

IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NUMA GRANDE CONSTRUTORA FRANCESA

JOSÉ CARLOS GRANJO DE MATOS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor João Pedro Poças Martins

Coorientador: Engenheiro Carlos Alberto da Silva Meira

JULHO DE 2014

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por permanecerem sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida, acreditando em mim e naquilo que faço e por todos os ensinamentos de vida. Espero no futuro, conseguir de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que continuamente me oferecem.

À Raquel pelas suas palavras de motivação e grande confiança em mim durante a realização desta dissertação.

Aos meus avós, pelo carinho, alegria e amor que me transmitem e cujas origens tenciono sempre honrar tanto como me honra ser parte integrante delas.

Aos meus padrinhos, pela grande amizade e apoio incondicional que sempre me oferecem, principalmente durante a realização da presente dissertação.

Ao meu orientador Doutor Professor João Pedro Poças Martins pela disponibilidade, o voto de confiança e todos os ensinamentos essenciais para a elaboração do trabalho.

Ao meu co-orientador Carlos Meira, pela confiança no meu trabalho e me ter permitido de conhecer o mundo Bouygues e a todos os colaboradores dos serviços Études de Prix e Méthodes com quem convivi diariamente durante o meu estágio.

RESUMO

A informatização e a automatização representam atualmente um trunfo reconhecido por parte das grandes empresas mundiais de construção para acrescentar qualidade na realização de projetos e de obras. Porém, a informação extraída nem sempre é corretamente gerida e utilizada provocando possíveis derrapagens de tempo e custos na realização de um projeto de construção. O conceito BIM – “*Building Information Modeling*” é uma recente aposta das empresas de construção para responderem aos desafios no que toca à gestão da informação.

O modelo BIM baseia-se, em larga medida, na integração de toda a informação física e funcional de um edifício ou projeto num único modelo digital. Os BIM permitem conceber e analisar os projetos ainda antes da construção se ter iniciado. Este modelo abre a porta aos arquitetos, engenheiros e construtores para melhor colaborarem e desenvolverem os projetos desde do início até ao fim do processo construtivo.

Esta dissertação parte da necessidade de perceber de que forma as grandes empresas mundiais aplicam o modelo BIM nos seus projetos. Para isso, o autor desta dissertação esteve no seio dos serviços de orçamentação e de métodos de uma grande empresa Francesa, a Bouygues Bâtiment Île-de-France Habitat Social na sua sede na região parisiense.

Este trabalho descreve as ambições dos responsáveis da empresa na utilização das ferramentas BIM representando um caminho a seguir para a realização dos projetos de construção a nível nacional e internacional. O processo de implementação do BIM na empresa é relativamente recente mas já foram definidos objetivos ambiciosos para a utilização futura desta tecnologia na empresa.

Este estudo refere em que fases de um projeto atuam os serviços de orçamentação e de métodos da empresa Bouygues mas menciona igualmente as funções e os métodos de trabalho de cada um dos serviços.

A implementação do modelo BIM na empresa Bouygues é explicada nesta dissertação com a realização de várias atividades BIM por parte dos serviços *Etudes de Prix* e *Méthodes* na fase de conceção e de preparação da obra para a construção de um empreendimento a realizar na região parisiense.

PALAVRAS-CHAVE: Automatização, BIM, Gestão da informação, França, Bouygues Bâtiment Ile-de-France Habitat Social.

ABSTRACT

Computerization and automation currently represent an asset recognized by major global construction companies to add quality in the realization of their projects. However, the extracted information is not always managed used properly, causing lack of management time and adding extra costs in carrying out construction projects. The BIM concept – “Building Information Modeling” is a recent investment of construction companies to address their challenges with regard to information management.

BIM is largely based on the integration of physical and functional information of a building or project into a single digital model. BIM allows the design and review of projects even before construction. This model provides architects, engineers and builders the possibility to better collaborate and develop projects from the beginning to the end of the life cycle of buildings.

The starting point for this thesis is based on the need to understand how the world’s big companies apply BIM in their projects. To achieve this objective, the autor of this dissertation was with in the service *Etudes de Prix* and *Méthodes* of a large French company called Bouygues Bâtiment Ile-de-France Habitat Social at its headquarters in the Parisian region.

This work describes the ambitions of the company’s managers in the use of BIM tools represent the way for realization of construction projects at national and internacional level. The process of implementing BIM is relatively new for the company but already ambitious targets were set for the future use of this technology.

This study explains the area of intervention where the author was present, called *Etudes de Prix* and *Méthodes* service, inside the enterprise Bouygues, and intends to identify their functions and their methods of work.

The use of BIM based software for the company Bouygues will be explained in this dissertation with the completion of various BIM activities made by the service *Etudes de Prix* and *Méthodes* at the stage of design and site preparation for the construction of a building to be held in the Parisian region.

KEYWORDS: Automation, BIM, information management, France, Bouygues Bâtiment Ile-de-France Habitat Social.

RESUME

L'informatisation et l'automatisation sont actuellement des atouts reconnus par la plupart des grandes entreprises mondiales du Bâtiment et des Travaux Publics pour maximiser la réalisation de leurs projets. Toutefois, il arrive souvent que l'information qui en résulte ne soit pas toujours correctement gérée et utilisée provoquant ainsi de possibles dérapages de temps et de coût dans la réalisation d'une œuvre. C'est ce qui a amené les entreprises à miser de plus en plus sur le concept BIM – "*Building Information Modeling*".

L'outil BIM est une solution avérée dans la gestion de l'information basée essentiellement sur la centralisation de toute l'information physique et fonctionnelle concernant un bâtiment ou une œuvre dans un seul et même document digital. Les BIM permettent de concevoir et d'analyser les projets avant même le début de la construction. Cet instrument permet aux architectes, aux ingénieurs et aux constructeurs d'optimiser leur collaboration dans l'élaboration de leurs projets du début à la fin du cycle de vie d'un ouvrage.

Cette étude part de la nécessité de comprendre de quelle forme les grandes entreprises mondiales appliquent les modèles BIM dans leurs projets. Pour cela, l'auteur du présent document a intégré les services Etudes de prix et Méthodes d'une grande entreprise française : la Société BOUYGUES BATIMENT Ile- de- France, dans la filiale Habitat Social dont le siège est en région parisienne.

Ce travail décrit la pertinence et la nécessité du BIM pour les responsables de l'entreprise, car pour eux ceci représente le chemin à suivre pour atteindre leurs objectifs de réalisation au niveau national et international. Le processus d'implémentation du BIM dans l'entreprise est récent mais, il existe déjà des objectifs ambitieux pour l'utilisation future de cette technologie dans l'entreprise.

Cette étude a pour but d'indiquer à quels stades d'un projet les services Etudes de prix et Méthodes interviennent, mais également de décrire leurs fonctions et leurs méthodes de travail respectives.

Pour soutenir toute cette étude, il sera expliqué la manière dont l'entreprise Bouygues utilise le BIM grâce aux multiples activités menées par les services Etudes de Prix et Méthodes. Ces activités sont liées à un projet en cours pour les phases de conception et de préparation du chantier, en région parisienne.

MOTS-CLÉS : Automatisation, BIM, gestion de l'information, France, Bouygues Bâtiment Ile-de-France-Habitat Social.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i

RESUMO iii

ABSTRACT v

RESUME vii

1.INTRODUÇÃO **1**

1.1. OBJETO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO **1**

1.2. METODOLOGIA **2**

1.3. OBJETIVOS **3**

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO **3**

2.ESTADO DA ARTE **5**

2.1. GESTÃO DA INFORMAÇÃO **5**

 2.1.1. ASPETOS GERAIS 5

2.2. BIM – BUILDING INFORMATION MODELING **6**

 2.2.1. DEFINIÇÃO 6

 2.2.2. FUNCIONALIDADES DOS BIM 8

 2.2.3. VANTAGENS BIM 9

 2.2.4. MUDANÇAS NAS PRÁTICAS DE TRABALHO 10

 2.2.5. DESVANTAGENS BIM 11

 2.2.6. ROI – *RETURN ON INVESTMENT* (RETORNO DO INVESTIMENTO) 12

 2.2.7. INTEROPERABILIDADE 16

 2.2.8. IFC – *INDUSTRY FOUNDATION CLASSES* 16

 2.2.9. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS 18

 2.2.10. NÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO ATUAL DO BIM PELOS EMPREITEIROS 22

 2.2.11. BENEFÍCIOS BIM – VISTO PELOS EMPREITEIROS 24

3.DESCRICÃO DAS TAREFAS DOS SETORES DE ORÇAMENTAÇÃO E DE MÉTODOS NA BOUYGUES HAS **25**

3.1. A EMPRESA **25**

3.2. SERVIÇO DE ORÇAMENTAÇÃO **28**

3.2.1. PLANTA DE ORGANIZAÇÃO DO ESTALEIRO	29
3.2.2. MEDIÇÕES DA ESTRUTURA DO EDIFÍCIO PARA A SUA ORÇAMENTAÇÃO	33
3.2.3. ANÁLISE DE RISCO DA PROPOSTA	34
3.3. SERVIÇO MÉTODOS.....	35
3.3.1. SERVIÇO MÉTODOS EM FASE COMERCIAL	35
3.3.2. DOCUMENTO PRÉANALYSE	36
3.3.3. PLANTAS DE SEGURANÇA	36
3.3.3. SERVIÇO MÉTODOS NA FASE DE ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS	40
4.IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NA EMPRESA BOUYGUES HAS	41
4.1. A APOSTA DO BIM NA BOUYGUES HABITAT SOCIAL.....	41
4.1.1. A FORMAÇÃO BIM DOS TRABALHADORES NA BOUYGUES HAS.....	43
4.1.2. SEMINÁRIO BOUYGUES HAS DE APRESENTAÇÃO DA PLATAFORMA INFORMÁTICA AOS SEUS COLABORADORES.....	44
4.2. ATIVIDADES BIM REALIZADAS PELOS SERVIÇOS DE ORÇAMENTAÇÃO E DE MÉTODOS.....	46
4.2.1. <i>TEMPLATE ETUDES DE PRIX</i>	46
4.2.2. OBTENÇÃO DE MEDIÇÕES DA ESTRUTURA DOS EDIFÍCIOS COM RECURSO AO REVIT	53
4.2.3. CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS REVIT PELO SERVIÇO MÉTODOS	56
4.2.4. PLANTA DE ORGANIZAÇÃO DE ESTALEIRO – PIC 3D	57
4.2.5. APLICAÇÃO <i>MICROSECU3D</i>	58
4.2.6. <i>CONFORME HABITAT SOCIAL</i>	60
4.3. PROJETO FUTURO DA EMPRESA NUMA LIGAÇÃO PLM E BIM	62
5.Estudo de Caso.....	67
5.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	67
5.2. MODELAÇÃO 3D DA MAQUETA FLEURY MÉROGIS	68
5.2.1. PROCEDIMENTOS PARA A REALIZAÇÃO 3D DO PROJETO	68
5.2.1. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS TOMADAS DURANTE A MODELAÇÃO 3D DO PROJETO	72
5.3. ORÇAMENTAÇÃO A PARTIR DA APLICAÇÃO INFORMÁTICA DO REVIT	74
5.4. PLANTA DE ORGANIZAÇÃO DO ESTALEIRO EM FASE COMERCIAL – PIC 3D.....	77
5.4.1. LOCALIZAÇÃO E ESCOLHA DA GRUA	78
5.4.2. OUTROS ASPETOS RELEVANTES DO ESTALEIRO EM FASE COMERCIAL	81
5.5. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO	81

5.6. MÉTODOS CONSTRUTIVOS	82
5.7. SEGURANÇA	86
5.8. CONFORME HABITAT SOCIAL.....	90
6.Conclusão	95
Bibliografia.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo 3D com base CAD [5]	7
Figura 2 – As diferentes dimensões BIM [6]	8
Figura 3 - BIM em todo o processo construtivo [13]	10
Figura 4 – Vantagens decorrentes da antecipação de decisões de projeto. Curva de MacLeamy [14].	11
Figura 5 – Rectificação da curva de Gartner para um melhor aproveitamento das novas tecnologias [20].....	13
Figura 6 - Relação entre tempo e produtividade na implementação da tecnologia BIM [21].	14
Figura 7 – Apreciação das empresas sobre o ROI obtido em relação ao grau de implementação do BIM [18].	15
Figura 8 - Cronologia do padrão IFC [24].	17
Figura 9 - O formato IFC como agente de interoperabilidade no setor da construção [5].....	18
Figura 10 - Modelo de processo de projetos de edificações [28]	19
Figura 11 - Conflito entre uma viga e uma parede (esq.) e entre uma parede e um tubo (dir.) [12]	21
Figura 12 - Conflito entre uma viga (projeto estruturas) e os tetos falsos (projeto arquitetura) [12]	21
Figura 13 - Número de anos em que os empreiteiros têm usado BIM [17].	22
Figura 14 - Níveis de implementação atuais e futuros do BIM por parte das empresas [17]	23
Figura 15 - Organograma simplificado do Grupo Bouygues [13].....	25
Figura 16 - Distribuição do volume de negócios do grupo Bouygues no mundo [13]	26
Figura 17 - Organograma das filiais do grupo Bouygues Construction [13]	27
Figura 18 - Distâncias mínimas a respeitar da grua com edifícios vizinhos [13]	32
Figura 19 - Altura mínima sob o gancho de uma grua [13].....	32
Figura 20 - Interface do programa informático de orçamentação <i>Polyval</i> [13]	34
Figura 21 - Consolas de segurança para execução de paredes estruturais com recurso aos painéis de cofragem [13].....	37
Figura 22 - Regras de fixação das consolas de segurança [13].....	38
Figura 23 - Regras de montagem de torres e plataformas de betão [13].....	39
Figura 24 - Passagem do BIM isolado para o BIM integrado [13]	42
Figura 25 - Divulgação do seminário BIM da Bouygues HAS [13]	44
Figura 26 – Ponto de situação e perspetiva de desenvolvimento da utilização do BIM nos diversos serviços da empresa Bouygues HAS [13].....	46
Figura 27 – Diferentes níveis LOD para a representação de objetos [32].....	48

Figura 28 - Representação gráfica de uma família de janelas do <i>template</i> (Fonte: autor).....	49
Figura 29 - Janela Revit para a criação de parâmetros numa família [13]	50
Figura 30 - Parte da listagem dos parâmetros de uma família de janelas Revit [13]	51
Figura 31 - Organização das nomenclaturas do <i>template</i> [13]	52
Figura 32 - Exemplo de uma nomenclatura Revit com as quantidades de janelas [13]	53
Figura 33 - Representação da organização e constituição do ficheiro <i>Compil</i> [13].....	55
Figura 34 - Representação de um filtro no ficheiro <i>Compil</i> [13].....	55
Figura 35 - Função BDSOMA do Excel [13].....	56
Figura 36 - Valores dos parâmetros condicionantes para obter a quantidade de área de cofragem das lajes [13]	56
Figura 37 - Representação 3D de famílias Revit realizadas pelo serviço métodos [13].....	57
Figura 38 - Modelação da organização do estaleiro em 3D [13]	58
Figura 39 - Representação 3D da família Revit da consola de segurança P3D [13].....	59
Figura 40 - Criação de tipos de consolas na aplicação MicroSécu3D [13].....	59
Figura 41 - Representação de parte da planta Conforme de um edifício [13]	62
Figura 42 - Perspetiva arquitetónica do projeto [13]	67
Figura 43 - Representação no Revit da definição e quantificação dos andares do edifício (Fonte: autor).....	69
Figura 44 - Importação do ficheiro CAD para o Revit (Fonte: autor)	69
Figura 45 – Janela identificando a possibilidade de eliminar informações desnecessárias do projeto (Fonte: autor)	70
Figura 46 - Representação da influência de uma parede [13]	70
Figura 47 - Introdução de um tipo de porta no Revit (Fonte: autor)	71
Figura 48 - Introdução de um tipo de janela no Revit (Fonte: autor)	71
Figura 49 - Introdução de uma viga no desenho (Fonte: autor).....	72
Figura 50 - Maqueta 3D Fleury Mérogis – Fachada Sul (Fonte: autor)	73
Figura 51 - Maqueta 3D Fleury Mérogis – Fachada Este (Fonte: autor)	74
Figura 52 – Representação dos vários filtros realizados para a obtenção do valor do volume de betão (Fonte: autor)	75
Figura 53 - Representação do PIC 3D do projeto Fleury Mérogis (Fonte: autor)	78
Figura 54 - Demonstração que a grua está centralizada em relação ao estaleiro (Fonte: autor).....	79
Figura 55 - Altura mínima sob o gancho da grua [13].....	80
Figura 56 - Representação do edifício adequada à perspectiva e análise do engenheiro métodos (Fonte: autor)	82

Figura 57 - Representação geral da fachada oeste do edifício com os diferentes métodos construtivos utilizados (Fonte: autor).....	83
Figura 58 - Representação no Revit dos elementos pré-fabricados em betão nas zonas das varandas (Fonte: autor).....	84
Figura 59 - Identificação do tipo e do peso das vigas (Fonte: autor).....	85
Figura 60 - Representação Revit da capacidade de carga da grua para a colocação das vigas (Fonte: autor)	86
Figura 61 - Identificação da zona a estudar para a preservação da segurança dos trabalhadores (Fonte: autor).....	87
Figura 62 - Numeração dos trabalhos a executar nessa zona específica (Fonte: autor)	88
Figura 63 - Pormenor construtivo dos equipamentos de segurança e de betonagem (Fonte: autor) ..	89
Figura 64 - Representação geral do material de segurança a utilizar (Fonte: autor)	89
Figura 65 - Legenda de uma planta Conforme [13]	90
Figura 66 - Representação de parte do edifício numa planta Conforme [13].....	91
Figura 67 - Colocação do mobiliário sanitário nas casas de banho [13]	91
Figura 68 - Casos de irregularidades relacionados com as pessoas de mobilidade condicionada (Fonte: autor).....	92
Figura 69 - Irregularidades na definição da colocação dos radiadores (Fonte: autor)	93

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo das medições via manual vs Revit [13]	54
Quadro 2 - Classificação <i>Unifomat II</i>	64
Quadro 3 - Características principais do projeto	68
Quadro 4 - Medições obtidas para a realização das paredes de fachada em betão (Fonte: autor)	76
Quadro 5 - Apresentação dos preços e das quantidades na ferramenta de orçamentação <i>Polyval</i> [13]	77
Quadro 6 - Quadro resumo das principais características da grua MDT175D [13].....	79

GLOSSÁRIO

Achats – Serviço de compras

Aire de livraison – Zona de descarga dos camiões no estaleiro

Banches – Painéis metálicos para a cofragem de trabalhos em betão

Bureau d'Études – Gabinetes de estudos de projeto de diferentes especialidades

Catégories importées – Categorias importadas

Clashes – Conflitos

Conforme - Conformidade

Consoles-pignon – Plataformas de trabalho

Etudes de Prix – Estudos de preço

Gros Oeuvre – Estrutura de betão de um edifício

Level of Detail - Nível de Detalhe

Méthodes – Métodos

Mur Bouygues – Parede própria da empresa Bouygues

Plan d'installation de chantier – Planta de instalação do estaleiro

Planning – Planeamento

Préanalyse – Pré-Análise

Pré-Sécurité – Pré-Segurança

Return on Investment – Retorno do investimento

Visite Sécurité – Visita de Segurança, Inspeção e Auditoria.

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

2D – Duas Dimensões

3D – Três Dimensões

4D – Quatro Dimensões

5D - Cinco Dimensões

AIA - *American Institute of Architects* (Instituto Americano de Arquitetos)

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM – *Building Information Modeling*

CAD - *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)

DTec 1 – Direção Técnica 1

EDP – *Etudes de Prix* (Estudos de Preço)

EDP GO – *Etudes de Prix Gros Œuvre* (Estudo de Preço dos trabalhos de betão)

GBS - *Geographical Breakdown Structure*

HAS – *Habitat Social* (filial da Bouygues Bâtiment IdF responsável pela área da habitação social)

IdF – *Île-de-France* (Região parisiense)

LOD – *Level of Detail* (Nível de Detalhe)

MIC - Modelo de Informação para a Construção

OBS – *Organizational Breakdown Structure*

PBS – *Product Breakdown Structure*

PIC – *Plan d’Installation de Chantier* (Planta de estaleiro)

PLM – *Product Lifecycle Management*

PQT – *Polyval Quantités* (Polyval quantidades)

ROI - *Return on Investment* (Retorno do investimento)

WBS – *Work Breakdown Structure*

1

INTRODUÇÃO

1.1. OBJETO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO

Todo o trabalho de uma obra de construção civil é separado pelas diferentes etapas tradicionais do processo construtivo que são representadas pelas fases de conceção, de execução e de utilização de um projeto onde integram muitas pessoas (arquitetos, engenheiros, fornecedores, operários, donos de obra, entre outros).

Esta fragmentação, característica do processo de construção tende a isolar os métodos de trabalho de cada interveniente na realização das suas tarefas, limitando a comunicação com o trabalho desenvolvido nas outras especialidades. Face a essa situação, torna-se evidente a falta de colaboração entre as diversas disciplinas, prejudicando a qualidade dos projetos tornando-os mais caros e prolongando-se no tempo.

Desta forma surge a necessidade das empresas encontrarem soluções para melhorarem as suas metodologias de trabalho. As novas tecnologias consistem na informatização e automatização dos processos e representam uma solução vantajosa para as empresas aumentando a produtividade e diminuindo os custos dos projetos. Porém, as implementações de novas ferramentas informáticas no seio das empresas são pouco expressivas devido ao facto de apresentarem algumas desvantagens iniciais (custos financeiros iniciais, formação das equipas, recetividade dos trabalhadores em alterar a sua forma de trabalhar, entre outras).

A cada vez maior dificuldade das empresas em ganharem obras em concursos públicos ou privados perante a concorrência devido a propostas que apresentam lucros cada vez mais reduzidos para as empresas faz com que o rumo a seguir para as empresas passe por produzir mais e melhor e em menos tempo. Para atingir esse objetivo, as empresas necessitam de se diferenciar dos seus concorrentes através de medidas ou tecnologias inovadoras melhorando a qualidade geral dos projetos e facilitando o desenvolvimento das tarefas a realizar pelas equipas de projeto no estudo de uma obra.

O *Building Information Modeling* (BIM) é um conceito recente mas cada vez mais utilizada nas empresas de construção por forma a responder aos objetivos pretendidos. Os BIM permitem trabalhar de uma forma mais colaborativa e produtiva com os diferentes intervenientes de todas as especialidades do ciclo de vida de um projeto. Eles representam um sistema de gestão de informação dos projetos capaz de armazenar toda a informação dos edifícios num modelo tridimensional assegurando uma melhor qualidade dos projetos.

Sendo a França um país exemplo de inovação e evolução permanente no setor da construção caracterizada por métodos construtivos únicos e sendo as suas grandes empresas de construção competitivas a nível internacional e com diversas obras importantes realizadas nos quatro cantos do mundo. Esta dissertação pretende recolher as melhores práticas no setor da construção, mais concretamente as que são implementadas no seio da Bouygues Bâtiment Île-de-France Habitat Social. Esta grande empresa francesa é muito reconhecida na indústria da construção no seu país na realização de edifícios de carácter social.

Ao longo desta dissertação é dada ênfase às metodologias de trabalho adotados pela empresa nos serviços de orçamentação e de métodos e do grau de implementação atual do BIM nos respetivos serviços com a demonstração de tarefas realizadas nos estudos dos projetos.

Apesar da implementação do BIM ser recente na empresa, ela definiu uma série de objetivos a atingir com a utilização das ferramentas BIM. Os principais objetivos definidos pela Bouygues HAS com a integração do modelo passa por:

- Reduzir o tempo despendido pelos seus trabalhadores no estudo dos projetos;
- Melhorar a qualidade dos projetos ao longo de todo o processo construtivo;
- Diminuir os custos da empresa para a realização de uma obra;
- Aceder a novos mercados;
- Tornar os BIM como uma aposta comercial por forma a atrair os clientes;
- Proporcionar uma maior colaboração ao longo do processo construtivo.

1.2. METODOLOGIA

O trabalho apresentado retrata as observações efetuadas acerca da implementação da tecnologia BIM na empresa Bouygues HAS. Os processos de trabalho suportados por BIM são descritos e avaliados, tendo em conta as suas vantagens e a possibilidade de serem replicadas noutras organizações do setor.

Numa fase inicial é realizada uma pesquisa bibliográfica para reunir a informação necessária sobre o modelo BIM, permitindo enquadrar a presente dissertação e adquirir os conhecimentos essenciais para o desenvolvimento de todo o trabalho.

Referente aos métodos de trabalho da empresa expostos na dissertação, e ao estudo de caso propriamente dito, fazem referência ao trabalho desenvolvido durante o estágio e na documentação interna disponibilizada. A permanente comunicação e partilha de informação com os diferentes colaboradores dos serviços de orçamentação e de métodos contribuíram igualmente para a exposição dos diversos temas presentes neste trabalho.

O autor acompanhou um conjunto de ações internas da empresa que visam a implementação e o desenvolvimento dos processos de trabalho suportados por tecnologia BIM. Entre estas atividades incluem-se sessões de formação, seminários e reuniões de serviço.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo principal nesta dissertação passa por entender como uma grande empresa francesa se organiza e tenta se adaptar ao modelo BIM para a realização dos seus projetos.

Este trabalho tem igualmente a finalidade de apresentar atividades realizadas durante o estudo de um projeto da empresa recorrendo ao BIM, tentando transmitir às outras empresas do setor da construção a vontade de recorrerem às ferramentas BIM para a realização dessas atividades nas obras.

Deseja-se demonstrar que a utilização dos BIM providencia uma melhor qualidade geral dos projetos permitindo ser uma vantagem perante a concorrência em fase comercial e facilitando a execução dos trabalhos nas obras.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos:

- No capítulo 1 introduz-se o objetivo, o âmbito e as motivações para a realização do trabalho, descrevendo a metodologia seguida e o que se pretende alcançar.
- No capítulo 2 é apresentado o BIM, a visão desejada na implementação desse modelo nas empresas de construção e são mencionadas as potencialidades inerentes da utilização das ferramentas BIM. Por fim, apresenta-se o grau de implementação e a receptividade das empresas de construção utilizarem os BIM nos projetos.
- No capítulo 3 é descrito sucintamente o Grupo Bouygues e a empresa Bouygues Bâtiment Île-de-France Habitat Social. Seguidamente são especificados os objetivos, procedimentos e todas as bases do trabalho técnico a desenvolver pelos serviços de orçamentação e de métodos para os projetos de construção.
- No capítulo 4 são apresentadas todas as atividades BIM implementadas pelos serviços de orçamentação e métodos nas suas tarefas durante o estudo de um projeto.
- No capítulo 5 sustenta-se toda a informação anterior descrita, com a realização de atividades BIM utilizadas pelos dois serviços aplicadas no estudo e na análise de um projeto que a Bouygues HAS vai realizar brevemente na região parisiense.
- No capítulo 6 referem-se as principais conclusões resultantes deste estudo.

2

ESTADO DA ARTE

2.1. GESTÃO DA INFORMAÇÃO

2.1.1. ASPETOS GERAIS

A circunstância financeira e económica atual conciliada com as intensas e contínuas evoluções tecnológicas conduzem as empresas de construção fortes mudanças a nível organizacional num intuito de uma gestão mais eficaz e rigorosa. A gestão de informação fiável e atualizada é fulcral para o desempenho global das empresas. A principal finalidade da implementação de um sistema de informação para a construção é garantir níveis de performance acrescidos e um aumento de produtividade no sector.

“Atualmente, os trabalhos de construção atravessam uma tendência crescente para serem cada vez mais abrangentes, complexos e mecanizados. Ao mesmo tempo a informação produzida na construção aumenta em quantidade e exigência, obrigando a maiores cuidados na qualidade das peças e sua organização” [1].

O processo da construção é constituído por atividades que direcionam para o manuseamento da informação. A informação do processo construtivo essencial para o correto desenvolvimento do projeto é representada em desenhos, memórias descritivas, contratos, cadernos de encargos, etc.. A indústria da construção é uma engenharia munida de muitos documentos como suporte da atividade. Hoje em dia, os documentos de suporte da construção são elaborados e usados em formato digital, o que facilita a gestão documental da informação [2].

A uniformização, automatização e informatização de procedimentos fornece uma gestão mais eficaz e minuciosa ao nível dos diferentes domínios do processo construtivo, permitindo uma antecipação de prazos em todas as atividades e melhor gestão de recursos.

Os sistemas de informação para a construção emergem da imperiosidade de eliminar algumas falhas encontradas em determinados procedimentos do processo construtivo [1].

Os *softwares* BIM (*Building Information Modeling*) representam uma boa forma da gestão da informação, que possibilitam a associação de toda a informação alusiva a um projeto e de todos os intervenientes abrangidos, constituindo assim um aspeto prometededor na indústria da construção [3].

2.2. BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

2.2.1. DEFINIÇÃO

O BIM (*Building Information Model* ou *Building Information Modeling*) é o desenvolvimento de um *software* computacional para modelagem e construção de uma obra. Ele visa a gerir toda a informação da construção desde da sua conceção, construção e utilização, pode-se dizer que o BIM é o *Product Lifecycle Management* (PLM) de um edifício de construção. Ele exige mudanças importantes na conceção tradicional e um maior fluxo de partilha de informações entre os diferentes atores (cliente, arquiteto, engenheiro e empreiteiro).

A tradução portuguesa do termo BIM é designada por MIC (Modelo de Informação para a Construção). Para este trabalho irá ser utilizado o termo BIM, visto já ser um termo bastante recorrente e popular na indústria AEC.

O arquiteto e consultor da Autodesk “Phil Bernstein” foi o primeiro a usar o termo BIM. Apesar disso, “Jerry Laiserin”- analista da indústria da construção, focalizado em tecnologias de colaboração que complementam o projeto e estratégias de trabalho cooperativo foi quem o introduziu na indústria da construção.

O conceito já era referenciado em diversas empresas de produção de aplicações informáticas de apoio à indústria AEC, por diferentes designações: pela Graphisoft como “Virtual Building” ou pela Bentley System como “Integrated Project Models”. Segundo Jerry Laiserin e outros, a primeira aplicação BIM encobria-se sob o conceito de “Virtual Building” do Archicad e construído pela empresa Graphisoft [4].

O BIM representa a elaboração de modelos digitais com informação completa de todas as diferentes temáticas do projeto, integrando a geométrica e a informação relevante essencial para dar suporte à construção e à gestão das atividades necessárias para a realização do edifício [3]. Esta tecnologia permite, assim, armazenar as informações necessárias dos elementos que constituem o edifício, numa base de dados juntando-os num único modelo.

Nesse modelo estabelece-se uma ligação com os projetos (arquitetónico, elétrico, estrutural e hidráulico entre outros) tornando mais fácil a comunicação entre os diferentes intervenientes. O facto dos *softwares* BIM exemplificarem virtualmente um projeto de uma forma clara e de fácil interpretação possibilita a identificação de possíveis erros graves de conceção, potenciando assim a correção dos erros prevenindo assim possíveis erros na execução dos trabalhos.

O tradicional projeto de construção elaborado em CAD (*Computer Aided Design*) possui como base desenhos bidimensionais (2D), compostos por elementos geométricos básicos (linhas, arcos, pontos, etc..) sem nenhuma relação com outros dados.

O BIM por sua vez, além de transformar os desenhos 2D para 3D, pressupõe os seguintes pontos na representação de um edifício como:

- Maqueta tridimensional (3D);
- Representação de um modelo físico de conceção e realidades complexas;
- Criação de bibliotecas de sistemas construtivos como materiais, elementos estruturais e componentes.

Num primeiro momento, é importante modelar a arquitetura e a configuração 3D, extraindo assim alçados, plantas, cortes e vistas conjuntas em 3D, possibilitando um melhor entendimento do projeto nas fases de conceção e de execução.

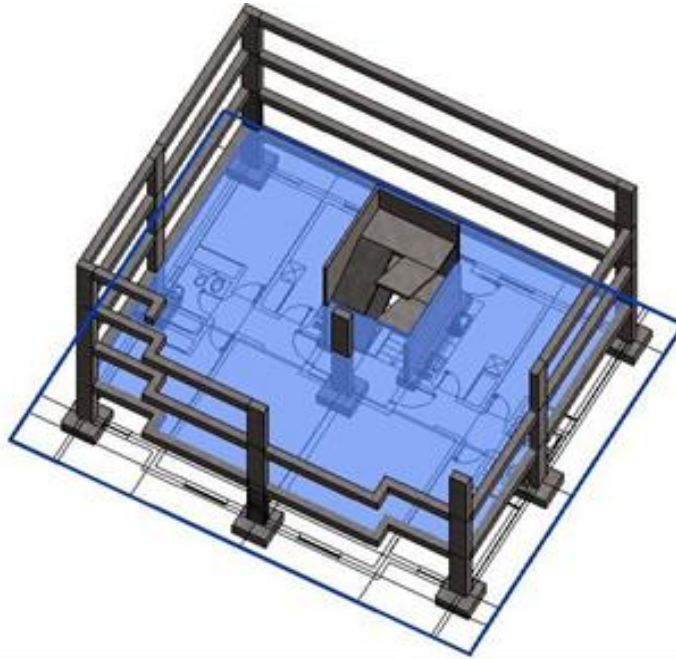


Figura 1 - Modelo 3D com base CAD [5]

A ideia desenvolvida passa por “construir antes de construir”, identificando na etapa de conceção do projeto os principais condicionalismos, incompatibilidades entre especialidades, erros e omissões que grande parte das vezes são somente encontrados a jusante da fase de conceção.

O BIM baseia-se numa base de dados ou numa “biblioteca” de diferentes elementos de construção sendo estes caracterizados por diferentes propriedades a nível técnico e geométrico. Ilustrando com um exemplo, pode-se dizer agora que se desenha uma janela com as suas características técnicas (acústica, térmica, espessuras dos panos dos vidros, entre outras) e não apenas como um mero conjunto de linhas de desenho.

Um modelo de informação de um edifício carrega todas as informações relacionadas com a construção, incluindo desde aspetos físicos, até outro tipo de características e informações sobre o ciclo de vida do projeto, num conjunto de "objetos inteligentes".

A dimensão de um modelo BIM pode ir para além do desenvolvimento de objetos levando em conta o espaço 3D (largura, comprimento e profundidade), o tempo é considerado como uma dimensão temporal, 4D, e por último o custo representado na dimensão 5D.

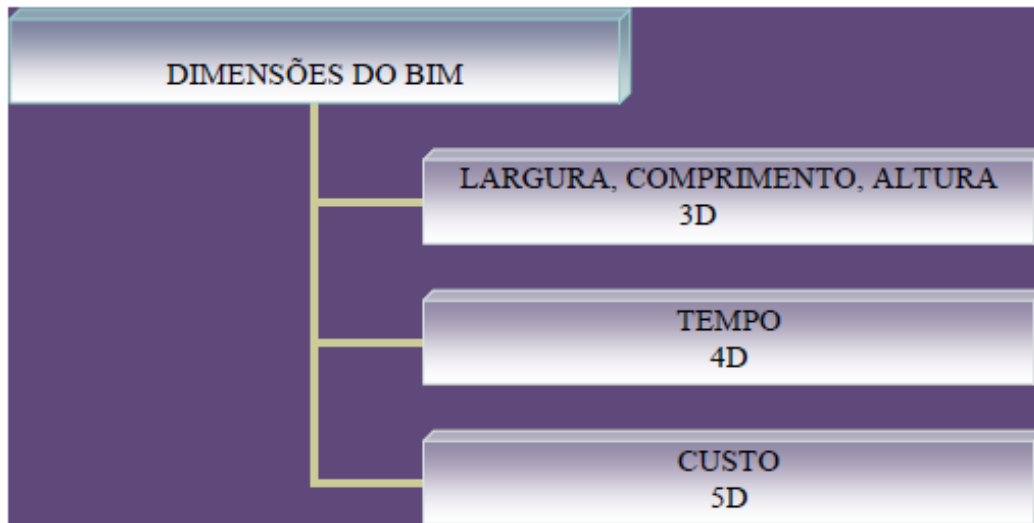


Figura 2 – As diferentes dimensões BIM [6]

2.2.2. FUNCIONALIDADES DOS BIM

O impacto dos *softwares* BIM pode ser dividido em 5 aspetos essenciais, podendo dizer-se que o seu desenvolvimento surge nas etapas de conceção, visualização, quantificação, colaboração e documentação. Assim sendo, resume-se as principais utilidades em cada uma das fases [7]:

- **Conceção;**
 - Capacidade para testar soluções distintas de edifícios;
 - Modelação do projeto desenvolvida com recurso a bibliotecas ou famílias de elementos editáveis pelo utilizador;
 - Diminuição das incompatibilidades e ajustes entre projetos de conceção e o projeto de execução.
- **Visualização;**
 - Processos de visualização automática;
 - Extração de plantas/Alçados/Cortes/Pormenores e elementos 3D;
 - Modelação responde a regras paramétricas, as vistas são atualizadas em tempo real;
 - Garantia da consistência visual do modelo na fase inicial e final;
 - Diminuição da imprevisibilidade;
 - Melhor perceção do modelo global durante todo o ciclo de vida do edifício.
- **Quantificação;**
 - Obtenção de dados elementares como comprimentos, alturas, espessuras, áreas e volumes;
 - Dependendo da interoperabilidade, as quantidades extraídas podem ser aproveitadas para realizar ações de orçamentação, planeamento e gestão da construção.
- **Colaboração;**
 - Centralização de um volume significativo da informação referente ao ciclo de vida do edifício num único modelo;
 - Realização do trabalho a partir do mesmo modelo;

- Compatibilização de projetos de especialidades diferentes;
- Identificação de sobreposição, conflitos, erros e omissões.
- **Documentação;**
 - Produção de peças desenhadas;
 - Realização de documentação escrita;
 - Listagens de quantidades (medidas ou elementos) extraídas a partir do modelo.

