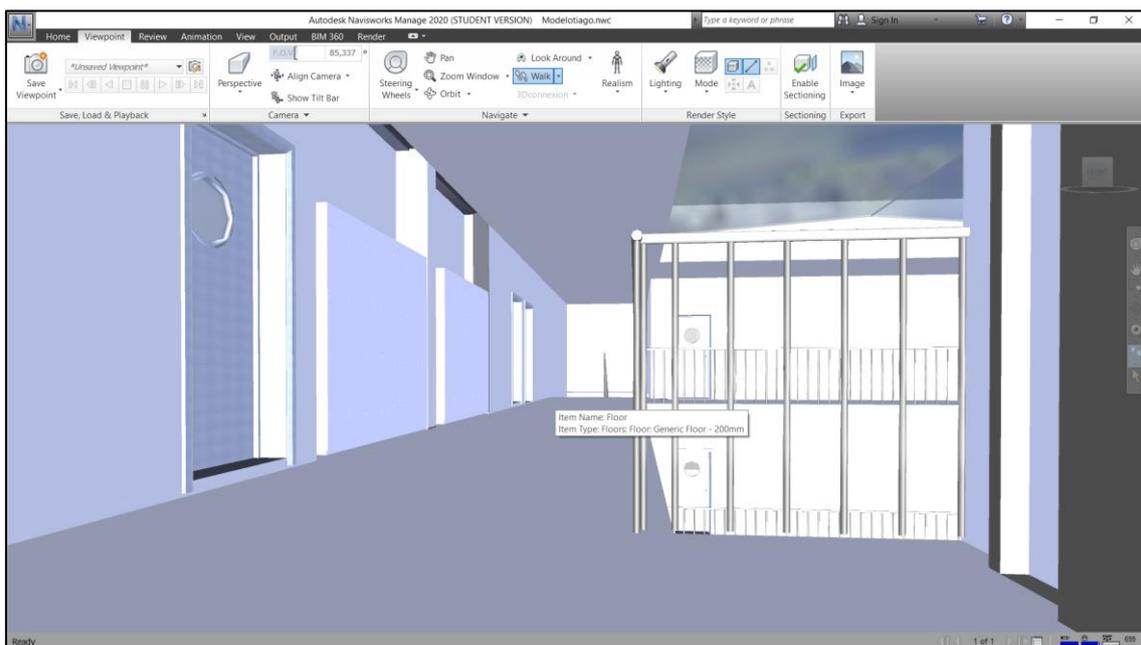


Figura 68 - Comando walk no corredor do piso 2.

A escolha do elemento em que se situa a anomalia (neste caso, a parede interior da sala) identifica, como referido, o tipo de componente e seus materiais. Automaticamente, o modelo BIM fornecerá diversas informações importantes e, portanto, mais vantagens o técnico poderá retirar da consulta ao modelo para efeitos de manutenção e reparação.

Ao ser selecionado o elemento, verifica-se que existem dois anexos associados: uma Tabela de Manutenção e uma Ficha de Inspeção realizada na data 03/02/2020, respeitante a uma anomalia designada por Vandalismo (Figura 69). Ao ser escolhido o link “Parede Interior&Gesso Cartonado&Vandalismo 03-02-2020”, é aberto automaticamente o documento excel referente à ficha de inspeção associada, ou seja, o ficheiro apresentado na Figura 70.

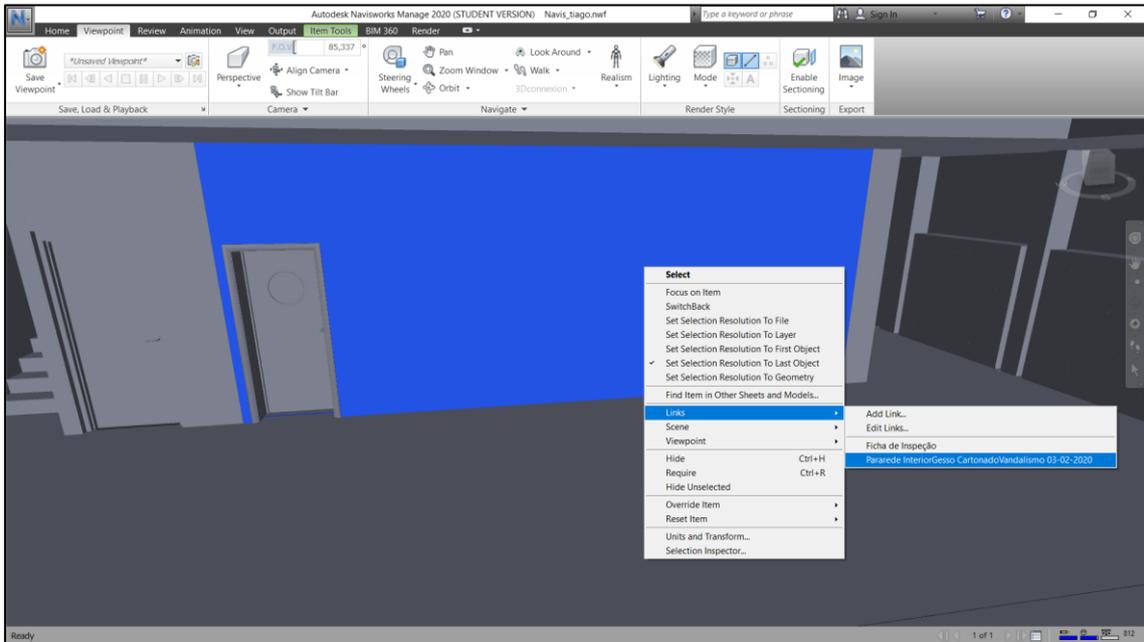


Figura 69 - Seleção da ficha de inspeção da anomalia associada à parede interior.

