



Suporte BIM à Fase de Acompanhamento Técnico Através de Plataformas Colaborativas

JOÃO PAULO TEIXEIRA SANTOS

Outubro de 2017

SUPORTE BIM À FASE DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO

ATRAVÉS DE PLATAFORMAS COLABORATIVAS

JOÃO PAULO TEIXEIRA SANTOS

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE ESTRUTURAS

Orientador: Ricardo Manuel Pereira Santos

Supervisor: José Carlos Basto Lino (BIMMS – BIM Management Solutions)

OUTUBRO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
Abreviaturas	xxi
1 Introdução.....	1
2 Estado da Arte.....	5
3 Processo Construtivo	33
4 Uso e configuração de Plataformas colaborativas.....	39
5 BIM Collaboration Plataform for Construction Support – BIM-CS.....	57
6 Considerações Finais.....	79
Referências Bibliográficas	83

RESUMO

A dificuldade de comunicação entre os intervenientes das áreas de Arquitetura, Engenharia e Construção durante a execução de uma obra, é de referência comum. Esta dificuldade resulta muitas vezes em derrapagens orçamentais e erros de projeto por falta de interpretação ou por omissão.

A adoção da metodologia BIM comporta uma série de mais valias na promoção do trabalho colaborativo entre os elementos de projeto e, em última instância, em toda a indústria da construção civil. Através da adoção de guias, normas, manuais e outros documentos, esta metodologia serve de auxílio a gabinetes de Engenharia e empresas de Construção na integração do trabalho colaborativo nas suas práticas.

O presente relatório apresenta a base para o desenvolvimento de uma plataforma de ambiente colaborativo através de programação Web. O estudo visou a exploração e utilização de ferramentas de gestão de projeto, colaboração e visualização de modelos 3D, apontando as mais valias e as limitações das mesmas nesta área. Através de um estudo sumário da legislação Portuguesa aplicável à execução de projetos, em particular a Portaria nº 701-H/2008 foi possível contextualizar o processo das atividades de um gabinete de projetos de Engenharia e adaptá-lo a uma dessas plataformas colaborativas.

Palavras-chave: BIM, Plataforma colaborativa, Web Programming, Gestão de Projetos

ABSTRACT

The struggling to communicate between the various stakeholders during the work construction phase is well known among the Architectural, Engineering and Construction community. This obstacle results in budget slips and project errors by misinterpretation or by omission.

The adoption of BIM methodology carries a series of gains in the promotion of the collaborative work between project members and, on a broader vision, to all the civil construction industry. By adopting guides, standards, manuals and other documentation, this methodology helps Engineering and Construction companies to integrate collaborative work within their practices.

This internship report presents the basis to the development of a collaborative environment platform through web programming. The study focuses on exploring and using project management, collaboration and 3D models visualization tools, pointing out the gains and limitations of their use on the field. By a summary study of the Portuguese applicable legislation in engineering projects, in particular the Portaria nº 701-H/2008 it was possible to contextualize the right activities process for an Engineering company and adapt itself to one of those collaborative platforms.

Keywords: BIM, Collaborative Platform, Web Programming, Project Management

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos ao Engenheiro José Carlos Lino por me ter proporcionado a oportunidade de adquirir novas aptidões, pelo modo cativante de transmissão de conhecimentos e experiência e pela disponibilidade e apoio demonstrado. O meu sincero Muito obrigado!

Ao meu orientador Engenheiro Ricardo Santos pelo constante interesse, orientação e disponibilidade demonstrada ao longo do trabalho.

Ao Tomi Henttinen, fundador da Gravicon, por me ter permitido a exploração da sua plataforma – Modelspace. E ainda encontrar tempo para retirar qualquer dúvida que encontrasse neste processo.

À BIMMS Management Solutions, à Newton – Consultores de Engenharia, Lda e aos seus profissionais por proporcionarem um ótimo ambiente de trabalho e por estarem sempre disponíveis para transmitir os seus conhecimentos e experiência.

A todos os meus amigos que de diversas formas e momentos me apoiaram e incentivaram a atingir este objetivo, em particular a Maria Pastorello e o João Fernandes.

Aos meus colegas de estágio Catarina, João, Eduarda e Bruno pelo constante apoio, troca de conhecimentos e por proporcionarem um verdadeiro ambiente de cooperação e de boa disposição durante este trabalho. Em particular, ao Henrique Pires, colega de estágio e do ISEP, pelas inúmeras horas de discussão de ideias, incentivo e apoio mútuo. Desejo-vos uma carreira profissional próspera e enriquecedora e que concretizem tudo o que têm em mente.

Por último, à minha família. Pelo apoio incondicional durante o meu percurso académico e por me permitirem a realização deste trabalho.

ÍNDICE DE TEXTO

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivo	2
1.3	BIMMS – Building Information Modeling & Management Solutions	2
2	Estado da Arte	5
2.1	Building Information Modeling	5
2.1.1	Conceitos	8
2.2	Gestão de projeto	17
2.3	Plataformas de comunicação/gestão existentes	18
2.3.1	Aspetos gerais.....	18
2.3.2	Navisworks.....	19
2.3.3	Synchro Professional	20
2.3.4	Vico Office 4D Manager.....	20
2.3.5	BIMcollab.....	21
2.3.6	Trimble Connect	21
2.3.7	Autodesk BIM 360 Glue	22
2.3.8	Modelspace	22
2.3.9	Tekla BIMsight	23
2.4	Programação	27
2.4.1	Engenharia de requisitos	27
2.4.2	Processo de desenvolvimento de requisitos	28
2.4.3	Web Programming em PHP	29

2.4.4	HTML.....	30
2.4.5	JavaScript no desenvolvimento de aplicações web.....	31
2.4.6	MySQL.....	31
2.4.7	CSS	31
3	Processo Construtivo	33
3.1	Introdução	33
3.2	Fluxo de Informação.....	33
3.3	Faseamento	34
3.4	Mapa de Processos.....	36
4	Uso e configuração de Plataformas colaborativas	39
4.1	Modelspace	39
4.1.1	Desenvolvimento de um novo projeto	39
4.1.2	Desenvolvimento de um template de um projeto de acordo com a legislação portuguesa	46
4.2	Tekla BIMsight	49
4.2.1	Modelação	49
4.2.2	Aplicação Prática.....	51
4.3	Conclusão deste capítulo	54
5	BIM Collaboration Plataform for Construction Support – BIM-CS	57
5.1	Necessidade de uma Plataforma Colaborativa	57
5.2	Identificação de Requisitos	59
5.3	Desenvolvimento da Plataforma.....	60
5.3.1	Método	60
5.3.2	Estrutura	61
5.3.3	Base de Dados.....	61
5.4	Funcionalidades da Plataforma	63
5.4.1	Interface.....	63
5.4.2	Inscrição e Permissões.....	63

5.4.3	Viewer	65
5.4.4	Docs	70
5.4.5	Forum	72
5.4.6	To-Do	74
5.5	Simulação de Utilização da Plataforma.....	75
6	Considerações Finais	79
6.1	Conclusões	79
6.2	Desenvolvimentos Futuros.....	80
	Referências Bibliográficas	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Terminal de cruzeiros de Leixões	3
Figura 1.2 – Logo BIMMS.....	3
Figura 2.1 – Aplicação do BIM [3].....	6
Figura 2.2 – Comunicação entre os Intervenientes [6]	8
Figura 2.3 – Dimensões do BIM [8]	9
Figura 2.4 – Níveis do BIM [10]	11
Figura 2.5 – Aplicação do IFC [13]	12
Figura 2.6 – Faseamento para a Implementação BIM do IPD [15]	14
Figura 2.7 – Integrated Project Delivery [17]	16
Figura 2.8 – Áreas relevantes para uma Common Data Environment [18]	16
Figura 2.9 – Processos de Partilha da Informação [24].....	19
Figura 2.10 – Logo Navisworks	19
Figura 2.11 – Logo Synchro PRO.....	20
Figura 2.12 – Logo Vico Office 4D Manager	20
Figura 2.13 – Logo BIMcollab	21
Figura 2.14 – Logo Trimble Connect.....	21
Figura 2.15 – Logo Autodesk BIM 360 Glue	22
Figura 2.16 – Logo Modelspace.....	22
Figura 2.17 – Logo Tekla BIMsight.....	23
Figura 2.18 – Utilização do formato BCF [28].....	24
Figura 2.19 – Interface do TeklaBIMsight.....	25
Figura 2.20 – Organização do TeklaBIMsight	25

Figura 2.21 – Hard Clash	26
Figura 2.22 – Modelo do ciclo de desenvolvimento de software [33]	29
Figura 3.1 – Mapa de Processos	38
Figura 4.1 – Início de Novo Projeto	39
Figura 4.2 – Passos de Criação de Novo Projeto	40
Figura 4.3 – Configuração de Novo Projeto no ModelSpace.....	40
Figura 4.4 – Fluxo de Informação	42
Figura 4.5 – Calendarização das Fases.....	43
Figura 4.6 - Disciplines	43
Figura 4.7 – Permissões	44
Figura 4.8 - Tasks	45
Figura 4.9 – Gestor Documental.....	45
Figura 4.10 - SpaceCard	46
Figura 4.11 – Phases e Disciplines	47
Figura 4.12 - Workpackages	47
Figura 4.13 - Tasks	48
Figura 4.14 – Seleção de Informação	48
Figura 4.15 – Tipo de Documentos.....	49
Figura 4.16 – Plantas do Modelo	50
Figura 4.17 - Equipamentos.....	52
Figura 4.18 – Conflict Checking	52
Figura 4.19 – Conflitos entre Modelos	53
Figura 4.20 – Pormenor de Detecção de Conflitos	54
Figura 4.21 – Anotações	54
Figura 5.1 - XAMPP	60
Figura 5.2 – Estrutura do BIM-CS	61
Figura 5.3 – Base de Dados do BIM-CS.....	62

Figura 5.4 - Interface	63
Figura 5.5 - Inscrição	64
Figura 5.6 – Página de Administrador	64
Figura 5.7 – IFC WebGL Viewer	65
Figura 5.8 – IFC WebGL Viewer no BIM-CS	66
Figura 5.9 – Equipa vA3C.....	67
Figura 5.10 – Add-in vA3C	67
Figura 5.11 – Seleção dos Parâmetros a Exportar.....	68
Figura 5.12 – Repositório dos Modelos.....	68
Figura 5.13 – Visualizador e Menu	69
Figura 5.14 – Método de Marcação e Visualização de Elementos.....	70
Figura 5.15 – Gestor Documental.....	70
Figura 5.16 – Pasta Shared com diferença de Permissões.....	72
Figura 5.17 – Criação de uma nova Categoria.....	73
Figura 5.18 – Criação de um novo Tópico	73
Figura 5.19 - Comentários	74
Figura 5.20 – To Do List	74
Figura 5.21 – Anúncio de Erro no Tópico do Projeto	75
Figura 5.22 – Comentário do Erro	76
Figura 5.23 – Colocação da Tarefa de Correção.....	76
Figura 5.24 – Identificação do Elemento a Corrigir.....	77
Figura 5.25 – Publicação de Pormenores do Elemento Corrigido.....	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Standards da buildingSMART.....	13
Tabela 2 – Notação BPMN.....	36
Tabela 3 – Workpackages no ModelSpace.....	41
Tabela 4 – Modelos de Arquitetura, Estruturas e MEP.....	50

ABREVIATURAS

AEC – **A**rquitetura, **E**ngenharia e **C**onstrução

API – **A**pplication **P**rogramming **I**nterface

BCF – **B**IM **C**ollaboration **F**ormat

BIM – **B**uilding **I**nformation **M**odelling

BPMN – **B**usiness **P**rocess **M**odel and **N**otation

CAD – **C**omputer **A**ided **D**esign

CSS – **C**ascading **S**tyle **S**heets

FM – **F**acilities **M**anagement

HTML – **H**yper**T**ext **M**arkup **L**anguage

IFC – **I**ndustry **F**oundation **C**lasses

IPD – **I**ntegrated **P**roject **D**elivery

MEP – **M**echanical, **E**lectrical, and **P**lumbing

PHP – **P**HP:**H**ypertext **P**reprocessor

SQL – **S**tructured **Q**uery **L**anguage

TI – **T**ecnologias de **I**nformação

WebGL – **W**eb **G**raphics **L**ibrary

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Apesar de alguma resistência, própria de qualquer processo disruptivo, a metodologia BIM tem vindo a ser implementada na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Algumas empresas, principalmente de menor dimensão, têm encontrado dificuldades em entender esta metodologia como um método de otimização da qualidade, dos gastos financeiros e dos prazos das construções, logo, como consequência, capacidade de melhor fidelizar os clientes.

O BIM tem-se destacado como uma solução que promove a colaboração de todos os intervenientes num projeto de construção, possibilitando o teste de múltiplas soluções num prazo reduzido e reduzindo os custos gastos na correção de conflitos.

Esta metodologia tem vindo a ser alvo de uma rápida evolução tecnológica e, apesar de representar um investimento inicial considerável, tem sido vantajosa para as empresas que a utilizam. Com a perspetiva de lucros a longo prazo, tem mitigado os receios das empresas que tardam em adotar esta metodologia nos seus processos de trabalho.

Na indústria automóvel, a produção pode ser sistematicamente melhorada através do aperfeiçoamento da linha de montagem, organização de espaços, controlo de *stocks*, conservação de ferramentas e equipamentos, etc. Na indústria AEC, cada projeto é um caso complexo, único, com especificidades diferentes de qualquer projeto que o anteceda ou que lhe suceda.

Um dos fatores que tem condicionado a sistematização de processos construtivos é a alteração de projetos durante a fase de execução de obra. Seja por falta de compatibilização entre especialidades, seja por alterações pedidas pelo dono de obra ou simplesmente por erros de projeto. Uma das respostas possíveis para lidar com esta singularidade será uma intensa coordenação entre os vários elementos a intervir nas diferentes fases do ciclo de vida do projeto. Esta coordenação pode ser assegurada através da metodologia BIM, na organização e antecipação das fases de projeto, compatibilização de especialidades, ligação entre elementos e pormenores construtivos e comunicação durante a execução de obra.

1.2 OBJETIVO

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente de estágio curricular nas instalações da empresa *BIMMS – Building Information Modeling & Management Solutions* e o tema abordado é o suporte BIM à fase de acompanhamento técnico através de plataformas colaborativas.

Neste âmbito, foi feito um estudo sumário da regulamentação aplicável à execução de projetos em Portugal – Portaria nº701-H/2008, de modo a contextualizar o processo das atividades num gabinete de projetos de Engenharia.

De seguida, foram abordadas plataformas colaborativas existentes no mercado, mas com diferentes focos. Estas plataformas servem de apoio à colaboração da equipa de projeto através de duas abordagens:

- Gestão de espaço, gestão de projetos, centralização de informação, gestão dos recursos humanos.
- Visualização e compatibilização dos modelos 3D e coordenação do projeto.

No contexto da dissertação, com conhecimentos de linguagens de programação adquiridos durante o estágio e conteúdos disponíveis (*open source*) na Internet, é apresentada uma base para o desenvolvimento de uma plataforma colaborativa Web com algumas das valências identificadas durante o estudo e utilização das ferramentas disponíveis no mercado, com o objetivo de posteriormente poder auxiliar, em ambiente empresarial, à comunicação entre o Projetista e o Executante da Obra.

1.3 BIMMS – BUILDING INFORMATION MODELING & MANAGEMENT SOLUTIONS

A BIMMS é uma empresa com uma extensa experiência na indústria de AEC. É especializada na conceção e desenvolvimento de modelação de arquitetura e de engenharia, bem como na incorporação de serviços de *Facility Management* através da integração do BIM no seu processo de trabalho. É uma empresa dedicada à ideia de inovação e progresso.

Como organização de arquitetura e engenharia, a BIMMS é principalmente orientada para serviços de consultoria BIM, oferecendo soluções especializadas em BIM de processos de gestão e coordenação, gestão de informação e implementação prática entre empresas e projetos de construção. A BIMMS oferece um leque alargado de serviços, desde programação e parametrização de objetos até à assemblagem de modelos digitais com informação.

A BIMMS tem a ambição de oferecer produtos e serviços capazes de criar uma resposta de destaque no mercado aos diversos desafios e oportunidades que surgem no presente e futuro da indústria de AEC.

No mesmo edifício da BIMMS estão instalados outros dois gabinetes, a Elemento Finito e a Newton – a empresa “mãe”. Esta empresa de projetos tem uma vasta experiência na elaboração de projetos de Estruturas, destacando-se a participação no projeto do terminal de cruzeiros de Leixões.



Figura 1.1 – Terminal de cruzeiros de Leixões

Este ambiente empresarial multifacetado potencia a partilha de conhecimentos transmitidos dos profissionais para os estagiários provindos das instituições de ensino com que estabelecem parcerias, entre as quais – o Instituto Superior de Engenharia do Porto.



Figura 1.2 – Logo BIMMS

2 ESTADO DA ARTE

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING

O conceito BIM assenta essencialmente numa metodologia de construção virtual que, entre muitas outras capacidades, permite a partilha de informação entre todos os intervenientes e fases do projeto. Num modelo BIM a informação encontra-se interligada por relações paramétricas o que significa que as alterações são processadas em tempo real em todo o modelo, evitando a propagação de erros e dinamizando os processos de atualização [1].

Segundo Quirk [2], o conceito surge em 1962 quando o engenheiro e inventor, Douglas C. Englebart, conhecido pelo seu trabalho no campo da interação entre o homem e computador, estabelece um paralelismo do que viria a ser o futuro da arquitetura no seu trabalho *Augmenting Human Intellect* ao escrever: *“a seguir o arquiteto começa a fazer uma série de especificações e informações – uma laje de seis polegadas, uma parede de doze polegadas de betão com oito pés de escavação, e mais. Quando ele acaba, a revisão surge no ecrã. A estrutura começa a tomar forma. Ele examina, ajusta... Estas listas crescem numa cada vez mais detalhada, interligada estrutura, que representa um pensamento maduro por detrás do atual desenho.”* Englebart escreve sobre desenho orientado para objetos, manipulação paramétrica e uma base de dados relacional, sonhos que só se viriam a tornar realidade vários anos mais tarde.

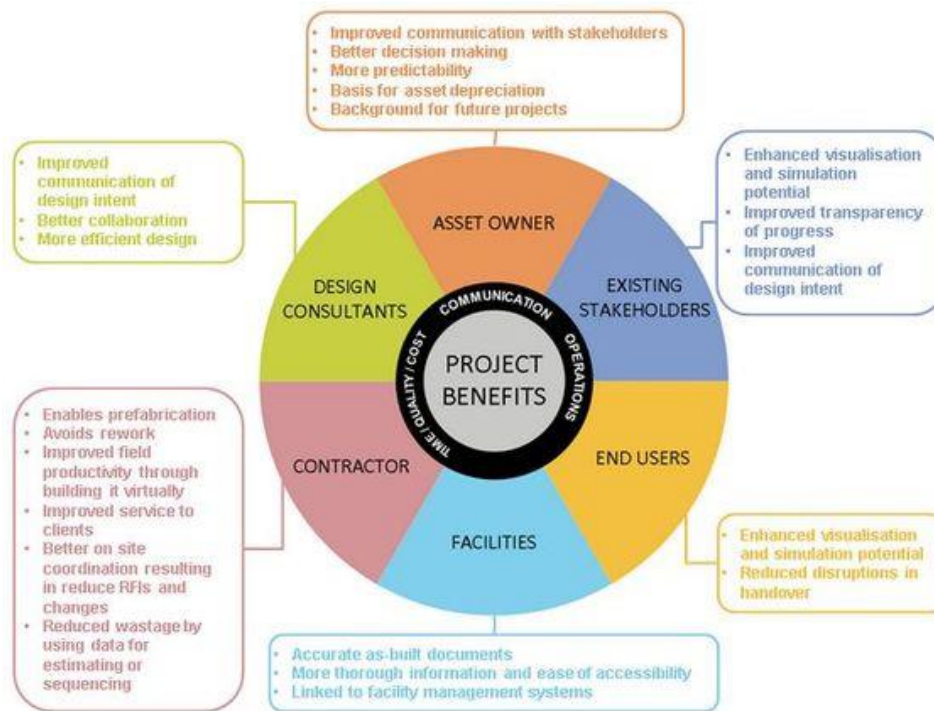


Figura 2.1 – Aplicação do BIM [3]

Como representado na figura 2.1, a utilização do BIM está presente e apresenta vantagens em todas as fases do ciclo de vida de um projeto, para todos os intervenientes. Hugo Sousa [4] apresenta os benefícios nas diferentes fases:

Na fase de pré-construção, o Dono de Obra é quem mais sentirá esses benefícios pois esta é a fase de viabilidade e planeamento do projeto. Nesta fase, os principais benefícios que a utilização do BIM permite são:

- Orçamentação precisa e o mais realista possível;
- Levantamento mais preciso dos recursos, levando a uma gestão eficiente de materiais e quantidades;
- Melhor performance e qualidade de obra, aumentando a eficiência dos processos manuais de quantificação dos diversos parâmetros;
- Grande facilidade na introdução de alterações no modelo do edifício, permitindo criar um ambiente de simulação, aumentando a qualidade da obra.

Na fase de projeto:

- Facilidade na visualização de todos os esquemas ou desenhos do processo construtivo através da geração automática de desenhos 2D, reduzindo tempo e erros associados aos projetos;

- Melhor comunicação entre os intervenientes do processo, devido à base de dados única e à sua fácil visualização;
- Maior compatibilização entre as diversas especialidades devido à permissão de trabalho simultâneo, reduzindo assim as omissões e erros de projeto;
- Maior adaptabilidade do orçamento devido à possibilidade de ajustes contínuos nos custos de projeto;
- Maior eficiência energética e sustentabilidade na construção devido à interface existente entre os modelos e as ferramentas de análise energética, a partir das fases iniciais do projeto.

Na fase de construção e fabricação:

- Melhor sincronização entre o projeto e planeamento de tarefas;
- Antevisão de potenciais problemas e/ou oportunidades;
- Maior proximidade entre as várias especialidades, melhorando a coordenação das mesmas;
- Rapidez e facilidade de mudanças no projeto;
- Capacidade de importar esquemas pré-fabricados através do modelo.

Na fase de pós-construção:

- Melhoria na utilização e manutenção devido à rigorosa informação existente sobre os diversos recursos disponíveis;
- Utilização do modelo como um manual de utilização, reforçando a documentação técnica existente;
- Melhoria promocional, visto ser mais fácil a comunicação com o público-alvo.

Como referido anteriormente, a equipa de projeto deve trabalhar em conjunto, com as melhores ferramentas de colaboração à sua disposição para garantir que o projeto irá cumprir os requisitos do proprietário no menor espaço de tempo e com os menores custos possíveis. O proprietário também deve fazer parte desta equipa, ou nomear um representante de forma a ajudar a gerir todo o processo [1].

Esta colaboração que a metodologia BIM pressupõe não é compatível com o processo de construção tradicional utilizado correntemente. Como é possível ver na figura 2.2 o processo de construção tradicional torna-se confuso, pois não existe uma plataforma comum a todos os intervenientes, existem diversos canais de comunicação entre eles, o que proporciona mais falhas de comunicação, maior possibilidade de perda de informação, transmissão de informação mais demorada, aumento da duplicação dos trabalhos, entre tantos outros [5].

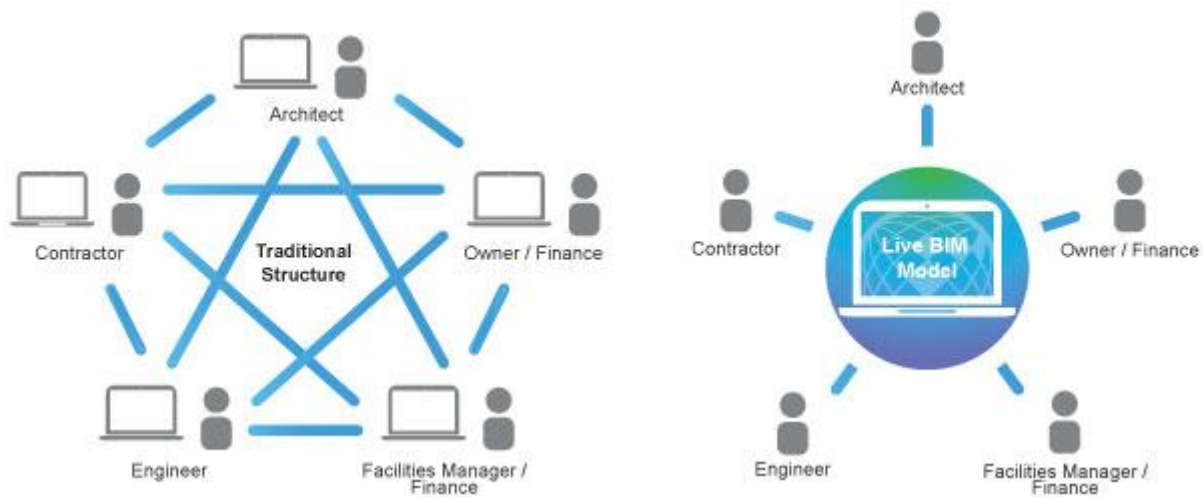


Figura 2.2 – Comunicação entre os Intervenientes [6]

2.1.1 Conceitos

2.1.1.1 Dimensões

A metodologia BIM é mais do que uma representação a três dimensões de um edifício, se assim fosse, não seria possível contar com a colaboração de todos os intervenientes em todas as fases do ciclo de vida de um projeto, antes e depois do edifício começar a ser construído. Vários autores propõem que apesar do edifício ser representado a 3D, existem outras dimensões, denominadas de “nD”. A descrição utilizada por Luciano Hamed no seu blog [7], de cada uma das dimensões e os seus benefícios é a seguinte:

3D: diz respeito essencialmente a um modelo de dados integrados a partir do qual as várias partes interessadas, tais como arquitetos, engenheiros, construtores, fabricantes e proprietários do projeto podem extrair e criar pontos de vista e informação de acordo com as suas necessidades. As visualizações tridimensionais permitem aos participantes ver em tempo real as modificações feitas numa parte do projeto, serem modificadas automaticamente nas outras partes. O BIM 3D ajuda os participantes a gerar a sua colaboração multidisciplinar de forma mais eficaz na modelação e análise de problemas espaciais e estruturais complexos. Além disso, cada ponto do modelo virtual possui uma informação parametrizada, de forma que é possível prever a durabilidade de todos os componentes durante todo o ciclo de vida da edificação.

4D (Planeamento): é usada para atividades relacionadas com o planeamento local da construção. A quarta dimensão permite que os participantes extraiam e visualizem o progresso das suas atividades durante o ciclo de vida do projeto. A utilização da tecnologia 4D pode resultar num melhor controlo sobre a deteção de conflitos ou sobre a complexidade das mudanças que ocorrem durante um projeto de construção. O 4D fornece métodos de gestão e visualização do *status* da construção, alteração de

impactos, bem como dar apoio à comunicação em várias situações, informando a equipa de construção e advertindo sobre os riscos de projeto.

5D (Estimativa de custos): é usada para a composição de orçamentos e análise de custo com as atividades relacionadas. A quinta dimensão associada com as anteriores, permite aos participantes visualizarem o progresso das suas atividades e os custos relacionados com o tempo. A utilização da tecnologia 5D pode resultar numa previsão mais precisa do orçamento, mudança de objetivos de projeto e necessidades sobre materiais, equipamentos e de mão de obra. O 5D fornece métodos para extrair e analisar os custos, avaliação de cenários e impactos das mudanças.

6D (Sustentabilidade): é usada para realizar análises sobre o consumo de energia. A utilização desta tecnologia pode resultar em estimativas de energia mais completas e precisas no início do processo do projeto. Também permite a medição e verificação durante a construção e melhores processos de escolha de instalação de alto desempenho. É nesta etapa que podemos associar o BIM com o *Green Building*, denominado por alguns autores de *Green BIM*. Desta forma, é fácil verificar que os dois conceitos interagem entre si.