2.2.3. VANTAGENS BIM

Para o aproveitamento máximo das suas vantagens, o BIM pode ser utilizado para demonstrar todo o ciclo de vida da construção, para uso presente ou futuro, incluindo os processos construtivos e fases de instalação, podendo melhorar significativamente as práticas comerciais [3].

Entre as várias vantagens relacionadas com a utilização do BIM, pode-se enumerar as seguintes [8]:

- Pesquisa e obtenção eficientes de documentos específicos;
- Propagação de alterações rápida e direta;
- Automatização de fluxos de trabalho;
- Compilação da informação relevante;
- Integração de processos de produção e de gestão documental que resultam numa economia de esforços ao nível administrativo;
- Simplificação da recolha de informação produzida em projetos anteriores ou provenientes de fontes de informação externas;
- Criação de condições favoráveis para a realização simultânea do trabalho de diversos projetistas, resultando em prazos mais curtos para o desenvolvimento de projetos;
- Eliminação da introdução repetida de dados, evitando-se os erros associados;
- Redução de esforços redundantes relacionados com a repetição de tarefas de projeto e com as verificações das especificações elaboradas;
- Aumento de produtividade devido a uma partilha de informação mais rápida e isenta de ruído;
- Simplificação da introdução de modificações em projetos;
- Melhoria da cooperação interdisciplinar.

A partir do momento em que a maquete tridimensional é realizada, toda a informação importante para a sua validação encontra-se automaticamente relacionada a cada um dos elementos constituintes. A deteção e resolução de problemas na produção e no gerenciamento de edifícios utilizando o BIM possuem um caráter promissor a este conceito [9].

Existe no início do ciclo de vida de um projeto, um mais fácil trabalho de compatibilização de diferentes projetos e uma significativa redução do trabalho correspondente à eliminação de digitação contínua das mesmas informações, impedindo a reiteração e a confusão no reconhecimento do ficheiro mais atualizado [10].

Praticamente todas as peças desenhadas e medições são produzidas automaticamente e serão atualizadas sempre que existirem alterações no projeto. Estas representações possibilitam identificar incoerências – *clashes* de forma rápida, assim como facilitar as tomadas de decisões, e soluções entre diferentes projetos de especialidades que constituem uma edificação.

Conclui-se então que existem muitas vantagens numa fase inicial do projeto com o uso do BIM em comparação com as tecnologias tradicionais. Todas essas vantagens são fatores que procuram

acrescentar qualidade aos projetos de construção e reduzir custos para as empresas responsáveis pela elaboração de projetos.

Os benefícios iniciais que o BIM protagoniza são sentidos primeiramente pelas empresas responsáveis pela elaboração dos projetos. Contudo, sabendo que a ferramenta transmite uma alteração aos processos de trabalho resultantes da introdução de um novo conceito designado como “repositório de informação” que permite o armazenamento de toda a informação dos diferentes elementos constituintes do projeto. Este resulta no aparecimento de uma base de dados que será distribuída por todos os intervenientes e que possui toda a informação gerada ao longo do processo construtivo.

2.2.4. MUDANÇAS NAS PRÁTICAS DE TRABALHO

A evolução e a implementação de sistemas BIM pelas empresas de construção tornam necessárias mudanças nos processos de trabalho, bem como na colaboração entre os diferentes intervenientes [11].

A automatização de tarefas e aquisição de informação é um dos princípios que está ligado ao BIM e um dos seus maiores benefícios. Contudo, por si só a indústria da construção não se altera apenas com a implementação de novas ferramentas tecnológicas, é importante que exista um contributo e um trabalho realizado em equipa por parte das diferentes intervenientes do projeto para que se alcem os resultados ambicionados [12].

Ao conseguir a modelação de edifícios através de elementos de construção que contêm propriedades técnicas, o BIM cria uma nova forma de trabalhar e conceber os edifícios. Este fator representa um avanço na tecnologia, mas também uma mudança de procedimentos na elaboração de um projeto, sendo que o máximo aproveitamento das potencialidades do BIM dá-se quando se expande a sua utilização a todas as fases de construção do edifício.

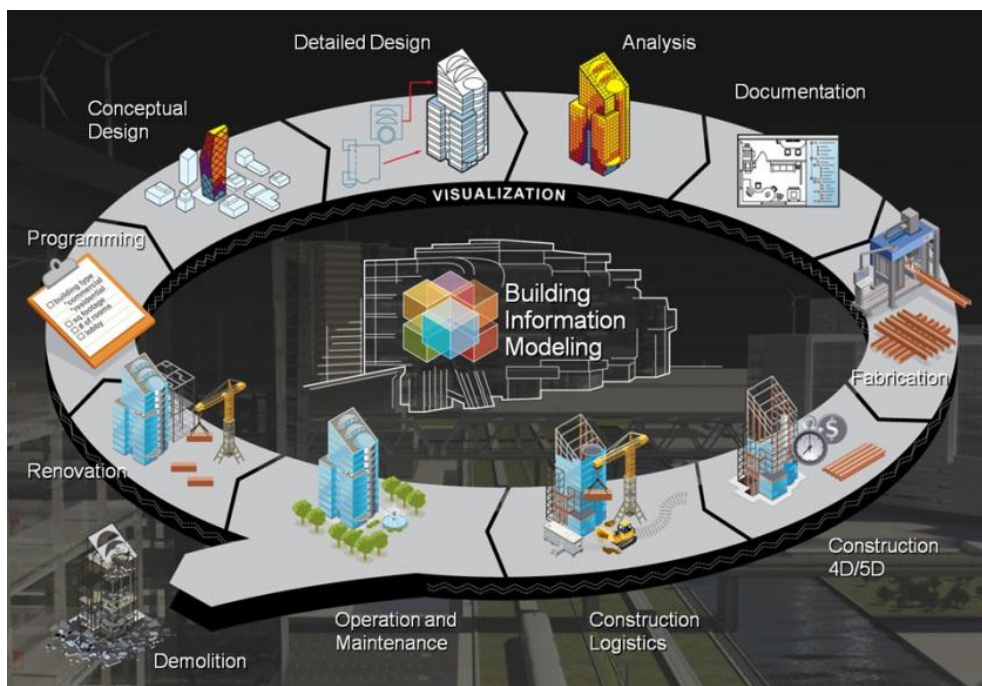


Figura 3 - BIM em todo o processo construtivo [13]

Uma das principais vantagens pela mudança dos procedimentos de trabalhos é a antecipação de decisões de projeto e acontecimentos que só poderiam ser identificados na etapa de execução dos trabalhos. Consequentemente, existirá uma maior redução de custos, já que estes são tanto maiores quanto mais tarde forem efetuadas as alterações. Esta economia é justificada na Figura 4, comparando a linha 3 com a linha 4.

Significado das curvas do gráfico:

- 1- Possibilidade de produzir impacto nos custos e aspetos funcionais do projeto;
- 2- Custo de alterações produzidas no projeto;
- 3- Processo tradicional;
- 4- Processo alternativo.

No eixo das abcissas, as letras A a G representam as sucessivas fases do ciclo de vida do processo construtivo:

- A- Promoção;
- B- Estudo prévio;
- C- Projeto;
- D- Projeto de execução;
- E- Procurement;
- F- Gestão da construção;
- G- Operação.

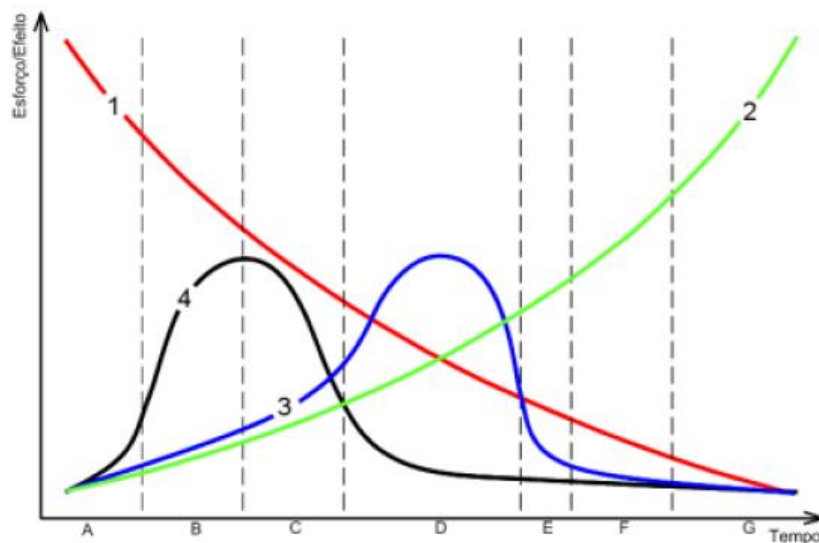


Figura 4 – Vantagens decorrentes da antecipação de decisões de projeto. Curva de MacLeamy [14].

2.2.5. DESVANTAGENS BIM

Os BIM continuam a ser uma tecnologia em crescimento no setor da construção representando vários riscos e responsabilidades. Posto isto, os profissionais da construção ainda estão a ganhar experiência e a desenvolver as suas competências no modelo informático.

Quando há mudanças de processos e rotinas de trabalho, há sempre riscos e dificuldades associadas. O recurso às ferramentas BIM apresenta várias desvantagens:

- Recetividade dos utilizadores em utilizar os BIM;
- Resistência à mudança;
- Formadores inexperientes na utilização;
- Poucos utilizadores BIM;
- Falta de padronização ao nível do sistema de modelização;
- Recursos a métodos de tentativa e erro;
- Custos financeiros dos equipamentos necessários às empresas;
- Custos na formação dos utilizadores;

Os *softwares* BIM representam aplicações recentes para uma parte significativa da indústria da construção. O recurso a ferramentas BIM ainda é utilizado por um pequeno número de técnicos, sendo na maioria das vezes ignoradas as potencialidades destas ferramentas visto que a maioria as utiliza para representação 3D do projeto, desprezando todas as outras pontecialidades relacionadas ao modelo BIM [15].

Os custos para as empresas de construção na implementação e formação de profissionais são outras desvantagens que dificultam a tomada de decisão em recorrer ao BIM na maioria dos projetos.É necessário formar os profissionais da indústria da construção para que saibam aproveitar as capacidades dos BIM e as apliquem à prática construtiva através de novos métodos [16].

Para aspetos relacionados com a gestão dos processos BIM, a falta de documentos instrutivos sobre a implementação dos BIM pode representar um handicap para a correta utilização das ferramentas por parte das empresas. Existe portanto, a necessidade de uniformizar o processo BIM e criar guias de implementação para as empresas. Há que definir quem deve desenvolver e operar os modelos de informação e como devem ser repartidos os custos de desenvolvimento e operacionais [17].

Apesar de saber do risco conhecido e assumido por parte das empresas, esta implementação representa na grande parte dos casos uma redução de custos considerável em todo o processo construtivo. Por este motivo, tem-se assistido a um incremento considerável do número de empresas que utilizam os *softwares* BIM [18].

Embora os BIM possuem as suas desvantagens, eles podem figurar no futuro como a principal tecnologia da indústria da construção. Quanto mais utilizado for o modelo BIM e quantas mais informações forem introduzidas durante o ciclo de vida de um projeto, mais benefícios podem ser aproveitados, aumentando o potencial da tecnologia e pressionando para a obtenção de vantagens em cada área do projeto [19].

2.2.6. ROI – RETURN ON INVESTMENT (RETORNO DO INVESTIMENTO)

Com a expansão do BIM, as empresas estão a reconhecer que a introdução da tecnologia pode mudar consideravelmente o processo e a forma como um edifício é idealizado e executado.

Antes de se avançar para a aquisição de qualquer ferramenta informática, uma das interrogações que se coloca numa empresa e que consequentemente trará uma nova maneira de trabalhar dos seus funcionários é em quanto tempo a mudança de usos e de ferramentas trará lucros à empresa?

Para a resposta à pergunta existem vários estudos desenvolvidos, um deles é a curva de Gartner definido pelo *Hype Cycle*. Este conceito é a forma gráfica de representar a maturidade e a adoção de determinadas tecnologias onde se demonstra o exagerado entusiasmo inicial e subsequente desapontamento que geralmente acontece na introdução de novas tecnologias.

Ao longo da sua maturidade o *hype cycle* vai passar por várias etapas, a primeira chama-se *Technology Trigger* e corresponde ao grande interesse de toda a sociedade, este é representando no gráfico por um incremento de visibilidade importante em pouco tempo.

Este atinge o seu ponto mais alto denominado por o *Peak of Inflated Expectations* significando o pico máximo de visibilidade e a perda de controlo das expectativas por parte da sociedade.

A fase crítica do *hype cycle* é denominada por *Trough of Disillusionment* correspondendo a desilusão e a perceção dos utilizadores que as capacidades que se previam que a tecnologia tivesse afinal não são correspondidas.

A fase de retoma e melhoria da visibilidade é caracterizada no *Slope of Enlightenment*, neste momento apesar da tecnologia ser menos falada, algumas pessoas continuam a utiliza-la e volta-se a acreditar que a tecnologia pode ser benéfica para a sociedade.

O último patamar do *hype cycle* é chamado *Plateau of Productivity* que representa um aumento gradual da visibilidade da tecnologia. Ela passa a ser aceite de forma mais abrangente tornando-se mais estável e onde se perspectiva uma geração seguinte ainda mais evoluída que a tecnologia já existente.

Para tornar todo o processo de visibilidade/maturidade da introdução de uma nova tecnologia ao mercado é fundamental gerir as expectativas iniciais dos intervenientes e evitar a decepção da sociedade. Com isso, existirá um maior reconhecimento e uso da tecnologia por parte das diferentes empresas que pretendam implanta-la nos seus serviços, como é o caso da intrusão do BIM nas empresas de construção.

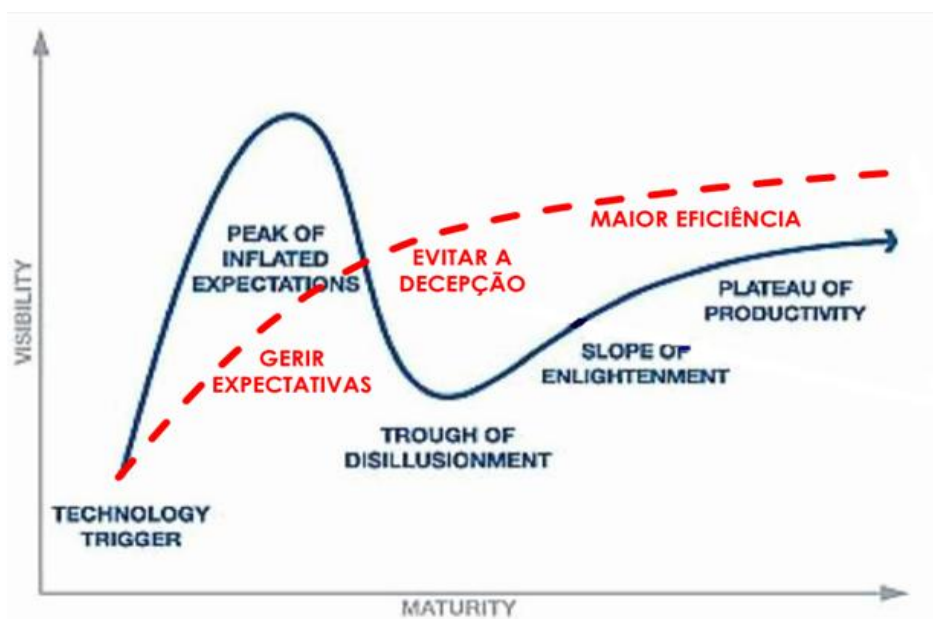


Figura 5 – Rectificação da curva de Gartner para um melhor aproveitamento das novas tecnologias [20]

Para além da curva de Gartner existe também o método “ROI” que permite avaliar a rentabilidade dos investimentos das empresas. O método compara essencialmente os lucros esperados de um investimento com despesas associadas para a sua implementação.

Para calcular o ROI de um *software* de modelação de edifícios é fundamental ter em conta, as mudanças na produtividade no período inicial de aprendizagem e os custos iniciais de investimento.

A Figura 6 apresenta a relação entre a produtividade e o tempo após a implementação de um novo sistema. Numa fase inicial, verifica-se uma diminuição instantânea na produtividade explicada pelo facto dos utilizadores ainda se encontrarem em fase de adaptação e aprendizagem do sistema.

Depois do período de adaptação, verifica-se um incremento de produtividade, atingindo os níveis do sistema tradicional, e com a assimilação e compreensão total da nova tecnologia por parte dos utilizadores, a produtividade continua a subir alcançando valores ainda mais elevados. Isto demonstra claramente que se justifica a implementação da tecnologia BIM nas empresas.

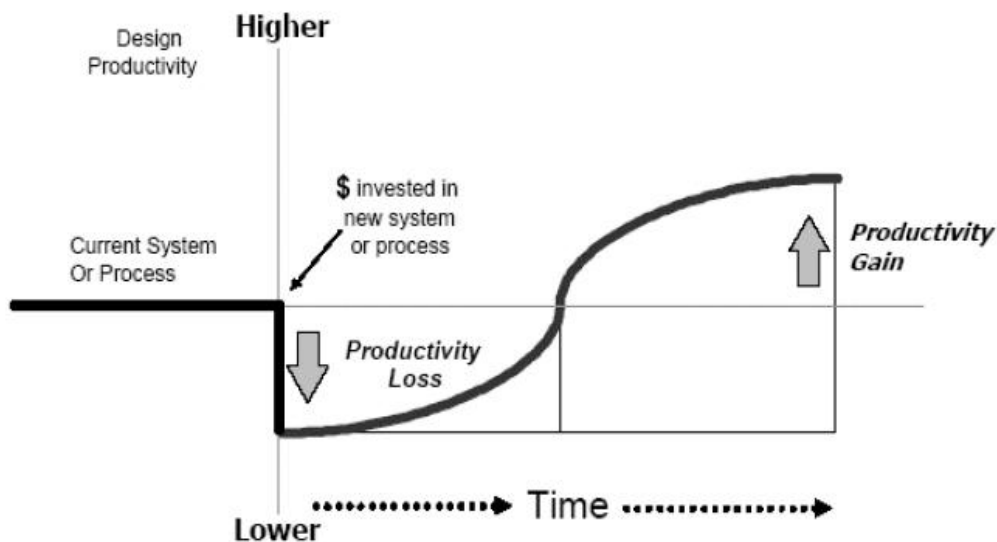


Figura 6 - Relação entre tempo e produtividade na implementação da tecnologia BIM [21].

A fórmula padrão para obter o retorno do investimento (ROI) no primeiro ano é apresentada abaixo. A fórmula tem em consideração as características relacionadas com os custos, aprendizagem e a produtividade provocadas pelo uso dos *softwares* BIM.

$$\frac{\left(B - \left(\frac{B}{1+E}\right)\right) \times (12-C)}{A + (B \times C \times D)} = \text{ROI do 1º ano} \quad (1)$$

As variáveis da fórmula são:

A = custo do *hardware* e do *software* (€);

B = custo mensal de trabalho (€);

C = tempo de formação (meses);

D = perda de produtividade durante a formação (%);

E = ganho de produtividade após a formação (%);

De uma forma sucinta, a fórmula do ROI, é composta pelos seguintes parâmetros:

- O numerador representa a parte da equação referente aos ganhos provenientes do aumento de produtividade;
- $B - (B/1+E)$ representa o incremento médio de produtividade mensal;
- $(12 - C)$ representa o número de meses por ano em que já não se encontram em regime de aprendizagem;
- O denominador representa a parte da equação referente aos custos.

O conceito de retorno financeiro é um foco bastante importante que os empreiteiros esperam que o BIM traga as suas empresas. A McGraw Hill Construction pediu aos utilizadores que partilhassem a sua perceção do ROI para uma análise atual das tendências. Pelos resultados obtidos verifica-se uma relação entre o grau de implementação do BIM e a obtenção do retorno do investimento pela sua utilização nas empresas.

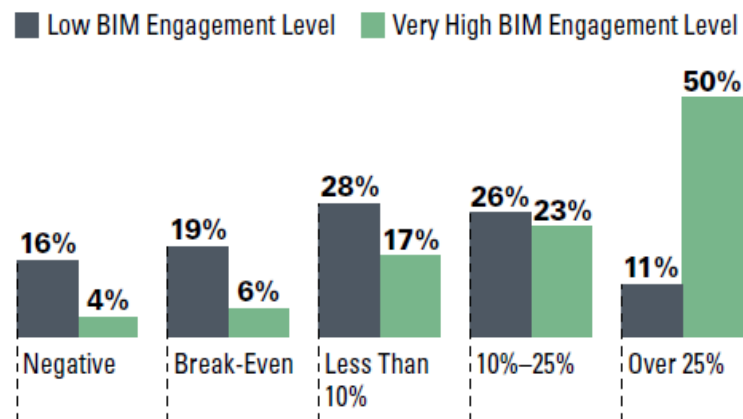


Figura 7 – Apreciação das empresas sobre o ROI obtido em relação ao grau de implementação do BIM [18].

Para níveis elevados de utilização BIM obtém-se um maior ROI em investimentos BIM. A maioria (90%) dos empreiteiros com alta utilização da tecnologia alcançam um retorno de investimento positivo, em detrimento de cerca de dois terços (65%) das empresas com baixa implementação.

Para sustentar ainda mais essa ideia, metade dos empreiteiros que possuem uma muito alta utilização BIM nos seus projetos obtêm um ROI muito positivo. Ao contrário, de apenas 11% de empresas com uma baixa utilização da tecnologia nas suas empresas.

Com estes resultados conclui-se que implementar nas empresas a tecnologia BIM é um investimento seguro e que traz um retorno financeiro.

2.2.7. INTEROPERABILIDADE

Operabilidade é a característica fundamental de ferramentas simples utilizadas para se realizar tarefas simples com eficiência. Interoperabilidade é a característica fundamental das ferramentas concebidas para trabalhar em conjunto como parte integrante dum sistema para completar tarefas complexas [22].

O *Institute of Electrical and Electronics Engineers* tem-se debruçado sobre esse conceito, tendo definido interoperabilidade como: “A capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e usar as informações que foram trocadas.”

Uma menor interoperabilidade pode dever-se a diferença de formatos e linguagem de programação.

Segundo AIA (*American Institute of Architects*), sem a interoperabilidade de *software* ocorrerão [23]:

- Aumento de despesas para a indústria da construção e para o proprietário na formação e requalificação profissional em várias plataformas;
- Aumento do desperdício de tempo, materiais, energia e dinheiro;
- Declínio da produtividade com reintrodução de dados, várias versões e verificação de documentos, bem como o fluxo de trabalho;
- Perda de acessibilidade aos ficheiros no futuro;
- A indústria de *software* não vai alcançar um desenvolvimento robusto de análise e simulação de ferramentas e interfaces necessárias para responder à rápida mudança da indústria.

Na indústria da construção existe a necessidade de uma troca de informação e de documentação permanente entre todos os envolvidos num projeto de construção. Considera-se que a troca de informação seria muito mais conveniente se todos os envolvidos utilizassem os mesmos sistemas. Mas como é natural existem transferências de informação que passam por *softwares* diferentes visto que cada envolvido utiliza o software a que melhor se adapta às suas necessidades.

Apesar disso, os intervenientes do ciclo de construção não trabalham individualmente, tendo com muita frequência que partilhar informação de modo a completar os seus projetos, verificando também que a quantidade de informação que tem sido partilhada tem aumentado a um ritmo elevado.

Isto implica que para existir uma correta permuta de informações, devem antes de mais existir garantias de interoperabilidade entre *softwares*. A realização da passagem de informação em diferentes sistemas tem de possibilitar que a informação que seja recebida possa ser utilizada. Este é uma das principais mais-valias do BIM por ser uma ferramenta que tem o fundamento de ser usada ao longo de todo o processo construtivo.

2.2.8. IFC – *INDUSTRY FOUNDATION CLASSES*

Desde 1995, o IFC foi desenvolvido pela atual BuildingSmart como um modelo de dados neutro para a indústria da construção, com o objetivo de abranger todas as informações de uma edificação por todo o seu processo construtivo.

O formato atual IFC4 é registado pela norma ISO 16739:2013 que especifica uma representação normalizada de dados e um formato de ficheiros para a realização de troca de informação entre aplicações BIM. A evolução do IFC conta com as principais mudanças referenciadas e esquematizadas na Figura 8.

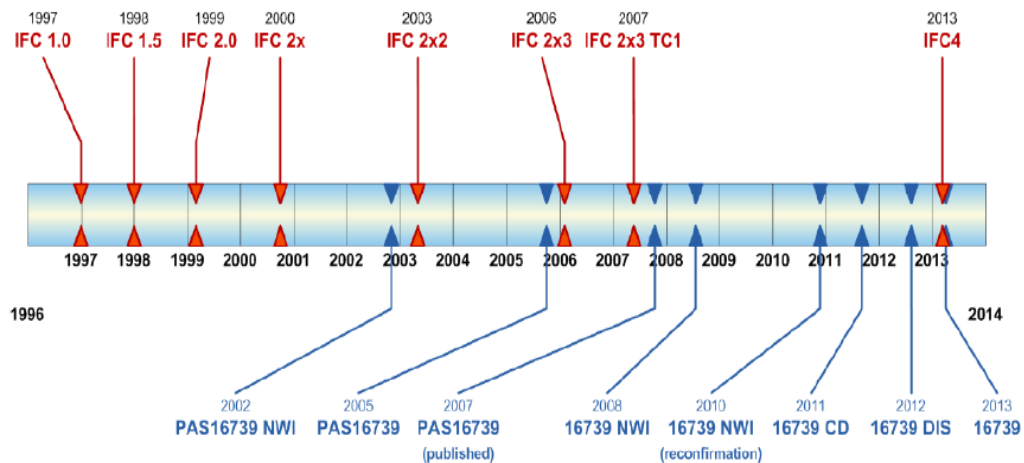


Figura 8 - Cronologia do padrão IFC [24].

A necessidade de melhorar os processos de trabalho no setor da construção e a competitividade entre as empresas informáticas relacionadas com a indústria AEC levou ao desenvolvimento de várias plataformas BIM. Portanto com a existência de formatos diferentes torna-se evidente a importância de criar canais de comunicação fidedignos que tornem mais simples a capacidade de produção dos diferentes intervenientes [25].

O modelo IFC consegue responder na maioria das vezes a esta questão de interoperabilidade. Ele melhora a comunicação, a produtividade, os custos e a qualidade ao longo de um projeto através de uma correta partilha e troca de informação entre todos os intervenientes mesmo que cada um deles utilize para os seus projetos programas informáticos diferentes.

O modelo IFC é um formato independente e universal para o desenho de elementos de construção e troca de informação entre sistemas dentro de um modelo BIM.

A troca de dados usando o IFC deve seguir as exigências de troca. Estas exigências especificam as informações que são necessárias para a troca e partilha de informação numa determinada fase do projeto, sendo esta especificidade de grande importância para prevenir incertezas, certificar e averiguar se a informação em causa foi salvaguardada [18].

Pode-se dizer que o modelo de informação IFC é visto como uma das chaves que permite transpor barreiras e ineficiências que se opõem ao desenvolvimento das tecnologias no setor da construção [26].

Este facto só foi alcançável pela colaboração e empenho de arquitetos, engenheiros, empreiteiros, empresas informáticas, entre outras entidades que agora fazem parte da Building Smart [23].

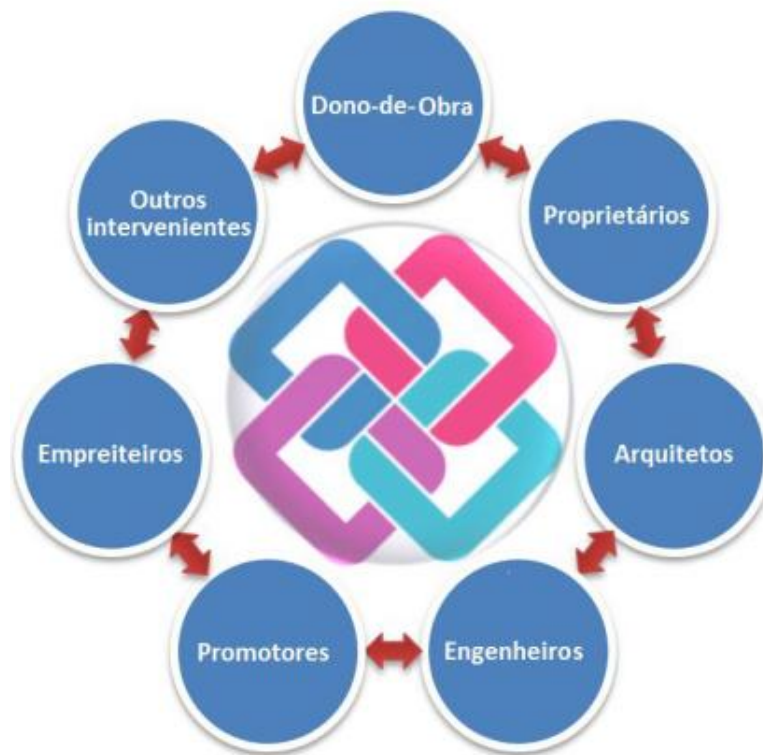


Figura 9 - O formato IFC como agente de interoperabilidade no setor da construção [5]

2.2.9. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

A grande maioria das empresas que trabalha com a compatibilização de projetos de diversas especialidades usa o processo tradicional. Recorrendo à sobreposição de *layers* de diversas disciplinas num único documento CAD, desligando os *layers* que não fazem parte dos sistemas, determinando a olho nu as possíveis interferências.

A compatibilização de projetos através da sobreposição de plantas em 2D tem fortes limitações. Principalmente entre as interfaces dos projetos hidros-sanitários e elétricos, devido à dificuldade de visualização de tubos e eletrodutos, fazendo com que sejam detetadas apenas incompatibilidades mais evidentes [27].

A compatibilidade é definida como atributo do projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflituam entre si e que contém dados compartilhados com consistência e fiabilidade até ao final do processo de projeto e obra. Logo, compatibilização de projetos é a atividade que torna os projetos compatíveis, proporcionando soluções integradas entre as diversas áreas que tornam um empreendimento coerente.

A compatibilização de projetos compreende a atividade de sobrepor os vários projetos e identificar as interferências, bem como programar reuniões entre os diversos projetistas e a coordenação, com o objetivo de resolver interferências que tenham sido detetadas.

A compatibilização deve acontecer em cada uma das seguintes etapas do projeto: estudos preliminares, anteprojeto, projeto legais e projeto de execução, indo de uma integração geral das soluções até as verificações de interferências geométricas das mesmas [28].

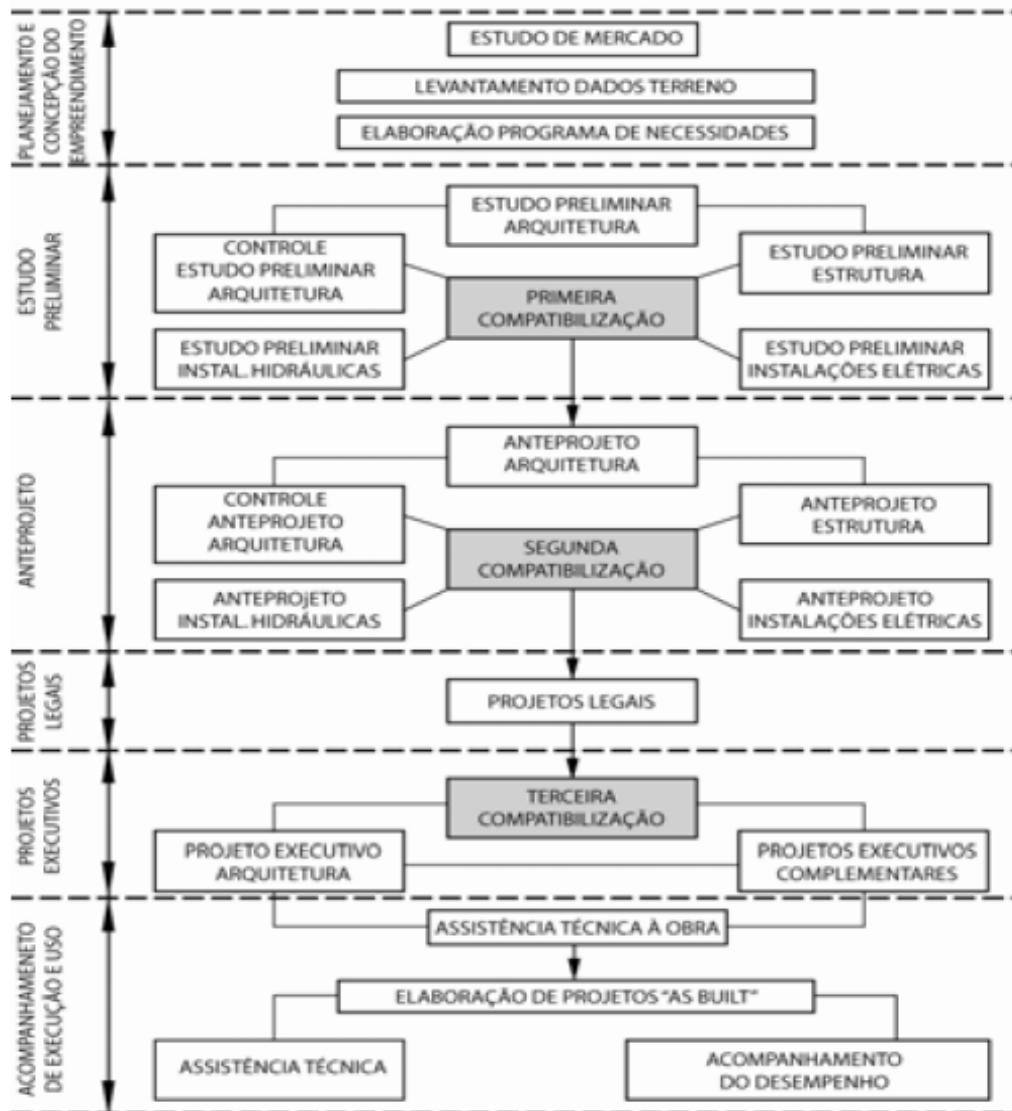


Figura 10 - Modelo de processo de projetos de edificações [28]

Existem várias dificuldades na compatibilização de projetos por responsabilidade do cliente ou do projetista.

Por responsabilidade do cliente:

- Omissões de decisões no desenvolvimento dos projetos;

- Fornecimento de dados incorretos ou incompletos como base para o desenvolvimento do projeto;
- Falta de elemento capacitado para análise técnica de projetos e tomadas de decisão.

Por responsabilidade do projetista:

- Desinteresse e ignorância sobre os projetos (fases e necessidades);
- Falta de normalização na troca de informações entre projetistas;
- Pouco conhecimento das técnicas de produção em obra.

Para que a implementação do BIM seja benéfica e o seu uso valorizado, uma correta e eficaz comunicação entre especialidades é fundamental.

Na plataforma Revit, hoje em dia existe no mercado um único produto que consegue reunir todos os diferentes projetos das especialidades (arquitetura, estruturas, mecânico, elétrico e hidráulico). Ao serem dadas ferramentas e funcionalidades relacionadas às distintas especialidades, numa só plataforma BIM, os múltiplos projetos elaborados nos respetivos módulos são totalmente compatíveis com os restantes, permitindo o trabalho colaborativo sem necessidade de qualquer tipo de conversão.

O processo de modelação e integração dos diferentes projetos de especialidades com o objetivo de obter o projeto global final pode ser realizado de diferentes formas. Este pode ocorrer de forma sequencial, em que um só modelo passa sequencialmente pelas diversas especialidades até ser alcançada a modelação de toda a edificação, contendo todas as respetivas especialidades. Mas essa forma tem a desvantagem de apenas uma especialidade poder trabalhar no projeto em cada momento.

Em alternativa, o Revit possui a capacidade, através da opção “*Link Revit*”, de importar diferentes projetos para um projeto base ou anfitrião. Assim com esta forma de proceder, o arquiteto pode começar o projeto BIM e enviar o respetivo modelo para o Engenheiro de estruturas e para o Engenheiro eletromecânico, para a realização dos respetivos projetos de especialidade. Posteriormente, ambos os projetos podem ser inseridos no projeto de arquitetura, podendo-se identificar e eliminar conflitos e incoerências.

Ainda no que diz respeito à colaboração entre especialidades, o Revit apresenta ainda outra ferramenta chamada “*Coordination Review*”.

Assim prosseguindo com a exemplificação atrás descrita, o arquiteto ao receber e ao incorporar o projeto de estruturas e o projeto eletromecânico no seu projeto arquitetónico, pode após sua análise propor modificações a esses projetos, para evitar conflitos e erros, para respeitar condicionantes arquitetónicas, entre outras possibilidades. Estas propostas de correção por parte do arquiteto podem ser realizadas diretamente no modelo.

Posteriormente, o engenheiro de estruturas e eletromecânico podem aceitar, rejeitar ou propor novas alternativas. O programa indica as alterações realizadas por uma terceira pessoa ao projeto de especialidade correspondente. Este fluxo de informação decorrerá até serem encontradas as soluções que sejam do agrado de todas as especialidades.

Para que seja facilitada a análise dos diversos projetos de especialidade quando integrados com os restantes, existem opções de filtro para que nas diversas vistas 2D e 3D a informação visual disponível seja apenas a relevante para o utilizador. O Revit possui distintas disciplinas referentes às respetivas especialidades e uma última opção, “*Coordination*”, onde todos os modelos dos diversos projetos de especialidade ficam ativos.

A Autodesk concebeu uma aplicação informática chamada Navisworks com a capacidade de agregar diferentes projetos de especialidade permitindo analisá-los e compará-los simultaneamente e avaliar a existência de conflitos. A aplicação permite uma ótima visualização gráfica das zonas de projeto ou dos diferentes elementos estruturais que se pretendem confrontar identificando rapidamente as incoerências.

