



Departamento de Engenharia Civil

Mestrado em Engenharia Civil

Ramo de Estruturas

Relatório de Estágio

Metodologia BIM aplicada à conceção e produção de uma
estrutura metálica



Tiago Lopes Moreira

Porto, Outubro de 2015

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil

Ramo de Estruturas

Relatório de Estágio

Metodologia BIM aplicada à conceção e produção de uma estrutura metálica

Relatório realizado sob orientação do Eng.º Carlos Félix do Instituto Superior de Engenharia do Porto e com a supervisão do Eng.º Adérito Igreja e Eng.º Duarte Costa do O Feliz, S.A

Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil – Ramo de Estruturas

Porto, Outubro de 2015

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL.....	III
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VII
AGRADECIMENTOS	IX
ÍNDICE DE TEXTO.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XVIII
1 O FELIZ	1
2 BUILDING INFORMATION MODELING	7
3 DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO EM BIM	31
4 COLOCAÇÃO EM OBRA DE ESTRUTURAS METÁLICAS.....	57
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

RESUMO

Este relatório apresenta o estágio curricular relativo ao curso de mestrado em engenharia civil na área de especialização de estruturas.

O estágio decorreu no grupo O Feliz, S.A, uma metalomecânica sediada em Braga.

No âmbito do estágio, foi efetuada uma pesquisa e de seguida um projeto real aplicando a metodologia Building Information Modeling.

Inicialmente, será feita uma apresentação da empresa e definidos os objetivos propostos para o estágio.

Seguidamente, será apresentada toda a pesquisa realizada sobre o BIM para poder, seguidamente, realizar um projeto real utilizando esta metodologia, proposta pela empresa.

Posteriormente é apresentado o projeto realizado com a metodologia BIM e todo o seu processo até chegar à sua construção.

Por último, são apresentadas algumas das obras que estavam em curso durante a realização do presente trabalho e que houve a oportunidade de acompanhar, refletindo a experiência adquirida na área, durante o desenvolvimento do estágio.

Termos chaves: metodologia BIM, nova metodologia, metodologia 2D, processo de fabrico, estruturas metálicas, áreas da AEC

ABSTRACT

This report presents the curricular internship associated with the civil engineering masters degree in structure specialization.

The internship period was completed in O Feliz, S.A., a metal engineering company based in Braga.

During this period, extensive research on the Building Information Modeling was conducted and a following project was designed.

We will start by introducing the company and listing the intended goals of this internship.

Following this introduction, we will present the previously conducted research in order to elaborate a project based on this methodology.

We will later present the project based on the BIM methodology and all the process until the construction phase.

Finally, we shall present a photographic record of some ongoing construction sites we were able to monitor during the conclusion of the project, granting some insight on the applications in the business world.

AGRADECIMENTOS

De uma forma geral, agradeço a todos as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o bom funcionamento do meu estágio.

Dirijo o meu sincero reconhecimento ao conjunto de funcionários do O Feliz metalomecânica, que me integrou e sempre esclareceu as minhas dúvidas

A família merece sempre um lugar de destaque pela paciência.

Por último, agradeço em especial ao Eng.º Duarte Costa pela compreensão e dedicação demonstrada ao longo de todo o estágio e por todas as referências que me transmitiu.

ÍNDICE DE TEXTO

1	O FELIZ	1
1.1	Introdução	1
1.2	Apresentação da empresa	2
2	BUILDING INFORMATION MODELING	7
2.1	O atual modelo da AEC	7
2.2	BIM vs. 2D CAD	10
2.3	Definição do BIM	11
2.4	A presença nas estruturas metálicas	14
2.5	Benefícios	18
2.6	Dificuldades na implementação	22
2.7	Software utilizado no O Feliz	23
2.8	BIM no O Feliz.....	23
2.9	Conclusão	30
3	DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO EM BIM	31
3.1	Apresentação do projeto.....	31
3.2	Laboração do projeto	34
3.3	Desenvolvimento do projeto	35
3.4	Conclusão	55
4	COLOCAÇÃO EM OBRA DE ESTRUTURAS METÁLICAS.....	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
5.1	Conclusões.....	73
5.2	Desenvolvimentos futuros.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Zona de furação e corte.....	3
Figura 1.2 - Zona de soldadura.....	3
Figura 1.3 – Bancada de soldadura	4
Figura 1.4 – Zona de montagem	4
Figura 2.1 – Primeiro ciclo de vida	8
Figura 2.2 – Segundo ciclo de vida	9
Figura 2.3 – Modelo em três dimensões.....	11
Figura 2.4 - Exemplo de um modelo BIM.....	12
Figura 2.5 - Níveis compostos pelo BIM.....	13
Figura 2.6 - Construção da fábrica da GM V6 Engine [7]	16
Figura 2.7 - Construção do Denver Art Museum.....	17
Figura 2.8 - Exemplo de uma estrutura dividida em vários lotes por cores	20
Figura 2.9 - Representação esquemática de resume dos benefícios do BIM.....	21
Figura 2.10 - Modelação 3D vs obra.....	24
Figura 2.11 - Falta de compatibilidade entre perfis	25
Figura 2.12 - Definição dos parâmetros de um perfil.....	26
Figura 2.13 - Lista de quantificação de material	26

Figura 2.14 – Exemplo de um desenho de fabrico	27
Figura 2.15 – Exemplo de um desenho de montagem	28
Figura 2.16 - Visualização em BIMsight	29
Figura 3.1 – Caminho de cabos.....	32
Figura 3.2 – Espaço reduzido no solo	33
Figura 3.3 - Representação esquemática das empresas ligadas ao projeto	34
Figura 3.4 - Primeiro processo da partilha de documentos.....	36
Figura 3.5 – Processo final na partilha da planta da ETAR.....	36
Figura 3.6 - Levantamento topográfico em AutoCad	37
Figura 3.7 - Introdução do modelo de referência no TEKLA.....	38
Figura 3.8 - Exportação do modelo para o Robot.....	39
Figura 3.9 – Importação da estrutura para o software Tekla Structures.....	40
Figura 3.10 – Modelação final da estrutura em causa	41
Figura 3.11 – Base de dados de perfis incorporada no Tekla	42
Figura 3.12 – Precisão na modelação da estrutura	42
Figura 3.13 – Ferramenta de corte em 3D no Tekla	43
Figura 3.14 – Detecção de erro	43
Figura 3.15 – Publicação em Tekla Bimsight.....	45
Figura 3.16 – Nota enviada pelo cliente	45
Figura 3.17 – Conflito avistado pelo cliente	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.18 - Base de dados de ligações aparafusadas e soldadas.....	47
Figura 3.19 - Definição das propriedades da ligação.....	48
Figura 3.20 – Gradil pronto para aprovação	49
Figura 3.21 – Peça da estrutura pronta.....	50
Figura 3.22 – Perfis pertencentes à estrutura.....	50
Figura 3.23 – Perfis prontos para inspeção	51
Figura 3.24 – Estrutura a ser montada no local	52
Figura 3.25 – Perfil a ser transportado manualmente	53
Figura 3.26 – Estrutura pronta	54
Figura 4.1 - Painel publicitário da Conforama	57
Figura 4.2 – União do segundo fuste ao primeiro	58
Figura 4.3 – Primeiro fuste	58
Figura 4.4 – Ligação do fuste à sapata	58
Figura 4.5 – Aperto da ligação aparafusada entre os dois fustes.....	59
Figura 4.6 – Armadura da sapata	60
Figura 4.7 – Sapata betonada.....	61
Figura 4.8 – Descarga dos perfis em obra	61
Figura 4.9 – Montagem dos pilares sobre as sapatas	62
Figura 4.10 – Pilares prontos para receber as treliças	62
Figura 4.11 – Colocação dos contraventamentos	63

Figura 4.12 – Colocação das treliças.....	63
Figura 4.13 – Conclusão da montagem da estrutura.....	64
Figura 4.14 – Vista frontal da ligação aço-betão	66
Figura 4.15 – Vista traseira da ligação aço-betão.....	66
Figura 4.16 – Colocação da treliça.....	66
Figura 4.17 – Aperto da treliça	66
Figura 4.18 – Colocação dos travamentos.....	67
Figura 4.19 – Estrutura pronta para receber a estrutura metálica.....	68
Figura 4.20 – Colocação de pilares pré-fabricados em betão.....	68
Figura 4.21 – Estrutura metálica de cobertura.....	69
Figura 4.22 – Conclusão da instalação dos guarda-corpos.....	70
Figura 4.23 – Guarda corpos.....	70
Figura 4.24 – Colocação dos guarda-corpos.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D – Duas Dimensões

3D – Três Dimensões

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer Aided Design

GM - General Motors

NIBS – National Institute of Building Sciences

Walk-Through – Caminhar por

IFC - Industry Foundation Classes

I&D – Investigação e Desenvolvimento

ROI – Retorno sobre Investimento

ID – Identificação e Desenvolvimento

VPN – Virtual Private Network

ETAR – Estação de tratamento de águas residuais

1 O FELIZ

1.1 Introdução

O presente Relatório de Estágio Curricular surge no âmbito da unidade curricular de DIPRE (Dissertação, Projeto, Estágio) do curso de mestrado em engenharia civil do ramo de estruturas.

A base motivacional impulsionadora da realização deste Estágio Curricular, em detrimento das outras duas opções, Dissertação ou Projeto, deve-se ao facto do estagiário poder aplicar os conhecimentos teóricos apreendidos no ISEP na realidade da engenharia civil e no atual mercado de trabalho, integrado na dinâmica de uma empresa.

O Estágio foi realizado na Empresa O Feliz, metalomecânica e decorreu no período compreendido entre fevereiro e julho de 2015, pretendendo-se essencialmente desenvolver competências no âmbito da execução de obras em estrutura metálica.

Incidiu principalmente em duas vertentes:

- Acompanhamento do trabalho de gabinete de vários projetos;
- Acompanhamento da montagem de várias estruturas metálicas;
- Estudo e desenvolvimento de um projeto utilizando a metodologia BIM.;

No que concerne ao acompanhamento do trabalho de gabinete, foi possível estar diretamente envolvido nos vários processos, nomeadamente reuniões com donos de obra, acompanhamento do dimensionamento, modelação em três dimensões (3D) e fabrico das estruturas.

Relativamente ao acompanhamento da montagem de estruturas metálica foi possível acompanhar a construção e montagem de várias estruturas metálicas em vários pontos do país.

Em relação ao desenvolvimento de um projeto utilizando a metodologia BIM, foi possível realizar um projeto em BIM desde o seu dimensionamento até à sua montagem em obra.

Estruturalmente, o relatório encontra-se dividido em 4 capítulos com o desenvolvimento que a seguir se descreve:

- Capítulo 1 – Apresentação da empresa onde o estágio foi realizado.

- Capítulo 2 – Exposição do estado de arte do conceito Building Information Modeling.
- Capítulo 3 – Demonstração da realização de um projeto usando o conceito Building Information Modeling.
- Capítulo 4 – Breve apresentação das várias obras que foi possível acompanhar durante o estágio.
- Capítulo 5 – Exposição das conclusões retiradas assim como as perspetivas de desenvolvimento futuros.

1.2 Apresentação da empresa

O Feliz Metalomecânica é um grupo multinacional industrial com sede em Braga, especializado na construção de aço, produtos de enformados a frio, torres de comunicação, produtos de aço inoxidável, corte a laser de precisão e imobiliário. Com mais de seis décadas de experiência em projetos complexos de construção de aço e uma sólida posição no mercado, é capaz de responder globalmente, oferecendo soluções integradas, desde a conceção, a produção e montagem final.

O grupo tem fábricas em Portugal e Angola. Atualmente, exportam para vários mercados na Europa, América Latina e África.

A fábrica localizada em Braga, encontra-se dividida em quatro zonas, nomeadamente:

- Zona de furação e corte (figura 1.1), onde os perfis são cortados com o comprimento necessário para os diversos projetos, assim como as furações necessárias para as devidas ligações.
- Zona de soldadura (figura 1.2), local onde são realizadas as ligações soldadas exigidas pelos projetos. Esta zona está dividida por várias bancadas de trabalho (figura 1.3), para que cada soldador tenha o seu devido espaço de trabalho.
- Zona de montagem (figura 1.4), onde se procede à montagem de várias peças de forma a criar um conjunto de peças, que seguidamente segue para obra para tornar mais rápida a montagem da estrutura.
- Zona de pintura, local onde se dão as várias camadas de pintura conforme o especificado em cada projeto.



Figura 1.1 – Zona de furação e corte



Figura 1.2 - Zona de soldadura



Figura 1.3 – Bancada de soldadura



Figura 1.4 – Zona de montagem

Portador de um portfólio de obras e clientes de reconhecida notoriedade no mercado, dispõe de conhecimento adquirido e meios capazes de servir num mercado à escala global.

Privilegiando a eficiência dos processos e com uma forte orientação para o mercado, tem conseguido afirmar-se de forma particular num sector extremamente competitivo, conquistando a confiança dos seus clientes, através da qualidade da solução final e pela capacidade de resposta à realização de obras nos prazos exigidos.

O Feliz é uma empresa com uma vasta experiência na construção metálica como é possível comprovar nas obras em que esteve envolvido, tais como a Universidade de Artes e Arquitetura de Évora, Estádio do Dragão, Estádio Municipal de Braga, Leroy Merlin, Hotel e Spa Vidago Palace, Herdade da Comporta, ponte de Braga, ponte pedonal de Agueira, cúpula da basílica de S. Torcato, entre outras obras de grande importância.

2 BUILDING INFORMATION MODELING

Building Information Modeling (BIM) é um dos desenvolvimentos mais promissores da indústria da construção, arquitetura e engenharia (AEC). Com o BIM, um modelo virtual e preciso de um edifício é construído digitalmente. Quando concluído, o modelo gerado no computador contém geometria e um conjunto de dados relevantes para apoiar a construção, fabrico e gestão necessária para realizar a construção. O BIM também acomoda muitas das funções necessárias para planejar o ciclo de vida de um edifício, fornecendo a base para novas capacidades de construção e as mudanças nos papéis e relações entre a equipa do projeto. Quando implementado de forma apropriada, o BIM facilita o processo de conceção e construção mais integrada, o que resulta em edifícios de melhor qualidade com menor custo e duração.

2.1 O atual modelo da AEC

Atualmente, o processo de troca de informação permanece fragmentado e depende de meios baseados em papel. Erros e omissões de documentos muitas vezes causam custos imprevistos, atrasos e eventuais ações judiciais entre as diferentes partes das equipas de projeto. Esses problemas causam conflitos, despesas financeiras e atrasos. Os esforços para resolver tais problemas passam por estruturas organizacionais alternativas, tal como o método de conceção-construção. Embora estes métodos tenham melhorado o intercâmbio de informações, pouco fizeram para reduzir a gravidade e a frequência dos conflitos causados por documentos em papel. [1] Entre os problemas mais comuns associados à comunicação baseada em papel, durante a conceção, é o tempo necessário e a despesa considerável para gerar informação acerca da avaliação crítica sobre um projeto proposto, incluindo estimativas de custos, análise de utilização de energia, detalhes estruturais, etc.

Desta forma, a comunicação entre as equipas do projeto torna-se complicada, como foi possível constatar durante o decorrer do estágio. Por vezes dificultou tanto o fabrico como a montagem da estrutura. Agravando a situação, os prazos são cada vez mais reduzidos, o que torna difícil de cumpri-los com as dificuldades de comunicação, o que pode conduzir a erros e a custos desnecessários.

Os ciclos de vida encontrados no decorrer do estágio de várias obras, são apresentados nas Figuras que seguem (figura 2.1 e figura 2.2).

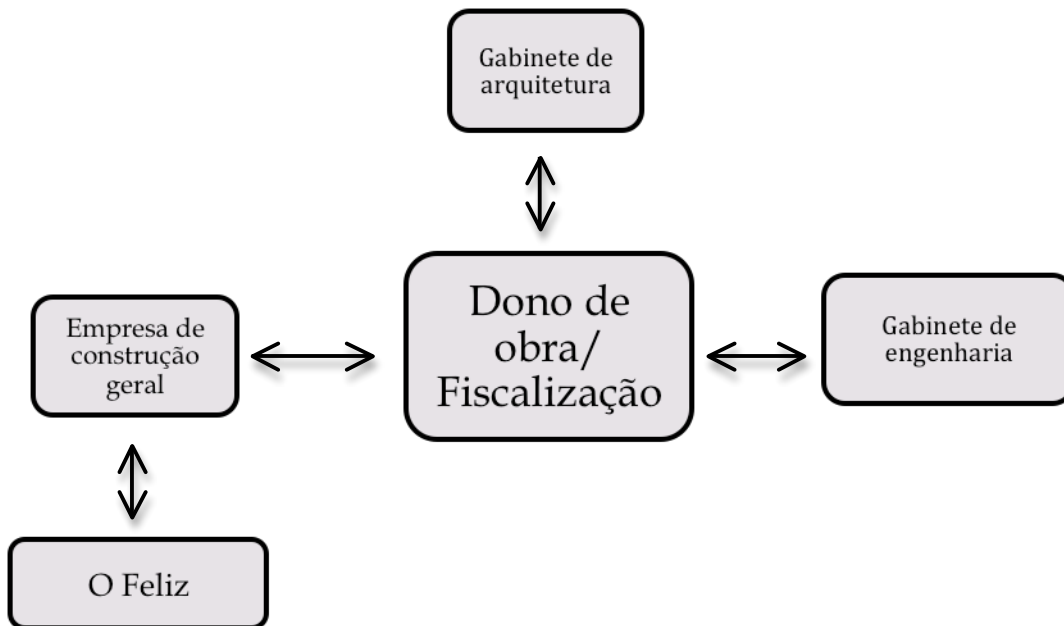


Figura 2.1 – Primeiro ciclo de vida

Na figura 2.1, exibida acima, podemos observar o ciclo de vida de algumas obras que foram testemunhadas durante o estágio. O Dono de obra/ Fiscalização entrega o projeto de engenharia a um gabinete, o projeto de arquitetura a outro gabinete e por fim a uma empresa de construção onde esta entrega a estrutura metálica ao O Feliz. Este tipo de ciclo é muito comum, o que conduz a uma comunicação muito demorada e complicada de informação entre as várias especialidades. Por exemplo, caso fosse necessário apresentar uma solução alternativa para o projeto da estrutura metálica, depois de ser dimensionada no O Feliz, tinha de ser enviado para a empresa de construção geral, que por sua vez enviava para o dono de obra/ fiscalização e que por sua vez enviava para o gabinete de engenharia para ser aprovado, ou seja, este processo que podia ser quase instantâneo tornasse bastante demorado. Conforme foi possível apurar, a informação atravessa várias fontes o que leva à morosa recepção da fonte e leva a obras mais morosas, mais caras e a maior probabilidade de erros.

