

Instituto Politécnico do Porto

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Curso de Mestrado em Engenharia Civil

Ramo de Estruturas

Relatório de Estágio

Conceção e Execução de Estruturas Metálicas

Tiago Moreira, n.º1090224

Outubro de 2014

RESUMO

O presente relatório diz respeito ao trabalho desenvolvido ao longo de seis meses em ambiente de estágio curricular na empresa O FELIZ – Metalomecânica, S.A..

O objetivo principal deste trabalho foi o conhecimento resultante de uma experiência num ambiente industrial no sector das construções metálicas. Pela especificidade do setor, foi desenvolvido um estudo no âmbito da conceção e execução (na componente de fabrico) de estruturas. O relatório que resulta deste trabalho de estágio tem como referência um caso de estudo de uma estrutura metálica.

O caso de estudo realizado é referente a um pavilhão industrial standard, e possui dimensões em planta de 60 x 25 metros e cêrcea total de 9,0 metros, para o qual foi efetuado um breve dimensionamento de toda a estrutura metálica principal. O edifício será constituído por um sistema de pórtico simples formado por perfis laminados a quente normalizados de secção IPE e de aço de classe S275.

Posteriormente, e com recurso a software apropriado de detalhamento de estruturas metálicas, foi desenvolvido um modelo 3D de toda a estrutura metálica do edifício. Neste modelo estão presentes todos os elementos constituintes da estrutura, bem como algumas das características físicas e mecânicas de cada peça elementar.

Por fim, e com base no modelo anterior foram gerados e editados todos os desenhos 2D para o fabrico da estrutura, incluindo os desenhos de montagem da estrutura.

Palavras-chave:

Estrutura Metálica, Análise Estrutural, Detalhamento da Estrutura, Processo de Fabrico

ABSTRACT

The main objective of this work was the knowledge from the experience in an industrial environment in the steel construction industry.

By the diversity of the sector, a study was developed within the conception and implementation (in the manufacturing component) structures. The report resulting from this stage work is a reference to a case study of a metal structure.

The case study concerns a industrial building, and have 60 x 25 meters of dimensions and 9 meters of height, for this structure it was made a analysis of all main metal structure. The building will consist in a simple frame system formed by standard hot rolled IPE section and steel grade S275 profiles.

Subsequently, using an software appropriate for detailing steel structures, was developed 3D model of the entire building. In this model are present all components of the structure, as well as some physical and mechanical characteristics of each piece.

Finally, based on the previous model was created and edited all 2D drawings to manufacture, including the mounting drawings of the structure.

Keywords:

Metal Structure, Structural Analysis, Details of the Structure, Manufacturing Process

AGRADECIMENTOS

Queria expressar aqui o meu agradecimento a todos os que de alguma forma ao longo deste período de estágio me apoiaram e contribuíram para a realização deste relatório:

- Ao Departamento de Engenharia Civil do ISEP, pelo estabelecimento de protocolos com empresas, criando as condições para a realização deste estágio;
- À empresa O FELIZ, pela oportunidade criada de acolher um aluno em final de curso, permitindo a sua integração do mundo de trabalho;
- Ao meu co-orientador, o Engenheiro Jorge Mendes, pela sua disponibilidade ao longo deste período de tempo, bem como os múltiplos conselhos e esclarecimentos prestados;
- Ao meu orientador, o Engenheiro Adérito Igreja, que proporcionou todas as condições necessárias para a realização do estágio com sucesso, não podendo esquecer também a confiança depositada em mim para a realização de cada tarefa.
- A todos os meus colegas de trabalho, que ajudaram imenso na minha integração na empresa, mostrando sempre disponibilidade para ajudar e apoiar nos momentos mais difíceis.
- Por fim, não poderei esquecer os meus pais e família que sempre souberam fazer chegar o seu apoio e afeto.

ÍNDICE

I. ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
II. ÍNDICE DE QUADROS.....	xiii
III. ÍNDICE DE FORMULAS.....	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO	1
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO	2
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	2
2. O GRUPO – “O FELIZ”	5
2.1 O FELIZ - METALOMECÂNICA, S.A.....	7
2.2 ÁREAS DE NEGÓCIO.....	9
2.2.1 CHAPA E PERFILADOS.....	9
2.2.2 CORTE E QUINAGEM	10
2.2.3 COLUNAS DE ILUMINAÇÃO.....	10
2.2.4 LASER.....	12
2.2.4.1 LASER.....	12
2.2.4.2 OXICORTE	13
2.2.4.3 PLASMA.....	13
2.2.5 AÇO INOXIDÁVEL	14
2.2.1 CONSTRUÇÃO METÁLICA	15
2.3 POLÍTICA DA EMPRESA.....	16
2.3.1 MISSÃO	16
2.3.2 VALORES.....	16

2.3.3	ESTRATÉGIA	16
2.3.4	TECNOLOGIAS E COMPETÊNCIAS	17
2.4	A EMPRESA	18
3.	MODELO DE CÁLCULO: CASO DE ESTUDO	21
3.1	INTRODUÇÃO	21
3.1.1	ENQUADRAMENTO DA ESTRUTURA	21
3.1.2	DEFINIÇÃO DA CLASSE DE EXECUÇÃO	21
3.1.3	TEMPO DE VIDA ÚTIL	22
3.1.4	DESCRIÇÃO DO ESQUEMA ESTRUTURAL	23
3.1.5	MÉTODOS E FERRAMENTAS DE ANÁLISE ESTRUTURAL	24
3.1.6	ESQUEMA DE PROTEÇÃO ANTICORROSIVO	24
3.2	QUANTIFICAÇÃO DAS AÇÕES	25
3.2.1	AÇÕES VARIÁVEIS	25
3.2.1.1	AÇÃO DO VENTO	25
3.2.1.1.1	COEFICIENTE DE PRESSÃO EXTERIOR	28
3.2.1.1.2	COEFICIENTE DE PRESSÃO INTERIOR	29
3.2.1.2	VARIAÇÃO DA TEMPERATURA	31
3.2.1.3	AÇÃO DA NEVE	31
3.2.1.4	SOBRECARGA	33
3.2.2	AÇÕES PERMANENTES	33
3.2.2.1	PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA;	33
3.2.2.2	REVESTIMENTO;	33
3.2.2.3	RESTANTES CARGAS PERMANENTES	34
3.3	PRÉ-DIMENSIONAMENTO	34

3.3.1	DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES.....	34
3.3.2	PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS	36
3.3.3	PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS PILARES.....	37
3.4	MODELAÇÃO DO EDIFÍCIO	38
3.4.1	DEFINIÇÃO DE GRUPOS	38
3.4.2	AÇÕES CONSIDERADAS PARA O DIMENSIONAMENTO.	39
3.4.2.1	COMBINAÇÕES DE AÇÕES.....	40
3.4.2.1.1	ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS	40
3.4.2.1.2	ESTADOS LIMITES DE SERVIÇO.....	41
3.4.3	RESULTADOS.....	41
3.4.3.1	SECÇÕES DE PERFIS	42
3.4.3.2	LIGAÇÕES	43
4.	TEKLA STRUCTURES: CASO DE ESTUDO.....	45
4.1	TEKLA – BREVE HISTÓRIA.....	45
4.1.1	BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	46
4.2	MODELO TEKLA.....	47
4.2.1	PREPARAÇÃO.....	47
4.2.1.1	DOCUMENTOS DE APOIO Á PREPARAÇÃO	48
4.2.1.2	MATERIAIS	49
4.2.1.3	IDENTIFICAÇÃO DE PEÇAS	49
4.2.1.4	IDENTIFICAÇÃO DE CONJUNTOS	51
4.2.1.5	APRESENTAÇÃO DO MODELO TEKLA	52
4.2.1.6	LOTEAMENTO.....	55
4.2.2	DESENHOS DE FABRICO	58

4.2.2.1	FASEAMENTO	58
4.2.2.2	DESENHOS DE PEÇAS	61
4.2.2.2.1	DESENHO	62
4.2.2.2.2	CABEÇALHO	62
4.2.2.2.3	LEGENDA	63
4.2.2.3	DESENHOS DE CONJUNTOS.....	64
4.2.2.3.1	DESENHO	65
4.2.2.3.2	LEGENDA DE PEÇAS POR CONJUNTO	65
4.2.2.3.3	LEGENDA	66
4.2.2.4	LISTAS.....	67
4.2.2.4.1	LISTA DE QUANTIFICAÇÃO DE PERFIS.....	67
4.2.2.4.2	LISTA DE PEÇAS	68
4.2.2.4.3	LISTA DE CONJUNTOS.....	69
4.2.2.4.4	LISTA DE ORDEM DE PINTURA	69
4.2.2.5	DESENHOS DE MONTAGEM.....	70
4.2.2.5.1	DESENHO	71
4.2.2.5.2	LEGENDA	71
5.	Conclusão.....	75
5.1	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	76
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
	ANEXOS	79
	ANEXO I – DESENHO DE PEÇA: 2P5	81
	ANEXO II – DESENHO DE CONJUNTO: 2PP6	85

ANEXO III – LISTA DE QUANTIFICAÇÃO DE PERFIS	89
ANEXO IV – LISTA DE PEÇAS: FASE 2.....	93
ANEXO V – LISTA DE CONJUNTOS: FASE 2.....	97
ANEXO VI – LISTA DE ORDEM DE PINTURA: FASE 2.....	101
ANEXO VII – DESENHO DE MONTAGEM: LOTE 2	105

I. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da atuais empresas do Grupo O FELIZ.	5
Figura 2 - Organograma da empresa O FELIZ - Metalomecânica, S.A.....	8
Figura 3 - Instalações da área de negócio de Chapa e Perfilados.	9
Figura 4 – Quinadora.....	10
Figura 5 - Colunas de iluminação.....	11
Figura 6 – Laser.....	12
Figura 7 - Oxicorte.	13
Figura 8 – Plasma.....	14
Figura 9 - Elementos realizados em aço inox.....	14
Figura 10 - Exemplos de algumas estruturas metálicas realizadas.	15
Figura 11 - Volume de Negócios: O FELIZ – Metalomecânica, S.A.....	18
Figura 12 - Taxa de Exportação: O FELIZ – Metalomecânica, S.A.....	18
Figura 13 - Número de Colaboradores: O FELIZ – Metalomecânica, S.A.....	19
Figura 14 - Volume de Negócios do Departamento de Construção Metálica.....	19
Figura 15 - Coeficiente de forma	32
Figura 16 - Criação de grupos.....	39
Figura 17 - Secções de perfis obtidas.....	42
Figura 18 - Ligação do tipo viga -pilar.....	43
Figura 19 - Conceito BIM.....	46
Figura 20 - Exemplo de referência de peça retirada do anexo I.....	50
Figura 21 – Exemplo de referência de conjunto retirada do anexo II.....	51
Figura 22 - Modelo Tekla: caso de estudo.....	53
Figura 23 - Estrutura principal.....	53

Figura 24 - Estrutura secundária.	54
Figura 25 - Modelo final.....	54
Figura 26 - Lote 1.	56
Figura 27 - Lote 2.	56
Figura 28 - Lote 3.	56
Figura 29 - Lote 4.	57
Figura 30 - Lote 5.	57
Figura 31 - Lote 6.	57
Figura 32 - Fase 1.....	59
Figura 33 - Fase 2.....	59
Figura 34 - Fase 3.....	59
Figura 35 - Fase 4.....	60
Figura 36 - Fase 5.....	60
Figura 37 - Fase 6.....	60
Figura 38 - Pilar correspondente ao alinhamento A1.....	61
Figura 39 - Excerto do desenho de peça do anexo I.....	62
Figura 40 - Cabeçalho retirado do desenho de peça do anexo I.	63
Figura 41 - Legenda do desenho de peça retirada do anexo I.	64
Figura 42 – Legenda de peças por conjunto retirada do desenho de conjunto do anexo II.	65
Figura 43 - Legenda do desenho de conjunto retirada do anexo II.....	66
Figura 44 - Excerto da lista de quantificação de perfis do anexo III.	68
Figura 45 - Excerto da lista de peças do anexo IV.	68
Figura 46 - Excerto da lista de conjuntos do anexo V.....	69
Figura 47 - Excerto da lista de ordem de pintura do anexo VI.....	70

Figura 48 – Legenda do desenho de montagem retirada do anexo VII.....	72
Figura 49 – Numeração do desenho de montagem retirada do anexo VII	73

II. ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Empresas constituintes do Grupo O FELIZ.	6
Quadro 2 - Zonas de cobertura e de paredes adaptadas das Figuras 7.5 e 7.8 da NP EN 1991-1-4 [5].	28
Quadro 3 - Coeficientes de pressão.....	30
Quadro 4 - Pressão exercida pelo vento.....	30
Quadro 5 - Ações consideradas para o pré-dimensionamento do pórtico.....	35
Quadro 6 - Ações consideradas para o dimensionamento.....	39
Quadro 7 - Coeficientes ψ para as diferentes ações.....	40
Quadro 8 - Coeficientes γ para a combinação Fundamental.....	41
Quadro 9 - Coeficientes γ para a combinação de ação Frequente.....	41
Quadro 10 - Prefixos usados para as peças.....	50
Quadro 11 -Prefixos de conjuntos adotados pela empresa O FELIZ.	52
Quadro 12 - Prefixo a usar num desenho Geral.	73

III. ÍNDICE DE FORMULAS

Formula 1 - Velocidade média do vento.....	25
Formula 2 - Coeficiente de rugosidade.	25
Formula 3 - Valor de referência da velocidade do vento.....	26
Formula 4 - Pressão exterior exercida pelo vento.	26
Formula 5 - Pressão interior exercida pelo vento.....	26
Formula 6 - Pressão dinâmica de pico.....	26
Formula 7 - Ação da neve.....	31
Formula 8 - Valor característico da carga da neve ao nível do solo.	32
Formula 9 - Combinação Característica.	41
Formula 10 - Combinação Frequente.	41

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação diz respeito á realização de um estágio curricular no âmbito da disciplina de DIPRE – Dissertação/Projeto/Estágio para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil.