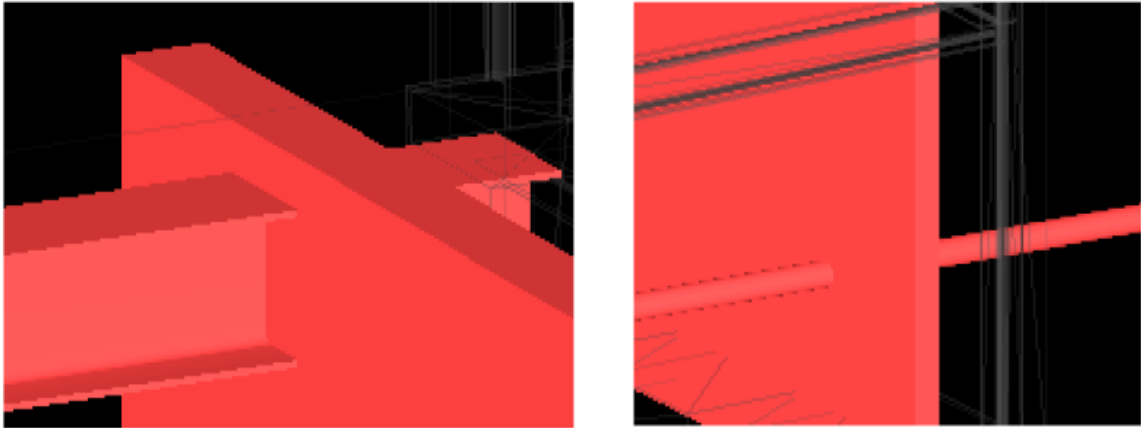


Figura 11 - Conflito entre uma viga e uma parede (esq.) e entre uma parede e um tubo (dir.) [12]

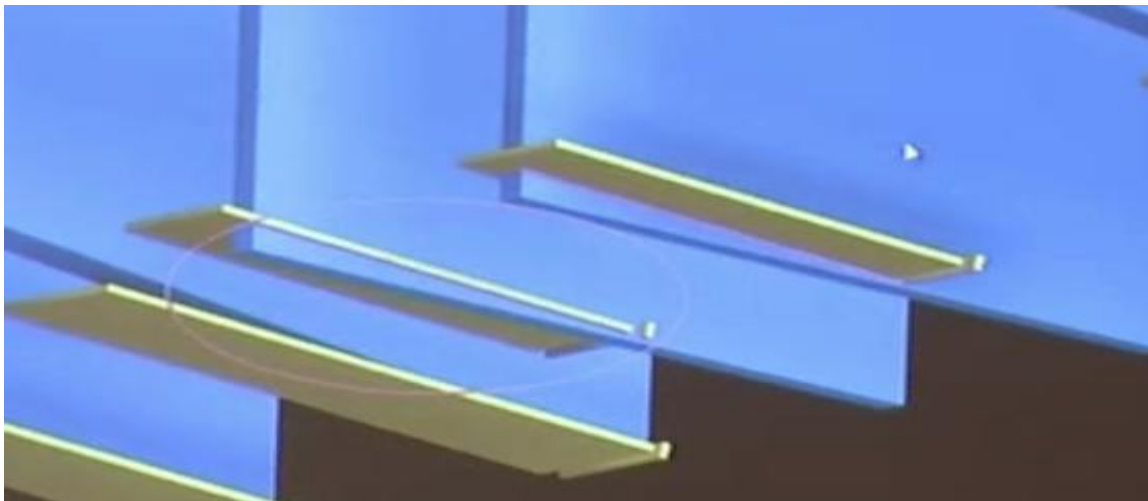


Figura 12 - Conflito entre uma viga (projeto estruturas) e os tetos falsos (projeto arquitetura) [12]

No final da identificação dos diferentes *clashes* de todo o projeto, o Navisworks fornece um relatório de incompatibilidades propondo soluções ou alternativas viáveis para a resolução dos diferentes problemas.

O conceito de compatibilização de projetos numa fase preliminar, antes da execução do projeto com o recurso do modelo BIM, tem refletido um “*feed-back*” bastante agradável por parte dos empreiteiros.

A título de exemplo, a empresa Mota-Engil já solicitou a introdução do BIM na sua organização e realizou um projeto conjunto com a Faculdade de Engenharia do Porto para trabalhar em diversos assuntos, um deles era a compatibilização entre projetos de especialidades.

2.2.10. NÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO ATUAL DO BIM PELOS EMPREITEIROS

Qualquer instrumento informático só é valorizado se é realmente utilizado e posto em prática por parte das empresas. A tecnologia BIM está presente em muitos países, França, Alemanha, Reino Unido, Estados Unidos e o Canada foram os primeiros a adotar o modelo. Outros países como o Japão, Coreia do Sul e Austrália também já aplicam o BIM nos seus projetos há algum tempo. Os EUA e o Canada são os países com maior percentagem de empresas que utilizam o BIM a seis anos ou mais. De salientar, o facto de o Brasil apostar forte na implementação do BIM possuindo uma percentagem de utilizadores com um ou dois anos de 70%.

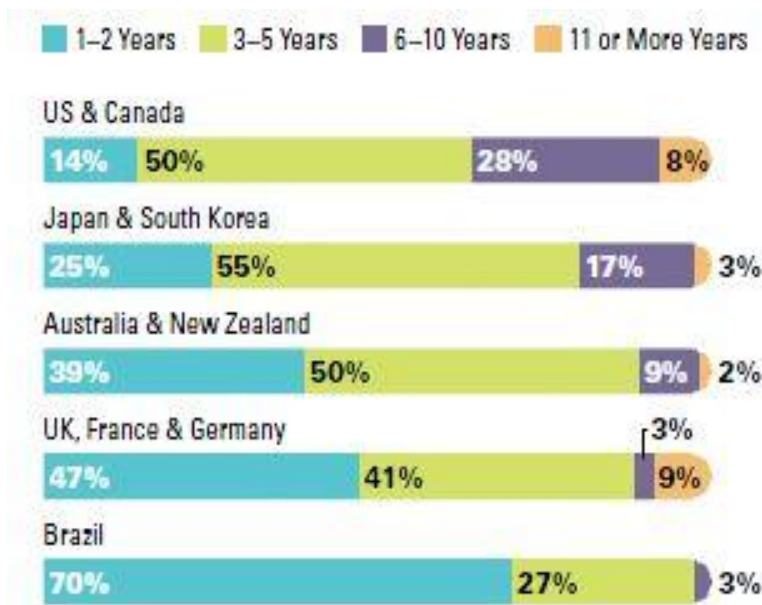


Figura 13 - Número de anos em que os empreiteiros têm usado BIM [17].

A McGraw-Hill Construction publicou um relatório intitulado “*SmartMarket Report – O valor do negócio BIM para a construção nos principais mercados globais*” que tem como focos particulares o uso do BIM por parte das empresas e como ele transforma o processo de conceção e construção no mundo.

O estudo é baseado na recolha de diversos inquéritos dirigidos a várias empresas. Nessa investigação é demonstrado em que grau de implementação as empresas usam BIM.

A classificação é dividida em quatro níveis de implementação:

- Ligeira com menos de 15% dos projetos;

- Média de 15 a 29% dos projetos;
- Forte de 30 a 59% dos projetos;
- Muito forte com 60% ou mais de projetos.

De acordo com os inquéritos realizados prevê-se que irá acontecer uma grande expansão e evolução do uso do BIM pelas empresas nos seus projetos até 2015. Entre 2013 e 2015 prevê-se um aumento de 17% para 36% de empresas que usaram BIM em mais de 60% dos seus projetos. Logicamente, existirá uma diminuição clara das empresas com um índice de utilização de menos de 15 % dos seus projetos, de 29% para 6%.

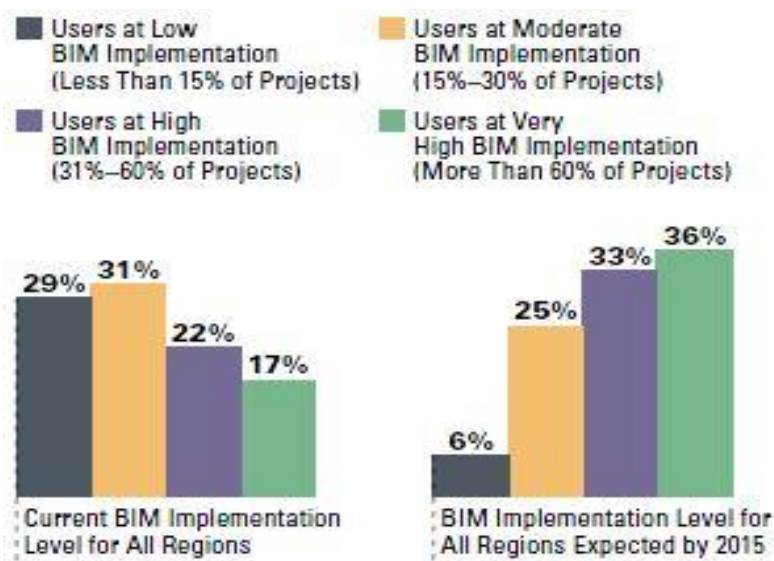


Figura 14 - Níveis de implementação atuais e futuros do BIM por parte das empresas [17]

Este drástico aumento no número de empresas que implementam o BIM nas suas equipas é relacionado diretamente com os anos de experiência das pessoas, quanto mais elevada for a experiência, mais utilizado será o BIM.

O Reino Unido estabeleceu um compromisso para o BIM em projetos do governo ao longo de um período de 5 anos. Os objetivos desta imposição passam por reduzir o custo dos projetos de construção do governo em cerca de 20% e tornar o Reino Unido líder mundial em BIM.

Em Singapura a aprovação dos projetos é realizada através de um sistema relacionado com o BIM. O tempo de aprovação de um projeto atualmente tem uma duração de 26 dias mas os responsáveis querem diminuir esse tempo para 10 dias.

A meta a atingir em termos de utilização BIM em Singapura é de 85% até ao ano de 2015, atualmente todos os projetos com mais de 20.000 m² já necessitam de ser submetidos ao processo de aprovação BIM. Em 2015 o objetivo é que todos os projetos com mais de 5000 m² sigam a mesma imposição.

2.2.11. BENEFÍCIOS BIM – VISTO PELOS EMPREITEIROS

O modelo BIM começa a ser bem recebido por parte dos empreiteiros devido ao facto deles esperarem dele várias vantagens [17]:

- Diminuição do custo de construção;
- Ganho de tempo na duração do ciclo do projeto;
- Melhorias na qualidade dos trabalhos;
- Redução dos erros e omissões do projeto;
- Diminuição da repetição de trabalho;
- Colaboração com proprietários e empresas;
- Imagem organizacional reforçada.

O BIM conduz a uma redução de custos da gestão da informação, tornando assim as equipas de projeto mais competitivas. A diminuição dos custos nos erros e omissões do projeto tem um impacto considerável na rentabilidade.

Iniciado em 2009, um estudo dinamarquês mediu os benefícios do uso do BIM nos projetos de construção. Foram estudados casos bem diferentes em que se demonstra a vantagem do uso do BIM.

- A renovação de uma casa familiar permitiu ao proprietário economizar 10% do orçamento da obra inicialmente prevista;
- A construção de um edifício de escritórios 100 milhões de DKK (equivalente a 13,4 milhões de euros) com a implementação do BIM ajudou a poupança de 3.8 DKK (cerca de 510 mil euros);
- No terceiro caso de estudo, o cliente apresentou um projeto baseado no BIM com um orçamento inferior a 15% dos seus concorrentes.

As construtoras procuram também no BIM, uma ferramenta que lhes garantam uma redução dos impactos ambientais causados pela construção de grandes obras ou empreendimentos. De facto, a sustentabilidade é uma temática que obriga a pensar verde nas diferentes etapas do ciclo de vida da construção.

De entre as várias atividades BIM que os empreiteiros desenvolvem para a sustentabilidade, realça-se os seguintes resultados [17]:

- A imposição do governo do Reino Unido em utilizar o BIM nos seus projetos irá permitir uma redução da intensidade da emissão de carbono de acordo com seus compromissos de carbono da União Europeia;
- Quase dois terços (60%) dos empreiteiros de todos os países estão a desenvolver sistemas para melhorar o desempenho energético do edifício;
- O Brasil e a França são líderes na melhoria do desempenho da gestão de instalações com 57% e 55% respetivamente, a média situa-se nos 44%;
- A gestão dos resíduos é a atividade com menos importância dada pelas empresas (23% de média), mas mesmo assim realçam-se as percentagens da França (45%) e Reino-Unido (42%) que atingem quase o dobro da média.

3

DESCRIÇÃO DAS TAREFAS DOS SETORES DE ORÇAMENTAÇÃO E DE MÉTODOS NA BOUYGUES HAS

3.1. A EMPRESA

Em 1952, Francis Bouygues aproveita o contexto da reconstrução em França após a segunda guerra mundial para criar o grupo Bouygues, hoje dirigida pelo seu filho Martin Bouygues. Apesar de ter iniciado a sua atividade como empresa de construção tem atualmente investimentos em vários setores como:

- As atividades de construção (*Bouygues Construction, Bouygues Immobilier e Colas*);
- Os médias (TF1, canal de televisão);
- Telecomunicações (Bouygues Telecom, operadora de comunicações fixas e móveis);
- Produção e transmissão de eletricidade (maior acionista da empresa *Alstom*).

Desde 1970, o grupo é cotado na bolsa parisiense (Euronext Paris), está presente em mais de 80 países e conta com mais de 128 000 colaboradores. O seu volume de negócio em 2013 foi de 33,4 mil milhões de euros e sua a sede social é localizada em Paris.

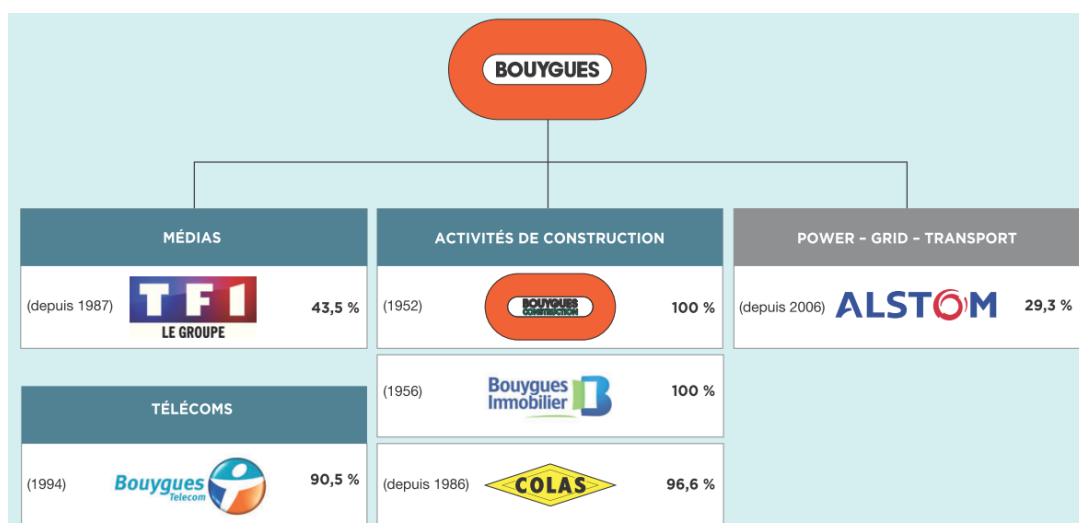


Figura 15 - Organograma simplificado do Grupo Bouygues [13]

Bouygues Construction é uma das mais reputadas e maiores empresas a nível mundial no setor da construção de edifícios e obras públicas, tendo repartido em quatro continentes diferentes o seu volume de negócios no valor de 26,2 mil milhões de euros em 2013. A sua sede está situada nos arredores de Paris no campus Challenger em Saint-Quentin-en-Ivelynes.

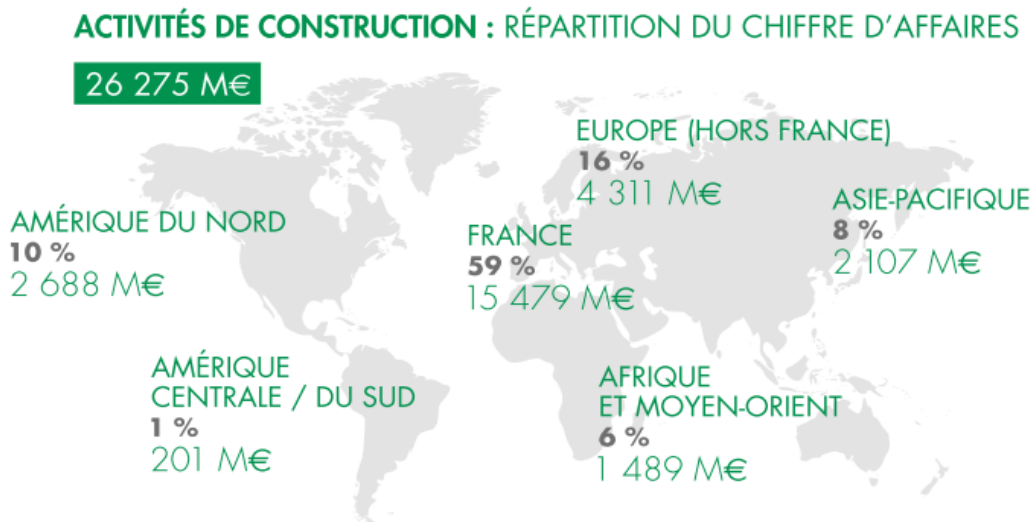


Figura 16 - Distribuição do volume de negócios do grupo Bouygues no mundo [13]

O grupo Bouygues Construction possui diversas filiais, uma delas a Bouygues Bâtiment Ile-de-France que atua preferencialmente na periferia de Paris. Essa filial possui diversas unidades operacionais, uma delas a habitação social que tem como plano principal a realização de edifícios de natureza pública, como alojamentos sociais, coletivos, residências de estudantes e estabelecimentos para pessoas idosas.

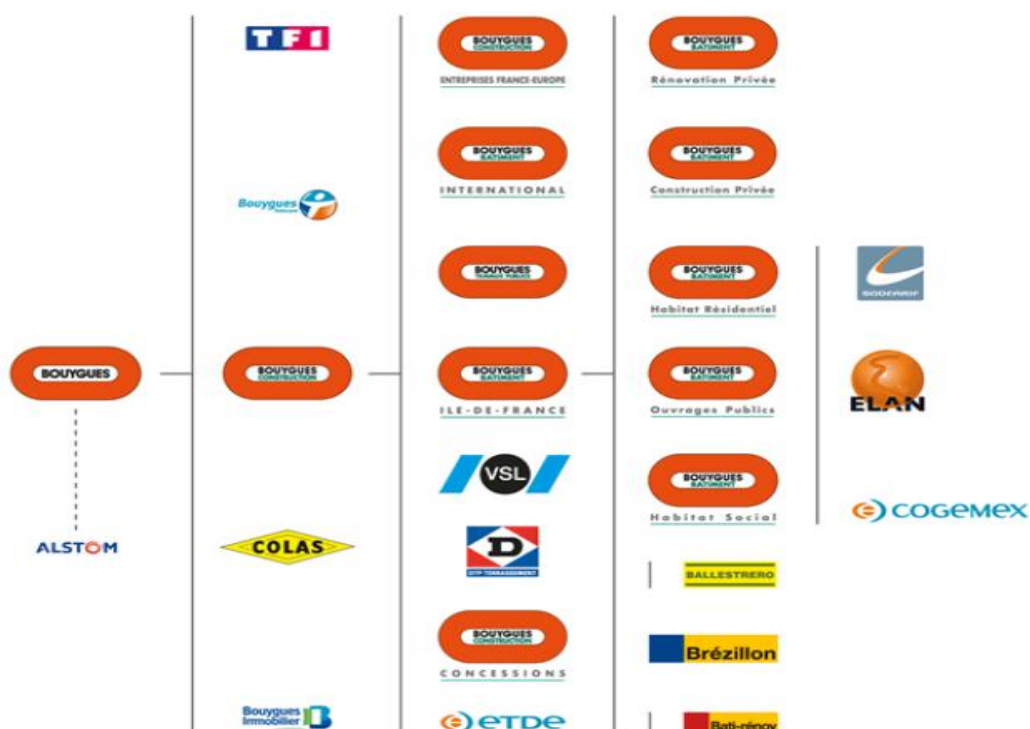


Figura 17 - Organograma das filiais do grupo Bouygues Construction [13]

No seio da Bouygues Bâtiment IdF Habitat Social existem vários serviços ou secções que colaboram entre si durante o estudo de um projeto. O primeiro passo de todo o processo é dado pelo serviço comercial. Este serviço estabelece o primeiro contacto com o cliente, recebe os projetos, analisa e prepara as propostas para os concursos públicos ou privados (fase *soumission*) e lança os projetos para cada uma das duas Direções Técnicas existentes na empresa.

Cada uma das Direções Técnicas possui o *Bureau d'Etudes*. É aqui que se centraliza grande parte dos projetos técnicos da obra, como, o estudo geotécnico e topográfico do terreno, e onde são realizados os projetos de estruturas, térmicos e acústicos.

Além do *Bureau d'Etudes* as Direções Técnicas (*Dtec1* e *Dtec2*) contam também com os serviços *Etudes de Prix* (Orçamentação) e *Méthodes* (Métodos).

Apesar de existir esta divisão de Direções Técnicas, há uma forte ligação e comunicação nos diferentes serviços que as constituem. A título de exemplo, os dois serviços de orçamentação realizam reuniões periódicas onde são partilhadas experiências vividas em diferentes projetos. A definição dos objetivos a alcançar pelos serviços num futuro próximo são estabelecidos e realizam-se debates sobre casos particulares que ocorreram com cada engenheiro num projeto servindo de base para casos semelhantes que apareçam no futuro.

3.2. SERVIÇO DE ORÇAMENTAÇÃO

A principal missão do serviço de orçamentação é de garantir a viabilidade, a conceção e a otimização técnico-económica do projeto tendo em conta os aspetos ambientais e de segurança.

Este serviço prevê os orçamentos, a duração dos projetos, os recursos humanos, de equipamentos e de materiais para a realização da obra. O engenheiro de orçamentação efetua o estudo completo da obra a partir dos planos de anteprojecto, define para cada fase os meios financeiros necessários e calcula o preço global para a realização do projeto.

Numa primeira fase, o serviço de orçamentação trabalha em conjunto com o serviço comercial com a finalidade de encontrar uma solução economicamente vantajosa para o cliente mas sem nunca descuidar os princípios e regras gerais da empresa. Esta fase é chamada de fase comercial e é realizada antes da realização do concurso público.

Em muitos casos, não são as propostas menos dispendiosas financeiramente para o cliente que o levam a decidir por uma ou outra empresa para a execução dos trabalhos, mas sim a proposta que lhe satisfaz melhor num conjunto de critérios como:

- O preço global do projeto;
- A duração total da obra;
- O planeamento dos trabalhos;
- A experiência da empresa na realização de obras semelhantes;
- Qualidade dos seus intervenientes tanto na fase de projeto como na fase de execução.

No início do seu trabalho, o engenheiro de orçamentação recebe uma série de documentos essenciais que lhe permite ter uma primeira abordagem do projeto. Entre eles demarcam-se as plantas, cortes e alçados em diferentes orientações emitidas pelo arquiteto permitindo-lhe visualizar de uma melhor perspectiva o projeto a construir. Também são fornecidas a memória descritiva e técnica do projeto, os documentos administrativos e todos os estudos realizados internamente pela empresa (projeto de estruturas, térmico e acústico).

Uma das primeiras missões importantes a nível técnico do serviço de orçamentação é a tomada de decisão sobre os diferentes métodos construtivos a realizar nos edifícios. Estes representam um peso importante no valor global da proposta comercial a apresentar ao cliente. A escolha das diferentes soluções construtivas deve ter em atenção os custos envolvidos na sua implementação, bem como a possibilidade da realização dos trabalhos em segurança dos operários e a garantia que elas produzam um impacto reduzido para o meio ambiente.

Muitas vezes para se obter uma proposta comercial competitiva mudam-se os métodos construtivos inicialmente previstos. Se a proposta da empresa é mais elevada financeiramente de que todos os outros concorrentes, a mudança das soluções construtivas pode ser um ponto onde a empresa pode tornar a sua proposta mais atraente para o cliente.

Um primeiro planeamento da obra também terá que ser elaborado em fase comercial para informar o cliente do tempo que a obra demorará a ser realizada. O cronograma de execução da obra é estabelecido com o recurso a ferramenta “*Planning EDP GO*” que tem por base o Microsoft Project apresentando-se sob a forma de um diagrama de Gantt.

Para a realização do cronograma de execução da obra o serviço de orçamentação baseia-se em diferentes momentos cruciais da obra:

- Preparação da obra;
- Fundações especiais e paredes exteriores subcontratadas;
- Trabalho de *Gros Oeuvre* (estrutura do edifício);
- Realização da parte de acabamentos;
- Prazos técnicos, receção dos trabalhos.

Para a realização de uma orçamentação rigorosa e realista é necessário ter especial atenção à mão-de-obra aplicada a cada tarefa. O tempo que cada trabalhador demora a executar cada tarefa é um fator importante para a orçamentação de um projeto. A mão-de-obra equivale a cerca de 20% do custo global da obra, o que representa um valor bastante importante e a não desprezar.

Para concretizar orçamentos fixados em fase comercial e obter lucro nos projetos é necessário uma boa preparação e organização da obra, particularmente na gestão da mão-de-obra.

Com este objetivo, o serviço de orçamentação elabora um planeamento homens/dia por tarefa e por profissão, permitindo à direção dos trabalhos de execução:

- Obter uma visão clara dos trabalhadores necessários a realização da obra;
- Representar graficamente a mão-de-obra necessária durante as diferentes fases da obra;
- Antecipar as necessidades de mão-de-obra;
- Prever dia após dia as despesas em horas da obra e de validar a quantidade de horas necessárias a execução do projeto;
- Analisar a ocorrência de possíveis atrasos na obra.

3.2.1. PLANTA DE ORGANIZAÇÃO DO ESTALEIRO

A definição da planta de organização de estaleiro (*Plan d'Installation de Chantier – PIC*) é essencial ser realizada em fase comercial para demonstrar ao cliente o impacto que a obra cria no ambiente e as diferentes soluções tomadas pela empresa para a execução dos trabalhos.

O arranjo físico do estaleiro consiste na disposição das áreas de operação de homens e máquinas interessados na produção da obra em todas as fases do seu desenvolvimento. Por outras palavras, significa a escolha do tipo de instalações fixas e meios de apoio a deslocar para cada obra, respetivas áreas e respetiva localização física [29].

O ajuste da organização física do estaleiro às condições reais da obra representa uma medida de prevenção bastante importante para reduzir os riscos de acidente em obra. Atualmente, dificilmente se realizam obras sem que o PIC inicial não necessite de retificações impostas pelos condicionalismos da envolvente.

A identificação desses condicionalismos deve ser realizada o mais cedo possível, para se conseguir encontrar diferentes alternativas ou soluções que não prejudiquem o prazo de execução do projeto e a segurança da obra.

O engenheiro do serviço de orçamentação deve-se deslocar ao local da obra permitindo-lhe levantar todas as características ou condicionantes do terreno projetando assim com um melhor conhecimento todos os elementos necessários para a implantação do estaleiro. De entre muitos fatores que podem ser retirados enumeram-se os seguintes:

- Altura dos edifícios nos arredores;
- Altura dos edifícios da rua;

- Altura das árvores;
- Proximidades de aeroportos, linhas de metro etc.;
- Presença de uma ponte;
- Largura da rua;
- Largura do passeio;
- Presença de passadeiras;
- Presença de árvores para conservar e proteger;
- Passagem autorizada na rua de camiões pesados;
- Proximidade de escolas, hospitais, mercados etc.;
- Presença das redes necessárias para a obra (eletricidade, água, luz e telefone);

Todos estes fatores são relevantes ao engenheiro para o ajudar a determinar a posição, o tipo e a altura da grua, o acesso para a obra dos camiões, as zonas de carga e descarga, a posição dos diferentes monoblocos e a deslocação dos operários à obra.

A elaboração do “PIC comercial” por parte do serviço de orçamentação é realizada em sintonia com o serviço comercial e um engenheiro de métodos e representa uma primeira abordagem à possível implantação do estaleiro. Se o cliente pretender o PIC pode ser realizado em 3D, o que representa um fator diferenciador entre as empresas tornando a proposta comercial mais atrativa. Na maioria das vezes o PIC 3D é realizado em fase comercial servindo de apoio a redação de memórias técnicas.

A organização definitiva do estaleiro é realizada depois da realização do concurso público pelo serviço Métodos em conjunto com a direção de trabalhos.

Nesta fase comercial cabe ao serviço de orçamentação tratar e perspetivar todos os custos envolvidos na implantação do estaleiro.

Para a realização do PIC, existem vários critérios de otimização para tornar a instalação do estaleiro mais eficiente e mais cómoda a todos os intervenientes para a realização de todas as tarefas.

Os critérios de otimização do arranjo físico do estaleiro são [29]:

- Minimização da distância a percorrer em obra;
- Minimização do número de operações de carga;
- Minimização do número de montagens e desmontagens;
- Isolamento das áreas sociais do local de construção;
- Áreas de controlo e estacionamento junto às estradas;
- Oficinas de produção em zonas recatadas mas com saídas debaixo da ação da grua ou no limite muito próximo do seu raio de ação.

O PIC deve ser constituído [12]:

- 1) A implantação dos edifícios a construir: infraestrutura e superestrutura, altimetrias e número de níveis;
- 2) Delimitação do terreno;
- 3) Edifícios vizinhos e correspondente altura;
- 4) Obras particulares como escolas, hospitais, aeroportos ou linhas de metro etc.;
- 5) Acessos e mobiliário urbano existente;
- 6) Estaleiros de obra vizinhos (interferência entre gruas);
- 7) Medidas a tomar para deficientes;
- 8) Implantação da grua;

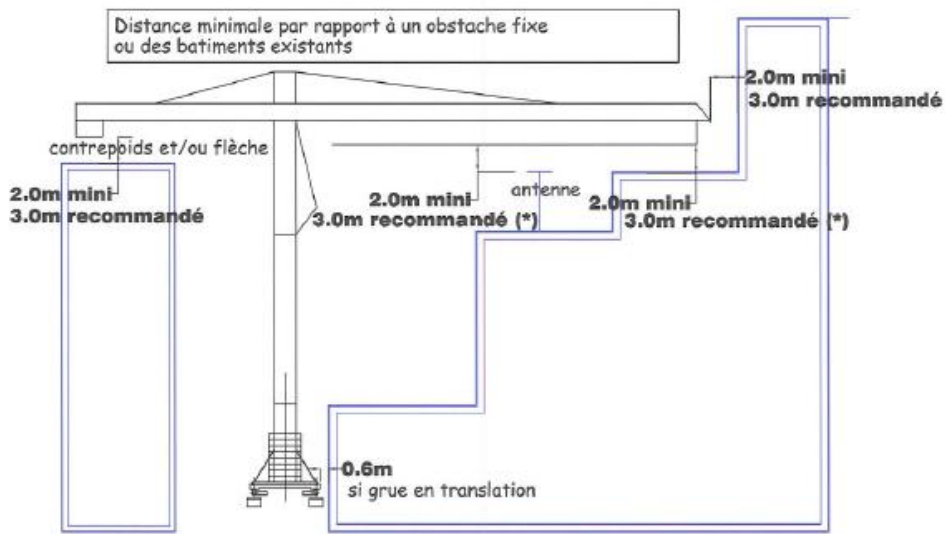
- 9) Instalações sociais;
- 10) Vedação do estaleiro, incluindo entradas;
- 11) Zona de carga e descarga;
- 12) Áreas de armazenamento, de serralharia, de prefabricação, etc.;
- 13) Contentores necessários;
- 14) Materiais ligados à proteção do ambiente;
- 15) Zonas de taludes;
- 16) Zonas interditas de sobrevoo de cargas;
- 17) Zona de interferência da grua;
- 18) Zona de interferência de gruas (no caso de várias gruas);
- 19) Zona de descargas dos camiões;
- 20) Distinguição entre edifícios existentes e a construir;
- 21) Espaços verdes exteriores;
- 22) Indicação da circulação dos equipamentos rodoviários (camiões);
- 23) Indicação da circulação específica para o público e para os trabalhadores no estaleiro;
- 24) Rosa-dos-ventos (orientação do norte).

Todos os pontos são reflexo do respeito de regras legislativas em vigor ou de princípios gerais aplicados pela empresa para o correto desenvolvimento dos trabalhos em obra.

A colocação e a altura das gruas é um dos fatores mais importantes no estaleiro visto que são movimentadas muitas cargas pesadas a grandes alturas. A escolha do seu local de implantação em obra é função da capacidade da grua em conseguir abranger a maior área possível do estaleiro, de modo a garantir a movimentação da maior parte dos materiais e colocá-los nos diferentes locais da obra onde serão necessários.

Consoante as necessidades e as particularidades da obra é importante definir as características da grua que melhor se adapte à obra, nomeadamente no que diz respeito ao alcance da lança, à altura da torre ou a capacidade de carga da grua.

No seio da empresa existe um regulamento interno no dimensionamento de gruas que tem em conta as limitações impostas pelas entidades de segurança pública, como as distâncias mínimas entre a grua e edifícios ou outros tipos de obstáculos, distâncias de segurança entre gruas e alturas mínimas de operação.



Nota : la législation demande 2.0m , la recommandation Méthodes est de 3.0m pour tenir compte des incertitudes de montage et d'implantation.

Figura 18 - Distâncias mínimas a respeitar da grua com edifícios vizinhos [13]

Para além das imposições de distâncias mínimas entre edifícios ou obstáculos deve também ser calculada a altura mínima de segurança necessária para trabalhar no último nível. Para essa altura é considerada a altura dos trabalhadores, a altura dos painéis de cofragem e o comprimento dos cabos para a sua elevação.

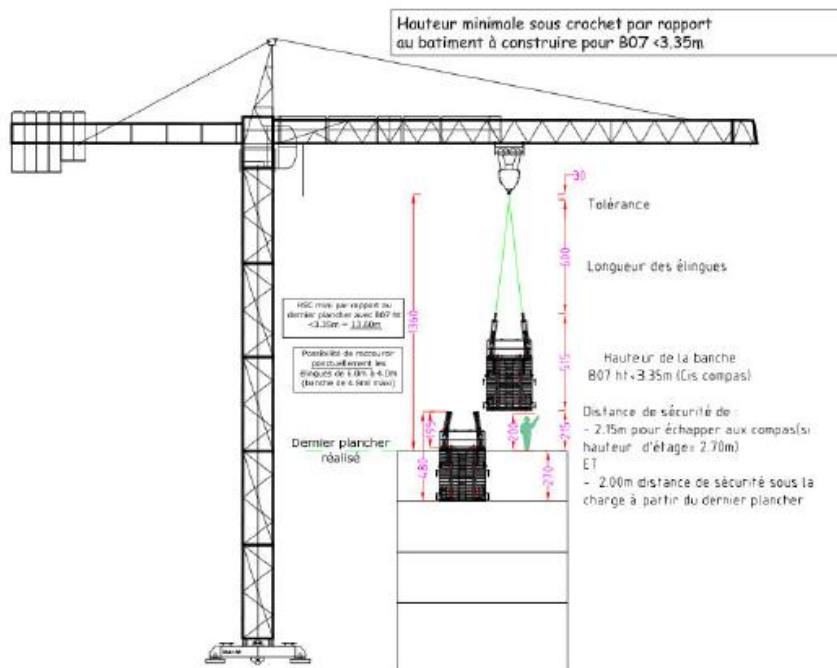


Figura 19 - Altura mínima sob o gancho de uma grua [13]

Interessa à empresa que o arranjo físico do estaleiro privilegie principalmente a segurança dos trabalhadores, a eficácia na execução de todas as tarefas a realizar em obra e que seja menos dispendiosa economicamente para o cliente de modo a possibilitar a apresentação de uma proposta mais competitiva para o concurso.

3.2.2. MEDIÇÕES DA ESTRUTURA DO EDIFÍCIO PARA A SUA ORÇAMENTAÇÃO

O serviço de orçamentação é responsável pela orçamentação e quantificação de todos os trabalhos pertencentes à estrutura dos edifícios. Todos os elementos construtivos da fase de acabamentos (como as portas e janelas) são contabilizados e orçamentados por uma outra secção orçamentação especializada para esse efeito.

Para a elaboração de uma proposta financeira rigorosa e realista é importante realizar as medições das quantidades de paredes, lajes, vigas, pilares, entre outros em betão armado para a orçamentação de toda a fase *Gros Oeuvre* (estrutura do edifício). A realização dessa quantificação permite realizar a quantificação da mão-de-obra, do planeamento e dos procedimentos das tarefas bem como todos os materiais e equipamentos necessários para a execução dos trabalhos.

A qualidade das medições é importante devido ao facto de elas representarem o grau de precisão da proposta a apresentar ao cliente. Quanto mais precisas são as quantidades em relação ao projeto mais realista será a proposta e mais benefício trará a empresa, ao invés uma má qualidade das medições torna a proposta incoerente estando a empresa a apresentar ao cliente uma proposta descontextualizada e com pouca qualidade.

Estas medições podem ser realizadas por duas formas diferentes, uma delas através da contratação da empresa Bouygues de um gabinete externo de medições que lhe fornecerá todas as quantidades necessárias para a orçamentação da estrutura dos edifícios. A outra, através do levantamento automático de todos os elementos construtivos através da plataforma informática BIM durante a conceção e modelação 3D dos edifícios.