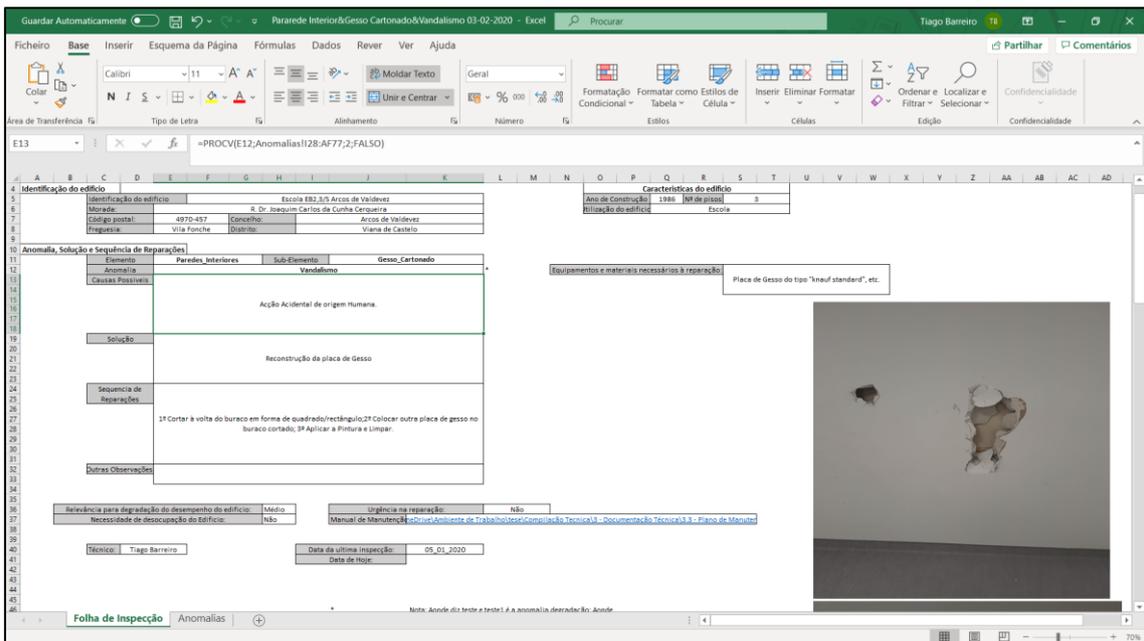


Figura 70 - Ficha de inspeção da anomalia "vandalismo" na Parede Interior.

A ficha de inspeção, aberta no formato Excel, fornece três informações essenciais à equipa: a anomalia, a sua solução e sequência de reparação.

O fornecimento automático da solução e da sequência de reparação constitui um importante auxílio para o planeamento da operação de reparação, no entanto, a ficha de inspeção revela outras informações úteis, como, a urgência de reparação, o equipamento e materiais necessários à intervenção. Esta informação é importante pois constitui uma recomendação de um técnico de inspeção, relativamente a materiais adequados observados no local, assim como uma metodologia de reparação eficaz e uma seleção do equipamento necessário para a reparação ser efetuada com segurança.

Antes de proceder ao registo de uma nova anomalia através do ficheiro de Excel, o técnico pode consultar a informação que conste de outras fichas de inspeção realizadas. Esta consulta permite conhecer melhor quais as prováveis causas que originavam a nova anomalia, se a anomalia apresenta um grau de gravidade maior ou se já foi submetida a algum tipo de reparação e quais os materiais utilizados.

Esta consulta ao modelo BIM permite ao técnico, fazer uma correlação e tornar a sua análise mais objetiva, no que à compreensão das novas anomalias diz respeito, resultando numa inspeção mais rigorosa.

## **5.5 Vantagens e Desvantagens**

Foi descrito o modo de manipulação da aplicação, não só para a ação de inspeção, mas também para a situação em que um interveniente necessite de consultar as informações adicionadas ao modelo. Esta apresentação, pretendeu demonstrar as vantagens que a associação entre um visualizador BIM e um programa de inspeção podem revelar, numa ação de manutenção e de reparação. No entanto, devem ser consideradas algumas limitações quanto à utilização da aplicação e o seu grau de interoperabilidade com o modelo. Em seguida, são apresentadas as vantagens e dificuldades encontradas, no decurso do trabalho.

### **5.5.1. Vantagens**

- O principal benefício corresponde aos ganhos de tempo, e consequentemente de produtividade, aquando do preenchimento de uma ficha de inspeção, pois é apoiada em opções automáticas e seletivas disponibilizadas na aplicação.
- Outra vantagem verifica-se durante o preenchimento da ficha de inspeção, em que há uma diminuição da probabilidade de ocorrência de falhas. De facto, a única informação dependente do diagnóstico do técnico, é indicação da anomalia verificada, sendo disponibilizados automaticamente, os outros parâmetros relacionados. Este facto, origina ações de reparação mais acertadas, contribuindo para uma maior eficácia na manutenção do edifício;
- O utilizador beneficia ainda da possibilidade de percorrer todo o interior e exterior do edifício, de forma virtual, podendo ser obtidas inúmeras informações essenciais à manutenção, como as características e dimensões dos elementos, a sua localização, ou o espaço envolvente. Estas informações quando inseridas de forma rigorosa no modelo, poderão, em alguns casos, dispensar uma visita ao local;
- O recurso à aplicação possibilita executar o programa de inspeção, a partir do visualizador BIM, otimizando-se o tempo de trabalho com a não necessidade de aceder ao programa no dispositivo utilizado.

### **5.5.2. Desvantagens**

- Uma limitação a apontar é o facto da gravação da ficha de inspeção, não poder ser automaticamente alocada sobre o elemento em análise, sendo necessário importá-la novamente para o modelo e adicioná-lo ao elemento, de forma manual.
- O último problema encontrado, embora não esteja diretamente relacionado com a aplicação, refere-se sobretudo ao formato IFC, já que é notório, que apesar da aplicação funcionar sob este formato, a forma de apresentação da informação, é algo desorganizada. Esta desorganização, aliada ao facto de o modelo não preservar as cores originais, indica que o IFC, tem ainda um longo caminho a percorrer, relativamente à capacidade de transposição de informação entre sistemas.

## **CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nesta dissertação foi apresentada uma proposta de metodologia e uma aplicação piloto para a implementação 'Building Information Modelling' no contexto de inspeção e gestão da manutenção de património construído. O desenvolvimento da investigação foi feito com recurso a um caso de estudo, o edifício da Escola E.B. 2,3, S, de Arcos de Valdevez, procurando-se testar um procedimento de inspeção e manutenção do edifício com recurso a softwares BIM (Revit2020 e Naviswork), e outros complementares (nomeadamente o Microsoft Excel), de modo a se criar um modelo completo que incluía a informação sobre o edifício e a existência de fichas de inspeção articuladas informaticamente.

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação encontraram-se algumas dificuldades, que se tornaram desafios a ultrapassar, de modo a atingir-se os objetivos apresentados para o presente trabalho. Um dos problemas iniciais diz respeito à seleção dos softwares a utilizar, uma vez que a maioria não estão disponíveis de modo gratuito, considerando-se o custo para a sua aquisição e utilização elevado na maioria das soluções disponíveis, o que impossibilitou em parte a sua utilização, tendo-se optado por uma seleção de soluções alternativas.