O estágio curricular decorreu na empresa O FELIZ – Metalomecânica, S.A. com o período de duração de seis meses, com início a 31 de Janeiro de 2014 e fim a 31 de Julho de 2014.

A realização do estágio proporcionou a aprendizagem de novas competências a nível empresarial, através da elaboração de um estudo de um pavilhão standard em estrutura metálica. O edifício metálico contém em planta as dimensões de 60 x 25 metros entre eixos de pilares, e possui cêrcea total de 9,0 metros, com pilar de 7 metros mais platibanda de 2 metros.

Para a apresentação do caso de estudo realizado foram empregues várias etapas semelhantes ao processo de fabrico da empresa, com o intuito de representar simplificadamente o percurso a realizar por uma qualquer obra, desde a sua conceção até á expedição da mesma.

Paralelamente foram realizadas várias atividades que permitiram o desenvolvimento de capacidades e competências para concretização do estudo do edifício em causa, bem como para responder as necessidades da empresa no seu processo de fabrico.

1.1 ENQUADRAMENTO

A realização do estágio decorreu essencialmente entre dois departamentos distintos da empresa:

- Departamento Técnico (ver Figura 2 – Serviços Partilhados)

- Departamento de Produção (ver Figura 2 – Área de Negócio – Construção Metálica).

Inicialmente no Departamento Técnico foi realizada uma análise estrutural ao edifício em estudo, durante a qual foi desenvolvido um modelo de cálculo para a realização do dimensionamento do edifício. Posteriormente no mesmo departamento foi criado um outro modelo com recurso a software apropriado de detalhamento de estruturas metálicas, no qual foram representados todos os pormenores e ligações, respeitando o modelo de cálculo anterior.

Por fim, e já no Departamento de Produção, concluiu-se o estudo do edifício com a geração e edição de todos os desenhos de fabrico, bem como outros elementos auxiliares necessários para a fabricação e montagem de todos os elementos.

1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo principal foi a realização de um estágio curricular em ambiente industrial no sector da construção metálica.

Como objetivos secundários pode-se salientar o conhecimento de uma organização, nomeadamente a sua estrutura e áreas funcionais e a aprendizagem de ferramentas informáticas que permitam a análise estrutural e a execução de estruturas na componente de fabricação.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está organizada com o intuito de apresentar simplificadamente o encadeamento do processo de fabrico a ser adotado por qualquer estrutura metálica fabricada na empresa.

Inicialmente será efetuado um breve enquadramento de todas as empresas constituintes do grupo O FELIZ, com principal ênfase para O FELIZ – Metalomecânica, S.A.

Posteriormente, e com o auxílio do edifício em estudo, serão apresentadas as três principais etapas do processo de fabrico realizadas durante o estágio.

- A primeira etapa é referente a todo o conjunto elementos necessários para a realização do dimensionamento do edifício, recorrendo sobretudo ao Eurocódigo 3 e a algumas outras normas aplicáveis a estruturas metálicas;
- A segunda etapa consiste na criação de uma perspetiva real e global de toda a obra através de um modelo tridimensional com recurso ao software TEKLA Structures, que adiante será denominado de apenas TEKLA, no qual para além da estrutura metálica serão criados todos os detalhes necessários para a fabricação do edifício;
- Por fim, e com base no modelo anterior, serão apresentados os desenhos 2D criados e editados para o fabrico e montagem da estrutura.

2. O GRUPO – “O FELIZ”

A empresa O FELIZ – Metalomecânica, S.A. foi fundada em 1945, pelo conhecido empresário bracarense António Lopes da Cruz, estabelecido uma pequena (no entanto de dimensão considerável para a época) fábrica de balanças e serralharia artística.









António Lopes da Cruz foi, desde sempre, conhecido como uma pessoa alegre, extrovertida, estimada e respeitada por toda a gente. Isto levou a que o alcunhassem de “O Feliz”, o que, posteriormente, deu origem ao nome e logótipo do Grupo.

O negócio ao longo dos anos foi crescendo e atualmente o grupo é constituído por várias empresas espalhadas por diferentes locais. Para além de Portugal, o Grupo O Feliz marca forte presença em Angola e recentemente abriu portas a primeira empresa em Moçambique.



Figura 1 - Localização das atuais empresas do Grupo O FELIZ.

Quadro 1 - Empresas constituintes do Grupo O FELIZ.

Portugal	O FELIZ – Metalomecânica, S.A.	
	O FELIZ – Imobiliária. S.A.	
	O FELIZ II – Precisão, Lda.	
	O FELIZ – Agrícola, Lda.	
	JAMARFEL – Compra e Transformação de Ferro, S.A.	
Angola	O FELIZ ANGOLA - Metalomecânica, Lda.	
	AQUAFELIZ – Comércio e Aplicação de Materiais, Lda.	
Moçambique	O FELIZ MOÇAMBIQUE – Metalomecânica, Lda.	

2.1 O FELIZ - METALOMECÂNICA, S.A

O FELIZ - Metalomecânica, S.A. é a empresa que tem maior destaque e maior volume de negócios dentro do Grupo, sendo uma referência na área em que atua. Em termos estruturais, a empresa está organizada conforme o organograma representado na Figura 2.

Ao nível das áreas de negócio, O FELIZ - Metalomecânica, S.A., é constituído por seis diferentes áreas:

- Chapa e Perfilados;
- Corte e Quinagem;
- Colunas de Iluminação;
- Laser;
- Aço Inox;
- Construção Metálica.

Por outro lado, O FELIZ - Metalomecânica, S.A. contém também diversos serviços transversais (denominados de Serviços Partilhados) que têm como função servir as áreas de negócio (ver Figura 2).

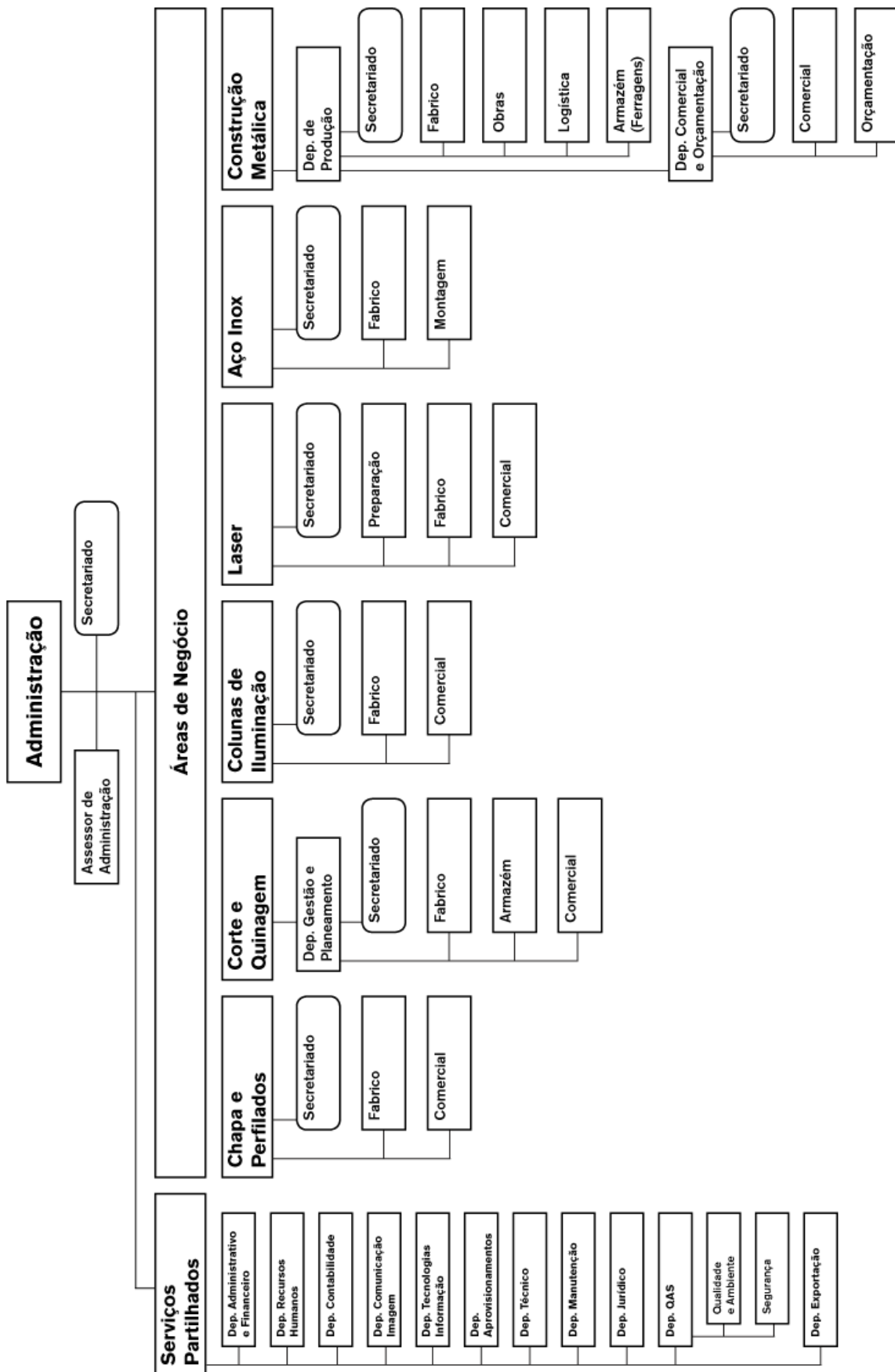


Figura 2 - Organograma da empresa O FELIZ - Metalomecânica, S.A.

2.2 ÁREAS DE NEGÓCIO

2.2.1 CHAPA E PERFILADOS

A área de negócio de Chapa e Perfilados (CP) realiza diversos tipos de revestimentos de coberturas e de fachadas recorrendo a chapas perfiladas, alterando as suas características ao nível da espessura de chapa e a sua geometria da secção, com o intuito de obter elementos leves, capazes de vencer diferentes vãos. Estes perfis são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de chapa, pré-lacada ou galvanizada, laminadas a frio. A chapa perfilada pode ser ondulada ou trapezoidal sendo variáveis as alturas dos perfis, o seu afastamento, as dimensões e podendo, ou não, levar nervuras de rigidez.

São também produzidos na área de negócio de Chapa e Perfilados, perfis em aço leve, enformados a frio para criação da estrutura de suporte e fixação dos revestimentos metálicos (madres). As secções têm uma geometria em “C” ou “Z” com alturas compreendidas entre os 140 mm e os 300 mm e espessuras de 0,5 mm a 2,5 mm. Devido à sua leveza estrutural e sustentabilidade, este tipo de perfis tem vindo a assumir uma aplicação cada vez mais alargada.



Figura 3 - Instalações da área de negócio de Chapa e Perfilados.

2.2.2 CORTE E QUINAGEM

A área de negócio de Corte e Quinagem (CQ) realiza o corte e quinagem de todo o tipo de chapa, nomeadamente chapa lacada, zincada, zincor, laminada a quente, zinco puro, cobre, inox ou perfurada. É possível a quinagem de chapa até ao máximo de 16 milímetros de espessura e comprimento até 14,20 metros. Relativamente ao corte de chapa poderá se estender até á espessura de 20 milímetros.



Figura 4 – Quinadora.

2.2.3 COLUNAS DE ILUMINAÇÃO

A área de negócio de Colunas de Iluminação (CI) consiste na produção de colunas de iluminação com geometria octogonal ou cilíndrica com alturas entre os 3 m e os 12 m. As colunas desenvolvidas são sujeitas a certificação e ao correspondente controlo de qualidade (ver secção 2.3.4).

Nesta área de negócio são igualmente realizadas uma gama de torres metálicas de média e grande dimensão para alturas até 50 m para os mais diversos fins:

- Iluminação de grandes recintos;
- Suportes publicitários;
- Suporte de equipamentos de telecomunicações;
- Suporte de aerogeradores.

Existem ainda soluções para utilizações específicas que saem fora das dimensões convencionais como:

- Colunas basculantes;
- Colunas para suportes de câmaras de vídeo vigilância;
- Mastros de bandeira;
- Para-raios;
- Suportes de painéis fotovoltaicos;
- Colunas de iluminação autónomas com painéis fotovoltaicos e baterias.



Figura 5 - Colunas de iluminação.

2.2.4 LASER

Na área de negócio do Laser (Laser) são realizados diferentes tipos de corte recorrendo a três tipos de equipamentos:

- Laser
- Oxicorte
- Plasma

2.2.4.1 Laser

Este processo de corte é realizado por um feixe de infravermelhos com um diâmetro da ordem dos microns. Em comparação com outros processos de corte de materiais metálicos, o corte a laser garante uma elevada precisão e permite o corte de peças irregulares com rapidez e menor consumo energético, aliado a um acabamento de alta qualidade na superfície e baixa entrega térmica. O laser permite o corte de diversos materiais de diferentes espessuras: Aço carbono e aço inox até 25mm e alumínio até 15 mm, e uma capacidade de corte de planos com dimensões até 4000 mm por 2000 mm.



Figura 6 – Laser.