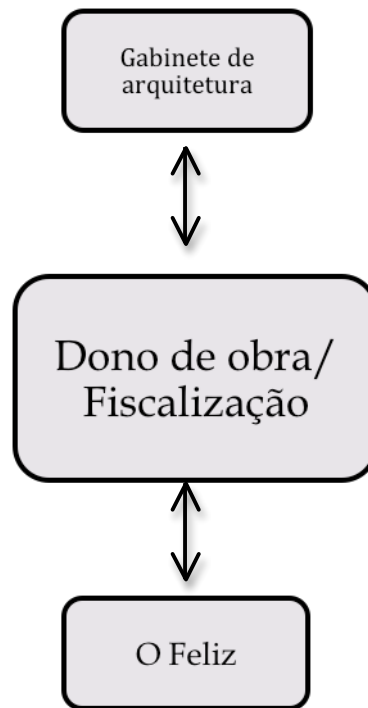


Figura 2.2 – Segundo ciclo de vida

A figura 2.2, ilustra um ciclo de vida bem diferente do referido anteriormente, o qual já é uma estrutura organizacional alternativa, isto é, conceção-construção como foi mencionado anteriormente.

É um ciclo de vida que começa a ser cada vez mais usual e que reduz bastante o tempo de projeto, modelação e fabrico, menor probabilidade de erros e omissões e menor tempo de execução. Contudo, ainda não é suficiente devido à globalização que obriga a projetos cada vez mais rápidos e eficientes.

Neste caso, o dono de obra/fiscalização entrega o projeto de arquitetura a um gabinete e o projeto de engenharia e construção ao O Feliz. Desta forma só se houver necessidade de alguma alteração arquitetónica é que é necessário uma espera de aprovação do gabinete de arquitetura, o que leva a enviar a informação à fiscalização que por sua vez envia ao gabinete de arquitetura e espera por uma resposta para transmitir ao O Feliz.

Os dois ciclos de vida de obra demonstrados acima, apesar de serem os usuais no O Feliz, foi possível perceber que é a realidade de outras empresas. A procura da rápida transmissão de informação, foi um dos aspetos impulsionadores do BIM.

2.2 BIM vs. 2D CAD

AutoCAD é um software do tipo desenho auxiliado por computador (CAD – computer aided design), também conhecido como metodologia tradicional. Foi criado e comercializado pela Autodesk, desde 1982. Utilizado principalmente para elaboração de desenhos técnicos em duas dimensões. [2]

Os desenhos em duas dimensões (2D) são criados por linhas, dimensões e símbolos de uma biblioteca. Vários tipos de linhas e símbolos são usados para exibir vários elementos no modelo. O problema com modelos 2D é que, por exemplo, quando uma parede com uma porta tem uma revisão no projeto, isso significa que todos os desenhos relativos a estes devem ser atualizados. Além disso, todas as descrições e listas de quantidades de materiais também devem ser atualizadas devido à revisão da parede e da porta.

Embora o BIM seja baseado, em certa medida no mesmo princípio do CAD 2D, é também possível produzir diferentes tipos de superfícies.

A principal diferença do BIM em comparação com a metodologia tradicional, é ser possível trabalhar com um modelo constituído por objetos em três dimensões (3D). Estes contêm parâmetros interpretáveis tais como o comprimento, altura, área, volume, materiais, propriedades, etc., mas também informações sobre a localização e o que o objeto representa. Ao contrário do CAD 2D, uma aplicação do BIM "entende" mais facilmente que os objetos criados por usuários representam componentes do mundo real de edifícios reais, tais como portas, janelas, paredes, e telhados. Os objetos do BIM podem ser preenchidos com características, de modo que, por exemplo, uma janela "sabe" que pode existir apenas numa parede. Outra grande vantagem do BIM em relação ao CAD é que existe uma maior facilidade de ver o projeto e de encontrar erros devidos à visualização 3D.

A figura 2.3, ilustra o que foi referido acima, ou seja, um único modelo 3D é capaz de incorporar todos os desenhos 2D num único modelo. Desta forma, além de ser economizado tempo de trabalho, a visualização final do projeto torna-se muito mais simples.

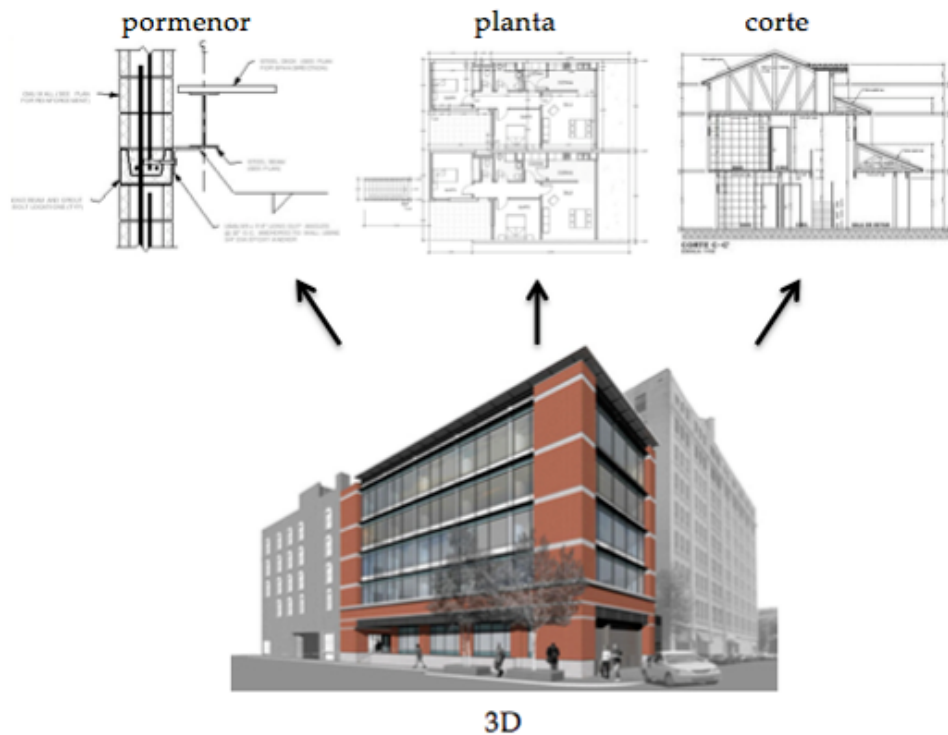


Figura 2.3 – Modelo em três dimensões

2.3 Definição do BIM

O National Institute of Building Sciences (NIBS) define o BIM como uma cópia digital das características físicas e funcionais de um projeto. Desta forma, serve como uma perceção compartilhada de recursos para obter informações sobre um projeto, formando uma base sólida para as deliberações desde o início do ciclo de vida em diante. [3]

Podemos compreender que um modelo BIM é um recurso muito extenso e compartilhado para uma edificação desde os primeiros esboços de conceção, alterações ao longo da realização do edifício até ao fim da sua vida útil. Além destes pontos acima referidos, NIBS refere que algumas pessoas identificam o BIM apenas como uma modelação e visualização em 3D, mesmo que seja verdade, é uma descrição muito limitada. A melhor descrição para este conceito é que, um modelo BIM deve conter todas as informações sobre cada peça que constitua o edifício, assim como sua representação gráfica e não gráfica de uma instalação com um objetivo inicial de eliminar o desperdício de repetição de trabalho e facilitar o acesso a toda a informação. [3]

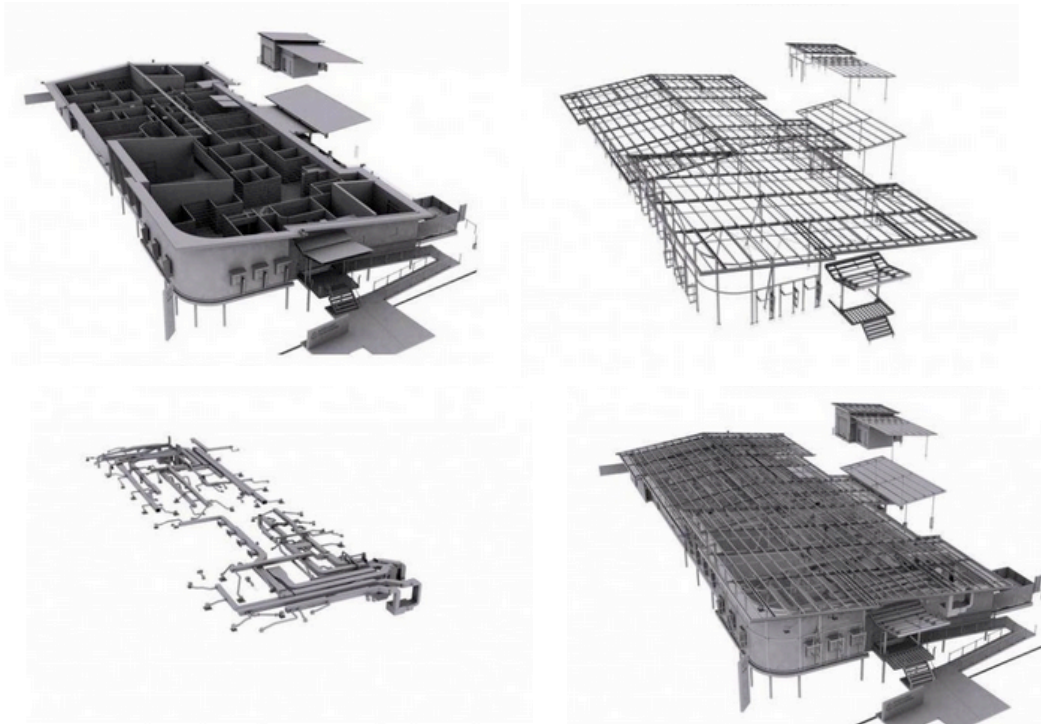


Figura 2.4 - Exemplo de um modelo BIM

A figura 2.4 mostra um exemplo de um edifício com os vários modelos das diversas especialidades separadas, arquitetura, estrutura e instalações e o modelo agrupado por todas as especialidades, de forma a encontrar mais facilmente possíveis colisões.

Com toda a informação num único espaço, o valor do modelo é acrescido. Funcionando como um meio que pode ser acedido por todos os intervenientes em vez de existir necessidade de duplicar trabalho, economizando tempo e dinheiro. O NIBS estima que o valor do desperdício atual da duplicação de trabalho tem um peso de demasiado significativo no valor global da obra, sem ter em conta os processos operacionais [3].

Um dos principais fatores tidos em conta por parte dos que procuram passar a construção para outro nível e usar o BIM, foi eliminar este desperdício assim como beneficiar de características-chaves tais como:

- O modelo ser concebido inteiramente em computadores;

- O modelo não ser composto apenas por linhas, tal como acontece no tradicional Computer Aided Design (CAD), mas sim por objetos que contém informação e que caso haja uma alteração no modelo eles são capazes de se ajustarem em tamanho e em localização;
- Todos os objetos serem compostos por informações facilmente legíveis como especificações, garantias, tempo de fabrico, etc.;
- Todas as informações provenientes de várias fontes irem sendo introduzidas no mesmo modelo de forma a poderem ser acedidas por todas as equipas ligadas ao projeto;

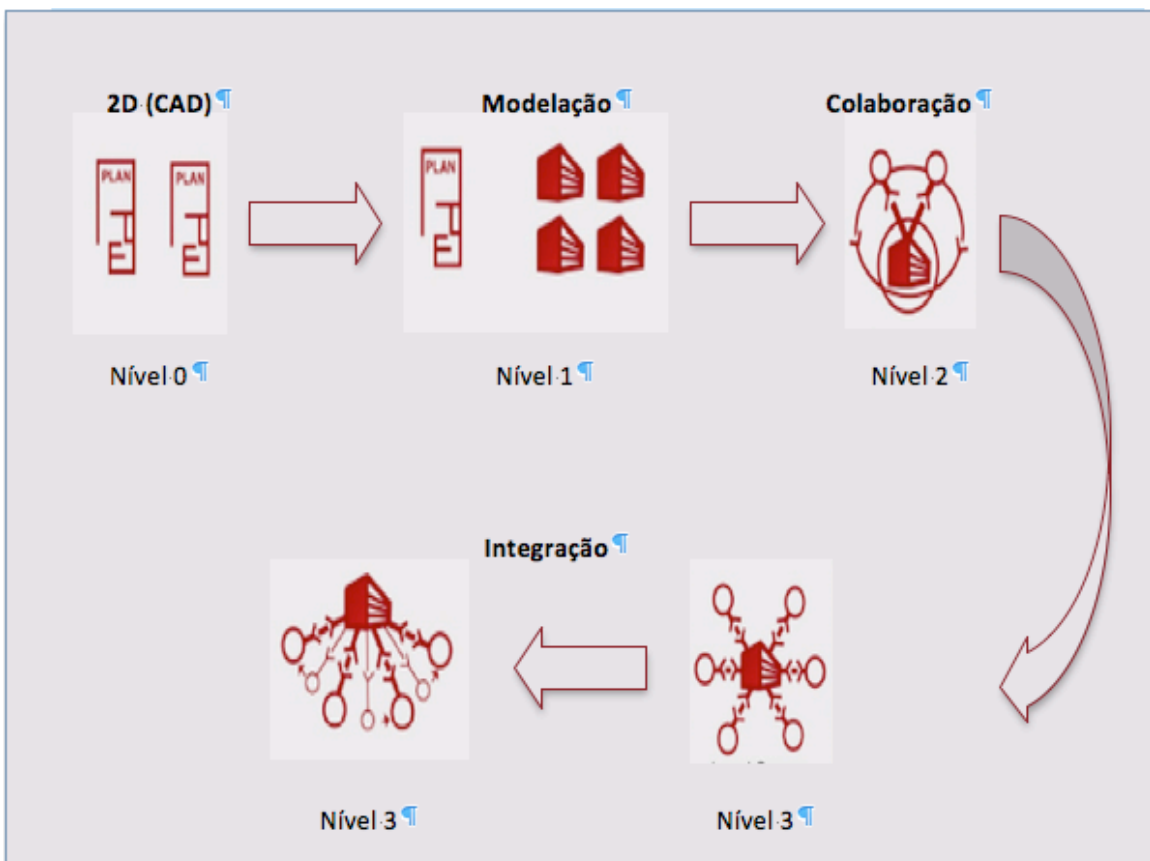


Figura 2.5 - Níveis compostos pelo BIM

É importante entender que o BIM é composto por vários níveis de aplicação, nomeadamente (ver figura 2.5):

- Nível 0: Desenhos 2D com o CAD, linhas, círculos, texto, etc.;
- Nível 1: Quando passamos do 2D para o 3D, ou seja, para a modelação em 3D que implica uma coordenação para que não haja interferência entre as diferentes disciplinas;
- Nível 2: É ligado à biblioteca pessoal, e podem ser feitas comparações para estimativas de custo e tempo e as informações são unidas a cada objeto;
- Nível 3: A ideia é que no nível 3 toda a informação seja partilhada com outros gabinetes / equipas e seja atualizada periodicamente com o desenvolvimento da obra.

2.4 A presença nas estruturas metálicas

Um grande número de documentos e desenhos são gerados dentro da fase de conceção de um projeto de construção. O rápido crescimento do volume de informações, devido ao progresso do projeto, torna cada vez mais difícil de encontrar, organizar, aceder e manter as informações exigidas pelos intervenientes no projeto. A necessidade de integração desta informação é evidente devido aos inúmeros benefícios que ela pode trazer tanto para o dono da obra como para as várias equipas. Pessoas e conhecimento são os recursos estratégicos mais importantes de uma organização. Daí o planeamento estratégico poder ser uma maneira de evitar problemas de interoperabilidade. É nesse planeamento que o BIM entra em cena como uma ferramenta a ser usada para transferência de dados. [4]

Desta forma, os projetos que são mais dependentes de programas de cálculo automático, estão a levar uma grande vantagem com o BIM. Neste momento os projetos de estrutura metálica são os mais utilizados no BIM pois podem ser coordenados com mais facilidade, melhorando a sua entrega, fabrico e instalação e diminuindo o armazenamento. O processo para preparar um projeto para a introdução no software de análise estrutural é mais eficiente, uma vez que todos os dados dos materiais a usar podem ser transferidos diretamente a partir do modelo de arquitetura.

Isto fornece ao projetista uma ideia da criação e definição das bases para criar o modelo de análise que irá ser utilizado no software de engenharia para analisar o projeto de acordo com os requisitos. Na metodologia tradicional, geralmente os desenhadores iniciam os desenhos à parte, criando uma representação do edifício para dar início aos documentos de construção, o que pode originar a criação de vários desenhos que contêm as mesmas informações. O facto de existirem diferentes

modelos que estão a ser trabalhados para o mesmo projeto multiplica os esforços que têm de ser colocados em coordenação e abrindo a possibilidade para erros.

Atualmente, existem países que defendem e querem tornar-se líderes mundiais na metodologia BIM, como por exemplo o Reino Unido onde o ministro Francis Maude afirma:

“A estratégia de quatro anos deste governo para a implementação do BIM vai mudar a dinâmica e os comportamentos da cadeia produtiva da construção, desbloqueando novas formas, mais eficientes e colaborativas de trabalho. Esta adoção de BIM no setor inteiro vai colocar-nos na vanguarda de uma nova era de construção digital e posicionar o Reino Unido nos líderes mundiais em BIM.” [5]

Como já foi referido anteriormente, a indústria do aço foi pioneira no uso do BIM devido aos curtos prazos de fabrico e montagem. Em inúmeros projetos, permitiu que o aço fosse fabricado, entregue e montado mais rapidamente e com produtos de melhor qualidade, com menor desperdício e maior segurança. [6]

Para comprovar o já referido, a gigante construtora e produtora de aço, Douglas Steel, testemunha que, com a utilização do BIM na nova fábrica de motores V6 da General Motors (GM), de vários milhões em Flint, foi possível colocar oito semanas mais cedo em fabrico do que normalmente seria possível e realizar a montagem do aço oito dias mais cedo. A construção da fábrica foi concluída cinco semanas antes do previsto. Na avaliação comparativa com projetos anteriores, a GM estima que três a cinco por cento dos custos totais de construção foram salvos através da implementação do BIM, de acordo com Laird Landis, engenheiro sénior tecnológico da GM. [7]

Na figura 2.6 pode verificar-se a dimensão da estrutura, que necessitou sem dúvida de uma gestão complexa de todo o projeto. Demonstra que o BIM pode ser usado em qualquer tipo de dimensão de projeto.