Depois da obtenção das medições do projeto é necessário orçamentá-las, para tal existe no seio do grupo Bouygues uma base de preço chamada *Polybrain*. Ela fornece o preço das diferentes prestações a realizar segundo o tipo de construção, a localização geográfica da obra e o valor de mercado num determinado momento. Por exemplo, o valor tratado para um projeto de escritórios situado na Província em 2011 será diferente relativamente a um empreendimento habitacional na região parisiense em 2014.

O *Polyval* é a ferramenta de orçamentação informática para realizar os estudos de preço para a generalidade dos trabalhos de construção mas na empresa Bouygues HAS, ele só é utilizado para a fase *Gros Oeuvre* (estrutura do edifício) dos projetos. Este programa funciona de forma autónoma permitindo extrair informações da base de preço *Polybrain* para formular um preço de um determinado projeto.

A estruturação do *Polyval* é caracterizada por diferentes tarefas a realizar num determinado projeto, estas são por norma organizadas consoante a fase de realização dos trabalhos, por exemplo, dividas pelos trabalhos de fundações, infraestrutura e superestrutura (Figura 20).

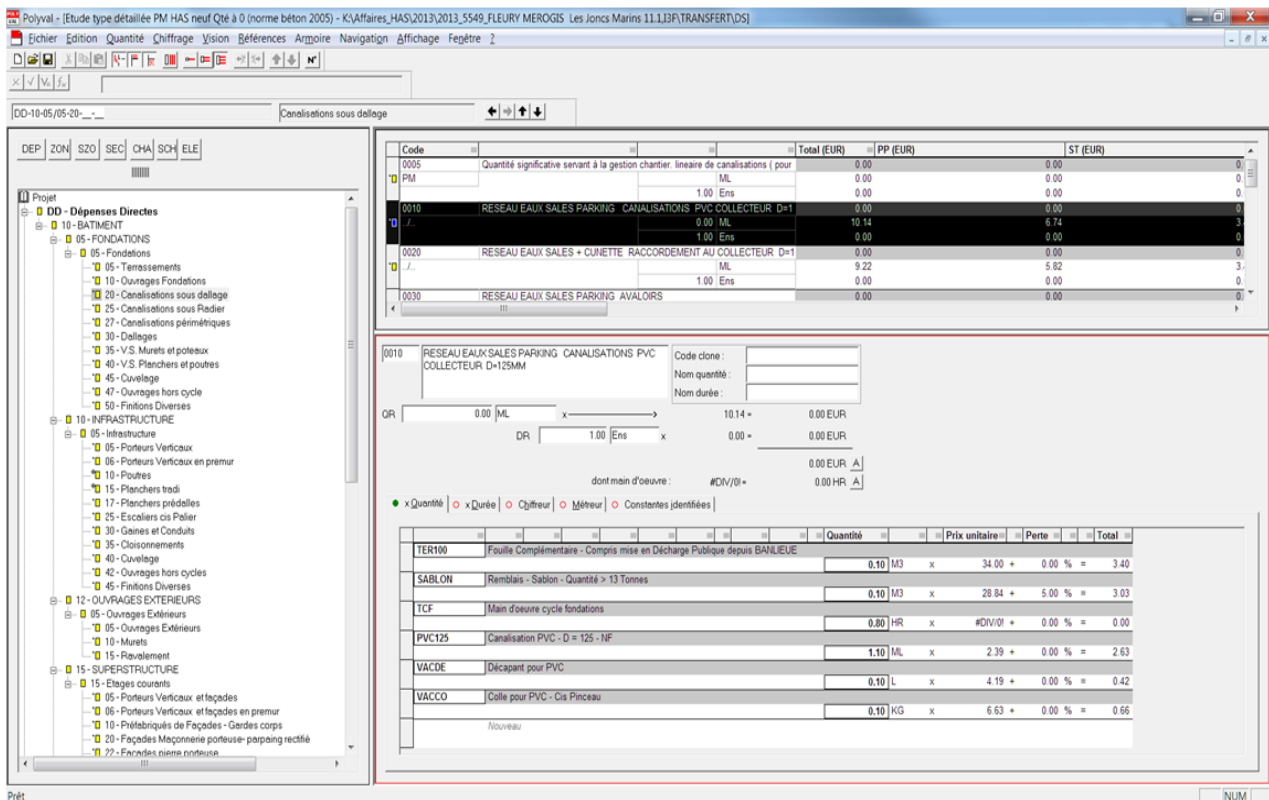


Figura 20 - Interface do programa informático de orçamentação Polyval [13]

Para conseguir extrair um preço do programa informático é necessário que as diferentes medições realizadas sejam inseridas dentro do Polyval. Para tal, existem duas formas, uma delas é realizada através da inserção das quantidades do medidor externo na ferramenta de orçamentação, a outra é com a inserção do ficheiro *Compil* dentro do Polyval. A explicação em torno do ficheiro *Compil* e a possibilidade de realizar um preço partindo da aplicação informática Revit será descrita no capítulo 4.

3.2.3. ANÁLISE DE RISCO DA PROPOSTA

A análise de riscos representa a derradeira tarefa a realizar ao longo de todo o estudo técnico-financeiro de um projeto em fase comercial. Esta tarefa é realizada por um chefe de equipa ou diretor de secção de orçamentação e tem como objetivo avaliar e referir todos os pontos positivos e negativos da proposta.

Pode ser vista como uma avaliação das diferentes soluções tomadas pelo engenheiro do serviço de orçamentação para o projeto como o planeamento, a quantificação e planeamento da mão-de-obra, as soluções construtivas, a gestão da segurança, a organização do estaleiro e os prejuízos ambientais resultantes da execução da obra.

Quando uma proposta comercial recebe uma análise de risco crítica é preferível que seja reformulada com alterações que melhorem a qualidade técnico-financeira da proposta.

3.3. SERVIÇO MÉTODOS

O serviço métodos atua numa primeira fase comercial com o serviço de orçamentação, no entanto, grande parte do seu trabalho é realizado numa fase posterior, após a realização do concurso público e quando a obra é ganha pela empresa.

Assim, o engenheiro métodos atua essencialmente em 3 fases distintas:

- Na fase comercial trabalhando em conjunto com os serviços de orçamentação e comercial na elaboração do PIC comercial e na previsão da segurança na fase *Gros Oeuvre* (fase de realização da estrutura do edifício);
- Na preparação da obra com a elaboração do documento chamado *préanalyse*;
- Na execução da obra com o acompanhamento dos trabalhos, com possíveis alterações ao documento *préanalyse*.

3.3.1. SERVIÇO MÉTODOS EM FASE COMERCIAL

Cada vez mais o serviço métodos intervém na fase comercial auxiliando o serviço de orçamentação na análise financeira do projeto, prevendo as necessidades da obra e antecipando métodos de construção indispensáveis para a execução dos trabalhos.

Uma das tarefas elaboradas pelo serviço métodos em fase comercial consiste no desenho e no auxílio da organização do PIC comercial nas quais se destacam as seguintes missões:

- Permitir a orçamentação da planta de organização do estaleiro por parte dos engenheiros de orçamentação;
- Aconselhar na escolha dos equipamentos de produção e de segurança indispensáveis para a obra;
- Identificar um eventual fator problemático do local que condiciona as escolhas da organização do estaleiro;
- Perspetivar as consequências da opção tomada pelo serviço comercial e orçamentação do PIC analisando possíveis problemas que possam ocorrer no desenvolvimento dos trabalhos;
- Fornecer uma visão global e clara do impacto da obra no meio ambiente exterior ao cliente e aos responsáveis da câmara em certos casos;
- Dar importância às mais diversas preocupações da empresa (proteção do ambiente, pessoas com mobilidade condicionada por exemplo).

Sendo a segurança um tema bastante importante para a empresa, o engenheiro métodos colabora novamente conjuntamente com o serviço de orçamentação em fase comercial no estudo da segurança em fase *Gros Oeuvre*.

Esta atividade é designada de *Pré-Sécurité* e consiste na antecipação da resolução dos pontos particulares da segurança representando também uma primeira abordagem de todo o material de segurança necessário para a obra.

O maior conhecimento do engenheiro métodos acerca das especificidades da segurança na fase de execução dos trabalhos permite-lhe ser uma mais-valia para o engenheiro de orçamentação. Uma correta definição das necessidades de segurança em obra garantem uma maior prevenção dos trabalhadores aos possíveis riscos que poderão ocorrer. Esta tarefa torna a proposta comercial mais realista e mais segura aumentando assim a qualidade técnica da proposta.

3.3.2. DOCUMENTO PRÉANALYSE

Este documento representa uma primeira abordagem ao projeto para as equipas de trabalho e para o serviço métodos, não representando de modo algum um documento final para a execução dos trabalhos. Porém, o documento constitui uma peça importante à direção técnica da obra de obter uma ideia da conceção do projeto e como preparar e formar as suas equipas para a realização dos trabalhos.

Na conclusão deste documento deve ser realizada uma reunião com o diretor de obra, o responsável do serviço métodos e o engenheiro a quem foi entregue a responsabilidade da realização do documento. Ela deve ser marcada um mês antes do início da execução do pavimento térreo, para que possam ser esclarecidos e debatidos certos pontos e que possam ser apresentadas possíveis modificações.

Na reunião são discutidos todos os diferentes pontos que constituem o documento *préanalyse* entre os quais se destacam:

- Os pontos particulares da obra;
- As principais opções da organização do estaleiro;
- As plantas de segurança de todos os pisos;
- O planeamento da obra;
- A gestão da mão-de-obra;
- As dificuldades esperadas para a execução dos trabalhos;
- A definição dos métodos construtivos.

3.3.3. PLANTAS DE SEGURANÇA

As plantas de segurança integradas no documento *préanalyse* representam um primeiro contacto com as possíveis medidas de segurança que serão implementadas em obra. Possuem um carácter provisório até a oficialização dos diferentes métodos construtivos adotados. Sempre que eles modificam também serão consequentemente revistas as medidas de segurança e modificadas sempre que se julgue necessário.

A realização destas plantas de segurança ajudam a definir o material de segurança a empregar, a sua quantidade e o local específico da sua implantação em obra.

A elaboração das plantas de segurança é complexa visto que elas obrigam ao respeito dos regulamentos de segurança e as diferentes regras internas da empresa (circulação dos trabalhadores em obra e quedas em altura).

Elas representam a segurança adotada para o edifício e não para a totalidade do estaleiro. É procurada uma solução que possa servir para todos os pisos, evitando o máximo de modificações de piso para piso não dificultando a colocação dos materiais de segurança necessários para a realização dos trabalhos. Assim sendo realiza-se uma planta tipo de segurança sobrepondo essa para todos os outros pisos.

A segurança implementada deve permitir uma proteção perimétrica completa e responder em conformidade a todos os procedimentos previstos que todos os trabalhadores realizaram para a execução dos trabalhos. O material de segurança empregue em obra deve ser utilizado respeitando as regras do fabricante se nenhuma outra regra mais restritiva for imposta a nível interno pela empresa.

As plantas de segurança de cada piso são projetadas segundo dois tipos: a segurança periférica e a segurança interior.

A segurança periférica representa as medidas de prevenção adotadas no contorno de todo o edifício para acautelar possíveis quedas em altura, facilitar a passagem dos trabalhadores e para aguentar os painéis de cofragem.

Frequentemente são utilizadas consolas (*console-pignon*) para garantir a segurança periférica, onde se destacam os modelos PRM e P3D da marca SATECO muitas vezes utilizadas pela empresa Bouygues nas suas obras.

Estes dois modelos de consolas apresentam diferenças em termos de dimensões mas de um modo geral, as consolas podem ter comprimentos compreendidos entre 1,10m e 7,60m e larguras entre 1,70 e 2,50m.



Figura 21 - Consolas de segurança para execução de paredes estruturais com recurso aos painéis de cofragem [13]

Para a colocação das consolas, o engenheiro do serviço métodos deve ter em atenção diversas regras representadas na Figura 22. Estas correspondem a colocação e limitações dos diferentes elementos que constituem as consolas.

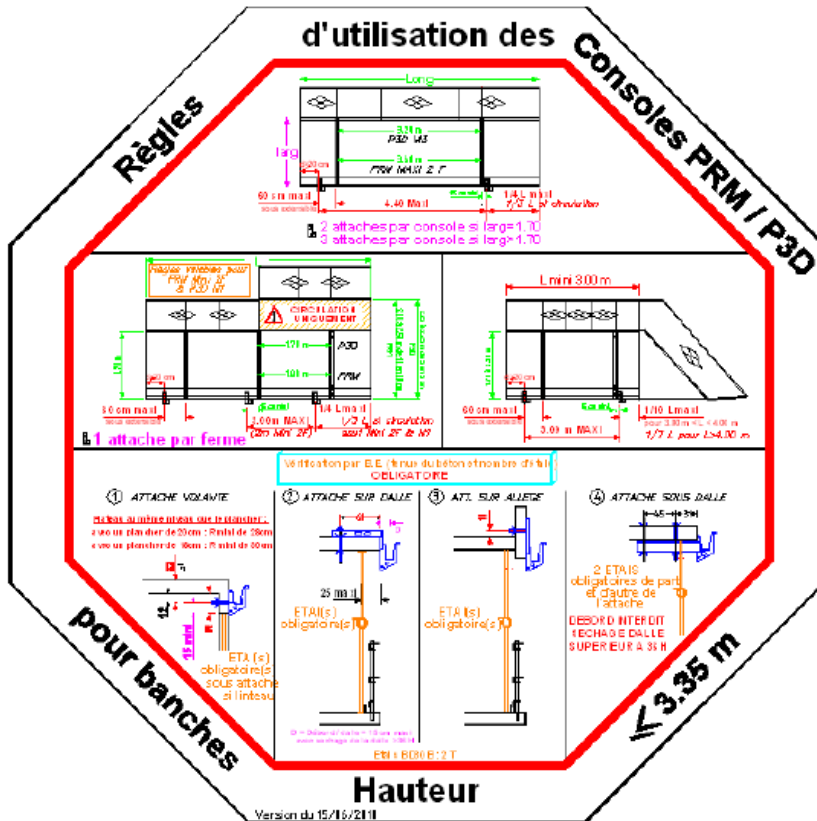


Figura 22 - Regras de fixação das consolas de segurança [13]

As plataformas de betão e a utilização de torres representam outros elementos de segurança que garantem a segurança perimétrica quando não é possível utilizar consolas P3D e PRM.

Por exemplo, durante a cofragem de uma laje de uma varanda, opta-se pelo recurso a torres, em que elas estão apoiadas noutras varandas ou até mesmo em consolas. Para garantir uma correta distribuição de peso e utilização das torres e das plataformas de betão existe um conjunto de regras a respeitar que são ilustradas na Figura 23.

A segurança interior refere-se a todas as possíveis aberturas dentro do edifício como as caixas de escadas, ou elevadores. Para solucionar este problema pode-se recorrer a redes horizontais de segurança ou a grelhas metálicas específicas caso se justifique.

Dentro da Bouygues Bâtiment Ile-de-France Habitat Social existe uma aposta forte na formação e na consciencialização de todos os intervenientes em obra para os perigos que aí possam surgir.

As plantas de segurança são afixadas em diferentes locais do estaleiro bem como panfletos ou documentos alertando para possíveis perigos e explicando os procedimentos de segurança a realizar caso eles apareçam.

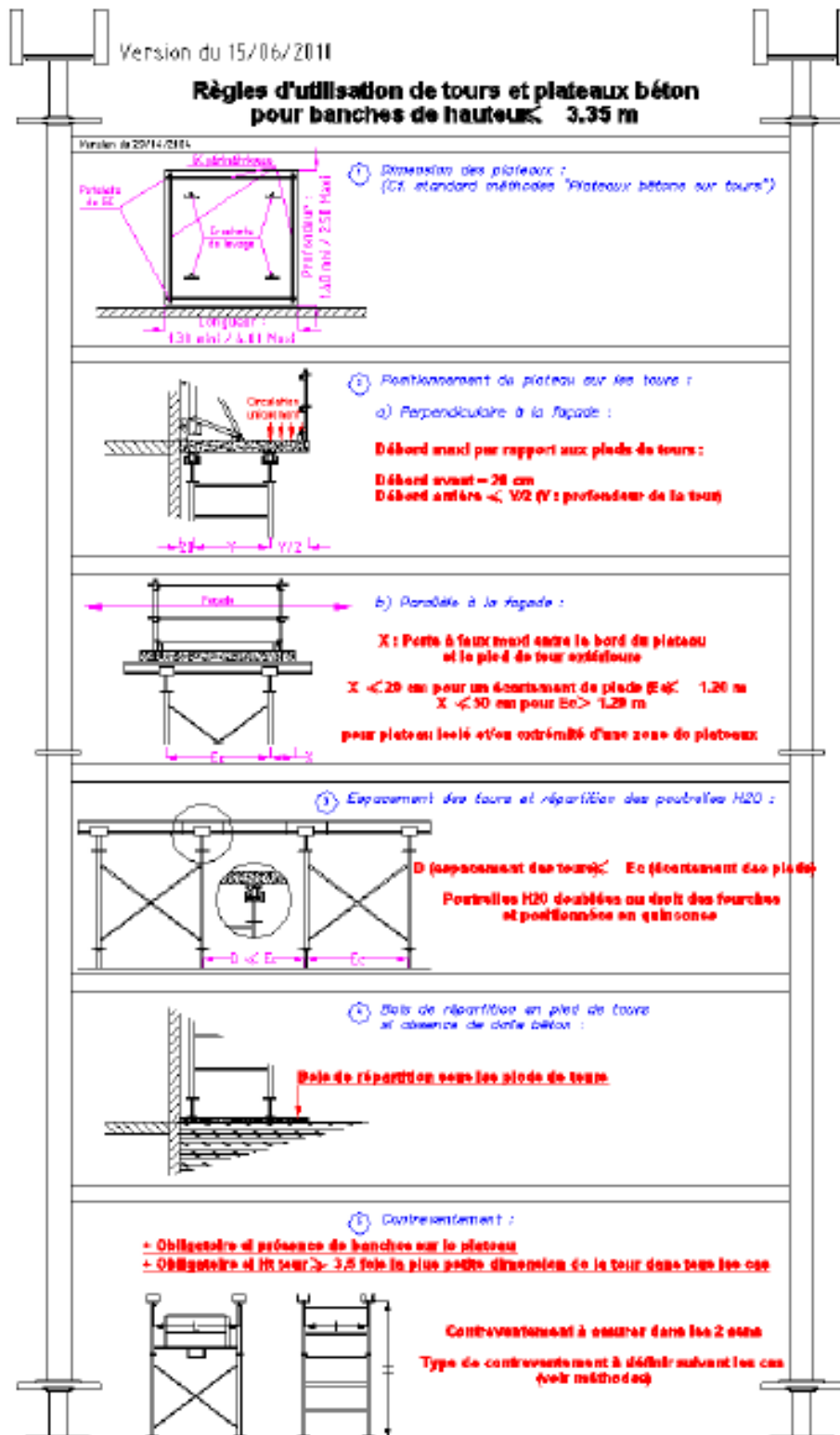


Figura 23 - Regras de montagem de torres e plataformas de betão [13]

3.3.3. SERVIÇO MÉTODOS NA FASE DE ACOMPANHAMENTO DOS TRABALHOS

À medida que os trabalhos avançam são realizadas alterações necessárias a cada ponto que compõe o documento *préanalyse*, consoante as condições em obra vão mudando ou na identificação que as hipóteses projetadas preliminarmente não representam mais-valias para a obra.

A assistência da obra pelo serviço métodos segue os seguintes princípios:

- Resolver um problema durante a execução dos trabalhos e prevenir possíveis problemas que possam aparecer;
- Pode ser acionada perante as necessidades imediatas da obra pelo diretor de obra, o encarregado de obra ou pelo responsável do serviço de Métodos;
- Apresentar os documentos de execução para a validação da equipa de trabalhos.

Ao longo de toda a assistência dos trabalhos de execução realizada pelo serviço métodos, uma das tarefas importantes é a marcação de visitas à obra para apurar a conformidade da segurança com os planos inicialmente projetados.

Elas têm como objetivo verificar que a segurança em obra corresponde bem aos planos projetados em fase de projeto identificando anomalias ou erros de execução e solucionando-os o mais rápido possível.

Estas visitas são chamadas “*Visite Sécurité*” (visitas de segurança) decorrem quando se colocam o primeiro nível de consolas para a segurança perimétrica dos trabalhadores. Nestas visitas devem estar reunidos o responsável do serviço métodos e a direção técnica da obra responsável pela coordenação dos trabalhos.

4

IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NA EMPRESA BOUYGUES HAS

4.1. A APOSTA DO BIM NA BOUYGUES HABITAT SOCIAL

Em 2011, a Autodesk e o grupo Bouygues Construction assinaram uma parceria estratégica no domínio do BIM. Com a utilização de *softwares* BIM, o grupo acredita melhorar bastante a qualidade dos seus trabalhos nas fases de conceção, construção e manutenção dos projetos.

O uso do BIM permite a partir da fase de anteprojecto estudar e propor numerosas soluções para a realização da obra. Também é possível simular a vida do edifício com o objetivo de melhor responder às pretensões do cliente respeitando sempre as imposições orçamentais, os prazos de entrega das obras e os cada vez mais recorrentes compromissos de desempenho energético dos edifícios.

O grupo Bouygues Construction acredita também que a utilização do BIM constitui um referencial único e comum a todas as profissões da indústria AEC (Arquitetos, Engenharia e Construção) bem como melhorar a coordenação e o planeamento nas diferentes fases de construção.

A filial Bouygues Habitat Social do grupo Bouygues Construction deu início aos trabalhos na implementação do BIM no final do ano de 2012, depois de um período de adaptação e compreensão da plataforma informática a empresa tem como objetivos:

- Testar e adquirir a tecnologia de modelação;
- Criar um referencial único da conceção até à manutenção;
- Figurar como um ator esclarecido e interventivo nos debates atuais sobre o BIM no Grupo Bouygues Construction.

Para além desses objetivos, a empresa pretende igualmente a curto prazo transformar o modo de funcionamento dos projetos, passando do “sequencial iterativo” para o modo “colaborativo organizado” melhorando assim a produtividade e a qualidade de todos os seus intervenientes.

No modo “sequencial iterativo” cada colaborador otimiza a sua própria produção através do trabalho realizado a montante.

Já no modo “colaborativo organizado” é possível mobilizar e por de acordo os intervenientes nas diferentes fases do projeto, “os bons atores no momento certo no assunto certo” e assim otimizar a qualidade, os prazos e o custo global.

Existem diferentes níveis BIM [12]:

- **BIM isolado:** cada disciplina produz o seu modelo, não existe trocas de informações;
- **BIM colaborativo:** cada disciplina produz o seu modelo, trocas de informações começam a realizar-se;
- **BIM integrado:** cada disciplina partilha o seu modelo e armazena os seus dados de entrada num projeto referencial único.

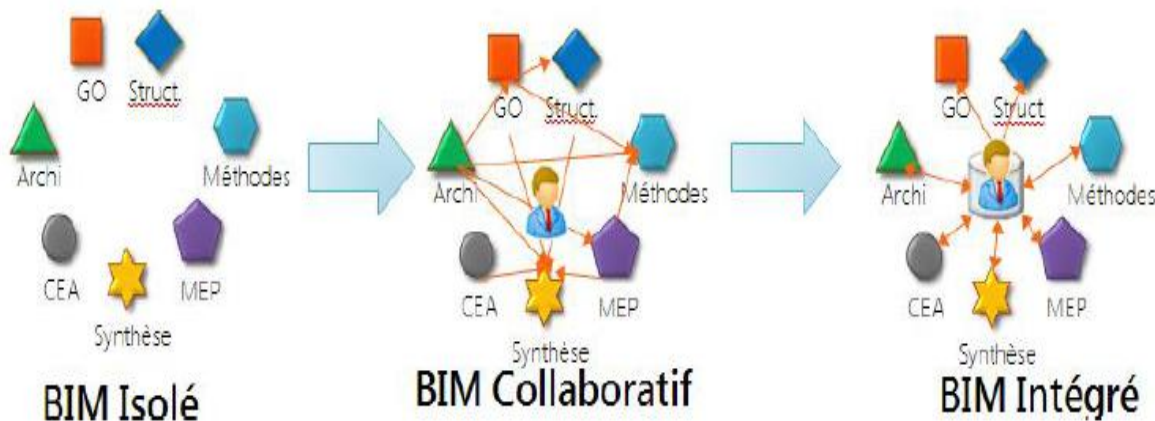


Figura 24 - Passagem do BIM isolado para o BIM integrado [13]

O modelo BIM e a sua plataforma virtual abrem a porta a uma via de colaboração entre os diferentes intervenientes de um projeto. As novas tecnologias permitem agora estabelecer uma colaboração colaborativa ou integrada à distância. Hoje, as equipas de trabalho são reunidas e colaboram segundo as suas competências e qualidade de trabalho e não unicamente em função da sua proximidade.

Desde do início do projeto reúnem-se os principais intervenientes (dono de obra, arquiteto, engenheiros e empreiteiro) permitindo desde cedo tomar decisões fundamentais e assim evitar as consequências financeiras de decisões tardias. O modelo virtual 3D é bastante útil no auxílio de tomadas de decisões iniciais ajudando a validar as diferentes opções idealizadas devido as suas visualizações e simulações.

Esta colaboração colaborativa e as tomadas de decisões logo na fase inicial dos projetos permitem diminuir o número de conflitos que ocorrem entre diferentes intervenientes.

A colaboração integrada entre os intervenientes introduz uma ideia de responsabilidade coletiva em detrimento da responsabilidade individual.

Para além de pretender aumentar os níveis de colaboração entre todos os intervenientes do processo construtivo, a Bouygues HAS vê no modelo BIM uma forma de conseguir baixar os custos globais da realização de uma obra. A previsão da redução das despesas de projeto está avaliada num intervalo entre os 20 e os 30% do custo atual.

A empresa perspetiva reduzir os custos globais de um projeto com a utilização das ferramentas BIM porque vê nelas um potencial para:

- Reduzir as situações de conflito;

- Ver e compreender a obra com maior facilidade e rapidez;
- Reduzir a necessidade de re-trabalho;
- Diminuir o tempo de estudo de um projeto;
- Prever, otimizar e antecipar todas as necessidades de uma obra;
- Aumentar a colaboração entre os diferentes intervenientes.

Os responsáveis da Bouygues HAS acreditam igualmente que o uso das ferramentas BIM representa um potencial comercial perante os seus clientes. O recurso à aplicação informática para a realização dos projetos pode ser vista como uma mais-valia e como um fator diferenciador entre os seus concorrentes a concurso público. A inovação dos métodos de trabalho para o estudo de um projeto pode transmitir ao cliente a imagem de uma empresa atualizada com as novas tecnologias, de maior competência e rigor.

Em suma, a Bouygues HAS com o recurso ao modelo BIM pretende gerir, identificar, analisar e minimizar os riscos na construção aumentando consequentemente a qualidade dos seus projetos.

4.1.1. A FORMAÇÃO BIM DOS TRABALHADORES NA BOUYGUES HAS

A grande dificuldade de encontrar pessoal qualificado sobre o modelo BIM faz com que as empresas tenham que proporcionar formação aos seus trabalhadores, o que pede tempo e um investimento financeiro importante.

Os custos de formação das equipas de projeto representam uma das parcelas do investimento financeiro inicial que a Bouygues HAS tem de realizar na implementação do BIM mas também são uma desvantagem inicial para a tomada de decisão das empresas em recorrer ao BIM para a realização dos projetos.

Por forma a minimizar as perdas de produtividade e os custos relativos à formação dos trabalhadores da empresa, os responsáveis da Bouygues HAS traçaram objetivos bem claros, onde se compreende a ligação dos BIM com os objetivos pretendidos. Assim, as mudanças dos métodos de trabalhos por parte das equipas de projeto tenderão a ocorrer mais rapidamente e os obstáculos que poderão aparecer serão mais facilmente ultrapassados.

Sendo a Bouygues HAS, uma empresa de grande porte e com grandes pretensões relativamente à implementação do BIM para a realização dos projetos, é portanto, essencial dar uma formação adequada aos seus trabalhadores. A formação terá que transmitir às equipas de projeto a aquisição da maioria das funcionalidades dos BIM por forma a melhorar a eficiência e a eficácia nas múltiplas tarefas que englobam a construção de uma obra e a alcançar os objetivos ambiciosos traçados pela empresa relativamente à utilização do BIM.

Os responsáveis da Bouygues HAS reconhecem que a implementação dos BIM representa uma dificuldade lógica acrescida relativamente aos métodos tradicionais de estudo dos projetos. Eles acreditam que as sessões de formação, os seminários realizados internamente e toda a documentação interna disponibilizada ajudam os trabalhadores a atingir um conhecimento BIM que vai de encontro com as pretensões da empresa.

Uma das estratégias adotadas pela Bouygues HAS relativamente ao processo e ao tempo de formação é muitas vezes coincidente com o período de estágio que a empresa concede aos seus potenciais futuros trabalhadores. Por outras palavras, antes de um engenheiro ser empregado pela empresa, ele realiza um estágio de duração variável onde durante esse período é realizada a aprendizagem do

engenheiro ao *software* BIM onde são atribuídos temas e tarefas relacionadas com o próprio desenvolvimento do BIM no seio da empresa Bouygues HAS.

Ao longo do estágio, o aumento das competências BIM do engenheiro é obtida através de tutoriais disponíveis na documentação interna da empresa, bem como de livros teóricos e práticos oferecidos pela empresa detentora do programa informática BIM utilizado pela Bouygues HAS. As sessões de formação realizadas internamente dentro dos próprios serviços da empresa e a partilha de informação e de conhecimento entre todos os colaboradores da Bouygues HAS também são formas de aumentar as competências BIM do engenheiro.

4.1.2. SEMINÁRIO BOUYGUES HAS DE APRESENTAÇÃO DA PLATAFORMA INFORMÁTICA AOS SEUS COLABORADORES

No 27 de Fevereiro de 2014, realizou-se um seminário reunindo todos os diferentes serviços da empresa que atuam em diferentes etapas do ciclo de vida de um projeto. Esta reunião foi organizada pela Direção Técnica 1 (*DTec1*) da empresa liderada pelo seu diretor o Eng. Carlos Meira. O principal objetivo do seminário passava por apresentar a todas as pessoas presentes em que consistia o BIM, o que pode mudar com a sua implementação e demonstrar que a plataforma informática é uma aposta séria da empresa necessitando da colaboração de todos os trabalhadores da empresa.



Figura 25 - Divulgação do seminário BIM da Bouygues HAS [13]

Durante a manhã foi explicado e descrito o conceito BIM, as suas funcionalidades e de que forma já era implementada em todo o grupo Bouygues. Durante a tarde, as 30 pessoas presentes foram divididas em três grupos de trabalho: Conceber, Estudar e Preparar/ Executar.

Cada uma das pessoas constituintes de cada grupo tinham como missão propor ideias que gostariam que a aplicação informática atua-se para beneficiar a resolução de tarefas nas diferentes fases de um projeto.

Os principais objetivos traçados pelos três grupos foram os seguintes:

- **Conceber**
 - *Template* de modelação para a conceção estabelecendo um processo controlável e reproduzível com vários arquitetos;
 - Integrar as indicações do meio ambiente, todas as suas imposições para facilitar a conceção e a validação de um projeto;
 - Estimativa orçamental;
 - Comunicação e proposta comercial, responder e enriquecer a oferta conceção/construção;
 - Verificação do respeito das normas e dos documentos técnicos;
 - Verificar a conceção do arquiteto, fornecendo-lhe dados e meios para ele executar bem o seu projeto o mais rápido e eficiente possível.
- **Estudar**
 - Verificar o modelo desenvolvido;
 - Utilização de aplicações informáticas compatíveis com o modelo para o estudo térmico, acústico e estrutural;
 - Explorar o modelo.
- **Preparar e Realizar**
 - Estudo “INO’PAC” relacionado com a deteção de erros e compatibilização entre projetos;
 - Acompanhamento das equipas de trabalhos;
 - Encomendas dos materiais apoiando-se do BIM pelo serviço de encomendas (*Achats*);
 - Planeamento e reconhecimento da obra.

Neste momento parte dos objetivos traçados já estão concretizados. Outros terão que ser alvo de trabalho suplementar e de desenvolvimento por parte das diferentes pessoas ligadas a todo este projeto.

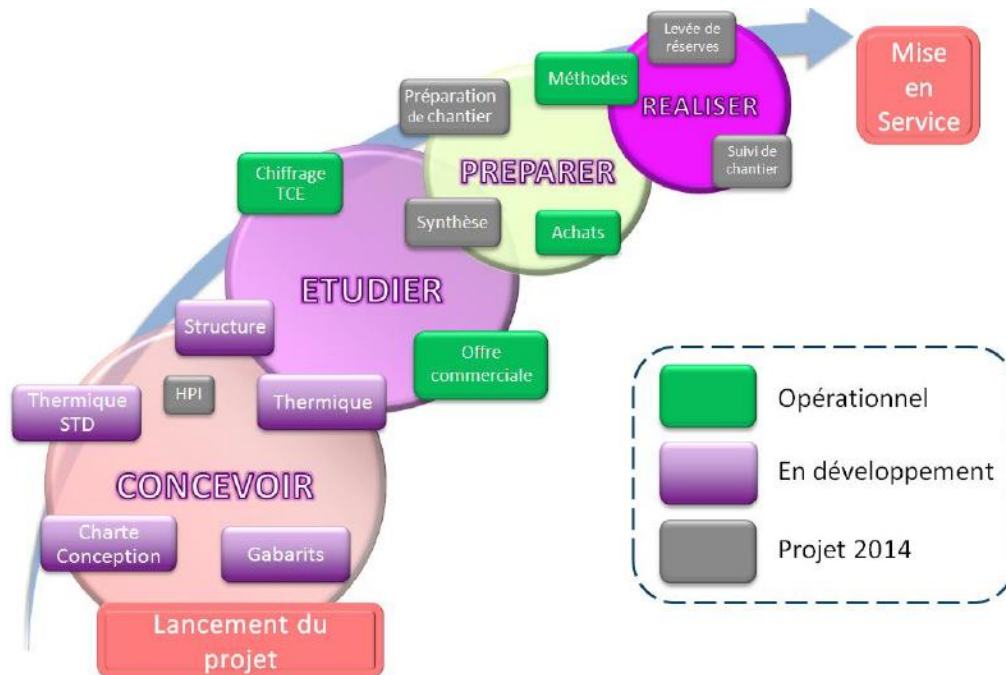


Figura 26 – Ponto de situação e perspetiva de desenvolvimento da utilização do BIM nos diversos serviços da empresa Bouygues HAS [13]

4.2. ATIVIDADES BIM REALIZADAS PELOS SERVIÇOS DE ORÇAMENTAÇÃO E DE MÉTODOS

O programa base de estudo BIM adotado pela empresa para a realização dos seus projetos é o Revit, programa de modelação automática de edifícios da Autodesk. A escolha recaiu nessa ferramenta devido ao facto da Autodesk se encontrar atualmente consolidada no mercado mundial.

Desde da versão Revit 2013 as diferentes especialidades (Arquitetura, Estruturas, Construção e Mecânica) constituem um só programa Revit sendo organizadas por *templates* (modelos). Esta estruturação da ferramenta revela-se uma vantagem potenciando a capacidade de troca de informação entre serviços distintos, condição importante para a correta implementação do conceito BIM.

Todos os pontos seguintes refletem atividades desenvolvidas pelos serviços de orçamentação e Métodos com a utilização da versão Revit 2014.

4.2.1. TEMPLATE ETUDES DE PRIX

O *template Etudes de Prix* representa o ficheiro Revit onde são modelados todos os projetos estudados e orçamentados no serviço. Para o desenvolvimento das diferentes maquetas 3D o documento é muitas vezes atualizado, corrigem-se erros e efetuam-se tarefas que beneficiam a produtividade durante a modelação do projeto.

Um objetivo importante do *template* é a criação de um processo controlável e reproduzível com vários arquitetos. Para uma maior produtividade e qualidade de trabalho seria importante que o arquiteto concebe-se e modela-se o projeto em causa no próprio *template*.

Este processo seria o primeiro passo para a implementação do desejado trabalho colaborativo organizado com a utilização do BIM ao longo do ciclo de vida do projeto.

A adequação do *template* às características e funções da empresa e mais concretamente ao serviço de orçamentação é um princípio fundamental conseguindo-se assim obter um melhor aproveitamento das funcionalidades do ficheiro de modelação. Os projetos serão assim melhor organizados e realizados em menos tempo.

As principais tarefas realizadas para a melhoria e o desenvolvimento do *gabarits* foram:

- Criação de famílias parametrizadas e em 3D dos elementos necessários para a modelação dos edifícios (muros, janelas, portas, vigas, lajes, etc.);
- Elaboração de parâmetros de projeto;
- Criação de parâmetros partilhados;
- Criação de nomenclaturas.

Por forma a transmitir uma maior qualidade e funcionalidade durante a modelação 3D dos projetos, o serviço de orçamentação elaborou no seu próprio *template* uma “biblioteca” de referência constituída por famílias de elementos de construção habituais de um edifício.

A modelação em Revit está focada na representação de famílias de sistema genéricas. As restantes famílias terão de estar contidas numa destas famílias mais clássicas para poder ser representada e parametrizada.

O Revit realiza maquetas tridimensionais com as seguintes famílias de base (estão igualmente presentes no *template*) [30]:

- Paredes;
- Portas;
- Janelas;
- Componentes;
- Lajes;
- Pilares;
- Telhados;
- Guarda-corpos.

Uma família é um grupo de elementos dotados de um conjunto de propriedades comuns designados por parâmetros e de uma representação gráfica associada. Os valores dos parâmetros dos elementos de uma família difere entre elementos distintos, mas o conjunto dos parâmetros fica o mesmo.