2.2.4.2 Oxicorte

O oxicorte consiste no corte por oxigénio-gás combustível que é aplicado no corte de aços carbono e alguns aços de baixa liga. É um processo económico e eficaz para corte em espessuras de material entre 3 a 300 mm. Por outro lado a sua velocidade de corte é muito baixa, provocando uma zona bastante larga afetada termicamente.



Figura 7 - Oxicorte.

2.2.4.3 Plasma

O corte em plasma é tida como o quarto estado da matéria. Isto acontece ao ocorre o processo de ionização em que existe a adiciona demais energia no gás, fazendo com que as propriedades como temperatura e características elétricas são modificadas.

A tecnologia de Plasma quando comparada com o oxicorte destaca-se pela sua maior velocidade de corte e capacidade de cortar outros tipos de metal que não aço-carbono, incluindo aço inoxidável e alumínio. As maiores velocidades de corte do plasma produzem uma menor zona afetada pelo calor que requer menos tempo em operações secundárias.



Figura 8 – Plasma.

2.2.5 AÇO INOXIDÁVEL

A área de negócio de aço inoxidável é caracterizado pelo fabrico e montagem de estruturas de construção civil e arquitetura, com particular enfoque nos sectores da habitação, hotelaria a restauração. De entre os produtos fabricados destacam-se os gradeamentos e portões, guardas metálicas para varandas e escadas, cubas para vinho, quadros elétricos e autoclaves com e sem membrana.

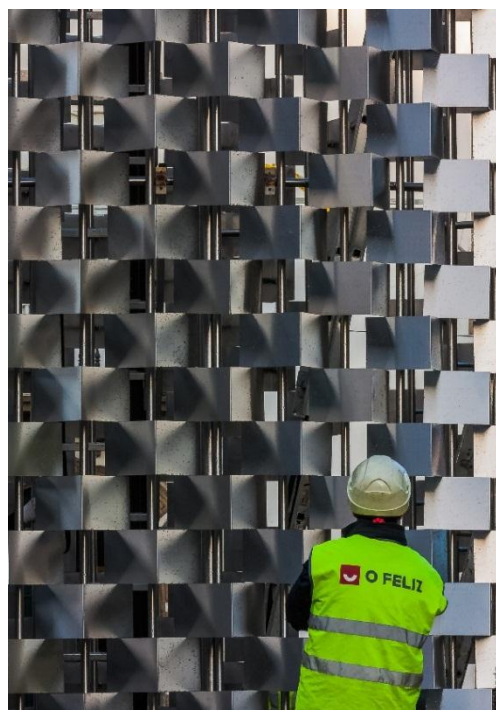


Figura 9 - Elementos realizados em aço inox.

2.2.1 CONSTRUÇÃO METÁLICA

A área de negócio de construção metálica é caracterizada pelo fabrico e montagem de estruturas metálicas desde:

- Edifícios comerciais;
- Edifícios industriais;
- Edifícios habitacionais;
- Passagens superiores;
- Pontes;
- Pontes rolantes.

Para além da realização de estruturas metálicas a área de negócio também procede ao fabrico e montagem de revestimento de fachadas e coberturas de edifícios contribuindo para tal uma ampla capacidade de fabrico instalada, desde o corte e furação, soldadura e pintura.



Figura 10 - Exemplos de algumas estruturas metálicas realizadas.

2.3 POLÍTICA DA EMPRESA

2.3.1 MISSÃO

- Contribuir para o desenvolvimento da região e do país;
- Trabalhadores competentes, motivados e com os melhores meios técnicos;
- Antecipar e superar as expectativas do mercado;
- Posição de referência no mercado.

2.3.2 VALORES

- Excelência e competência do capital humano;
- Lógica consciente das responsabilidades sociais e legais;
- Profissionalismo e honestidade;
- Inovação;
- Paixão pela construção metálica.

2.3.3 ESTRATÉGIA

- Crescimento sustentado do negócio (com solidez financeira);
- Internacionalização;
- Optimização de recursos (eficiência operacional e produtividade);
- Focalização na qualidade.

2.3.4 TECNOLOGIAS E COMPETÊNCIAS

- Capacidade de resposta num mercado global;
- Quadros técnicos altamente qualificados;
- Investimento contínuo em tecnologia e capacidade produtiva;
- Oferta de soluções globais: conceção, projeto, fabrico, montagem e apoio ao cliente;
- Rigoroso cumprimento dos prazos.
- Elevados padrões de qualidade (Quality Management System NP EN ISO 9001:2008);
- Marcação CE para estruturas metálicas de classe de execução até - EXC3 (NP EN 1090 [1] – Execução de estruturas de aço e de estruturas de alumínio - Parte 2: Requisitos técnicos para estruturas de aço);
- Certificação da área de negócio de Colunas de Iluminação (EN 40 - 2 Lighting Columns – Part 2: General Requirements and Dimensions);
- Certificação da área de negócio de Chapa Perfilada (NP EN 14782 Chapas Metálicas Autoportantes para coberturas, revestimentos exteriores e divisórias interiores);
- Processo de certificação de segurança (NP 4397 Sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho);
- Processo de certificação IDI (NP 4457 Gestão da IDI – Requisitos do Sistema de Gestão da IDI).

2.4 A EMPRESA

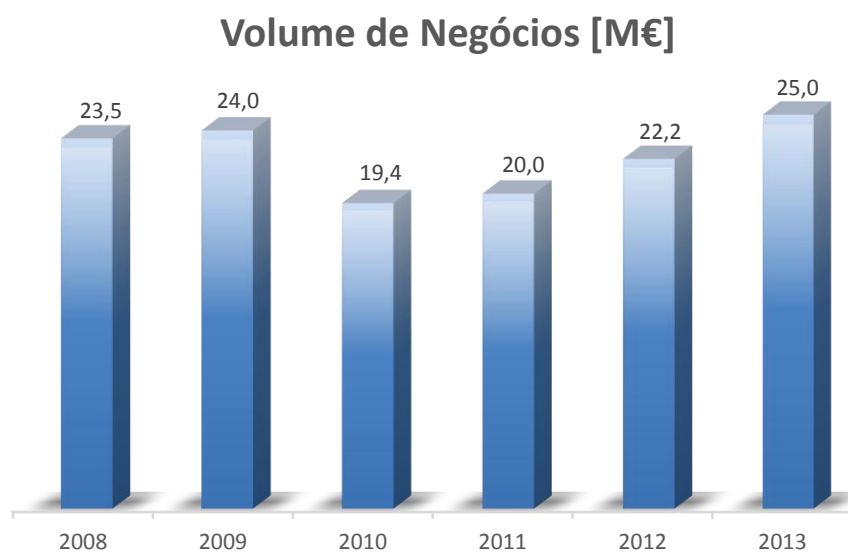


Figura 11 - Volume de Negócios: O FELIZ – Metalomecânica, S.A..



Figura 12 - Taxa de Exportação: O FELIZ – Metalomecânica, S.A..

Número de Colaboradores

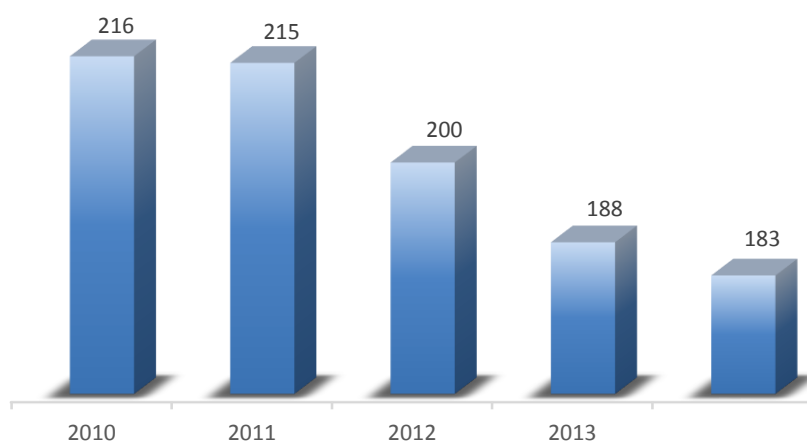


Figura 13 - Número de Colaboradores: O FELIZ – Metalomecânica, S.A..

Volume de Negócios [M€]

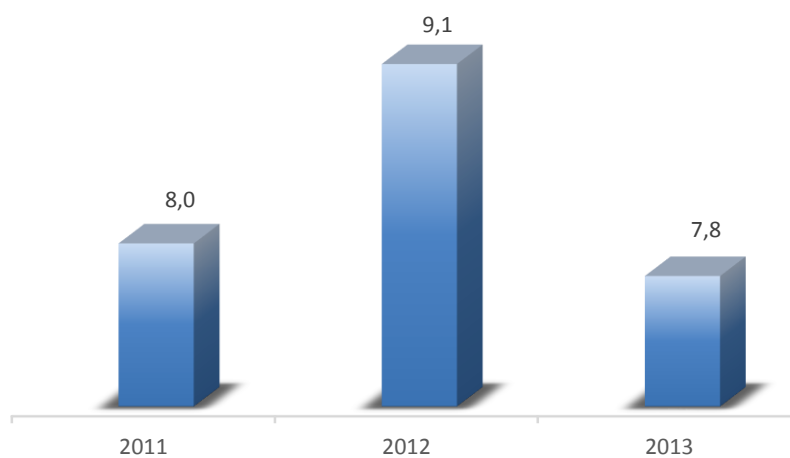


Figura 14 - Volume de Negócios do Departamento de Construção Metálica.

3. MODELO DE CÁLCULO: CASO DE ESTUDO

3.1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo será descrita a análise estrutural realizada para o dimensionamento do edifício em estudo. Esta análise teve em consideração a geometria do edifício e a homogeneização entre secções de perfis com o intuito de otimizar o fabrico.

3.1.1 ENQUADRAMENTO DA ESTRUTURA

Para a análise do edifício em estudo considerou-se que se tratava de um pavilhão localizado no concelho de Matosinhos nas proximidades do mar com dimensões em planta de 60 x 25 metros e cêrcea de 9,0 metros.

A estrutura principal do edifício será formada em estrutura metálica composta por pórticos simples a vencerem o vão de 25 metros. Os perfis utilizados serão constituídos por perfis laminados a quente normalizados de aço de classe S275. Quanto à estrutura metálica secundária, esta será realizada em aço galvanizado, onde as madres serão enformadas a frio de perfil em Z.

3.1.2 DEFINIÇÃO DA CLASSE DE EXECUÇÃO

Segundo o Anexo B da norma NP EN 1090-2 [1] a atribuição da classe de execução deverá ter em consideração as consequências do colapso ou do mau funcionamento de estrutura.

Assim para o edifício em estudo será necessário a determinação da:

- Classe de consequência;

- Categoria de serviço;
- Categoria de produção.

A classe de consequência atribuída pelo Quadro B.1 da norma NP EN 1990 [2] é de CC2, considerando para tal uma consequência média em termos de perdas humanas, consequências económicas, sociais ou ambientais.

A categoria de serviço atribuída pela Quadro B.1 da norma NP EN 1090-2 [1] é de SC1, visto que a estrutura e os componentes foram dimensionados para resistir fundamentalmente a ações estáticas.

A categoria de produção atribuída pelo Tabela B.2 da norma NP EN 1090-2 [1] é de PC1, considerando que os componentes soldados fabricados são a partir de produtos de classes de aço abaixo de S355.

Por fim, e com base nos dados anteriores, a classe de execução a atribuir ao edifício será de EXC2, obtida pela Tabela B.3 da norma NP EN 1090-2 [1].

3.1.3 TEMPO DE VIDA ÚTIL

O tempo de vida útil de um projeto a ser considerado com o auxílio do Quadro 2.1 da norma NP EN 1990 [1] será de 50 anos. Considerando para tal que o edifício irá conter uma estrutura corrente no que recai numa categoria do tempo de vida útil de projeto de 4.

3.1.4 DESCRIÇÃO DO ESQUEMA ESTRUTURAL

O edifício é constituído por uma estrutura resistente principal formada por 11 pórticos rígidos iguais entre si com afastamento de 6 metros. Cada pórtico é constituído por dois pilares em perfil IPE com 7 metros de altura e duas travessas igualmente em perfil IPE com inclinação de 10% vencendo um vão total de 25 metros. De referir que as ligações pilar-travessa e travessa-travessa são reforçadas na zona de momentos fletores máximos.

No topo de cada pilar de pórtico existe ainda um pilarete em perfil IPE que servirá de apoio para a colocação das madres para a realização revestimento da platibanda.

A estrutura secundária será constituída pelas madres de cobertura e de fachada que permitirão a fixação do revestimento da estrutura. As madres de cobertura terão um afastamento máximo de 2,1 metros, e garantirão o travamento do banzo superior da travessa a cada 2,1 metros e o travamento do banzo inferior a cada 4,2 metros, através da colocação de um elemento auxiliar. As madres de fachada terão um afastamento máximo de 1,5 metros e permitirão o travamento do banzo exterior a cada 1,5 metros e o travamento do banzo interior a cada 3 metros.

Nos pórticos das extremidades do edifício serão ainda considerados contraventamentos em forma de K ao longo do pilar e em V ao longo da travessa de perfil CHS de modo a suportarem as ações horizontais e assim transmiti-las ao solo. Será ainda considerado que as bases dos pilares formarão um apoio duplo não criando assim um encastramento perfeito ao solo. Existirá ainda uma viga de coroamento em perfil CHS de modo a permitir a união de todos os pórticos e garantir assim a formação de uma estrutura rígida no plano perpendicular ao pórtico.