Figura 2.6 - Construção da fábrica da GM V6 Engine [7]

Assim como as gigantes empresas de engenharia e construção, ARUP e Mortenson respectivamente, que também confirmam dizendo que:

É difícil acreditar que o projeto do Denver Art Museum poderia ter sido feito sem BIM, a estrutura de aço do projeto foi concluída dois meses antes do previsto, conseguindo poupar uma quantia muito significativa. [8]

Denver Art Museum foi um dos projetos que elevou a complexidade da AEC, no qual o BIM esteve presente desde o início. Na figura 2.7 é possível verificar a modelação 3D assim como a sua construção, demonstrando as imponentes 2750 toneladas de aço utilizadas na construção. Com a utilização do BIM foi possível descobrir 1200 colisões durante a realização do projeto e concluir a construção três meses antes do previsto. [8]

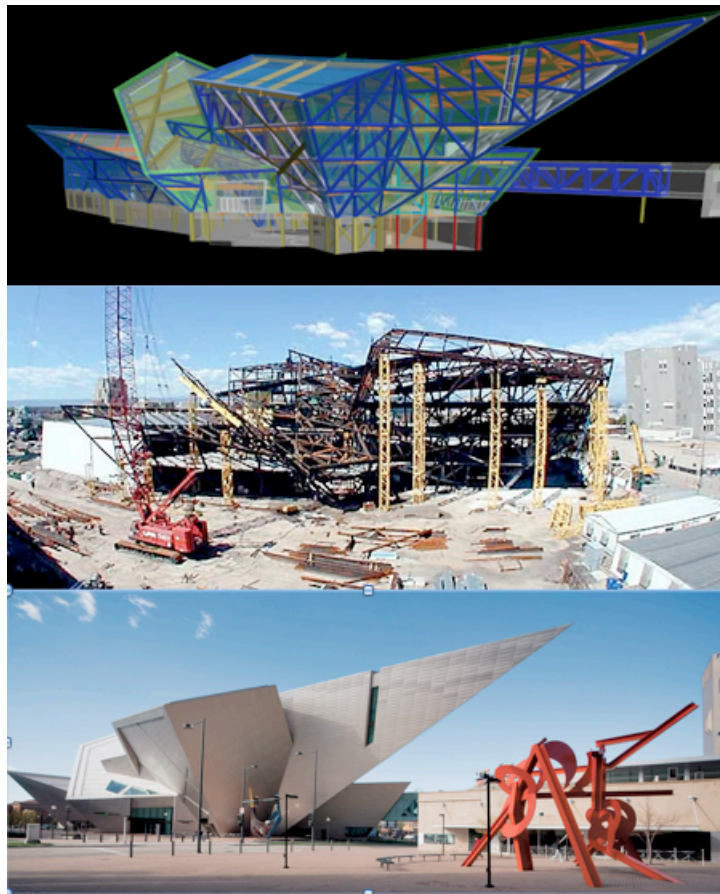


Figura 2.7 - Construção do Denver Art Museum [8]

O BIM está principalmente presente nas estruturas metálicas devido ao facto destas estarem em crescimento contínuo. Esta expansão deve-se à competitividade de construir edifícios cada vez maiores, mais complexos e mais difíceis de coordenar. Desta forma, o BIM foi impulsionado por este crescimento, com as equipas e donos de obra a procurarem o compromisso entre melhor coordenação, maior qualidade e menores custo no projeto.

2.5 Benefícios

Inúmeros países já instituíram o uso do BIM nas suas obras públicas, através de métodos diferentes mas com o mesmo objetivo. Singapura e EUA com a alteração da lei, Finlândia e Noruega através da criação de orientações e diretivas, China e Dinamarca fazendo uso de Industry Foundation Classes (IFC), Holanda e Finlândia aplicando limites máximos ao custo do empreendimento a partir dos quais o projeto terá que ser executado sobre plataforma BIM. Como já foi referido, apesar das diferentes metodologias, todos têm em comum a forte aposta na Investigação e Desenvolvimento (I&D) do BIM como base para as suas estratégias de crescimento. [9]

Desta forma há um número crescente de palestras, seminários e conferências sobre o BIM, pois a introdução da nova metodologia na AEC é obrigatório assim como foi a introdução do CAD. Desta forma é necessário entender quais são os benefícios que podem trazer para esta indústria gigante e tão complexa.

De entre os pontos vantajosos que o BIM oferece, são de realçar os seguintes:

- Base de dados - Os benefícios começam logo na “pré-construção”, isto é, o proprietário antes de contratar um arquiteto necessita de determinar o tamanho, nível de qualidade e requisitos do projeto e se este é capaz de satisfazer as exigências financeiras e tempo idealizado de conclusão. Se estas perguntas puderem ser respondidas com relativa certeza, os proprietários podem então prosseguir com a expectativa de que os seus objetivos são realizáveis. Descobrir que um projeto está significativamente acima do orçamento depois de uma quantidade considerável de tempo e esforço ter sido despendido, é um desperdício. Um modelo de construção aproximado incorporado e vinculado a um banco de dados do BIM pode ser de enorme valor e assistência ao proprietário. O desenvolvimento de um modelo esquemático antes de ser gerado um modelo de construção detalhado permite uma avaliação mais cuidadosa do esquema proposto para determinar se ele atende aos requisitos funcionais e sustentáveis do edifício. A avaliação precoce de alternativas de projeto usando ferramentas de análise / simulação aumenta a qualidade global do edifício. [10]
- Visualização em 3D - Facilita a visualização tanto das equipas de projeto como do dono de obra. As equipas de projeto podem encontrar erros com maior facilidade antes do projeto ser construído, obtendo uma maior qualidade de projeto e o dono de obra pode ter uma

maior percepção da obra antes de ela ser construída, ou seja, ver os acabamentos, materiais a serem usados, iluminação, cores etc. devido ao “walk-through” que o BIM oferece.

- Diminuição dos custos de coordenação - Todas as partes interessadas no projeto podem avaliar, criticar e sugerir melhorias a partir de seu local de trabalho. Poupança assim custos e tempo adicionais relativos a deslocamentos.
- Trabalho em sintonia - O BIM oferece a capacidade de todas as equipas de projeto poderem estar a trabalhar com o mesmo modelo do projeto on-line permitindo assim que todas as alterações possam ser vistas por todas as equipas. Desta forma um projeto pode ser realizado com maior rapidez, baixando os custos para os projetistas e para os donos de obra.
- Facilidade de logística - Enquanto o edifício está em construção, uma atenção especial deve ser dada ao pessoal, equipamentos, tráfego de veículos, entregas e armazenamento entre as inúmeras entidades e subcontratados. Com o BIM é possível saber em que situação se encontra a construção, pois cada entidade pode mostrar o que foi realizado a cada dia que passa na obra.
- Maior controlo de documentos - O modelo é partilhado online por todos os envolvidos no projeto e sendo obrigados a depositar todos os documentos e informações no modelo, assim o dono de obra pode aceder a todos os documentos necessários com um maior controlo.
- Melhor gestão - A gestão de fabrico e de entrega torna-se muito mais simples pois cada peça fica com uma cor que representa um lote de entrega em obra, transformando a gestão da obra mais fácil para todas as equipas. É possível ver na figura 2.8 que segue, uma estrutura loteada, ou seja, cada conjunto de peças destinadas a ser entregue em obra no mesmo dia tem a mesma cor, que é definido no início de projeto de forma a facilitar a gestão de fabrico e do processo de montagem. O loteamento é definido consoante o processo de montagem e conforme a carga limite do transporte. Desta forma a coordenação e gestão de trabalhos torna-se mais fácil.

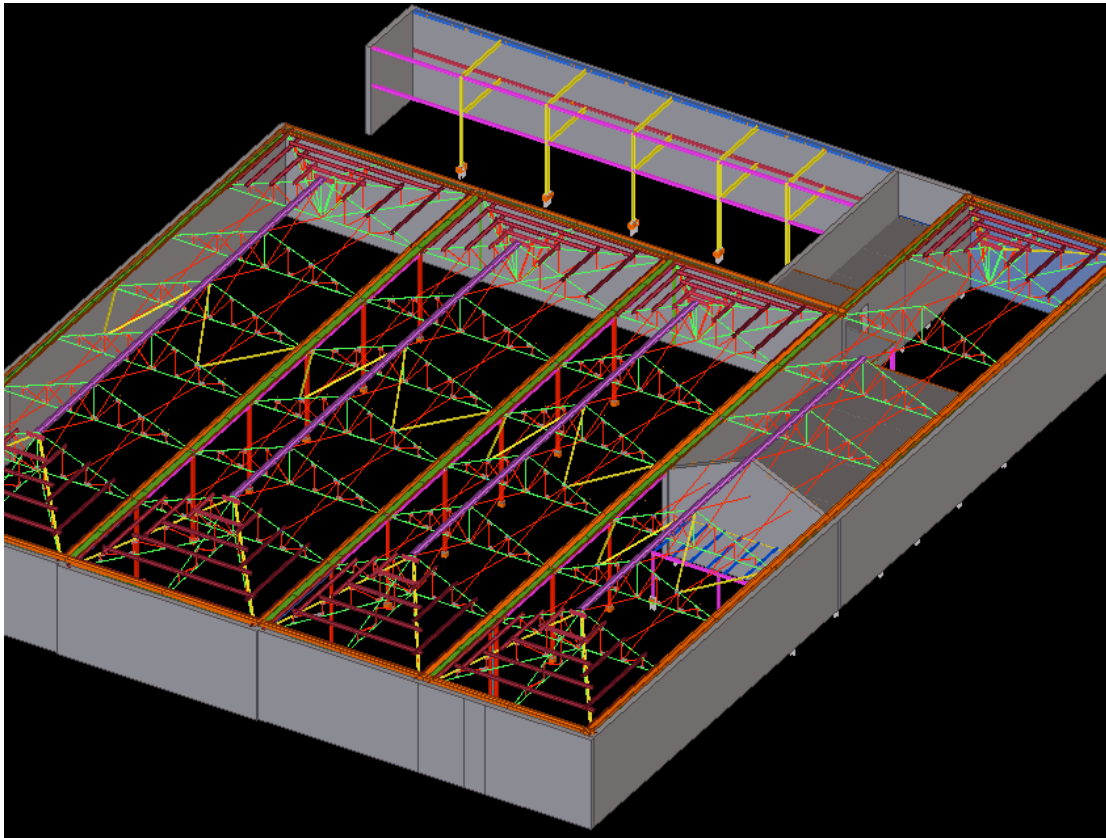


Figura 2.8 - Exemplo de uma estrutura dividida em vários lotes por cores

- “Parametric Modelling” - É um princípio que está ligado à modelação 3D. Essencialmente, significa que todos os objetos no modelo estão interligados. Se por alguma razão for necessário mover uma parede, tudo que está ligado à parede também se move, caso seja necessário aumentar ou diminuir um volume de um andar, as quantidades de materiais ligados as paredes também se alteram automaticamente. Assim é possível poupar tempo e diminuir a percentagem de erro por esquecimento quando algo é alterado no projeto.

Os benefícios que o BIM oferece são muitos, mas para poder ser introduzido numa empresa de AEC é necessário perceber quais são os benefícios financeiros que o BIM pode trazer com a sua introdução. É necessário perceber que a inserção do mesmo tem custos iniciais e depende de muito tempo inicial para todos os colaboradores. Desta forma, abaixo é apresentada uma representação esquemática (figura 2.9) com o resumo dos benefícios citados acima e que demonstra os benefícios financeiros com valores concretos.

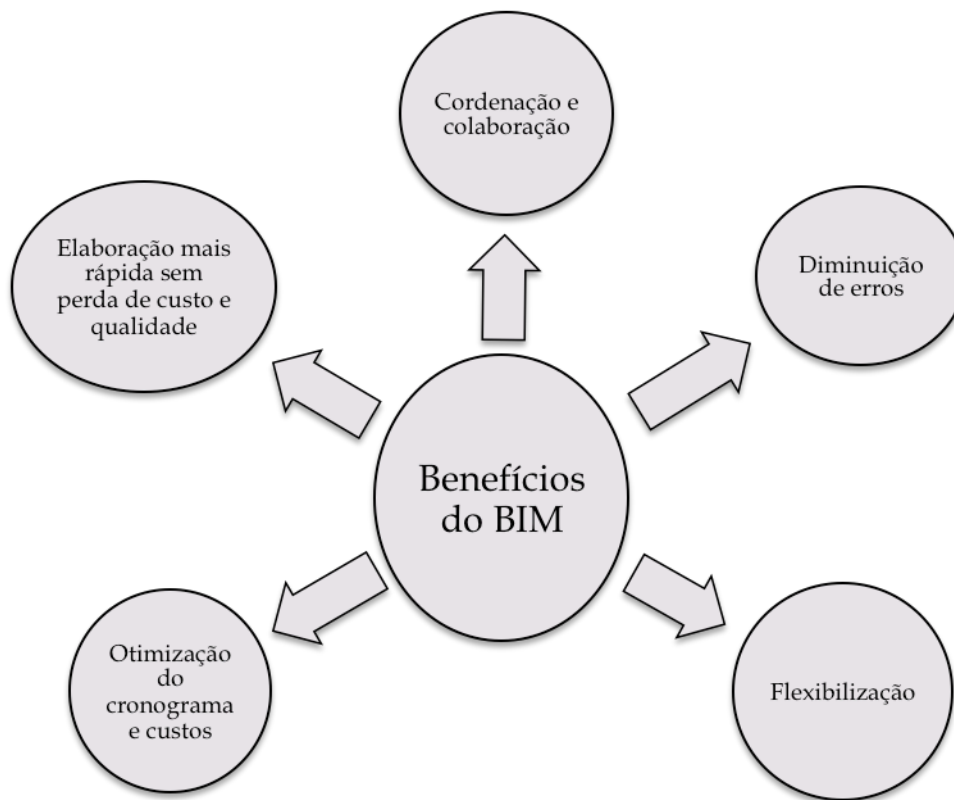


Figura 2.9 - Representação esquemática de resume dos benefícios do BIM

Em suma, os benefícios que o BIM oferece são uma maior flexibilização no projeto, uma maior otimização do cronograma e de custos, uma elaboração mais rápida sem perda de custo e qualidade, uma maior coordenação e colaboração de todo os intervenientes e por fim uma menor diminuição de erros.

Assim como já foi mencionado acima, o BIM tem encargos associados à sua implantação, mas em contra partida trás benefícios financeiros. Já foi comprovado que o retorno sobre o investimento (ROI) é positivo, apenas com a sua implementação um gabinete de projetistas poderá pagar o investimento feito com a implementação ao terceiro ano de utilização, e de seguida ter lucros operacionais maiores do que aqueles que teria sem BIM. [11]

A título de exemplo, refira-se percentagens concretas que foram estimadas pela empresa BluEnt que realiza consultadoria em BIM [12]:

- Redução de 20% nos custos da construção.
- Redução de 33% nos custos ao longo do ciclo de vida do edifício.
- Redução de 47% a 65% de conflitos e “re-trabalho” durante a realização do projeto e na construção.
- Aumento de 44% para 59% na qualidade global do projeto.
- Redução de 35% no risco de uma melhor previsibilidade de resultados.
- 34% a 40% de melhor desempenho da estrutura concluída.
- Melhoria de 32% a 38% nos ciclos de revisão e aprovação.

2.6 Dificuldades na implementação

Depois de terem sido enumerados os benefícios que o BIM oferece, é necessário também perceber quais são as dificuldades na sua implementação e entender o porquê de ainda não estar presente em todas as empresas de AEC em Portugal.

É indispensável capacitar que o maior dono de obra do país é o Estado Português, assim é importante que o Governo Português tome medidas legislativas tal como foi realizado noutros países tal como Reino Unido, Holanda, Singapura, etc. Enquanto não houver uma medida por parte do maior dono de obra relativamente ao BIM, a sua implementação torna-se cada vez mais tardia. [13]

Outro aspeto relevante é que a modelação 3D exige o domínio de software específico o que pode implicar dificuldades acrescidas para engenheiros que atualmente operam na área, sendo essencial a aposta na formação.

Para além dos pontos acima destacados, não pode ser esquecido que a implementação do BIM tem um investimento elevado, dificultando o acesso a empresas mais pequenas que podem não ter capacidade financeira suficiente para a sua implementação.

É possível compreender com facilidade que a introdução definitiva do BIM em Portugal vai ser possível depois do Estado Português intervir, tanto com nova legislação como com ajuda financeira para organizações mais pequenas que necessitem de ajuda financeira para a sua introdução.

2.7 Software utilizado no O Feliz

Existe uma grande diversidade de softwares, que fazem os utilizadores tirarem o maior partido da metodologia BIM. A empresa O Feliz utiliza principalmente três programas, o Robot Structural Analysis, Tekla Structures e Tekla Bimsight.

- Robot Structural Analysis – É o software de análise automática estrutural mais comercializado no norte de Portugal. O programa auxilia os engenheiros de estruturas, capacidades de simulação e análise da estrutura.

- Tekla Structures – O software Tekla permite a realização da modelação em 3D de qualquer tipo de estrutura, seja ela metálica ou de betão armado. Os modelos criados contêm informações precisas e detalhadas de todos os materiais usados. É importante referir que o Tekla oferece bases de dados com uma enorme variedade de perfis e de ligações, promovendo a economia de tempo para os desenhadores. Contudo, apesar de ser um programa com grande versatilidade, é muito complexo de usar devido à sua precisão e quantidade de informação introduzida.

- Tekla Bimsight – É uma ferramenta gratuita para a colaboração em projetos de construção. Todo o fluxo de trabalho realizado no Tekla pode ser partilhado de forma a verificar se existe conflitos e é utilizado para partilhar toda a informação no mesmo ambiente de trabalho. Permite aos participantes do projeto que identifiquem e resolvam problemas ainda na fase de projeto antes da construção. Sendo um software com uma enorme facilidade de manuseio, está a ser implementado cada vez mais.

2.8 BIM no O Feliz

O Feliz há dois anos que está a implementar o BIM na sua organização interna. Apesar de já estar quase a cem por cento, ainda continuam em desenvolvimento e em pesquisa para conseguirem utilizar todos os benefícios que o BIM pode oferecer. Contudo, ainda não é possível utilizá-lo

externamente com todas as empresas da AEC, por ainda não estar presente em todas mas em projetos internacionais O Feliz já usa com maior frequência.

A modelação 3D é o primeiro passo na nova metodologia, o qual o O Feliz já detém grande experiência. No presente, trabalham quatro preparadores só para modelarem estruturas em 3D. Abaixo é apresentada a figura 2.10, que compara a estrutura montada no local e a modelação 3D realizada para o desenvolvimento de todo o processo da obra. É possível verificar que a representa fielmente a estrutura executada.

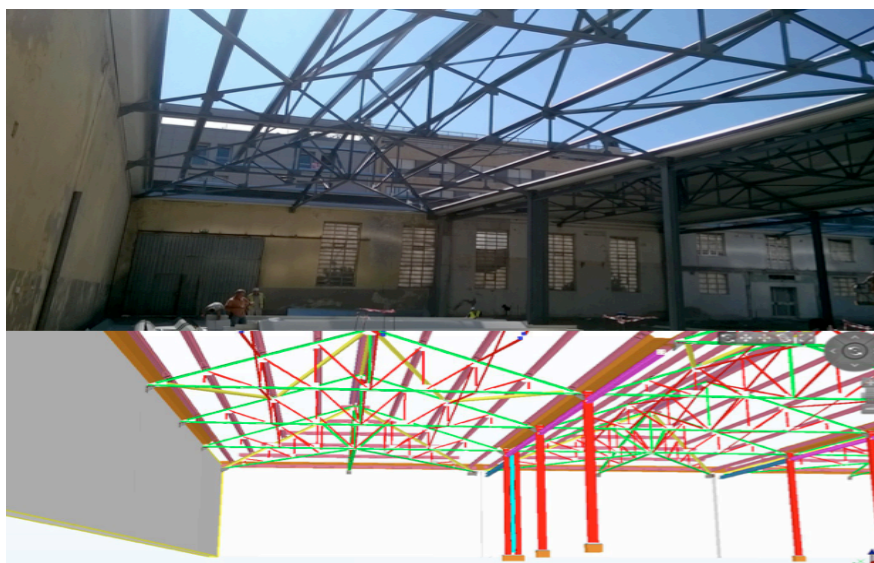


Figura 2.10 - Modelação 3D vs obra

Como já foi referido anteriormente, a modelação 3D é a base do BIM e é a partir deste ponto que todo o processo se sucede. Para uma compreensão mais pormenorizada, de seguida, vai ser exposto o modo como o O Feliz aborda o BIM internamente após a modelação do projeto.