Um maior número de famílias permite oferecer a quem esta a conceber a maqueta 3D mais opções construtivas permitindo assim o enriquecimento do projeto.

O nível de detalhe (LOD, *Level of Detail*) de uma maqueta depende da fase de projeto, consoante se avança no ciclo de vida de um projeto mais pormenorizado são as representações de elementos BIM. Pode-se dizer que para cada fase de projeto a informação criada é definida para o uso que se pretende dar para cada uma das fases de um projeto.

Os valores LOD são especificados em cinco diferentes níveis de desenvolvimento [31]:

- **LOD 100:** O elemento do modelo pode ser representado graficamente no modelo por um símbolo ou uma representação genérica;

- **LOD 200:** O elemento do modelo é graficamente representado no modelo com um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação;
- **LOD 300:** O elemento do modelo é graficamente representado no modelo como um sistema específico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação;
- **LOD 350:** O elemento do modelo é graficamente representado no modelo como um sistema específico, objeto ou montagem em termos de quantidade, tamanho, forma e orientação, e interfaces com outros sistemas construtivos.
- **LOD 400:** O elemento do modelo é graficamente representado no modelo como um sistema específico, objeto ou montagem em termos de quantidade, tamanho, forma e orientação, com detalhe, fabricação, montagem e informações de instalação.

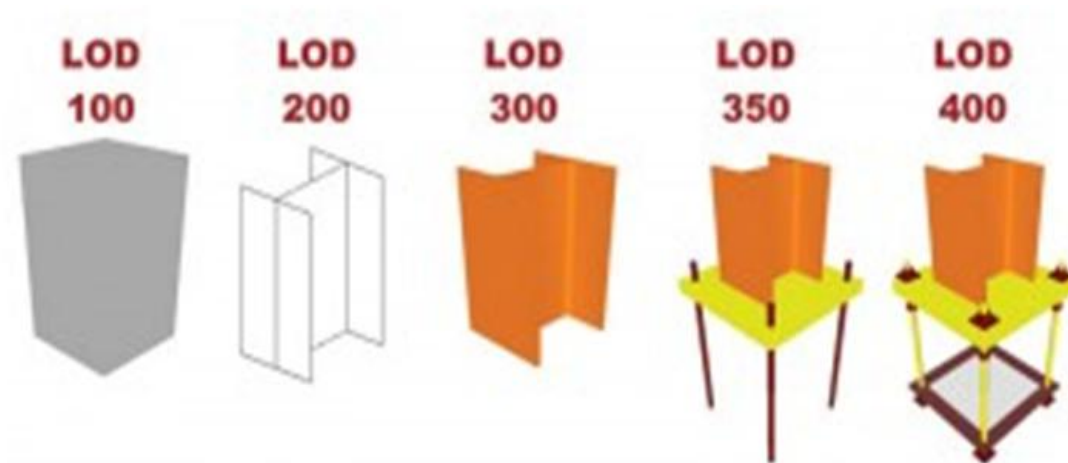


Figura 27 – Diferentes níveis LOD para a representação de objetos [32]

Na conceção de maquetas 3D por parte do engenheiro do serviço de orçamentação pretende-se obter um nível de detalhe bastante aceitável por forma a criar uma representação 3D com rigor e realismo. Deste modo, entende-se que as famílias criadas no *template* possuem um LOD 350.

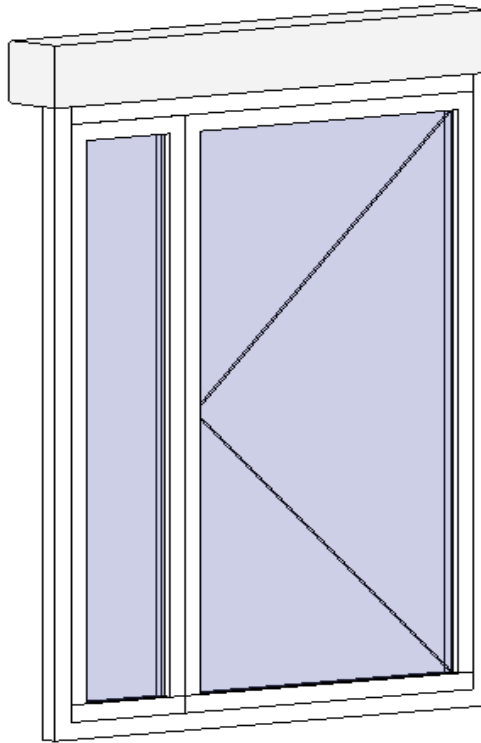


Figura 28 - Representação gráfica de uma família de janelas do *template* (Fonte: autor)

Para caracterizar uma família de um elemento existem três tipos de parâmetros, os parâmetros de projeto, de família e os partilhados.

Os parâmetros de projeto contêm informações ou dados que se conseguem definir e caracterizar. Estes parâmetros fazem parte das diferentes categorias de elementos de construção pertencentes a um projeto. Os parâmetros pertencem especificamente a um único projeto não podendo ser partilhados com outros. Pelo contrário, eles podem ser utilizados nas nomenclaturas para mais do que uma categoria de elementos de construção.

Os parâmetros de família pertencem exclusivamente à família do elemento criado e são usados para parâmetros de valores variáveis como podem ser as cotas ou os materiais que são próprios da família.

Os parâmetros partilhados são parâmetros que se podem adicionar às famílias ou aos projetos sendo que as suas propriedades são armazenadas num ficheiro independente de qualquer ficheiro de uma família ou projeto Revit. Estes parâmetros podem ser partilhados com outros projetos ou famílias sendo bastante vantajosos uma vez que a mesma informação pode ser reutilizada em vários projetos ou famílias.

Para cada parâmetro criado é necessário ter especial atenção ao seu tipo, ou seja, se pretendemos calcular somas ou valores nas nomenclaturas então é necessário que o tipo de parâmetro seja um número ou uma medida, se for adotado o tipo de parâmetro Texto nenhum cálculo se realizará.

Outra propriedade importante na criação de parâmetros é a atribuição do parâmetro ser de tipo ou de ocorrência. Em geral, se um parâmetro influencia a geometria de um objeto será um parâmetro de tipo.

Ao invés, se esse parâmetro fornece informações sobre o objeto sem mudar a sua geometria será por norma um parâmetro de ocorrência.

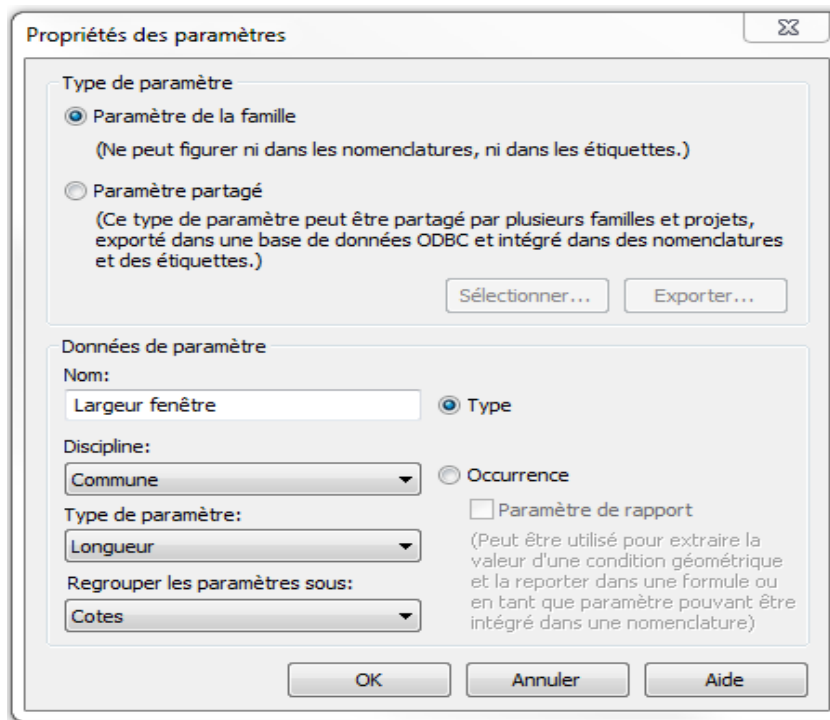


Figura 29 - Janela Revit para a criação de parâmetros numa família [13]

O BIM é uma ferramenta que centraliza toda a informação do projeto e que pode ser usada por diferentes intervenientes em momentos distintos do decurso de um projeto. Assim, a criação de parâmetros específicos para cada uma das famílias criadas por parte do serviço orçamentação no seu *gabarits* terá que ter em atenção as necessidades dos próximos intervenientes a utilizar o projeto no modelo BIM.

Posto isto, o serviço de orçamentação na criação das famílias reúne-se muitas vezes com serviços de outras especialidades para se aperceber dos conceitos importantes que eles necessitam para cada uma das famílias criadas para a elaboração dos seus respetivos projetos.

Por exemplo, a família das janelas terá que possuir parâmetros relativos às suas características acústicas e térmicas como o coeficiente de redução sonora da janela (R) e o coeficiente de transmissão luminosa do vidro respectivamente. Este último será importante para os engenheiros responsáveis pelo cálculo térmico, visto ser um valor que deverá ser necessário introduzido no programa informático Archiwizard no estudo térmico dos projetos.

Terão igualmente que ser criados parâmetros sobre as especificidades da janela (modo de abertura, caixa de estore, material da caixilharia, material das protecções exteriores, entradas de ar para ventilação, entre muitos outros) para orçamentar todas as janelas de um projeto.

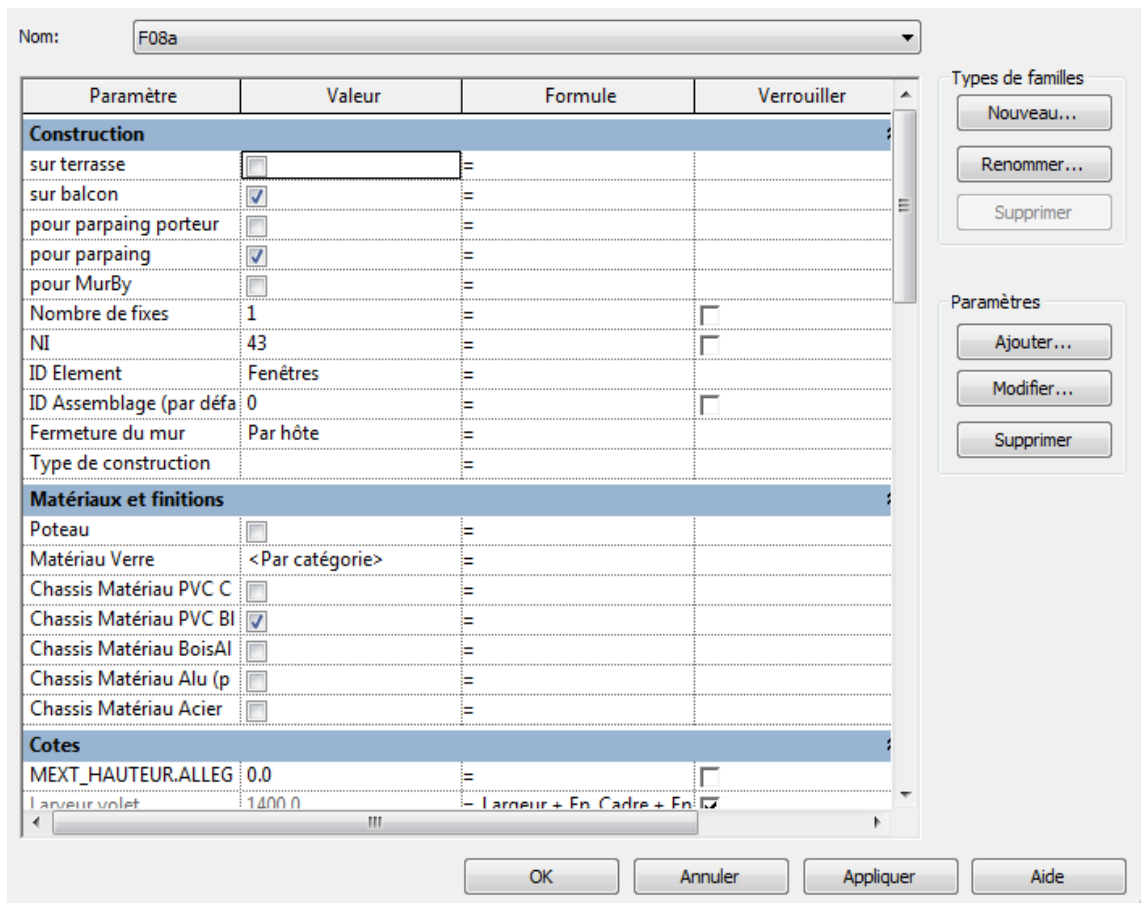


Figura 30 - Parte da listagem dos parâmetros de uma família de janelas Revit [13]

Toda a informação relativa a parametrização das diferentes famílias de elementos construtivos pode ser automaticamente extraída pela plataforma informática Revit através das nomenclaturas, que representam uma outra vista do projeto. O Revit permite uma modelação em 3D mas também a criação de uma base de dados.

No *template* foram criadas nomenclaturas organizadas consoante as diferentes famílias Revit necessárias para a realização do projeto. Toda a extração das quantidades e informações de cada família torna-se assim mais organizada permitindo uma melhor compreensão do projeto por parte dos utilizadores.



Figura 31 - Organização das nomenclaturas do *template* [13]

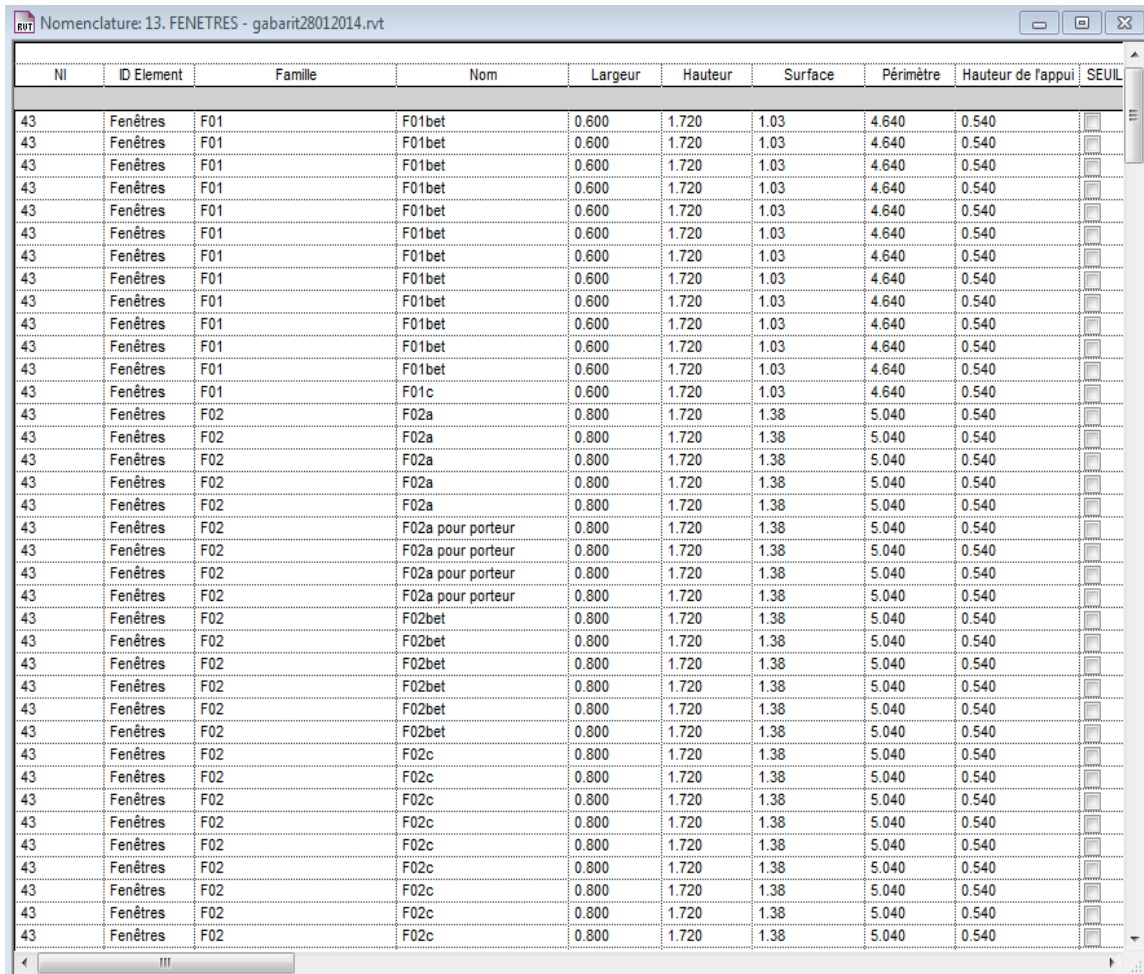
Uma nomenclatura possui uma vista tabular contendo todos os parâmetros extraídos dos diferentes elementos de construção de um projeto. A organização das tabelas é semelhante à de uma folha de cálculo, com colunas e linhas preenchidas com quantidades ou valores dos diferentes elementos do projeto.

Os títulos das diferentes colunas representam os parâmetros específicos das famílias aos quais se pretende extrair quantidades e todas as células dessa coluna representam os seus valores associados. Por exemplo, se for intenção saber a área de cada uma das janelas presentes no projeto existirá uma coluna com o título área e em todas as células dessa coluna estarão indicados os diferentes valores das áreas de cada janela.

Para uma melhor compreensão e rapidez de extração de quantidades relevantes, as nomenclaturas possibilitam a filtragem dos diferentes parâmetros dividindo melhor as informações que nelas constam. Se o objetivo é saber a quantidade de um modelo de janelas num determinado piso, efetua-se então um filtro por piso e por modelo de janelas.

Uma das principais vantagens que as nomenclaturas fornecem é a possibilidade de serem transferidas para outros programas informáticos (ficheiro Excel por exemplo) como tabelas. Esta funcionalidade permite com recurso a programas especializados a realização de um BIM 4D.

À medida que são realizadas modificações na modelação 3D de um edifício, estas são automaticamente atualizadas nas nomenclaturas. A obtenção instantânea das quantidades representa uma vantagem importante possibilitando ter o projeto atualizado em tempo real.



NI	ID Element	Famille	Nom	Largeur	Hauteur	Surface	Périmètre	Hauteur de l'appui	SEUIL
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01bet	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F01	F01c	0.600	1.720	1.03	4.640	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02a	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02a	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02a	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02a	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02a	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02a pour porteur	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02a pour porteur	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02a pour porteur	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02a pour porteur	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02bet	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02bet	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02bet	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02bet	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02bet	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02bet	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	
43	Fenêtres	F02	F02c	0.800	1.720	1.38	5.040	0.540	

Figura 32 - Exemplo de uma nomenclatura Revit com as quantidades de janelas [13]

4.2.2. OBTENÇÃO DE MEDIÇÕES DA ESTRUTURA DOS EDIFÍCIOS COM RECURSO AO REVIT

O serviço de orçamentação tem vindo a identificar um decréscimo na qualidade dos serviços de medição externa, que tem vindo a ser adotados com cada vez mais frequência. Posto isto, o serviço de orçamentação perguntou-se se seria possível criar automaticamente no Revit todas as medições necessárias para a orçamentação da fase *Gros Oeuvre* (estrutura do edifício) de um projeto.

Depois de algum tempo de estudo e investigação foi então desenvolvido um método capaz de extrair as diferentes medições do projeto sem recurso a um medidor externo para o estudo financeiro da realização da estrutura dos edifícios.

Por forma a justificar a adoção das ferramentas BIM para a obtenção das medições, a empresa Bouygues HAS realizou uma análise comparativa entre o método tradicional (medição externa) e o recurso à aplicação informática. O quadro 1 resume as principais conclusões desse estudo comparativo.

Quadro 1 – Comparativo das medições via manual vs Revit [13]

	Medidor exterior	Revit	Ganho
Duração/ Custo	15 dias / 11000 €	13 dias/ 9000 €	2 dias/ 2000 €
Vantagens	Experiência do medidor	Obtenção de variantes de medições de projeto rapidamente	Maior apoio à equipa de execução dos trabalhos
	Realização da síntese técnica das medições com pessoas externas à empresa	Realização da síntese técnica das medições com pessoas internas à empresa	Perícia interna
	Armazenamento único das plantas coloridas	Suporte facilmente partilhado para outros intervenientes	Diminuição dos custos
Desvantagens	Qualidade em baixa	Exigência de competências	Profissionalização
	Duração do trabalho incerta	Fazer de mais ou de menos	Tempo de estudo de um projeto mais curto
	Preço elevado	Custo dos equipamentos	Diminuição dos custos

A partir do quadro 1 podemos realçar as seguintes vantagens recorrendo ao modelo BIM para a obtenção das medições:

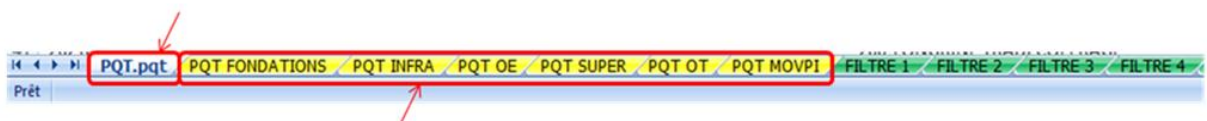
- Realização de um trabalho com melhor qualidade e rigor;
- Duração da realização das medições mais rápidas (2 dias mais rápido);
- Poupança na realização das medições (2000 euros);
- Melhor apoio às equipas de trabalhos de execução com quantidades rigorosas e realistas;
- Aumento das competências do engenheiro de orçamentação;
- Maior autonomia da empresa;
- Melhor perceção das atividades de um medidor externo, o que permite ter em conta o seu trabalho e poder ser crítico nas suas medições.

As medições a partir da plataforma informática Revit são realizadas a partir do *template* onde são modelados todos os projetos da empresa. Após a conceção da maqueta 3D dos edifícios, as nomenclaturas registam automaticamente todas as quantidades existentes no projeto. Os parâmetros criados nas nomenclaturas são de grande importância visto que fornecem todas as quantidades do projeto. Estas serão posteriormente inseridas na aplicação informática *Polyval* para orçamentação.

Antes de chegar a essa ferramenta, as nomenclaturas Revit resultantes da modelação 3D são exportadas para uma folha de cálculo Excel chamada *Compil*. Este é uma peça chave no processo de orçamentação automática através da aplicação informática. Tem como principal função organizar e identificar toda a informação necessária orçamentar para uma determinada obra que será posteriormente inserida para o *Polyval*.

O ficheiro Excel *Compil* é organizado em várias folhas de cálculo, cada uma delas representando uma informação e uma ação específica. A organização e a explicação de cada um dos separadores são exemplificadas pela Figura 33.

Este ficheiro será completado por todas as quantidades do projeto seguindo depois para o *Polyval*



Os separadores representam a estrutura do *Polyval* servindo de base para o preenchimento PQT.pqt

Os separadores Filtre 1 a 20 permitem de reorganizar as quantidades vindas das nomenclaturas Revit



Estes separadores correspondem as importações das nomenclaturas vindas de Revit



Figura 33 - Representação da organização e constituição do ficheiro *Compil* [13]

As diferentes folhas de cálculo do ficheiro *Compil* representando os filtros realizados servem para organizar e encontrar a informação que necessitamos das nomenclaturas Revit para orçamentar o projeto. A função BDSOMA do Excel é utilizada para a realização dos filtros no ficheiro *Compil*.

Por forma a entender a realização de um filtro é apresentado um exemplo em que o objetivo passa por recuperar a quantidade da área de cofragem das lajes com altura inferior a 3.00m.

Um filtro apresenta-se conforme a Figura 34, onde se situa a esquerda o que se pretende quantificar e o título das colunas correspondem aos parâmetros das nomenclaturas criados para a obtenção de quantidades. O simbolo <> significa “diferente de”.

32	Hors balcons		préfa	ID	grande hauteur	prédalle	ZONE TRADI PREDALLE	NIVEAU
33	DALLE PLEINE COFFRAGE HT<3.00	10807.764	<>Oui	Planchers	<>Oui	<>Oui	<>Oui	

Figura 34 - Representação de um filtro no ficheiro *Compil* [13]

A célula B33 selecionada corresponde à aplicação da função BDSOMA contendo três argumentos (Figura 35).

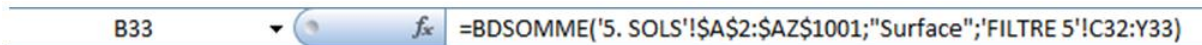


Figura 35 - Função BDSOMA do Excel [13]

O primeiro argumento representa a seleção de dados de uma nomenclatura Revit onde se irão retirar os valores que precisamos. O segundo argumento representa a medição total do projeto que pretendemos obter. O terceiro argumento representa concretamente a ação do filtro, as células selecionadas deverão conter no mínimo duas linhas (no exemplo linha 32 e 33). A primeira linha especifica os nomes da coluna nos quais vai ocorrer a filtragem, a outra linha indicam os valores que validam o filtro.

No nosso exemplo, o filtro vai somar o valor “Surface” (área) se a linha da nomenclatura verifica o conjunto das seguintes condições Figura 36:

32	Hors balcons		préfa	ID	grande hauteur		prédalle		ZONE TRADI PREDALLE	NIVEAU
33	DALLE PLEINE COFFRAGE HT<3.00	10807.764	<>Oui	Planchers	<>Oui		<>Oui		<>Oui	

Figura 36 - Valores dos parâmetros condicionantes para obter a quantidade de área de cofragem das lajes [13]

A medição obtida para a área de cofragem das lajes com altura inferior a 3.00m é de 10807.764 m², esse valor será posteriormente enviado para o Polyval que permitirá fornecer um preço para esse trabalho.

4.2.3. CRIAÇÃO DE FAMÍLIAS REVIT PELO SERVIÇO MÉTODOS

A implementação da plataforma informática na grande maioria das diferentes profissões da empresa Bouygues HAS é uma prioridade levando a que cada um dos serviços colabore com iniciativas e com a criação de novas ferramentas ou elementos que podem ser aplicados no modelo BIM.

O serviço métodos não foge à regra e pretende igualmente utilizar a ferramenta informática para a realização das suas tarefas. Para alcançar uma desejável produtividade e eficácia no uso de um modelo BIM é importante adequá-lo a todas as atividades do serviço métodos.

A adoção do modelo 3D por parte do serviço métodos revela-se particularmente benéfica em determinados casos. Quando a obra é tecnicamente mais complexa, realizam-se modelos 3D de modo a facilitar a visualização dos problemas e permitir uma correta execução dos trabalhos.

À semelhança do serviço de orçamentação foi necessária a criação e parametrização de famílias Revit dos diferentes elementos que permitem a modelação 3D dos planos que necessitam de ser realizados como as plantas de segurança ou até mesmo a planta de organização do estaleiro em três dimensões.

Com o recurso a estes elementos criados será possível reproduzir planos de execução com um grau de rigor e representação gráfica cada vez mais próximo da realidade diminuindo os riscos de erros ou de

má interpretação na montagem dos equipamentos de segurança ou na colocação dos elementos constituintes do estaleiro. As “famílias métodos” representam equipamentos ou elementos para a realização das suas tarefas de onde se demonstram alguns deles na Figura 37.

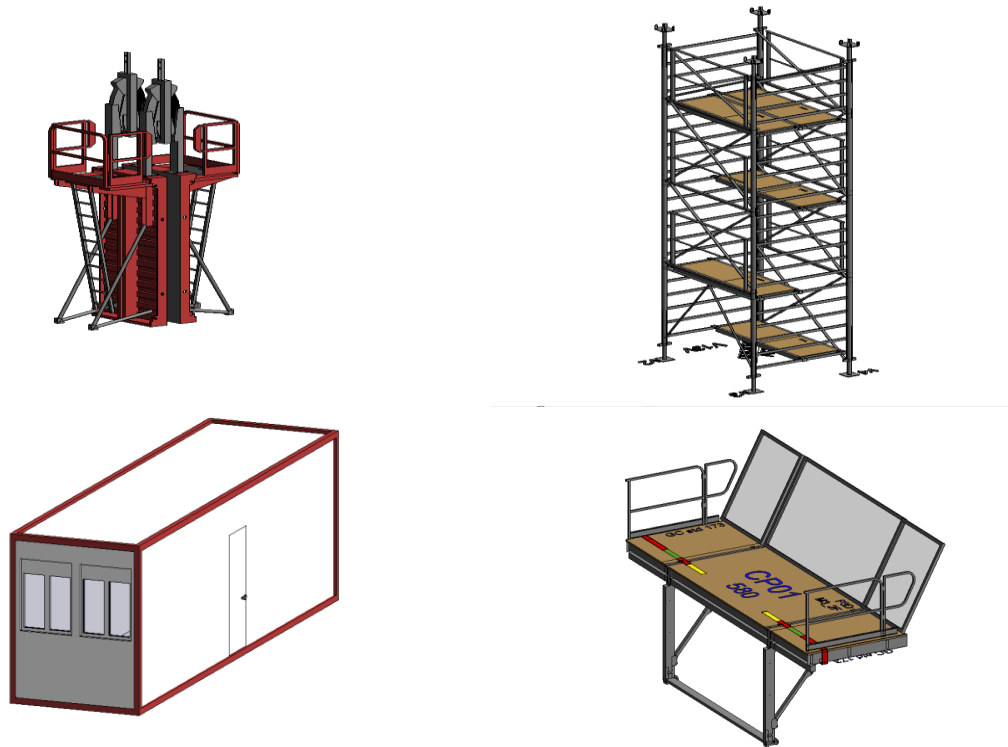


Figura 37 - Representação 3D de famílias Revit realizadas pelo serviço métodos [13]

4.2.4. PLANTA DE ORGANIZAÇÃO DE ESTALEIRO – PIC 3D

A modelação do arranjo físico do estaleiro em três dimensões é um documento realizado pelo serviço Métodos com base no desenho 2D já elaborado. O PIC 3D é na maioria das vezes realizado em fase comercial servindo de apoio a redação de memórias técnicas.

A realização 3D da maquete e mais precisamente da planta de organização do estaleiro permite a otimização da sua comunicação a todos os intervenientes com maior afirmação e capacidade de visualização.

O PIC 3D torna também os projetos mais agradáveis de serem comunicados tornando-os mais vendáveis e aumentando as suas potencialidades do ponto de vista de marketing, é por esse motivo que a modelação 3D do estaleiro é um documento que integra a proposta comercial.

Resume-se em seguida as principais vantagens da realização de um PIC 3D:

- Maior facilidade de compreensão e análise do estaleiro e do projeto em geral;
- Identificação ou verificação de possíveis fatores que condicionam a organização do arranjo físico do estaleiro;
- Dar uma visão global e clara do impacto da obra no ambiente exterior ao cliente;

- Verificação da colocação da grua;
- Respeito das distâncias mínimas da grua com edifícios vizinhos;
- Representa um trunfo para a proposta comercial a apresentar ao cliente;
- Apoio para as equipas de trabalho na implantação de todos os elementos necessários que integram o estaleiro;
- Mostrar o “*savoir-faire*” da empresa para se desmarcar dos concorrentes.

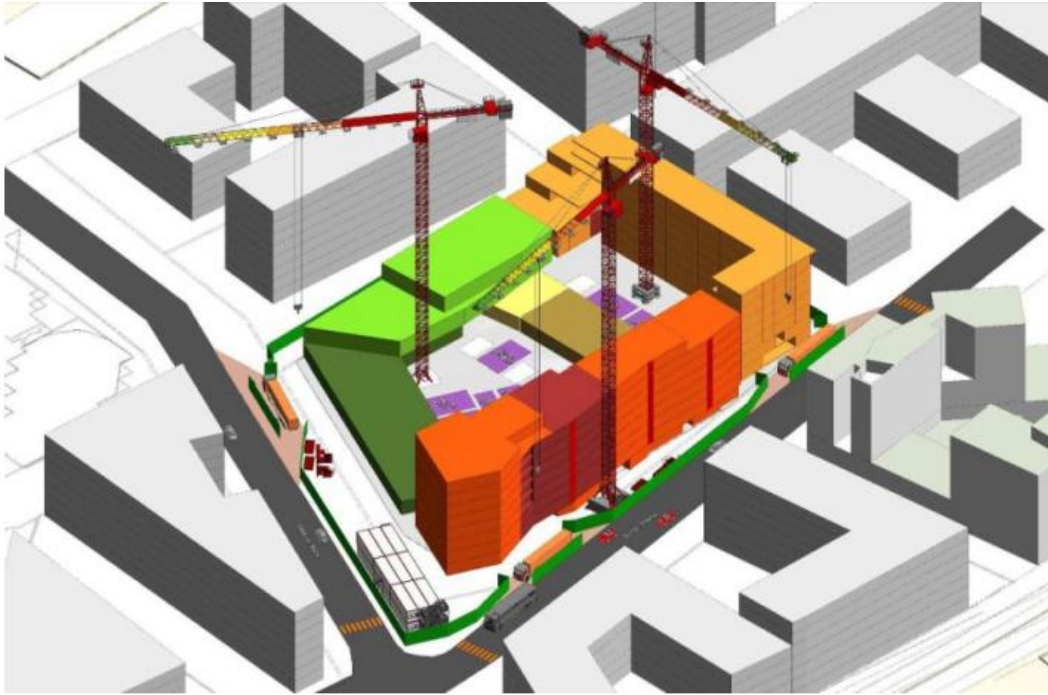


Figura 38 - Modelação da organização do estaleiro em 3D [13]

4.2.5. APLICAÇÃO *MICROSÉCU3D*

Como já foi referido, o serviço métodos trabalha essencialmente na fase de preparação da obra em conjunto com as equipas de trabalho de execução realizando planos de execução para a obra, um desses planos são as plantas de segurança.

Parte destas plantas são realizadas com recurso ao modelo BIM através da criação de uma aplicação informática chamada *MicroSécu3D* que pode ser carregada dentro de qualquer ficheiro Revit. Este programa permite aos engenheiros do serviço métodos desenhar consolas de segurança P3D e PRM da empresa SATECO correntemente utilizadas em obras Bouygues para garantir a segurança periférica dos edifícios.

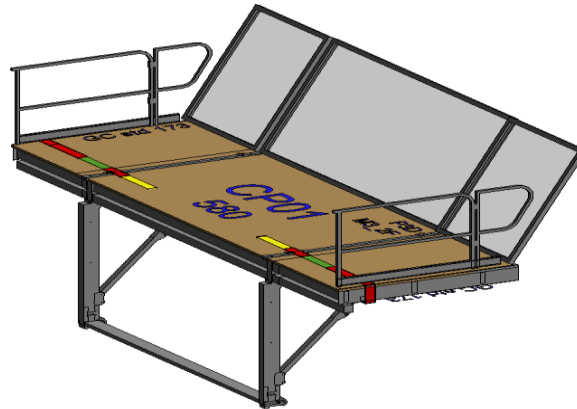


Figura 39 - Representação 3D da família Revit da consola de segurança P3D [13]

A aplicação *MicroSécu3D* ao ser instalada no ficheiro Revit carrega com ela as duas diferentes famílias de consolas P3D e PRM que são automaticamente guardadas na árvore do projeto. Durante a criação e configuração de uma consola (largura, marca e nome atribuído), o programa gera automaticamente tipos de consolas armazenando-os à família respetiva. Por exemplo, se o engenheiro métodos cria um tipo de consola P3D, ele será guardada automaticamente na família de consolas P3D.

A diversidade de tipos de consolas de segurança armazenadas dentro do ficheiro Revit onde são realizadas as plantas de segurança do edifício permite utilizar várias vezes o mesmo tipo de consola para uma planta. A capacidade em armazenar muitos tipos de consolas num tempo reduzido leva à que as plantas de segurança sejam realizadas rapidamente e de uma forma cómoda.

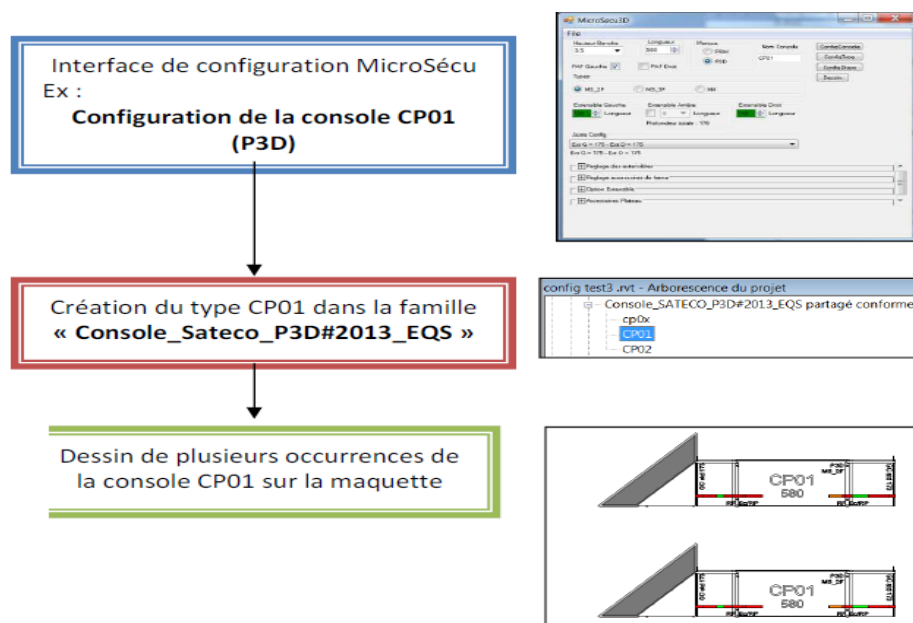


Figura 40 - Criação de tipos de consolas na aplicação MicroSécu3D [13]

4.2.6. CONFORME HABITAT SOCIAL

O sucesso da construção e a sua qualidade associada depende em grande parte de um projeto bem elaborado e concordante em todos os seus elementos. Para tal, a empresa Bouygues Habitat Social implementou a *Conforme Habitat Social*. A *Conforme* é um documento realizado inteiramente pelo Revit durante a fase de preparação da obra. Pode-se dizer que a *Conforme* corresponde à revisão e análise de projetos e que tem assumido uma importância significativa aparecendo devido ao facto da empresa pretender satisfazer da melhor forma os seus clientes dando um projeto e um produto final com maior qualidade.