7D (Facilities Management): 7D é utilizado por gestores de operação e manutenção das instalações durante todo o seu ciclo de vida. A sétima dimensão do BIM permite aos gestores extrair e rastrear dados de ativos relevantes, como estado de componentes, especificações, manuais de operação, dados de garantia, etc. A utilização desta tecnologia pode resultar numa mais fácil e expedita substituição de peças, cumprindo e otimizando uma gestão racionalizadas do ciclo de vida dos ativos ao longo do tempo. Proporciona processos para a gestão do fornecedor, facilitando a manutenção durante todo o ciclo de vida da construção.

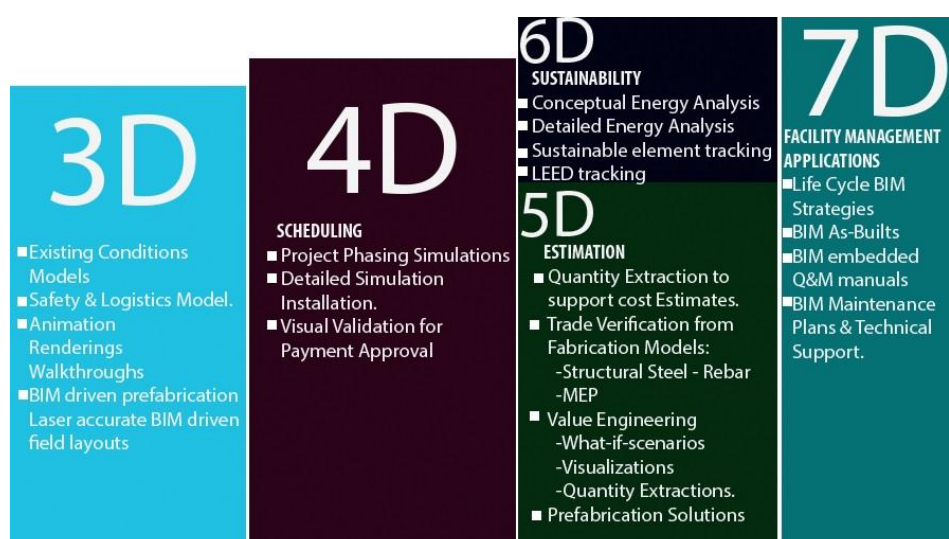


Figura 2.3 – Dimensões do BIM [8]

De referir que esta classificação por nD's não está unanimemente definida pois podem encontrar-se diferenças na sua categorização, consoante os autores, nomeadamente no significado do 6D e do 7D. Esta ressalva, não invalida a pertinência da sua consideração enquanto conceito, afirmando de modo muito ilustrativo que o modelo não é meramente geométrico, mas sim multidimensional.

2.1.1.2 Níveis de Maturidade

Outro conceito sobre o BIM a ter em conta são os níveis de maturidade ligados ao projeto. A nomenclatura surgiu no Reino Unido, através das normas vigentes de utilização do BIM. João Fernandes [9] descreve na sua dissertação os diversos níveis:

- **Level 0 - Computer Assisted Design (CAD)**

Representação das diversas especialidades recorrendo a ferramentas CAD. Ainda é comum a utilização desta ferramenta pois serve de apoio ao modelo 3D e os elementos em papel como elementos de apoio à obra.

- **Level 1 – Modelos 3D isolados**

Atualmente comum na indústria, recorrendo-se ao *software* de modelação para a pormenorização, simulação e análise no decorrer de projetos. Neste nível cada um dos intervenientes gera o seu próprio modelo BIM para responder às suas necessidades de execução de projeto.

- **Level 2 – BIM colaborativo**

Colaboração sobre um único modelo 3D BIM por parte de todos os intervenientes gerido por um BIM *Manager* responsável pela compilação e sintetização da informação agregada ao modelo, assim como reportar conflitos.

- **Level 3 – BIM integrado**

O objetivo deste nível é de ser capaz de integrar os dados individuais de cada interveniente em tempo real num único modelo BIM. Já é utilizado, com algumas limitações devido a incompatibilidades existentes entre *software* BIM, algo que se conta que seja minimizado, se não eliminado, com a evolução dos sistemas informáticos e das capacidades operativas de algumas das ferramentas.

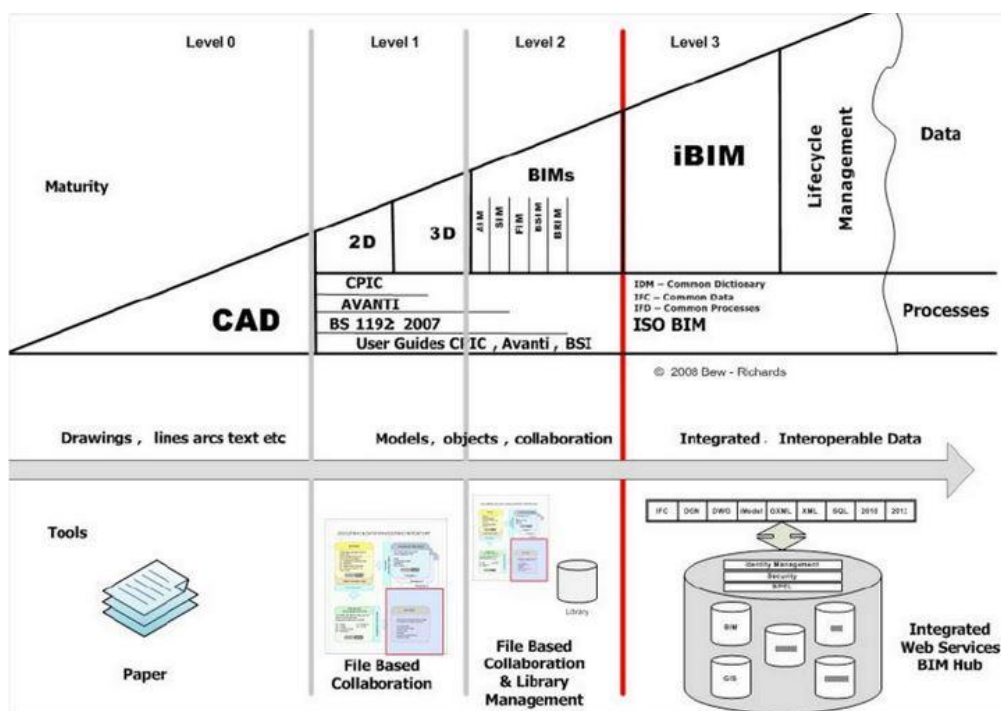


Figura 2.4 – Níveis do BIM [10]

2.1.1.3 Interoperabilidade

Entende-se por interoperabilidade a capacidade de troca de dados entre *software* sem se perder conteúdo/informação.

Este conceito revela-se de extrema importância devido ao uso de diferentes *software* na indústria AEC, por vezes até na mesma empresa. A falta de robustez na interoperabilidade destes, resulta na inviabilidade da coordenação e gestão de projeto, elementos fundamentais da metodologia BIM.

O receio que os seus clientes migrem para outros sistemas tem levado muitos fornecedores a resistir à implementação de uma total interoperabilidade. Isto pode ser evitado através de um compromisso das empresas fornecedoras de *software* e da imposição de uma regulação nacional ou internacional. Contudo, isto ainda é uma realidade distante e representa um dos maiores desafios da metodologia BIM.

De momento, existem entidades focadas na regulação e imposição da interoperabilidade entre sistemas, como a *National BIM Standard*, a *buildingSMART* e a *American Institute of Architects (AIA)*, que no seu site [11] apresenta as vantagens da interoperabilidade:

- Permite a cada membro da equipa de projeto utilizar qualquer ferramenta disponível no mercado para servir as suas necessidades;
- Permite a troca de informação durante todo o ciclo de vida de um projeto;
- Mantém a consistência da informação no portfolio das empresas;

- Promove a competição entre fornecedores de *software* para produzirem os melhores produtos possíveis;
- Maximiza a transparência e competitividade do mercado de serviços de *design*;
- Assegura que a informação de cada projeto possa ser utilizada no futuro, independentemente das políticas e decisões de negócios dos fornecedores de *software*.

Neste contexto, os *standards* têm desempenhado e vão continuar a desempenhar um papel fulcral na indústria AEC. O mais referido é o IFC (*Industry Foundation Classes*), *standard* criado pela *buildingSMART* quando ainda era conhecida por *Internacional Alliance of Interoperability*. Esta organização internacional foi criada com o objetivo de promover a troca de informação entre os diversos *software* usados nesta indústria. O IFC é um formato neutro e aberto, que não é controlado por um único fornecedor ou grupo de fornecedores que inclui especificações padronizadas para o BIM transportando propriedades alfanuméricas, materiais e relações entre objetos além das suas propriedades geométricas [12].

O site da *buildingSmart* descreve o IFC como um formato que aperfeiçoa a comunicação, a produtividade, o tempo de entrega e a qualidade em todo o ciclo de vida de um edifício. O esquema de dados inclui a informação relativa a todos os processos do ciclo de vida do edifício, desde a conceção à remodelação ou demolição.

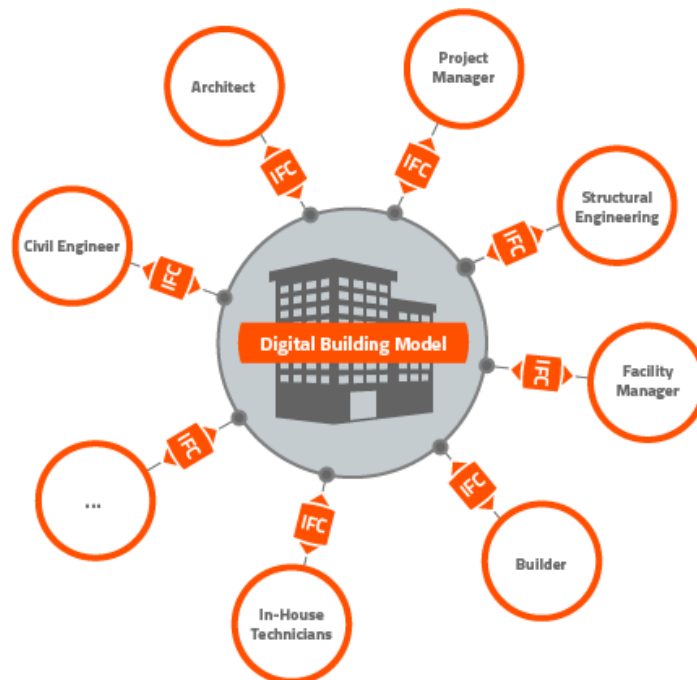


Figura 2.5 – Aplicação do IFC [13]

Para além do IFC, Raúl Sousa [14] descreve outros *standards* disponibilizados pela *buildingSMART*:

Tabela 1 – Standards da buildingSMART

Standard	Descrição
Information Delivery Manual (IDM)	Determina certos tipos de informações necessárias durante o projeto e especifica detalhadamente qual a informação que os intervenientes (arquitetos, engenheiros e construtores, entre outros) devem fornecer num determinado momento, oferecendo assim um entendimento comum entre as partes envolvidas no processo.
International Framework for Dictionaries (IFD)	Representa uma biblioteca lançada pela buildingSMART com o intuito de apoiar o uso do protocolo IFC, permitindo, com recurso a um catálogo de objetos constituído por diferentes conjuntos de dados, que as diversas aplicações comuniquem com essa mesma base de dados mesmo que a comunicação se concretize em diferentes idiomas.
Model View Definitions (MVD)	Mecanismo criado para certificar a implementação e o desenvolvimento de <i>software</i> compatível com o modelo IFC, tendo em conta uma comparação rigorosa com determinados parâmetros.

A falta de interoperabilidade produz efeitos nefastos para a indústria AEC, discriminados por Hugo Sousa [4]:

- Aumento de gastos materiais, energia, dinheiro e desperdício de tempo;
- Gastos elevados em formação e requalificação profissional dos proprietários e aumento das despesas com o setor da construção;
- Défices na replicação de dados, na verificação de documentos e fluxos de trabalho originando baixa produtividade;
- Marginalização dos novos *software* e ferramentas por parte das empresas de *software* dominantes, que favorecem os seus próprios recursos de interoperabilidade;
- Ineficiente desenvolvimento da análise e simulação de ferramentas e interfaces pertinentes à evolução do setor da construção;
- Falta de concorrência empresarial a nível de *software* acessíveis para apoiar o setor da construção;
- Perda de acessibilidade a ficheiros de dados no futuro.

2.1.1.4 Integrated Project Delivery

Integrated Project Delivery (IPD) é um processo relativamente recente que está a ganhar popularidade na medida em que acompanha a expansão do BIM e a componente FM da indústria AEC, utilizando esta tecnologia para apoiar projetos integrados. Estes projetos distinguem-se pela colaboração efetiva entre o Dono de Obra, o Projetista e o Empreiteiro. Esta colaboração inicia-se no desenho concetual e prolonga-se até ao fim do projeto. O objetivo principal deste conceito é que a equipa de projeto trabalhe em conjunto usando as melhores ferramentas possíveis à sua disposição para assegurar que o projeto atinja as expectativas do Dono de Obra com tempo e custos significativamente reduzidos. O Dono de Obra deve fazer parte da equipa ou fazer-se representar por um consultor. Os efeitos desta colaboração podem ser melhor avaliados usando o BIM – custos, energia, funcionalidade, estética e prevenção de erros de projeto [1].

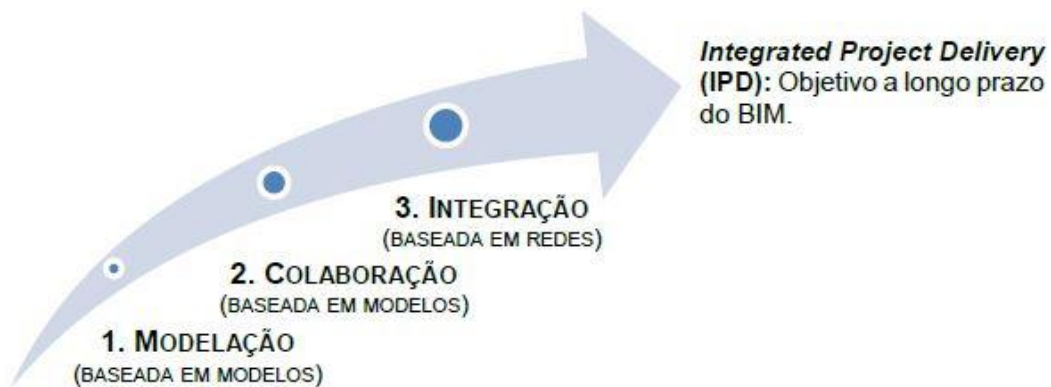


Figura 2.6 – Faseamento para a Implementação BIM do IPD [15]

O IPD não é um conceito bem definido e a sua implementação é faseada conforme a figura 2.6, mas tem as suas bases assentes principalmente nos temas descritos por Gregory R. Andre [16] e Tim Winstanley [17]:

1. Um acordo consensual: o núcleo dos membros participantes, tipicamente o Dono de Obra, o Arquiteto/Engenheiro e o Empreiteiro, participam num único contrato. Ainda, por exemplo, o Arquiteto/Engenheiro é responsabilizado não apenas pelo Dono de Obra, mas também pelo Empreiteiro, e vice-versa. Esta equipa é uma entidade com um único propósito.
2. Partilha de riscos e recompensas: a equipa gere e partilha os riscos e recompensas do projeto. Normalmente, isto é conseguido através da compensação dos participantes consoante a realização dos seus objetivos.
3. Colaboração: através do IPD, os planos, calendarização e mais informação não é simplesmente partilhada, mas desenvolvida em conjunto pela equipa. Todos os participantes, incluindo o

Empreiteiro, são envolvidos desde a gênese do projeto. Ao invés de cada parte ter o seu espaço de trabalho, muitas vezes, todos os participantes são colocados num local de trabalho comum de modo a facilitar a troca de ideias, colaboração e formação de uma equipa.

4. Decisões em conjunto: dentro do espírito de trabalho de equipa, o IPD utiliza uma abordagem de comité para a tomada de decisões. Para se fazer decisões acerca do projeto, pode ser exigida votações unânimes e pode ser reservado o direito ao veto em situações em que o Dono de Obra entende que o consenso não foi atingido.
5. Prevenção de disputas e litigações: um dos pontos fortes do IPD é a minimização do risco de disputas e litigações na medida em que promove a colaboração e o espírito de trabalho em equipa. Isto pode ser atingido estabelecendo uma resolução pré-definida de disputas por um comité da equipa.
6. Software de colaboração: a implementação da colaboração remota no projeto desde as primeiras fases é uma componente chave no processo do IPD. Envolver consultor e colaboradores em especialidades permite a criação de *inputs* que podem representar poupanças significativas. O *feedback* e a colaboração podem detetar conflitos e deficiências de projeto antes da construção, eliminando assim os erros de projeto.
7. Construção eficiente: a construção tradicional é tipicamente ineficiente e propensa a desperdícios quando comparada com outros métodos que englobam o IPD. Com a partilha de responsabilidade e capacidade de colaboração tanto no local como em plataformas digitais, é inevitável que a eficiência seja tornada numa prioridade. A implementação BIM pode controlar vários aspetos da construção, desde a interoperabilidade, custos, calendarização até à sustentabilidade do ciclo de vida do projeto. A adoção desta prática é crucial na eliminação de excessos na construção e assegura um sucesso a longo prazo para todas os participantes envolvidos.

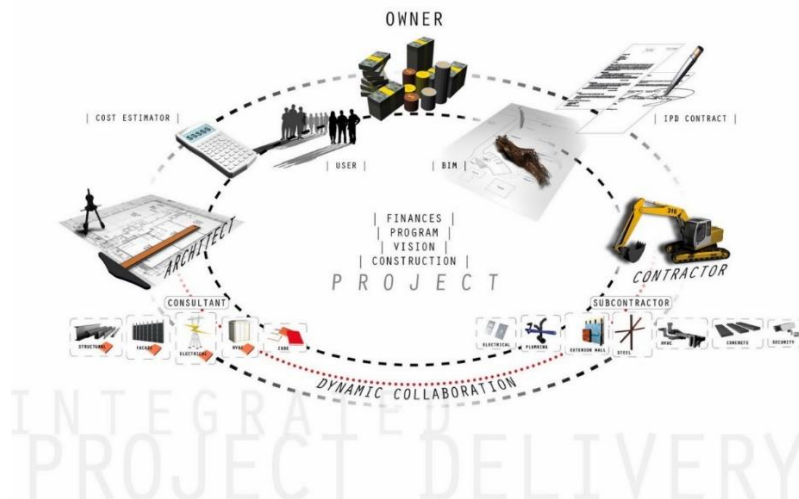


Figura 2.7 – Integrated Project Delivery [17]

2.1.1.5 Common Data Environment

Uma das principais exigências de ambientes colaborativos é a capacidade de comunicar, reutilizar e partilhar informação sem perdas ou erros de interpretação. Neste contexto, a norma inglesa BS1192:2007 que define os processos de trabalho para uma otimizada colaboração de projeto e partilha eficiente, aborda o método como a informação deve ser partilhada entre todos os elementos da equipa de projeto. Este método é dividido por quatro áreas representadas na figura 2.8:

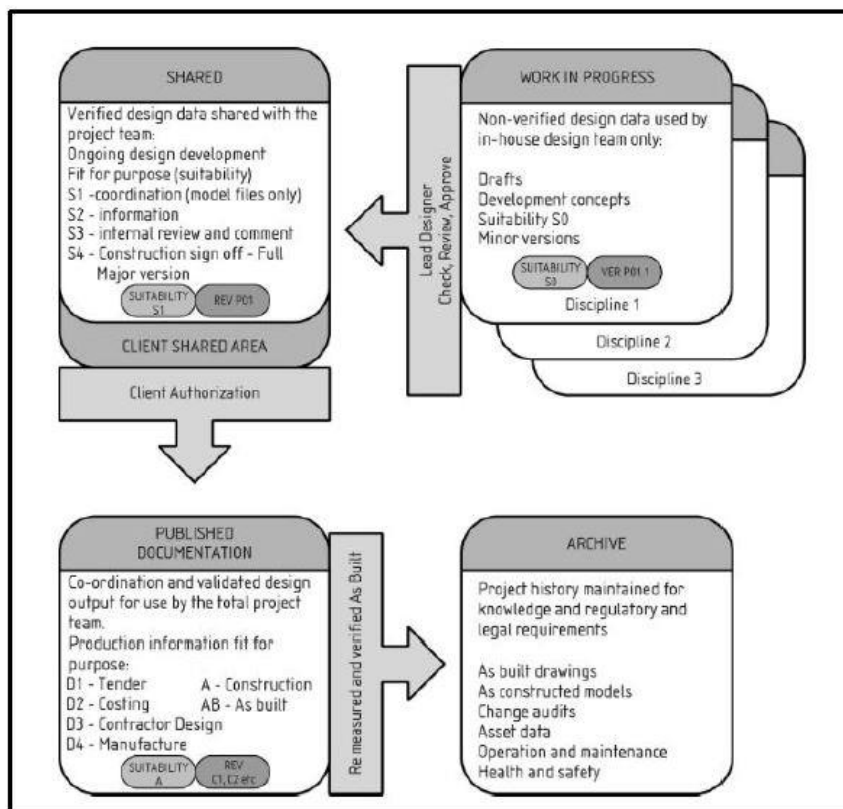


Figura 2.8 – Áreas relevantes para uma Common Data Environment [18]

O AEC (UK) BIM Technology Protocol descreve as áreas referidas [18]:

Work In Progress – Informação em fase de produção, para posterior verificação pelas entidades competentes.

Shared – De maneira a permitir a coordenação e eficiência de trabalho, cada especialidade deve controlar a publicação da informação para acesso por parte dos restantes intervenientes num repositório ou protocolo de troca. Estes ficheiros devem ser acessíveis por todos num local, ou em pastas destinadas a cada especialidade nesta área. Antes de ser partilhada nesta área, a informação deve ser verificada, aprovada e validada.

Published – Documentação publicada nas diferentes fases do Projeto proveniente da área Shared.

Archive – Toda a informação do projeto, incluindo a informação proveniente das áreas Shared e Published, informação não utilizada e outros registos.

2.2 GESTÃO DE PROJETO

No decorrer da fase de execução de obra é frequente introduzirem-se alterações aos projetos, seja por iniciativa do promotor, empreiteiro, fornecedores, projetistas, entidades oficiais ou meramente por erros originados por incompatibilidades.

Neste contexto, torna-se evidente a necessidade destes intervenientes se socorrerem de ferramentas colaborativas que permitam uma gestão eficaz do fluxo das informações geradas, tanto em obra como em gabinetes de projeto, com o intuito de satisfazer as necessidades criadas pelas situações que se colocam no desenvolvimento de uma atividade, de modo a recolher, armazenar e distribuir a informação pelos vários intervenientes [19]. Estas ferramentas permitem também um desenvolvimento contínuo e em tempo real de projetos de construção, compatibilizando as várias partes de um determinado projeto, sem necessidade de reformulações devidas à incompatibilização de determinadas especialidades que muitas vezes ocorrem num sistema tradicional, devido ao desconhecimento de alguns intervenientes do estado de desenvolvimento integral do projeto, ou de particularidades impostas por alguns requisitos específicos de determinada especialidade e que, à partida, podem não ser do conhecimento de um especialista de outra área.

A utilização de um eficiente modelo de informação na gestão de projetos de construção permite então reduzir tempo e custos, aumentar a produtividade de uma empresa devido à melhoria da integração e comunicação interna e, sobretudo, uma maior eficiência e rapidez na elaboração de projetos, ao mesmo tempo que contribui para a qualidade final destes. Por outro lado, a adoção de um bom modelo de informação, com uma utilização de ferramentas colaborativas, além de permitir a colaboração de equipas

dispersas geograficamente e a trabalhar em horários diferentes, contribui para uma maior qualidade no processo de decisão, não só no presente como também no futuro, na medida em que se torna muito mais fácil uma reutilização do conhecimento, que é armazenado por estes sistemas num único local, logo facilmente disponível para consulta [20].

No modelo tradicional e com uma utilização limitada de ferramentas colaborativas, as reuniões de coordenação ocupam cerca de 40% da atividade de um engenheiro ou arquiteto, sendo que uma grande parte desse tempo, é muitas vezes perdido em viagens e preparativos para a realização destas reuniões [19]. Se for possível reduzir o tempo das reuniões assim como o tempo na preparação destas, poder-se-ão reduzir custos e melhorar a eficiência global dos projetos [20].

2.3 PLATAFORMAS DE COMUNICAÇÃO/GESTÃO EXISTENTES

2.3.1 Aspetos gerais

A elaboração de um projeto de engenharia requer a participação de diversos intervenientes de diferentes especialidades, onde cada técnico, numa fase inicial, concebe o respetivo projeto de forma algo desconetada dos restantes, sendo por isso, necessária a compatibilização dos projetos. Nesse contexto, surge a análise de conflitos entre disciplinas, sendo esta essencial para a correta elaboração de um projeto de engenharia [21].

O BIM é apresentado como uma solução, para ajudar na resolução destes problemas inerentes ao setor AEC. Pela sua metodologia que apresenta uma nova abordagem à gestão da informação, sistematizando um conjunto de políticas, processos e tecnologias interrelacionadas, proporciona uma metodologia para gerir um projeto e toda a sua informação através de um formato digital, ao longo do ciclo de vida do edifício [22] como se pode verificar na figura 2.9. Dada a grande quantidade de informação que o setor AEC pode gerar, é necessário que esta informação esteja organizada e padronizada de modo a alcançar a sua gestão eficaz [23].

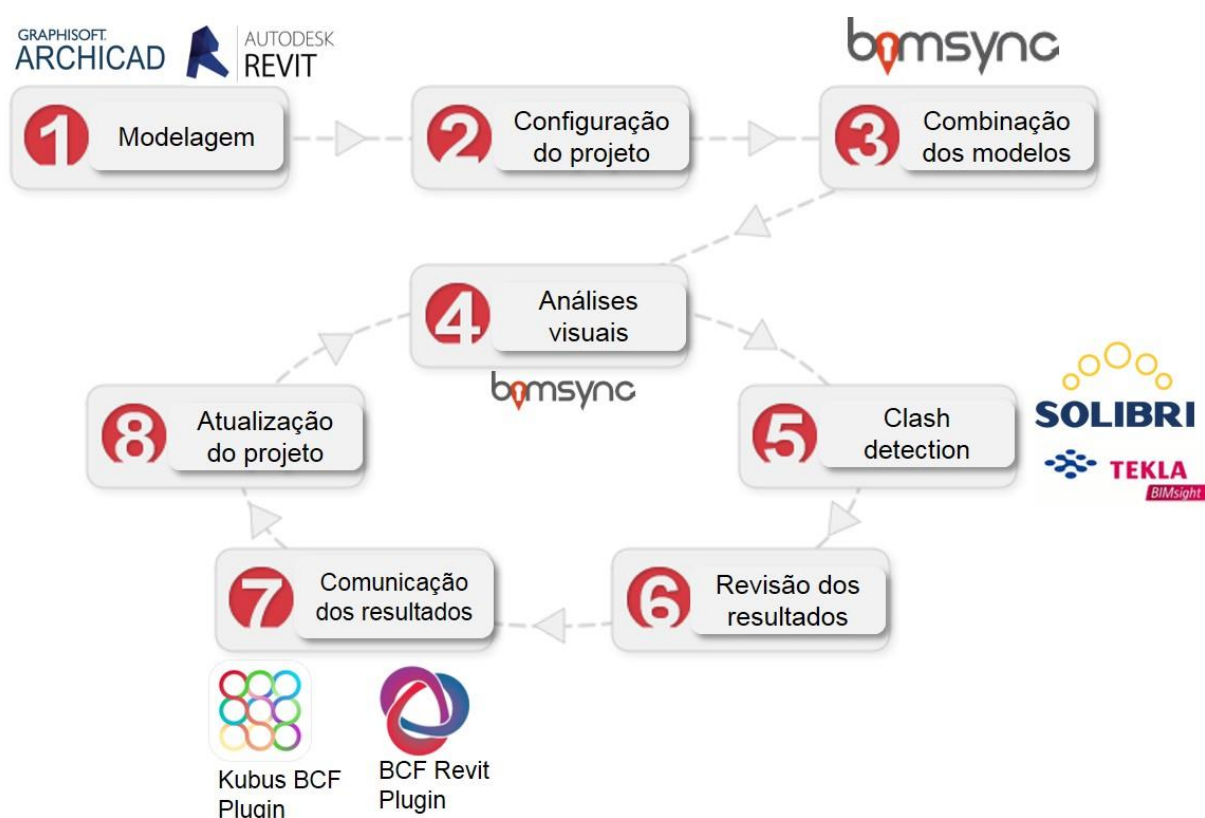


Figura 2.9 – Processos de Partilha da Informação [24]

2.3.2 Navisworks



Figura 2.10 – Logo Navisworks

O Navisworks é uma ferramenta da Autodesk com capacidade de detecção de conflitos baseada na geometria. Apresenta um amplo repertório de funções de navegação e de revisão do projeto 3D, incluindo aplicações de planeamento que permitem efetuar simulações com base no tempo, os modelos 4D aplicados ao planeamento da construção [25].