- Após a modelação estar concluída, o primeiro processo é verificar se existem erros e colisões entre elementos. Com uma visualização 3D na escala real existe uma maior facilidade de encontrar erros ou incompatibilidades. Como exemplo, é exposta na figura 2.11, uma ligação soldada entre dois perfis tubulares de secção quadrada, um 50X3 mm e outro 70X3 mm, que compunham uma treliça. Contudo, existia uma incompatibilidade, pois a soldadura não conseguia cobrir a diferença entre eles e o de maior dimensão ficaria aberto e com suscetibilidade de no futuro penetrarem agentes corrosivos. Sem a modelação, talvez este lapso só teria sido detetado durante o fabrico o que iria originar atrasos e custos acrescidos.

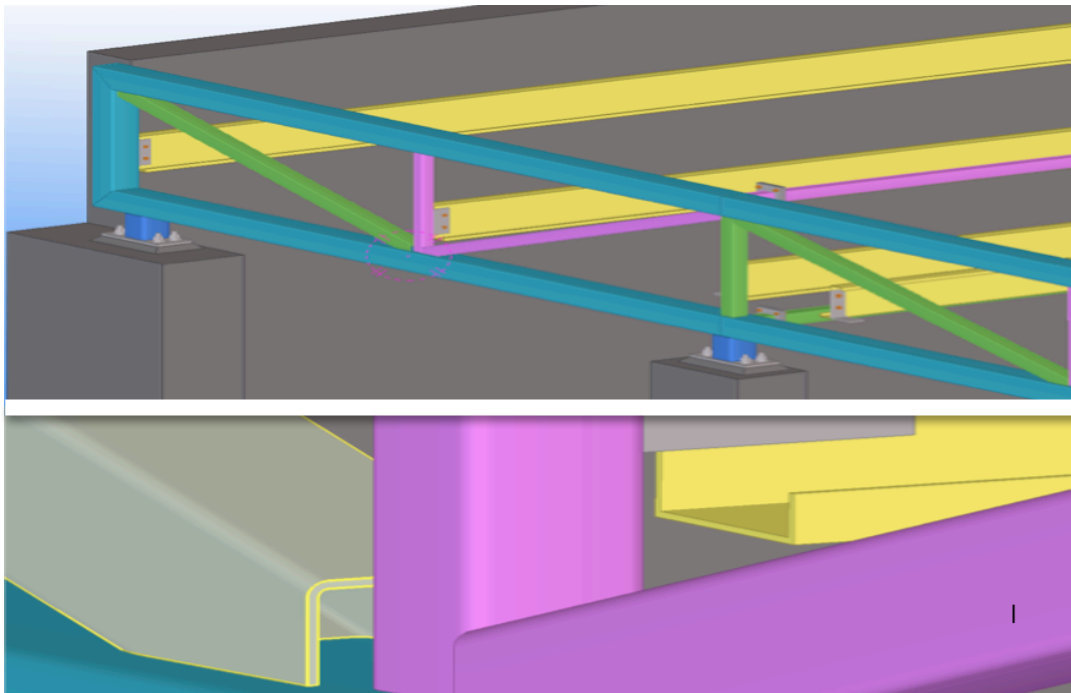


Figura 2.11 - Falta de compatibilidade entre perfis

- Após a procura de falhas de projeto, todos os perfis recebem parâmetros, ou seja, é definida a qualidade do material, o tipo de perfil, acabamento final, etc. Na figura 2.12 apresenta-se um exemplo da seleção de todos os parâmetros de um perfil, como o nome do perfil, o tipo de perfil, a classe do material, o grau de decapagem, a tinta a usar e o local de pintura.

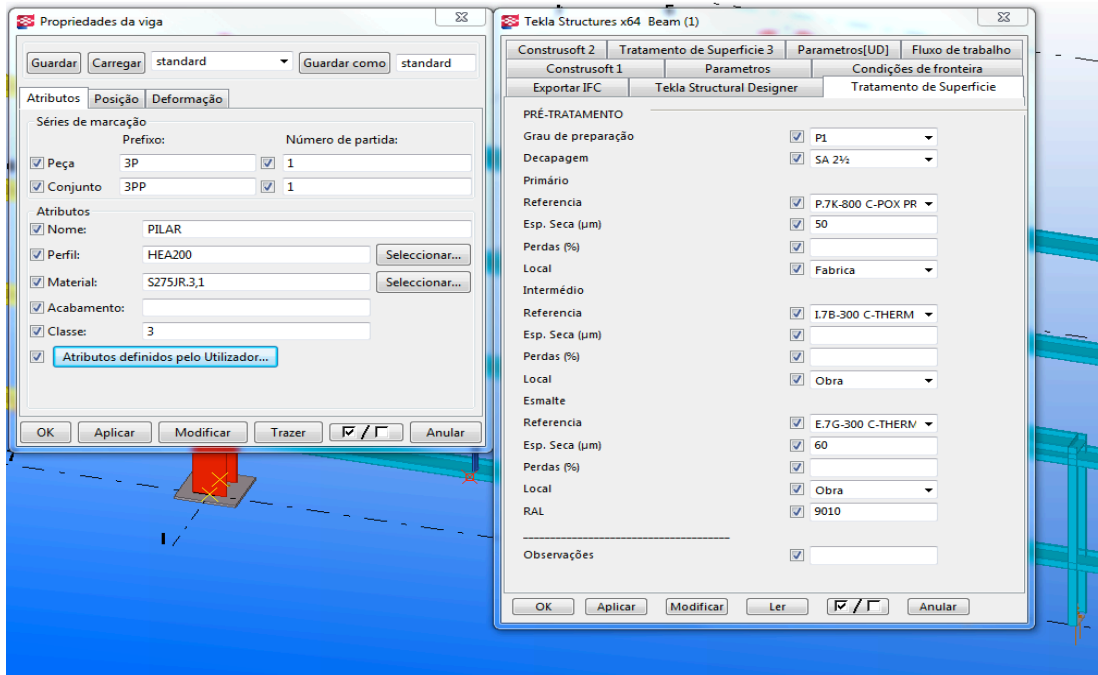


Figura 2.12 - Definição dos parâmetros de um perfil

- Após a modelação estar concluída, as colisões detetadas e os parâmetros definidos para cada peça, o Tekla permite importar listas de forma automática. A figura 2.13, é um exemplo de uma lista importada do Tekla, onde é possível ver a quantificação de todos perfis que compõem a estrutura. Nestas listas são importadas as propriedades dos perfis, ou seja, são extraídos valores como quantidades, tipo de perfil, comprimentos, sobras de perfis, pesos e quais os perfis que estão em armazém ou os que são necessários encomendar.

PERFIL	BARRA COMP.	QUANT.	PEÇA	PEÇA COMP.	QUANT. PEÇAS	SOBRA
S275JR.12.3.1	12000	42	L80X80X8.S275JR	12000	1	0
S275JR.12.3.1	12000	24	L80X80X8.S275JR	11685	1	315
S275JR.12.3.1	12000	3	L80X80X8.S275JR	11365	1	635
S275JR.12.3.1	12000	21	L80X80X8.S275JR	11364	1	636
S275JR.12.3.1	12000	12	L80X80X8.S275JR	9345	1	438
S275JR.12.3.1	12000	12	L80X80X8.S275JR	8941	1	259
S275JR.12.3.1	12000	24	L80X80X8.S275JR	7651	1	1218
S275JR.12.3.1	12000	6	L80X80X8.S275JR	7651	1	1549
S275JR.12.3.1	12000	21	L80X80X8.S275JR	7651	1	1599
S275JR.12.3.1	12000	30	L80X80X8.S275JR	7651	1	2132
S275JR.12.3.1	12000	3	L80X80X8.S275JR	7651	1	4349

Figura 2.13 - Lista de quantificação de material

- Após a conclusão dos pontos citados, é imprescindível haver desenhos de fabrico e desenhos de montagem, para se proceder ao fabrico e à montagem, respetivamente. Relativamente aos desenhos de fabrico, o software envia automaticamente toda a informação para os diversos departamentos de fabrico, tais como o corte e quinagem, laser, soldadura, decapagem, pintura, etc. Todos estes desenhos são complexos e demorados, dado serem centenas de peças e cada uma tem comprimentos, ângulos de corte, ligações, acabamentos, diferentes. Mas o software simplifica este processo por realizar estes desenhos quase automaticamente. A figura 2.14 mostra um exemplo de um desenho de fabrico, neste caso concreto, esquema de soldadura de uma treliça.

No que se refere aos desenhos de montagem, são desenhos cotados, com a referência de cada peça e com a sequência de montagem da estrutura. São complexos e demorados de realizar, os quais o software volta a fornecer automaticamente. Desta forma, economiza tempo e custos. A figura 2.15 exemplifica um desenho de montagem de uma treliça, onde é possível observar as referências de cada peça assim como os acessórios de cada ligação. Neste processo, são economizadas horas e custos de trabalho.

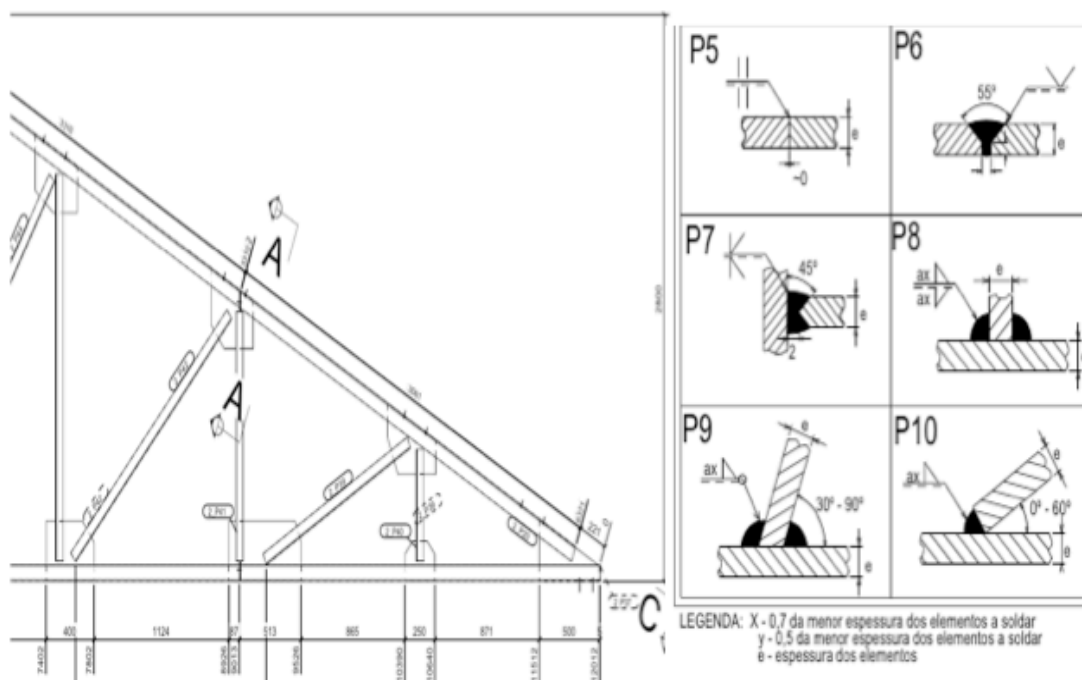


Figura 2.14 – Exemplo de um desenho de fabrico

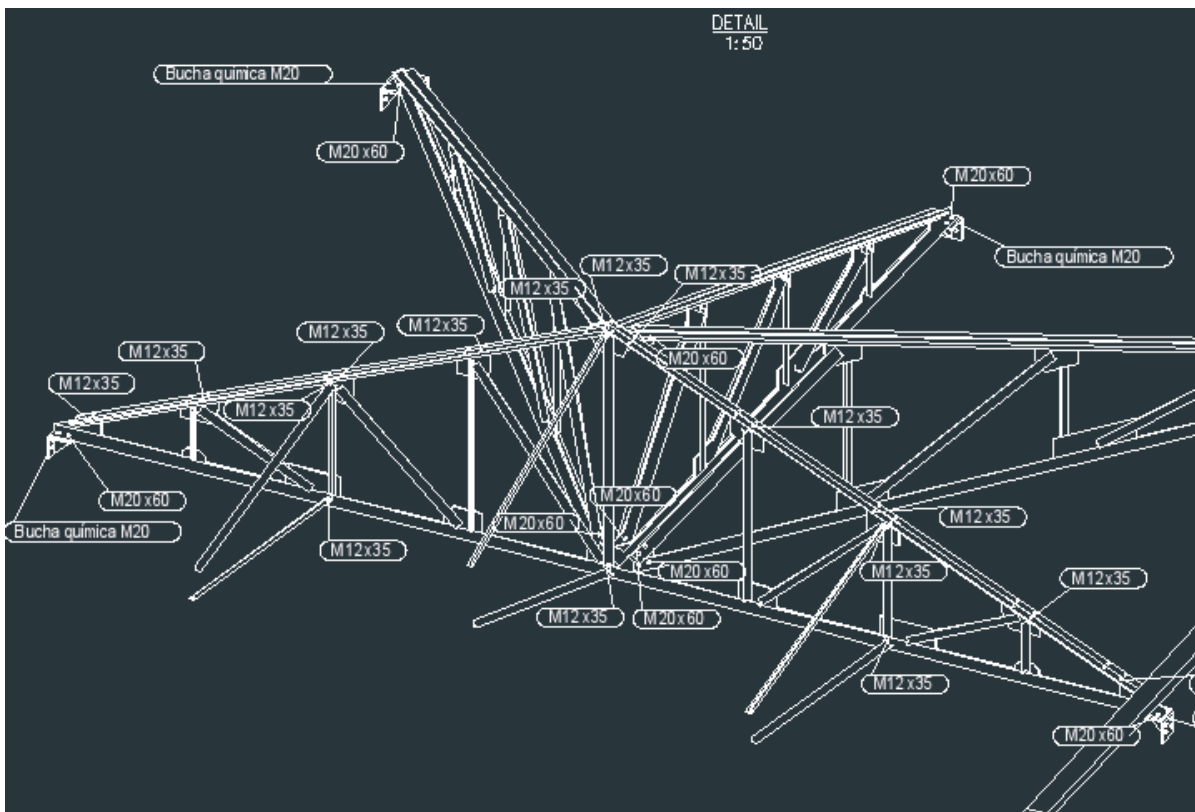


Figura 2.15 – Exemplo de um desenho de montagem

- Para concluir o processo, o diretor de obra, realiza o loteamento da estrutura. O loteamento é a fragmentação da estrutura que tem duas funcionalidades cruciais:
 - 1ª - Dividir a estrutura por datas de transporte para a obra. Como o caminhão tem limite de peso, normalmente 20 toneladas, o software limita automaticamente a fragmentação tendo por base esta restrição. Assim facilita o departamento de logística a gerir as cargas para a obra.
 - 2ª - A fábrica tem acesso à fragmentação e consegue começar a produzir as peças com a ordem sequencial definida.
- Após o processo concluído, a modelação é enviada ao cliente pelo Bimsight. Este é capaz de visualizar a estrutura em 3D, os parâmetros de cada peça, datas de chegada em obra, etc. A partir deste ponto, todas as observações e notas são realizados pelo mesmo programa. A figura 2.16, demonstra um exemplo de uma modelação enviada ao cliente pelo Bimsight, onde o qual apontou um possível conflito no pilar, assinalando com uma seta.

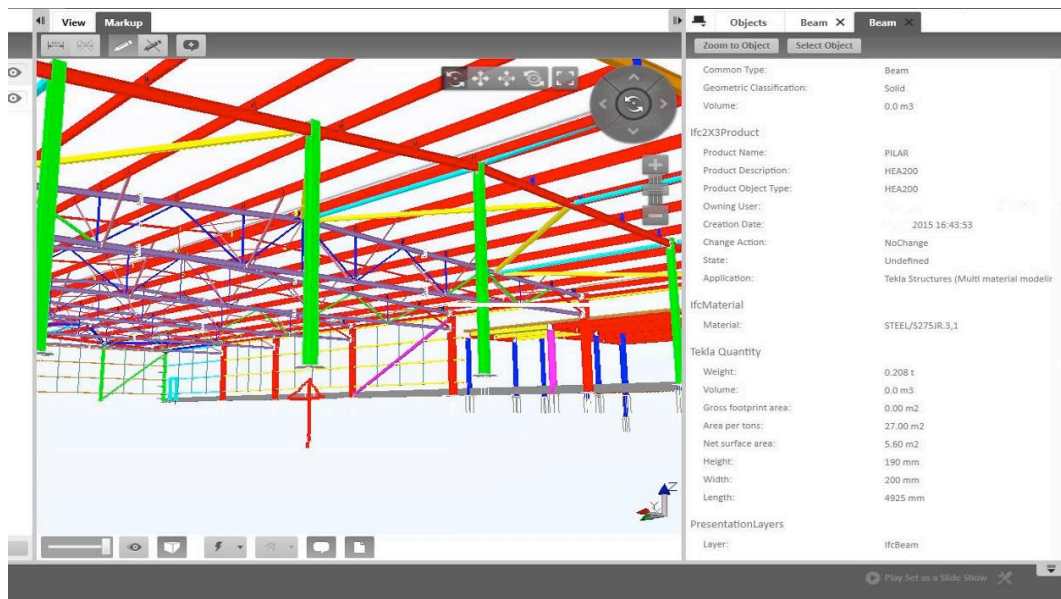


Figura 2.16 - Visualização em BIMsight

Todo o processo é complexo devido as dezenas de pessoas que estão envolvidas, tais como direção de obra, preparação, gabinete de projeto, compras, fabrico, logística, etc.

O Feliz tem vindo a implementar o BIM há alguns anos e continua a desenvolvê-lo, desta forma consegue estar sempre a par de novos desenvolvimentos da nova metodologia. Para seguir este caminho a empresa depende de muito capital financeiro. Nem todas as empresas de AEC conseguem ter capacidade financeira para seguir os passos do O Feliz, o que dificulta a implementação da metodologia BIM a nível nacional.

2.9 Conclusão

Depois da realização deste capítulo, ficou claro que a implementação do BIM é obrigatória, tal como foi a implementação da metodologia Cad. Com a obrigação da internacionalização das empresas de AEC, a nova metodologia irá ser o ponto chave do sucesso. Contudo, as empresas vão necessitar de ajuda por parte do Estado Português, pois a introdução do BIM implica custos que não podem ser suportados por todas as empresas de AEC.