3.1.5 MÉTODOS E FERRAMENTAS DE ANÁLISE ESTRUTURAL

A realização da análise estrutural do edifício foi iniciada com o pré-dimensionamento de um pórtico corrente. Os esforços presentes no pórtico foram obtidos recorrendo a expressões desenvolvidas no manual de Siderurgia Nacional e o dimensionamento das secções foram obtidas com base na norma NP EN 1993-1-1 [3]. Posteriormente, recorrendo ao software Robot Structural Analysis, adiante denominado por apenas ROBOT, foi desenvolvido um modelo tridimensional para o dimensionamento de toda a estrutura, onde foram igualmente dimensionadas todas as ligações necessárias.

3.1.6 ESQUEMA DE PROTEÇÃO ANTICORROSIVO

Para a determinação do esquema de proteção anticorrosiva será necessário ter em consideração a localização do edifício e a classe de durabilidade. Pelo Quadro 1 da norma NP EN ISO 12944-2 [10], o edifício pode ser integrado na categoria de corrosividade C4, definido de áreas costeiras com alta salinidade. Relativamente a durabilidade do esquema de pintura anticorrosiva pela parte 1 da mesma norma poderá ser considerada uma classe de durabilidade média, definida de 5 a 15 anos.

Preparação de Superfície

Decapagem por projeção centrífuga de abrasivos.

Esquema de pintura

Uma demão de epoxídico primário rico em zinco ZN (R) com espessura de 60 μm com mais duas a quatro demãos de acabamento ligante Acrílico AY com espessura total de 200 μm .

3.2 QUANTIFICAÇÃO DAS AÇÕES

3.2.1 AÇÕES VARIÁVEIS

3.2.1.1 Ação do vento

A realização da quantificação da ação do vento foi realizada com base a norma NP EN 1991-1-4 [5]. Pelo anexo nacional da mesma norma, o território é dividido em duas zonas A e B, onde o edifício em estudo se enquadra na zona A, definida como faixa costeira com 5 Km, e com rugosidade do tipo I, definida por zona costeira exposta aos ventos de mar. O cálculo da velocidade média do vento V_m é realizada com base na expressão seguinte:

$$V_m(Z) = C_r(Z) \times C_0(Z) \times V_b$$

Formula 1 - Velocidade média do vento.

Onde:

- O coeficiente de rugosidade $C_r(Z)$ é obtido por:

$$C_r(Z) = K_r \times \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$$

Com,

$$K_r = 0,19 \times \left(\frac{Z_0}{Z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

Formula 2 - Coeficiente de rugosidade.

Pelo Quadro NA - 4.1 obtêm-se $Z_0 = 0,005$ e $Z_{0,II} = 0,05$,

$$K_r = 0,19 \times \left(\frac{0,005}{0,05}\right)^{0,07} = 0,162$$

$$C_r(Z) = 0,162 \times \ln\left(\frac{9}{0,005}\right) = 1,214$$

- O coeficiente de orografia $C_0(Z)$ será considerado igual a 1,0.
- O valor de referência da velocidade do vento V_b é obtido pela seguinte expressão:

$$V_b = C_{dir}(Z_e) \times C_{season} \times V_{b,0}$$

Formula 3 - Valor de referência da velocidade do vento.

Com o valor de valor básico da velocidade de referência do vento $V_{b,0} = 30$ m/s (Quadro NA.I), vem,

$$V_b = 1 \times 1 \times 30 = 30 \text{ m/s}$$

Pelo que a velocidade média do vento corresponde a:

$$V_m(Z) = 1,214 \times 1 \times 30 = 36,42 \text{ m/s}$$

Por fim, será necessário a determinação da pressão exterior W_e e a pressão interior W_i exercida pelo vento, onde:

$$W_e = q_p(z_e) \times C_e$$

Formula 4 - Pressão exterior exercida pelo vento.

$$W_i = q_p(z_i) \times C_i$$

Formula 5 - Pressão interior exercida pelo vento.

O coeficiente de pressão dinâmica de pico $q_p(z_e)$ corresponde a:

$$q_p(Z) = C_e(Z) \times q_b$$

Formula 6 - Pressão dinâmica de pico.

Por outro lado o coeficiente de pressão dinâmica de pico poderá ser igualmente obtida pela expressão:

$$q_p(Z) = [1+7 \times I_v(Z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times V_m^2 = C_e(Z) \times q_b$$

Onde:

- A intensidade de turbulência $I_v(Z)$ é ser obtida por:

$$I_v(Z) = \frac{\sigma_v}{V_m(Z)}$$

Com,

$$\sigma_v = k_r \times V_b \times K_I$$

Considerando o coeficiente de turbulência $K_I=1$, vem:

$$I_v(Z) = \frac{0,162 \times 30 \times 1}{36,42} = 0,133$$

- Coeficiente de pressão dinâmica q_b , com $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times V_b^2$$

$$q_b = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 30^2 = 562,5 \text{ Pa}$$

Substituindo vem,

$$[1+7 \times 0,133] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 36,42^2 = C_e(Z) \times 562,5$$

$$C_e(Z) = 2,846$$

Então,

$$q_p(Z) = 2,846 \times 562,5 = 1600 \text{ Pa} = 1,6 \text{ kPa}$$

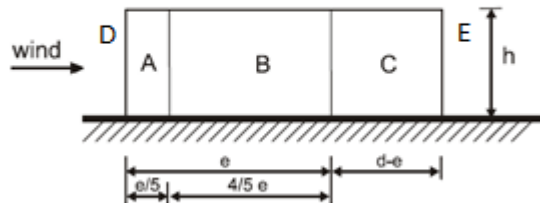
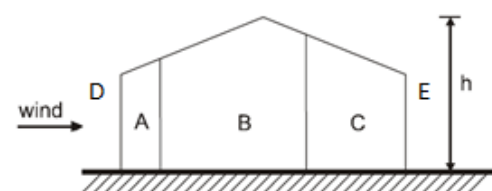
3.2.1.1.1 Coeficiente de pressão exterior

Para a determinação do coeficiente de pressão exterior C_{pe} será necessário quantificar a ação do vento nas quatro direções (X, -X, Y e -Y). Uma vez que o edifício é simétrico nas duas direções, a ação do vento será apenas considerada nas direções X e Y.

O Quadro 2 apresenta a numeração das zonas a considerar para a determinação do coeficiente de pressão exterior nas duas direções em análise.

Quadro 2 – Zonas de cobertura e de paredes adaptadas das Figuras 7.5 e 7.8 da NP EN 1991-1-4 [5].

<p>Cobertura direção X</p> $e < \begin{cases} b = 60\text{m} \\ 2h = 2 \times 7 = 18\text{m} \end{cases}$	
<p>Cobertura direção Y</p> $e < \begin{cases} b = 25\text{m} \\ 2h = 2 \times 7 = 18\text{m} \end{cases}$	

<p>Paredes verticais direção X</p> $e < \begin{cases} b = 60\text{m} \\ 2h = 2 \times 7 = 18\text{m} \end{cases}$	<p style="text-align: center;">Elevation for $e < d$</p> 
<p>Paredes verticais direção Y</p> $e < \begin{cases} b = 25\text{m} \\ 2h = 2 \times 7 = 18\text{m} \end{cases}$	

Os coeficientes adotados para cada zona apresentada anteriormente estão presentes no Quadro 3 e foram obtidos recorrendo aos Quadros 7.1, 7.4a e 7.4b da norma NP EN 1991-1-4 [5] utilizando para tal o valor de $\alpha \approx 5,7^\circ$ valor proveniente da inclinação das duas vertentes da cobertura correspondente a 10 %.

3.2.1.1.2 Coeficiente de pressão interior

O coeficiente de pressão interior, C_{pi} dependem da dimensão e da distribuição das aberturas na envolvente do edifício.

Pela nota 2 da secção 7.2.9 (6) da norma, quando não for possível calcular o valor de μ (função do quociente entre a altura e a profundidade do edifício, h/d , e do índice de aberturas) para um determinado caso, ou tal cálculo não se considere justificado, o coeficiente C_{pi} deverá ser considerado com o valor mais gravoso de entre +0,2 e -0,3.

O Quadro 3 apresenta o resumo dos coeficientes de pressão obtidos anteriormente para as duas direções consideradas (X e Y) em função da zona do edifício.

O coeficiente de pressão resultante $C_{p,net}$ é obtido através da soma vetorial dos coeficientes de pressão exterior com o coeficiente de pressão interior (+0,2 ou -0,3).

Quadro 3 - Coeficientes de pressão.

Zona	Vento Direção X					Vento Direção Y				
	C_{pe}	$C_{pi+0,2}$	$C_{pi-0,3}$	$C_{p,net+0,2}$	$C_{p,net-0,3}$	C_{pe}	$C_{pi+0,2}$	$C_{pi-0,3}$	$C_{p,net+0,2}$	$C_{p,net-0,3}$
A	-1,2	0,2	-0,3	-1,4	-0,9	-1,2	0,2	-0,3	-1,4	-0,9
B	-0,8	0,2	-0,3	-1,0	-0,5	-0,8	0,2	-0,3	-1,0	-0,5
C	-0,5	0,2	-0,3	-0,7	-0,2	-0,5	0,2	-0,3	-0,7	-0,2
D	0,8	0,2	-0,3	0,6	1,1	0,8	0,2	-0,3	0,6	1,1
E	-0,6	0,2	-0,3	-0,8	-0,3	-0,6	0,2	-0,3	-0,8	-0,3
F	-1,7	0,2	-0,3	-1,9	-1,4	-1,6	0,2	-0,3	-1,8	-1,3
G	-1,2	0,2	-0,3	-1,4	-0,9	-1,3	0,2	-0,3	-1,5	-1,0
H	-0,6	0,2	-0,3	-0,8	-0,3	-0,7	0,2	-0,3	-0,9	-0,4
I	-0,6	0,2	-0,3	-0,8	-0,3	-0,6	0,2	-0,3	-0,8	-0,3
J	-0,6	0,2	-0,3	-0,8	-0,3					

Por fim, o quadro 4 apresenta a pressão exercida pelo vento (w) para as duas condições de pressão interior consideradas.

Quadro 4 - Pressão exercida pelo vento.

Zona	Vento Direção X				Vento Direção Y			
	$C_{p,net+0,2}$	$C_{p,net-0,3}$	W +0,2	W -0,3	$C_{p,net+0,2}$	$C_{p,net-0,3}$	W +0,2	W -0,3
A	-1,40	-0,90	-2,24	-1,44	-1,40	-0,90	-2,24	-1,44
B	-1,00	-0,50	-1,60	-0,80	-1,00	-0,50	-1,60	-0,80
C	-0,70	-0,20	-1,12	-0,32	-0,70	-0,20	-1,12	-0,32
D	0,60	1,10	0,96	1,76	0,60	1,10	0,96	1,76
E	-0,77	-0,27	-1,23	-0,43	-0,77	-0,27	-1,23	-0,43
F	-1,90	-1,40	-3,04	-2,24	-1,80	-1,30	-2,88	-2,08
G	-1,40	-0,90	-2,24	-1,44	-1,50	-1,00	-2,40	-1,60
H	-0,80	-0,30	-1,28	-0,48	-0,90	-0,40	-1,44	-0,64
I	-0,80	-0,30	-1,28	-0,48	-0,80	-0,30	-1,28	-0,48
J	-0,80	-0,30	-1,28	-0,48				

3.2.1.2 Variação da temperatura

Pelo RSA [12] a variação da temperatura pode ser considerada de dois tipos:

- Uniformes;
- Diferenciais.

As variações uniformes correspondem às variações anuais da temperatura ambiente pelo que para estruturas metálicas protegidas poderá ser considerada de $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

As variações diferenciais correspondem às variações rápidas de temperatura ambiente pelo que se poderá considerar desprezável visto que estamos perante de uma estrutura que a sua estrutura principal se irá encontrar protegida.

3.2.1.3 Ação da neve

Pela norma NP EN 1991 – 1 – 3 [12] a quantificação da ação da neve na cobertura poderá ser determinada pela expressão:

$$S = \mu_1 \times C_e \times C_t \times S_k$$

Formula 7 - Ação da neve.

Onde:

- O coeficiente de forma para a carga da neve μ_1 corresponde a 0,8 e é obtido pela Figura 15 considerando a inclinação das vertentes de $5,7^{\circ}$;

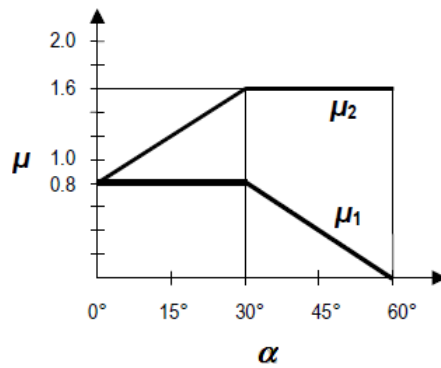


Figura 15 - Coeficiente de forma

- O coeficiente de exposição C_e igual a 1,0
- O coeficiente térmico C_t igual a 1,0
- O valor característico da carga da neve ao nível do solo S_k obtido pelo anexo nacional.

$$S_k = C_z \left[1 + \left(\frac{H}{500} \right)^2 \right]$$

Formula 8 - Valor característico da carga da neve ao nível do solo.

Considerando a localização do edifício em Matosinhos $C_z = 0,2$ para uma altitude igual a zero, vem:

$$S_k = 0,2 \left[1 + \left(\frac{0}{500} \right)^2 \right] = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

Por fim, a ação da neve na cobertura a ser considerada será:

$$S = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,2 = 0,16 \text{ kPa}$$

3.2.1.4 Sobrecarga

O edifício em estudo contém uma cobertura não acessível podendo ser classificada da categoria H segundo a norma NP EN 1991-1-1 [3] pelo que o seu valor de $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$.