2.3.3 Synchro PRO



Figura 2.11 – Logo Synchro PRO

O Synchro Professional é um *software* BIM 4D de planeamento para a construção. A primeira versão do programa foi lançada em 2001, em Inglaterra, e desde aí tem vindo a evoluir constantemente. Este *software* é caracterizado pela sua ótima interoperabilidade, permite importar um planeamento de diversos *software* como Primavera P3/P6, Microsoft Project, Asta Powerproject, entre outros. Oferece aplicativos *plugins* para *software* de modelação como o Revit e o Sketchup. Este *software* possui uma grande variedade de ferramentas dedicadas ao planeamento, e possui também pequenas ferramentas de edição de objetos, como divisão de elementos entre outros [26].

2.3.4 Vico Office 4D Manager



Figura 2.12 – Logo Vico Office 4D Manager

O Vico Office é um *software* BIM de gestão da construção com grande amplitude. Este programa desperta bastante interesse à generalidade dos empreiteiros que adotam a metodologia BIM, dado que fornece soluções de orçamentação, planeamento, gestão da produção, gestão de custos, entre outras. Este *software* tem uma potente extração de propriedades dos elementos, combinada com as informações que cada objeto possui dos programas de modelação, permitindo ao usuário filtrar e agrupar os elementos das mais variadas formas, conseguindo com isto, a extração de quantidades segundo as regras que o utilizador definiu e de modo organizado, algo que outros *software* semelhantes não alcançam com tanta profundidade [26].

2.3.5 BIMcollab



Figura 2.13 – Logo BIMcollab

BIMcollab é uma plataforma de comunicação de erros, construída para receber ficheiros de formato IFC e BCF. Os ficheiros BCF contêm toda a informação relevante para a comunicação entre diferentes *software* BIM, incluindo vistas e anotações. Esta ferramenta simplifica o processo de comunicação de erros e oferece um método estruturado para a recolha, partilha e gestão destes erros em qualquer projeto BIM.

2.3.6 Trimble Connect



Figura 2.14 – Logo Trimble Connect

O Trimble Connect é um serviço de suporte ao trabalho colaborativo em BIM e hospedagem em nuvem, desenvolvido pela Trimble. A plataforma oferece ferramentas de colaboração para que as partes envolvidas num projeto possam trabalhar juntas em tempo real. É possível visualizar modelos, partilhar informações e extrair relatórios a partir de um conjunto único e sistematizado de dados. Também permite a incorporações de modelos criados no Revit, Archicad e Vectorworks, convertidos em IFC e integrados na plataforma. Para o trabalho com arquivos de modelos 3D, o Trimble Connect possui ferramentas de visualização, anotação e revisão, verificação de conflitos de geometria, extração de quantitativos, controle de versões, entre outros recursos.

2.3.7 Autodesk BIM 360 Glue



Figura 2.15 – Logo Autodesk BIM 360 Glue

O Autodesk BIM 360 Glue é um produto de gestão e colaboração BIM que conecta todos os elementos de um projeto e simplifica os processos de trabalho em BIM. Com acesso aos mais recentes modelos e informação durante o ciclo de vida de um projeto, o BIM 360 Glue acelera os processos de revisão e ajuda à identificação e resolução de problemas de coordenação. Esta plataforma incorpora mais de 50 diferentes formatos da indústria e inclui uma versão para aplicações móveis, permitindo a sua utilização no campo de trabalho.

2.3.8 Modelspace



Figura 2.16 – Logo Modelspace

O Modelspace é uma plataforma *web* desenvolvida pela Gravicon, empresa finlandesa, de gestão de requisitos de projetos BIM, Gestão e Manutenção através da utilização de *templates* adequados ao tipo de projeto e/ou legislação vigente no país de aplicação do projeto.

O Modelspace permite ao utilizador estabelecer objetivos e requisitos para cada projeto e certificar-se que é desenvolvido como previsto. A utilização desta plataforma inicia-se antes da modelação e comportará os modelos mesmo depois do projeto estar concluído [27].

A utilização deste tipo de plataforma ainda não é muito comum atualmente em Portugal. O crescente número de colaboradores num projeto e muitos trabalharem em pontos geográficos distantes tem vindo a ampliar o número de aderentes a este tipo de ferramentas, de forma a otimizar o trabalho colaborativo.

Esta plataforma interage com o utilizador através do *web browser*, necessitando apenas de fazer *login* na sua conta para ter acesso a todos os dados divididos por 6 módulos:

- *Space Management* (Gestão do Espaço) – permite inventários detalhados do espaço, dados da ocupação e *benchmarking* das instalações para melhorar as taxas de ocupação e utilização do espaço;
- *Project Management* (Gestão de projetos) – permite a calendarização de um projeto e definição de tarefas alinhadas com os objetivos do projeto e a sua monitorização em tempo real, auxiliando o controlo de custos;
- *Investment Planning* (Planeamento de Investimentos) – permite a gestão centralizada de propostas de investimentos e a combinação da informação de requisitos de espaços com modelos BIM;
- *Facility Management* (Gestão das Instalações) – permite o rastreamento de equipamentos e sistemas e a configuração e gestão de espaços utilizando modelos BIM assim como uma obtenção de uma estimativa de custos com base nas suas áreas;
- *Hospital Projects* (Projetos de Hospitais) – módulo desenvolvido especialmente para a gestão complexa de projetos de hospitais;
- *Extranet* – permite o controlo de informação através de uma partilha filtrada e estruturada de qualquer tipo de ficheiros.

2.3.9 Tekla BIMsight



Figura 2.17 – Logo Tekla BIMsight

O TeklaBIMsight é um *software* de deteção de conflitos e coordenação de projeto. É um programa de acesso gratuito, o que justifica a sua grande aceitação e a sua interação é relativamente intuitiva.

Destaca-se principalmente pela utilização de ficheiros BCF. O BCF é um ficheiro de formato aberto que permite a melhoria da comunicação e colaboração entre o *software* e os intervenientes no projeto,

através da codificação de mensagens que informam um interveniente ou *software* de um ou mais erros detetados por outro interveniente ou *software*.

O BCF é uma ferramenta de comunicação e não um modelo. A utilização deste formato oferece um fluxo de informação que se apoia no modelo sob a forma de *snapshots*, comentários e avisos acrescentados pelos intervenientes ou pelo *software*. Este fluxo pode ter o seu início a partir da primeira troca de ficheiros IFC. A localização e o tamanho da equipa de projeto são fatores a considerar na utilização deste formato. Valoriza-se para equipas com um grande número de elementos em que os problemas de projeto são mais difíceis de acompanhar e para as equipas com elementos localizados em pontos geográficos distantes [28].

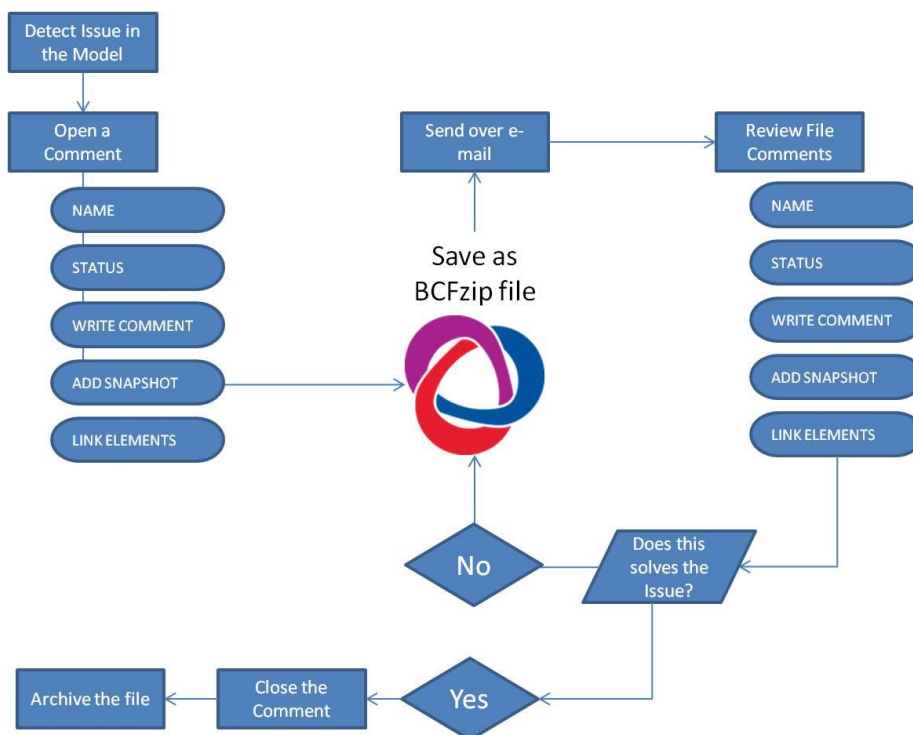


Figura 2.18 – Utilização do formato BCF [28]

A *interface* deste *software* é prática e organizada. A interação do utilizador inicia-se na página inicial do *software* onde o usuário pode organizar os seus projetos e acrescentar novos.

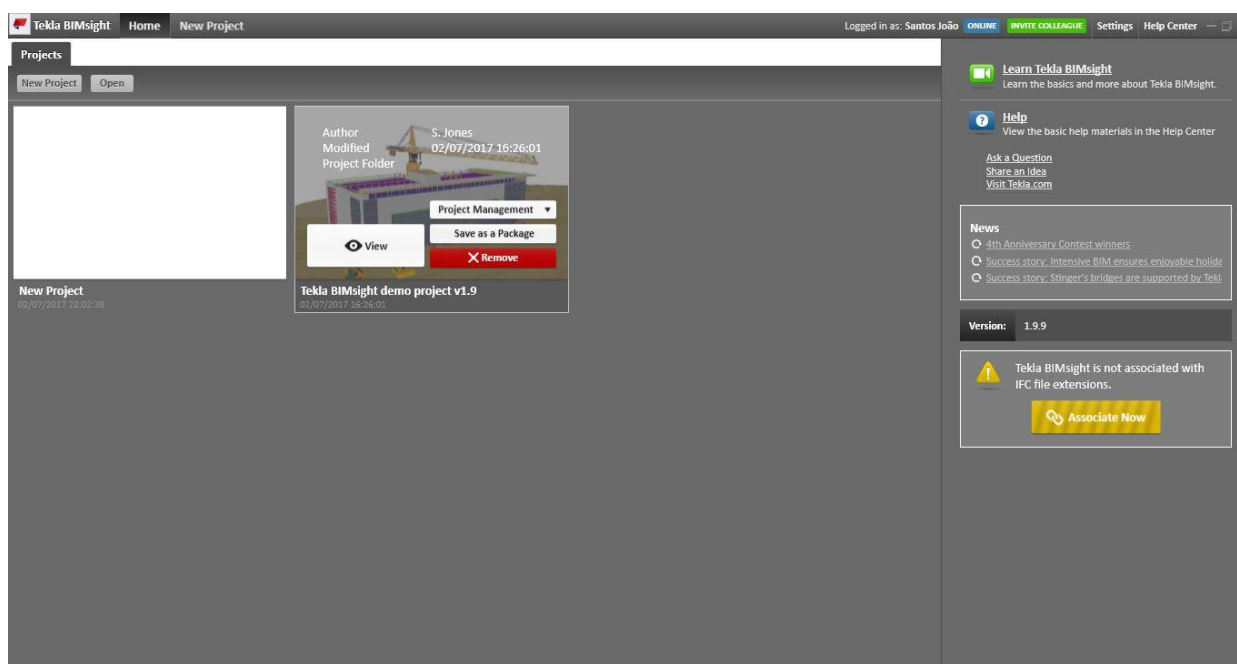


Figura 2.19 – Interface do TeklaBIMsight

Dentro do projeto, o *software* é organizado essencialmente em 4 partes:

- Elementos construtivos e de modelação
- Visualizador do modelo com notas, documentos e sinalizações de conflitos
- Grupo de objetos, notas, documentos e conflitos
- Vistas

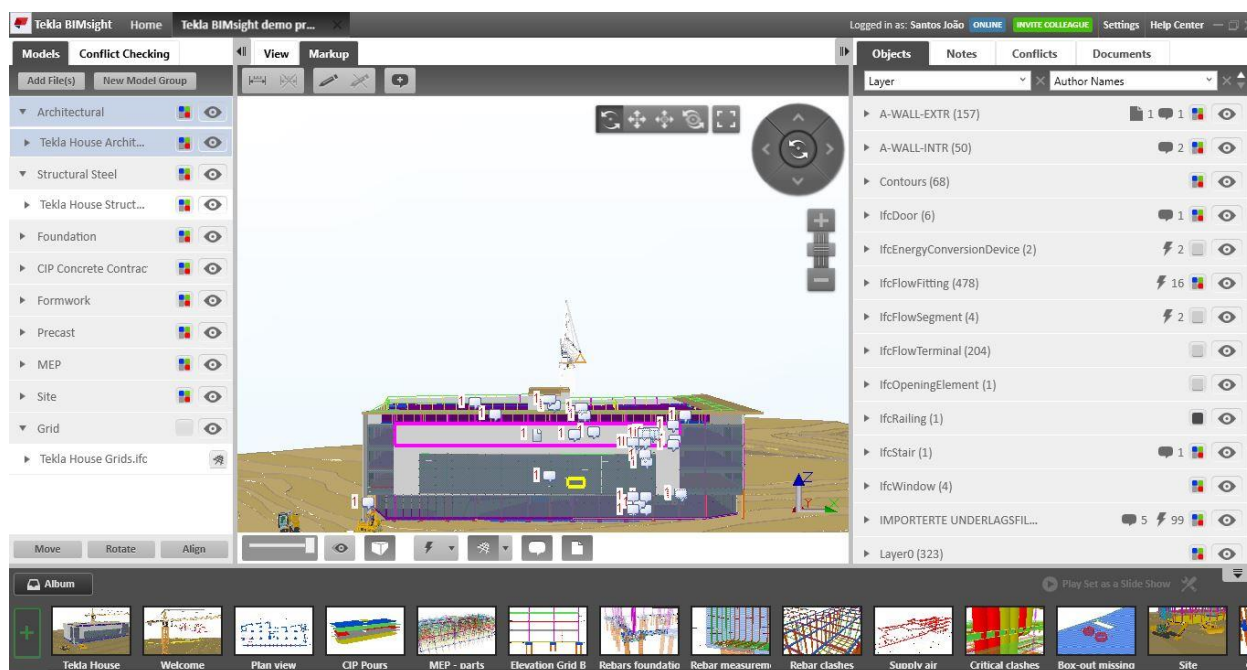


Figura 2.20 – Organização do TeklaBIMsight

É de salientar a qualidade do visualizador deste *software*, destacando-se a resolução e o fácil manuseamento dos modelos. Aliado à possibilidade de afixar notas, documentos e *snapshots* tirados em obra, o utilizador pode tirar partido de uma ferramenta verdadeiramente vantajosa no que concerne ao trabalho colaborativo durante a fase de projeto e na Assistência Técnica.

Coordenação e Detecção de Conflitos

O BIM e as suas ferramentas têm-se revelado uma excelente ajuda na análise de conflitos porque permitem a compatibilização de várias disciplinas de projeto num ambiente virtual. A elevada capacidade de pormenorização e visualização destes modelos dotam os intervenientes de uma considerável capacidade de colaboração na execução de projeto, diminuindo assim o potencial de erros durante a fase de construção. Neste sentido pretende-se demonstrar, no capítulo seguinte, o potencial na utilização prática deste *software* desenvolvido pela Trimble como uma ferramenta de apoio na análise de conflitos entre especialidades e integração dos intervenientes num ambiente comum de colaboração durante a fase de Projeto e a fase de Assistência Técnica.

A coordenação e deteção de conflitos não são conceitos recentes ou provenientes do BIM. Sempre tiveram um papel importante na indústria AEC e são práticas extremamente influentes na orçamentação e calendarização de um projeto.

Tipos de Conflitos

Na pesquisa bibliográfica, foram encontrados maioritariamente três tipos de conflitos na modelação BIM:

- Hard Clash
- Soft Clash
- 4D/Workflow Clash

O **Hard Clash** ocorre quando dois objetos ocupam o mesmo espaço: a existência de uma viga num espaço ocupado por uma conduta, por exemplo.

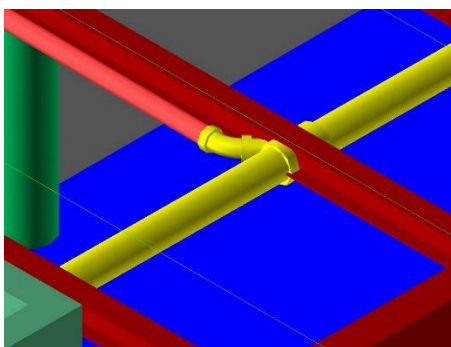


Figura 2.21 – Hard Clash

O **Soft Clash** refere-se a objetos que ocupam espaços que podem afetar o movimento, manutenção ou segurança de outros objetos, por exemplo, um edifício a ser modelado demasiado próximo de um cabo de alta tensão.

O **4D/Workflow Clash** é o conflito de agendamento de equipas de trabalho, conflitos de fabrico e entrega de equipamentos/materiais.

2.4 PROGRAMAÇÃO

2.4.1 Engenharia de requisitos

Por engenharia de requisitos entende-se a atividade inicial do processo de desenvolvimento de sistemas em que se determina e especifica o que um sistema deve fazer, bem como as circunstâncias sob as quais deve operar, envolvendo geralmente um esforço colaborativo entre engenheiros de requisitos e utilizadores, no qual os primeiros procuram obter a partir dos segundos, num processo gradual e cumulativo, o maior conhecimento possível acerca do domínio do discurso do sistema e respetivo ambiente [29].

Os requisitos são definidos durante a fase inicial do desenvolvimento de um sistema como uma especificação que deve ser implementada. Eles descrevem como o sistema se deve comportar, além de propriedades e atributos que o sistema deve apresentar. Os requisitos podem também ser vistos como uma restrição do sistema. Refletem as necessidades dos diferentes *stakeholders* para o desenvolvimento de um dado sistema [30]. Estes *stakeholders* são pessoas que estão interessadas no sistema e que têm influência direta ou indireta nos requisitos do sistema [31].

Os requisitos podem ser categorizados em três tipos: os requisitos funcionais, requisitos não funcionais e requisitos organizacionais.

Os requisitos funcionais descrevem os serviços que o sistema deve oferecer, como o sistema deve reagir a certas entradas e como o sistema se deve comportar em determinadas situações [30][32].

Os requisitos não funcionais podem ser classificados segundo diferentes categorias [32]:

- **Requisitos de Produto:** definem como o produto se deve comportar. Exemplos de requisitos de produto são os requisitos de eficiência e de confiança.
- **Requisitos Processo:** são consequências das políticas e normas estabelecidas pela organização ou pelo desenvolvedor. Exemplo: requisitos de padrão, de implementação e de entrega.

- Requisitos Externos: provêm de fatores que são externos ao sistema e ao seu processo de desenvolvimento. Exemplo: requisitos legais, que garantem que o sistema está de acordo com a lei vigente.

De forma geral, a diferença entre requisitos funcionais e não funcionais está no facto dos primeiros descreverem *o que* o sistema deve fazer, enquanto que os outros fixam restrições sobre *como* os requisitos funcionais serão implementados.

Os requisitos organizacionais dizem respeito às metas da empresa, às suas políticas estratégicas e aos relacionamentos entre os seus intervenientes conjuntamente com os seus objetivos [31].

2.4.2 Processo de desenvolvimento de requisitos

Quando se inicia o desenvolvimento de uma aplicação, é possível que os requisitos iniciais expressos pelos *stakeholders* sejam ambíguos, incompletos e inconsistentes. Deste modo, é frequente recorrer às atividades da Engenharia de Requisitos, para a produção de um documento de requisitos adequado, que posteriormente resulte num *software* de qualidade.

O processo da engenharia de requisitos é composto por [31]:

- Entradas
 - Informações sobre o domínio;
 - Informação sobre o sistema existente;
 - Necessidades de utilizadores diretos e indiretos e demais envolvidos;
 - Leis, normas e padrões;
- Saídas
 - Aceitação de requisito;
 - Especificação do sistema;
 - Modelação do sistema;
- Atividades
 - Análise do domínio: desenvolver uma compreensão do domínio da aplicação;
 - Recolha de requisitos: interagir com os *stakeholders* envolvidos;
 - Classificação de requisitos;
 - Resolução de conflitos entre requisitos;

- Prioridade dos requisitos: identificar os requisitos mais importantes;
- Verificação e validação dos requisitos: verificar se eles são completos, consistentes e de acordo com o que os utilizadores esperam do sistema.

As entradas são fontes de requisitos e fontes de mudança, constituindo toda a informação considerada essencial para o desenvolvimento e manutenção do sistema. O seu objetivo é identificar as suas necessidades e requisitos globais de informação [33].

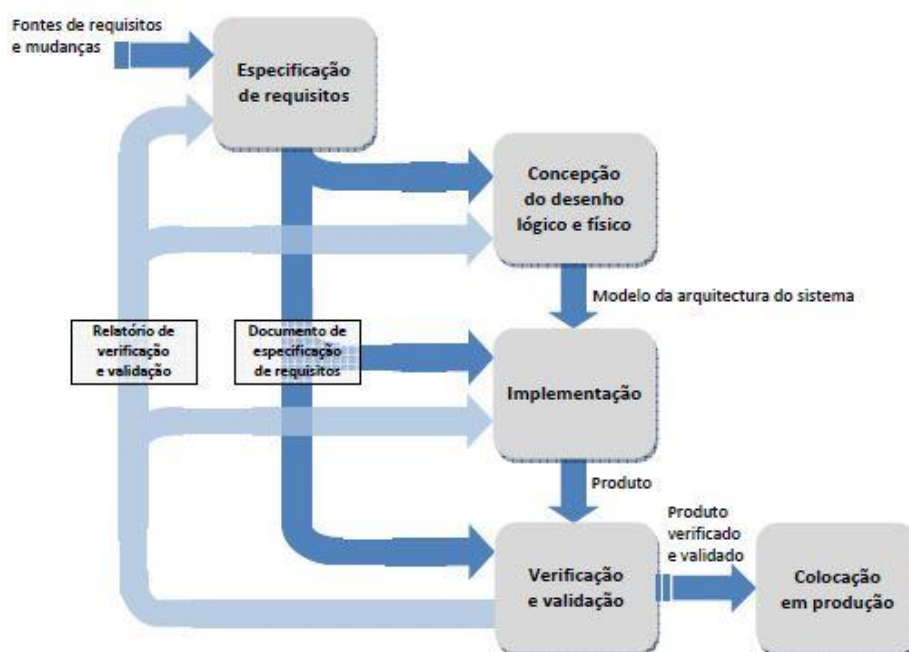


Figura 2.22 – Modelo do ciclo de desenvolvimento de *software* [33]

2.4.3 Web Programming em PHP

A linguagem PHP pode funcionar como uma linguagem de computação regular, mas foi criada essencialmente com um objetivo – gerar páginas *web*. Isto significa que na prática, o objetivo de um programa escrito em PHP é o de gerar HTML ou qualquer outro conteúdo que se possa encontrar numa página *web*, o que torna recomendável algum conhecimento sobre estas tecnologias, HTML em particular.

Algumas das aplicações mais comuns de PHP incluem:

- Realização de cálculos e equações matemáticas;
- Acesso a bases de dados;
- Criar *interface web* para adicionar, eliminar, e modificar elementos na base de dados;
- Gerar conteúdos HTML;
- Impor e aceder a cookies e variáveis de sessão;

- Autenticar um utilizador a acessos restritos em secções de páginas *web*;
- Encriptar informação;
- Criar imagens como verificações CAPTCHA – Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart;
- Gerar documentos PDF ou Excel;
- Gerar ficheiros automaticamente, e guardá-los no sistema de ficheiros.

2.4.4 HTML

Hyper Text Markup Language (HTML) é uma linguagem de marcação empregada para a criação de páginas *web* que utiliza *tags* para definir os seus diferentes elementos, por exemplo texto, imagens, vídeos e formulários de modo a posteriormente serem interpretadas pelos *browsers* e apresentarem, de forma organizada e visível, a informação ao utilizador [34].

O *HTML* surgiu no início dos anos 90 como resultado do trabalho do físico inglês Tim Berners-Lee. Na altura era apenas uma coleção de ferramentas que permitia a partilha de documentos digitais entre o seu grupo de investigação, com algumas opções limitadas de formatação. Apesar de já existir a Internet, o acesso era feito através de linhas de comando de difícil uso e apenas acessível para alguns. A criação dessa coleção de ferramentas veio permitir um uso mais simplificado da Internet. A partilha desta ferramenta com outros grupos de investigação e o seu consequente desenvolvimento deram origem ao que hoje conhecemos como *HTML*. O objetivo base era ser uma linguagem de marcas básica para que qualquer um a pudesse utilizar. Este objetivo foi mantido ao longo da sua expansão e do seu desenvolvimento, pelo que hoje a linguagem está disponível para todos [34].

O *HTML* tem acompanhado de forma constante a evolução da Internet e dos seus *browsers* visando ser acessível a partir de todos eles e responder às novas necessidades do mundo digital. A versão mais recente é o *HTML5* que pretende revolucionar o papel do *HTML* na *web*, implementando novas *tags* que permitem incluir conteúdos anteriormente acessíveis apenas através de tecnologias terceiras. O objetivo base desta nova versão é a inclusão, o acompanhamento e manipulação de conteúdos multimédia e dos seus elementos na *web*, sem que seja necessário o utilizador recorrer a *plugins* e *APIs* (aplicações) para poder visualizar e aceder aos mesmos. Tem também por objetivo acompanhar a expansão da utilização de *smartphones* e de *tablets*, desenvolvendo assim os recursos de forma a que sejam possíveis de executar em dispositivos móveis de baixa potência [34].

Em novembro de 2016 surgiu uma atualização do *HTML*, o *HTML5.1*. Acrescentou poucas alterações, principalmente caracterizadas pela introdução de novos elementos e atributos.

2.4.5 JavaScript no desenvolvimento de aplicações web

Inerente à definição do próprio conceito de aplicação *web*, vem a resposta que esta deve assumir no caso de existir algum tipo de interação por parte do utilizador. Esta interação deve traduzir-se numa resposta dinâmica a uma determinada ação, como a alteração de valores numa tabela ao ser inserido um dado num formulário. O *HTML* não é, por si só, interativo, dependendo de linguagens *script* como é o caso do *JavaScript*. Devido ao facto de ter sido adotado pela maioria dos *browsers* a sua taxa de penetração é consideravelmente elevada, pelo que é, atualmente um standard da *web* [36].

No conceito original de página *web*, sempre que existe uma interação por parte do utilizador, um pedido é enviado ao servidor e a página é carregada com o conteúdo pedido. Esta situação, que ainda hoje acontece com alguma regularidade, como por exemplo no caso de uma atualização de um valor num determinado campo, conduz ao aumento do tráfego no servidor. Assim surgiu o conceito de *Asynchronous JavaScript and XML* (AJAX). Segundo Riordan [35], AJAX é uma forma de desenhar e construir páginas *web* tão interativas e com tempo de resposta como aplicações do desktop. É de notar que AJAX não é uma linguagem de programação. Trata-se de um método que se baseia na realização de pedidos assíncronos ao servidor. Assim, o utilizador não necessita de esperar pela obtenção do resultado do pedido para continuar a interagir com a página, pelo que só será atualizado o elemento que foi alterado [36].