Após acompanhar e perceber as etapas que o O Feliz realiza de forma a utilizar a metodologia BIM, foi possível compreender que é um processo complexo mas, contudo, economiza tempo nos processos mais demorados, mas obrigatórios para o bom funcionamento da empresa. A implementação do BIM na empresa, foi demorado e só foi possível depois de ter sido investido muito tempo por parte de todos os colaboradores da empresa.

Infelizmente, também foi possível verificar que ainda são muito poucas as empresas que estão a investir na implementação do BIM e que ainda subsiste um longo caminho, para que a metodologia esteja presente em todas as empresas de AEC.

Depois de ter sido acompanhado todo o processo, foi claro que a grande dificuldade no desenvolvimento de um projeto em BIM, que é descrito no capítulo 3, iria ser a modelação 3D da estrutura. A modelação 3D é o ponto fulcral para o bom desempenho de todo o processo, porém, exige muita aprendizagem, devido à complexidade do Tekla.

3 DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO EM BIM

Como foi referido, houve a oportunidade de poder realizar um projeto usando a metodologia BIM. Projeto esse, concebido graças aos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da pesquisa.

Este projeto foi útil pois permitiu definir as vantagens e desvantagens da metodologia supra citada, assim como os obstáculos que existem à sua aplicação.

3.1 Apresentação do projeto

A metodologia BIM foi utilizada na conceção de uma estrutura metálica, estrutura esta que serve de suporte a um passadiço de manutenção numa zona de bacias de retenção de ácidos (denominada de ETAR no projeto) numa fábrica sedeadada nos arcos de Valdevez.

A escolha da estrutura foi influenciada por ser simples de fabricar, mas com alguma complexidade na sua montagem. A ETAR está repleta de cubas e tubos, lotados de ácidos. Era impraticável a alteração da localização das cubas, devido à ETAR ser o abastecimento de toda a fábrica e esta não poder parar a sua produção. Devido ao problema enunciado anteriormente, existiu uma grande dificuldade em encontrar um sistema estrutural. Desta forma foi consensual utilizar a metodologia BIM, para verificar se facilitava o dimensionamento, de forma que a estrutura não coincidissem com nenhuma cuba ou tubo. Mais à frente será elucidada esta dificuldade e demonstrado como BIM ajudou neste processo.

É também indispensável referir que não foi permitido o uso de camião grua para transportar a estrutura do exterior para o interior, isto por ser um local de grande perigo por estar repleto de ácidos e existia o medo que o deslocamento da estrutura com grua danificasse algum tubo e colocasse em perigo os colaboradores que estavam a montar a estrutura. Desta forma, a deslocação das peças estruturais para o interior teve de ser efetuada manualmente. Logo, no dimensionamento a estrutura teve de ser pensada para que este ponto fosse possível.



Figura 3.1 – Caminho de cabos

A figura 3.1 demonstra o complexo e confuso caminho de tubos existentes na ETAR. É possível compreender dificuldades em encontrar um sistema estrutural que não colida com as cubas e os tubos.



Figura 3.2 – Espaço reduzido no solo

A figura 3.2, mostra que em todos espaços existem bombas, cabos elétricos e tubagens. A figura reforça a ideia de que foi difícil encontrar espaços vazios no solo para apoio da estrutura.

3.2 Laboração do projeto

O Feliz foi o responsável pelo projeto e foi quem projetou, fabricou e montou a estrutura metálica. Houve ainda a necessidade de subcontratar mais quatro empresas distintas, uma de topografia, uma de pintura especializada em ambientes agressivos, uma empresa que fabricou o gradil galvanizado e uma empresa de hidráulica que instalou tubagens sustentadas na estrutura.

É importante referir que só foi oportuno realizar este projeto a título experimental em BIM devido a ser um cliente regular, de ser uma estrutura sem muita complexidade estrutural e de não existirem prazos curtos. Acresce que houve poucas especialidades envolvidas no projeto, o que facilitou a abordagem da metodologia BIM no projeto.



Figura 3.3 - Representação esquemática das empresas ligadas ao projeto

A figura 3.3 representa a hierarquia do projeto. O cliente contratou o O Feliz para realizar o projeto e este por sua vez subcontratou mais quatro empresas. Para a utilização da metodologia BIM neste projeto, houve um pequeno diálogo com todos os colaboradores das quatro empresas, de forma a autorizarem a utilização da nova metodologia para o presente relatório de estágio, assim como uma

pequena explicação sobre o BIM e quais as ferramentas que seriam necessárias para que fosse possível a realização deste processo.

Contudo, só três empresas é que concordaram realizar o projeto com o auxílio do BIM. A empresa de hidráulica não concordou, devido a não dispor de tempo necessário para utilizarem ferramentas novas e ficarem reticentes com as ferramentas que o BIM oferece.

Em relação às três empresas restantes, a empresa de gradil concordou em experimentar novas ferramentas assim como a empresa de topografia, as quais já tinham ouvido falar da metodologia e aliaram neste processo. A empresa que realizou a última camada de pintura posteriormente à estrutura estar montada, não possuía de meios suficientes para realizar este processo, mas pactuou em tentar utilizar as ferramentas oferecidas pelo BIM, devido a terem compreendido que conseguiam controlar de uma forma mais exata a quantidade de tinta necessária para a pintura.

Nos pontos que seguem abaixo será explicado de forma exaustiva o procedimento que as três empresas precisaram para conseguirem levar a cabo este projeto.

3.3 Desenvolvimento do projeto

Neste ponto, desenvolvimento do projeto, serão explicadas todas as etapas que foram necessárias executar para concluir o projeto com sucesso.

1ª Etapa

O primeiro processo foi proceder ao levantamento topográfico do local em causa. Apesar de ser um procedimento aparentemente simples, foi um levantamento topográfico muito minucioso devido à quantidade de caminhos que os tubos percorriam na ETAR. Caso o levantamento não fosse realizado com a máxima precaução poderia comprometer a boa execução da estrutura.

Nesta etapa, o O Feliz disponibilizou uma viatura para haver acompanhamento durante o levantamento topográfico e auxiliar alguma dúvida na partilha do ficheiro, no software já enunciado anteriormente, o Tekla Bimsight.

Após o levantamento ser concluído e estar no formato de AutoCad, chegou o primeiro passo do processo BIM, ou seja, a partilha da planta para todos os intervenientes do projeto.

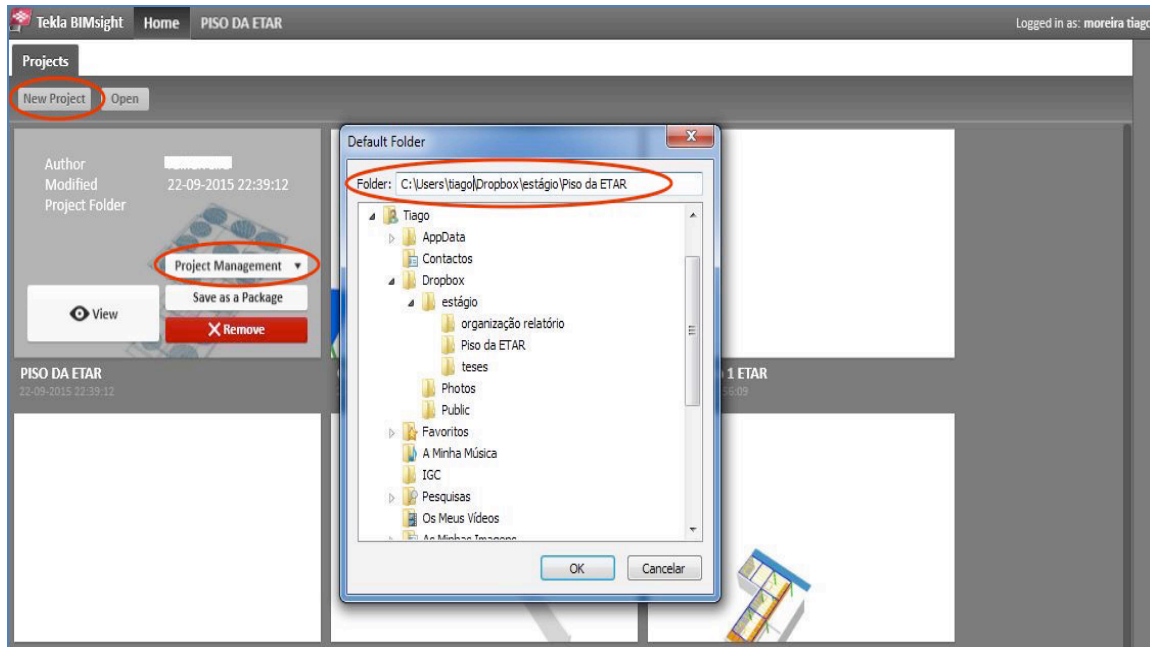


Figura 3.4 - Primeiro processo da partilha de documentos

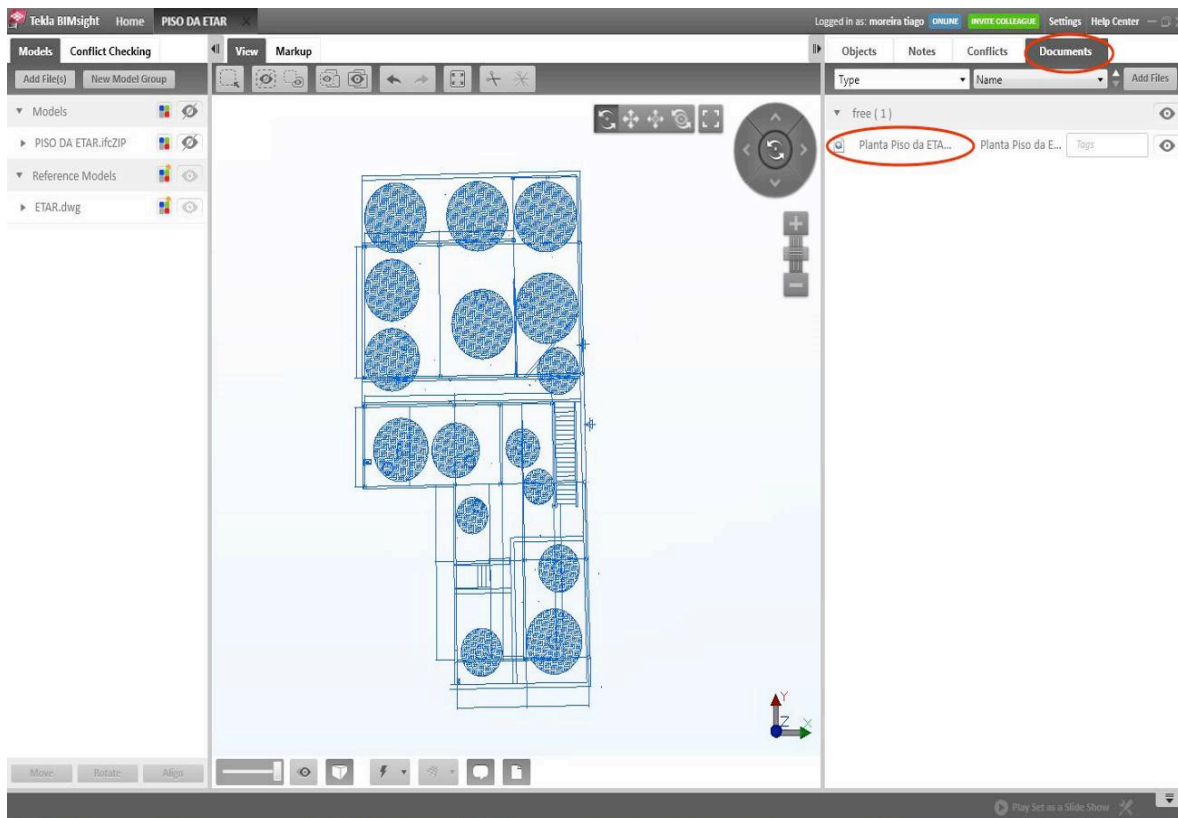


Figura 3.5 – Processo final na partilha da planta da ETAR

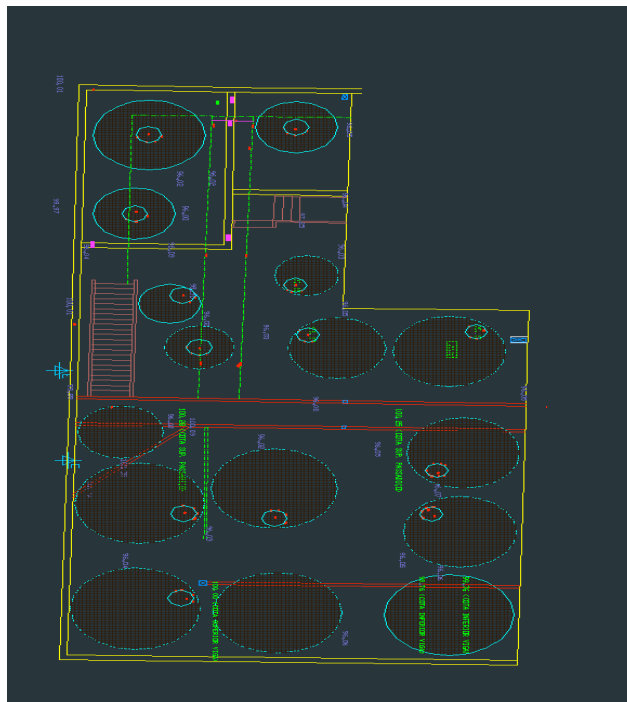


Figura 3.6 - Levantamento topográfico em AutoCad

Assim como é possível observar na figura 3.4, foi criado um projeto e de seguida guardado numa pasta partilhada com todos os envolvidos no projeto, desta forma todos tinham acesso ao mesmo modelo e podiam aceder, partilhar e trabalhar através do mesmo ficheiro. O círculo vermelho visível na figura, realça que o ficheiro foi partilhado com todos os intervenientes através da Dropbox.

Seguidamente foi introduzida a planta do levantamento topográfico (Figura 3.6). A partir deste momento, todos os intervenientes do projeto podiam trabalhar no mesmo ficheiro. A figura 3.5 exhibe a planta partilhada no Bimsight, assim como o aspeto do ambiente de trabalho que o Bimsight oferece.

Assim como foi possível verificar, é um processo simples de executar, e sem a necessidade de formação, isto porque este software em causa, Bimsight, foi criado para que fosse o mais intuitivo possível. Desta forma, os intervenientes não necessitam de desperdiçar tempo na aprendizagem do funcionamento do software.

2ª Etapa

Nesta fase todos os participantes do projeto tinham acesso à planta da ETAR. O passo seguinte era o dimensionamento da estrutura, que estava a cabo do o O Feliz. Para auxiliar o dimensionamento, foi usado o software de cálculo Robot.

Para a realização do dimensionamento da estrutura foi necessária a planta realizada pelo topógrafo, de forma a servir como modelo de referência. A estrutura foi idealizada sobre a planta, para que não existissem incompatibilidades.

Contudo, apesar de muita pesquisa e várias tentativas, não foi possível passar diretamente a planta que se encontrava no Bimsight para o software de cálculo automático em elementos finitos. Logo, foi necessário fintar esta adversidade, ou seja, primeiro a planta foi exportada para o Tekla Structures e posteriormente exportada para o Robot.

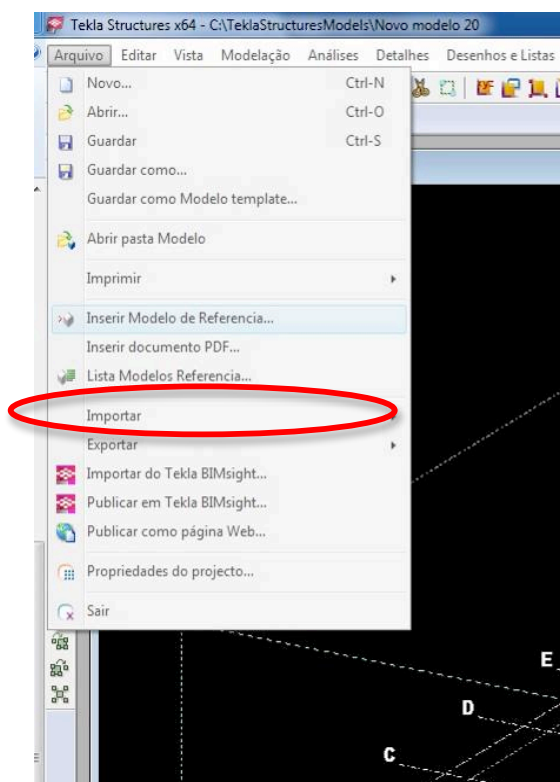


Figura 3.7 - Introdução do modelo de referência no TEKLA

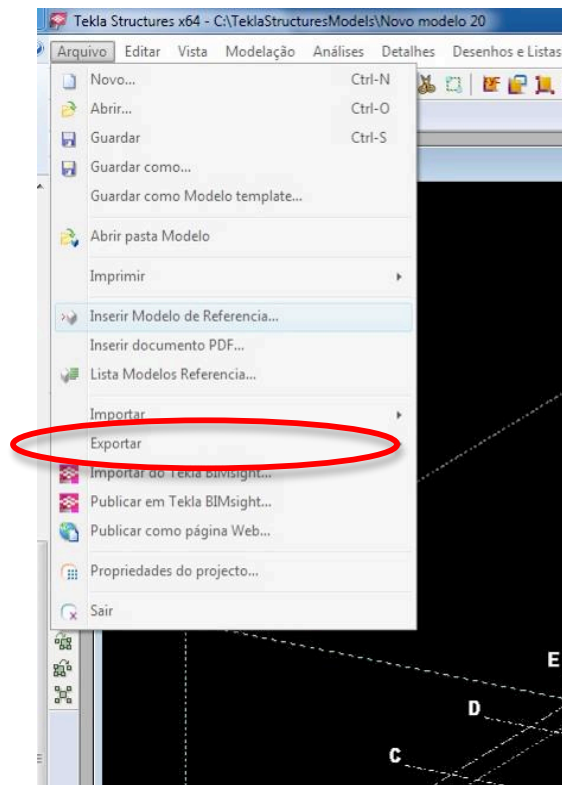


Figura 3.8 - Exportação do modelo para o Robot

A introdução da planta topográfica no Tekla é simples, como pode ser comprovado na figura 3.7, devido ao Bimsight pertencer à mesma empresa criadora. Após a introdução da planta, a exportação foi novamente simples, pois o Tekla não possibilita o dimensionamento, desta forma permite a exportação para qualquer programa de cálculo automático.

A figura 3.8 exhibe o atalho para a exportação do modelo Tekla para um software de dimensionamento. O círculo que consta na figura, realça o menu que foi utilizado para a exportação. Como é possível observar, o Tekla simplifica este ponto, de forma a ser uma função simples para o utilizador.

Por fim a estrutura foi dimensionada e tudo estava pronto para seguir para o próximo passo. O próximo passo, modelação 3D, será explicado na etapa que segue.