A *Conforme* pressupõe a realização em fase de preparação da obra de um estudo e de uma análise exaustiva e rigorosa do projeto para que durante a fase de execução da obra tudo corra dentro do previsto na medida a evitar grandes erros de execução e que possam representar patologias na edificação. Estas poderão significar posteriormente a necessidade do dono de obra somar aos custos associados a construção da habitação também os custos relacionados com a manutenção.

A identificação de possíveis erros ou incoerências de projetos ainda antes do início dos trabalhos representa uma mais-valia para a empresa. Os erros detetados são eliminados e solucionados não prejudicando assim o correto desenvolvimento dos trabalhos em obra, dando assim uma maior probabilidade à empresa de respeitar o planeamento previsto em fase comercial com o cliente.

Uma das principais tarefas da *Conforme* consiste em verificar o cumprimento de diferentes normas ou regulamentos dos vários projetos técnicos (estruturas, térmico, acústico, acessibilidade das pessoas com mobilidade condicionada, etc..) e analisar a correta compatibilização entre eles.

A grande vantagem da plataforma informática é que ela permite a execução da *Conforme* num único ficheiro Revit evitando a diversidade de documentos facilitando o processo da gestão da informação.

A realização da *Conforme* fornece diversas plantas do projeto em que a análise e leitura destas permitem extrair rapidamente bastante informação dos estudos realizados em fase de projeto.

Um desenho compreensível e de fácil leitura ajuda as equipas de trabalhos a entender rapidamente o projeto, não criando dúvidas nele e diminuindo assim a possibilidade da ocorrência de erros durante a execução dos trabalhos.

A *Conforme* representa um documento bastante útil para o responsável do projeto e para as equipas de trabalhos onde se destacam as seguintes vantagens para cada um deles:

- **Responsável do projeto**
 - Garantir uma síntese dos projetos;
 - Maior facilidade em resolver possíveis dúvidas entre o arquiteto e o cliente;
 - Obter uma orçamentação da obra fiável;
 - Transmitir as equipas de trabalhos planos de execução.
- **Equipa de trabalhos de execução**
 - Ganhar tempo na preparação da obra;
 - Encomendar materiais e equipamentos necessários a obra diretamente a partir da plataforma informática;
 - Evitar erros ou más execuções na execução dos trabalhos;
 - Importante para seguir o avanço da obra.

A *Conforme* pressupõe a realização de várias ações relativas a diferentes elementos de construção com vista a melhorar a fase de execução dos projetos. De entre as várias tarefas a realizar enumeram-se e descrevem-se sucintamente o que se pretende fazer em cada uma delas:

- **Paredes em betão:** Identificação e diferenciação dos diferentes tipos de muros em betão através de uma representação por cores desses elementos na planta de arquitetura do edifício;
- **Paredes divisórias e isolamentos:** Realização de uma planta de arquitetura com a diferenciação por diferentes cores dos vários tipos de paredes divisórias e isolamentos;
- **Portas:** Todas as portas são etiquetadas com diversas informações sobre elas como o nome, a altura, a largura e a sua localização;
- **Janelas:** Etiquetadas com as mesmas informações que constam nas portas;
- **Revestimentos:** Todos os revestimentos dos compartimentos do edifício são identificados e diferenciados por cores proporcionando uma leitura fácil e eficaz dos diferentes tipos de revestimentos;
- **Radiadores:** Colocação e identificação de todos os radiadores verificando se a colocação nos diferentes locais é adequada não perturbando a disposição de todos os diferentes elementos. Na avaliação da disposição dos radiadores foi detetado e comunicado ao arquiteto a inadequada colocação de radiadores, estes estavam colocados à frente de várias portas janelas impedindo a passagem das pessoas por elas;
- **Colocação do mobiliário sanitário:** A colocação deste equipamento visa a garantir a correta configuração das casas de banho e verificar a existência de incumprimentos de regulamentos (respeito das normas das pessoas com mobilidade condicionada por exemplo);
- **Redes de tubagens:** Realização do projeto de saneamento das águas para a direção técnica das obras.

Na Figura 41 verificam-se todas as atividades anteriormente descritas aplicadas numa planta de arquitetura de um projeto.

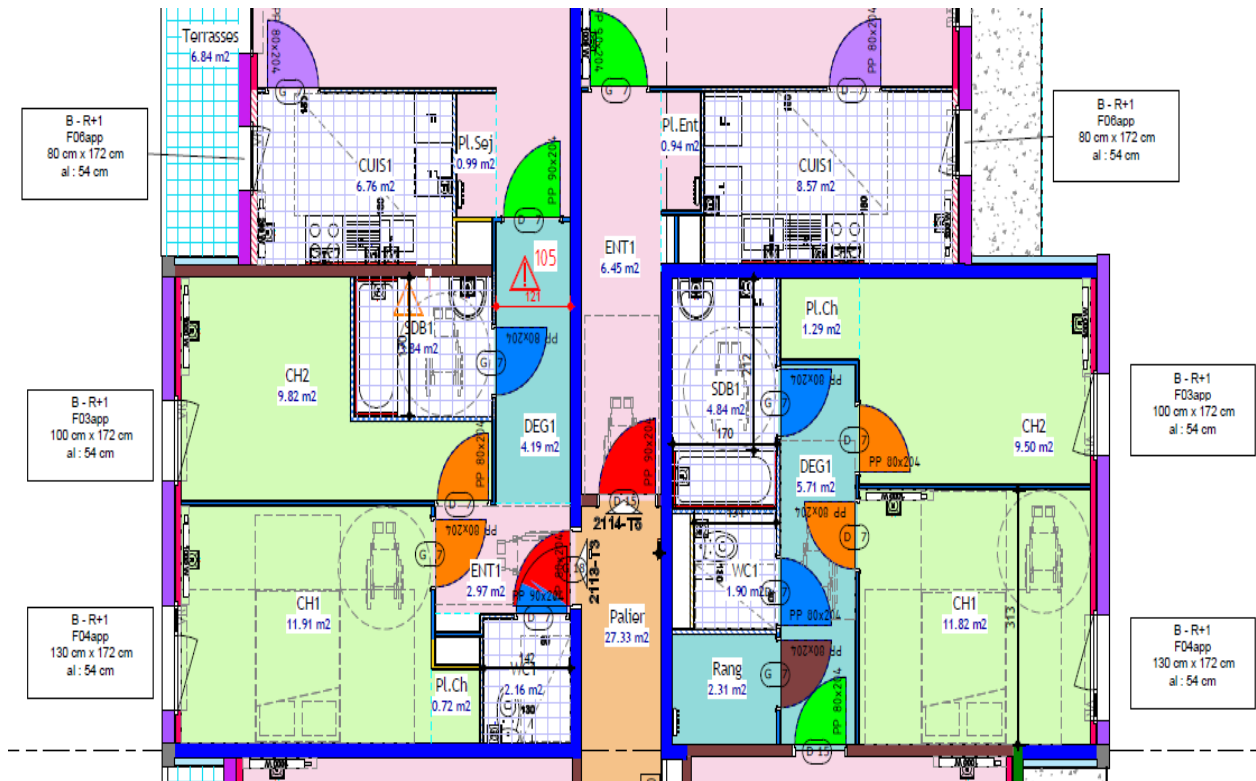


Figura 41 - Representação de parte da planta Conforme de um edifício [13]

A entrega das plantas Conforme às equipas de trabalhos é realizada seis semanas antes da montagem da grua. É válida para todos os projetos, tanto para um projeto que concorre para uma fase comercial como num projeto conceção/construção.

4.3. PROJETO FUTURO DA EMPRESA NUMA LIGAÇÃO PLM E BIM

Ao longo do ciclo de vida de um projeto, os arquitetos, dono de obra, empreiteiros, subempreiteiros e outras entidades envolvidas desenvolvem uma grande quantidade de informação que necessita de ser gerida. Deste modo, uma gestão eficaz da informação concebida e partilhada pelas diferentes entidades no processo construtivo potencia e melhora a produtividade das empresas obtendo assim ganhos de qualidade e redução de custos.

A possibilidade de criar uma ligação entre o *Product Lifecycle Management* (PLM) e o *Building Information Modeling* (BIM) representa uma solução vista a melhorar os serviços internos da empresa Bouygues HAS.

O PLM é um contexto bastante presente e utilizado noutros setores industriais como o automobilismo e a aviação mas ainda pouco recorrente no setor da construção. Deste modo, a empresa Dassault Systèmes sediada na região parisiense especializada na produção de programas informáticos PLM solicitou à Bouygues HAS a realização de um projeto comum que visa a introduzir uma tecnologia PLM na empresa Bouygues.

Um dos principais objetivos do projeto passa por avaliar a viabilidade da introdução de uma tecnologia PLM enquanto base de dados única dos projetos de construção. A tecnologia permitirá racionalizar as trocas entre os diferentes programas informáticos de cada interveniente, o que leva a empresa a trabalhar sob a forma de um nível BIM integrado, ou seja, trabalhando de uma forma mais organizada e colaborativa.

Este processo visa a manter a utilização do BIM para a realização dos projetos em que esta será incorporada dentro de uma tecnologia PLM que terá como principal objetivo coordenar e melhorar a gestão de toda a informação relativa aos projetos.

O primeiro passo de todo o processo inicia-se com a realização da maqueta 3D do projeto a construir por parte do arquiteto realizada no Revit, mais precisamente no *gabarits*. A modelação 3D será posteriormente importada para a nova plataforma informática PLM através do formato IFC que permite recuperar toda a geometria do edifício mas também todas as outras propriedades associadas aos objetos.

Deste modo, o formato IFC é visto como uma peça chave em todo o processo visto que ele permite realizar a ligação entre o programa informático BIM (o Revit) e a plataforma PLM da Dassault Systême fornecendo ao novo programa:

- Correta preservação da geometria 3D do edifício;
- Decomposição da maqueta numa estrutura de organização sob a forma de um *Product Breakdown Structure* (PBS) e um *Geographical Breakdown Structure* (GBS).

A exportação do formato IFC fornece a geometria do edifício onde se verifica que todas as propriedades visuais e posicionais dos diferentes elementos que constituem o edifício são salvaguardados.

O formato IFC permite igualmente fornecer a informação necessária para a criação de uma decomposição da maqueta 3D sob a forma de um *Product Breakdown Structure* (PBS) e de um *Geographical Breakdown Structure* (GBS).

A PBS representa uma estrutura de decomposição de um projeto de construção, onde se estabelece em diferentes níveis de subelementos a constituição de um edifício. Pode-se dizer que esta estrutura de decomposição constitui o esqueleto do projeto que se pretende construir.

A decomposição da PBS é realizada através da classificação Unifomat II da norma ASTM E1557-02. Este é um sistema de classificação para a organização de informações de construção, com principal destaque para os sistemas funcionais de um edifício organizados em uma ordem e sequência padronizada. Este sistema também figura na plataforma informática Revit, o que permite classificar todos os elementos segundo a classificação Unifomat II.

O quadro 2 apresenta a classificação Unifomat II para a infraestrutura, Superestrutura e os elementos interiores do edifício em três níveis distintos.

Quadro 2 - Classificação *Uniformat II*

ÉLÉMENTS DE TRAVAUX DE BÂTIMENT		
Niveau 1 Groupe majeur d'éléments	Niveau 2 Groupe d'éléments	Niveau 3 Éléments individuels
A INFRASTRUCTURE	A10 Fondations	A1010 Fondations standard A1020 Fondations spéciales A1030 Dalle inférieure
	A20 Construction de sous-sol	A2010 Excavation de sous-sol A2020 Murs de sous-sol
B SUPERSTRUCTURE ET ENVELOPPE	B10 Superstructure	B1010 Construction de plancher B1020 Construction de toiture
	B20 Enveloppe extérieure	B2010 Murs extérieurs B2020 Fenêtres extérieures B2030 Portes extérieures
	B30 Toit	B3010 Couverture B3020 Ouvertures de toit
C AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR	C10 Construction intérieure	C1010 Cloisons C1020 Portes intérieures C1030 Accessoires intégrés
	C20 Escaliers	C2010 Construction d'escaliers C2020 Finitions d'escaliers
	C30 Finitions intérieures	C3010 Finitions de mur C3020 Finitions de plancher C3030 Finitions de plafond

A GBS demonstra por seu turno uma decomposição do projeto que permite fornecer ao utilizador a informação relativa a localização espacial de todos os diferentes elementos que constituem um edifício. Por exemplo, a GBS permite identificar em que andar e em que compartimento do edifício se situa um determinado muro exterior.

Os conceitos PBS e GBS possuem informação sobre todas as características e propriedades dos diferentes elementos de um projeto à exceção das informações relativas à geometria de cada elemento. A ligação entre a geometria de um elemento e a sua informação localizada na PBS será realizada através de um TAG. Este estará presente tanto na PBS como em todas as *shapes* (geometrias) criadas para a realização do projeto.

A vertente PLM deste projeto comum entre as duas empresas está impulsionada com a implementação da ferramenta colaborativa Enovia da empresa Dassault Systèmes que permite uma gestão eficaz da informação para todos os intervenientes do processo construtivo.

Este modelo de gestão da informação vem dar uma nova dinâmica no processamento de informação na empresa Bouygues, fornecendo uma permuta de informação mais rápida e segura representando um benefício evidente em toda a atividade de gestão da informação.

No modelo de gestão de informação Enovia existem funcionalidades importantes que contribuem para um correto funcionamento destes sistemas destacam os seguintes benefícios:

- Criação de um *Work Breakdown Structure* (WBS) representativa das diferentes tarefas que são necessárias realizar para um projeto;
- Definição de uma *Organizational Breakdown Structure* (OBS) que permite enumerar os diferentes intervenientes que irão trabalhar no desenvolvimento de um projeto;
- Definir estatutos ou posições hierárquicas das pessoas relativamente a um projeto;

- Criar tarefas para cada pessoa onde se pode verificar em tempo real em que ponto está o seu desenvolvimento;
- Controlo permanente do estado de evolução dos diferentes projetos;
- Realização de um planeamento de um projeto nas diferentes fases do processo construtivo;
- Capacidade de armazenamento de documentos;
- Possibilidade de permitir o acesso ou não de documentos por parte de diferentes pessoas;
- Edição de documentos para diferentes utilizadores;
- Colaboração entre todos os intervenientes do projeto.

Existe portanto uma série variada de funcionalidades que contribuem para a eficiência da gestão da informação, da comunicação entre os intervenientes e de todo o processo organizacional necessário para a realização das tarefas que envolvem um projeto.

Em suma, a empresa Bouygues acredita que um eficiente modelo de informação na gestão de projetos de construção permite reduzir tempos e custos, aumentar a produtividade de uma empresa devido a melhoria da integração e comunicação interna, e sobretudo uma maior eficiência e rapidez na elaboração de projetos.

5

Estudo de Caso

5.1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O estudo de caso apresentado nesta dissertação representa uma obra de construção de um edifício no município de Fleury Mérogis localizado a Sul de Paris na região da Essonne. É uma obra de 6 972 170€ referentes a um empreendimento com 5 andares (R/C+4) e mais um piso de subsolo destinado a garagens com 70 lugares de estacionamento. O edifício contém um total de 69 fogos, tendo cada um uma área média de 65 m².

O dono de obra é a *Immobilier 3F*, uma promotora imobiliária presente em todo o território de França, o arquiteto do projeto é a *Baudouin Bergeron Architectes*.



Figura 42 - Perspetiva arquitetónica do projeto [13]

No quadro 3 apresentam-se as principais características gerais deste projeto:

Quadro 3 - Características principais do projeto

Dono de Obra	Immobilière 3F
Projeto e Fiscalização	Baudouin Bergeron Architectes
Volume do negócio	6 972 170€
Duração global prevista	17,5 meses
Duração contratual	25 meses
Cércea	R/C+4
Número de fogos	69
Número de aparcamentos	70
Níveis de Subsolo	1
Superfície habitável	4358 m ²
Exigências acústicas	Regulamentares (DnT,A,tr mínimo= 30dB)

5.2. MODELAÇÃO 3D DA MAQUETA FLEURY MÉROGIS

5.2.1. PROCEDIMENTOS PARA A REALIZAÇÃO 3D DO PROJETO

Por forma a tornar o seu estudo preciso, eficaz e com maior qualidade o engenheiro de orçamentação recorre ao programa informática Revit, mais precisamente ao *template Etudes de Prix* para a modelação 3D do projeto. No presente estudo de caso, foi mesmo ele a conceber a primeira maqueta 3D do projeto no Revit sendo que o arquiteto apenas realizou o projeto em plantas 2D em Autocad ou por um outro programa informático em três dimensões (Archicad ou Sktechup).

Por forma a demonstrar a metodologia da realização da maqueta 3D em Revit do projeto Fleury Mérogis são resumidos sucintamente os pontos principais a realizar:

- 1) **Verificação dos níveis/alturas de cada piso** – Abrindo o ficheiro Revit a primeira etapa a realizar é a definição dos diferentes níveis do projeto, isto é, o número de andares dos edifícios e a altura de cada piso (altura parede mais a espessura da laje (Figura 43).

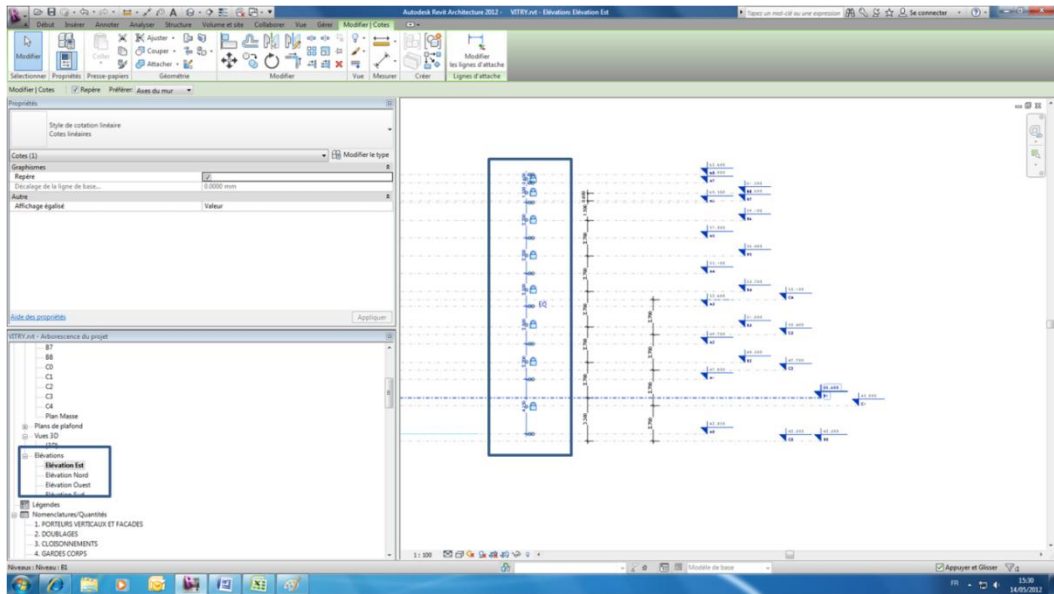


Figura 43 - Representação no Revit da definição e quantificação dos andares do edifício (Fonte: autor)

- 2) **Importação do ficheiro CAD para o Revit e limpeza dos dados importados** – Nesta fase é importado o ficheiro CAD do projeto de arquitetura de Fleury Mérogis servindo de base para a definição dos limites de cada elemento construtivos do projeto (Figura 44).

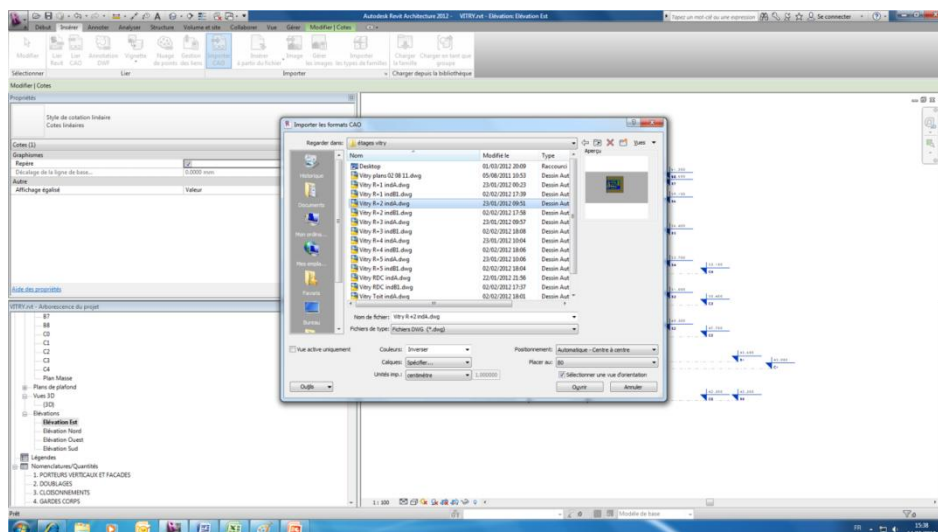


Figura 44 - Importação do ficheiro CAD para o Revit (Fonte: autor)

Depois de carregado o ficheiro CAD na plataforma de modelação Revit é importante obter unicamente os dados úteis do projeto. É portanto necessário eliminar a informação desnecessária do ficheiro CAD (Figura 45).

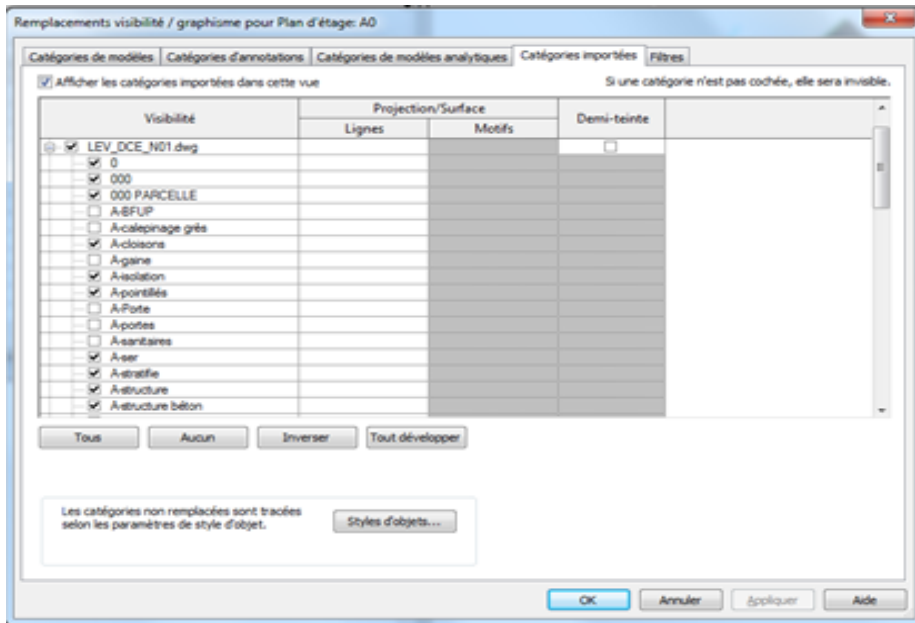


Figura 45 – Janela identificando a possibilidade de eliminar informações desnecessárias do projeto (Fonte: autor)

A janela acima permite suprimir as representações 2D que não precisamos, no separador “*Catégories importées*” (categorias importadas) pode-se ver todos os ficheiros CAD importados. Regra geral para a modelação de um edifício são necessários os desenhos 2D associados à estrutura, isolamentos, divisórias e caixilharias;

- 3) **Modelação das paredes** – Para a realização das paredes do edifício basta seleccionar um tipo de parede pretendido da biblioteca do *template* e desenhar por cima das plantas Autocad anteriormente importadas onde são representadas as paredes. Todas as paredes (interiores ou exteriores) são desenhadas da seguinte forma (Figura 46):
 - Parte inferior da parede a apoiar por cima da laje do pavimento;
 - Parte superior da parede para até ao teto da laje.

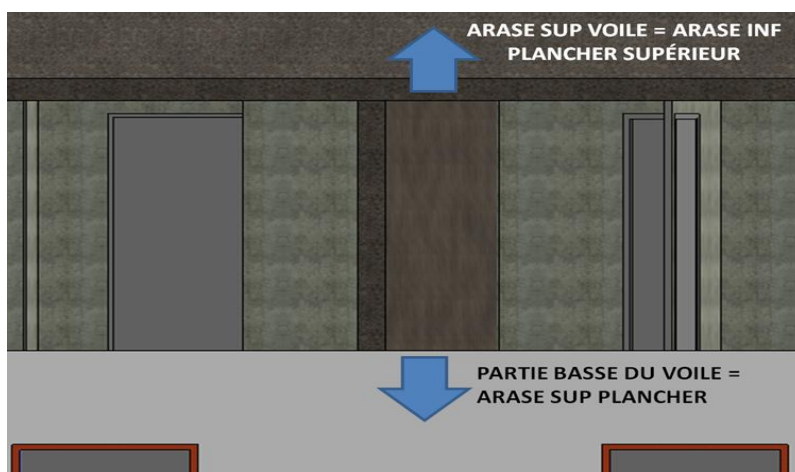


Figura 46 - Representação da influência de uma parede [13]

- 4) **Desenho de portas e janelas no modelo 3D** – Da mesma forma que as paredes, os tipos de portas ou janelas selecionam-se em cada uma das famílias. Em muitos casos é necessário criar novos tipos de janelas para cada projeto porque a sua configuração é muito variável, dependendo da geometria que o arquiteto pretende para o seu projeto. As portas e as janelas são desenhadas como elementos individuais (um por um). A colocação das portas e janelas (Figura 47 e 48) deve ser realizada logo depois da colocação das paredes visto que as medições associadas às paredes só são possíveis depois de realizar a inserção das suas aberturas (portas e janelas).

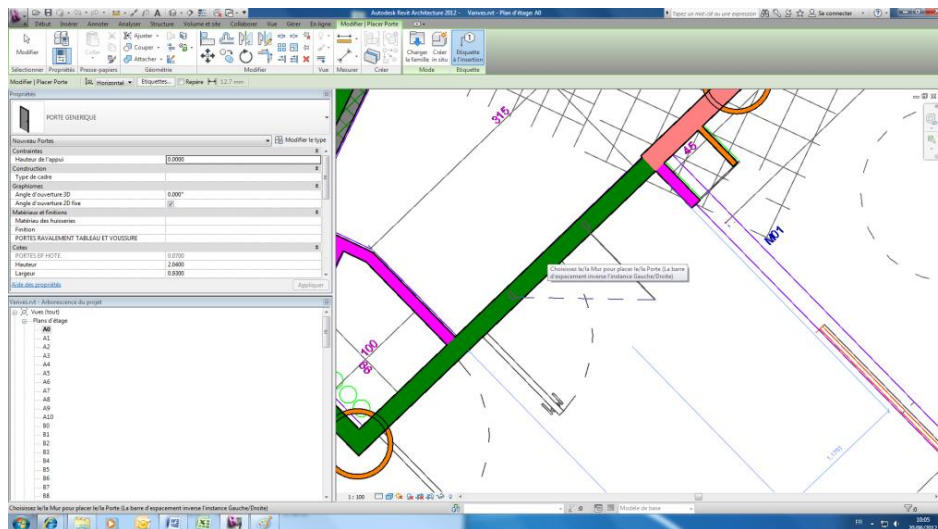


Figura 47 - Introdução de um tipo de porta no Revit (Fonte: autor)

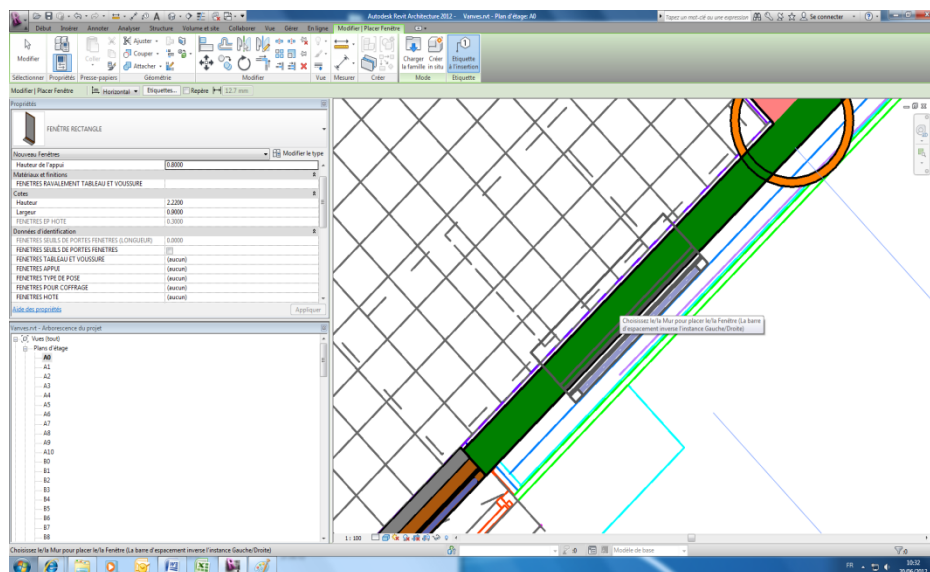


Figura 48 - Introdução de um tipo de janela no Revit (Fonte: autor)

- 5) **Desenho de pilares** – Na introdução de pilares é necessário regular a altura de cada um e definir a sua cota superior. Por defeito, diminui-se em 20 cm a sua altura (o que corresponde à espessura da laje);
- 6) **Desenho de lajes** – Considera-se que as lajes possuem uma área delimitada pelo limite exterior das paredes. Existem vários tipos de lajes variando por espessuras ou por material sendo que o material mais frequentemente utilizado nas obras da empresa é o betão armado;
- 7) **Desenho de vigas** – Na introdução das vigas no desenho seleciona-se o tipo de viga pretendido na biblioteca tendo em conta as suas dimensões e constituição.

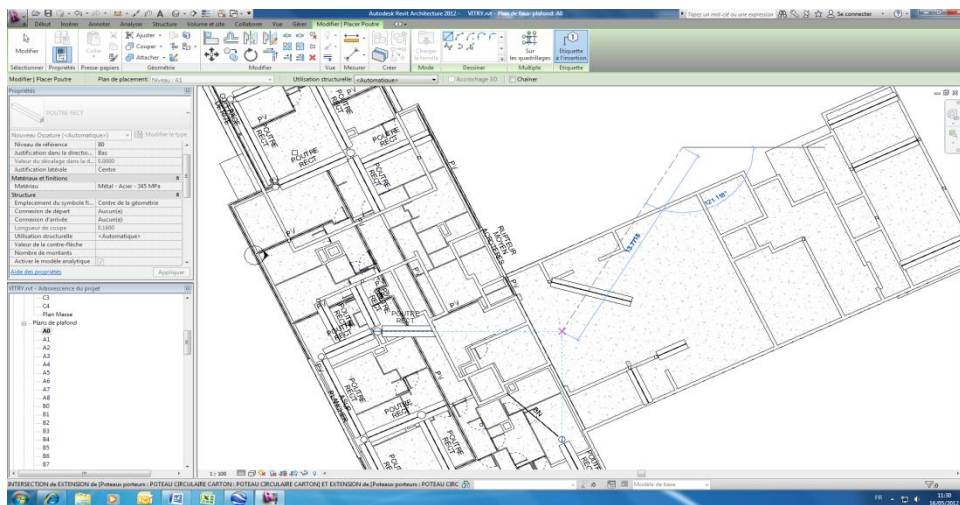


Figura 49 - Introdução de uma viga no desenho (Fonte: autor)

5.2.1. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS TOMADAS DURANTE A MODELAÇÃO 3D DO PROJETO

A modelação 3D do edifício realizada através da plataforma informática Revit define logo à partida que materiais e que soluções construtivas são definidos para os diferentes elementos de construção.

Numa primeira fase esse estudo é discutido e analisado entre o serviço comercial e de orçamentação que tentam em conjunto encontrar uma solução viável para a realização do projeto. Esta solução deve obrigatoriamente corresponder às pretensões económicas que o cliente está disposto a empregar no seu projeto.

A definição do modelo 3D do projeto realizada pelo serviço de orçamentação tem como base de suporte a conceção do arquiteto. Esta define todos os limites exteriores dos edifícios, a colocação dos elementos estruturais e a localização dos vãos.

Por exemplo, numa primeira fase de conceção o arquiteto não define os diferentes componentes de uma parede, ele só desenha uma parede com uma espessura indicada correspondendo à uma representação com LOD (*Level of Development*) baixo. O engenheiro de orçamentação tem como função dizer que materiais serão usados nessa parede (isolamentos, revestimentos, material da parede, caixa de ar, etc..) qual a solução construtiva adotada e quanto custa.

Após a primeira conceção geral da maqueta 3D do engenheiro, ele também pode propor várias soluções ao arquiteto e ao cliente por forma a procurar melhorar a qualidade do projeto e reduzir os seus custos.

A modelação e a conceção do projeto têm de garantir que todas as opções tomadas para a realização do projeto garantem a realização dos trabalhos de uma forma eficaz preservando os aspetos ambientais e de segurança.

As principais opções construtivas tomadas para a modelação 3D no Revit são referenciadas nos pontos seguintes:

- **Fundações:** Neste projeto existem dois tipos de fundações constituídas por sapatas isoladas e sapatas contínuas;
- **Paredes de infraestruturas:** Serão realizadas paredes em betão de contenção periférica, estas são na maioria das vezes realizadas por subempreitadas;
- **Fachadas:** Neste projeto existe varias soluções construtivas para a realização das fachadas, existem zonas que são realizadas em tijolo, betão e outras executadas através do *Mur Bouygues* (parede Bouygues) que representa uma imagem de marca da empresa nas suas obras;
- **Revestimentos das fachadas:** Neste projeto existem zonas com revestimentos de pintura em monocamada e outras zonas com tijolos maciços de pequena dimensão a vista;
- **Paredes interiores:** As paredes interiores do edifício são em gesso cartonado e em betão sendo que estas possuem uma espessura de 16cm ou de 18cm;
- **Varandas:** Todas as lajes das varandas são maciças com uma espessura de 20cm;
- **Cobertura:** A cobertura do edifício é horizontal com uma laje em betão representando ser um terraço inacessível para os habitantes;
- **Janelas exteriores:** Todas as janelas do projeto são em PVC possuindo todas vidro duplo e uma caixa de estore;
- **Portas interiores:** As portas interiores de distribuição servindo de acesso aos diferentes compartimentos são todas em madeira.

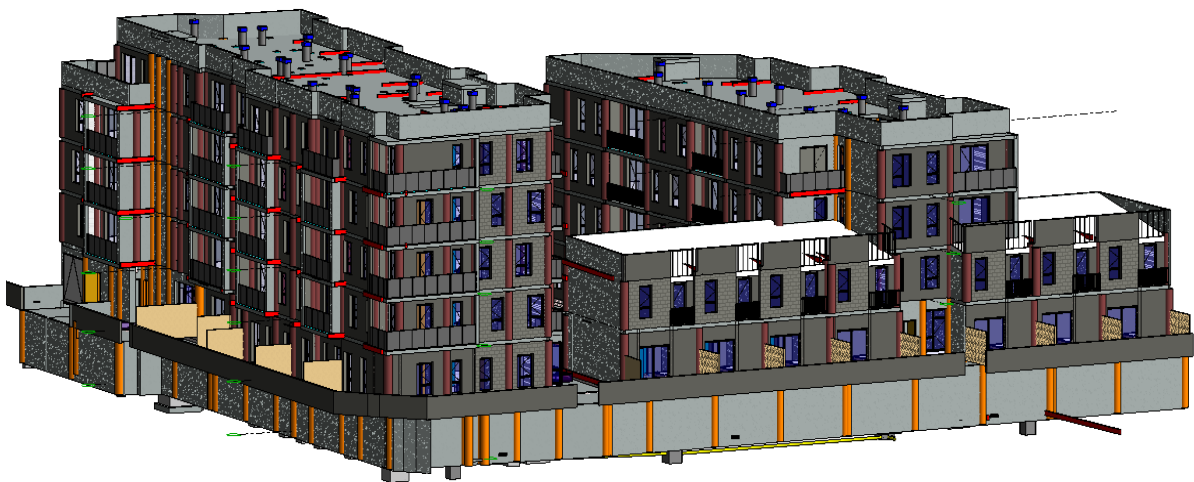


Figura 50 - Maqueta 3D Fleury Mérogis – Fachada Sul (Fonte: autor)

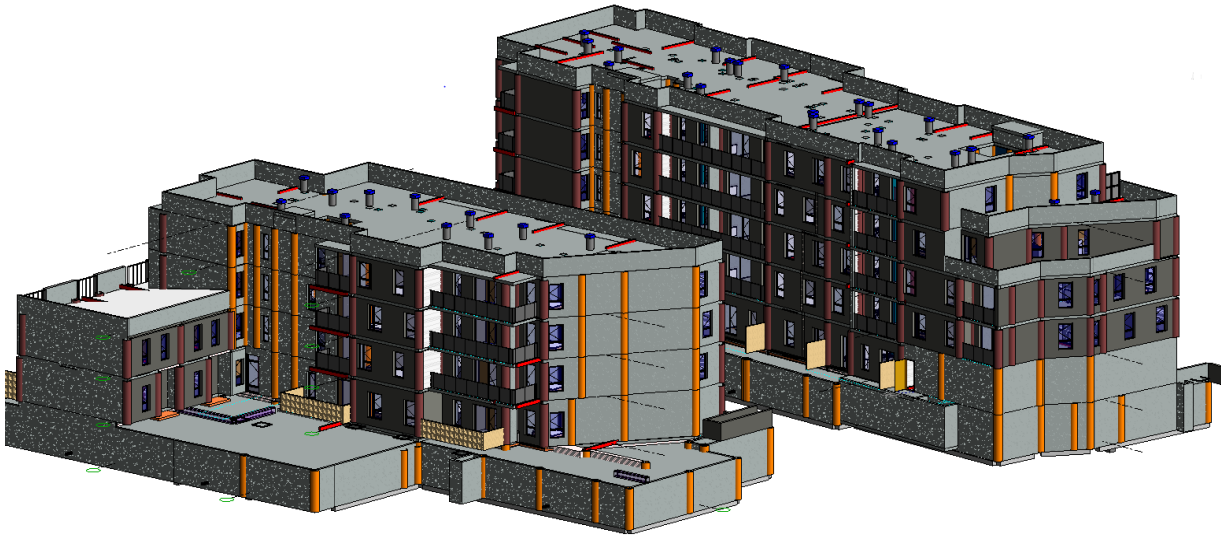


Figura 51 - Maqueta 3D Fleury Mérogis – Fachada Este (Fonte: autor)

A diversidade das fachadas aplicada neste projeto resultou de uma decisão tomada pela empresa para investigar a possibilidade de existirem várias soluções construtivas para a realização de um edifício. A empresa tentou também inovar nas suas obras com a colocação do *Mur Bouygues* (parede característica da empresa) na fachada tentando criar uma própria imagem de marca.