2.4.6 MySQL

O *MySQL* é um sistema de gestão de bases de dados. A sua interface é gerada com linguagem SQL. Este sistema tornou-se uma das bases de dados mais utilizada em todo o mundo, com mais de 100 milhões de cópias distribuídas, devido à sua velocidade e facilidade de utilização. Para além disso, permite aos utilizadores a eliminação dos principais problemas relacionados com o tempo de inatividade, a manutenção e administração de aplicações *online*. Entre os principais utilizadores destacam-se a *Google*, a *Nokia*, a *Wikipédia* e ainda o *Youtube* [37].

Foi criado por dois suecos e um finlandês que trabalham juntos desde a década de 80 e tem por objetivo ser a maior e melhor base de dados para aplicações *online*, disponível para todos, rápida e de confiança, fácil de usar, livre de *bugs* e em contínuo desenvolvimento e expansão de forma segura. O *MySQL* é um dos elementos chave do grupo *LAMP* (*Linux, Apache, MySQL, PHP / Perl / Python*), que pretende a expansão e o aumento de utilizadores de *software open source*, como alternativa a *software* pagos [38].

2.4.7 CSS

A *Cascading Style Sheets* (*CSS*) é uma linguagem de estilização desenvolvida para definir a aparência de páginas de linguagens de marcação. É definida numa folha própria e a sua ligação ao *HTML* é feita através

CAPÍTULO 2

de uma *tag* na página *HTML*. Com a *CSS* é possível controlar o aspeto de todos os elementos *HTML*, desde cor, tamanho, tipo de letra, decoração de letras ou de caixas, *backgrounds*, etc. Uma das principais vantagens do *CSS* é que com apenas uma folha é possível indicar a aparência de várias páginas *HTML*, ou de uma plataforma toda, sem ser necessário estilizar *tag* a *tag*, dentro da página *HTML* [39].

3 PROCESSO CONSTRUTIVO

3.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a crescente complexidade dos projetos na Construção Civil tem levado os construtores a tentar manter ou aumentar a qualidade dos seus projetos sem a necessidade de aumentar significativamente os custos. Desta maneira, torna-se essencial antecipar e prever a possibilidade de anomalias e de necessidades nos processos construtivos que possam atrasar os trabalhos.

A falta de coordenação e comunicação entre intervenientes do projeto resulta inevitavelmente em excesso de custos e atrasos. Contudo, uma questão chave na resolução de problemas de cooperação é a motivação dos participantes para seguirem estratégias que não se resumam à procura de vantagens individuais. Frequentemente, essas restrições surgem sob a forma de regras formais (leis) e de incentivos, sendo desejável atingir-se um entendimento generalizado para que a estratégia de cooperação seja seguida por todos os participantes. O desejável é que, mesmo sem ser necessárias interferências externas, os participantes passem a confiar que todos os restantes seguirão também estratégias de cooperação [40].

A colaboração online está em evolução, afastando a indústria dos métodos de comunicação trabalhosos e de longa duração. Estamos a afastar-nos do ambiente baseado em documentos físicos para uma base de dados colaborativa. A informação frequentemente atualizada por um largo número de consultores e partes interessadas, alimenta o modelo, pelo que é necessário geri-la. Assim, para uma implementação do BIM com sucesso, é essencial uma assertiva gestão de pessoas e atitudes. O BIM está a alterar a gestão da construção mais do que qualquer outra atividade [41].

3.2 FLUXO DE INFORMAÇÃO

No decorrer de um projeto de engenharia é produzida uma elevada quantidade de informação, independentemente da dimensão do projeto. Parte dessa informação é documentada em peças desenhadas, atas e correspondência. Outra parte, nunca chega a ser formalizada, acabando muitas vezes por ser informação perdida. Com o surgimento de novas tecnologias, o sector começa a interessar-se pelo

modo como esta informação pode ser processada e gerida entre os vários intervenientes, que muitas vezes se encontram a trabalhar em pontos geográficos diferentes.

Torna-se necessário compatibilizar a informação proveniente dos vários intervenientes e interligar a informação produzida, permitindo a atualização contínua do modelo dado que a informação produzida por um interveniente/especialidade é muitas vezes relevante para o correto desenvolvimento de outra especialidade.

Durante o desenvolvimento do projeto, a informação é produzida em níveis de detalhes distintos [46]:

- a) Peças desenhadas: a um nível elementar, onde se define a forma e localização de cada elemento individualmente;
- b) Especificações técnicas do projeto: a um nível intermédio, definem-se regras de implementação de cada grupo de componentes em obra;
- c) Mapa de trabalhos e quantidades: a um nível operacional, associam-se os elementos da construção a artigos.

Durante este desenvolvimento é necessário estabelecer prioridades para se evitar conflitos entre especialidades, criando-se uma ordem de trabalhos que visa evitar atrasos e tempos de espera. A formalização deste processo nem sempre é uma tarefa fácil.

3.3 FASEAMENTO

O sucesso de um Projeto depende fundamentalmente da definição dos parâmetros para o seu desenvolvimento.

De modo a otimizar-se o Projeto em termos de qualidade, funcionalidade e custos, cada uma das suas fases deve ser aprovada e o seu início e término, formalmente comunicados.

Em Portugal, o faseamento de um Projeto é estabelecido pela Portaria nº 701-H/2008[43], e é definido pelas seguintes fases:

- Programa Preliminar

O Programa Preliminar é o documento a ser fornecido pelo Dono de Obra. Estabelece os objetivos do Projeto, as características gerais, informações sobre as diversas ocupações, áreas, relações funcionais, requisitos técnicos, localização do empreendimento, exigências sobre o comportamento, funcionamento, exploração e conservação da obra, estimativa de custo e indicações gerais de prazos para a elaboração do projeto e para a execução da obra.

- Programa Base

O Programa Base é um documento elaborado pela Equipa Projetista que visa a verificação da viabilidade da obra e o estudo de soluções alternativas, que após aprovação do Dono de Obra, servem de base para o desenvolvimento das seguintes fases. É apresentado de forma a que o Dono de Obra perceba claramente as soluções propostas pelo Projetista.

- Estudo Prévio

Nesta fase são criados todos os projetos específicos das diferentes especialidades. Depois da aprovação do Programa Base, o Estudo Prévio desenvolve as soluções aprovadas, sendo constituído por peças escritas e desenhadas e outros elementos informativos de fácil apreciação por parte do Dono de Obra.

- Anteprojeto ou Projeto Base

O Anteprojeto é um documento elaborado pelo Projetista, desenvolvido sobre o Estudo Prévio, aprovado pelo Dono de Obra. Nesta fase, todos os projetistas desenvolvem os seus projetos em conformidade com o estabelecido na fase anterior. Este documento é a base para a organização dos diversos Processos de Licenciamento para aprovação pelas entidades oficiais competentes.

- Projeto de Execução

O Projeto de Execução é elaborado a partir do Anteprojeto aprovado no Licenciamento correspondente ao processo coordenado do ponto de vista técnico, informações escritas e desenhadas, destinadas a facultar todos os elementos necessários à definição rigorosa dos trabalhos a executar por parte dos intervenientes na Execução da Obra. Deve obedecer ao disposto na legislação aplicável.

- Assistência Técnica

Esta fase visa a prestação de apoio técnico do Coordenador de Projeto ou dos autores do projeto, ao Dono de Obra ou a quem este designar, que engloba as seguintes atividades:

1. Esclarecimento de dúvidas relativas ao projeto durante a preparação dos documentos técnicos a integrar nos processos de concurso para a adjudicação das empreitadas.
2. Prestação de apoio ao Dono de Obra na apreciação e comparação das condições de qualidade das soluções técnicas das propostas dos concorrentes.
3. Elaboração de desenhos ou outros documentos complementares justificados por erro ou omissão do projeto e necessários pelo desenvolvimento da obra.
4. Apoio à fiscalização na apreciação e aprovação de documentos de carácter técnico, desenhos de execução e amostras apresentados pelos fornecedores ou empreiteiros.






3.4 MAPA DE PROCESSOS






A coordenação das diferentes atividades é um processo complexo em contínua evolução. Os projetos na indústria AEC são caracterizados como o resultado de um trabalho colaborativo de vários domínios, onde a troca de informação e conhecimento é partilhado por várias partes.

A atividade entre os intervenientes, devido à sua complexidade, obriga à criação de um mecanismo para a definição de um processo de trabalho adequado. A otimização deste mecanismo, no seu *design* e na sua manutenção, é a fundação do sucesso de qualquer projeto.

A definição e apresentação da sequência de trabalhos e responsabilidades através de um fluxograma ajuda a perceção e compreensão de um processo como um todo. Os elementos presentes na notação BPMN fornecem, ao utilizador, maior facilidade de compreensão entre as secções de um diagrama [44]. Na tabela 2 estão representados os elementos para a modelação de um diagrama BPMN. Estes elementos devem ser compreendidos quer pelo modelador, quer pelo leitor do diagrama.

Tabela 2 – Notação BPMN

Elemento	Descrição	Notação
Event	Os <i>Events</i> são representados por um círculo e correspondem a um acontecimento que afeta o fluxo do modelo e normalmente têm uma causa ou um impacto. Com base no momento em que os <i>Events</i> acontecem, estes podem ser distinguidos em três tipos: <i>Start</i> , <i>Intermediate</i> ou <i>End</i> .	
Activity	As <i>Activities</i> são representadas por retângulos arredondados e representam pontos, num fluxo de processo, onde o trabalho é realizado. Estas podem ser divididas em: <i>Sub-process</i> e <i>Task</i> .	
Gateway	Os <i>Gateways</i> são usados para controlar a convergência de uma sequência de fluxos.	
Sequence flow	As <i>Sequence flows</i> identificam a ordem dos acontecimentos num processo. Estas apresentam apenas uma origem e um destino podendo estes ser: <i>Events</i> , <i>activities</i> , <i>choreography activities</i> e <i>gateways</i> .	
Pools	Uma <i>Pool</i> funciona como um recipiente para a sequência de fluxos entre <i>Activities</i> . Estas sequências de fluxos devem estar contidas dentro dos limites das <i>Pools</i> , devendo a interação entre <i>Pools</i> ser realizada através de <i>Message flows</i> .	

<p>Message flow</p>	<p>Os <i>Message flows</i> são usados para mostrar o fluxo de mensagens entre dois intervenientes. Estes devem estabelecer a ligação entre duas <i>Pools</i> ou entre dois objetos desde que estes se encontrem em <i>Pools</i> diferentes.</p>	
<p>Association</p>	<p>As <i>Associations</i> são utilizadas para estabelecer a ligação da informação. Quando existir a necessidade de indicar o fluxo de informação deve ser adicionada uma seta na <i>Association</i>.</p>	
<p>Lane</p>	<p>As <i>Lanes</i> são partições de um processo (ou de uma <i>Pool</i>) e são utilizadas para organizar e categorizar as <i>Activities</i>.</p>	
<p>Data objects</p>	<p>Os <i>Data objects</i> fornecem informação acerca da produção e execução de cada <i>Activity</i> e podem representar um objeto ou um conjunto de objetos.</p>	
<p>Group</p>	<p>Um <i>Group</i> é um agrupamento de elementos gráficos que se encontram dentro da mesma categoria.</p>	

Através da apresentação deste fluxograma, pretende-se descrever um conjunto de interações a serem realizadas pelos vários intervenientes e alguns dos *outputs* de maior relevo. Estas interações podem ser sujeitas a várias alterações devido à complexidade e individualidade de cada projeto na indústria AEC, portanto pretende-se apresentar um modelo simplificado para facilitar a perceção generalizada deste tipo de processos.

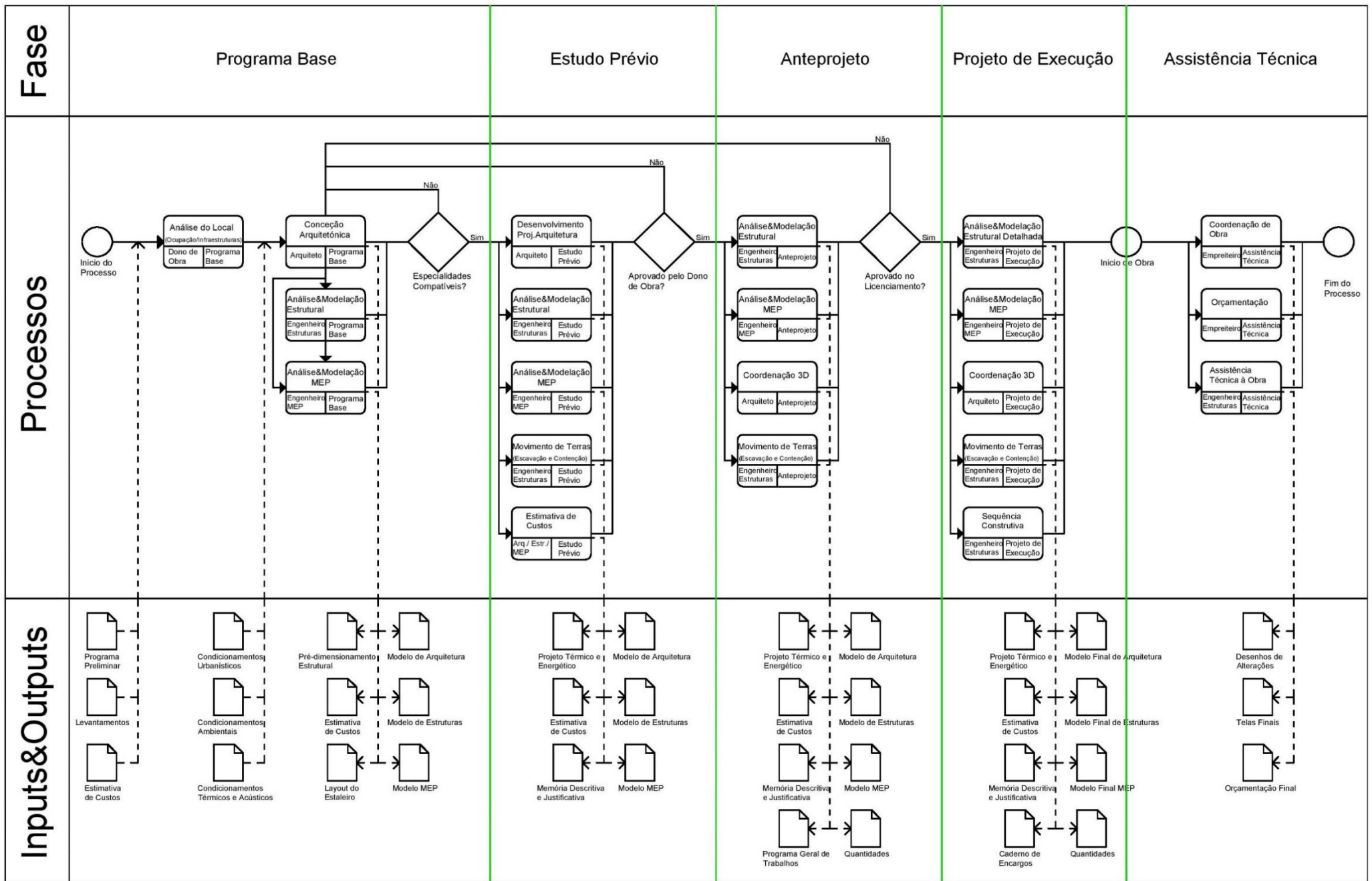


Figura 3.1 – Mapa de Processos

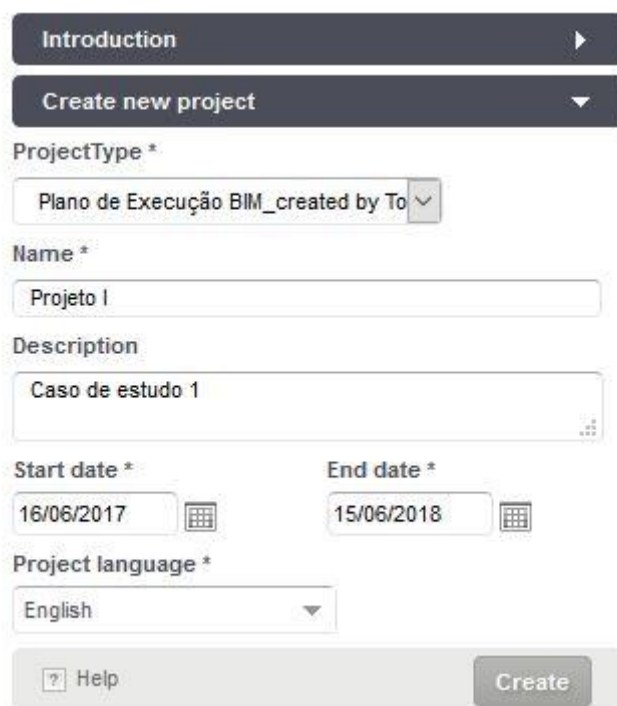
4 USO E CONFIGURAÇÃO DE PLATAFORMAS COLABORATIVAS

4.1 MODELSPACE

4.1.1 Desenvolvimento de um novo projeto

A apresentação desta plataforma é feita no capítulo 2, onde são descritas as suas valências e capacidades. Nesta abordagem a esta plataforma e com o intuito da sua aprendizagem e familiarização foi introduzido na mesma um projeto de engenharia segundo a perspetiva de um gestor de projeto com o intuito de explorar as valências desta plataforma, de acordo com o *template* criado pelos seus autores. Todo este trabalho foi acompanhado e realizado sobre orientação do seu autor principal, o arquiteto Finlandês Tomi Henttinen.

A interação do utilizador com a plataforma inicia-se pela definição do nome e duração do projeto a executar.



The screenshot shows a web interface for creating a new project. At the top, there are two dark blue buttons: 'Introduction' with a right-pointing arrow and 'Create new project' with a downward-pointing arrow. Below these is a form with the following fields:

- ProjectType ***: A dropdown menu with the selected option 'Plano de Execução BIM_created by To'.
- Name ***: A text input field containing 'Projeto I'.
- Description**: A text input field containing 'Caso de estudo 1'.
- Start date ***: A date picker showing '16/06/2017'.
- End date ***: A date picker showing '15/06/2018'.
- Project language ***: A dropdown menu with 'English' selected.

At the bottom of the form, there is a 'Help' button with a question mark icon and a 'Create' button.

Figura 4.1 – Início de Novo Projeto

De seguida, a plataforma propõe ao utilizador a criação do projeto por três passos: Configuração, Calendarização e Utilizadores.



Figura 4.2 – Passos de Criação de Novo Projeto

De acordo com o *template* utilizado, na configuração do projeto, o utilizador pode categorizar o projeto através de três filtros: área, tipologia do edifício e tipo de obra (nova construção, reabilitação ou mista). Além destes filtros, definem-se os *workpackages*. Este termo é já bastante utilizado na prática do *Project Management* e refere-se a grupos de tarefas dentro de um projeto. Como muitas vezes são vistos como projetos por si só, acabam por ser interpretados como sub-projetos dentro de um grande projeto.

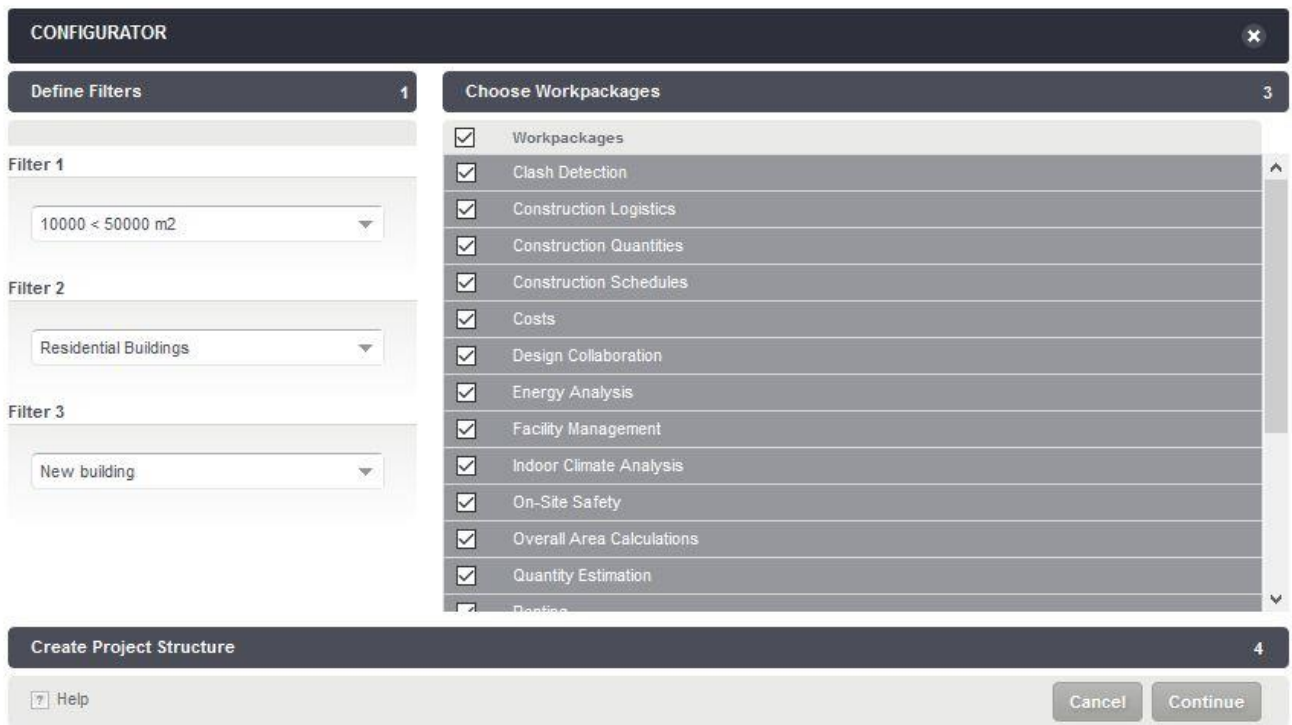


Figura 4.3 – Configuração de Novo Projeto no *ModelSpace*

Nesta fase, a plataforma apresenta-nos as fases de projeto, com datas por definir e os *workpackages* escolhidos associados a cada uma das fases. Os *workpackages* que o *template* utilizado associa a cada uma das fases são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Workpackages no ModelSpace

<i>Pre-Design</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Requisitos BIM - Simulação de Projeto de Energia - Grupo BIM Espacial - Simulação de Conforto Térmico
<i>Sketch Design</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo BIM de Arquitetura - Modelo BIM Estrutural - Requisitos Estruturais - Modelo Espacial - Modelo Preliminar de Sistemas de Energia
<i>General Design</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo BIM de Arquitetura - Modelo BIM Estrutural - Projeto AVAC em BIM - Projeto Elétrico em BIM - Requisitos BIM - Modelo Espacial - Quantidades
<i>Bidding</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Compatibilização de Projetos - Modelo BIM de Arquitetura - Modelo BIM Estrutural - Projeto AVAC em BIM - Projeto Elétrico em BIM - Requisitos BIM - Áreas e Volumes - Quantidades
<i>Construction</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Detecção de Conflitos no Local - Modelo BIM Estrutural - Projeto AVAC em BIM - Projeto Elétrico em BIM - Plano de Segurança e Saúde em Obra - Quantidades
<i>Comissioning</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção BIM

Para o estudo desta plataforma torna-se relevante ter uma boa noção do que é um modelo espacial no BIM. Este conceito enquadra-se no planeamento de projeto (e posteriormente, na manutenção) – planeamento espacial. Este termo refere-se a métodos que afetam a distribuição de pessoas e atividades em espaços de diferentes dimensões. Num âmbito do planeamento espacial da implantação do edifício, a estrutura de um edifício não pode deixar de ser associada ao ambiente que a rodeia porque as distâncias a infraestruturas determinam como um edifício será utilizado. Isto também é importante na perspetiva de um desenvolvimento sustentável [45].

No âmbito do *Facility Management*, a plataforma acolhe ficheiros no formato IfcSpace. Neste sentido, o modelo informático do edifício é decomposto por pisos, denominados por “*Floor*”, que por sua vez são subdivididos em divisões, chamadas “*Spaces*”. Estas divisões são usadas para aglomerar conjuntos de espaços com o mesmo tipo de funcionalidade. A identificação e categorização de espaços aliada ao rastreamento de equipamentos, móveis e outros elementos habilita esta plataforma na prática de operações, manutenções e futuras reabilitações de um edifício.

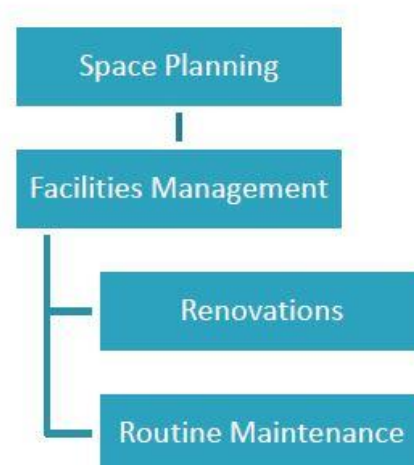


Figura 4.4 – Fluxo de Informação

Definida a configuração do projeto, passa-se ao segundo passo – a calendarização. A plataforma apresenta a calendarização sob a forma de um diagrama de Gantt. Limitado pela data inicial e data final do projeto definidas no início do projeto no seu todo, é permitido ao utilizador a alteração das datas das diferentes fases de projeto, em semanas na opção “*Schedule*” ou posteriormente em dias na opção “*Phases*”.