3ª Etapa

Este ponto é um dos que mais caracteriza o BIM, a modelação 3D. Esta etapa facilitou significativamente a descoberta de possíveis conflitos com a estrutura existente. Com a modelação terminada, foi possível ter uma perceção da estrutura final que não é conseguido em desenhos 2D.

Para dar início a esta etapa foi necessário importar a estrutura dimensionada do software de cálculo automático, para o software que auxiliou a modelação 3D, o Tekla.

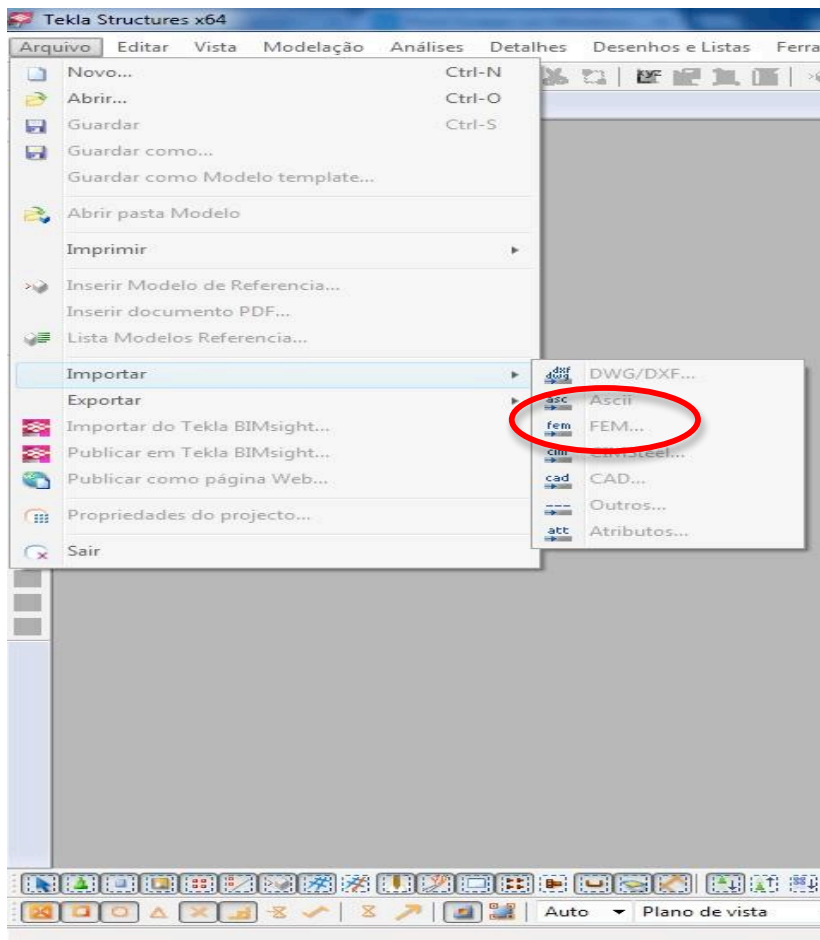


Figura 3.9 – Importação da estrutura para o software Tekla Structures

Assim como já foi referido, o programa por não realizar o dimensionamento de estruturas, permite a importação de modelações de outros softwares de cálculo automático como pode ser testemunhado na figura 3.9. O círculo de cor vermelha desenhado na figura, realça o menu FEM, que significa, exportar de um software de método de elementos finitos, o Robot neste caso.

Após a estrutura ser importada, deu-se início ao detalhe da estrutura, ou seja, foi dado um ID a cada peça que compunha a estrutura assim como examinar possíveis conflitos que poderiam existir. Este foi um processo decisivo, porque caso o modelo fosse aprovado pelo cliente iria logo prosseguir para produção e ser partilhado com todos os colaboradores do projeto.

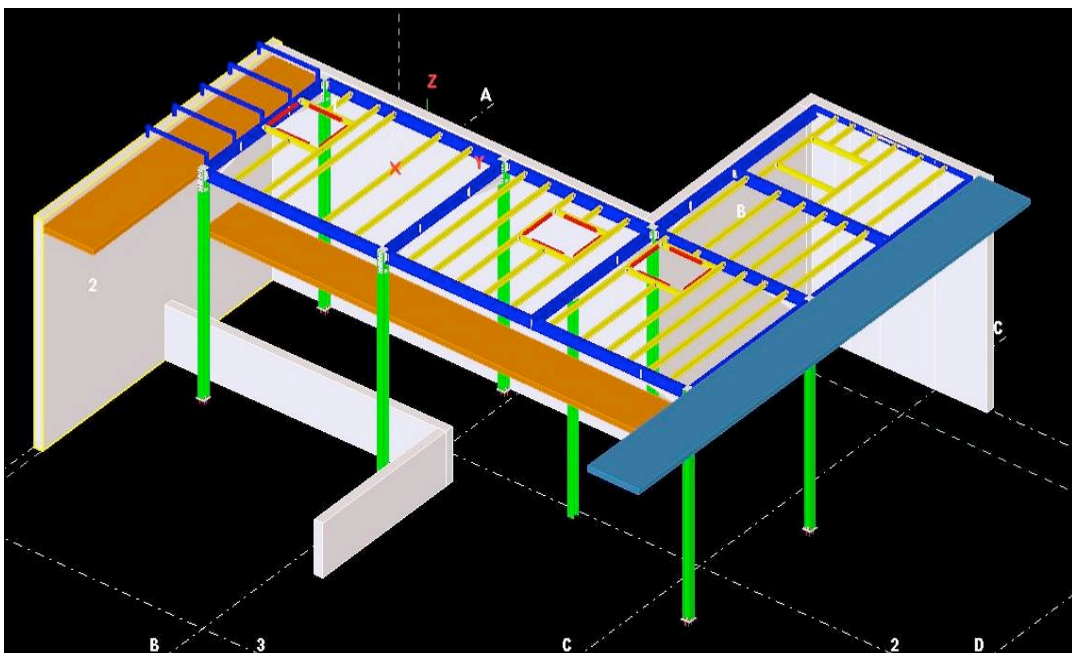


Figura 3.10 – Modelação final da estrutura em causa

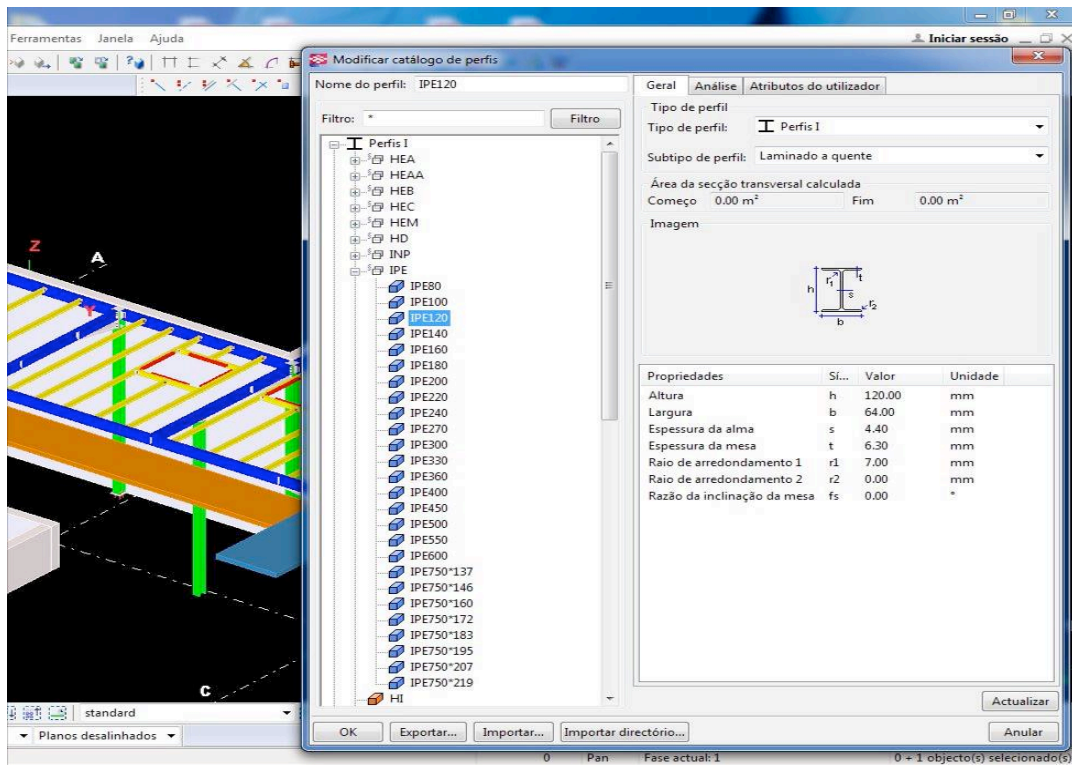


Figura 3.11 – Base de dados de perfis incorporada no Tekla

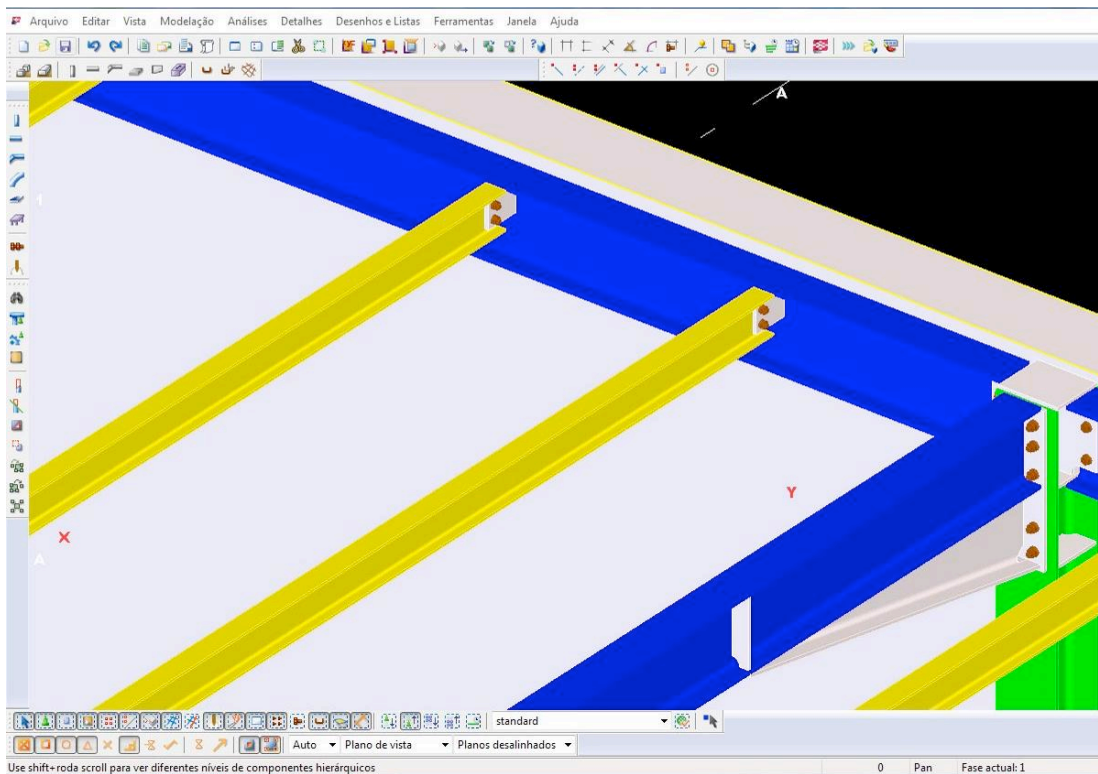


Figura 3.12 – Precisão na modelação da estrutura

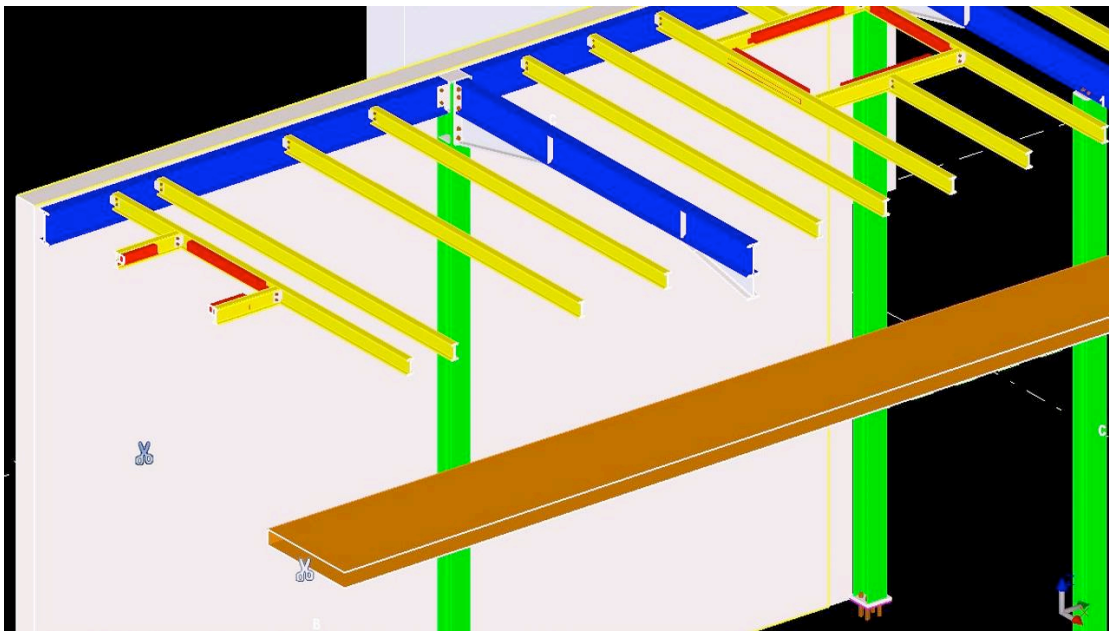


Figura 3.13 – Ferramenta de corte em 3D no Tekla

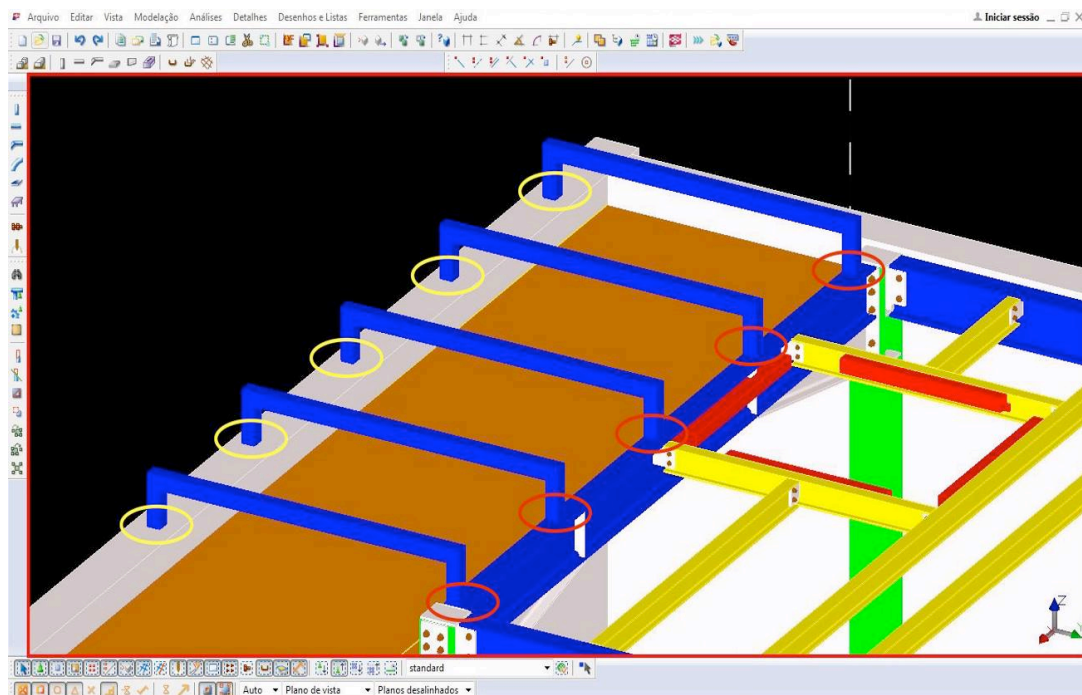


Figura 3.14 – Detecção de erro

É importante salientar que esta etapa foi a mais complicada de executar, isto sucedeu devido ao Tekla ser um software bastante complexo e trabalhoso devido à sua precisão. É necessário alguma

CAPÍTULO 3

experiência para realizar esta etapa e só foi possível com o auxílio dos desenhadores experientes que O Feliz oferece.

As figuras 3.10 a 3.14 resumem o processo descrito.

A figura 3.10 exibe a modelação final da estrutura em causa, que após alguma batalha foi possível concluí-la.

Na figura 3.11 é apresentada a base de dados de perfis que o software oferece. Contudo o O Feliz tem a sua própria base de dados, contendo perfis que não são tão comerciais como os apresentados pelo Tekla, facilitando o trabalho dos preparadores. A base de dados que a empresa possui contém uma grande vantagem, é possível verificar os perfis que estão em stock ou não. Desta forma é possível economizar tempo de fabrico, pois caso haja uma data de conclusão de fabrico mais apertada, é possível propor uma alternativa por perfis que existam em stock. Conseguimos ainda evidenciar que o software atribui cores diferentes aos vários perfis, que desta forma facilita a deteção de erros.

Nas figuras 3.12 e 3.13 é demonstrada a qualidade da precisão que o software oferece. Desta forma, a procura de erros e colisões, é bem mais simples e mais eficaz.

Por fim, na figura 3.14 é mostrado um equívoco que foi descoberto antes de a estrutura ir para fabrico. Foi possível testemunhar que estes lapsos podem ser mais facilmente descobertos numa modelação em 3D do que em desenhos em 2D. Nos círculos vermelhos desenhados na figura, conseguimos ver que os perfis tubulares foram soldados aos perfis em forma de I, o que iria dificultar o deslocamento da peça para o interior das instalações, visto que o transporte do exterior das instalações para o interior foi manualmente, tal como já foi explicado anteriormente. Foi necessário substituir a ligação soldada por uma aparafusada. Relativamente aos círculos amarelos, foi detetado que não foi colocada nenhuma ligação dos perfis tubulares ao betão. Estes erros encontrados, apesar de serem simples de corrigir durante a elaboração do projeto, podiam ser complicados de corrigir no fabrico, o que desta forma foi economizado tempo e dinheiro.

4ª Etapa

Neste ponto a estrutura já estava dimensionada, modelada e todos os erros encontrados tinham sido corrigidos. O passo seguinte foi a partilha do modelo em 3D com todos os colaboradores do projeto no Bimsight.