Numa tentativa de baixar o custo global da obra foi decidido em sintonia com o serviço comercial colocar chapas perfiladas servindo de cobertura do edifício para a fachada a sul. Essa zona está representada a branco na Figura 50.

5.3. ORÇAMENTAÇÃO A PARTIR DA APLICAÇÃO INFORMÁTICA DO REVIT

A orçamentação da estrutura do edifício é uma tarefa bastante importante e que integra a orçamentação global de todo o projeto por forma a criar uma proposta comercial a apresentar ao cliente em concurso público. Para tal, é necessário obter as medições corretas dos diferentes elementos construtivos dos trabalhos em betão, das necessidades de mão-de-obra, de equipamentos mecânicos e de todos os materiais de segurança necessários para uma correta execução dos trabalhos.

No capítulo 4 foi demonstrada a forma de obter medições de elementos construtivos de um projeto tendo como ponto de partida a aplicação informática Revit, utilizando o ficheiro Excel *Compil* para extrair através de filtragens, a informação das medições importantes para a posterior orçamentação.

Por forma a demonstrar a possibilidade de orçamentar um projeto através das ferramentas BIM será apresentada como forma de exemplo, a orçamentação das paredes de fachada de betão de um dos edifícios do projeto de Fleury Mérogis. Por questões de privacidade e confidencialidade não se poderá apresentar o preço de todos os elementos da obra constituindo o orçamento geral da obra.

Para a realização da orçamentação das paredes de fachadas em betão armado é necessário contabilizar a mão-de-obra e o material necessário. Os diferentes elementos que constituem o preço total da execução das fachadas em betão são os seguintes:

- Mão-de-obra para a betonagem, cofragem e a colocação das armaduras;
- Preço do betão;
- Preço das armaduras;
- Preço dos painéis de cofragem.

Todo o procedimento de orçamentação das paredes de fachada em betão através da aplicação informática inicia-se com a exportação das nomenclaturas Revit contidas no *gabarits* para um ficheiro Excel uma vez a maquete tridimensional terminada.

Posteriormente, estas são importadas para o ficheiro Excel *Compil*. A nomenclatura onde estão inseridas as diferentes medições das paredes de betão é chamada *Poteaux Porteurs*, correspondente a todos elementos estruturais verticais dos edifícios.

A realização dos filtros é realizada através da função BDSOMA que tem como objetivo extrair e organizar as medições do volume de betão, da área de cofragem e da quantidade de aço para os diferentes pisos do edifício. A Figura 52 representa todos os valores do volume de betão (m³) necessário para a realização das fachadas em betão em todos os diferentes pisos do edifício. A realização dos outros filtros não está demonstrada mas segue o mesmo princípio.

O valor do volume de betão representa o seu somatório em cada um dos pisos (representado pelo parâmetro *Niveau*) respeitando as seguintes condições definidas pelos parâmetros criados na nomenclatura Revit representadas em cada um dos filtros na Figura 52:

- A designação do elemento tem de se chamar parede de fachada (*Voiles de façades*);
- A sua função é exterior (*extérieur*);
- O tipo de parede não pode ser préfabricado (*préfa*);
- O tipo de parede tem de ser diferente de paredes préfabricadas (*prémur*);
- O tipo de parede tem de ser diferente de paredes de angulo (*lucarne*);
- O tipo de parede não pode ser de lajes inclinadas (*voiles brisis*).

78		ID Element		FONCTION	préfa	prémur		LUCARNE	VOILES BRISIS	NIVEAU
79	Volume voiles façades	51,3	Voiles de façade	Extérieur	↔Oui	↔Oui		↔Oui	↔Oui	A R+0
78		ID Element		FONCTION	préfa	prémur		LUCARNE	VOILES BRISIS	NIVEAU
79	Volume voiles façades	15,38	Voiles de façade	Extérieur	↔Oui	↔Oui		↔Oui	↔Oui	A R+1
78		ID Element		FONCTION	préfa	prémur		LUCARNE	VOILES BRISIS	NIVEAU
79	Volume voiles façades	34,82	Voiles de façade	Extérieur	↔Oui	↔Oui		↔Oui	↔Oui	A R+2
78		ID Element		FONCTION	préfa	prémur		LUCARNE	VOILES BRISIS	NIVEAU
79	Volume voiles façades	21,98	Voiles de façade	Extérieur	↔Oui	↔Oui		↔Oui	↔Oui	A R+3
78		ID Element		FONCTION	préfa	prémur		LUCARNE	VOILES BRISIS	NIVEAU
79	Volume voiles façades	10,57	Voiles de façade	Extérieur	↔Oui	↔Oui		↔Oui	↔Oui	A R+4

Figura 52 – Representação dos vários filtros realizados para a obtenção do valor do volume de betão (Fonte: autor)

O somatório das medições do volume de betão, da armadura e da área de cofragem obtidas através dos filtros realizados no ficheiro Excel *Compil* estão sintetizadas no quadro 4.

Quadro 4 - Medições obtidas para a realização das paredes de fachada em betão (Fonte: autor)

Elemento	Unidades	Quantidade
Volume total de betão	m ³	134,05
Área total de cofragem	m ²	1957
Armadura de alta aderência (diâmetros de 6 a 32mm)	Kg	3914
Trelisse soldadas	Kg	1859

Como é demonstrado na Figura 33, existem no ficheiro *Compil* vários separadores que representam a estrutura base da ferramenta informática *Polyval* (PQT Super, PQT Infra, PQT Fond etc..) representando a divisão do edifício por setores (Superestrutura, Infraestrutura, Fundações). Estas folhas de cálculo irão receber as medições obtidas pelos filtros. As quantidades do quadro 5.3 irão ser transferidas para a folha de cálculo PQT Super (*Polyval* quantidades Superestrutura) visto que as paredes de betão das fachadas se situam na superestrutura.

Deste modo, identifica-se que existe uma associação automática realizada por uma macro entre o parâmetro *Niveau* (nível) indicando os diferentes pisos do edifício e os diferentes setores que constituem a estrutura básica da ferramenta *Polyval* (Infraestrutura, Superestrutura, Fundações, etc..).

Depois de preenchidas as folhas de cálculo Excel dos setores da estrutura do *Polyval*, as medições que nelas estão contidas servem de base para o preenchimento de um outro separador do ficheiro *Compil* (PQT.pqt). Esta folha contém toda a estrutura e as diferentes atividades que a ferramenta informática de orçamentação *Polyval* possui.

Finalmente para chegar ao preço desejado é necessário inserir a folha excel (PQT.pqt) para o *Polyval* que fornecerá o preço descritivo das paredes de fachada em betão.

O quadro 5 representa a orçamentação das fachadas de betão do edifício do projeto de Fleury Mérogis no *Polyval*, nele podemos verificar as seguintes informações:

- Identificação das diferentes tarefas a realizar para a execução das fachadas em betão;
- Descrição do material necessário aplicar;
- Quantidades dos materiais a empregar;
- Tempos unitários da mão-de-obra para a realização das diferentes tarefas que compõe a fachada em betão;
- Adição dos preços por unidade de material (€/m³ por exemplo);
- Adição do preço por hora da mão-de-obra (€/h);
- Percentagens das perdas dos materiais durante a realização das fachadas;
- Preço total da realização de cada uma das tarefas.

Quadro 5 - Apresentação dos preços e das quantidades na ferramenta de orçamentação *Polyval* [13]

				Pu (EUR)	Total (EUR)
0150	VOILE DE FACADES BETON		134.05 M3	129.57	17 369 75 HR 0.56 Tu

134.05 M3					76 HR 0.56 Tu
TCV	Main d'oeuvre cycle verticaux = CFTBVS	0.56 HR	x 33.72	18.88	
C25F1J	BETON BPS - Xf1 - C25/30 - S3 - 20.0 - NF EN 206-1 - CPJ	1.00 M3	x 108.83 + 1.70 %	110.68	
0160	VOILE DE FACADE COFFRAGE <3.35 HT		1 957.00 M2	6.07	11 879 352 HR 0.18 Tu

1 957.00 M2					354 HR 0.18 Tu
TCV	Main d'oeuvre cycle verticaux = CFTCVS	0.18 HR	x 33.72	6.07	
CBAN	Compteur banche infra / super	1.00 M2Cof	x 0.00	0.00	
0220	VOILE DE FACADE ACIER HA		3 934.00 KG	1.99	7 829 157 HR 0.04 Tu
Mètreur : HA = 4 KG/M2					

3 934.00 KG					157 HR 0.04 Tu
TCA	Main d'oeuvre cycle aciers	0.04 HR	x 33.72	1.35	
ALHAB	Acier - Rond à Béton Haute Adhérence - Moyenne des Prix du Diamètre 6 à 32	1.00 KG	x 0.58 + 10.00 %	0.64	
0230	VOILE DE FACADE TREILLIS SOUDES		1 859.00 KG	1.75	3 253 56 HR 0.03 Tu
Mètreur : TS = 1.9 KG/M2					

1 859.00 KG					62 HR 0.03 Tu
TCA	Main d'oeuvre cycle aciers	0.03 HR	x 33.72	1.11	
TS09	Treillis soudés anti fissuration - PAF V	1.00 KG	x 0.62 + 3.50 %	0.64	

Em suma, o preço tratado para a realização das paredes de fachada em betão no projeto é igual a:

$$\text{Preço fachadas em betão} = \text{€ betão} + \text{€ cofragem} + \text{€ armadura} + \text{€ treliças soldadas} \quad (2)$$

$$\text{Preço fachadas em betão} = 17369 + 11879 + 7829 + 3253 = 40.330,00 \text{ €} \quad (3)$$

5.4. PLANTA DE ORGANIZAÇÃO DO ESTALEIRO EM FASE COMERCIAL – PIC 3D

A planta de organização do estaleiro é um documento importante que traduz toda a organização da empresa para a realização dos trabalhos. Como já foi referido no subcapítulo 4.2.4, em fase comercial é realizado um PIC 3D através da ferramenta Revit com o objetivo de apresentar ao cliente o impacto que a obra cria no meio ambiente. A visualização em três dimensões do arranjo físico do estaleiro facilita o entendimento das diferentes condicionantes existentes na obra para todos os intervenientes.

A execução da maquete é realizada com base na planta de organização do estaleiro em 2D, ou seja, o documento em Autocad é importado para um ficheiro Revit servindo de suporte para a definição dos limites do terreno e de todos os objetos que constituem o estaleiro. O PIC 3D não apresenta o mesmo

rigor que a tradicional planta 2D em Autocad, a sua função é puramente comercial não podendo ser de modo algum um documento útil para as equipas de trabalho na fase preparação da obra.

Na maioria das vezes o PIC 3D é constituído pelos seguintes elementos:

- Grua;
- Edifícios vizinhos existentes (representados a cor azul);
- Superestrutura dos edifícios a construir (a cor vermelha);
- Localização da zona de carga e descarga dos camiões (*aire de livraison*) representada por um camião no desenho;
- Vias rodoviárias de acesso ao estaleiro;
- Monoblocos para escritórios e vestiários dos trabalhadores;
- Identificação das zonas de armazenamento de material;
- Entrada e saída do estaleiro.

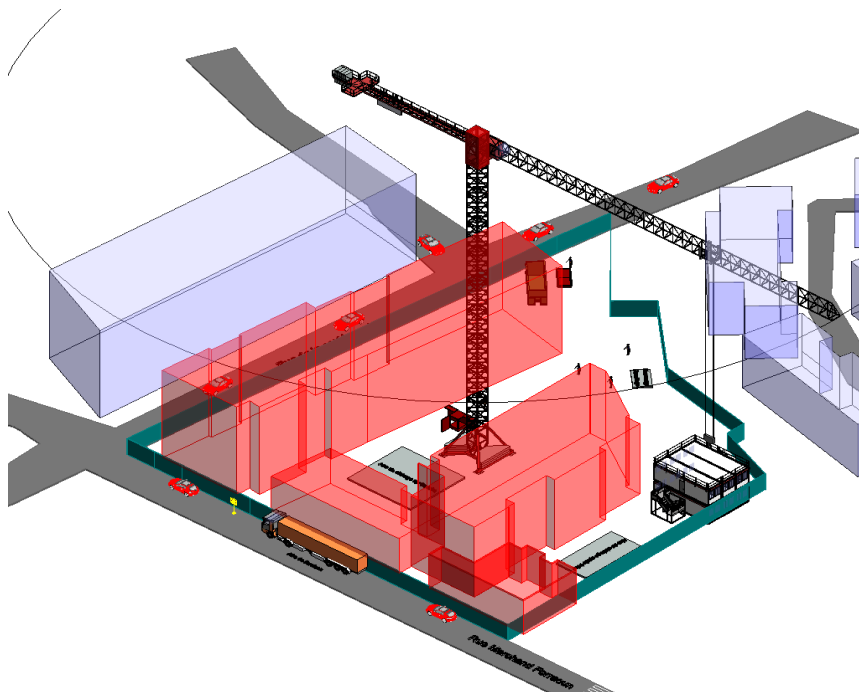


Figura 53 - Representação do PIC 3D do projeto Fleury Mérogis (Fonte: autor)

5.4.1. LOCALIZAÇÃO E ESCOLHA DA GRUA

Nos dias de hoje, a grua representa talvez o equipamento mais importante na construção de um edifício pois ela é que marca os ritmos de avanço da obra.

A sua localização no estaleiro é um fator essencial. O ideal seria implementar a grua numa zona mais central possível relativamente aos edifícios a construir e num local sem qualquer construção.

Neste caso, a grua deve poder carregar no mínimo 3 toneladas sobre todos os diferentes locais da obra em que ela atua, principalmente nas zonas de superestruturas onde será necessário suportar o peso dos painéis de cofragem para a betonagem dos muros em betão. Quanto menos centralizada estiver a grua relativamente à obra a construir, maior terá de ser a lança, e quanto maior a lança menor é a

capacidade da grua na sua extremidade. Deste modo, a grua terá de ser maior para conseguir suportar 3 toneladas num maior comprimento de lança levando a um maior custo.

Para o presente estudo de caso, a grua escolhida em fase comercial foi a MDT175D com 45 metros de lança, localizada no meio dos dois maiores edifícios a construir, numa zona muito centralizada do estaleiro conseguindo cobrir a totalidade da obra.

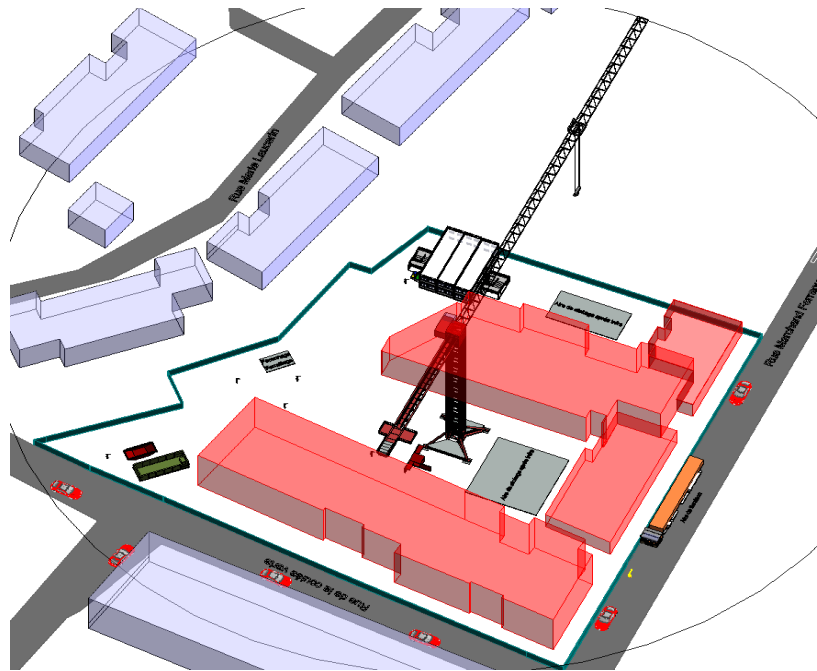


Figura 54 - Demonstração que a grua está centralizada em relação ao estaleiro (Fonte: autor)

As principais características da grua são resumidas no quadro 6.

Quadro 6 - Quadro resumo das principais características da grua MDT175D [13]

Type de grue: MD 175B / Nom de grue: G1					
Type de base: ZD46A					
Support de base: Plots					
Longueur de flèche: 45.00 m					
Longueur de contre-flèche: 13.00 m					
Type de chariot: 8T DM / Distance charge max chariot: 21.20 m					
HSC: Hors Plots (HT Liaison) + 1.00 (HT Base) + 35.00 (HT Mât) + 130 (HT Pivot) - 2.70 (HT Chariot) = 34.6 m					
Tableau des charges:					
Flèche (en m)	25	30	35	40	45
Charge (en T)	6.6	5.3	4.5	3.8	3.35

A altura da grua para além de ser um fator que condiciona o seu custo também tem de ser controlada relativamente ao controlo da segurança. A altura mínima sob o gancho de uma grua é calculada em função de regras de segurança referidas no capítulo 3, relacionadas com as distâncias mínimas de edifícios existentes, o nível da base da grua e a laje de cobertura do edifício que corresponde ao último

nível de trabalho do edifício. A Figura 55 representa a forma como foi calculada a altura indispensável para trabalhar no último nível.

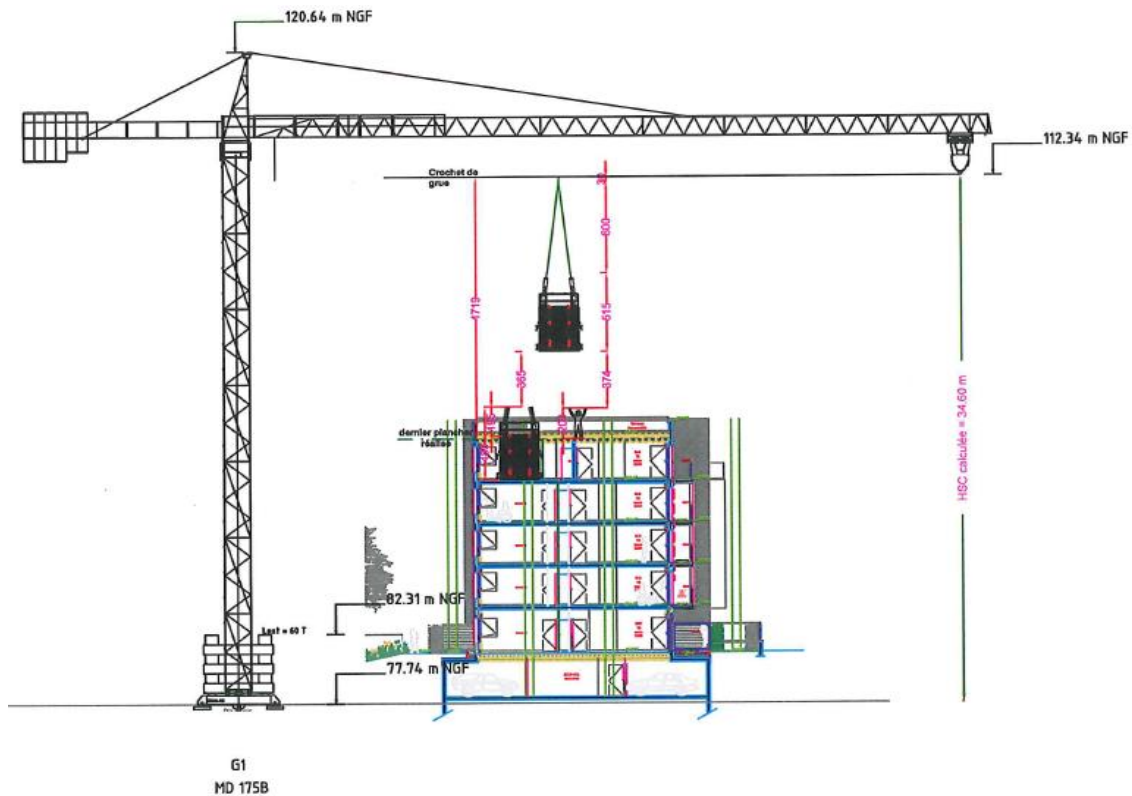


Figura 55 - Altura mínima sob o gancho da grua [13]

Para a obtenção desse valor foi tida em conta a altura dos trabalhadores, a altura dos painéis de cofragem, os comprimentos dos cabos de elevação, uma tolerância e um valor que corresponde à possibilidade de existir uma *banche* (painel de cofragem) pousada no último piso. Este último valor é tido em conta por forma a evitar que durante a carga de um material, esse mesmo não choque com um painel de cofragem pousado no último nível de trabalho. A soma de todos estes valores resulta numa distância de 17,19 metros a garantir entre a última laje a executar e o gancho da grua.

Depois de calculado esse valor resta verificar que a altura do gancho da grua relativamente a todos os edifícios adjacentes é superior a 3 metros. Estando as fundações da grua a uma cota de 77.74 m e a cota sob o gancho correspondente à 112.34 m, obtém-se um valor de 34.60 metros de altura do gancho da grua. Sabendo que os edifícios existentes na periferia do terreno a construir têm uma cêrcea máxima de R/C+4 e se for dado um valor de pé-direito de segurança de 3,00m para cada um dos pisos dos diferentes edifícios obtém-se uma altura total de 15,00 metros. Portanto verifica-se que o gancho da grua ultrapassa os 3 metros de segurança.

5.4.2. OUTROS ASPETOS RELEVANTES DO ESTALEIRO EM FASE COMERCIAL

As áreas para execução das armaduras e de armazenamento são função da área disponível do terreno a construir. No caso de um estaleiro conter pouco espaço para a arrumação de material, todos os espaços são aproveitados para armazenar em obra o máximo de material possível evitando entregas pontuais de materiais para a realização de determinadas tarefas. A localização destes espaços tem que ser obrigatoriamente acessíveis pela grua. Neste projeto esta condição foi respeitada existindo duas áreas de armazenamento de material e uma área mais específica para as armaduras.

A vedação do estaleiro e a proibição da entrada de pessoas estranhas na obra é obrigatória em França (à semelhança do que sucede em Portugal). A vedação define a totalidade do espaço definido para a construção e a área em que podem circular cargas.

O espaço reservado para as instalações sociais é obrigatório em todas as obras de construção cívil em França portanto ele figura na planta de organização do estaleiro em fase comercial. Na visita realizada ao terreno foi possível avaliar todo o estaleiro a construir, incluindo o espaço onde poderiam ser colocados os monoblocos.

Essa escolha deve tomar em consideração alguns elementos existentes como as redes de saneamento, redes de água, redes de eletricidade, árvores e qualquer outro elemento que possa condicionar a implantação dos monoblocos num dado local.

Provê-se portanto para as instalações sociais a colocação de um total de 6 contentores sendo que três deles estão sobrepostos formando dois pisos elevados (R/C+1). Esta sobreposição de monoblocos é uma solução viável e recorrente em obras com espaço reduzido. Os 6 monoblocos previstos pretendem responder a uma previsão inicial de cerca de 30 trabalhadores diários no estaleiro.

5.5. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

A apresentação do edifício é uma das tarefas que o serviço métodos executa para a realização do documento *préanalyse*. Nesse documento, todas as particularidades da obra são identificadas tornando a leitura do projeto mais fácil para a execução da obra.

O engenheiro métodos ao receber a maquete BIM realizada em fase comercial pelo serviço de orçamentação adequa-a às tarefas que ele tem de realizar. Uma das primeiras alterações realizada na maquete 3D é a alteração visual de todas as fachadas do edifício através de diferentes cores. Cada uma destas cores representa um método construtivo diferente para a realização da fachada.

Torna-se assim possível identificar de uma forma imediata, os materiais que constituem as diferentes zonas das fachadas e projetar as necessidades de segurança e os procedimentos das tarefas a realizar para a execução dos trabalhos de fachadas.

Por exemplo, se uma fachada for identificada como sendo em betão, o engenheiro de métodos saberá que será necessária a utilização de consolas para a segurança dos trabalhadores e de painéis de cofragem para a realização de cofragem das paredes. Ao contrário, as paredes representadas em tijolo terão que prever a instalação de andaimes para a execução dos trabalhos.

A diversidade dos métodos construtivos das fachadas ao longo de todo o seu perímetro exterior representa uma das principais particularidades deste projeto que é demonstrada na Figura 56.

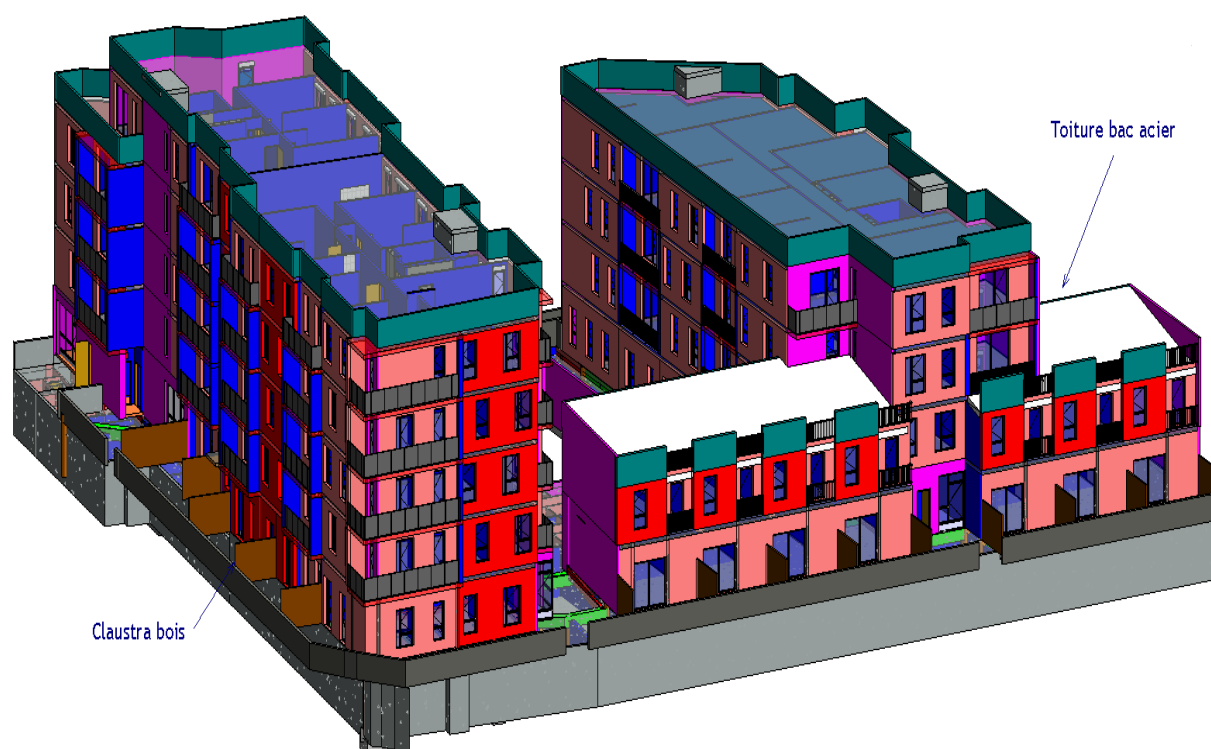


Figura 56 - Representação do edifício adequada à perspectiva e análise do engenheiro métodos (Fonte: autor)

A representação a cor branca do telhado da fachada a sul (Figura 56) indica que este é constituído por chapas perfiladas mais conhecidas por “painel sandwich”. O facto de o telhado ter esta constituição representa uma particularidade a não ignorar quando for executado todo o trabalho de betonagem e cofragem dos muros e das lajes na periferia dessa zona. A aplicação das chapas perfiladas só será executada no fim de todos os trabalhos, o que pode representar um problema relevante aquando da colocação e coordenação dos diferentes equipamentos necessários para a execução das paredes.

O facto de as varandas possuírem uma distribuição irregular, ao longo das diferentes zonas de fachadas do edifício constitui uma das particularidades do projeto. Esta organização descontínua das varandas representa um aspeto a não desprezar visto que pode constituir um impacto importante em relação à preservação da segurança dos trabalhadores.

5.6. MÉTODOS CONSTRUTIVOS

A análise e a definição dos métodos construtivos adotados em obra são em parte da responsabilidade do serviço métodos constituindo um dos estudos que compõe o documento *préanalyse* elaborado na fase de preparação da obra. Neste subcapítulo são identificadas sugestões e metodologias de processos de construção em zonas peculiares da obra. São apresentados os procedimentos de construção e as vantagens que o Revit fornece.

Como já foi dito no subcapítulo da apresentação dos edifícios, a diversidade dos métodos construtivos das fachadas é uma particularidade da obra que representa um aspeto que o engenheiro de Métodos tem de resolver e identificar formas de as executar de uma forma eficaz e segura. A representação 3D fornece uma representação que torna mais fácil a identificação de problemas ou condicionantes.



Figura 57 - Representação geral da fachada oeste do edifício com os diferentes métodos construtivos utilizados
(Fonte: autor)

Um dos pontos que suscitou particular interesse e que foi identificado através do desenho 3D do edifício foram as zonas de fachadas das varandas mais concretamente as paredes laterais das varandas que servem de sombreamento para as janelas. Estas possuem um comprimento muito reduzido e nas quais se torna difícil instalar e coordenar todo o material de segurança e de cofragem para uma correta betonagem das paredes.

Devido a esse facto decidiu-se que as paredes nessas zonas seriam pré-fabricadas em betão, ou seja, serão realizadas em fábrica e colocadas no local através da grua precavendo assim a segurança dos trabalhadores e assegurando uma correta coordenação dos diferentes equipamentos necessários para os trabalhos a realizar nas fachadas.

O Revit com uma ilustração em três dimensões constitui uma ferramenta útil ao facilitar a comunicação e interpretação entre os diferentes intervenientes. Na Figura 58 com a cor verde é ilustrado que as paredes são prefabricadas em betão. O rosa significa que as fachadas irão ser executadas em tijolo.

Além dessa percepção visual dos diferentes métodos construtivos adotados nessa zona também é fornecida pela aplicação informática a noção do pouco espaço disponível para a coordenação de todo o material necessário para a realização das fachadas.

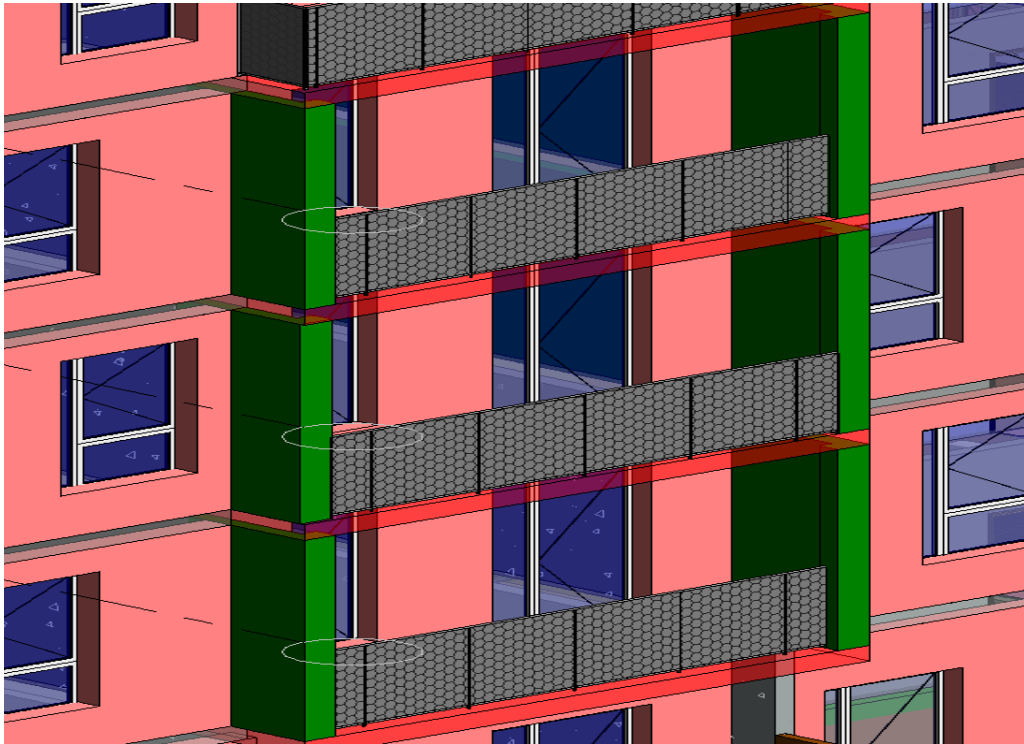


Figura 58 - Representação no Revit dos elementos pré-fabricados em betão nas zonas das varandas (Fonte: autor)

Na maioria dos projetos o engenheiro métodos realiza um estudo sobre os processos de execução das vigas. Esta análise integra igualmente o documento *préanalyse*. A viga é um elemento estrutural que pode ser dimensionado e executado em obra de várias formas, o que leva a que os seus processos de execução sejam bem pensados de modo a garantir uma correta produtividade e segurança dos trabalhadores em obra.

Os processos de execução das vigas podem ser definidos através da plataforma informática. O Revit é uma ferramenta útil para este efeito, ao fornecer automaticamente o peso de cada uma das vigas do projeto através da parametrização da família viga. Nela existem parâmetros definidos por fórmulas matemáticas que permitem obter o peso em toneladas de cada uma das vigas presentes no projeto.

Em função do seu peso, pode-se determinar se a viga deverá ser pré-fabricada ou betonada *in-situ* em função do local e da capacidade de carga da grua na obra.

A diferenciação do processo construtivo para as vigas define-se através de uma formatação automática por cores. A Figura 59 identifica que cada viga do projeto, indicando o seu tipo (as suas dimensões) e o seu peso total. São representadas a cor vermelha as vigas betonadas *in-situ* e a verde as vigas pré-fabricadas. Esta representação constitui um auxiliar útil para a execução dos trabalhos diminuindo os erros de execução e tornando fácil a interpretação dos processos de construção a realizar para as vigas.

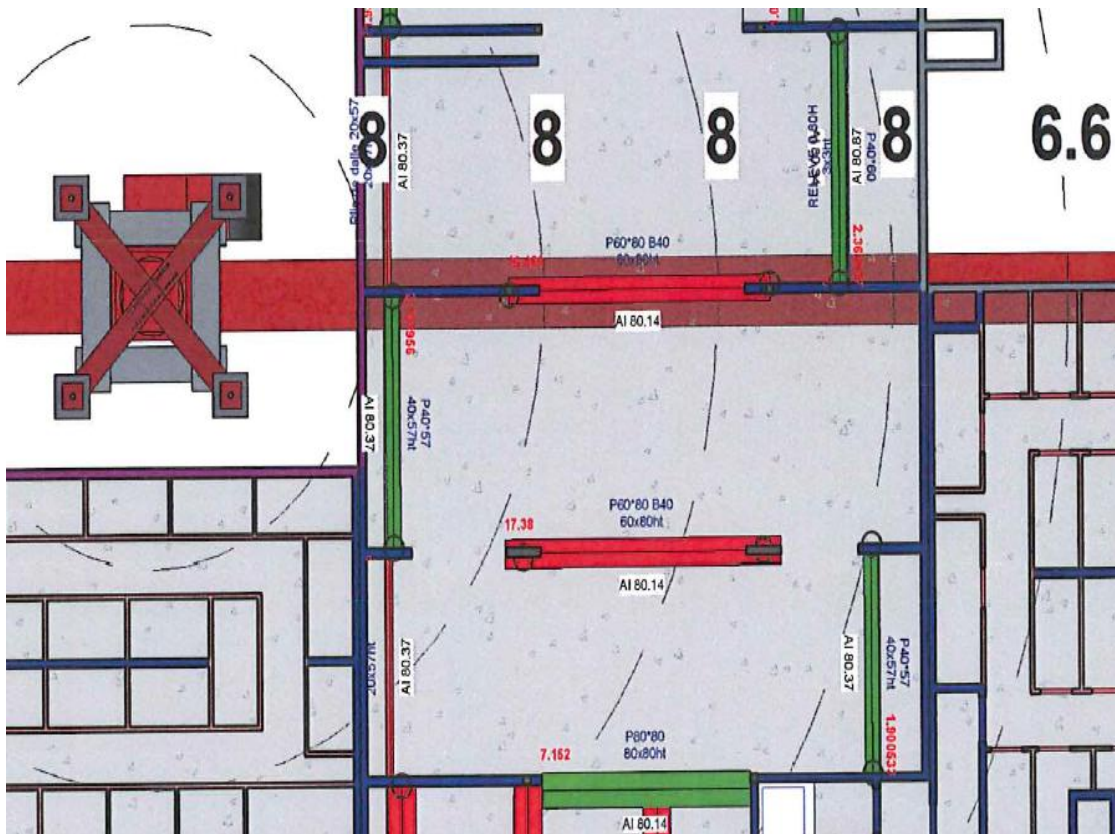


Figura 60 - Representação Revit da capacidade de carga da grua para a colocação das vigas (Fonte: autor)

5.7. SEGURANÇA

Neste subcapítulo são apresentadas as soluções e os procedimentos necessários tomados pelo engenheiro métodos na realização das plantas de segurança constantes do documento *préanalyse* recorrendo à plataforma informática Revit com o intuito de garantir a segurança durante a execução dos trabalhos.