Outro dos problemas relaciona-se com a dificuldade existente na interoperabilidade entre softwares, uma vez que alguns programas ainda não utilizam o formato IFC, resultando numa perda de informação no processo de exportação (transferência do modelo de um para o outro programa); um dos erros descobertos foi a perda de cores do modelo (referido no Capítulo 5 desta Dissertação).

De modo a ultrapassar estes problemas optou-se pela utilização de softwares desenvolvidos pela mesma empresa, a Autodesk, tendo-se desenvolvido o trabalho com recurso ao Naviswork e ao Revit, os quais dispõem de uma versão estudante gratuita (ultrapassando-se assim a questão dos custos de aquisição do software), e ao mesmo tempo sendo desenvolvidos pela mesma empresa revelam uma maior compatibilidade, resultando numa menor perda de informação durante o processo de exportação.

Um dos objetivos deste trabalho era a criação de um modelo BIM arquitetónico, procurando-se demonstrar as capacidades desta tecnologia no que concerne à quantidade e variedade de

informação adicionada, bem como à possibilidade de uma visualização gráfica detalhada. Este objetivo foi alcançado, demonstrando-se no capítulo 3 o modo como se procedeu à sua criação, através de um caso de estudo – edifício da Escola E.B. 2,3, S de Arcos de Valdevez – do qual se construiu um modelo no software Revit. No início do desenvolvimento do projeto almejou-se a construção de um modelo mais completo do que aquele que foi desenvolvido, pois um objetivo era a introdução de informação no modelo BIM das características das redes, mas tal não foi possível devido ao facto da informação disponibilizada ser insuficiente para o completar devidamente.

Outro dos objetivos proposto foi o desenvolvimento de um programa de inspeção através de um software complementar, “Excel”, que inclui a possibilidade de seleção de determinados elementos e subelementos construtivos, e se disponibiliza uma lista pré-definida de irregularidades passíveis de ocorrer, com informação associada das possíveis causas e soluções, bem como dos métodos de reparação adequados a cada anomalia. No capítulo 4 apresenta-se o desenvolvimento desta temática, considerando-se que foi o aspeto no qual se necessitou de aplicar um maior empenho e aprofundamento do trabalho, de modo a termos as informações disponibilizadas com base em pesquisa efetuada sobre a temática da manutenção de edifícios.

Foi proposto ainda, e no que concerne à disponibilidade de sistemas informáticos de apoio à utilização, monitorização e manutenção de edifícios, estudar a interoperabilidade entre o software de modelação BIM selecionado, e outros softwares de visualização, de modo a verificar as possibilidades de exportação, nomeadamente no que concerne a eventuais perdas de informação importantes, numa transferência sob o formato IFC.

Verificou-se que para os softwares utilizados – ambos da AutoDesk – a única perda de informação foi a de perda de cores, não se verificando qualquer perda de informação no que concerne à definição dos materiais (capítulo 5).

Considerasse, no entanto, que existem ainda algumas questões de programação que poderão ser melhoradas no desenvolvimento destes softwares, nomeadamente no que diz respeito às formas de organização da informação, uma vez que esta é apresentada de uma maneira que se afigura confusa e desorganizada.

Pensasse ainda que no que concerne aos sistemas informáticos utilizados, poderão ser feitas melhorias ao nível da interoperabilidade de softwares, principalmente na criação de uma possibilidade de se gravar automaticamente a ficha de inspeção no elemento construtivo selecionado, no visualizador BIM.

No desenvolvimento do já referido Capítulo 5, foi demonstrado ainda como se procedeu a uma avaliação de desempenho da interligação entre os diferentes softwares, para ações de inspeção e reuso de dados.

Relativamente à utilidade de um modelo BIM na ótica do utilizador do edifício, verificou-se que toda a informação presente no modelo é disponibilizada ao utilizador através do modelo BIM que contempla não só os ângulos de visualização, mas também o tipo e quantidade de informação veiculada. O acesso a relatórios também é possível através do visualizador, e o software ainda permite identificar ou adicionar, em qualquer zona do modelo, alterações ou informações adicionais durante uma atividade de inspeção. Pode-se, ainda, navegar no modelo e pesquisar qualquer objeto pela sua tipologia, consultando todas as propriedades que a ele estão associadas.

O facto de poder navegar e consultar o modelo BIM tendo acesso a toda a informação que é recolhida durante um ato de inspeção, como por exemplo as fotografias das anomalias, é, igualmente, um ponto muito positivo. O modelo BIM apresentou-se efetivamente como uma base de dados interativa e precisa quanto à localização das anomalias.

Entendesse então que a presente dissertação foi um primeiro passo na averiguação das possibilidades e vantagens de utilização destes sistemas, concluindo-se que existe um potencial de futuros desenvolvimentos desta temática.

No que concerne à metodologia BIM, esta dissertação permitiu confirmar que esta tecnologia traz grandes benefícios no domínio da construção, nomeadamente, no setor da manutenção, no entanto, apesar das grandes vantagens do BIM, a interoperabilidade eficaz e isenta de erros ainda não foi atingida, sendo necessário que diversas entidades, em colaboração com as empresas de software, resolvam unir esforços para tentar ultrapassar, esta barreira à sua implementação universal.

Outro desenvolvimento a ter em conta é a criação de um software mais acessível, que seja gratuito para todos os interessados poderem usar este tipo de sistema de manutenção, uma vez que, o custo de cada software é elevado, e a maioria dos clientes não estão interessados na sua utilização devido a este fator. Pensasse que o desenvolvimento de uma aplicação poderia ser a solução para facilitar o uso destes dados, na sua interligação com as ações de manutenção do edifício.

Outro desenvolvimento possível, na facilitação da utilização destes sistemas na ótica do utilizador, seria a eventual criação de um website, onde o cliente coloca as suas credenciais e entra numa página que forneça toda a informação existente sobre o edifício, nomeadamente planos de manutenção. Este website poderia estar ligado ao e-mail do cliente, ou ao seu telemóvel, e através dessa ligação serem criadas mensagens de alerta, lembrando o cliente na necessidade de efetuar determinada ação de manutenção no edifício. De referir que este website deve ser criado numa linguagem perceptível e de fácil compreensão, uma vez que o objetivo é chegar ao maior número de pessoas possível, e considerando que muitos utilizadores, e/ou responsáveis pela manutenção dos edifícios, não têm qualquer formação na área da construção.