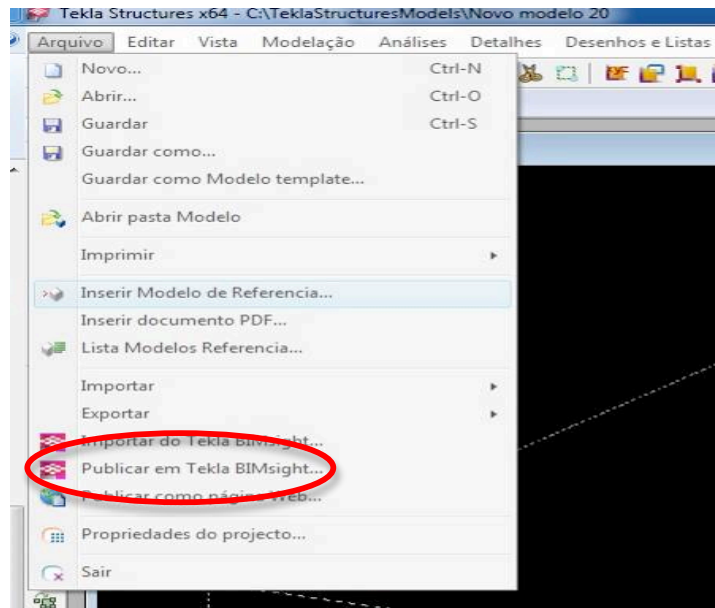


Figura 3.15 – Publicação em Tekla Bimsight

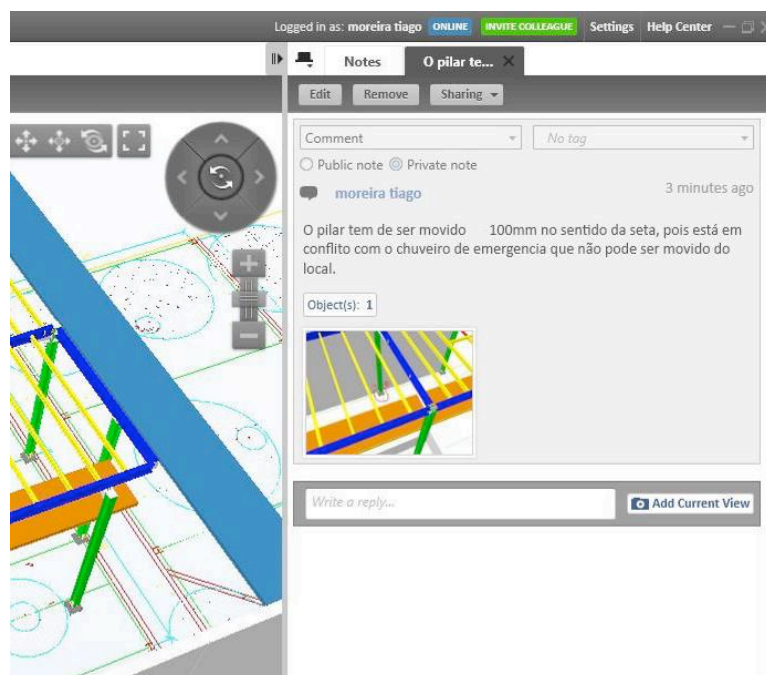


Figura 3.16 – Nota enviada pelo cliente

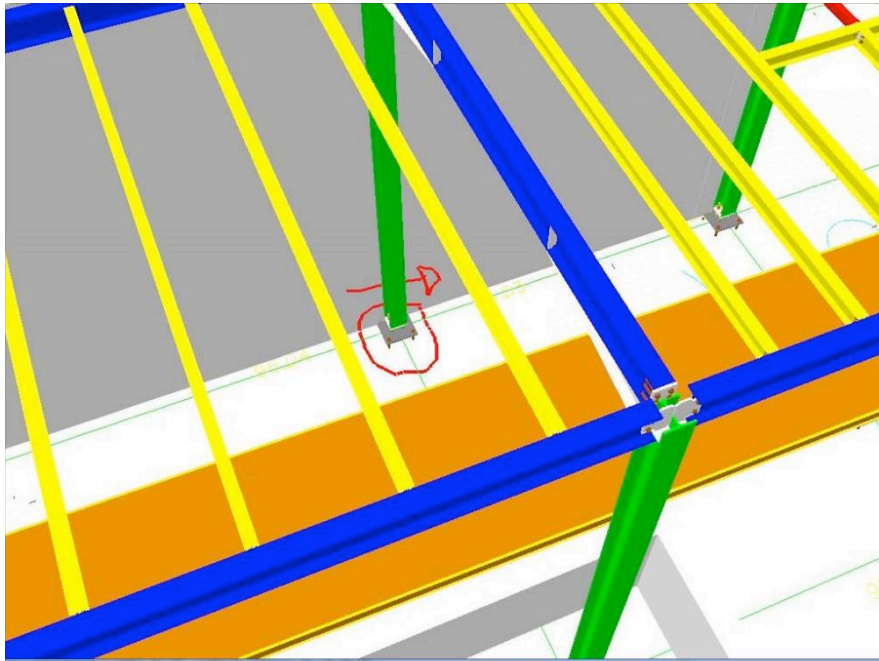


Figura 3.17 – Conflito avistado pelo cliente

Na figura 3.15 é possível observar que é simples a exportação do ficheiro para o formato de Bimsight. O círculo vermelho mostra que o Tekla tem um menu simples para a publicação em Tekla Bimsight.

Contudo foi recebido uma nota pelo Bimsight, avisando de um conflito encontrado pelo cliente. Assim como é possível observar nas figuras 3.16 e 3.17, um dos pilares coincidia com a localização de um chuveiro de emergência que existia nas localizações e que por diversos motivos não podia ser movido do local.

Mais uma vez comprovamos que o BIM veio para facilitar o trabalho dos engenheiros. Caso não tivesse sido usado este método, iria ser um erro que só seria encontrado na montagem da estrutura e iria traduzir-se num aumento do custo da obra para o O Feliz.

5ª Etapa

Assim como foi possível verificar na terceira etapa, as ligações já estavam modeladas, mas ainda não estavam definidos os diâmetros dos parafusos e as furações, assim como os espaçamentos entre eles. Foi realizado desta forma para poder ser enviado o mais rapidamente para o cliente para aprovação do projeto e enquanto o cliente analisava a estrutura as ligações estavam a ser redefinidas tal e qual o dimensionamento da estrutura requeria.

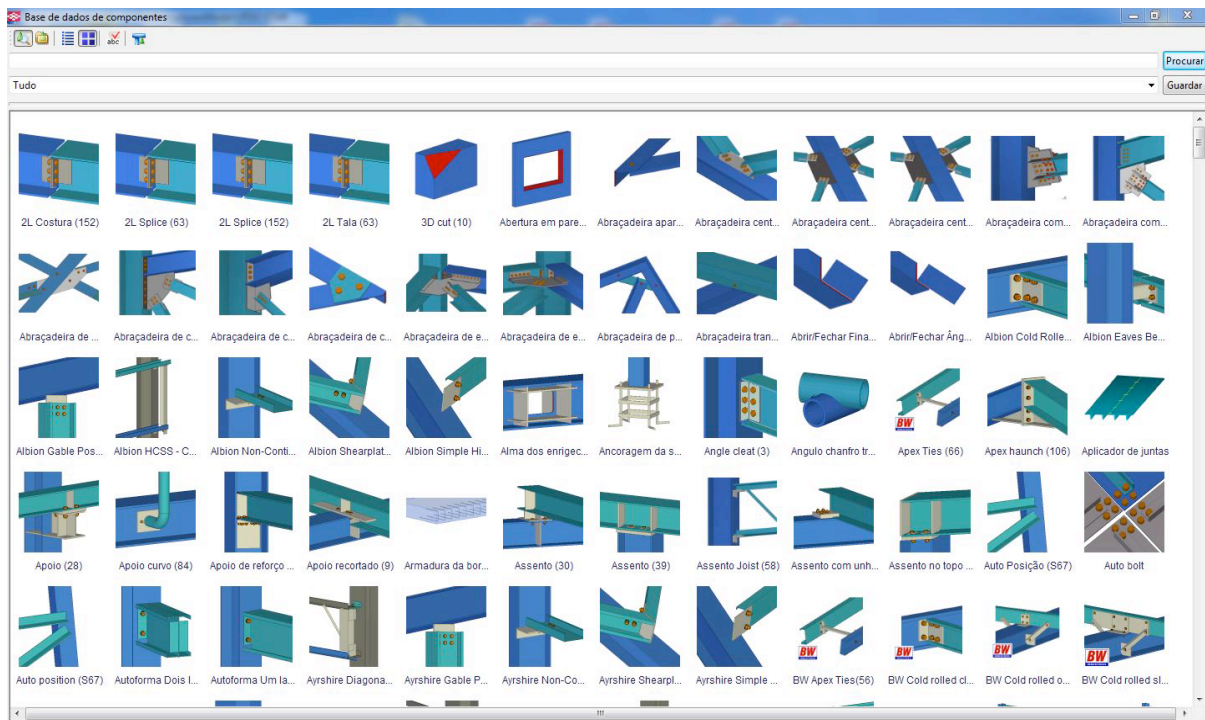


Figura 3.18 - Base de dados de ligações aparafusadas e soldadas

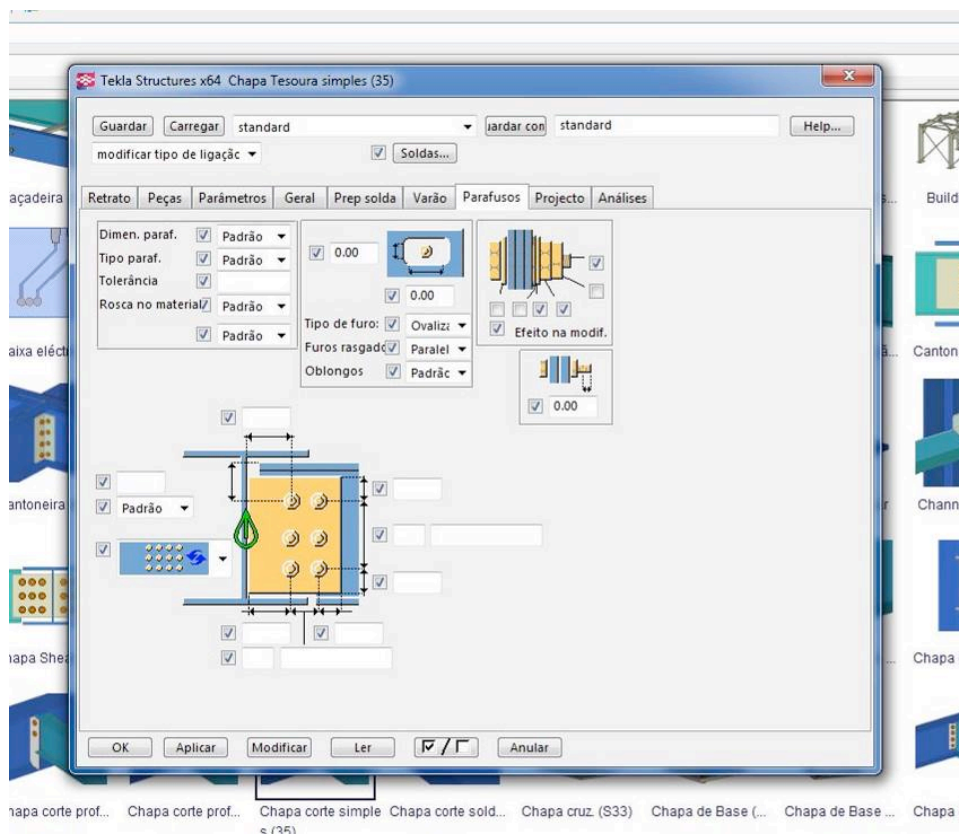


Figura 3.19 - Definição das propriedades da ligação

As figuras 3.18 e 3.19 apresentadas, mostram mais uma base de dados que o Tekla possui. Desta vez de ligações, tanto aparafusadas como soldadas. Economizando mais uma vez tempo de preparação. A base de dados possui uma vasta quantidade de ligações, que automaticamente ficam modeladas, sendo apenas necessário definir o número de parafusos, diâmetro e qualidade do parafuso e espaçamentos entre eles.

Enquanto as ligações estavam a ser definidas, foi verificado que o gradil estava dimensionado e modelado na estrutura partilhada. O gradil estava pronto para ser aprovado pelo projetista, de forma a poder prosseguir para fabrico, como é possível observar na figura 3.20. Na figura é possível observar o gradil modelado sobre a estrutura anteriormente partilhada. A partilha ocorreu no Bimsight.

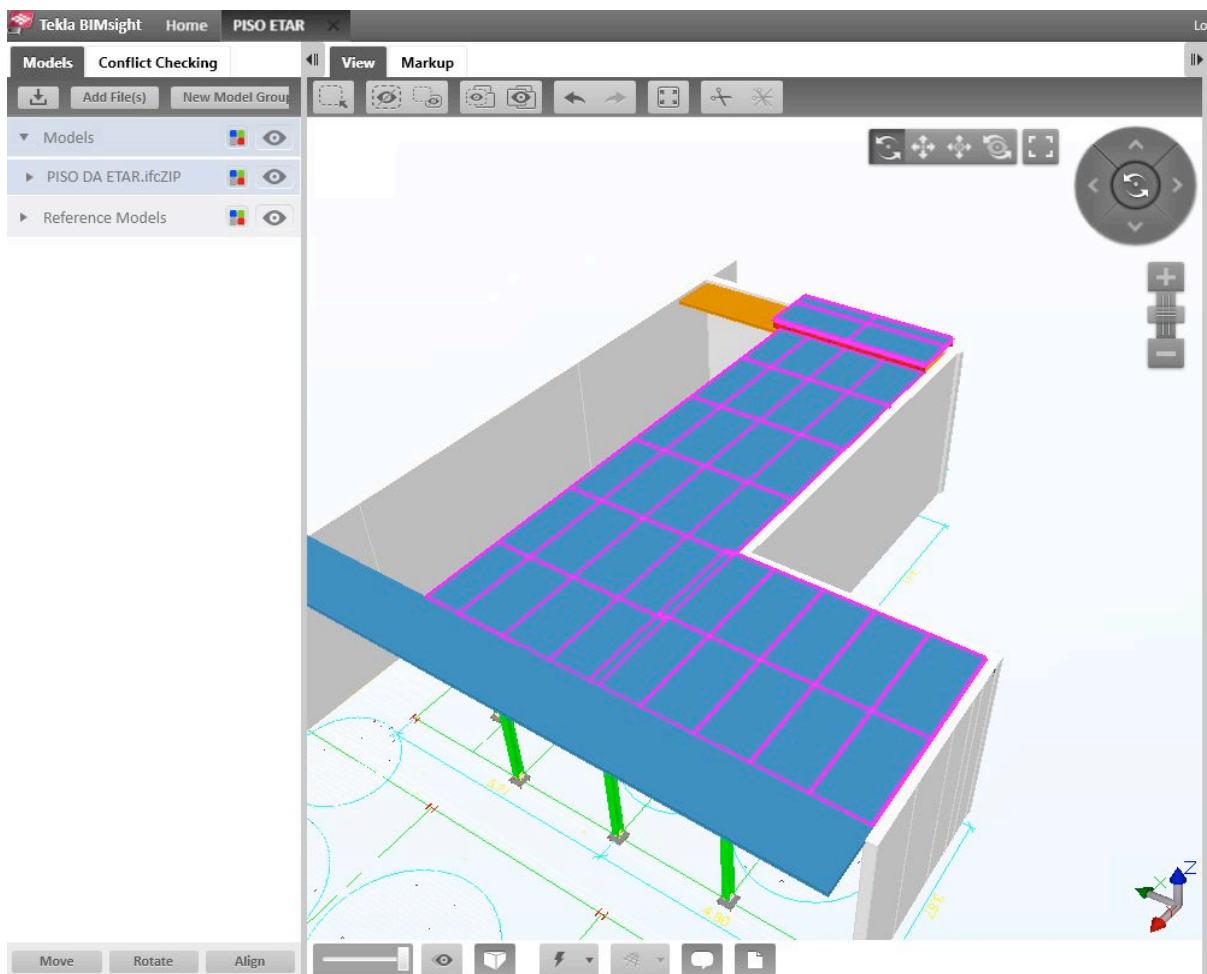


Figura 3.20 – Gradil pronto para aprovação

6ª Etapa

Após todo o projeto ter sido aprovado pelo cliente, a estrutura seguiu para fabrico e o processo estava quase terminado. Apesar de não ter havido um acompanhamento regular do fabrico da estrutura em fábrica, por questões de segurança, houve a possibilidade da recolha de algumas fotografias que serão apresentadas de seguida.

A figura 3.21 exhibe uma das vigas no processo de soldadura. A figura que segue (figura 3.22), mostra perfis cortados com a dimensão correta do projeto, prontos para seguirem para o processo de soldadura. Por fim, a figura 3.23 mostra alguns conjuntos de peças pertencentes à estrutura, estes aguardavam a validação das soldaduras.



Figura 3.21 – Peça da estrutura pronta



Figura 3.22 – Perfis pertencentes à estrutura



Figura 3.23 – Perfis prontos para inspeção

7ª Etapa

Por fim, após os componentes da estrutura estarem fabricados e transportados para o exterior da ETAR, procedeu-se à montagem da estrutura.

A figura 3.24 mostra a montagem da estrutura na ETAR, onde é possível verificar que o espaço de montagem foi muito limitado.

A figura 3.25 exhibe o que já foi supra citado, ou seja, a estrutura a ser transportada manualmente, sem ajuda de meios mecânicos.

Por fim, a figura 3.26 mostra a estrutura montada e pronta para receber o gradil.