A fachada sul do edifício é composta por vários níveis de construção, uma parte com dois níveis e outra com quatro níveis de superestrutura. A junção entre esses dois níveis é realizada através da chapa perfilada da laje alta do primeiro piso do edifício com menor volume. Os trabalhos realizados nessa zona representam um ponto crítico a nível da segurança visto que os níveis de superestrutura mais elevados serão realizados a uma altura elevada havendo portanto o risco de ocorrerem quedas em altura. É portanto essencial a realização de uma avaliação rigorosa dos procedimentos a adotar para a execução dos trabalhos.

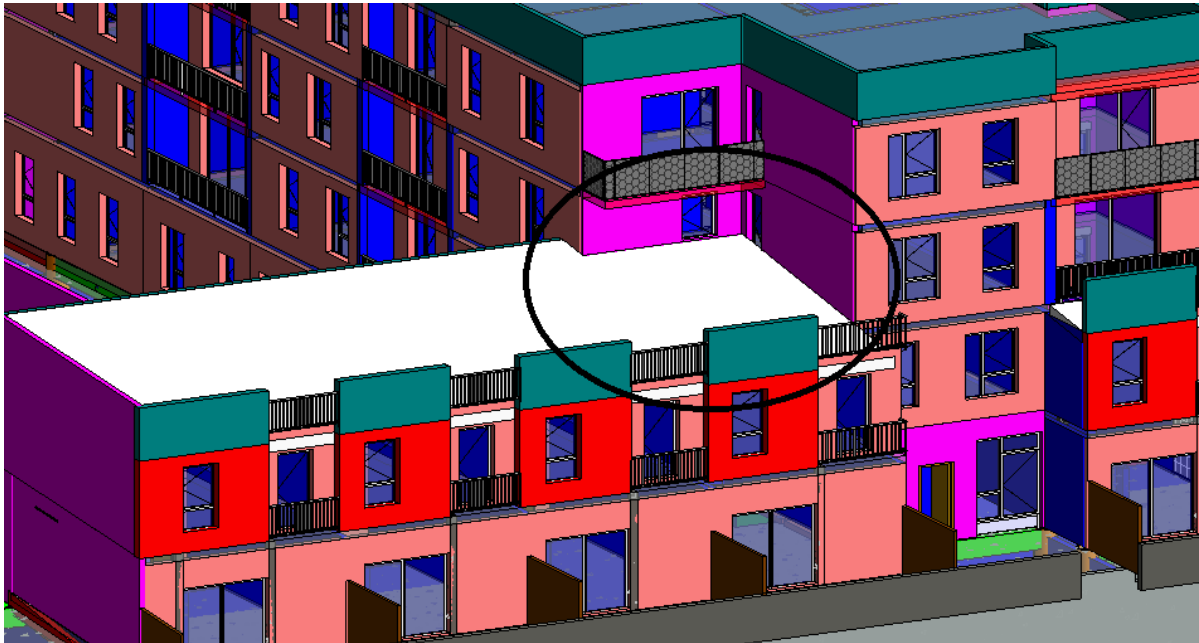


Figura 61 - Identificação da zona a estudar para a preservação da segurança dos trabalhadores (Fonte: autor)

As lajes e as paredes do segundo e terceiro andar dessa zona serão executadas em betão armado (a Figura 61 representa a roxo as paredes em betão armado). O espaço é bastante confinado o que dificulta toda a coordenação dos diferentes equipamentos a empregar para garantir a segurança na realização dos trabalhos.

O facto de o telhado ser em chapas perfiladas leva a que a sua aplicação em obra só seja aplicada depois de serem realizados todos os trabalhos de betonagem das paredes e lajes na sua periferia. Isso significa que os trabalhos de betonagem do segundo e terceiro piso serão realizados a uma altura significativa. Será portanto necessário prevenir o risco de queda em altura.

Para esta zona específica, a modelação 3D realizada no Revit apresenta vantagens relevantes quando comparada com o tradicional desenho 2D. A visualização em 3D tornou mais perceptível as especificidades do local e a metodologia de execução dos trabalhos de betonagem garantindo as condições de segurança aos trabalhadores.

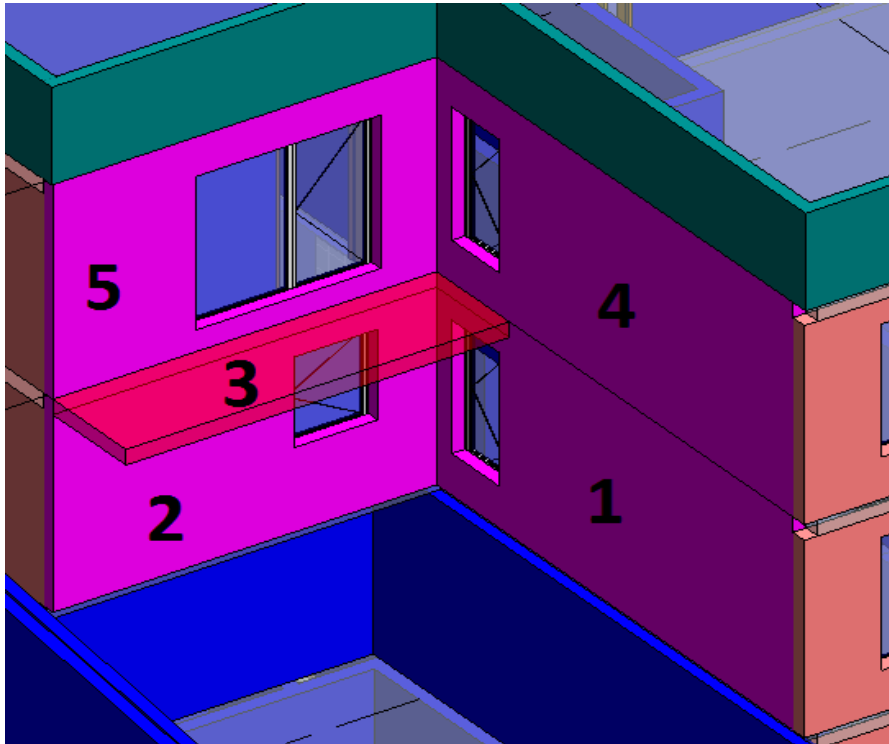


Figura 62 - Numeração dos trabalhos a executar nessa zona específica (Fonte: autor)

A numeração da Figura 62 representa o procedimento que é necessário realizar para a execução da zona específica e que é descrita seguidamente:

- 1) **Realização da parede do segundo andar** – Esta operação é realizada com o apoio de uma consola de segurança que é fixada na parede imediatamente abaixo, permitindo a circulação dos trabalhadores e apoiando os painéis de cofragem para a realização da parede;
- 2) **Execução da parede abaixo da varanda** – Devido ao facto da parede em betão do segundo andar não estar alinhada com a parede do primeiro andar torna-se impossível colocar uma consola para esta operação. Decidiu-se, portanto, utilizar dois equipamentos de elevação que servem de apoio a uma plataforma em betão que, por sua vez, apoiarão os painéis de cofragem da parede;
- 3) **Betonagem e cofragem da laje da varanda** – Como foi dito anteriormente sendo o telhado em chapas perfiladas existirá sempre uma abertura desde da laje do pavimento do primeiro piso até á execução da laje de teto e das paredes do terceiro andar do edifício. Neste caso, a segurança dos trabalhadores tem de ser preservada através de equipamentos que permitem a execução dos trabalhos e a redução da possibilidade de quedas em altura dos operários. Assim, para os trabalhos de betão da laje de teto do segundo piso e do balcão recorreu-se a 3 torres de elevação - uma de um nível e outras duas de dois níveis - que permitem segurar o material de cofragem da laje de betão da varanda. Este material é maior que a estrutura em betão da varanda devido ao facto das torres de suporte serem de maior comprimento que a laje da varanda. Para evitar as quedas em altura é colocado um guarda-corpos ao nível do material de cofragem da laje da varanda;

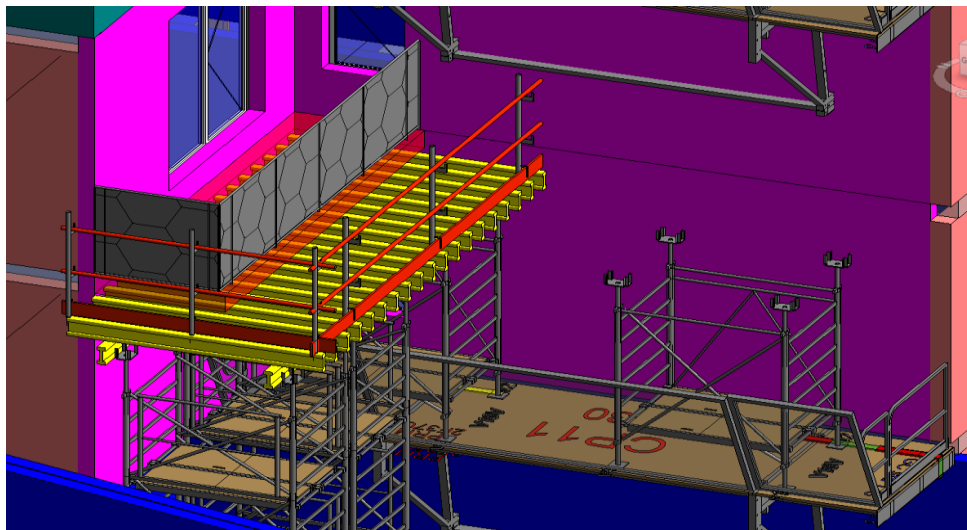


Figura 63 - Pormenor construtivo dos equipamentos de segurança e de betonagem (Fonte: autor)

- 4) **Execução da parede do terceiro andar** – Como se pode verificar na figura 63, estão colocadas duas torres de um nível de altura sobre a consola que serviu para a realização da parede do segundo andar. Estando concluída a laje da varanda coloca-se em cima delas uma plataforma em betão que servirá para pousar os painéis de cofragem para a execução da betonagem da parede;
- 5) **Realização da parede do terceiro andar da varanda** – Terminada a laje maciça da varanda os painéis de cofragem apoiam-se diretamente nela para se realizar a betonagem e cofragem da parede adjacente.

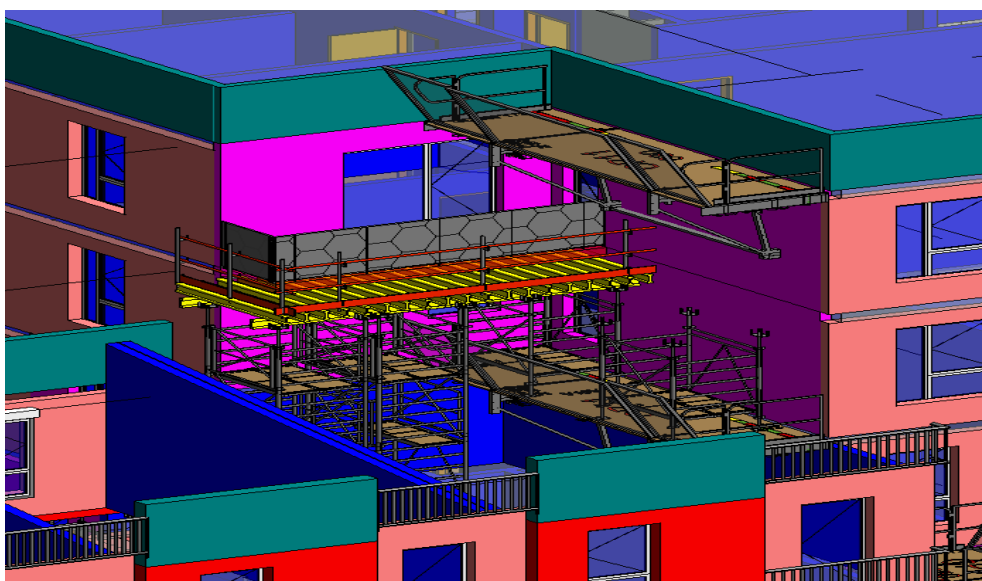


Figura 64 - Representação geral do material de segurança a utilizar (Fonte: autor)

5.8. CONFORME HABITAT SOCIAL

O projeto Fleury Mérogis foi o primeiro no qual foi realizada na plataforma informática Revit a *Conforme* e que curiosamente coincidiu com o tempo em que o autor desta dissertação esteve no seio da empresa Bouygues HAS. Ela representa uma aposta recente da empresa e que promete continuar a ser implementada nos próximos projetos visto que ela é vista com bons olhos por parte das equipas de trabalho de execução.

Todo o processo da *Conforme* foi descrito no capítulo 4, procede-se nesta fase à sua aplicação concreta e a demonstração dos diferentes desenhos realizados para a fase de execução dos trabalhos.

Os primeiros planos pertencentes à *Synthèse 1* entregados à equipa de trabalhos contêm todas as formatações por cores relativas às paredes interiores e exteriores, aos revestimentos, às portas e conta também com a introdução dos radiadores, do mobiliário sanitário bem como todas as etiquetas das diferentes janelas.

Por forma a entender de uma forma rápida e simples cada desenho realizado é introduzida a cada planta de arquitetura *Conforme* do projeto uma legenda (Figura 65) que identifica por cores os diferentes tipos e espessuras de paredes exteriores, dos isolamentos, das divisórias, das portas, dos vários modelos dos revestimentos das lajes e das paredes, e as informações relativas a todas as janelas (modelo, dimensões, altura da janela a partir do solo).

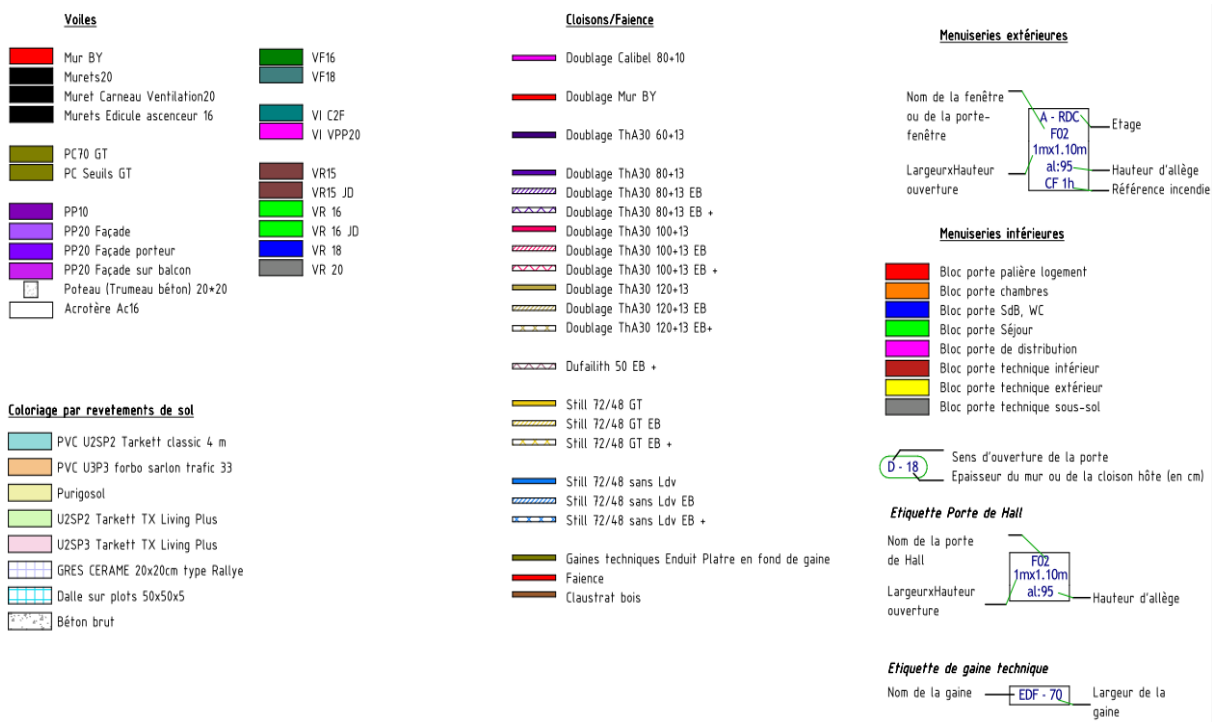


Figura 65 - Legenda de uma planta Conforme [13]



Figura 66 - Representação de parte do edifício numa planta Conforme [13]

Por forma a tornar mais completa a maquete Revit do projeto são também modelizados e colocados nas habitações todo o mobiliário sanitário, os equipamentos da cozinha, radiadores e armários.

Essas implantações no modelo Revit (Figura 67) permitem analisar a correta configuração dos diferentes compartimentos das habitações e verificar a existência de incumprimentos de regulamentos.

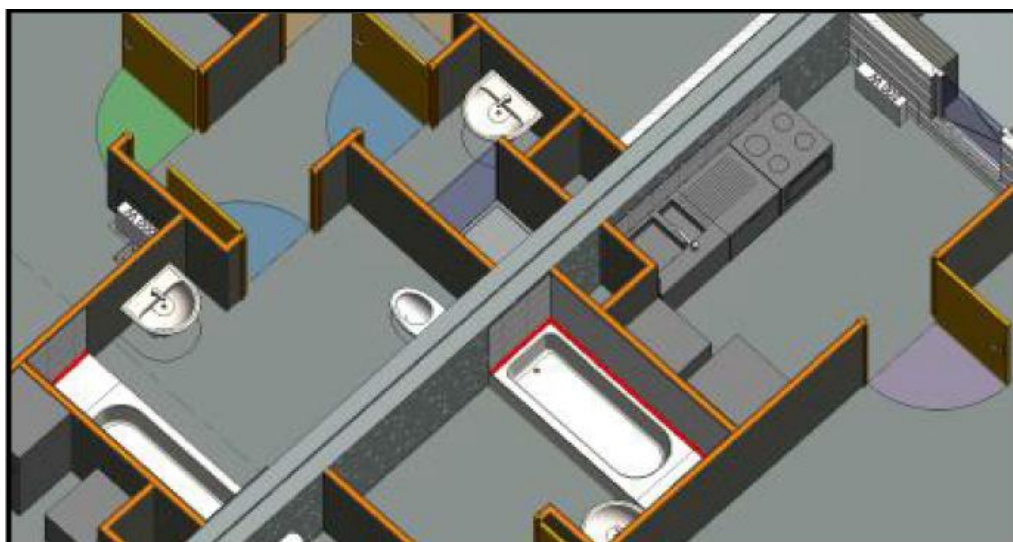


Figura 67 - Colocação do mobiliário sanitário nas casas de banho [13]

Na realização da conformidade dos projetos das diferentes especialidades surgem praticamente sempre incoerências ou incompatibilidades que necessitam de ser revistas. A atividade de revisão do projeto é visto como um trunfo para uma correta execução dos trabalhos.

No projeto Fleury Mérogis existiram algumas deficiências que necessitaram de ser avaliadas, estes erros de projeto são alvo de um estudo para encontrar possíveis formas de reparação. As irregularidades e soluções encontradas são posteriormente comunicadas ao arquiteto. A decisão final sobre as soluções que serão tomadas para a resolução dos problemas recai no arquiteto que representa o dono de obra em todo o processo construtivo nas tomadas de decisão ao longo de todo o processo construtivo.

Na Figura 68 são representadas algumas irregularidades respeitando as normas das pessoas com mobilidade condicionada. À esquerda são indicados dois problemas resultantes da conceção do projeto. Um deles assinalado a cor vermelha indicando que a largura do corredor é inferior ao exigido na regulamentação francesa. O corredor possui uma largura de 1.21 metros, valor inferior ao mínimo exigível que corresponde a 1.23 metros. O outro a cor laranja indicando que a configuração do mobiliário sanitario nao é a adequada nao permitindo a correta movimentação das pessoas com mobilidade condicionada.

A Figura 68 indica igualmente uma irregularidade relacionada com o respeito das leis de acessibilidade das pessoas com mobilidade condicionada. Neste caso, o espaço que permanece livre após a instalação dos aparelhos sanitários nas casas de banho não possibilita inscrever uma zona de manobra para uma rotação de 180°. Esta inconformidade é relativa à legislação da acessibilidade das pessoas com mobilidade condicionada.

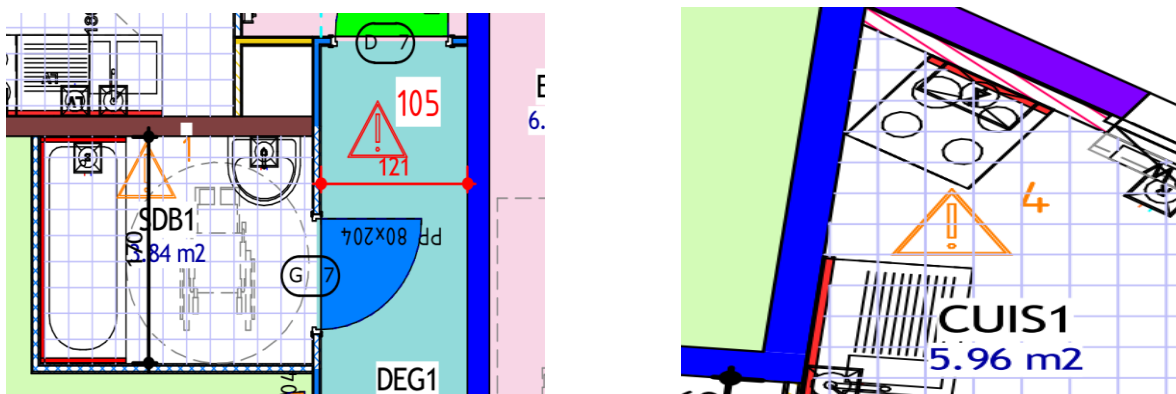


Figura 68 - Casos de irregularidades relacionados com as pessoas de mobilidade condicionada
(Fonte: autor)

Outros problemas encontrados durante a realização da *Conforme* foram a inadequada posição dos radiadores definida pelo arquiteto do projeto. Na generalidade dos compartimentos dos edificios, estes elementos apresentavam dimensões inadequadas para o local destinado e outros estavam colocados à frente de uma porta janela, impossibilitando a passagem das pessoas para o interior ou exterior da habitação (Figura 69).

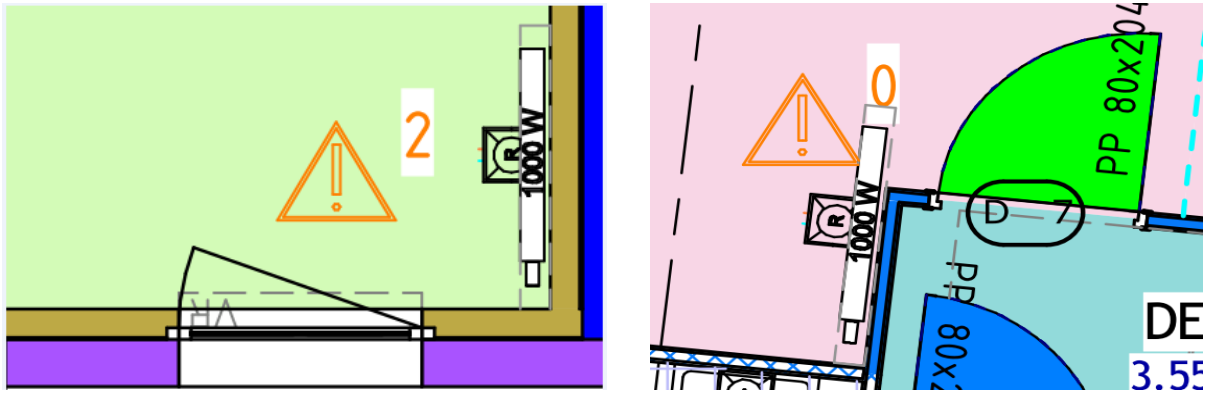


Figura 69 - Irregularidades na definição da colocação dos radiadores (Fonte: autor)

6

Conclusão

A implementação do modelo BIM nas empresas de construção na realização dos seus projetos tem crescido a grande ritmo nos últimos anos em vários países. Isso demonstra que os profissionais do setor da construção começam a considerar as ferramentas BIM úteis e reconhecendo-as como as principais sucessoras das tradicionais ferramentas CAD.

Um fator que contribuiu para a divulgação e implementação da metodologia BIM em certos países (Reino-Unido e Singapura) foi a imposição nos concursos públicos de projetos cujos concorrentes são obrigados a apresentar propostas comerciais em formato BIM. Esta imposição obriga sem dúvida os gabinetes de projeto a adaptarem-se a uma nova metodologia e que conseqüentemente influenciará a forma de trabalhar dos empreiteiros.

As ferramentas BIM fornecem uma adequada automatização de processos capaz de fornecer às empresas a diminuição das suas despesas ao longo de todo o processo construtivo, sendo por isso vista como um trunfo decisivo para a sua implementação na indústria AEC. Ela é comprovada através da capacidade de parametrização de objetos BIM, às suas alterações serem processadas em tempo real (todas as vistas 2D e 3D, nomenclaturas, desenhos), à extração automática de medições e quantidades exatas dos diferentes elementos construtivos, à possibilidade de recolher plantas diretamente do modelo BIM e à capacidade de trocas de informação do modelo BIM com outros programas de interesse para outras especialidades.

Porém, a implementação de tais sistemas requer a adoção de uma estratégia de desenvolvimento bem definida por parte das empresas. Verifica-se que algumas delas ainda não estão preparadas para receber estes programas visto que obrigam a custos elevados de equipamentos e de formação de pessoal. O facto do modelo BIM ser bastante reconhecido atualmente no mercado torna-o num programa em constante mudança, com a realização de atualizações que visam a melhorar as suas funcionalidades.

Uma condicionante verificada na adoção destes programas passa por saber o que se modela e qual a linguagem que se pretende utilizar. Uma definição comum dos diferentes parâmetros criados para a realização de famílias Revit é vital para que todos os intervenientes do processo construtivo possam colaborar da melhor forma possibilitando assim que a aplicação informática BIM possa servir de suporte de trabalho para as diferentes especialidades de um projeto.

Os estudos de opinião realizados nos últimos anos sobre a tecnologia BIM [18] indicam uma expectativa elevada por parte dos intervenientes no processo construtivo. Existe mesmo a perspectiva de que a tecnologia BIM é capaz de corresponder à maioria das solicitações que lhe são colocadas pelo

mundo da construção, constituindo mesmo um modelo completo. Porém, isso não corresponde totalmente à realidade, as ferramentas BIM precisam de evoluir na vertente do *Product Lifecycle Management* (PLM), melhorando toda a gestão e armazenamento dos documentos, a planificação e a organização dos recursos humanos necessários durante todo o processo construtivo.

É nesse sentido, que a empresa Bouygues HAS está envolvida num projeto em parceria com a empresa Dassault Systèmes especializada em ferramentas informáticas PLM com o intuito de melhorar o BIM acreditando que conseguirá melhorar as suas formas de trabalhar, ou seja, produzindo mais e melhor em menos tempo.

O serviço de orçamentação é de grande importância na empresa visto ser ele a avaliar a viabilidade técnica da realização de um projeto, ou seja, ele verifica a possibilidade da realização de uma obra em segurança, preservando os aspetos ambientais e a perspectiva da empresa realizar um bom encaixe financeiro com a realização da obra. É o engenheiro de orçamentação que tem como missão a realização de uma análise técnico-financeira do projeto incluindo os estudos relacionados com os orçamentos, os prazos, os recursos humanos e os equipamentos necessários para a construção do projeto.

Todo esse trabalho representará a empresa nos concursos públicos sob a forma de uma proposta comercial a apresentar ao cliente. Essa proposta deverá satisfazer em simultâneo as exigências do cliente e cobrir todos os custos da empresa na realização do projeto criando obrigatoriamente lucros na execução da obra. Por vezes, são aplicadas soluções construtivas ou técnicas próprias da empresa por forma a tornar a proposta mais atraente para o cliente e com melhor qualidade.

Em suma, o trabalho realizado pelo serviço de orçamentação baseia-se em procurar a melhor proposta técnico-financeira possível perante o cliente mas sem nunca desrespeitar as regras internas da empresa. Verificou-se que a comunicação é a chave para todo esse processo. A partilha de informação entre os intervenientes facilita bastante o trabalho e garante uma aprendizagem contínua no seio do serviço devido às muitas obras estudadas e realizadas pela empresa.

No serviço métodos é procurada a melhor solução técnica possível para a execução dos trabalhos mas sem nunca descurar as regras internas da empresa e as questões de segurança que cada obra obriga a ter em atenção. De facto, o investimento e a preocupação evidenciada pela empresa relativamente à segurança com vista a garantir o correto funcionamento dos trabalhos e o respeito das regras de segurança é notório nas mentalidades dos trabalhadores da empresa e nas soluções técnicas adotadas nos seus projetos.

Com a realização deste trabalho acredita-se que o investimento realizado na segurança traz retornos evidentes à empresa. Para além da preservação da segurança dos trabalhadores na realização dos trabalhos, a empresa cria uma imagem para o exterior de uma instituição fiável em termos de segurança e este tipo de imagem é agradável e importante na obtenção de obras. Nos concursos públicos existe um conjunto de critérios relacionados com as técnicas de execução nos quais se associam os cuidados com a segurança em que estes representam uma vantagem para a empresa.

Sobre as tarefas propriamente ditas do serviço métodos observa-se que com um planeamento cuidado e rigoroso e uma correta preparação técnica dos trabalhos é possível reduzir a margem de erro de uma construção e cumprir com o estipulado em fase comercial.

A integração do modelo BIM no trabalho do serviço de orçamentação torna o trabalho mais compreensível, eficaz e com melhor qualidade. A modelação 3D dos projetos em fase comercial

permite obter uma representação muito próxima da realidade do projeto a construir. Estes modelos são um auxiliar útil para perspetivar todas as opções que o engenheiro de orçamentação terá de tomar para a realização das suas tarefas.

O serviço tenta tirar o máximo partido do potencial das ferramentas BIM beneficiando de uma dimensão 5D (controlo de custos) potenciada através da aplicação informática e de programas auxiliares para orçamentar os seus projetos. Verifica-se que esta operação torna a empresa mais autónoma (sem necessidade de recorrer a um gabinete externo de medições) e segura dos resultados obtidos das diferentes quantidades do projeto necessárias para a realização de uma proposta financeira da obra.

A implementação das ferramentas BIM no seio do serviço métodos permite-lhe ser mais esclarecido e determinado sobre as necessidades técnicas que a obra terá de ter por forma a garantir o correto desenvolvimento dos trabalhos.

Nas reuniões realizadas entre o engenheiro de métodos e o encarregado da obra, a elaboração de um modelo 3D em detrimento dos desenhos tradicionais 2D das diferentes zonas peculiares de uma obra facilitou a visualização dos problemas permitindo encontrar uma solução para a correta execução dos trabalhos. Esta operação permitiu uma melhor comunicação entre os intervenientes evitando perdas de tempo e situações de conflitos.

A implementação do modelo BIM na empresa Bouygues HAS trouxe uma nova forma de trabalhar e de conceber os edifícios. Esta transformação representa uma evolução tecnológica mas também uma mudança dos diferentes processos na elaboração de um projeto. Com esta alteração da metodologia de trabalho, a empresa espera tomar decisões de projeto que visam a precaver e antecipar os problemas que poderão acontecer em fase de execução dos trabalhos.

Após a realização deste trabalho, o autor acredita que a implementação das ferramentas BIM na realização de projetos fornecerá os seguintes benefícios:

- Reduz situações de conflitos;
- Diminui o tempo de realização de um projeto;
- Reduz os custos;
- Otimização dos recursos necessários durante o processo construtivo;
- Traz maior motivação aos trabalhadores na realização das suas tarefas;
- Adequada gestão da informação;
- Diminuição da necessidade de re-trabalho (repetição de tarefas semelhantes);
- Melhor qualidade dos projetos;
- Melhor comunicação entre os intervenientes do processo construtivo.

Considera-se que o conceito BIM irá ter uma grande importância no desenvolvimento do setor da construção num futuro próximo. A internacionalização das empresas existente em todo o mundo demonstra que se os grandes grupos de construção pretenderem competir tanto a nível interno ou externo, eles terão que encontrar novas formas de trabalhar, ou seja, inovar e adotar novos métodos de trabalho que sem dúvidas passarão pelo modelo BIM.

Bibliografia

- [1] Mêda, Pedro, Jorge Moreira da Costa, Hipólito de Sousa. *O PRONIC (Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção) no contexto dos sistemas de classificação da informação na construção*, 2009.
- [2] Soeiro, Alfredo. *Gestão da Informação na Construção: Casos de Aplicação*. 2º Forum Internacional da Gestão da Construção – GESCON 2011: Sistemas de Informação na Construção, Editadas pela Secção de Construções Civas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 27 e 28 de Outubro de 2011.
- [3] Eastman, Chuck, Paul Teicholz, Rafael Sacks and Kathleen Liston. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2011.
- [4] Vaillette, Carl. *BIM Chapter 1 (part 2) – Origins of BIM*. [acedido em 08/04/2014]. Disponível em <http://bimerworld.blogspot.pt/2012/03/chapter-1-part-2-origins-of-bim.html>
- [5] Pinho, Sergio Miguel Ferreira. *O Modelo IFC como Agente de Interoperabilidade*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2013.
- [6] Nêris, Lorena Graciane Duarte Nêris. *Orçamentação de um projeto padrão via modelagem BIM*. Monografia, Univerdade Federal Rural do Semi-Arido (UFERSA), 2013.
- [7] Monteiro, André, João Poças Martins. *Building Information Modeling – Funcionalidades e aplicação*. 2º Forum Internacional da Gestão da Construção – GESCON 2011: Sistemas de Informação na Construção, Editadas pela Secção de Construções Civas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 27 e 28 de Outubro de 2011.
- [8] El- Desouki, Maha e Abdel Hady Hosny. *A framewok Model for Wokflow Automation in Construction Industry*, 2005.
- [9] Medeiros, Heloisa. *BIM – Building Information Modeling: Uma nova maneira de projetar e modelar*. 2009.
- [10] Martins, João Pedro da Silva Poças. *Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2009.
- [11] Novaes, Sergio Salles Coelho, Celso Carlos. *Modelagem de Informação para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil*. 2008.
- [12] Kymmell, Willem. *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*, 2008.
- [13] Bouygues Bâtiment Habitat Social, Maquette Numérique – *Documentação interna variada*, Guyancourt, 2014.
- [14] Curt. *Integrated Information and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation (WP-1202): The Construction Users Roundtable*. 2004
- [15] Gequaltec. *Wiki da Construção*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2011.

- [16] BIM Management for value, cost & carbon improvement. *A report for the Government Construction Client Group, In Building Information Modeling (BIM)*, 2011.
- [17] Salman Azhar, Michael Hein e Blake Sketo. *Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges*. McWhorter School of Building Science, Auburn University, 2008. [acedido em 17/06/2014]. Disponível em <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2008/paper/CPGT182002008.pdf>
- [18] Construction, McGraw Hill. *The Business Value of BIM Construction in Major Global Markets: How Constructors around the World are Driving Innovation with Building Information Modeling*, 2014.
- [19] Wammen, Tal. *Part 1 – Building Information Modeling Case Study from the Marshall Space Flight Center*. [acedido em 17/06/2014]. Disponível em <http://www.directionsmag.com/articles/part-1-building-information-modeling-case-study-from-the-marshall-space-fli/122356>
- [20] Meireles, António Ruivo. *Estratégia para uma integração avançada do BIM no processo Construtivo*. 4º Seminário Internacional BIM, 24 de Outubro de 2013.
- [21] Autodesk. *Retorno sobre o investimento do BIM*, 2007.
- [22] Dana K Smith, Michael Tardif. *Building Information Modeling a strategic implementation guide for architects*. 2009
- [23] The American Institute of Architects (AIA). *Interoperability Position Statement*. 2009.
- [24] Liebich, Thomas. *IFC4 The New BuildingSmart Standard*. 2013.
- [25] Pedroto, Maria, João Poças Martins. *Pesquisa Estruturada e Manipulada de Informação no Modelo IFC. Requisitos e Soluções*. 4º Congresso Nacional da Construção, 18, 19 e 20 de Dezembro de 2012, Coimbra.
- [26] Thein, Volker. *BIM Interoperability Through a Vendor-Independent File Format. Industry Foundation Classes (IFC): 8*. 2011.
- [27] Sousa. *Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares – Estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, Universidade católica de Pernambuco, 2010.
- [28] Rodriguez. *Coordenação de projetos: Uma experiência de 10 anos dentro das empresas Construtoras de Médio Porte*, 2001.
- [29] Faria, João Amorim. *Estaleiros de Obra*. 2011.
- [30] Gargia José. *Revit Architecture – Curso Completo*. FCA – Editora Informática, Lda, Lisboa, 2008.
- [31] BIM forum. *Level of Development Specification*. 2013.
- [32] <http://objectif-bim.fr/> [acedido em 12/06/2014]