A título de exemplo pode referir-se que no caso de estudo desenvolvido, ou seja a manutenção de um edifício escolar, a maioria das pessoas que aí trabalham não auferem conhecimentos sobre manutenção, e não sabem o que fazer quando surge um problema, mas se for criado um website de fácil manuseamento e compreensão universal, no qual o edifício e as suas características estejam registadas, a manutenção será mais recorrente.

Pensasse ainda que a existência de uma aplicação e/ou website deste género, além de mais acessível economicamente, seria também mais fácil de utilizar pelas pessoas responsáveis pela manutenção do edifício, uma vez que não necessitam da aquisição de um software específico, nem de um conhecimento aprofundado sobre os modos de utilização de um software BIM.

Relativamente à Ficha de Inspeção, entende-se que também poderá ser melhorada, e sobretudo parece que se pode desenvolver um modelo em que as informações de inspeção e manutenção passem a estar integradas no próprio software BIM, como por exemplo o Revit. Poderia ser implementado um sistema que permitisse a interoperabilidade entre vários sistemas, ou seja, entende-se que no futuro exista ainda uma grande margem para a melhoria destes sistemas aplicados à manutenção, e ao registo e utilização destas informações sobre edifícios.

Estes são alguns dos desenvolvimentos que poderão ser explorados, para dar continuidade aos resultados e desenvolvimentos que se consagraram nesta dissertação, promovendo futuramente um contributo mais elaborado a este estudo. Existe, de facto, uma viabilidade muito grande para continuar a desenvolver este trabalho, sendo necessário conseguir gerir de forma eficiente o estado de manutenção e as atividades de inspeção na fase de obra e utilização do edifício. A metodologia apresentada tem condições para que isso seja possível. Assim se espera que nos próximos anos haja avanços nesta especialidade.

Dada a amplitude do estudo que foi elaborado, e as conclusões dele retiradas, nomeadamente na transposição entre a aprendizagem de utilização de softwares BIM, a investigação e seleção dos softwares mais indicados, e de outros complementares, bem como a sua aplicação a um caso de estudo concreto, parece que poderá ser pertinente a divulgação, através da publicação de um artigo científico, ou realização de uma comunicação, na qual estas conclusões possam ser difundidas.

A nível pessoal esta dissertação permitiu-me trabalhar com diferentes tipos de software que podem ser usados no decurso da minha atividade como profissional de engenharia, e penso que a aprendizagem realizada ao longo deste trabalho poderá ser colocada em prática, nomeadamente no que concerne à ficha de inspeção criada, utilizável em obras que se venham a realizar ou acompanhar, bem como no futuro acompanhamento do edifício ao longo do seu processo de utilização.

De qualquer forma, pode concluir-se que, com este trabalho, foi criada uma “folha de inspeção” útil no apoio a futuras ações de manutenção, que associado a um modelo BIM arquitetónico, e ressalvando-se que as vantagens seriam maiores caso o modelo BIM integrasse as diversas especialidades, demonstrou-se a grande potencialidade inerente ao BIM enquanto metodologia indicada para ações de manutenção de uma edificação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aubin, P. (2016). *Mastering Revit MEP 2016*.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, Vol. 11, pp.241-252.
- Ballesty, S. (2007). Building Information Modeling for Facilities Management using IFC . pp. 1-10.
- Becerik-Gerber, B., & Kensek, K. (2010). Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, Vol. 136, pp. 139-147.
- BETAR. (2006). Manual de Inspeções Principal. Lisboa
- Boddy, S., Rezgul, Y., Cooper, G. Wetherill, M. (2007). *Computer integrated construction: A review and proposals for future direction*. Advances In Engineering Software, vol. 38, no. 10, pp. 677-687.
- Cordeiro, I. (2011). Manual de Inspeção e Manutenção da Edificação. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Lisboa: IST.
- Couto, J., & Teixeira, J. (2006). *As Consequências do Incumprimento dos Prazos para a Competitividade da Indústria de Construção: Razões para os Atrasos*. Guimarães: Universidade do Minho.
- Dias, W., Lino., Couto, J. *Contributo do BIM como suporte das fases de manutenção e operação dos edifícios*. Guimarães: Universidade do Minho.
- Eastman, C. (1974). *An Outline of the Building Description System*. Pittsburgh: Carnegie-Mellon University.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011). *BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling*. Second Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- East, E. W. (2007). *Construction Operations Building Information Exchange (COBIE): Requirements Definition and Pilot Implementation Standard*. U.S. Army Corps of Engineers.
- Ellingwood, B. R., & Lee, J. Y. (2016). Life cycle performance goals for civil infrastructure: intergeneration risk-informed decisions. *Structure and Infrastructure Engineering*, 822-829.
- Fernandes, S., Ramos, L. F., & Fernandes, F. (2016). *Levantamento e Diagnóstico Estrutural com recurso a Fotogrametria*. Universidade do Minho: ISISE.
- Froese, T. (2002). *Future directions for IFC-based interoperability*.
- Garcia.J. (2015). *Revit 2015 & Revit LT 2015*.
- Goedert, J., & Meadati, P. (2008). *Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling*. J. Constr. Eng. Manage., 134(7), pp. 509–516.