Figura 3.24 – Estrutura a ser montada no local



Figura 3.25 – Perfil a ser transportado manualmente

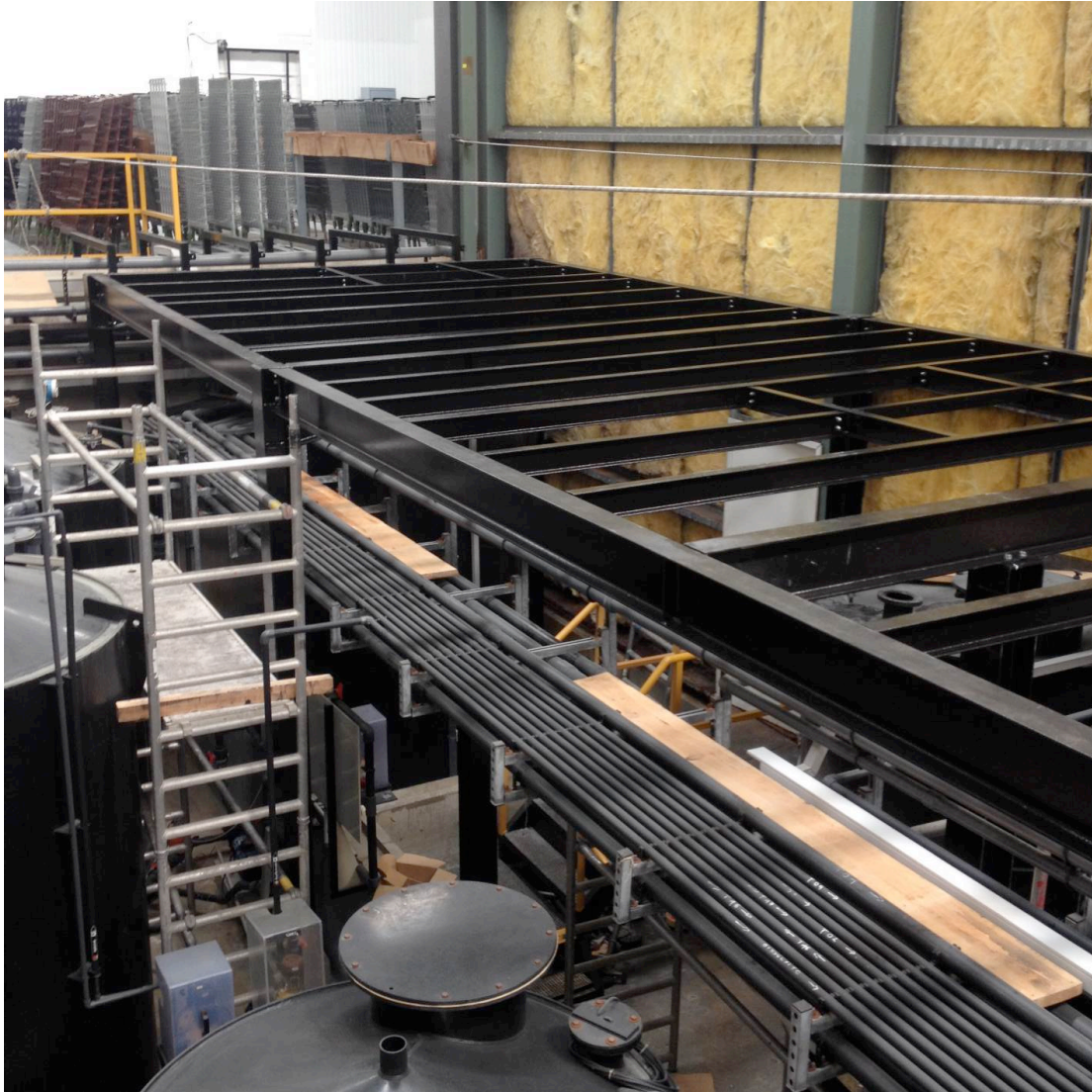


Figura 3.26 – Estrutura pronta

3.4 Conclusão

Este capítulo foi muito motivador de concretizar por ter feito compreender e entender melhor a metodologia BIM. Durante a execução do projeto foi possível sentir na primeira pessoa os pontos positivos e os menos positivos do Building Information Modeling.

Este projeto também foi muito enriquecedor a nível pessoal, pois houve um enorme feedback positivo por parte da empresa de gradil. A empresa ficou muito satisfeita com a utilização da metodologia BIM e conclui com o projeto que a introdução do BIM iria ser um ponto obrigatório na empresa.

Relativamente aos pontos positivos testemunhados, foi perceptível uma economia financeira que se deveu aos equívocos que foram detetados ainda na conceção, que provavelmente não seriam descobertos com tanta facilidade sem a utilização da modelação 3D e da partilha de informação constante oferecida pelo Bimsight. Outro aspeto positivo observado foi uma maior facilidade de gestão do projeto, tanto de custos como de recursos, devido à facilidade e rapidez com que o projeto foi partilhado.

Mas nem tudo foram pontos a favor do BIM. Durante a elaboração deste capítulo, surgiram várias dificuldades na modelação da estrutura. A principal dificuldade foi a falta de conhecimento e prática no Tekla, o que tornou a modelação mais morosa e com um longo processo de aprendizagem. Sem a ajuda dos preparadores experientes nesta área, este processo seria quase impossível. Também se verificou que na fase inicial, é necessário introduzir muita informação no Tekla, o que torna esta fase muito mais morosa com a utilização do BIM do que nas fases mais avançadas. Por último, foi possível perceber que esta metodologia obriga a utilização de softwares caros e que requerem muito tempo de aprendizagem, o que leva a que muitas empresas não os utilizem por falta de meios.

4 COLOCAÇÃO EM OBRA DE ESTRUTURAS METÁLICAS

Durante o desenvolvimento do projeto em Building Information Modeling foi possível ao mesmo tempo acompanhar a montagem de algumas obras que estavam a decorrer aquando do estágio curricular que a seguir são descritas sucintamente. A experiência que resulta deste acompanhamento é da maior importância porquanto complementa a componente do projeto e da execução em fábrica das peças e permite ter uma perspetiva global da obra, que vai desde a sua conceção até à entrega ao cliente.

Poste publicitário da Conforama

Foi possível acompanhar a montagem do poste de publicidade para a loja da Conforama, situada em Matosinhos. A figura 4.1 retrata o placar publicitário, um triângulo equilátero com 12 metros. O fuste que sustenta o placar publicitário faz 28 metros de altura, como é possível observar na figura 4.2 e 4.3. Desta forma, o fuste mais o painel publicitário constituem uma altura de 38 metros no total. A figura 4.4 ilustra a ligação do fuste à sapata e um operário a fazer o aperto da mesma. Por fim, a figura 4.5 exhibe a ligação entre os dois fustes. Estes dois elementos tiveram de ser fabricados separadamente, devido ao transporte da fábrica até ao local de montagem não ser possível caso não fossem fabricados isoladamente.



Figura 4.1 - Painel publicitário da Conforama



Figura 4.2 – União do segundo fuste ao primeiro



Figura 4.3 – Primeiro fuste

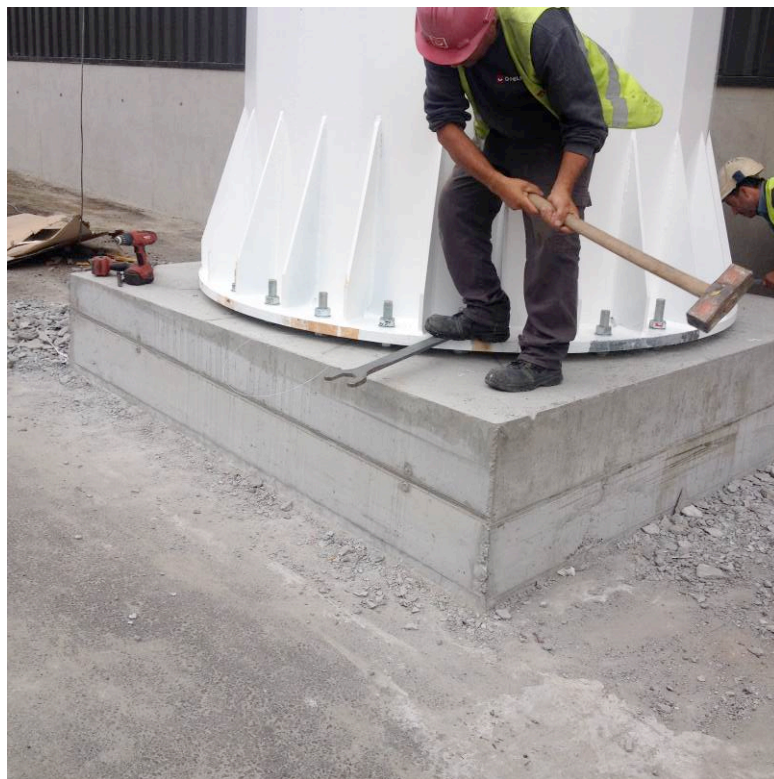


Figura 4.4 – Ligação do fuste à sapata



Figura 4.5 – Aperto da ligação aparafusada entre os dois fustes

Pingo Doce na Rua Brito e Cunha

Também foi possível acompanhar partes da montagem do pingo doce que se situa em Matosinhos mais precisamente na Rua Brito e Cunha. Na figura 4.6, é possível observar a armadura de uma das sapatas isoladas, que sustentaram os pilares. Na figura seguinte, figura 4.7, conseguimos observar a sapata betonada, para que seguidamente pudesse receber a carga proveniente da estrutura. Após os perfis terem sido transportados até ao local da obra, como é possível ver na figura 4.8, deu-se início à montagem dos pilares sobre as sapatas, tal como exhibe a figura 4.9. Depois de todos os pilares estarem montados tal como a figura 4.10 apresenta, chegou a vez de montar as treliças e os contraventamentos com o auxílio do camião-grua, como é possível observar nas figuras 4.11 e 4.12. Por fim, na figura 4.13 é possível contemplar toda a estrutura metálica, assim como os revestimentos da cobertura.



Figura 4.6 – Armadura da sapata



Figura 4.7 – Sapata betonada



Figura 4.8 – Descarga dos perfis em obra



Figura 4.9 – Montagem dos pilares sobre as sapatas



Figura 4.10 – Pilares prontos para receber as treliças



Figura 4.11 – Colocação dos contraventamentos



Figura 4.12 – Colocação das treliças

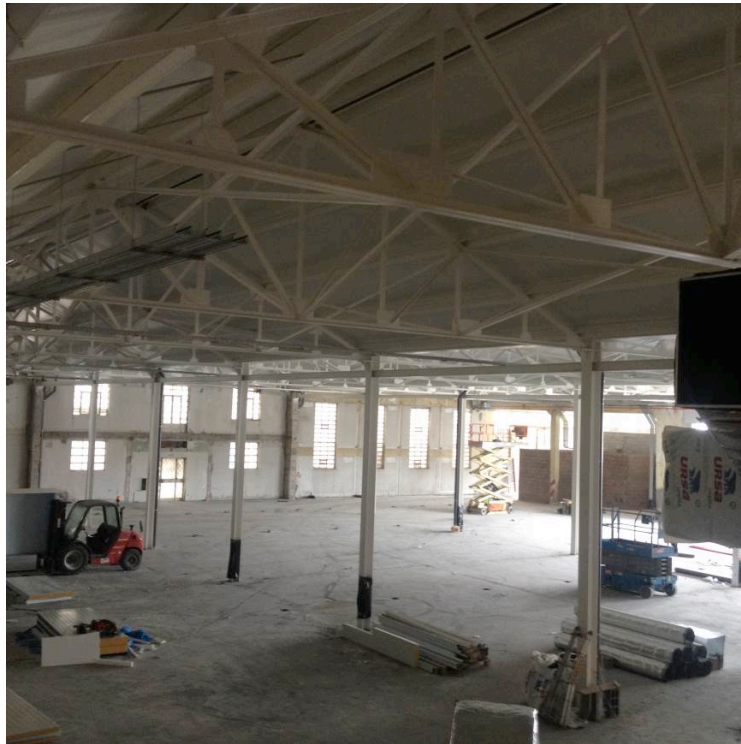


Figura 4.13 – Conclusão da montagem da estrutura

Fábrica de congelados na Maia

A obra em apreço é um intervenção de ampliação na fábrica de congelados situada na Maia. A estrutura metálica executada serviu para apoiar uma laje de betão para ampliação do piso. A estrutura em treliça era constituída por perfis tubulares. Para realçar a ligação das treliças ao betão, foi necessário colocar varões que atravessaram os pilares de betão pré-fabricados. A figura 4.14 apresenta uma vista frontal do pilar com os varões posicionados com o auxílio de resina da Hilti, enquanto a figura 4.15, exibe uma vista da face oposta onde uma chapa metálica, chamada de negativo, serviu para facilitar o posicionamento dos varões. De seguida, as treliças foram posicionadas no devido local com o auxílio de uma grua (ver figura 4.16). Por fim, foram colocados perfis, UNP120, de forma a contra ventar as treliças, tal como mostra a figura 4.18.



Figura 4.14 – Vista frontal da ligação aço-betão



Figura 4.15 – Vista traseira da ligação aço-betão



Figura 4.16 – Colocação da treliça



Figura 4.17 – Aperto da treliça



Figura 4.18 – Colocação dos travamentos

Continente de Oliveira do Hospital



Figura 4.19 – Estrutura pronta para receber a estrutura metálica



Figura 4.20 – Colocação de pilares pré-fabricados em betão



Figura 4.21 – Estrutura metálica de cobertura

Nesta obra, só foi possível verificar se a estrutura em betão pré-fabricado, estava pronta para receber a estrutura metálica. A obra em causa, é um continente situado em Oliveira do Hospital. As figuras 4.19 e 4.20, exibem os pilares pré-fabricados em betão. A estrutura metálica foi montada sobre os pilares de betão, a qual deu início no dia seguinte. Contudo, já tinha sido montada uma estrutura metálica, que serviu para sustentar os revestimentos de cobertura, tal como a figura 4.21 mostra.

Instalação de guarda-corpos na barragem de aterros em Évora



Figura 4.22 – Conclusão da instalação dos guarda-corpos



Figura 4.23 – Guarda corpos



Figura 4.24 – Colocação dos guarda-corpos

Nesta obra, quando se deu a visita, a estrutura metálica já tinha sido montada e já não era possível observá-la. A obra em causa, eram várias barragens de aterros, destinadas a auxiliar a rega da agricultura da zona. Contudo, foi possível examinar a montagem dos guarda-corpos, instalados ao longo de todas as barragens. A figura 4.22, exhibe um quilómetro de guarda-corpos montados, ligados ao betão como mostra a figura 4.23. Por fim, a figura 4.24, mostra que as guardas foram montadas com o auxílio de uma carrinha com grua.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

A utilização da metodologia tradicional Cad 2D, tanto no projeto de arquitetura como nos projetos das especialidades conduz por vezes a que sejam concebidos com pouco detalhe, o que pode levar a ocorrências de colisões de elementos, erros ou omissões. Para ultrapassar esta dificuldade tem sido desenvolvida a metodologia BIM que tem demonstrado grandes vantagens também na fase de revisão de projeto, nomeadamente na deteção de erros e omissões.

No presente relatório é apresentado o estado de desenvolvimento da metodologia BIM na área da construção em Portugal e no mundo. São introduzidos os conceitos que estão na sua base, as ferramentas mais correntemente utilizadas, identificadas as principais vantagens da sua aplicação e as ameaças à sua implantação em Portugal.

No estágio efetuado no O Feliz houve a oportunidade de explorar a utilização deste conceito recorrendo ao software Tekla structures e Tekla Bimsight, aplicando à conceção, execução e colocação em obra de uma plataforma de manutenção numa ETAR. Esta aplicação envolveu as especialidades de topografia, pintura e uma empresa especializada no fabrico de gradil.

Assim como já foi referido, foi evidenciado que esta nova metodologia também tem processos menos acessíveis, como a modelação 3D da estrutura, pois além de serem necessários softwares que não estão ao alcance de todas as empresas, requerem bastante tempo de aprendizagem.

Mas após ser ultrapassada esta dificuldade, foi comprovado que o BIM só facilita o trabalho metucioso dos projetistas com as suas competências por automatizar processos com a parametrização dos objetos e de oferecer diretamente do modelo: medições, quantidades e custos.

É compreensível que a metodologia BIM será mais rapidamente utilizada pelos projetistas e mais lentamente interiorizada pelos empreiteiros, devido à mentalidade existente no sector e pela falta de exemplos da sua utilização. Tal como foi possível comprovar durante a realização do projeto na nova metodologia. A empresa de gradil que participou no projeto, não conhecia a metodologia e deparou-se com falta de exemplos da sua utilização. Contudo, ficou empenhada em introduzir a metodologia após a conclusão do projeto.

Porém, considera-se que a evolução da AEC irá passar obrigatoriamente pelo BIM, devido às empresas necessitarem de evoluir e adotar novos métodos para poderem competir tanto nacional como internacionalmente com as grandes multinacionais.

5.2 Desenvolvimentos futuros

A metodologia BIM está sempre em desenvolvimento, acompanhando a evolução das novas tecnologias. É necessário estar sempre à procura de novas ferramentas, de forma a melhorar o trabalho dos engenheiros assim como de todos os colaboradores dos projetos.

Face ao entendimento que o futuro das empresas de AEC passa pela aplicação da metodologia BIM no setor da construção os desenvolvimentos futuros passarão certamente pela exploração desta técnica e o seu alargamento aos diversos subsectores da construção.

A experiência da sua aplicação e o relato dos sucessos que têm sido alcançados contribui para o avanço do conhecimento acerca da sua implementação e para a difusão da sua aplicação envolvendo as diversas áreas de especialização.

Neste contexto defende-se trabalhos futuros que se centrem na realização de um projeto com vários intervenientes, envolvendo mais especialidades, de forma a poder elevar a sua complexidade.

Um dos aspetos mais relevantes será o da comunicação e da transmissão de dados em tempo real, pois quando um projeto envolve dezenas de colaboradores, a comunicação entre todos torna-se complicada. Desta forma, espera-se perceber até que ponto as ferramentas oferecidas pela nova metodologia podem facilitar uma comunicação tão complexa e tão importante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Boryslawski, M., **Building Owners Driving BIM: The Letterman Digital Arts Center Story**, setembro de 2006.
Disponível em: www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/LDAC_story.html, acesso em 11 de maio de 2015.
- [2] Autodesk, **Company Story**.
Disponível em: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?id=12012348&siteID=123112>, acesso em 12 de maio de 2015.
- [3] Shahnaz Aly, **National Institute of Building Sciences**, Janeiro de 2014.
Disponível em:
[www.nibs.org/resource/resmgr/Conference2014/BI20140110_bSa_Proceedings.pdf?hhSearchTerms="BIM"](http://www.nibs.org/resource/resmgr/Conference2014/BI20140110_bSa_Proceedings.pdf?hhSearchTerms=), acesso em 16 de maio de 2015.
- [4] John Przybyla, **Journal of Building Information Modeling**, outubro de 2010.
Disponível em: https://www.wbdg.org/pdfs/jbim_fall10.pdf, acesso em 18 de maio de 2015.
- [5] GovToday, janeiro de 2013.
Disponível em: <http://www.bim-conference.com/today/>, acesso em 19 de maio de 2015).
- [6] Architectural Record, **Continuing education construction**, abril de 2006.
Disponível em: <http://continuingeducation.construction.com/article.php?L=45&C=310>, acesso em 19 de maio de 2015.
- [7] Douglas Steel. **Douglas Steel**, janeiro de 2006.
Disponível em: <http://www.douglassteel.com/general-motors-v-6-engine-plant/>, acesso em 19 de maio de 2015.
- [8] The American Institute of Architects, **Denver Art Museum**, maio de 2006.
Disponível em: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab081539.pdf>, acesso em 19 de maio de 2015.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [9] Sacks R, Barak R., **Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice**, 2008.
Disponível em: Vol17: p.433-440.
- [10] Azhar S., **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry**, 2011.
Disponível em: p.241-250
- [11] Eastman C., Teicholz P., Sacks R. e Liston K., **BIM Handbook – A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**, 2011.
Disponível em: 2ª Edição, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, Vol.1, p.57-68
- [12] Bluent, **Bim implementation**, fevereiro de 2013
Disponível em: <http://www.bluentcad.com/architectural/building-information-modeling.shtml>,
acesso em 21 de maio de 2015
- [13] Taborda P, Cachadinha N., **BIM nas obras públicas em Portugal: Condicionantes para uma implementação com sucesso**, 2012.
Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/10012/1/ID21.pdf>, acesso em 18 de maio de 2015.