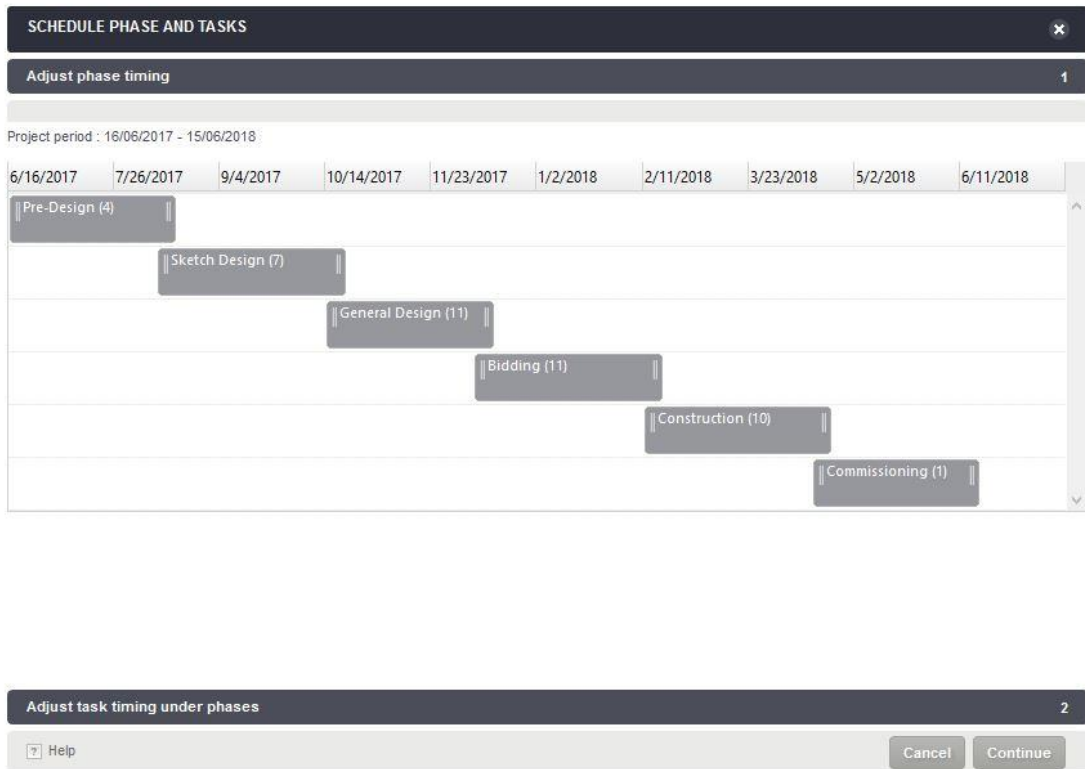


Figura 4.5 – Calendarização das Fases

Definido o diagrama de Gantt, passa-se à definição dos utilizadores do projeto e às áreas de “intervenção” de cada um destes, denominadas “Discipline”:

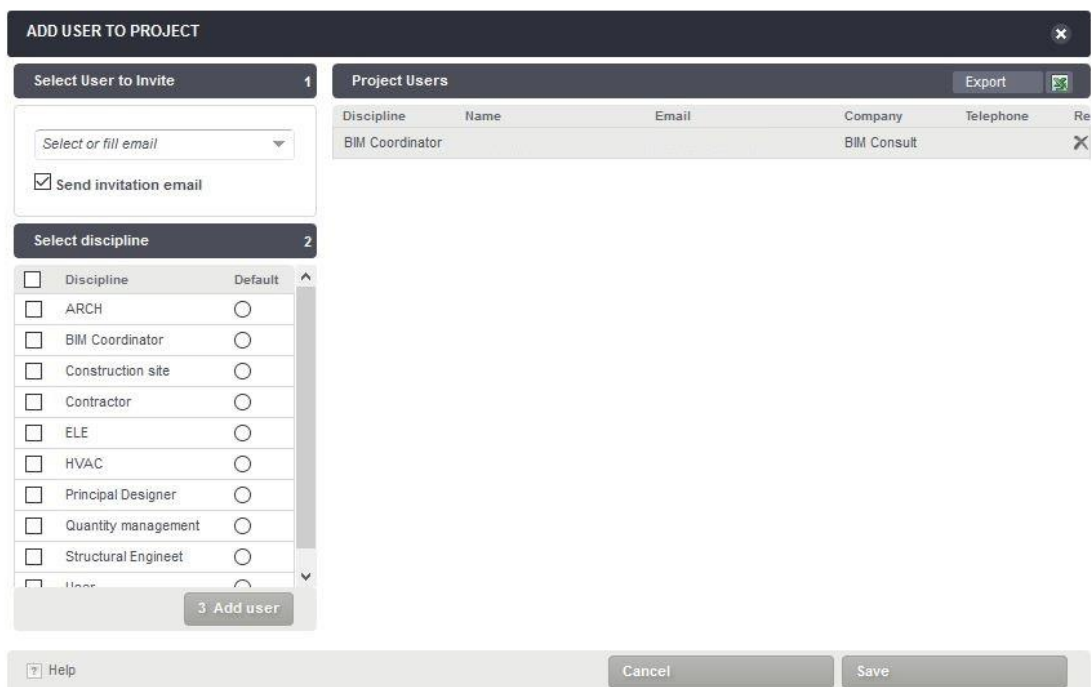


Figura 4.6 - Disciplines

O autor do projeto na plataforma pode convidar por email outros utilizadores a participar no projeto na plataforma, com acesso condicionado, às disciplinas e ficheiros que na qualidade de gestor de projeto, decide conceder.

Ainda dentro das autorizações, é permitido ao utilizador decidir o tipo de interação dos utilizadores convidados dentro do seu projeto. Esta interação divide-se entre Visualização, Edição, Gestão e Configuração. É ainda permitido restringir o acesso dos utilizadores externos apenas ao *Bimary*, aglutinação das palavras BIM e *Library*, ou seja, uma biblioteca de elementos BIM. Adicionalmente, pode restringir o acesso dos utilizadores convidados à visualização das tarefas.

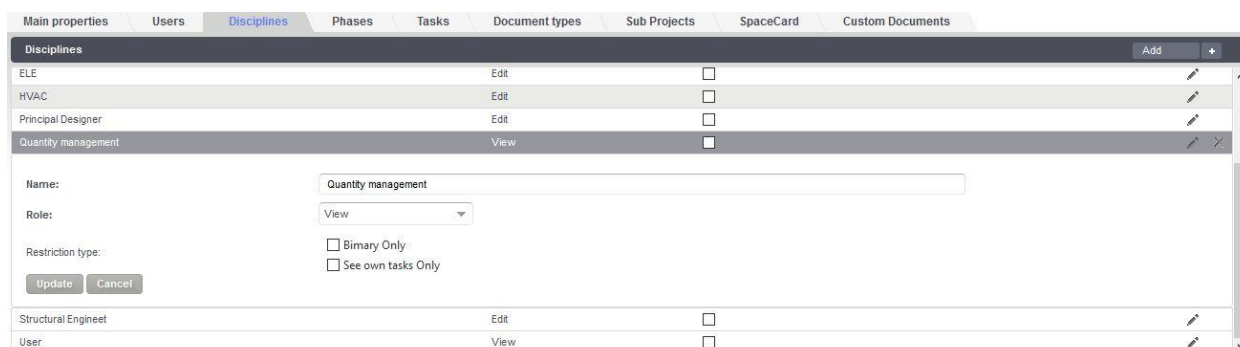


Figura 4.7 – Permissões

Definidos estes elementos, cabe ao Gestor de Projeto distribuir tarefas. Como apoio, para além da informação padronizada como a data inicial e data final da tarefa, pode acrescentar informação associada às tarefas através da definição de *labels*.

A partir deste momento, será no módulo “Tasks” onde o Gestor de Projeto irá focar a maior parte da sua atenção. É neste módulo que atribui as tarefas – *workpackages*, à pessoa/entidade responsável por executar essa tarefa. Sendo notificada da expectativa da execução da tarefa, neste módulo é-lhe permitido na opção *workflow*, visível na figura 4.8, notificar quando a tarefa estiver efetivamente em processo de execução e posteriormente, notificar quando estiver terminada.

Status	Import	Todo	Label	Name	Description	Assigned	Discipline	Target Name	Target Discipline	Start	Due
Overdue		0/0		Arch BIM QA		Principal Designer	ARCH	ARCH		01/01/0001	
Overdue		0/0		Structural BIM QA		Structural Engineer	Principal Designer	Principal Designer		01/01/0001	
Overdue		0/0		Structural Requirements		User	ARCH	ARCH		01/01/0001	
Overdue		0/0		Spatial Model		ARCH	HVAC	HVAC		01/01/0001	
Overdue		0/0		Preliminary System Model		HVAC	Project Manager	Project Manager		01/01/0001	
Overdue		0/0		Arch Model Quantities		ARCH	Quantity management	Quantity management		01/01/0001	
Overdue		0/0		Base Quantities		Structural Engineer	Quantity management	Quantity management		01/01/0001	

Figura 4.8 - Tasks

Para a avaliação do progresso destas tarefas, o *template* utilizado oferece um gestor documental organizado por pastas “públicas” como a pasta destinada aos ficheiros BIM, e pastas destinadas exclusivamente aos utilizadores encarregues da execução dos *workpackages* acima apresentados. É ainda pedido ao utilizador que, ao submeter um ficheiro no repositório, faça uma curta descrição do ficheiro, discrimine as datas de revisão para as devidas notificações e escolha o tipo de ficheiro e tipo de documento para permitir a sua categorização e organização de ficheiros da mesma índole.

Figura 4.9 – Gestor Documental

Se for do interesse do utilizador aplicar esta plataforma na prática do FM, pode requerer o módulo concebido para esta prática na opção “SpaceCard” da configuração de projeto. O módulo *Rooms* surgirá no topo de browser ao lado dos módulos *Dashboard*, *Tasks* e *Files*. Este módulo foi inicialmente criado especialmente para a prática complexa de operação e manutenção de unidades hospitalares.

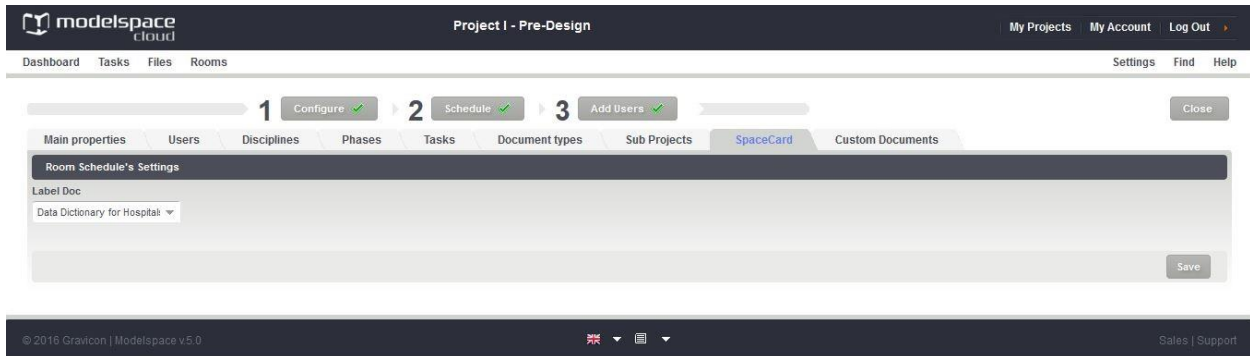


Figura 4.10 - SpaceCard

Sendo assim, é permitido ao utilizador definir parâmetros e objetivos do seu projeto não só no que concerne ao projeto na sua generalidade, mas também quanto aos seus pisos e divisões tal como especificações de consumos energéticos e espaços requeridos.

4.1.2 Desenvolvimento de um *template* de um projeto de acordo com a legislação portuguesa

Cada projeto identifica-se pela sua individualidade, ou seja, é diferente de qualquer outro, com exceção de algumas rotinas e elementos. Na perspetiva do utilizador de uma ferramenta tecnológica torna-se conveniente a possibilidade de poder criar um *template* para adaptar o seu projeto no que concerne às suas necessidades e à sua idiossincrasia.

Neste sub-capítulo, o autor propõe-se a criar um *template* na ferramenta Modelspace, de um projeto baseado aproximadamente nos princípios apresentados na Portaria 701-H/2008[43] e demonstrado no mapa de processos do capítulo anterior.

A criação de um *template* nesta plataforma inicia-se na opção “Project Types”, onde o utilizador começa por definir o nome do *template* e a sua índole, se assim o entender. Para a estruturação de um projeto, deve-se definir as suas fases e os participantes com as suas áreas de intervenção. Tomam o nome de “Phases” e “Disciplines”, respetivamente.

The image shows two screenshots of a software configuration interface. The top screenshot displays the 'Phases' configuration table, and the bottom screenshot displays the 'Disciplines' configuration table.

Value	In language 1	In language 2	Sort Index	Background Phase	
Programa Base			0	<input type="checkbox"/>	
Estudo Prévio			0	<input type="checkbox"/>	
Anteprojeto			0	<input type="checkbox"/>	
Projeto de Execução			0	<input type="checkbox"/>	
Assistência Técnica			0	<input type="checkbox"/>	

Value	In language 1	In language 2	Role	Default Target	
Arquitetura			Edit	<input type="checkbox"/>	
Estruturas			Edit	<input type="checkbox"/>	
Dono de Obra			View	<input type="checkbox"/>	
Empreiteiro			View	<input type="checkbox"/>	
Especialidades			Edit	<input type="checkbox"/>	
Projetista			View	<input type="checkbox"/>	

Figura 4.11 – Phases e Disciplines

A opção dos filtros serve como facilitador de identificação de projetos. Posteriormente, o utilizador pode associar as tarefas de projeto a estes filtros, e assim as tarefas surgirão no seu projeto, ou não, dependendo do tipo de projeto. Por exemplo, um projeto de edifício habitacional requer um projeto de arquitetura, mas num projeto de uma ponte torna-se desnecessário. Sendo assim, o autor optou por utilizar três tipos de filtros: dimensões, tipologia e tipo de obra (construção nova ou reabilitação).

Os *workpackages* como já referido, são grupos de tarefas dentro de um projeto, ou seja, as atividades a serem desempenhadas, algumas por múltiplas vezes. Estas atividades são também associadas às tarefas a definir, e assim, na configuração de um novo projeto, o utilizador ao optar por determinados *workpackages*, está automaticamente a inserir determinadas tarefas no seu projeto. Por exemplo, a escolha de uma análise estrutural implica as tarefas de pré-dimensionamento, modelação estrutural, dimensionamento, custos, etc.

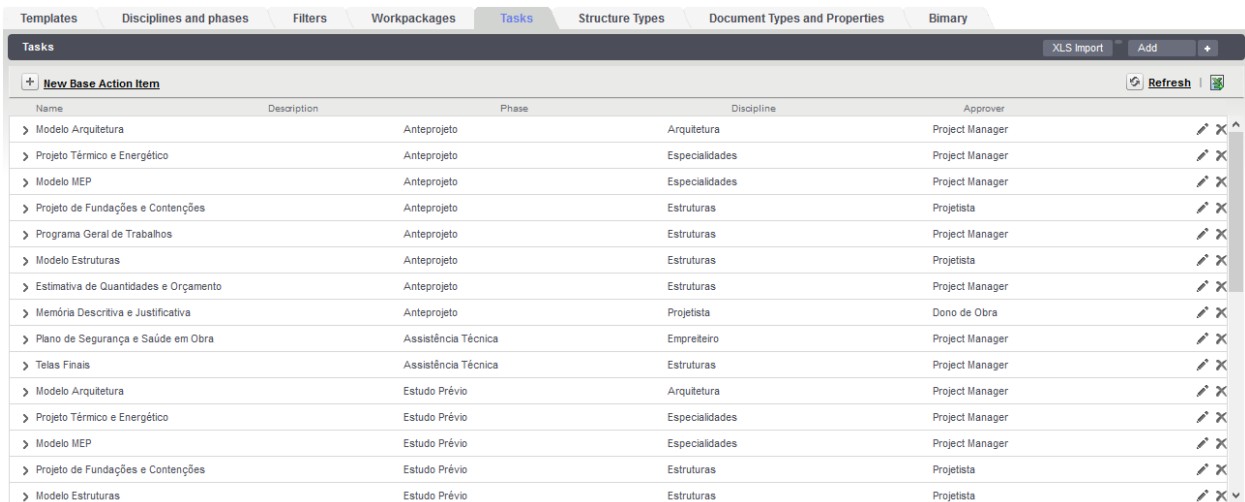
The image shows a screenshot of the 'WorkPackages' configuration table in the software interface.

Value	In language 1	In language 2	
Estimativa de Quantidades			
Análise do Local			
Conceção Inicial de Arquitetura			
Análise Estrutural			
Análise MEP			
Estimativa de Custos			
Coordenação 3D			
Seqüência Construtiva			
Coordenação de Obra			
Assistência à Obra			
Deteção de Conflitos			
Gestão de Espaços			
Gestão de Equipamentos			
Projeto de Arquitetura			

Figura 4.12 - Workpackages

CAPÍTULO 4

A definição das tarefas não necessita de ser complexa, o utilizador deve optar por uma escolha abrangente, comum na maioria dos seus projetos, e posteriormente acrescentar tarefas dentro de cada um dos seus projetos.

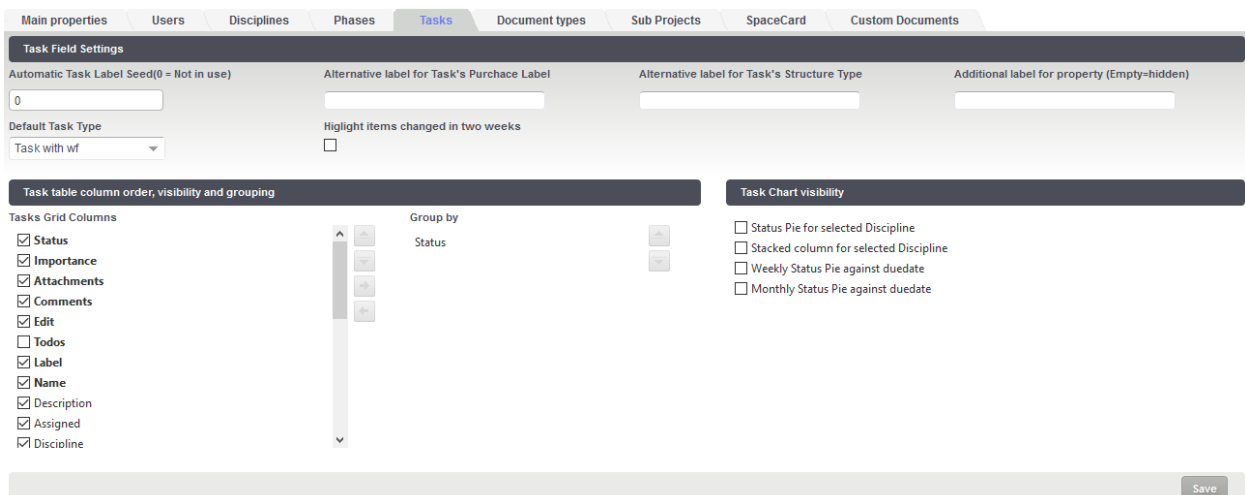


Name	Description	Phase	Discipline	Approver
> Modelo Arquitetura		Anteprojecto	Arquitetura	Project Manager
> Projeto Térmico e Energético		Anteprojecto	Especialidades	Project Manager
> Modelo MEP		Anteprojecto	Especialidades	Project Manager
> Projeto de Fundações e Contencções		Anteprojecto	Estruturas	Projetista
> Programa Geral de Trabalhos		Anteprojecto	Estruturas	Project Manager
> Modelo Estruturas		Anteprojecto	Estruturas	Projetista
> Estimativa de Quantidades e Orçamento		Anteprojecto	Estruturas	Project Manager
> Memória Descritiva e Justificativa		Anteprojecto	Projetista	Dono de Obra
> Plano de Segurança e Saúde em Obra		Assistência Técnica	Empreiteiro	Project Manager
> Telas Finais		Assistência Técnica	Estruturas	Project Manager
> Modelo Arquitetura		Estudo Prévio	Arquitetura	Project Manager
> Projeto Térmico e Energético		Estudo Prévio	Especialidades	Project Manager
> Modelo MEP		Estudo Prévio	Especialidades	Project Manager
> Projeto de Fundações e Contencções		Estudo Prévio	Estruturas	Projetista
> Modelo Estruturas		Estudo Prévio	Estruturas	Projetista

Figura 4.13 - Tasks

Na utilização deste *template* num novo projeto cabe ao utilizador configurar o seu projeto na escolha de filtros, *workpackages* e duração das fases e até acrescentar fases se assim o entender.

De seguida, o utilizador pode configurar o seu menu de tarefas. Há que ter em conta que um exagero de informação pode ser contraproducente, daí a plataforma permitir a seleção do tipo de informação desejada ao utilizador, seja a informação típica, como descrição ou estado, seja informação personalizada pelo utilizador como a definição de reuniões para revisões de tarefas, por exemplo.



Task Field Settings

Automatic Task Label Seed(0 = Not in use):

Alternative label for Task's Purchase Label:

Alternative label for Task's Structure Type:

Additional label for property (Empty=hidden):

Default Task Type: Task with wf

Highlight items changed in two weeks:

Task table column order, visibility and grouping

Tasks Grid Columns:

- Status
- Importance
- Attachments
- Comments
- Edit
- Todos
- Label
- Name
- Description
- Assigned
- Discipline

Group by: Status

Task Chart visibility

- Status Pie for selected Discipline
- Stacked column for selected Discipline
- Weekly Status Pie against due date
- Monthly Status Pie against due date

Save

Figura 4.14 – Seleção de Informação

O utilizador pode definir o tipo de documentos a serem inseridos no projeto como modelos BIM, folhas de Excel e documentos em PDF.

Name	Belonged to	Default
> BIM-model	Customer - ProjectType	<input type="checkbox"/>
> PDF	Project	<input type="checkbox"/>
> Excel	Project	<input type="checkbox"/>

Figura 4.15 – Tipo de Documentos

Por fim, antes da definição das tarefas, o utilizador pode convidar as pessoas a participarem no projeto no módulo “Users”. Estas pessoas serão notificadas por e-mail.

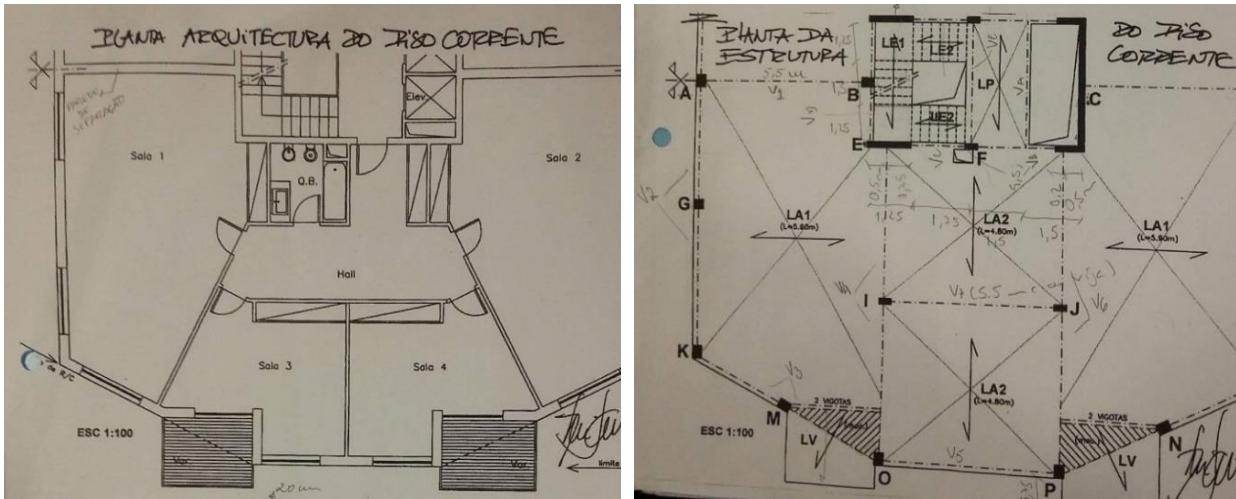
Nesta fase, cabe ao Dono de Obra providenciar a equipa de projeto com os dados iniciais presentes no Programa Preliminar, determinando os condicionalismos e exigências de projeto no que concerne a espaços, pontos de ligação às redes exteriores, entre outros. Esta documentação pode ser partilhada na pasta de ficheiros associada ao projeto, mas também no módulo “Rooms” apresentado no sub-capítulo anterior.

Pode-se concluir que esta plataforma é essencialmente focada para a gestão de projetos apresentando uma série de ferramentas para a sua prática. É de fácil utilização e pelo fato de ser personalizável, permite que a sua utilização se alinhe com os objetivos de cada projeto e à legislação vigente.

4.2 TEKLA BIMSIGHT

4.2.1 Modelação

Para aprendizagem e aplicação prática deste *software* optou-se pela utilização de um modelo já existente, criado no âmbito da unidade curricular Dinâmica de Estruturas do Curso de Engenharia Civil do ISEP, num trabalho conjunto com Márcia Mesquita. Trata-se de um edifício habitacional com rés-do-chão e 4 andares elevados com 3,15m de distância entre pisos. A planta arquitetónica e a planta estrutural são apresentadas na figura 4.16:



a) Planta de Arquitetura

b) Planta de Estruturas

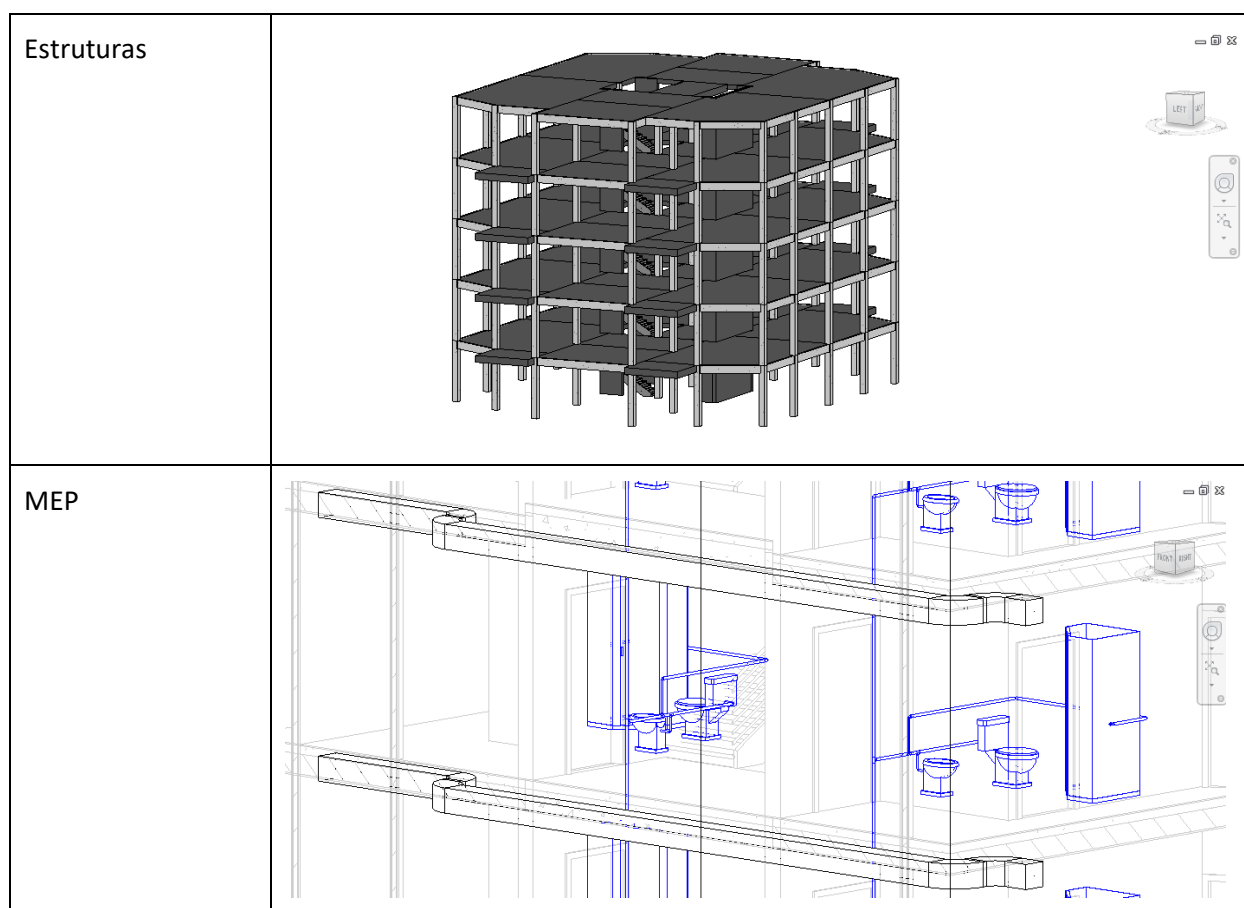
Figura 4.16 – Plantas do Modelo

Neste trabalho foi realizado a modelação e cálculo estrutural com auxílio do *software* Robot Structural Analysis, tendo o autor aproveitado estes elementos para a modelação da Arquitetura, Estruturas e MEP no *software* Revit 2017.

Dado que o objetivo neste sub-capítulo passa por apresentar um exemplo prático de utilização do *software* TeklaBIMsight, os modelos não apresentam um elevado nível de detalhe, e são representados na tabela 4:

Tabela 4 – Modelos de Arquitetura, Estruturas e MEP

<p>Arquitetura</p>	
--------------------	--



4.2.2 Aplicação Prática

Dado que a modelação foi realizada num *software* da Autodesk e o TeklaBIMsight não permitir a leitura de ficheiros “rvt”, foi necessária a conversão dos modelos num formato interoperável – o formato IFC. Pode-se verificar posteriormente que não existiu qualquer problema de conversão no que concerne à posição e dimensões dos elementos.

A coordenação entre os modelos assenta basicamente na sobreposição dos modelos no *software*. Isto pode ser feito automaticamente dado que os modelos foram desenhados nas mesmas coordenadas, ou manualmente no *software* após a inserção dos modelos.

A denominação dos elementos é importada no ficheiro IFC e é visível em *Objects*. Nesta opção, o autor optou por alterar as cores dos equipamentos sanitários e da canalização de abastecimento de águas frias para uma mais fácil identificação.