- Isikdag, U., & Underwood, J. (2010). Two design patterns for facilitating Building Information Modeling based synchronous collaboration. *Journal of Construction Engineering and Management Automation in Construction*, pp.544-553.
- Khemlani, L. (2004). *The IFC Building Model: A Look Under the Hood*.
- Kunz, J. (2012). *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. Center For Integrated Facility Engineering.
- Lino, J., Azenha, M., & Lourenço, P. (2012). Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. *Encontro Nacional Betão Estrutural - BE2012*, pp. 22-26.
- Martins, F., & Cachadinha, N. (2012). *Novas utilizações das potencialidades BIM: apoio à medição de trabalhos realizados e produção de modelos as-built fiáveis e ricos em informação para a fase de manutenção*. 4º Congresso nacional da construção. Monte da Caparica: FCT.
- McGraw-Hill Construction. (2012). *The Business Value Of BIM, Smart Market Report*. New York: McGraw-Hill.
- Messner, J., Hunter, S., & Anumba, C. (2010). *Project Execution Planning for Building Information Modeling (BIM) A BuildingSMART Alliance Project*. Penn State University.
- Pärn, E., Edwards, D., & Sing, M. (2017). The building information modelling trajectory in facilities management. *Automation in Construction*, pp. 45-55.
- Sacks, R.; Kaner, I.; Eastman, C. M. (2010). The Rosewood experiment - Building information modeling and interoperability for architectural precast facades. *Automation in Construction*, 19(4): p. 419-432.
- Shen, W., Hao, Q., Mak, H., Neelamkavil, J., Xie, H., Dickinson, J., Thomas, R., Pardasani, A., Xue, H. (2010). *Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review*. Advanced Engineering Informatics, vol. 24, no. 2, pp. 196-207.
- Sousa, G (2012) *Implementação BIM no contexto de inspeção e gestão da manutenção de Obras de Arte em betão armado: proposta de metodologia e aplicação piloto*.
- Taborda, P., & Cachadinha, N. (2012). *BIM nas obras públicas em Portugal: Condicionantes para uma implementação com sucesso*. 4º Congresso nacional da construção. Monte da Caparica: FCT.
- The American Institute of Architects. (03 de October de 2017). *Level of Development Specification*. BIM Forum.
- Zhang, Y., & Guangbin, W. (2009). *Cooperation between Building Information Modeling and Integrated Project Delivery Method Leads to Paradigm Shift of AEC Industry*. Shanghai.

## SITES CONSULTADOS

[w1] – FEUP - [https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12\\_13/files/REL\\_12MC08\\_01.PDF](https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_12MC08_01.PDF) (acedido em maio de 2020)

[w2] – Mais Engenharia - <http://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/> (acedido em maio de 2020)

[w3] - MacLeamy Curve <http://www.msa-ipd.com/MacleamyCurve.pdf> (acedido em maio de 2020)

[w4]- McGraw.HillConstruction-  
[http://images.autodesk.com/adsk/files/business\\_value\\_of\\_bim\\_for\\_infrastructure\\_smartmarket\\_report\\_2012.pdf](http://images.autodesk.com/adsk/files/business_value_of_bim_for_infrastructure_smartmarket_report_2012.pdf) (acedido em maio de 2020)

[w5]- IFMA -  
[https://www.ifma.org/?gclid=CjwKCAiAws7uBRAKEiwAMlBZjkhQMivgsrNzOVTb9GdXjZtxRM5bDHrLVLsFZA4Qilo1Gh-fKSN0IBoC\\_wQAvD\\_BwE](https://www.ifma.org/?gclid=CjwKCAiAws7uBRAKEiwAMlBZjkhQMivgsrNzOVTb9GdXjZtxRM5bDHrLVLsFZA4Qilo1Gh-fKSN0IBoC_wQAvD_BwE) (acedido em maio de 2020)

[w7] – UMINHO - <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n31/Pag%205.pdf> (acedido em maio de 2020)

[w8] - PGDL - [http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei\\_mostra\\_articulado.php?nid=625&tabela=leis](http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=625&tabela=leis) (acedido em maio de 2020)

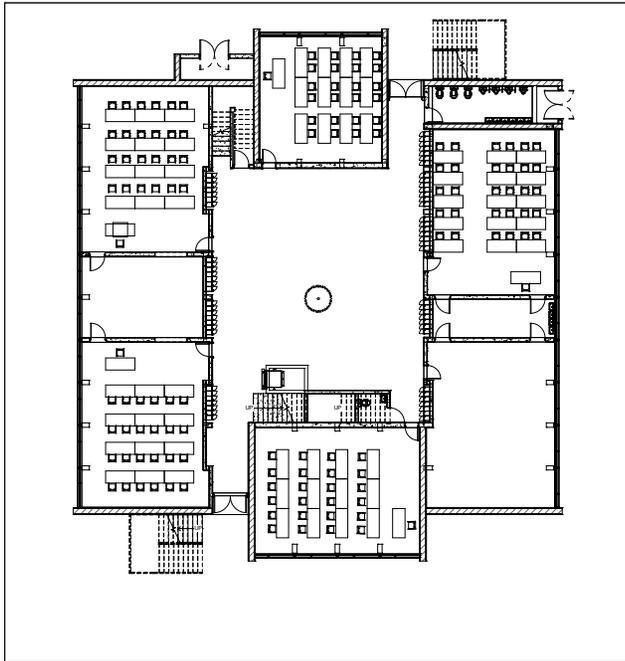
[w9] – Autodesk - <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview> (acedido em maio de 2020)

[w10] – Buildin - <https://www.buildin.com.br/software-para-bim/> (acedido em maio de 2020)

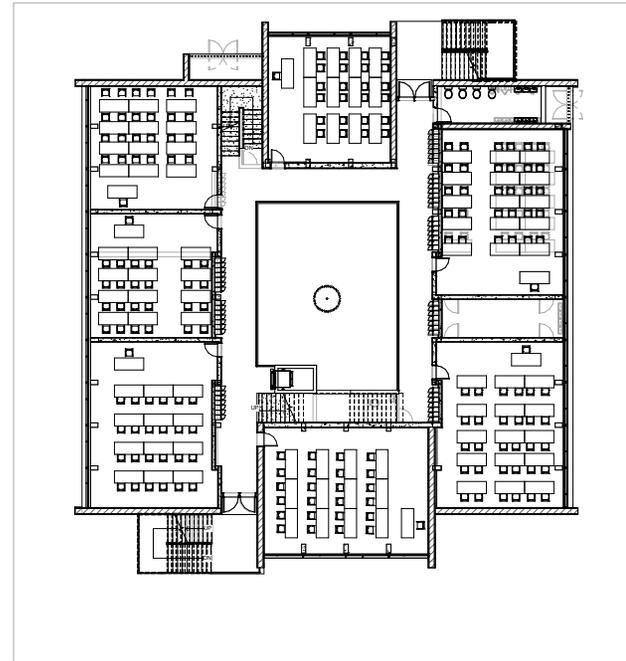
[W11] – Autodesk - <https://www.autodesk.pt/products/navisworks/subscribe?plc=NAVSIM&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1> (acedido em maio de 2020)

[w12] – Autodesk - <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-DocumentsPresent/files/GUID-6708CFD6-0AD7-461F-ADE8-6527423EC895-htm.html> (acedido em maio de 2020)