No entanto para o dimensionamento do material de revestimento da cobertura será necessário considerar o valor d da sobrecarga $q_k = 1 \text{ kN/m}^2$ correspondente à ação de um operário durante a colocação de revestimentos ou operações de manutenção.

3.2.2 AÇÕES PERMANENTES

3.2.2.1 Peso próprio da estrutura;

Apenas para a realização do pré-dimensionamento será arbitrado um valor para o peso próprio da estrutura principal de $0,4 \text{ kN/m}^2$.

3.2.2.2 Revestimento;

O revestimento final da cobertura será realizado com o painel PC3 1000 da empresa Painel 2000 - Sociedade Industrial de Painéis, SA com uma espessura total de 40 mm (painéis duplos de chapa com 5mm e isolamento térmico no interior) com vão máximo de 2,1 metros entre madres. O seu peso específico é de $10,5 \text{ kg/m}^2$ que corresponde a $0,103 \text{ kN/m}^2$.

3.2.2.3 Restantes cargas permanentes

Será considerado o valor de $0,1 \text{ kN/m}^2$ para restante cargas permanentes. Este valor é arbitrado com o propósito da existência de instalações elétricas ou outro tipo de equipamentos que possam estar suspensos na cobertura.

3.3 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

A realização do pré-dimensionamento será realizado com base na norma NP EN 1993-1-1 [7]. Este cálculo inicial será um cálculo simples de modo a obter uma ideia aproximada de quais as secções a usar nos pórticos do edifício, porém o seu objetivo principal destina-se apenas a gerar um ponto de partida de modo a facilitar a criação do modelo em ROBOT e não a validar o dimensionamento do edifício.

3.3.1 DETERMINAÇÃO DAS AÇÕES

Para a realização do cálculo da estrutura, será necessário fazer uma quantificação de todas as ações atuantes sobre o edifício. No entanto para a realização de apenas do pré-dimensionamento, será considerado um pórtico corrente do edifício com uma largura de influências de 6 metros.

Quadro 5 - Ações consideradas para o pré-dimensionamento do pórtico.

	Ação	KN/m ²	KN/m
Ações permanentes	Peso Próprio (PP)	0,40	2,40
	Revestimentos (REV)	0,16	0,98
	Outras (RCP)	0,10	0,60
Ações variáveis	Neve	0,16	0,96
	Sobrecarga	0,40	2,40
	Vento X +0,2	-1,28	-7,68
	Vento Y -0,3	-0,48	-2,88

Para o pré-dimensionamento do pórtico é necessário ter em conta que a ação do vento em algumas situações contém direções contrárias á das restantes ações variáveis atuantes. Ou seja, no caso da cobertura a ação do vento tem a direção ascendente e as restantes ações têm direção descendente pelo que será necessário verificar qual das situações é mais desfavorável para os elementos estruturais.

- Determinação do valor de cálculo para as ações ascendentes, $P_{Ed,asc}$

$$P_{Ed,asc} = \gamma_G \times (PP + Rev) + \gamma_Q \times W_K$$

$$P_{Ed,asc} = 1,0 \times (2,4 + 0,98) + 1,5 \times -7,68 = -8,14 \text{ kN/m}$$

- Determinação do valor de cálculo para as ações descendentes, $P_{Ed,des}$

$$P_{Ed,des} = \gamma_G \times (PP + Rev + RCP) + \gamma_Q \times Q_K + \gamma_Q \times \psi_0 \times S_K$$

$$P_{Ed,des} = 1,35 \times (2,4 + 0,98 + 0,6) + 1,5 \times 2,4 + 1,5 \times 0,6 \times 0,96 = 9,97 \text{ kN/m}$$

$$P_{Ed,des} = \gamma_G \times (PP + Rev + RCP) + \gamma_Q \times S_K + \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_K$$

$$P_{Ed,des} = 1,35 \times (2,4 + 0,98 + 0,6) + 1,5 \times 0,96 + 1,5 \times 0,6 \times 2,4 = 8,97 \text{ kN/m}$$

- Determinação do valor de cálculo para as ações horizontais, $P_{Ed,H}$

$$P_{Ed,H} = \gamma_Q \times W_K$$

$$P_{Ed,H} = 1,5 \times 10,56 = 15,84 \text{ kN/m}$$

Após a determinação dos diferentes P_{Ed} 's atuantes no edifício e com recurso às expressões presentes no manual de Siderurgia Nacional obter-se os seguintes esforços máximos atuantes no pórtico:

$$V_A = 23,3\text{kN}$$

$$M_B = 801,7\text{kN.m}$$

$$M_C = -78,5\text{kN.m}$$

Onde,

- V_A – Esforço máximo axial de tração no pilar;
- M_B – Momento máximo na ligação pilar-travessa;
- M_C – Momento máximo na ligação travessa-travessa.

3.3.2 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS

Considerando apenas o esforço máximo á flexão de $M_{Ed} = 801.66 \text{ kN.m}$ e utilizando uma secção da classe 1 ou 2 será necessário verificar as seguintes equações:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{C,Rd}} \leq 1$$

$$M_{C,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

Considerando $M_{Ed} = M_{pl,Rd}$, $f_y = 275 \text{ MPa}$ e $\gamma_{M0} = 1,0$ vem:

$$801,7 = \frac{W_{pl} \times 275000}{1,0}$$

$$W_{pl} = 29151,13 \text{ cm}^3$$

Solução possível: IPE 600 ($W_{pl} = 3387 \text{ cm}^3$)

3.3.3 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS PILARES

No caso dos pilares existem dois esforços condicionantes $N_{Ed} = 123,3 \text{ kN}$ e $M_{Ed} = 801,7 \text{ kN.m}$ pelo que será realizado o pré-dimensionamento á flexão composta com tração considerando do mesmo modo secção de classe 1 ou 2.

Pelo ponto 6.2.9.1 (4) da norma, a interação do momento fletor com o esforço axial é desprezável quando se verifica as duas condições seguintes:

$$N_{Ed} \leq 0,25 \times N_{pl,Rd}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 \times h_w \times t_w \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

Secção considerada: IPE 600

- $h_w = 600\text{mm}$
- $t_w = 12\text{mm}$
- $A = 156 \text{ cm}^2$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{156 \times 10^{-4} \times 257000}{1,0} = 4290 \text{ kN}$$

Assim,

$$123,31 \leq 0,25 \times 4290 = 1072,5 \text{ kN ok!}$$

$$123,31 \leq \frac{0,5 \times 600 \times 10^{-3} \times 12 \times 10^{-3} \times 275000}{1} = 990\text{kN, não existe interação!}$$

Solução: IPE 600

3.4 MODELAÇÃO DO EDIFÍCIO

3.4.1 DEFINIÇÃO DE GRUPOS

A criação do modelo de cálculo do edifício foi realizado com recurso ao software ROBOT para o qual foram utilizadas as secções pré-dimensionadas anteriormente e arbitradas as restantes secções. Para auxílio da modelação e posteriormente do dimensionamento foram criados sete grupos, nos quais cada elemento presente dentro de cada grupo irá conter as mesmas características estruturais. Para que seja possível interpretar facilmente cada grupo criado é necessário recorrer á observação da Figura 16 e ter em atenção o esquema estrutural realizado na secção 3.1.4.

Para a criação dos pórticos do edifício foram criados dois grupos diferentes, o grupo Pilar_pt e o grupo Viga_pt. Estes dois grupos apesar de terem o mesmo tipo de perfil contêm muitas diferenças estruturais destacando-se principalmente as condições de apoio, o comprimento de encurvadura, ou mesmo o afastamento entre madres, que está diretamente relacionado com as distâncias a adotar para o travamento dos banzos dos perfis.

Os pilares laterais de edifício correspondem ao grupo Pilar_topo que irão conter o mesmo tipo de características dos restantes pilares, variando apenas a secção.

Os contraventamentos são formados por perfis do tipo CHS e têm a função de resistir apenas a esforços axiais. Os contraventamentos das extremidades do edifício (último vão entre pórticos) são colocados em forma de K e em V, e pertencem ao grupo Barra_travamento, por outro lado as barras de coroamento correspondem ao grupo Barra_c. Os restantes dois grupos pertencem aos pilaretes de platibanda que terão características semelhantes entre si. Todas as características estruturais e elementos para a realização cálculo mencionados anteriormente, estão presentes no anexo em CD.

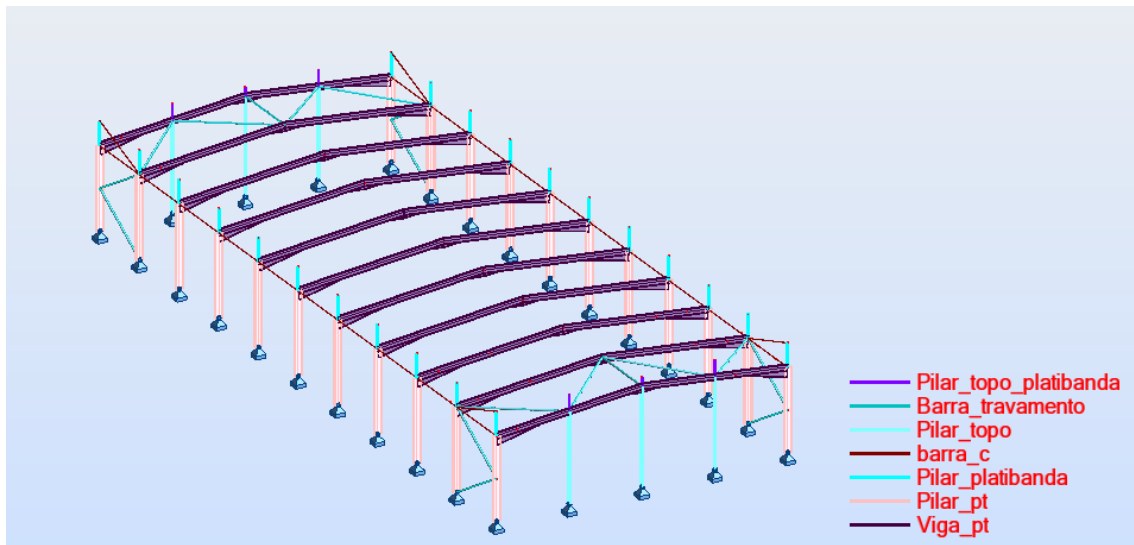


Figura 16 - Criação de grupos.

3.4.2 AÇÕES CONSIDERADAS PARA O DIMENSIONAMENTO.

Para a realização da análise estrutural do edifício foram consideradas as ações presentes no Quadro 6, que correspondem às ações determinadas anteriormente.

Quadro 6 - Ações consideradas para o dimensionamento.

	Ação	KN/m ²
Ações permanentes	Peso Próprio (PP)	-
	Revestimentos (REV)	0,16
	Outras (RCP)	0,10
Ações variáveis	Neve	0,16
	Temperatura	±10°C
	Sobrecarga	0,40
	Vento X +0,2	Quadro 4
	Vento Y -0,3	Quadro 4

De referir que o peso próprio da estrutura principal será considerado sempre igual ao peso dos perfis modelados no modelo de cálculo, alterando consoante as otimizações realizadas durante o dimensionamento.

3.4.2.1 Combinações de ações

As combinações de ações foram definidas com base na norma NP EN 1990 [2]. Os coeficientes ψ adotados para a definição das combinações de ações para os diferentes estados limites são os mencionados no Quadro 7.

Quadro 7 - Coeficientes ψ para as diferentes ações.

#	Caso	$\psi 0$	$\psi 1$	$\psi 2$
1	Peso Próprio (PP)	-	-	-
2	Revestimentos (REV)	-	-	-
3	Outras (RCP)	-	-	-
4	Temperatura+	0,60	0,50	0,00
5	Temperatura-	0,60	0,50	0,00
6	Neve	0,50	0,20	0,00
7	Sobrecarga	0,00	0,00	0,00
8	Vento X +0,2	0,60	0,20	0,00
9	Vento X -0,3	0,60	0,20	0,00
10	Vento Y +0,2	0,60	0,20	0,00
11	Vento Y -0,3	0,60	0,20	0,00

3.4.2.1.1 Estados Limites Últimos

Para a realização do dimensionamento do edifício foi considerada a seguinte Combinação Característica (ELU), a qual se encontra presente na norma NP EN 1990 [2].

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Formula 9 - Combinação Característica.

Quadro 8 - Coeficientes γ para a combinação Fundamental.

Combinação	Ações Permanentes $\gamma_{G,j}$		Ações Variáveis $\gamma_{Q,i}$
	Desfavoráveis	Favoráveis	
Característica	1,35	1,00	1,50

3.4.2.1.2 Estados Limites de Serviço

Do mesmo modo, para a realização da combinação de ações Frequentes (ELS), foi usada a expressão seguinte que se encontra presente na norma NP EN 1990 [2].

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } \psi_{1,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Formula 10 - Combinação Frequente.

Quadro 9 - Coeficientes γ para a combinação de ação Frequente.

Combinação	Ações Permanentes $\gamma_{G,j}$		Ações Variáveis $\gamma_{Q,i}$
	Desfavoráveis	Favoráveis	
Frequentes	1,00	1,00	1,00

3.4.3 RESULTADOS

Terminada a definição de todas as características estruturais com a definição de todos os grupos presentes no secção 3.4.1, bem como definidas as cargas atuantes presentes no Quadro 6 e realizadas as combinações de ações com base nas expressões e coeficientes apresentados

anteriormente, é agora o momento de conhecer os resultados do dimensionamento do edifício obtidos a partir do ROBOT.