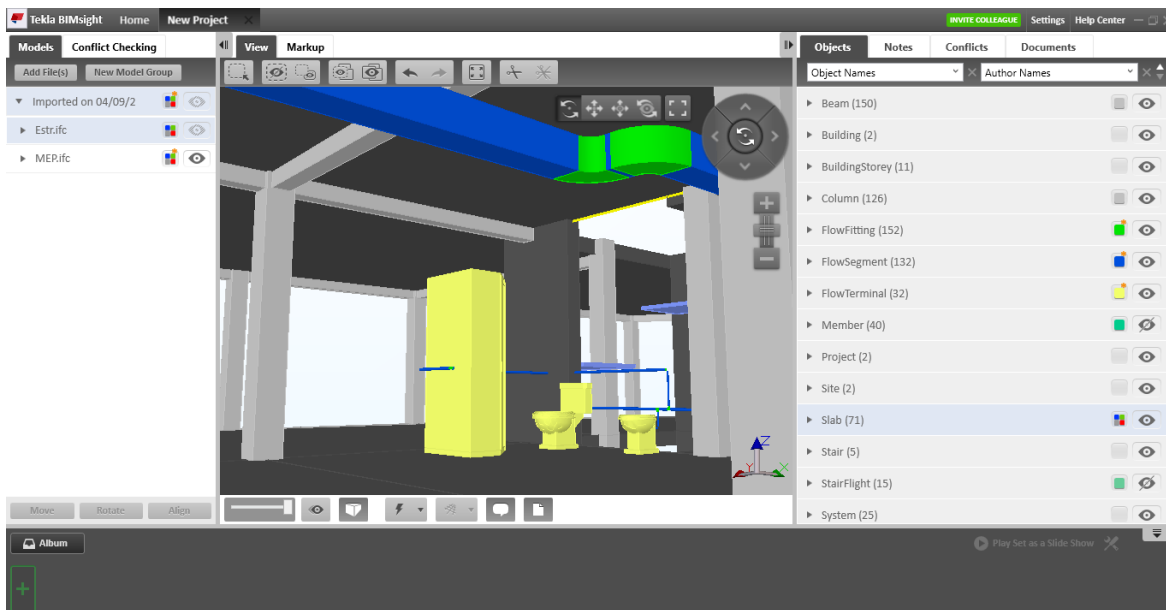


Figura 4.17 - Equipamentos

Após a inserção e distinção das especialidades, procede-se à deteção de conflitos. Este procedimento é personalizado, ou seja, é necessário identificar onde se pretende encontrar conflitos e é feito em “Add a New Rule” no módulo *Conflict Checking* selecionando-se os ficheiros entre os quais se pretende a deteção. Podem ainda ser definidos os valores de sobreposição máxima entre elementos (*Overlap Tolerance*) e distância mínima entre elementos (*Minimum Distance*).

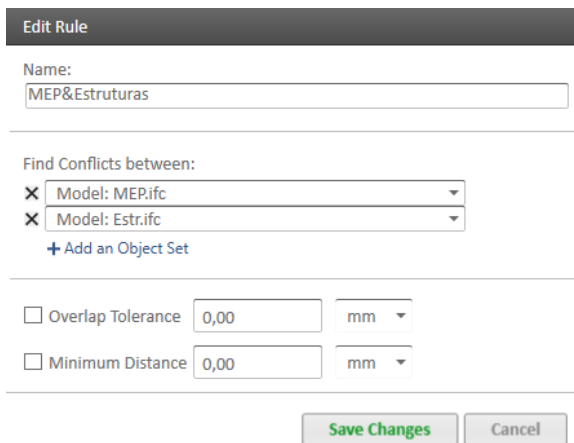
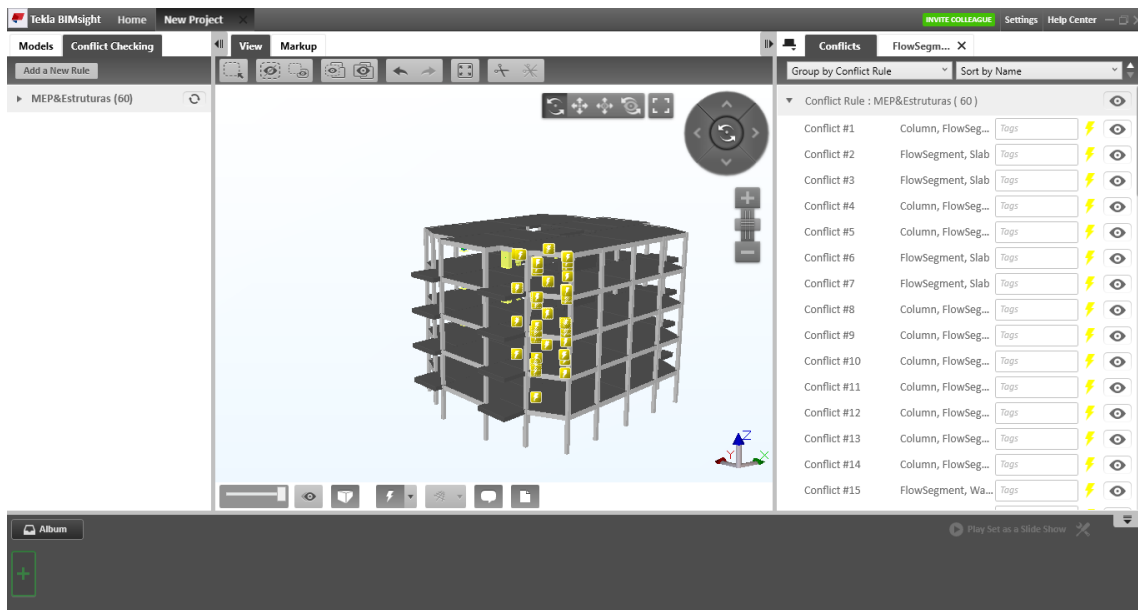
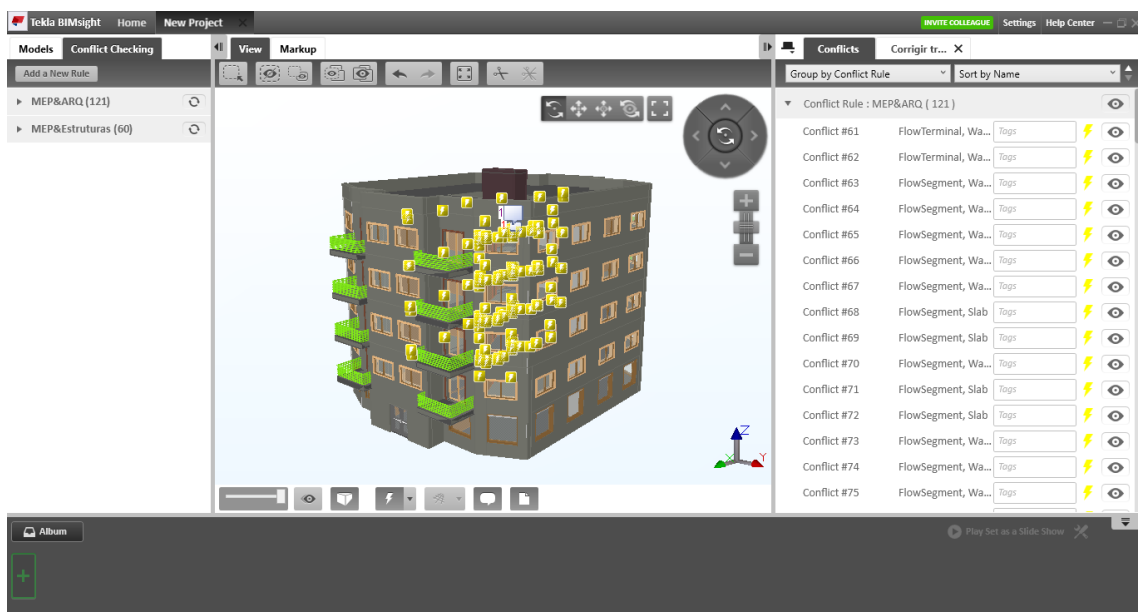


Figura 4.18 – Conflict Checking

Feito o processamento, o *software* encontrou 60 conflitos entre os modelos de estruturas e de MEP e 121 entre os modelos de arquitetura e de MEP. Assinalados nos modelos e identificados no separador *Conflicts* e após duplo-click nestes, são apresentados em maior plano. Os conflitos são apresentados de cor amarela, significando que são novos conflitos. Posteriormente, pode ser atribuído a cada um destes conflitos a cor laranja, azul, vermelho, verde e cinzento significando que o conflito está pendente, foi atribuído, é crítico, está resolvido ou foi ignorado, respetivamente.



a) Conflitos no Modelo Estrutural com MEP



b) Conflitos no Modelo de Arquitetura com MEP e Estruturas com MEP

Figura 4.19 – Conflitos entre Modelos

Analisando com maior atenção, pode-se verificar que há fatores que acrescentam o número de conflitos. Por exemplo, na mudança de direção de uma tubagem no interior de uma parede estrutural, o *software* identifica dois conflitos apesar de ser só uma tubagem. Uma das limitações desta ferramenta é a impossibilidade de fazer alterações. Assim sendo, a correção do trajeto destes elementos terá de ser feita no Revit e reiniciar o processo.

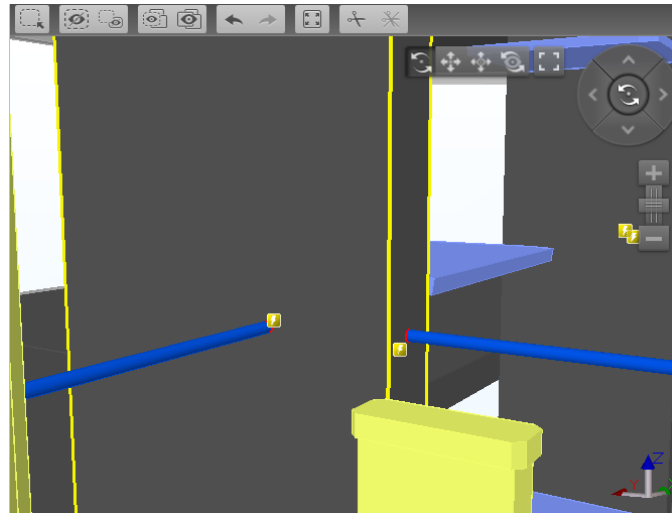


Figura 4.20 – Pormenor de Detecção de Conflitos

Como ferramenta de colaboração, para além de permitir a colocação de ficheiros de vários formatos, este *software* destaca-se pela possibilidade de registar anotações (*notes*), afixados nos elementos do modelo, e posteriormente reencaminhados por e-mail.

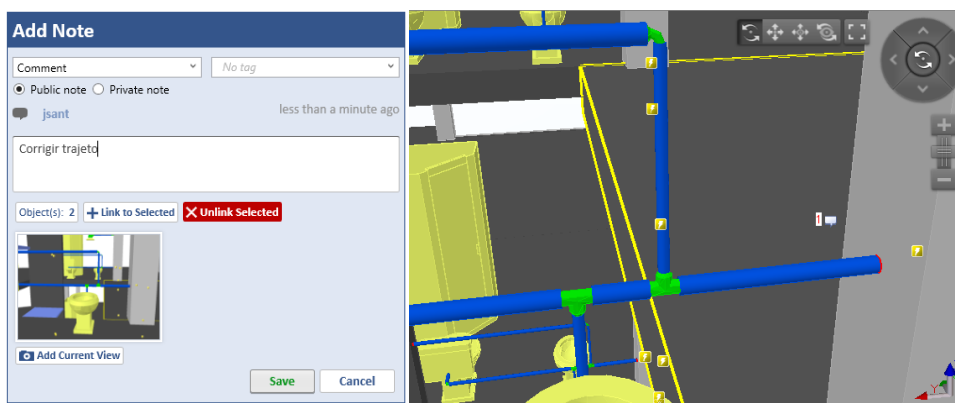


Figura 4.21 – Anotações

4.3 CONCLUSÃO DESTE CAPÍTULO

Pode-se concluir que a utilização de plataformas em formato *web*, e não só, permite às equipas de projeto poupar tempo e evitar custos acrescidos. Quando a coordenação de projetos se assenta meramente na troca de documentos e ficheiros por correio eletrónico, estas poupanças podem-se revelar infrutíferas porque os autores se vêm forçados a encontrar manualmente os erros de projeto no modelo 3D apoiando-se em descrições ou imagens, tornando o processo de correção moroso, confuso e suscetível a erros.

Ao estudar estas plataformas, tornou-se perceptível que se complementam entre si. Um coordenador de projeto, ao receber os modelos, pode utilizar o TeklaBIMsight para detetar os conflitos entre as diferentes especialidades e emitir as devidas notificações numa plataforma como o Modelspace onde seja possível

receber, gerir e partilhar informação – *Common Data Environment*. Nesta plataforma, o coordenador de projeto pode atribuir a tarefa de correção ao seu responsável, que prontamente é notificado e que após a correção, alerta o coordenador de projeto, sendo o modelo atualizado para toda a equipa de projeto.

Sendo assim, pode-se concluir que as ferramentas BIM que sirvam de repositório, troca e visualização de informação permitem aos autores a correção de erros de projeto de uma forma mais célere e otimizada.

5 BIM COLLABORATION PLATAFORM FOR CONSTRUCTION SUPPORT – BIM-CS

5.1 NECESSIDADE DE UMA PLATAFORMA COLABORATIVA

Como base de partida para este trabalho desenvolvido em ambiente empresarial, a BIMMS fixou a necessidade da utilização de uma plataforma colaborativa como uma carência generalizada neste sector e nos processos de projeto e assistência técnica. Durante o processo de construção, a partilha de informação torna-se muito relevante e deve seguir um modelo que deve possuir as seguintes características [42]:

- Deve ser evolutivo para acompanhar todas as fases do processo construtivo;
- Deve permitir a geração automática de alguns dos documentos referidos;
- Deve funcionar como repositório central de informação, embora não esteja necessariamente localizado num computador único;
- Deve aceitar que vários intervenientes realizem trabalho simultâneo, evitando potenciais conflitos que possam decorrer deste tipo de utilização;
- Deve poder ser implementado com diferentes graus de compromisso, que estarão associados a uma maior ou menor necessidade de proceder a alterações aos procedimentos habituais na construção.

Esta informação é partilhada de uma maneira diferenciada nas diferentes fases de um empreendimento, com as respetivas vantagens para cada uma.

Durante a fase de **Viabilidade**, surge a necessidade de se utilizar um sistema que permita registar e antecipar custos, prazos e restrições de projeto, algo análogo a um programa preliminar, convenientemente partilhado pelos devidos intervenientes. Também é possibilitada a reposição e partilha de informação acerca de fornecedores e prestadores de serviços.

Já na fase de **Projeto**, parte da informação pode ser filtrada, ou seja, partilhada apenas por alguns intervenientes de interesse, em casos como o cálculo estrutural por exemplo. Nesta fase pode ser já feita alguma interligação por parte das várias especialidades e a representação tridimensional de alguns elementos construtivos. Durante esta fase, impõe-se a necessidade de um sistema de notificações para todos os intervenientes sobre as alterações efetuadas e tarefas cumpridas e tarefas em atraso.

Durante a fase de **Assistência Técnica**, em execução de obra, a representação tridimensional torna-se particularmente interessante como auxílio à comunicação entre o projetista e o executante de obra. A juntar à representação tridimensional, a capacidade de deteção de conflitos de projeto, permite a estes intervenientes uma otimizada dinâmica de trabalho. Uma plataforma em ambiente informático com estas valências associadas à gestão e reposição de documentos tem tendência a tornar-se fundamental num sector marcado pela fragmentação. Assim, as organizações sentem a necessidade de adotarem medidas de implementação de TI e neste sentido recomenda-se [46]:

1. Manter disponíveis as informações de um empreendimento por toda a sua vida útil, além de gerir o conhecimento e a sabedoria acumulada na empresa.
2. Qualificar o pessoal para utilização dos benefícios da tecnologia.
3. Padronizar atividades e processos.
4. Evitar redundância de informações.
5. Comprar uma tecnologia através da análise do seu benefício não apenas pelo seu custo.
6. Motivar a equipa na adoção da tecnologia para evitar a sua rejeição.
7. Privilegiar sistemas que integrem sistemas já existentes na empresa.
8. Procurar utilizar a informação para obter novas oportunidades de agregar valor aos serviços e produtos.
9. Utilizar ferramentas que acelerem o fluxo de informação de toda a cadeia produtiva.
10. Adotar um sistema de organização flexível que permita acompanhar e adaptar-se às constantes mudanças.
11. Investir em capital intelectual.
12. Utilizar sistemas de informação para conhecer melhor os seus serviços, produtos, clientes internos, clientes externos e concorrentes.
13. Utilizar sistemas que ofereçam segurança e confidencialidade da informação.

5.2 IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS

A utilização das plataformas apresentadas no capítulo anterior permitiu identificar alguns dos requisitos necessários de uma plataforma colaborativa de apoio ao Engenheiro de Estruturas durante a fase de Assistência Técnica, e não só. Adicionalmente, foram considerados alguns dos princípios apresentados no subcapítulo anterior para a identificação de requisitos. De seguida é apresentado o conjunto de requisitos relevantes para o BIM Collaboration Platform for Construction Support, adiante designado somente de BIM-CS, para o seu funcionamento como ferramenta de auxílio à comunicação entre os intervenientes de projeto e de *Common Data Environment*:

Requisitos Funcionais

Deve:

- Ser *web-based*;
- Apresentar uma interface simples, estruturada e de fácil interpretação;
- Permitir a comunicação visual e escrita entre os utilizadores;
- Servir para centralização e partilha de informação;
- Servir de painel informativo;
- Apresentar conteúdos com acesso condicionado conforme o nível de permissão;

Requisitos Não-Funcionais

Deve:

- Ser construída por cima de soluções *open-source* existentes no mercado;
- Permitir a gestão dos utilizadores, assim como as suas permissões e registos, por um administrador responsável;
- Permitir que o acesso à plataforma seja possível através de qualquer dispositivo fixo ou móvel com ligação à internet através de um simples *browser*.

5.3 DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA

5.3.1 Método

O desenvolvimento do código, foi feito exclusivamente através da utilização da ferramenta Notepad++. É um editor de texto de descarga gratuita, de utilização simples que suporta várias linguagens de programação.

No decurso do desenvolvimento do código, tornou-se necessário testar a sua funcionalidade. Isto foi possível ao utilizar o XAMPP. O XAMPP, acrónimo para “*cross*”-platform, Apache HTTP Server, MySQL, PHP e Perl, é um servidor *web* livre que utiliza os principais servidores *open source* do mercado, incluindo a base de dados MySQL e Apache. Foi desenvolvido para apoiar desenvolvedores e programadores de páginas *web* a testar e rever o seu trabalho utilizando os seus computadores sem a necessidade de aceder à Internet.

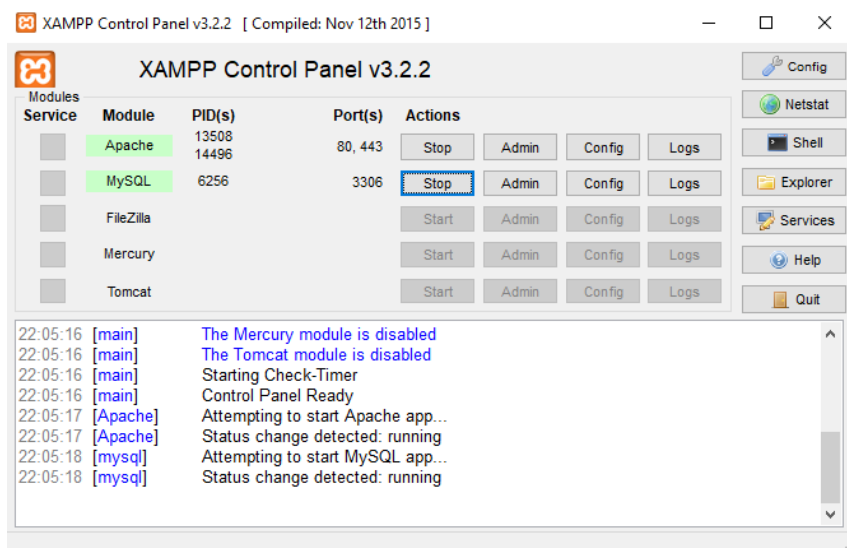


Figura 5.1 - XAMPP

Sem conhecimento das linguagens a utilizar no desenvolvimento da plataforma, o autor dedicou dois meses do seu tempo de estágio a familiarizar-se com os princípios das linguagens PHP, SQL, HTML e CSS. Inicialmente através da plataforma interativa *online* Codecademy, plataforma fundada em 2011 por Zach Sims e Ryan Bubinski que se apresenta como um site que oferece aulas gratuitas de codificação em várias linguagens de programação, incluindo PHP, HTML e CSS. É proposto ao utilizador desenvolver código para várias funcionalidades separadas por níveis, aumentando gradualmente de complexidade, tanto de desenvolvimento como de *design*, apresentando por cada um dos níveis dicas e soluções como apoio. Numa fase posterior, o autor estudou as linguagens de programação PHP e SQL recorrendo a duas publicações da editora O’Reilly, *Programming PHP* [47] e *Learning SQL* [48]. Adicionalmente, no início do

desenvolvimento da plataforma, o autor recorreu a tutoriais de Youtube apresentados por mmtuts [49], como apoio ao desenvolvimento de alguns dos módulos da plataforma.

Posteriormente, recorreu-se às plataformas Github e Sourcecodester para o desenvolvimento de alguns dos módulos presentes neste projeto. São plataformas de desenvolvimento de código, *open source* e não só, onde os utilizadores apresentam os seus códigos convidando outros utilizadores a participar no seu desenvolvimento e revisão.

5.3.2 Estrutura

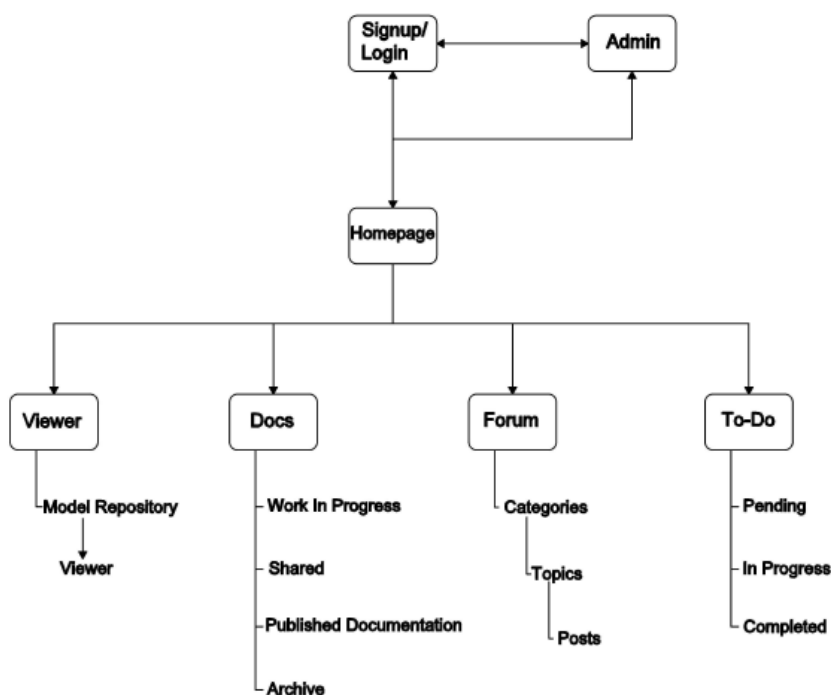


Figura 5.2 – Estrutura do BIM-CS

5.3.3 Base de Dados

Para que a plataforma seja capaz de recolher e organizar informação é necessária a criação de uma base de dados. Na figura 5.3, são apresentadas as tabelas da base de dados da plataforma, de nome logintest:

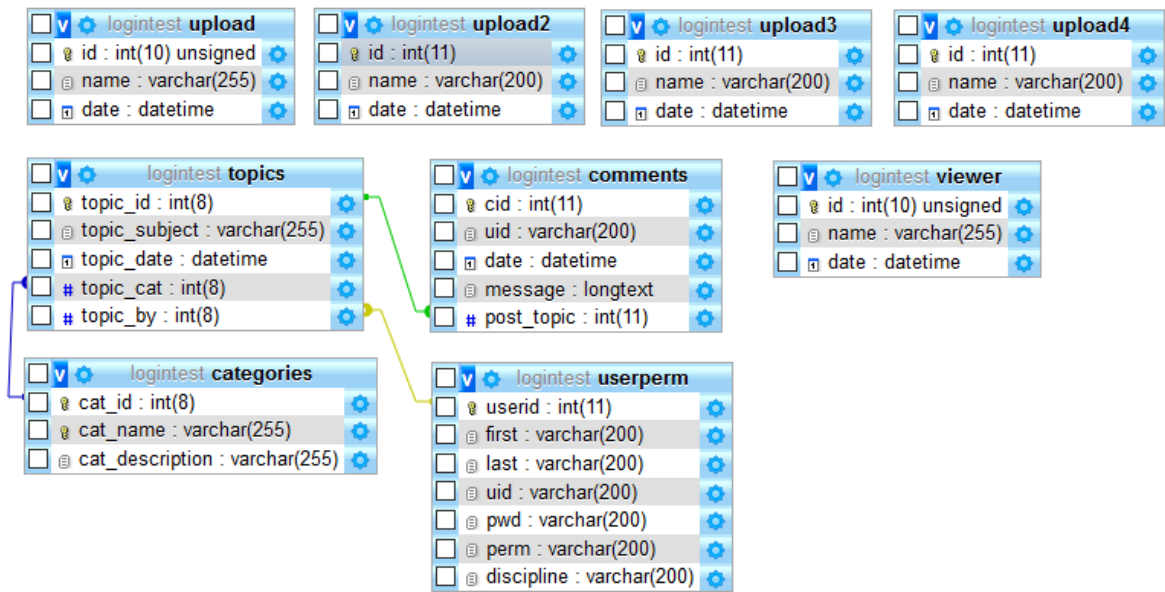


Figura 5.3 – Base de Dados do BIM-CS

As tabelas de nome “upload” contêm a informação dos documentos gravados nos quatro anexos (*Work in Progress, Shared, Published Documentation* e *Archive*) do gestor documental – “DOCS”. As tabelas não recolhem os documentos, apenas a informação sobre estes.

As tabelas “categories”, “topics” e “comments” referem-se ao módulo de discussão – “FORUM”. Neste caso, toda a informação do módulo é recolhida na base de dados.

A tabela “viewer” contém a informação referente aos modelos guardados no repositório do módulo “VIEWER”.

Por fim, a tabela “userperm” refere-se à informação sobre os utilizadores registados. Para além da sua identidade (“id”), contém a informação inserida pelo utilizador aquando da sua inscrição como primeiro e último nome, nome de utilizador e password. Mais tarde é inserido o seu nível de permissão e área de intervenção pelo Administrador.

Em particular no módulo Forum, foi necessário criar ligações entre dados de tabelas diferentes. De modo a que um tópico, na tabela “topics”, “pertença” a uma determinada categoria, foi necessário ligar a informação quanto à categoria desse tópico à identidade dessa categoria na tabela “categories”. Assim, esse tópico vai surgir exclusivamente na categoria desejada. Essa ligação está representada pela linha azul na figura. A linha verde representa a ligação de cada um dos comentários ao tópico a que pertence. A linha amarela representa a ligação da identidade dos utilizadores aos tópicos, ou seja, representa o autor de cada tópico.

5.4 FUNCIONALIDADES DA PLATAFORMA

5.4.1 Interface

A interface da plataforma foi desenhada de um modo simples e de fácil utilização. Na figura 5.4, é visível o seu cabeçalho com o logótipo da empresa onde o autor efetuou o seu estágio e formulário de inscrição. Por baixo, a barra de menu que reencaminha o utilizador aos módulos da plataforma. Como ornamento da página inicial, o título da plataforma e um *slideshow* desenvolvido em Javascript.