**ANEXO – PLANTAS E MODELO 3D RETIRADOS DO REVIT**



① Piso 0  
1 : 100



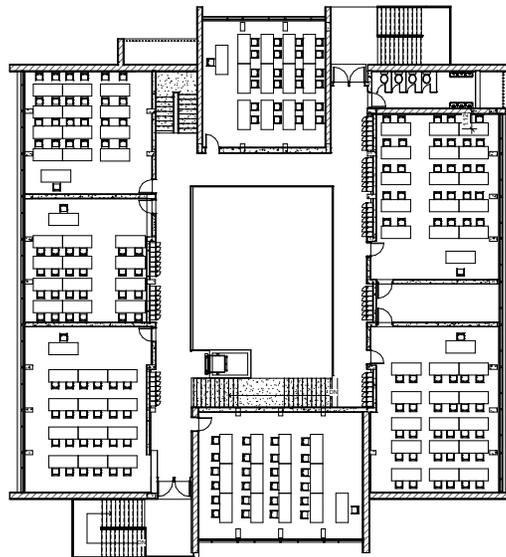
② Piso 1  
1 : 100

## Escola E,B,2,3,S de Arcos de Valdevez

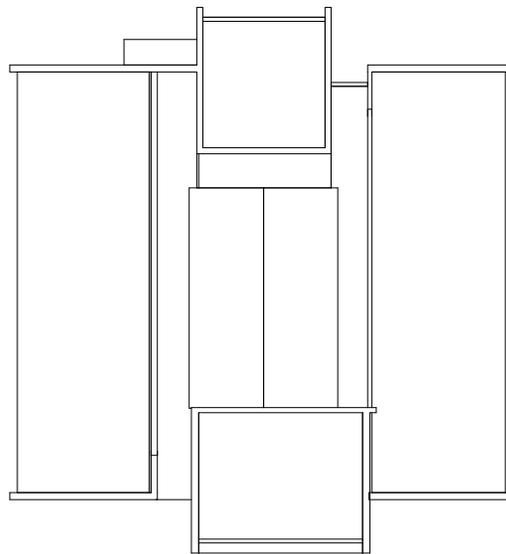
Bim na  
Construção

### PLANTAS

|                |  |
|----------------|--|
| Project number | 2020.01                                |
| Date           | JUNHO 2020                             |
| Drawn by       | TIAGO MANUEL BARROS BARREIRO           |
| Checked by     | PROFESSOR DOUTOR JOSÉ CARDOSO TEIXEIRA |
| <b>A101</b>    |  |
| Scale          | 1 : 100                                |



1 Piso 2  
1 : 100



2 Cobertura  
1 : 100

Escola E,B,2,3,S de Arcos de  
Valdevez

Bim na  
Construção

PLANTAS

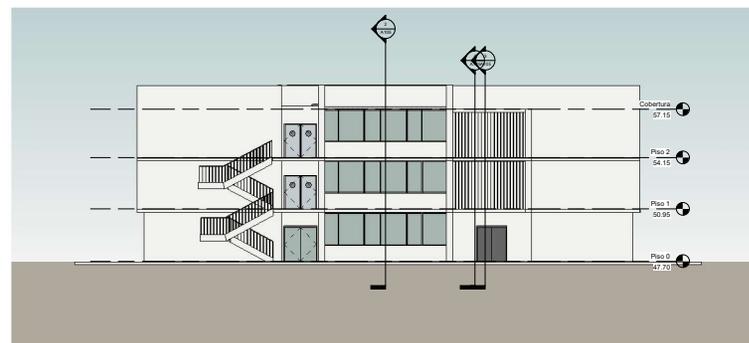
|                |  |
|----------------|--|
| Project number | 2020.01                                |
| Date           | JUNHO 2020                             |
| Drawn by       | TIAGO MANUEL BARROS BARREIRO           |
| Checked by     | PROFESSOR DOUTOR JOSÉ CARDOSO TEIXEIRA |

A102

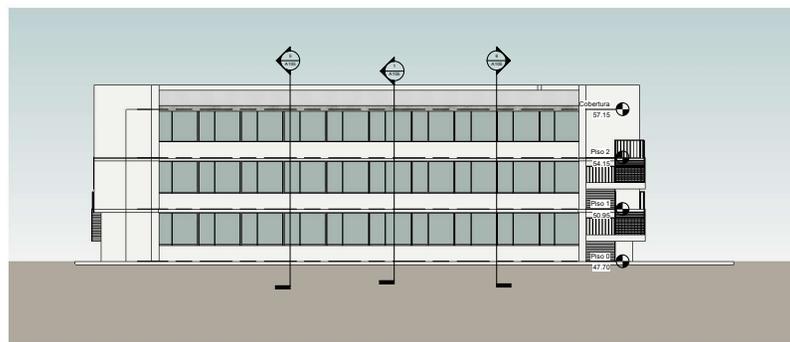
|       |         |
|-------|---------|
| Scale | 1 : 100 |
|-------|---------|