3.4.3.1 Secções de perfis

Os resultados obtidos para o dimensionamento das secções de perfis estão apresentados na Figura 17. Cada grupo, denominado de família, contém várias informações como, o tipo de perfil a adotar, material, esbelteza, máxima sollicitação e a ação condicionante.

Relativamente ao pórtico dimensionado manualmente quando comparado com o obtido através do ROBOT, é de realçar que a análise realizada no software permitiu a redução da secção referente á viga do pórtico, inicialmente de IPE 600 e agora de IPE 500.

Além destes resultados apresentados, existem muitos outros parâmetros possíveis de se visualizar com recurso ao anexo em CD, no qual se evidencia o peso médio por metro quadrado da estrutura metálica principal de 35,8 kg/m², valor próximo do arbitrado inicialmente de 0,4 kN/m², valor considerado na secção 3.2.2.1 apenas para a realização do pré-dimensionamento.

Peça	Perfil	Material	Lay	Laz	Solicita	Caso
Família : 1 Viga_pt						
25 Viga_1	OK IPE 500	S 275	106.01	48.42	0.82	37 Ab Vento X+0,2
Família : 2 Pilar_pt						
27 Pilar_3	OK IPE 600	S 275	28.81	32.19	0.92	37 Ab Vento X+0,2
Família : 3 pilar_platibanda						
17 Pilar_6	OK IPE 160	S 275	60.81	81.35	0.97	42 Ab Vento X-0,3
Família : 4 Pilar_topo						
93 Pilar_93	OK IPE 270	S 275	73.49	49.62	0.92	37 Ab Vento X+0,2
Família : 5 barras_c						
72 Viga_72	OK CHS 88.9x2.5	S 275	196.34	196.34	0.39	4 Temp+
Família : 6 barra_t						
106 Barra_106	OK CHS 168.3x3.2	S 275	118.98	118.98	0.70	36 Ab Vento X+0,2
Família : 7 pilar_t_platibanda						
117 Pilar_117	OK IPE 140	S 275	47.91	90.71	0.76	34 Ab Vento X+0,2

Figura 17 - Secções de perfis obtidas.

3.4.3.2 Ligações

A Figura 18 apresenta um exemplo de uma das ligações do edifício realizadas com recurso ao ROBOT. Neste caso, trata-se de uma ligação do tipo viga-pilar que se encontra presente nos pórticos do edifício. Esta ligação trata-se de uma ligação aparafusada, na qual foi necessário reforçar a alma do pilar com chapas de reforço. A ligação é composta ainda por catorze parafusos de dimensão M27 de classe 8.8. distribuídos ao longo da chapa de topo da viga.

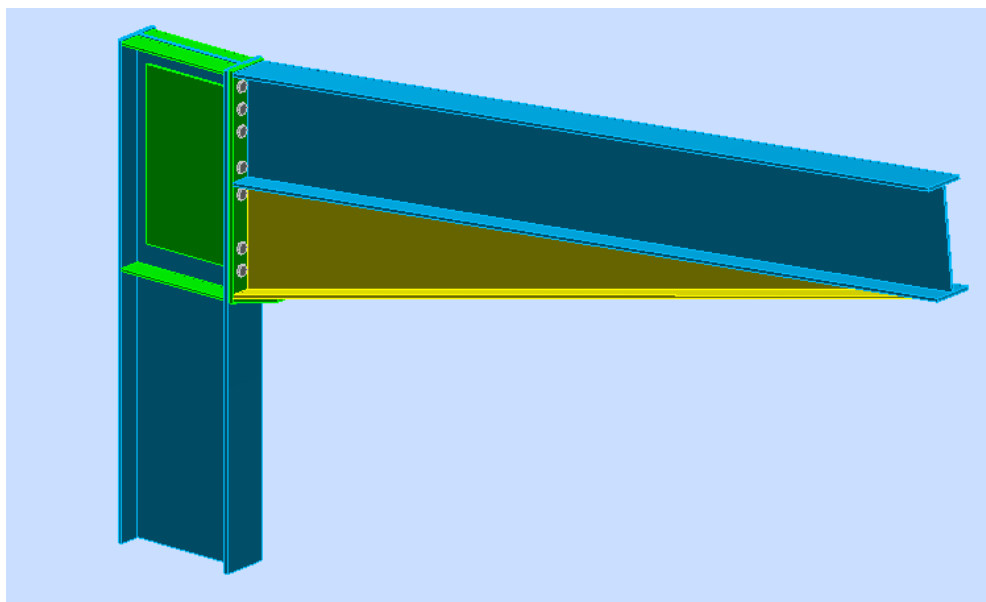


Figura 18 - Ligação do tipo viga - pilar.

4. TEKLA STRUCTURES: CASO DE ESTUDO

Terminada a análise estrutural do caso de estudo do edifício, na qual foram obtidas todas as secções de perfis a adotar, bem como as ligações consideradas entre estes, torna-se possível a continuação do desenvolvimento do estudo do edifício com a criação de um modelo TEKLA.

4.1 TEKLA – BREVE HISTÓRIA

Em meados da década de 1960, computadores e processamentos automáticos de dados estavam bem estabelecidos na Finlândia. Devido à quantidade cada vez maior de computação de trabalho e falta de recursos, em fevereiro de 1966, um grupo de escritórios de engenharia criou uma empresa de software chamada *Teknillinen laskenta Oy* ("computação técnica"). Com o seu primeiro escritório a situa-se em Helsinque, na Finlândia, o seu nome comercial da companhia foi abreviado ainda no mesmo ano para TEKLA. O software produzido pela TEKLA dominado por Tekla Structures teve sua primeira versão comercial de engenharia de aço estrutural Xsteel finalizada em 1993.

Hoje em dia a empresa produz software de modelação para áreas de indústrias de construção, energia e infraestruturas. Com sede em Espoo, Finlândia, a Tekla marca presença com escritórios próprios em mais de vinte países e uma rede mundial de parceiros e clientes em mais de 100 países empregando aproximadamente 600 funcionários. A partir do ano de 2011 a Tekla tornou-se parte da Trimble Navigation Ltd.

4.1.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

O TEKLA é um software que contém integrado na sua estrutura o conceito BIM, pois permite a criação e gestão de modelos de precisão detalhada, de modo a que possam ser utilizados para cobrir todo o processo de projeto estrutural desde a conceção até a fabricação, montagem e gestão da construção. Este software pode ainda ser utilizado para fazer a interface com outras aplicações existentes, ou apenas como uma plataforma para o desenvolvimento de uma solução interna de modo a permitir ser alterado e personificado para atender aos interesses de cada cliente.

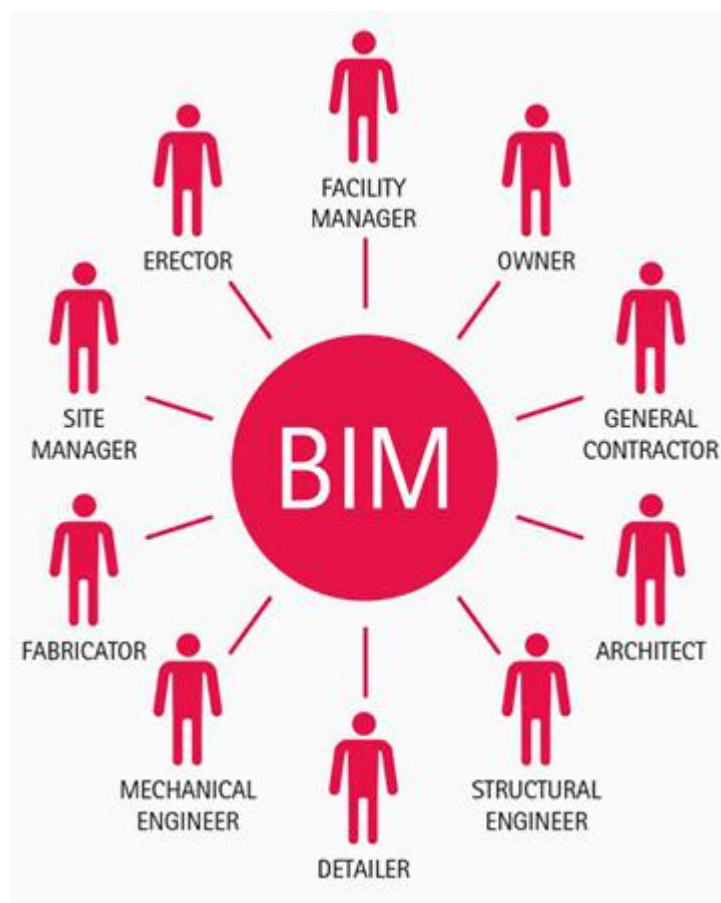


Figura 19 - Conceito BIM.

4.2 MODELO TEKLA

O TEKLA é o software de detalhamento de estruturas metálicas implementado na empresa O FELIZ sendo este a base para toda a fabricação de qualquer tipo de estrutura, independentemente da sua complexidade estrutural ou categoria de execução (EXC1, EXC2 ou EXC3).

No caso do edifício em estudo em que o objetivo passa por apresentar o encadeamento do processo de fabrico de toda a estrutura, a criação do modelo em TEKLA poderá ser dividido em duas diferentes etapas:

- Preparação
- Desenhos de fabrico

A primeira etapa referente á preparação consiste no detalhamento da estrutura propriamente dita, e a segunda etapa referente á criação de desenhos de fabrico consiste na criação e edição de desenhos 2D de todas as peças criadas anteriormente.

4.2.1 PREPARAÇÃO

O detalhamento de uma estrutura denominado de preparação visa a elaboração de um modelo 3D composto por todos os elementos necessárias para a realização da fabricação e da montagem de uma determinada obra.

É durante a preparação que são criadas todas as peças elementares da estrutura, nomeadamente os perfis metálicos, com a definição dos seus planos de corte, a representação de todas as furações e entalhes, bem como a identificação das peças a serem soldadas. No caso de existir algum tipo de ligação, é durante a preparação que são criados todos outros

elementos auxiliares como as chapas de ligação ou de reforço, e a definição e localização dos parafusos a serem usados na ligação.

4.2.1.1 Documentos de apoio á preparação

No caso do edifício em estudo a preparação da estrutura será realizada com base no modelo de cálculo realizado anteriormente, pois este permite a sua exportação para o TEKLA, criando assim automaticamente cada perfil na sua localização e posição correta.

Num caso real de uma estrutura em que o cliente, nomeadamente o dono de obra, ou empreiteiro\subempreiteiro ou outra entidade responsável pela estrutura, deverá fornecer toda a informação necessária para a fabricação da estrutura, exceção para quando a estrutura requer uma análise estrutural, e esta a ser realizada na empresa O FELIZ. Caso contrário os desenhos fornecidos pelo cliente para a fabricação de uma estrutura costumam corresponder a:

- Documentos em papel;
- Modelos de cálculo;
- Ficheiros do tipo pdf, dwg e dxf;
- Outro tipo de softwares (exemplo: solidworks).

Numa estrutura cujos desenhos fornecidos sejam nestes tipos de formatos, na grande parte dos casos, o TEKLA permite a sua importação direta, facilitando desde lodo a modelação da estrutura e permitindo que se proceda a uma correta modelação, levando assim à diminuindo da probabilidade de ocorrência de erros.

4.2.1.2 Materiais

Durante a realização de uma qualquer preparação de uma estrutura, é necessário para além da posição correta de todas as peças constituintes, a atribuição de varias características físicas e mecânicas de cada peça elementar, ou seja, é necessário definir algumas características próprias de cada material como, qual o tipo de material, qual a sua classe de resistência, qual o tratamento de superfície irá conter, entre outras atributos específicos que variam de elemento para elemento dentro da mesma estrutura.

O TEKLA possibilita que toda a modelação seja preparada em qualquer tipo material, independentemente da secção ou forma, podendo estes possuírem as características necessárias para corresponderem a materiais normalizados. Na empresa O FELIZ o material mais usado para a modelação é o aço, no entanto existem muitos outros materiais modeláveis como betão, inox, alumínio, armadura, vidro, neopren, plástico, pedra, bem como vários tipos de revestimentos de fachadas ou coberturas.

Por outro lado, no caso de não exista um determinado tipo de secção, o TEKLA permite a sua criação através de perfis paramétricos, que correspondem a perfis editáveis pelo próprio preparador, garantindo sempre que cada novo perfil criado mantenha o seu aspeto de sólido em toda a sua extensão.

4.2.1.3 Identificação de peças

Na modelação de uma estrutura metálica no TEKLA, cada elemento unitário criado independentemente da sua forma, dimensão ou material é denominado de peça.

Para que seja possível identificar cada peça presente numa estrutura, esta terá que conter um código ou referência que a identifique de todas as outras fabricadas na empresa. O

TEKLA permite que cada empresa defina a sua própria referência que mais se adequa ao seu processo de fabrico. A Figura 20 apresenta um exemplo de uma referência utilizada na empresa O FELIZ, e a qual é composta por:

1. Número de obra (nomenclatura segunda a empresa O FELIZ);
2. Número da fase (ver secção 4.2.2.1);
3. Prefixo de peça (ver Quadro 10);
4. Número sequencial.

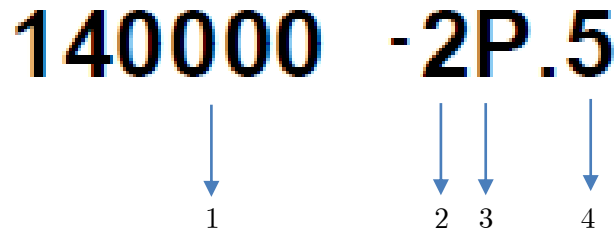


Figura 20 - Exemplo de referência de peça retirada do anexo I.