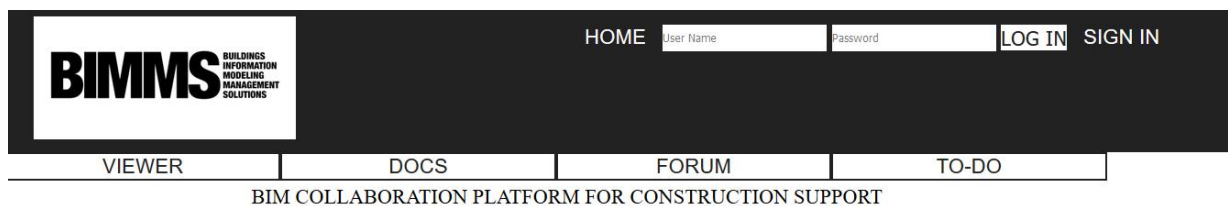


Figura 5.4 - Interface

5.4.2 Inscrição e Permissões

A interação do utilizador com a plataforma inicia-se com a sua inscrição não sendo possível, de outro modo, ter acesso aos seus conteúdos. Isso pode ser feito na opção “Sign In” ao preencher um formulário com os campos de primeiro e último nome, nome de utilizador e password.

Figura 5.5 - Inscrição

A inserção da password está sob um comando de hash. Hash é um algoritmo de segurança que impede que as senhas sejam roubadas na base de dados e é uma norma de privacidade. Sendo assim, o gestor da base de dados mesmo tendo acesso aos conteúdos sobre os utilizadores, não terá acesso às suas senhas. Efetuada a inscrição, o utilizador não fica imediatamente habilitado a aceder aos conteúdos da plataforma. Os dados são inseridos na base de dados da plataforma e expostos na página de administrador, visível apenas para administradores, e só após a definição e inserção do nível de permissão dos utilizadores por parte de um administrador, estes ficam habilitados a aceder aos conteúdos da plataforma.

FIRST NAME	LAST NAME	USER NAME	PERMISSION	DISCIPLINE	SELECT
João	Santos	JoãoS	Select Permission	Select Discipline	Submit User
Catarina	Silva	CatarinaS	Select Permission	Select Discipline	Submit User
Henrique	Pires	HenriqueP	Select Permission	Select Discipline	Submit User
Eduarda	Macedo	EduardaM	Select Permission	Select Discipline	Submit User
João	Alves	JoãoA	Select Permission	Select Discipline	Submit User
Bruno	Vaz	BrunoV	Select Permission	Select Discipline	Submit User

Figura 5.6 – Página de Administrador

O campo de permissões está dividido por três níveis:

- Administrador
- Moderador

- Utilizador

No campo das disciplinas encontram-se as áreas de intervenção de valor informativo (*label*):

- Structural
- MEP
- Contractor
- Coordination
- Client
- Architecture

Submetidos estes campos, os utilizadores terão acesso a determinados conteúdos, dependendo do seu nível de permissão.

5.4.3 Viewer

IFC Tools Project

O IFC Tools Project [50] é um projeto iniciado em 2010 por Michael Theiler, Eike Tauscher e Thomas Riedel com o objetivo de criar ferramentas de interação e visualização de ficheiros IFC. Oferece a possibilidade aos utilizadores de desenvolverem aplicações de suporte à indústria da construção através da disponibilização de protótipos de livre acesso.

Um dos seus projetos é o IFC WebGL VIEWER, um visualizador tridimensional WebGL.

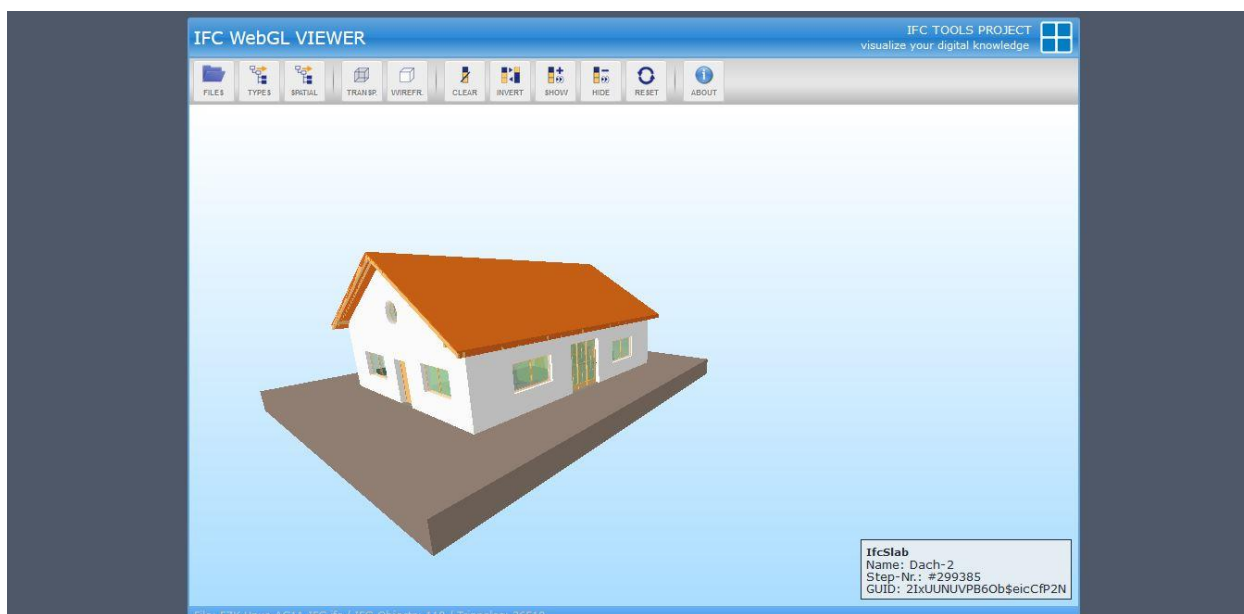


Figura 5.7 – IFC WebGL Viewer

Este visualizador tem a capacidade de apresentar a informação IFC dos elementos na sua seleção, de esconder elementos escolhidos pelo utilizador e a visualização de apenas dos elementos selecionados por tipo.

Sendo um projeto *open-source*, foi conseguida a incorporação deste visualizador no BIM-CS, como é visível na figura 5.8:



Figura 5.8 – IFC WebGL Viewer no BIM-CS

Contudo, não foi possível incorporar ficheiros IFC criados pelo autor nem a conversão deste tipo de ficheiros num formato aceite pelo visualizador, pelo que se revelou uma hipótese inviável para este projeto.

vA3C

Este visualizador, opção adotada para a plataforma BIM-CS, foi desenvolvido por uma equipa de nome vA3C composta por:

Team			
NAME	ORGANIZATION	PROJECT	GITHUB
Benjamin Howes	Thornton Tomasetti	Grasshopper, Viewer	howesben
Charlie Portelli	KPF Architects	Grasshopper	CharlieP
Femi King	Self Employed	Viewer	femik
Jeremy Tammik	Autodesk	Revit	jeremytammik
Jonatan Schumacher	Thornton Tomasetti	Grasshopper, Viewer	JonatanS
Josh Wentz	DOE Energy Efficient Buildings Hub	Viewer	joshwentz
Kevin Vandecar	Autodesk	3DS Max	kevinvandecar
Matt Mason	IMAGINIT Technologies	Revit	mattmas
Theo Armour	Designer	Viewer	theo-armour
Zach Flanders	BNIM Architects	Viewer	zachflanders

Figura 5.9 – Equipa vA3C

Sobre este visualizador, Jeremy Tammik escreve na sua página [51]: “vA3C é um visualizador WebGL open-source para a indústria AEC, completo com um add-in exportador em C#. A vantagem deste visualizador é ser completamente open-source, também baseado no exportador personalizado, desta vez a exportar o modelo completo para o formato WebGL three.js.”

WebGL é uma API em JavaScript que permite ao utilizador criar elementos gráficos 2D e 3D via programação direta controlando a GPU (unidade de processamento gráfico) do computador. Para usar o WebGL, uma parte do código é escrita em JavaScript e a outra, em GLSL (OpenGL Shading Language).

three.js é uma biblioteca JavaScript usada para criar e mostrar gráficos 3D animados num *browser* que reduz a complexidade de programação de WebGL numa simples API, ou seja, funciona como camada de abstração.

Este visualizador incorpora ficheiros de formato JSON e a conversão dos modelos para este formato é feita através de um add-in do Revit, disponibilizado pela equipa vA3C no GitHub, sendo apenas necessário a sua compilação com a ferramenta Visual Studio. Após a sua compilação e colocação na pasta de *add-ins* do Revit, o exportador surge imediatamente no *software*:

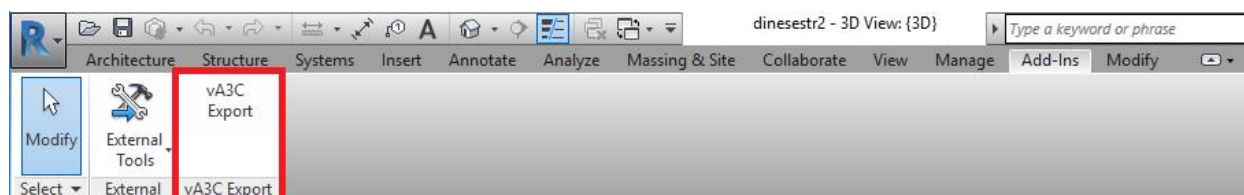


Figura 5.10 – Add-in vA3C

Após seleção de exportação, é pedido ao utilizador algumas das informações que pretende exportar com o modelo:

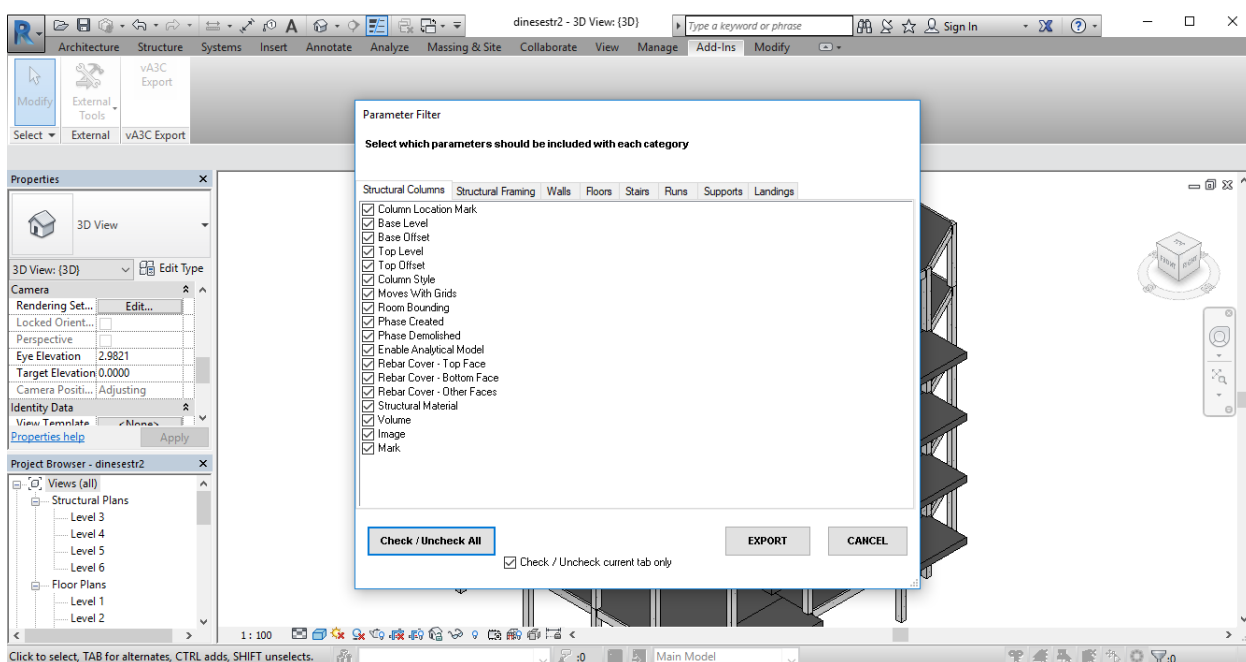
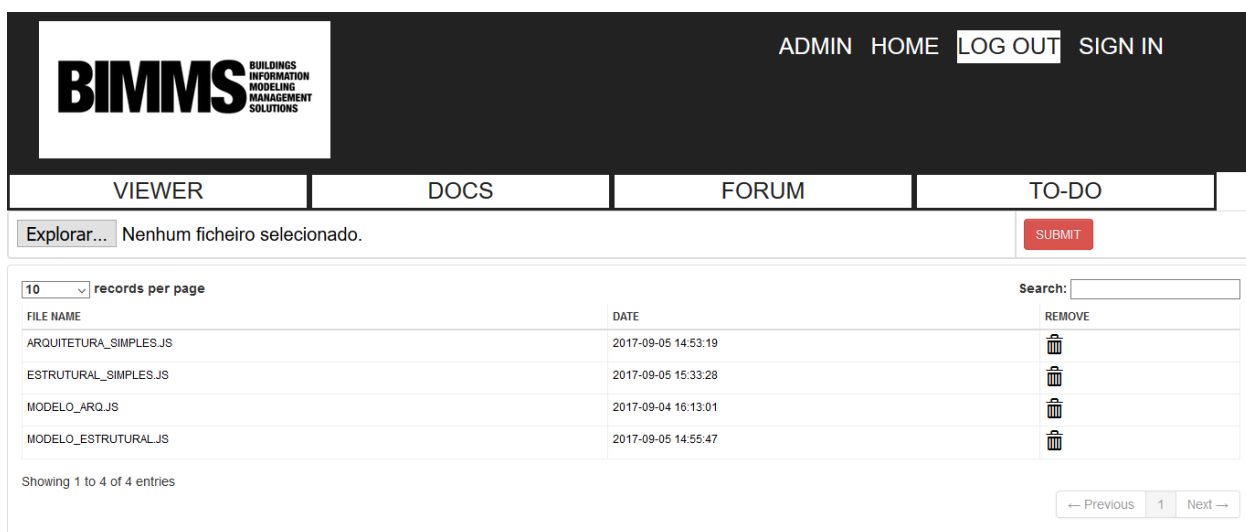


Figura 5.11 – Seleção dos Parâmetros a Exportar

A interação com o visualizador no BIM-CS inicia-se pelo repositório destinado para os modelos por parte dos utilizadores com nível de permissão de administrador ou moderador. Este repositório foi desenhado como o gestor documental, descrito no subcapítulo a seguir. Os utilizadores com o nível de permissão mais baixo são reencaminhados diretamente para o visualizador, tendo acesso aos modelos inseridos por outros utilizadores.



GO TO VIEWER

Figura 5.12 – Repositório dos Modelos

Após a inserção dos modelos através da opção “Explorar” e a seguir “Submit”, o utilizador pela opção “Go To Viewer” é reencaminhado para o visualizador.

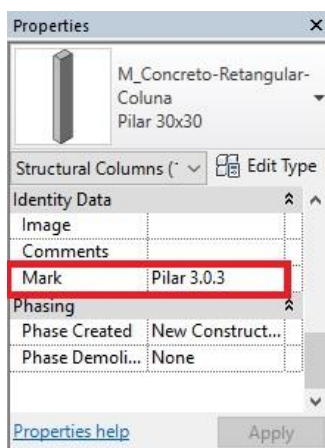
Após este processo, o modelo está disponível para ser submetido e visível na plataforma. Foi criada uma rotina para que os modelos inseridos no repositório, surjam no menu do visualizador:



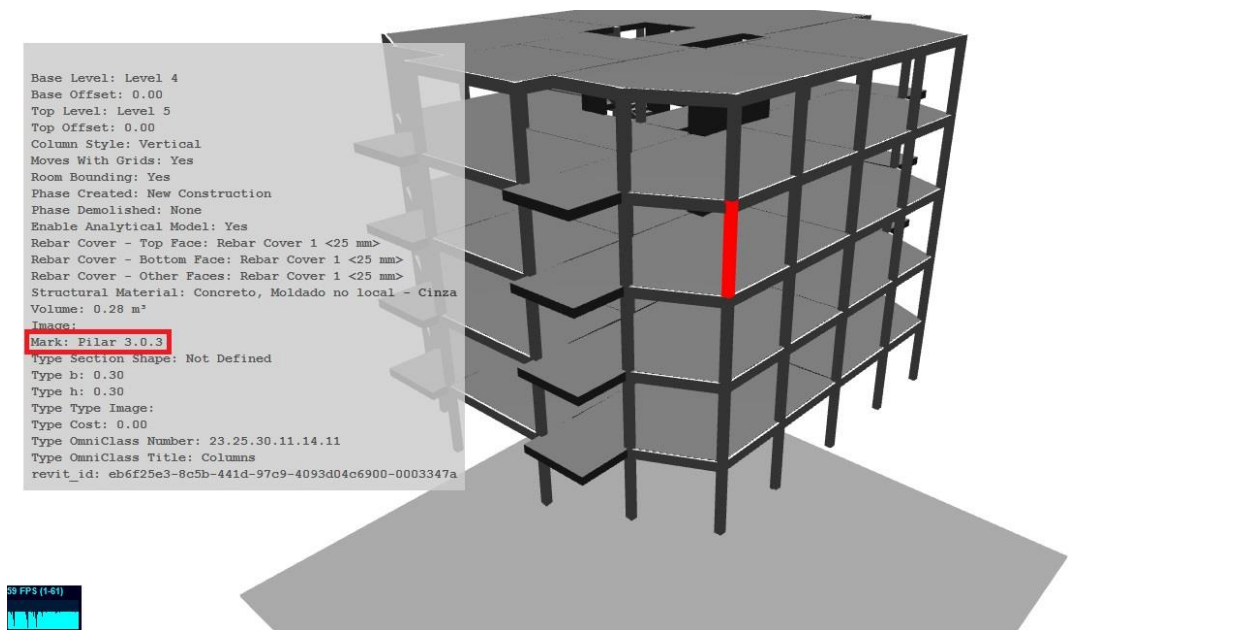
Figura 5.13 – Visualizador e Menu

Como nota, o autor optou pela remoção do cabeçalho e barra de menu da plataforma neste módulo para ampliar a visualização dos modelos.

Como ferramenta de comunicação visual, os modelos contêm informação personalizada pelos autores para facilitar a sua identificação aquando da visualização no processo de construção. Este exercício é possível devido ao preenchimento do campo das propriedades dos elementos “Mark” no Revit (alínea a) da figura 5.14). Esta informação será visível nos modelos exportados na plataforma conforme representado na alínea b) da figura 5.14:



a) Propriedades do Elemento



b) Marcação do Elemento no Visualizador

Figura 5.14 – Método de Marcação e Visualização de Elementos

5.4.4 Docs

A página do gestor documental foi concebida de acordo com os princípios preconizados na secção 9.2 da norma PAS1192-2 [10], cujo objetivo é especificar os requisitos para atingir o Nível 2 de trabalho colaborativo de projetos BIM. Como demonstrado no subcapítulo da estrutura da plataforma, o gestor documental é dividido em quatro secções, visíveis na figura 5.15:

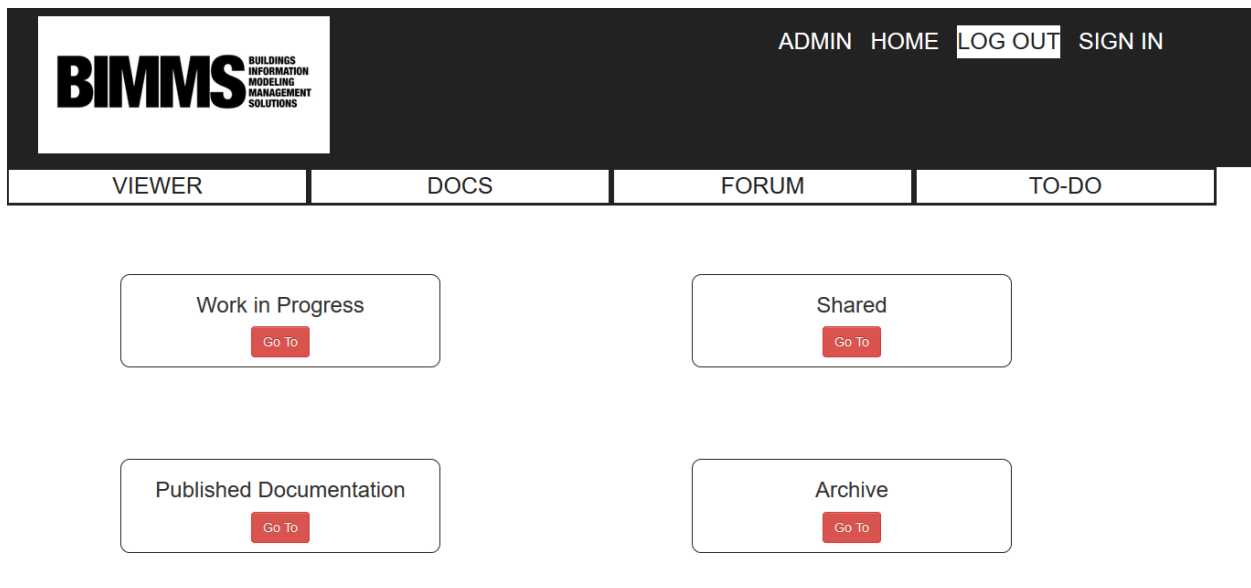


Figura 5.15 – Gestor Documental

Para a formulação de cada um destes repositórios o autor recorreu ao código desenvolvido por Ganesh Dutt no site Sourcecodester entre outros contribuidores, com as devidas adaptações. Esta página utiliza uma ferramenta de estilo de nome Bootstrap.

Bootstrap é um *framework* para o *design* de aplicações *web*. Contém *templates* de HTML e CSS para tipografia, formas, botões, navegação e outros componentes.

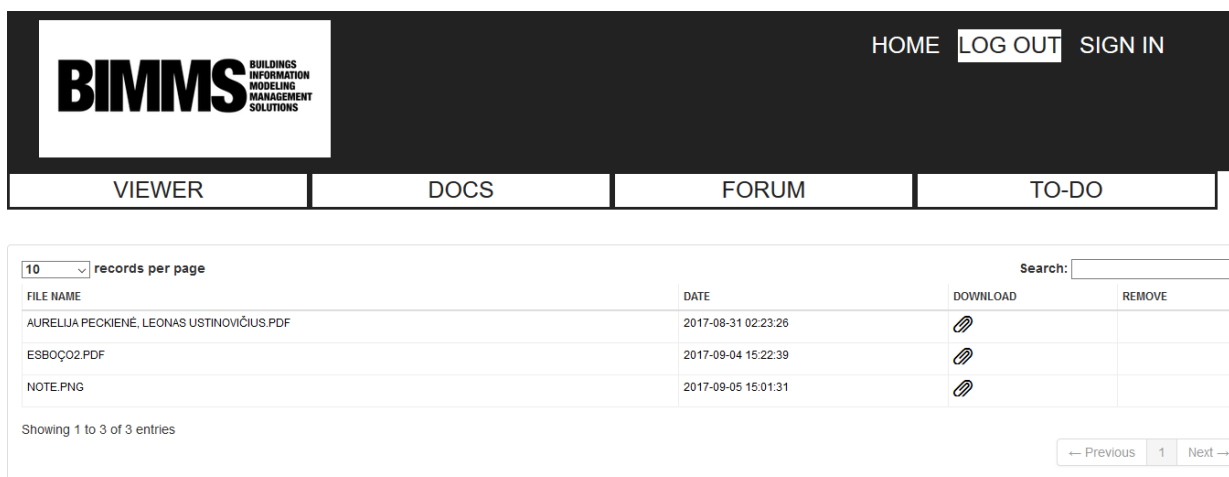
A interação com este módulo inicia-se na página visível na figura 5.15 e o utilizador pode escolher a pasta onde pretende submeter, descarregar ou eliminar documentos. Cada documento é alojado somente na pasta pretendida, daí a criação de quatro tabelas na base de dados para o gestor documental.

Como nota, os utilizadores com o nível de permissão mais baixo têm acesso somente à pasta “Shared”, ficando impossibilitados de submeter ou remover documentos, podendo somente acedê-los ao fazer a sua descarga. Na alínea a) da figura 5.16, é representado o módulo visível para os utilizadores com permissões de Administrador e Moderador e na alínea b), o mesmo módulo visível para utilizadores com nível de permissão mais baixo.

The screenshot displays the BIMMS web application interface. At the top, there is a navigation bar with the BIMMS logo (BUILDINGS INFORMATION MODELING MANAGEMENT SOLUTIONS) on the left and navigation links (ADMIN, HOME, LOG OUT, SIGN IN) on the right. Below the navigation bar, there are four tabs: VIEWER, DOCS, FORUM, and TO-DO. The main content area shows a file management interface for the 'Shared' folder. It includes a search bar, a 'SUBMIT' button, and a table of files. The table has columns for FILE NAME, DATE, DOWNLOAD, and REMOVE. Three files are listed: AURELIJA PECKIENÉ, LEONAS USTINOVICIUS.PDF (dated 2017-08-31 02:23:26), ESBOÇO2.PDF (dated 2017-09-04 15:22:39), and NOTE.PNG (dated 2017-09-05 15:01:31). Each file has a download icon and a remove icon. The interface also shows 'Showing 1 to 3 of 3 entries' and pagination controls (Previous, 1, Next).

FILE NAME	DATE	DOWNLOAD	REMOVE
AURELIJA PECKIENÉ, LEONAS USTINOVICIUS.PDF	2017-08-31 02:23:26		
ESBOÇO2.PDF	2017-09-04 15:22:39		
NOTE.PNG	2017-09-05 15:01:31		

a) Pasta Shared para Utilizadores com Permissão de Administrador ou Moderador



b) Pasta Shared para Utilizadores com Permissão de Utilizador

Figura 5.16 – Pasta Shared com diferença de Permissões

5.4.5 Forum

O módulo de discussão foi inicialmente criado como uma página de comentários representando o autor do comentário, a data de inserção e o texto do comentário. Adicionalmente, a possibilidade de editar e eliminar e responder. Posteriormente, o autor da presente dissertação recorreu ao código desenvolvido por Parakh Bansal no GitHub, entre outros contribuidores, para criar um fórum de configuração em topologia em árvore, ou seja, divisão do fórum por categorias, divididas por tópicos, com comentários a serem inseridos em cada tópico, e somente visíveis no tópico pretendido.

Como dificuldade inicial, o código disponibilizado não permitia a inserção de comentários. A solução encontrada, foi a incorporação do código da página de comentários inicial no restante código funcional, com as devidas adaptações. O resultado para o utilizador foi a possibilidade de criar categorias acompanhadas de uma curta descrição como apresentado na figura 5.17:

Start - Create a topic - Create a category

Category name:

Category description:

Figura 5.17 – Criação de uma nova Categoria

De seguida, é permitido ao utilizador criar tópicos num processo semelhante à criação de categorias, diferindo na dispensa da sua descrição e a imposição de definir a categoria à qual o tópico deve pertencer, como visível na figura 5.18:

Start - Create a topic - Create a category

Create a topic

Subject: Category:

Figura 5.18 – Criação de um novo Tópico

No ponto mais baixo da topologia em árvore, os comentários, como representado na figura 5.19:



Figura 5.19 - Comentários

5.4.6 To-Do

Este módulo foi criado para auxiliar os utilizadores a organizarem as tarefas dos seus projetos através da identificação do responsável, estado de desenvolvimento, descrição e data final de execução, contribuindo assim, para a gestão destas tarefas e para o alinhamento da sua execução com os objetivos do projeto.

O autor utilizou o código disponibilizado no GitHub por Shaumik Daityari, entre outros contribuidores, para o desenvolvimento deste módulo com uma ligeira alteração. Originalmente, a criação de uma nova tarefa requeria o título da tarefa. O autor entendeu ser mais interessante a identificação do responsável, como representado na figura 5.20, onde se pode ler “Assigned To”.