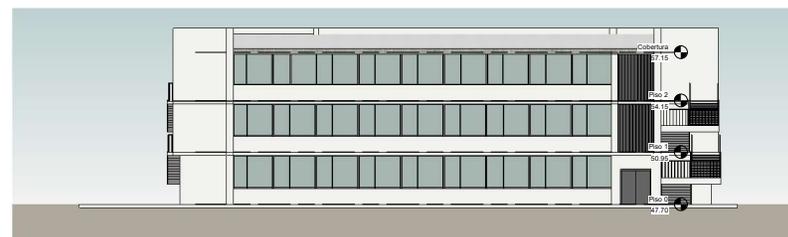
④ Alçado principal  
1 : 100



③ Alçado posterior  
1 : 100



② Alçado Lateral Esquerdo  
1 : 100



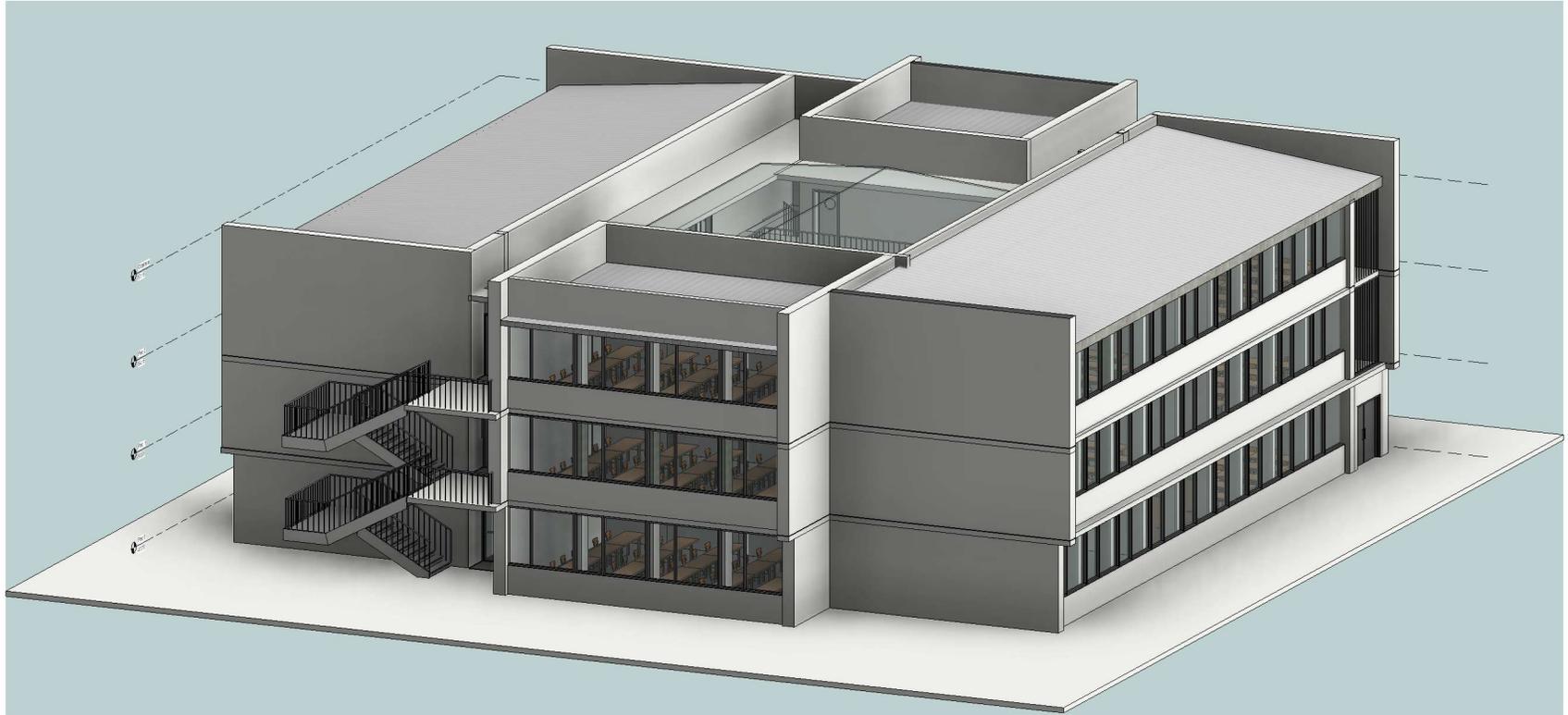
① Alçado Lateral Direito  
1 : 100

Escola E,B,2,3,S de Arcos de  
Valdevez

Bim na  
Construção

ALÇADOS

|                |  |
|----------------|--|
| Project number | 2020.01                                |
| Date           | JUNHO 2020                             |
| Drawn by       | TIAGO MANUEL BARROS BARREIRO           |
| Checked by     | PROFESSOR DOUTOR JOSÉ CARDOSO TEIXEIRA |
| <b>A104</b>    |  |
| Scale          | 1 : 100                                |



① (3D)

Escola E,B,2,3,S de Arcos de  
Valdevez

Bim na  
Construção

MODELO 3D

|                |  |
|----------------|--|
| Project number | 2020.01                                |
| Date           | JUNHO 2020                             |
| Drawn by       | TIAGO MANUEL BARROS BARREIRO           |
| Checked by     | PROFESSOR DOUTOR JOSÉ CARDOSO TEIXEIRA |