Quadro 10 - Prefixos usados para as peças.

Peça	Prefixo
Chapa	C
Perfil	P
Armazém	A

Como a referência de peça só é criada durante a geração dos desenhos, neste momento e no papel de preparador, só é apenas necessário para a criação correta da referência de peça, a introdução do número correspondente à obra no modelo TEKLA e a atribuição de um prefixo a cada peça.

4.2.1.4 Identificação de conjuntos

Numa estrutura comum os conjuntos são normalmente compostos por um grupo de peças soldadas entre si, embora no limite estes poderão corresponder a uma única peça, no caso de se tratar de uma peça solta (aparafusada).

Do mesmo modo que as peças, os conjuntos contêm a sua própria referência que em regra é gravada apenas na peça principal do conjunto. Por outro lado a identificação dos conjuntos, facilita o controlo dos materiais expedidos além de que estas são fundamentais para todo o processo de montagem da própria estrutura, (ver desenho de montagem do anexo VII, no qual são empregues as numerações de conjunto para a montagem do edifício).

Do mesmo modo que as peças, os conjuntos contêm a sua própria referência (ver Figura 21), e é composta por:

1. Número de obra (segunda a empresa O FELIZ);
2. Número da fase (ver secção 4.2.2.1);
3. Prefixo de conjunto (ver Quadro 11);
4. Número sequencial.

140000 - 2PP.63

1 2 3 4

Figura 21 – Exemplo de referência de conjunto retirada do anexo II

Quadro 11 -Prefixos de conjuntos adotados pela empresa O FELIZ.

Conjuntos	Prefixos
Viga	VP
Pilar	PP
Viga Treliçada	TR
Madre	MP
Tirante	TI
Caleira	CA
Contraventamentos	CT
Conjuntos vários	CJ

Do mesmo modo que as referências de peças, estas só são criadas durante a geração de desenhos, pelo que neste momento (de preparação) é apenas necessário a atribuição de um prefixo a cada conjunto.

4.2.1.5 Apresentação do modelo TEKLA

A Figura 22 diz respeito a uma imagem retirada do modelo TEKLA, a qual ilustra toda a estrutura metálica desenvolvida para o edifício em estudo. Este modelo encontra-se disponível no anexo em CD, no qual estão presentes todos os elementos criados, bem como todas as ligações e pormenores construtivos realizados para o fecho do edifício.

Ao longo da criação do modelo foi necessário tomar algumas decisões de modo a que fosse possível terminar a preparação. Para tal, de um modo geral prevaleceu sempre a filosofia de optar por soluções simples e exequíveis, garantindo sempre a funcionalidade do edifício.

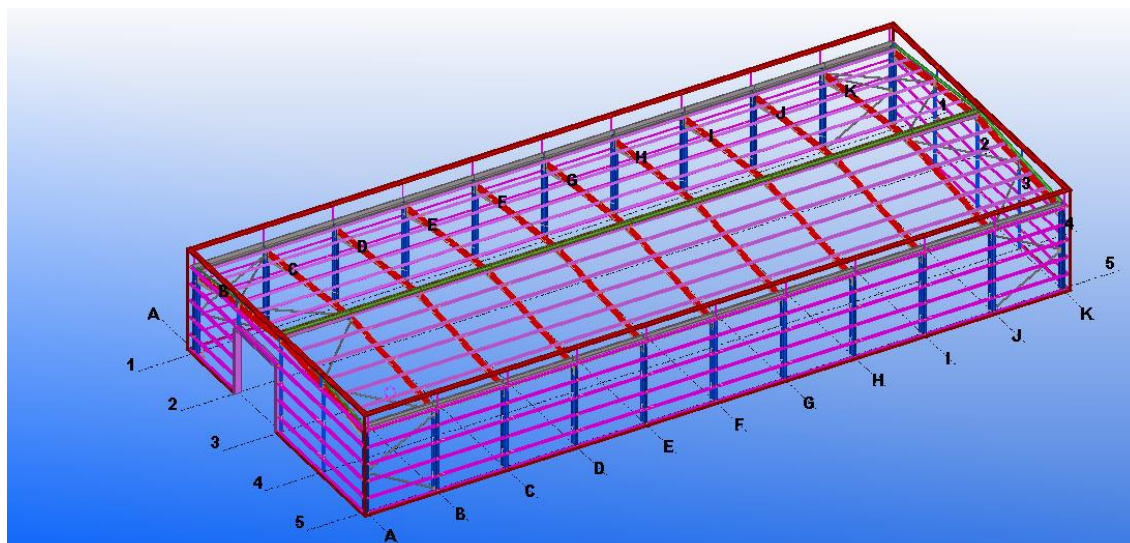


Figura 22 - Modelo Tekla: caso de estudo.

Para uma melhor perceção da estrutura criada, esta apresenta-se dividida em duas partes:

- Estrutura principal
- Estrutura secundária

A estrutura principal, presente na Figura 23, representa todos os perfis dimensionados aquando a realização da análise estrutural.

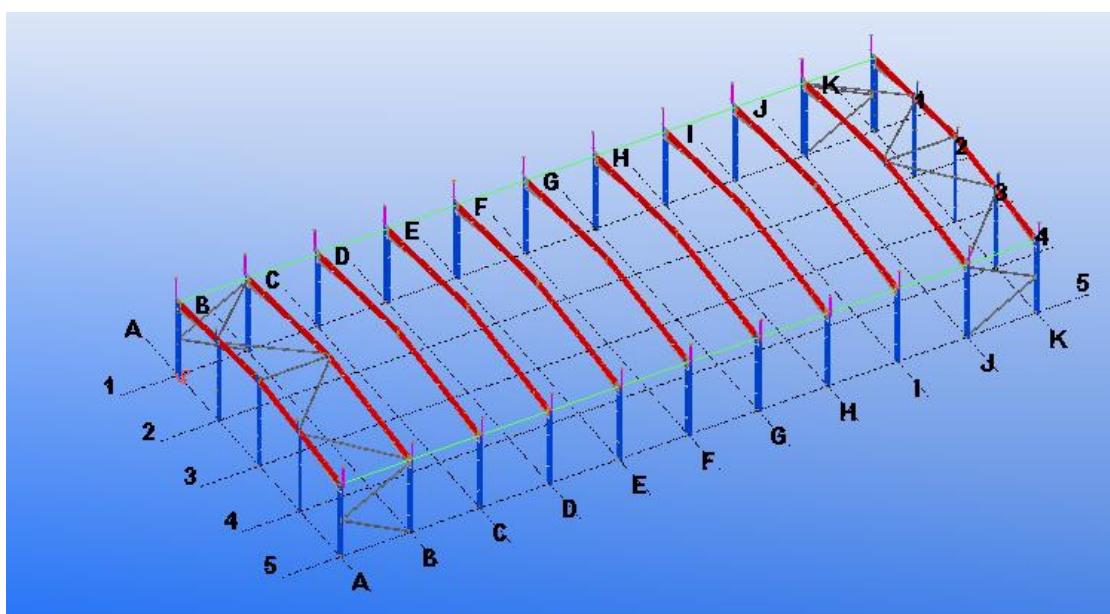


Figura 23 - Estrutura principal.

Por outro lado a estrutura secundária representada na Figura 24, diz respeito aos elementos secundários considerados na secção 3.1.4, nomeadamente as madres de cobertura e de fachada, incluindo ainda os seus elementos auxiliares para fixação. Porém, foram ainda criados outros elementos como caleiros e alguns remates, fundamentais para o fecho da preparação.

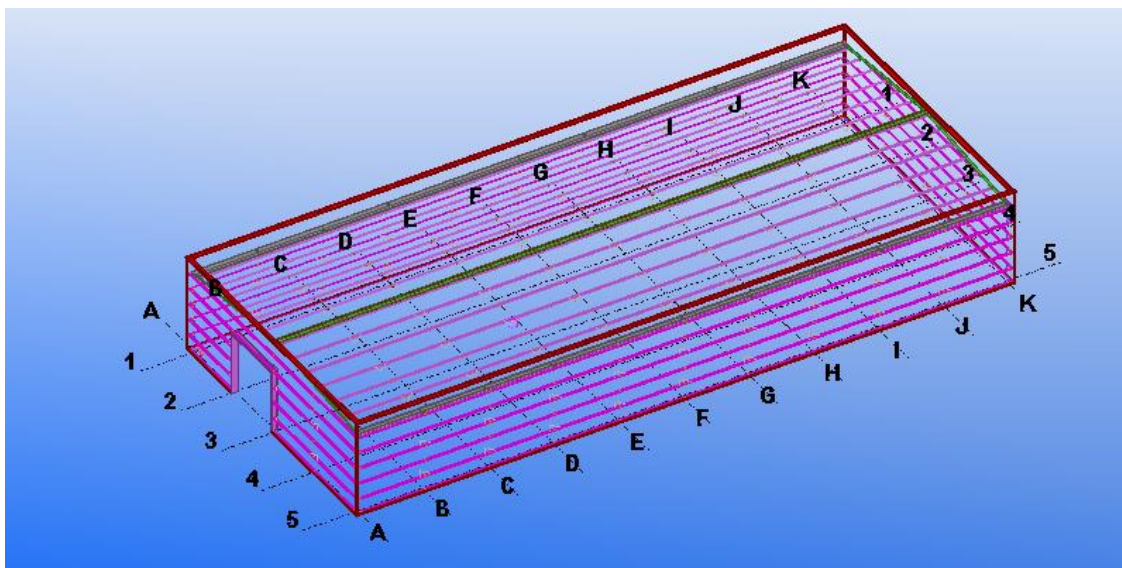


Figura 24 - Estrutura secundária.

Por fim, a Figura 25 apresenta uma possível solução final com base no revestimento arbitrado para a análise estrutural (ver secção 3.2.2.2).

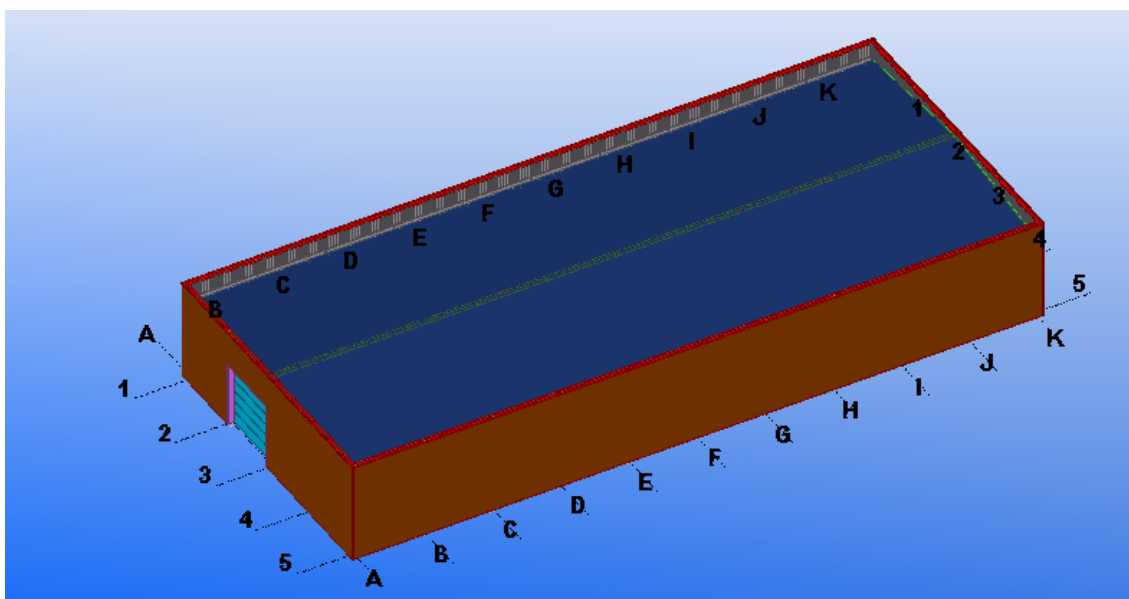


Figura 25 - Modelo final.

4.2.1.6 Loteamento

Após a conclusão da preparação e antes de se iniciar o processo de criação de desenhos de fabrico de qualquer tipo de estrutura, é necessário a aprovação da mesma. Na empresa O FELIZ esta tarefa numa obra comum é normalmente da responsabilidade do Diretor de Obra, que em sintonia com o Dono de Obra verifica se a preparação realizada vai de encontro com ambas as partes.

Uma outra função do Diretor de Obra é definir o planeamento para a montagem da estrutura em obra através da criação de lotes. A criação de lotes ou loteamento consiste principalmente na criação de cargas, sendo estas limitadas pelo valor máximo da carga ou por algum fator relacionado com a montagem da obra. A criação de lotes é assim fundamental para uma boa eficiência de todo o fabrico, pois a definição de lotes influencia diretamente as prioridades de fabricação, uma vez que são estes que definem as datas de expedição.

No caso do edifício em estudo, será considerando que a sua preparação se encontra correta e em conformidade com o projeto.

Relativamente ao loteamento, este foi arbitrado com base num possível planeamento de montagem do edifício. Os lotes criados em regra não deverão ultrapassar as 20 toneladas (valor aconselhável que um camião deverá transportar), e encontram-se ilustrados nas figuras seguintes.