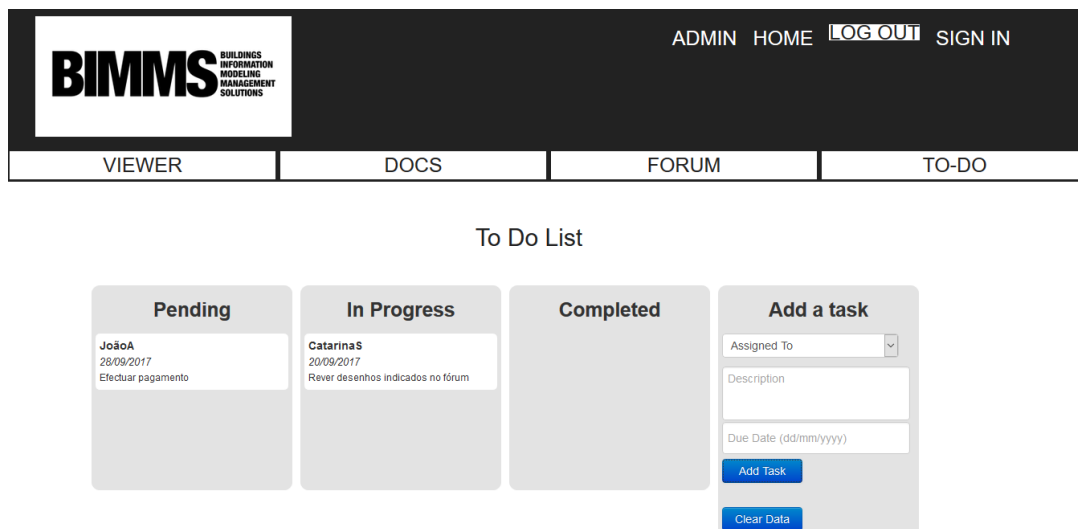


Figura 5.20 – To Do List

5.5 SIMULAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA

Neste subcapítulo pretende-se apresentar o modo de utilização da plataforma colaborativa BIM-CS, através de um caso hipotético de interação entre os intervenientes de um projeto em fase de Assistência Técnica, demonstrando como os pode auxiliar a ultrapassar alguns dos problemas enunciados neste documento durante esta fase.

Em projetos de grandes dimensões, ao surgir um pedido de esclarecimento sobre, a título de exemplo, uma ligação viga-pilar por parte do Empreiteiro, é por vezes difícil identificar os elementos referidos por parte do Projetista. Também, identificando-se erros de cálculo nos ditos elementos por parte do Projetista no seu gabinete, é uma tarefa árdua tornar perceptível ao Empreiteiro a localização dos elementos a corrigir.

Neste contexto, o Projetista ao identificar um erro pode recorrer ao BIM-CS, e anunciar este problema no tópico do projeto incluído no fórum de discussão da plataforma, deixando os restantes intervenientes sob alerta.

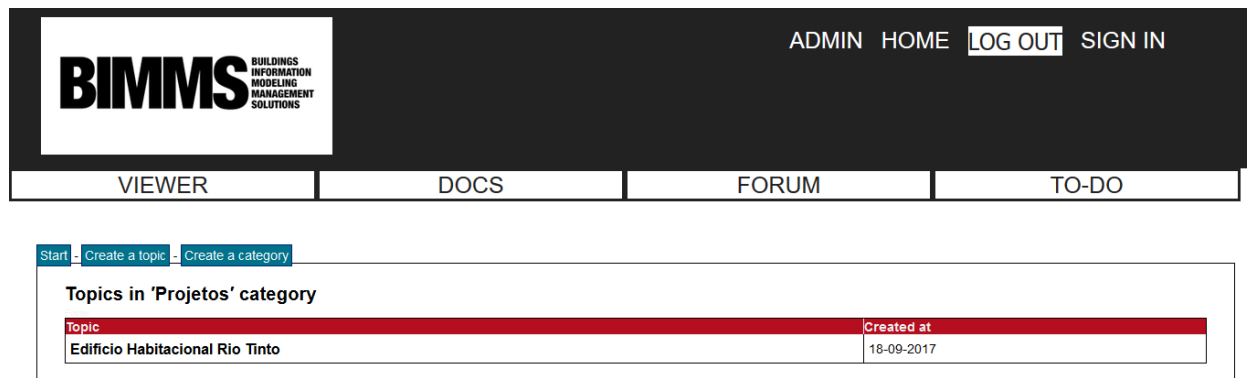


Figura 5.21 – Anúncio de Erro no Tópico do Projeto

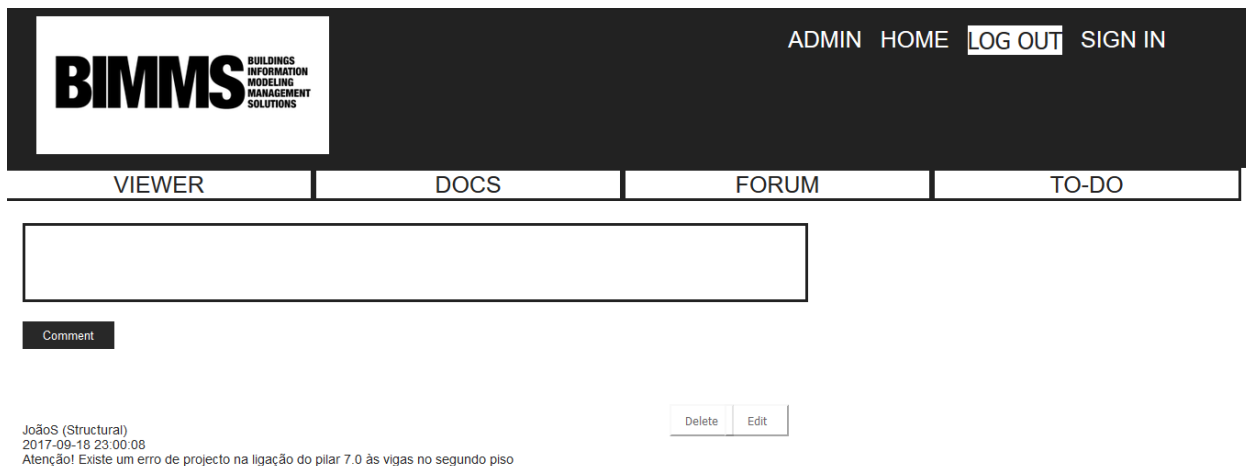


Figura 5.22 – Comentário do Erro

De seguida, o Coordenador de Projeto deve informar a equipa que a correção deste problema deve ser executada indicando uma data final limite e designar o responsável pela sua execução. Posteriormente, deve-se informar quando a tarefa está em processo de execução e quando se encontra finalizada. Estas informações devem ser dadas seja pelo próprio Coordenador, seja pelo responsável da correção. Isto pode ser feito no módulo “TO-DO”.

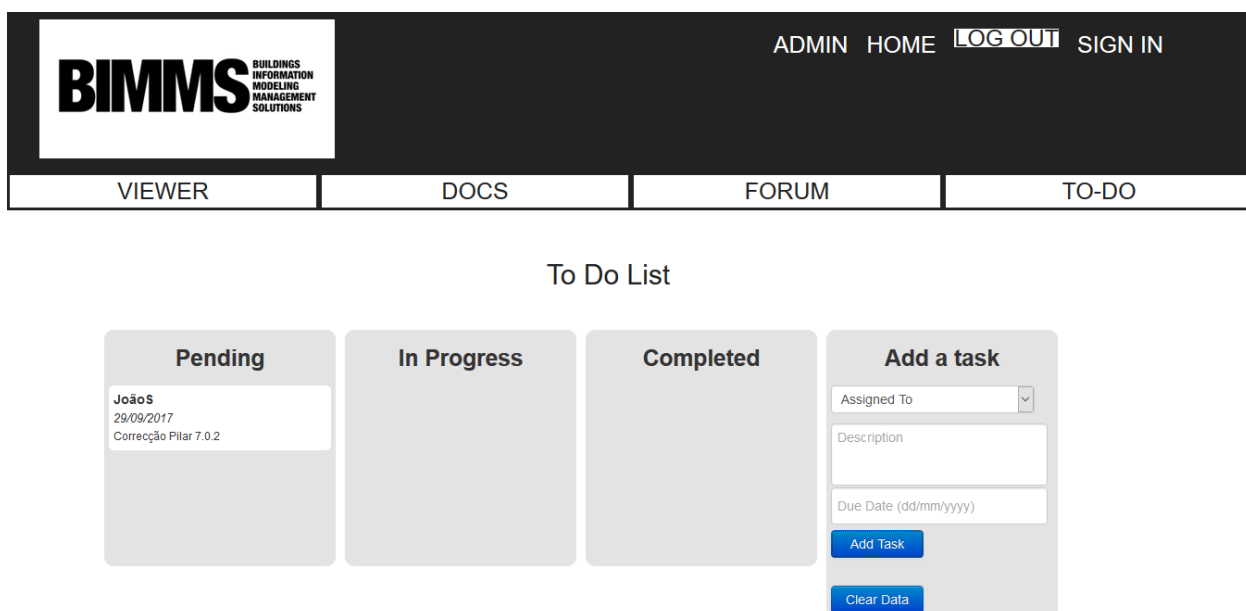


Figura 5.23 – Colocação da Tarefa de Correção

Durante este processo, em projetos de grandes dimensões, é por vezes difícil encontrar o local dos elementos referidos. Para facilitar esta tarefa, o Projetista pode colocar ou atualizar o modelo “marcando” o elemento sujeito a correções no módulo “Viewer”, com o código enunciado no fórum e na lista de tarefas:

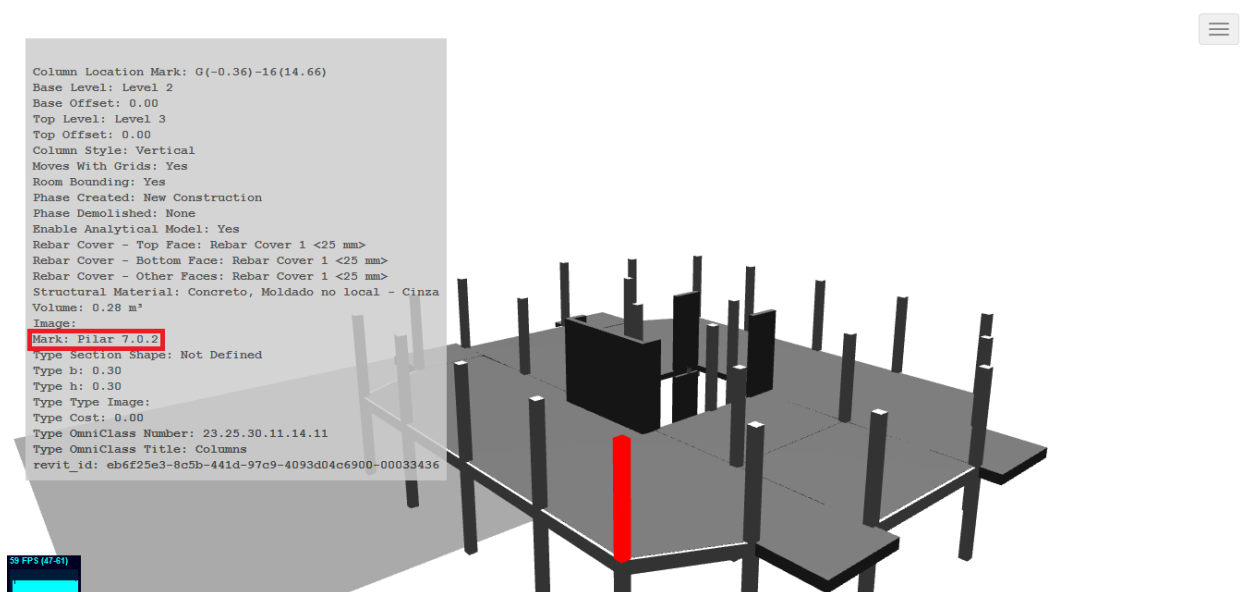


Figura 5.24 – Identificação do Elemento a Corrigir

Após correção, todos os dados referentes a estes elementos devem ser atualizados e disponibilizados ao Empreiteiro. A disponibilização pode ser feita através do módulo “DOCS”:

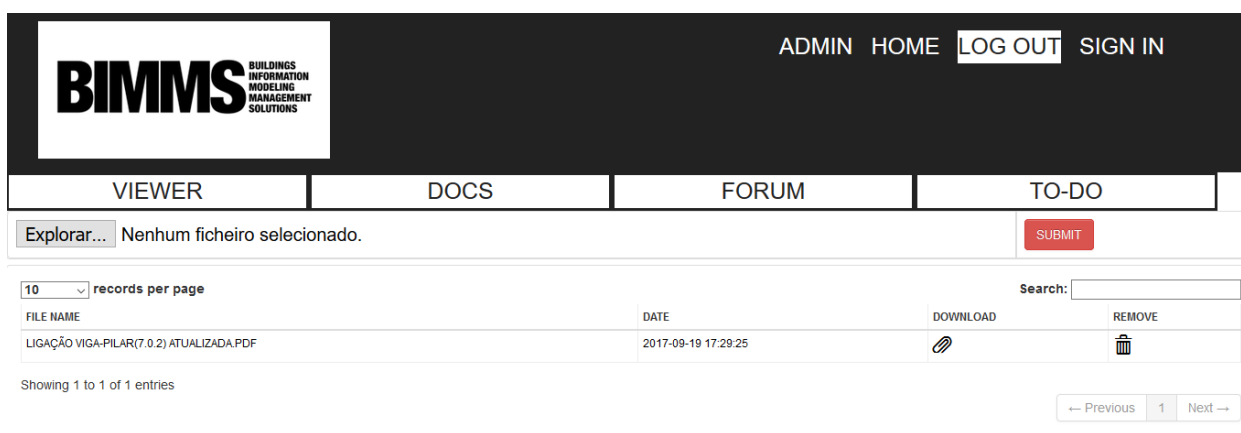


Figura 5.25 – Publicação de Pormenores do Elemento Corrigido

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

O estágio curricular desenvolvido na BIMMS – BIM Management Solutions permitiu ao autor do presente relatório adquirir novos conhecimentos sobre uma das mais complexas e estimulantes áreas da Engenharia Civil na atualidade – a metodologia BIM. Esta metodologia influencia bastante a produtividade de execução de projeto em todo o seu ciclo de vida quando é adotada por todos os intervenientes do projeto, através de uma otimizada gestão dos processos e coordenação dos recursos humanos.

De momento ainda existem alguns entraves à implementação do BIM em Portugal, entre outros fatores, por falta de normas de regulamentação deste género de projetos. Estes entraves representam um impedimento à normalização e otimização dos processos na preparação, controlo e gestão de um projeto. Porém, tanto a nível internacional como a nível nacional, existem entidades a desenvolver regulamentação aplicável pelo que se prevê que nos próximos anos a indústria aceite o BIM, passando a ser uma inevitabilidade, tal como já sucede em muitos outros países.

O estudo de ferramentas colaborativas existentes no mercado permitiu concluir que a utilização destas resulta numa maior fiabilidade dos projetos, proporcionando um maior nível de visualização que por sua vez, conduz a uma melhor coordenação e colaboração entre especialidades, conseguindo-se assim, prever antecipadamente potenciais problemas na obra, melhorar a comunicação entre os intervenientes, corrigir erros celeremente, aumentar a produtividade e poupar custos de exploração dos edifícios após a construção.

A configuração destas plataformas torna-se particularmente interessante para o alinhamento da sua utilização com os objetivos do projeto e da legislação aplicável como demonstrado no desenvolvimento do *template* no Modelspace adaptado à Portaria 701-H/2008.

A programação é uma atividade que auxilia o Engenheiro a aprimorar a sua capacidade para desenvolver métodos para solucionar problemas complexos por intermédio da automatização de processos ou para solucionar problemas específicos como o problema identificado neste relatório através da criação de plataformas. Neste sentido, o uso e desenvolvimento de ferramentas através da programação, passando de uma simples macro em Excel até um *software* de cálculo escrito em C++, até uma plataforma em ambiente Web envolvendo vários tipos de linguagem, está e estará cada vez mais presente no dia-a-dia

de todos os profissionais na área da Engenharia Civil, pelo que será exigível o conhecimento de noções básicas envolvidas nesta atividade.

A aquisição de produtos oriundos de países com realidades económicas diferentes revela-se por vezes desvantajoso para o tecido empresarial Português. Neste contexto, torna-se particularmente benéfico para as empresas em Portugal a capacidade de criação e desenvolvimento dos seus próprios *software* e plataformas recorrendo à programação e material *open source* disponível na Internet, sendo possível assim, a personalização destas ferramentas de acordo com as suas necessidades e interesses.

As soluções apresentadas nesta dissertação ajudaram a perceber a complexidade da criação e programação de uma plataforma colaborativa e apresentam-se com resultados de relativa simplicidade, mas também de utilidade para qualquer gabinete de Engenharia, e em particular, para o Projetista. Infelizmente não foi possível aplicar em obra o tema desenvolvido, mas o conteúdo demonstrado e a simulação de utilização da plataforma permitem ao leitor compreender como e quanto a ferramenta desenvolvida nesta dissertação consegue induzir o trabalho colaborativo entre os intervenientes num projeto.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Especificamente sobre o visualizador, o ideal será desenvolver um método capaz de incorporar modelos IFC exportados de qualquer *software* de modelação sem a necessidade de conversão para outro tipo de formato ou adição de qualquer *add-in*.

Nos modelos, com o intuito de se criar um verdadeiro ambiente colaborativo e rico em informação, seria interessante o desenvolvimento da capacidade de incluir anotações, imagens e comentários assentes nos elementos.

Apesar de ser uma tarefa árdua e exigente de um elevado nível de conhecimento de programação, o visualizador seria enriquecido se tivesse a capacidade de deteção de conflitos e permitisse ao utilizador alterar os alinhamentos e geometria dos elementos. Deste modo, em alguns casos seria ultrapassada a necessidade de comunicação de erros passando diretamente à sua correção. Uma tarefa, que poderia não ser tão árdua e exigente no que diz respeito aos conhecimentos de programação, seria a possibilidade de se esconder elementos escolhidos pelo utilizador de maneira a permitir visualizar os modelos *as-built* no seu todo.

Apesar de ser uma plataforma de auxílio à comunicação entre os intervenientes de projeto, aliando-se a algumas ferramentas pode facilmente ser utilizada como um apoio à gestão de projeto. Neste sentido, com ligação a um modelo escolhido, seria interessante criar um módulo que permitisse ao utilizador

retirar as quantidades dos elementos representados, e através de uma ligação a uma tabela de Excel ou a um site de custos, retirar um orçamento aproximado de construção do modelo presente no visualizador.

Como apresentado nesta dissertação, existem tarefas que se repetem por várias fases do projeto. Neste sentido, seria pertinente a divisão do módulo de “TO-DO” da plataforma pelas fases do projeto, convertendo este módulo de uma lista de tarefas para um gestor de tarefas. Adicionalmente, seria interessante criar um método de seriação das tarefas das mais importantes para menos importantes através de introdução de labels e para além de se apresentar o responsável pela execução de cada tarefa, notificar este por correio eletrónico da expectativa da sua execução.

Um módulo que chegou a ser desenvolvido, mas acabou por se entender não se enquadrar com o objetivo da plataforma foi a inclusão do Google Maps. É conhecida a sua utilidade para o conhecimento prévio do terreno ainda na fase de projeto. Um possível desenvolvimento no futuro, dado que já existe *software* que o permite, seria a colocação do modelo escolhido pelo utilizador diretamente da plataforma para esta API através da escolha das coordenadas, permitindo a visualização do modelo tridimensional no futuro local de implantação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EASTMAN, Chuck et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** s.l. : Wiley Publishing, 2008. ISBN 9780470261309
2. Quirk, Vanessa – A Brief History of BIM [HTML]. Disponível em <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim#> =
3. Williams, Jon – BIM – One Size Fits No One! [HTML]. Disponível em <https://thebimhub.com/2015/07/18/bim-one-size-fits-no-one/#.WdqcqzBrzIX>
4. SOUSA, Hugo Daniel Cortês de – Modelação em BIM de armaduras de betão armado de um edifício: Análise da sua contribuição para processos de medição e orçamentação mais eficientes. [Texto policopiado] Guimarães : [s.n.], 2013. Tese de Mestrado
5. SOARES, Joel Duarte Rodrigues Teixeira – A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático [Texto policopiado] Porto : [s.n.], 2013. Tese de Mestrado
6. Wicaksono, Wirawan Pandu – Teknologi Informasi dan Fenomena Transformasi Management Industri Konstruksi [HTML]. Disponível em <https://wpanduw.wordpress.com/2015/09/26/teknologi-informasi-dan-fenomena-transformasi-management-industri-konstruksi-bim-building-information-modelling/>
7. Hamed, Luciano – BIM do 3D ao 7D [HTML]. Disponível em <https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>
8. BIM India – Pitfalls of Present Building Construction methods in India [HTML]. Disponível em <https://bimindia.wordpress.com/>
9. FERNANDES, João Pedro Miranda – Produção Automática de Modelos BIM de Armaduras de Betão Armado – Pormenorização e Medição. [Texto policopiado] Porto : [s.n.], 2016. Tese de Mestrado
10. PAS1192:2 - Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using Building Information Modelling.

11. AIA KnowledgeNet – BIM, Standards, and Interoperability [HTML]. Disponível em <https://network.aia.org/technologyinarchitecturalpractice/home/bimstandards>
12. FERREIRA A. (2010) – *Geração BIM, Interoperabilidade e Normalização BIM em Ambiente Colaborativo*. Magazine Digital eUAU!. 2010.
13. CADENAS – CADENAS supports IFC exchange format for BIM [HTML]. Disponível em <https://www.cadenas.de/news/en/reader/items/cadenas-supports-ifc-exchange-format-for-bim>
14. SOUSA, Raúl Filipe – Adaptação do programa PAC-Pórticos ao EC2 e a sua integração com o conceito BIM. [Texto policopiado] Porto : [s.n.], 2015. Tese de Mestrado
15. SÁ, João Pedro Morais de – Modelação de Estruturas em BIM – Aplicação à Extração Automática de Quantidades. [Texto policopiado] Porto : [s.n.], 2014. Tese de Mestrado
16. Andre, Gregory R. – Integrated Project Delivery: A Teamwork Approach to Design and Construction [HTML]. Disponível em <http://www.klgates.com/integrated-project-delivery-a-teamwork-approach-to-design-and-construction-09-15-2011/>
17. Winstanley, Tim – Integrated Project Delivery Methodology [HTML]. Disponível em <http://www.archdaily.com/153953/integrated-project-delivery-methodology>
18. AEC (UK) BIM Technology Protocol – Practical implementation for the UK Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry [PDF]. Disponível em <https://aecuk.files.wordpress.com/2015/06/aecukbimtechnologyprotocol-v2-1-1-201506022.pdf>
19. ANDRADE Jr., Edivaldo Pereira – Proposta de compartilhamento em sistemas colaborativos de gerência de documentos para arquitectura, engenharia e construção. [Texto policopiado] São Paulo : [s.n.], 2003. Tese de Mestrado
20. LÁZARO, Pedro Miguel Andrade – Gestão da Informação na Construção – Aplicação de Ferramentas Colaborativas no Desenvolvimento de Projectos de Construção. [Texto policopiado] Porto : [s.n.], 2010. Tese de Mestrado
21. BERDEJA, Edgar Preto – Análise de Conflitos num Projeto de Base BIM. [Texto policopiado] Lisboa : [s.n.], 2014. Tese de Mestrado
22. LINO, J.C.; AZENHA, Miguel; LOURENÇO, Pedro – *Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas*. Encontro Nacional Betão Estrutural - BE2012, 2012.

23. QUINTELA, A.; COUTO, J.P.; REIS, F. – *Classificação e organização de objetos BIM e sua aplicação em modelos 4D e 5D*. PTBIM – 1º congresso português de Building Information Modeling, pp. 153-163, 2016. ISSN 978-989-8793-04-1
24. Manzione, Leonardo – Fluxo de trabalho para a Coordenação de Projetos em BIM [HTML]. Disponível em <http://www.coordenar.com.br/conheca-o-bcf-o-formato-para-a-colaboracao-em-bim/>
25. GUANGBIN, Wang; WEI, L.; XURU, Duan – Exploring the High-efficiency Clash Detection between Architecture and Structure [PDF]. Disponível em <http://www.ipcsit.com/vol52/085-ICIME2011-Contents.pdf>
26. SALGADO, Pedro Miguel Lopes – Planeamento e controlo de projectos em ambiente colaborativo com recurso a ferramentas BIM. [Texto policopiado] Guimarães : [s.n.], 2016. Tese de Mestrado
27. Modelspace, 2017. Disponível em <https://www.modelspace.fi/Login.aspx?ReturnUrl=%2F>
28. MOGOLLON, Nando – BCF. BIM Collaboration Format Explained [HTML]. Disponível em <http://www.openbimer.com/bcf-bim-collaboration-format-explained/>
29. ROCHA, Álvaro Manuel Reis da – Influência da Maturidade da Função Sistema de Informação na Abordagem à Engenharia de Requisitos. [Texto policopiado] Guimarães : [s.n.], 2000. Tese de Mestrado
30. PFLEEGER, Shari Lawrence. **Software Engineering: Theory and Practice (Second Edition)**. s.l. : Prentice Hall, 2001. ISBN 9780130290496
31. SIMÃO, Inês; VARELA, Patrícia – *A Engenharia de Requisitos como processo inovador nas organizações*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2009. ISBN 1646-8929
32. KOTONYA, Gerald; SOMMERVILLE, Ian. **Requirements Engineering: Processes and Techniques**. s.l. : Wiley Publishing, 1998. ISBN 978-0-471-97208-2
33. RIBEIRO, Pedro Rodrigo Caetano Strecht – Metodologia para Equipas de Desenvolvimento de Requisitos de Sistemas de Informação. [Texto policopiado] Porto : [s.n.], 2008. Tese de Mestrado
34. SCHMITT, Christopher; SIMPSON, Kyle. **HTML5 Cookbook**. s.l. : O’Reilly Media, 2011. ISBN 978-1449396794
35. RIORDAN, Rebecca M.. **Head First Ajax: A Brain-Friendly Guide**. s.l. : O’Reilly Media, 2008. ISBN 978-0596515782

36. GARCIA, João Granado Mota – Desenvolvimento de uma Plataforma Web Para Aplicações de Cálculo Estrutural. [Texto policopiado] Porto : [s.n.], 2012. Tese de Mestrado
37. NIXON, Robin. **Learning PHP, MySQL, JavaScript, CSS & HTML5: A Step-by-Step Guide to Creating Dynamic Websites**. s.l. : O’Reilly Media, 2014. ISBN 978-1491949467
38. MYSQL, 2017. Disponível em <https://www.mysql.com/>
39. POUNCEY, Ian; YORK, Richard. **Beginning CSS: Cascading Style Sheets for Web Design**. s.l. : Wrox, 2011. ISBN 978-0470891520
40. PICOTÊS, António – Aplicação de Modelos de Informação para a Construção de Empreendimentos de Pequena Dimensão. [Texto policopiado] Porto : [s.n.], 2010. Tese de Mestrado
41. National Building Specification – Understanding BIM in a project management environment [HTML]. Disponível em <https://www.thenbs.com/knowledge/understanding-bim-in-a-project-management-environment>
42. MARTINS, João Pedro da Silva Poças – Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção. [Texto policopiado] Porto : [s.n.], 2009. Tese de Doutoramento
43. Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho – Instruções para a elaboração de projetos de obras.
44. IFC TOOLS Project, 2017. Disponível em <http://www.ifctoolsproject.com/>
45. PECKIENĖ, Aurelija; USTINOVIČIUS, Leonas – Possibilities for Building Spatial Planning Using BIM Technology [PDF]. Disponível em https://ac.els-cdn.com/S187770581730591X/1-s2.0-S187770581730591X-main.pdf?_tid=bf60468e-ad0b-11e7-b051-00000aab0f27&acdnat=1507565342_57ce1ccdaa75e06ffa118ca6ab43906c
46. NASCIMENTO, Luiz Antonio do; SANTOS, Eduardo Toledo – *A indústria da construção na era da informação*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, p. 69-81, jan/mar. 2003. ISSN 1415-8876
47. LERDOR, Rasmus et al. **Programming PHP, 3rd Edition**. s.l. : O’Reilly Media, 2013. ISBN 978-1449392772
48. BEAULIEU, Alan. **Learning SQL: Master SQL Fundamentals**. s.l. : O’Reilly Media, 2009. ISBN 978-0596520830
49. mmtuts, 2017. Disponível em <http://mmtuts.net/>
50. IFC TOOLS Project, 2017. Disponível em <http://www.ifctoolsproject.com/>
51. The Building Coder, 2017. Disponível em <http://thebuildingcoder.typepad.com/>