A103

Scale

| Sub-elemento                | Anomalia   | Causas possíveis  | Solução  | Sequência de reparações   | Relevância para degradação do desempenho do edifício | Necessidade de desocupação do edifício | Urgência na reparação | Equipamento material necessário                                   | Técnico        | Data da última inspeção |
|-----------------------------|--|---|--|---|--|--|-----------------------|---|----------------|-------------------------|
| Revestimento_em_reboco      | Empolamento  | A presença de humidade em excesso; O desempenho do intervalo de regitura; A incompatibilidade química do produto de pintura com a base de aplicação.  | Repintura  | 1º Escovagem ou a remoção total ou parcial do revestimento; 2º Verificar se a base apresenta degradação e, nessa situação, proceder à sua reparação; 3º Preparação adequada da superfície e posterior pintura ou repintura com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.  | Médio  | Não                                    | Não                   | Pincel, Rebabadeira, Revestimento do tipo Reboco-ISODUR, etc.     | Tiago Barreiro | 02_01_2020              |
|                             | Fendilhação  | Movimentos estruturais significativos do substrato; Aplicação de Revestimentos muito acima das especificações; Incapacidade física-química-mecânica do produto de pintura com a base de aplicação.                    | Tratamento superficial (com remoção parcial ou total do revestimento; Tratamento superficial (com lavagem superficial) | 1º Remove-se total ou parcialmente o revestimento por raspagem; 2º Efetuar a pintura ou repintura com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Não                   | Pincel, Rebabadeira, Revestimento do tipo Reboco-ISODUR, etc.     | Tiago Barreiro | 02_01_2020              |
|                             | Perda de Adesão  | Incompatibilidade química do produto de revestimento com a base de aplicação; Incorreta execução dos revestimentos; Variações térmicas; Variações de Humidade.  | Repintura  | 1º Escovagem ou a remoção total ou parcial do revestimento; 2º Verificar se a base apresenta degradação e, nessa situação, proceder à sua reparação; 3º Preparação adequada da superfície e posterior pintura ou repintura com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.  | Médio  | Não                                    | Não                   | Pincel, Rebabadeira, Revestimento do tipo Reboco-ISODUR, etc.     | Tiago Barreiro | 02_01_2020              |
|                             | Perda de coesão/Desagregação                               | Incompatibilidade química do produto de revestimento com a base de aplicação; Variações térmicas; Variações de Humidade.  | Repintura  | 1º Escovagem ou a remoção total ou parcial do revestimento; 2º Verificar se a base apresenta degradação e, nessa situação, proceder à sua reparação; 3º Preparação adequada da superfície e posterior pintura ou repintura com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.  | Médio  | Não                                    | Não                   | Pincel, Rebabadeira, Revestimento do tipo Reboco-ISODUR, etc.     | Tiago Barreiro | 02_01_2020              |
|                             | Presença de Microrganismos/ organismos vivos               | Ação Biológica.   | Limpar e Repintar  | 1º Retirar os organismos vivos; 2º Limpar a zona infectada; 3º Escovagem ou a remoção total ou parcial do revestimento; 4º Verificar se a base apresenta degradação e, nessa situação, proceder à sua reparação; 5º Preparação adequada da superfície e posterior pintura ou repintura com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.  | Médio  | Não                                    | Não                   | Vassoura, etc.  | Tiago Barreiro | 03_01_2020              |
| Gesso_cartonado             | triteis  | Variações térmicas; Variações de humidade; Envelhecimento natural.  | Substituir placa de gesso danificada por outra em boas condições.  | 1º Retirar placa de gesso danificada; 2º Colocar placa de gesso em boas condições; 3º Aplicar a pintura e Limpar.   | Médio  | Não                                    | Não                   | Placa de Gesso do tipo "Inauf standard", etc.                     | Tiago Barreiro | 03_01_2020              |
|                             | Humidade_e_infiltrações                                    | Variações de humidade; Infiltrações das águas pluviais na placa.  | Reconstrução da placa de Gesso   | 1º Cortar à volta da zona danificada em forma de quadrado/retângulo; 2º Colocar outra placa de gesso no buraco contido; 3º Aplicar a Pintura e Limpar.  | Médio  | Não                                    | Não                   | Placa de Gesso do tipo "Inauf standard", etc.                     | Tiago Barreiro | 04_01_2020              |
|                             | Vandalismo   | Ação Acidental de origem Humana.  | Reconstrução da placa de Gesso   | 1º Cortar à volta do buraco em forma de quadrado/retângulo; 2º Colocar outra placa de gesso no buraco contido; 3º Aplicar a Pintura e Limpar.   | Médio  | Não                                    | Não                   | Placa de Gesso do tipo "Inauf standard", etc.                     | Tiago Barreiro | 05_01_2020              |
| L3_de_Rocha                 | Fisões   | Envelhecimento Natural; Variações de Humidade.  | Substituir L3 de rocha   | 1º Retirar placa de gesso danificada; 2º Substituir L3 de rocha; 3º Colocar placa de gesso em boas condições; 4º Aplicar a pintura e Limpar.  | Médio  | Não                                    | Não                   | Placa de Gesso do tipo "Inauf standard" L3 de Rocha 40kg/m3, etc. | Tiago Barreiro | 06_01_2020              |
| Placas_alveolares_darabolas | Fendilhação(s)   | Ação Ambiental; Movimentos estruturais significativos do substrato.   | Reparação da claraboia   | 1º Retirar vidro danificado; 2º Colocar novo vidro; 3º Limpar.  | Médio  | Não                                    | Não                   | Placas alveolares/ Sunilite R, etc.                               | Tiago Barreiro | 02_01_2020              |
|                             | Perda_de_estanqueidade_à_água                              | Variações térmicas; Variações de humidade; Envelhecimento natural; Erros de Execução.   | Reparação da claraboia   | 1º Identificar a zona onde ocorre perda de estanqueidade; 2º Remove-se total ou parcialmente o revestimento por raspagem; 3º Efetuar a pintura ou repintura com produtos compatíveis aplicados nas condições específicas.   | Médio  | Não                                    | Sim                   | Placas alveolares/Sunilite R, etc.                                | Tiago Barreiro | 02_01_2020              |
|                             | Fugidade_superficial_e_acumulação_de_lixo_eletros          | Inexistência de limpeza; Chuva; Vento; Ações Ambientais.  | Proceder à limpeza da claraboia.   | 1º Contratar pessoal especializado para limpeza da cobertura; 2º Utilizar todas as medidas de segurança para subir à cobertura.   | Médio  | Não                                    | Não                   | Placas alveolares/Sunilite R, etc.                                | Tiago Barreiro | 03_01_2020              |
| Painel_tipo_sandache        | triteis  | Proteção de remates com materiais inadequados; uso de forma incorreta ou recebimento desnecessário; Falta de verificação do executado; não garantido qualidade; Deficiente execução devido a mão-de-obra qualificada. | Reparação de remates   | 1º Efetuar a remoção das peças acessórias e do remate; 2º Aplicar ou substituir o rufo metálico entre o paramento e o revestimento, fixando-o ao suporte com argamassa e com pregos ou parafusos ripado; 3º Colocar um capamento metálico na parte emergente cobrindo-a até ao rufo; 4º Aplicação do revestimento deve ser efetuado um cone longitudinal uniforme para permitir a separação das águas; 5º Efetuar uma limpeza geral para remover todos os detritos. | Médio  | Não                                    | Sim                   | Painel sandache de 80mm de espessura, etc.                        | Tiago Barreiro | 02_01_2020              |
|                             | Fixação_de_Remates   | Ação Ambiental; Erros de Execução.  | Reparação de remates   | 1º Efetuar a remoção das peças acessórias e do remate; 2º Aplicar ou substituir o rufo metálico entre o paramento e o revestimento, fixando-o ao suporte com argamassa e com pregos ou parafusos ripado; 3º Colocar um capamento metálico na parte emergente cobrindo-a até ao rufo; 4º Aplicação do revestimento deve ser efetuado um cone longitudinal uniforme para permitir a separação das águas; 5º Efetuar uma limpeza geral para remover todos os detritos. | Médio  | Não                                    | Sim                   | Painel sandache de 80mm de espessura, etc.                        | Tiago Barreiro | 03_01_2020              |
|                             | Sujidade_superficial_ou_acumulação_de_detritos_nos_remates | Inexistência de limpeza; Chuva; Vento; Ações Ambientais.  | Proceder à limpeza.  | 1º Contratar pessoal especializado para limpeza da cobertura; 2º Utilizar todas as medidas de segurança para subir à cobertura.   | Médio  | Não                                    | Sim                   | Painel sandache de 80mm de espessura, etc.                        | Tiago Barreiro | 02_01_2020              |

Tabela de Manutenção

1 : 1

Escola E,B,2,3,S de Arcos de Valdevez

Bim na Construção

TABELA MANUTENÇÃO

|                |                                       |
|----------------|---------------------------------------|
| Project number | 2020.01                               |
| Date           | JUNHO 2020                            |
| Drawn by       | TIAGO MANUEL BARROS BARREIRO          |
| Checked by     | PROFESSOR DOUTOR JOSÉ CARLOS TEIXEIRA |
| <b>A106</b>    |                                       |
| Scale          | 1 : 1                                 |