O primeiro lote é destinado à realização das sapatas e é constituído pelos chumbadouros e chapas de gabaris, incluindo ainda todos os acessórios necessários para a sua fixação. Os restantes lotes são compostos pela estrutura metálica principal e secundária simultaneamente, e totalizam um total de próximo de 90 toneladas, as quais se encontram divididas por cinco lotes.

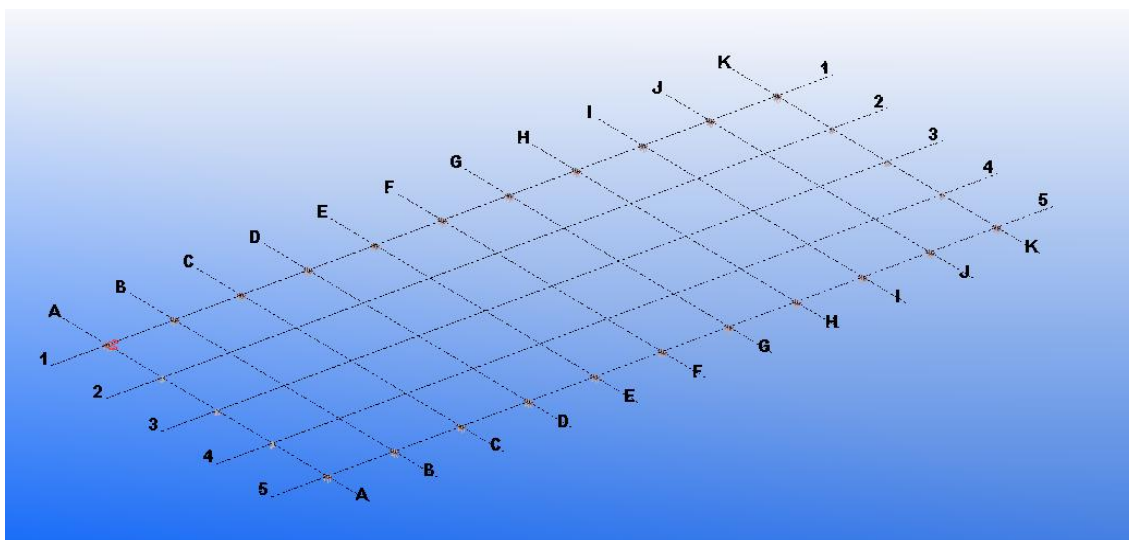


Figura 26 - Lote 1.

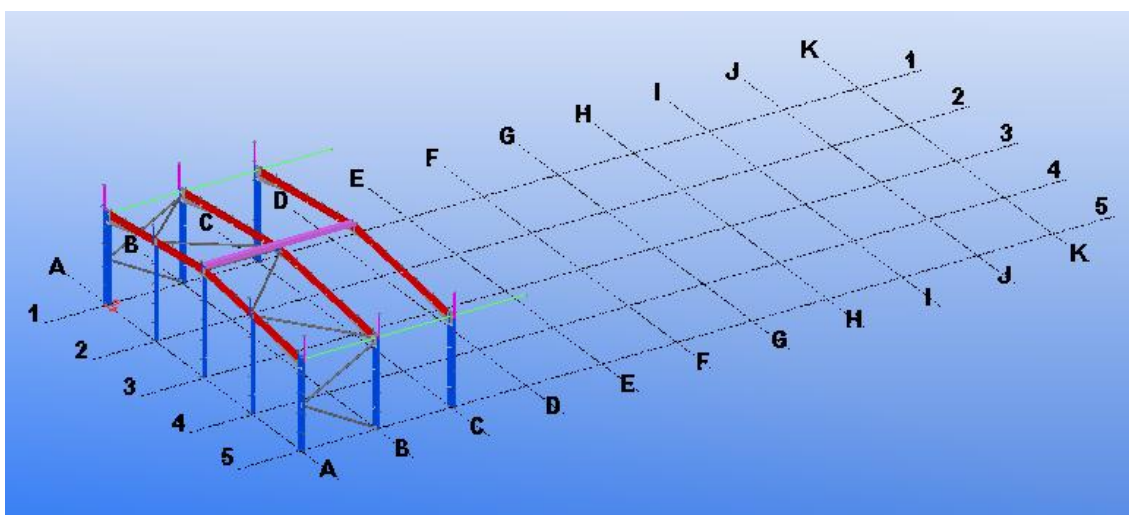


Figura 27 - Lote 2.

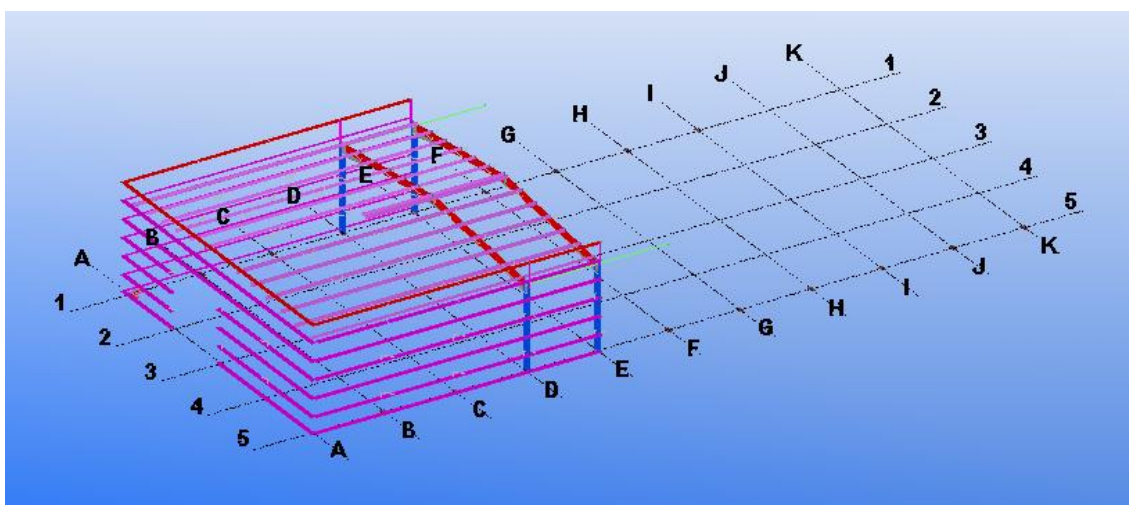


Figura 28 - Lote 3.

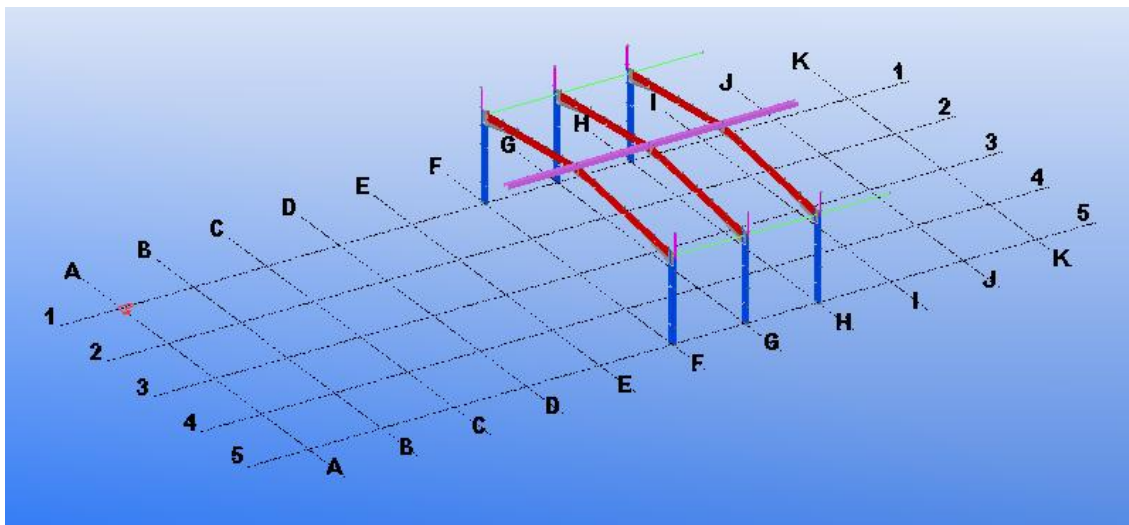


Figura 29 - Lote 4.

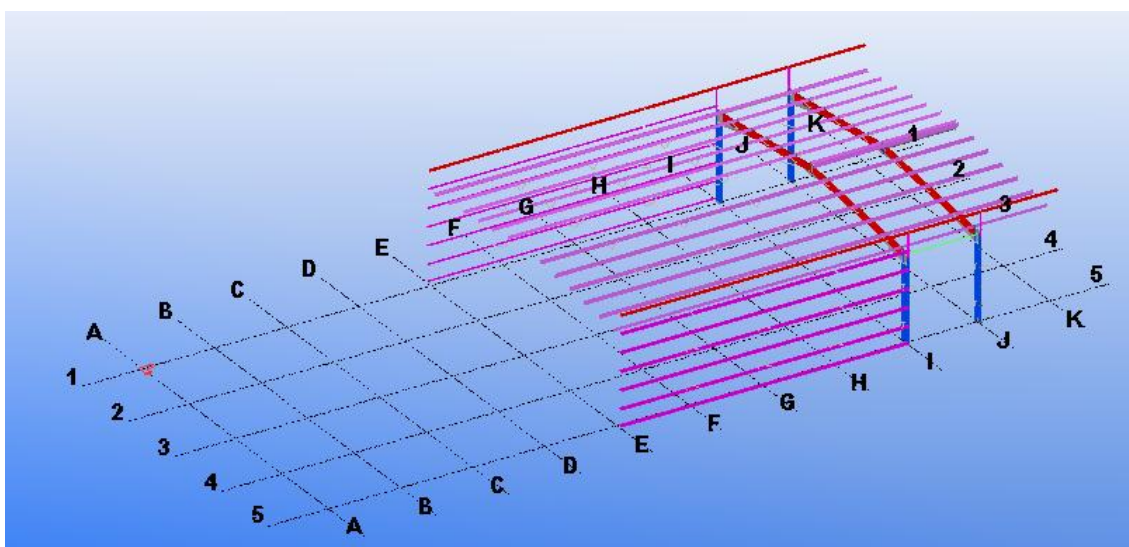


Figura 30 - Lote 5.

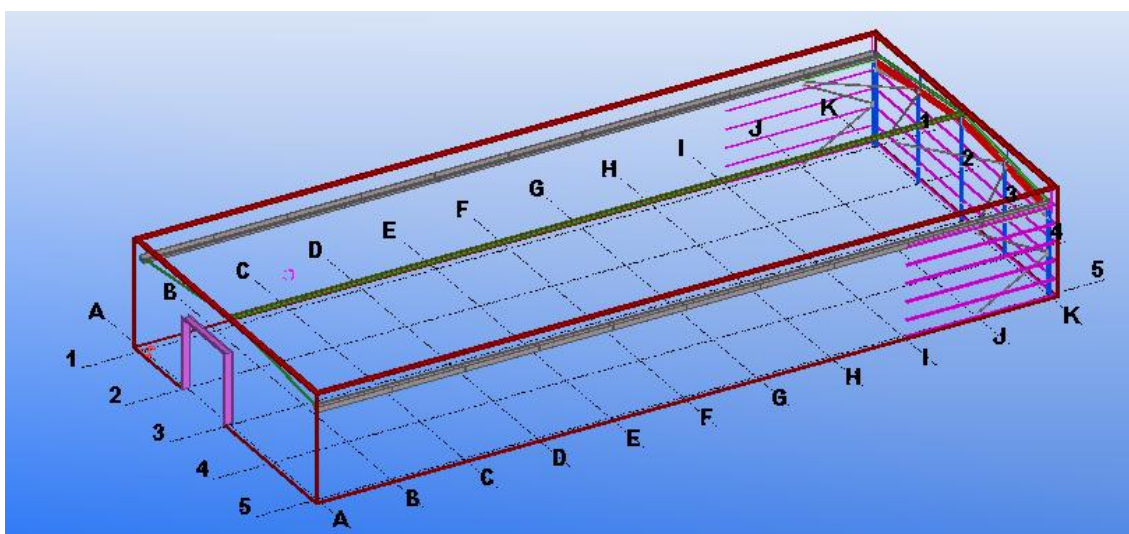


Figura 31 - Lote 6.

De referir que o painel de fachada e o equipamento do portão (visíveis na figura 25) poderiam igualmente corresponder a um lote. Tal não foi considerado por se trata de material em regra não é fabricado na empresa, o que levou a não ser contabilizado no modelo TEKLA como estrutura para fabrico.

4.2.2 DESENHOS DE FABRICO

4.2.2.1 Faseamento

Após o loteamento de toda a estrutura e conseqüentemente a atribuição de datas para expedição é agora momento para a definição de prioridades de fabrico de modo a otimizar o fabrico da estrutura.

A criação de prioridades de fabrico são definidas com recurso à criação de fases, caso a dimensão da estrutura o justifique. Cada fase é composta por uma grupo de conjuntos que na situação ideal corresponde a um grupo de pilares, ou de vigas, ou de contraventamentos, ou de madres ou de outro tipo de conjuntos, cujo seu principal objetivo da fase é agrupar conjuntos idênticos de modo facilitar e a otimizar a fabricação.

No caso do edifício em estudo, para a empresa O FELIZ trata-se de um edifício de dimensão média, pelo que o seu faseamento poderá ser dividido em seis diferentes fases:

- Fase 1 – Chumbadouros;
- Fase 2 – Pilares;
- Fase 3 – Vigas;
- Fase 4 – Contraventamentos;
- Fase 5 – Madres;
- Fase 6 – Revestimentos (caleiros e remates).

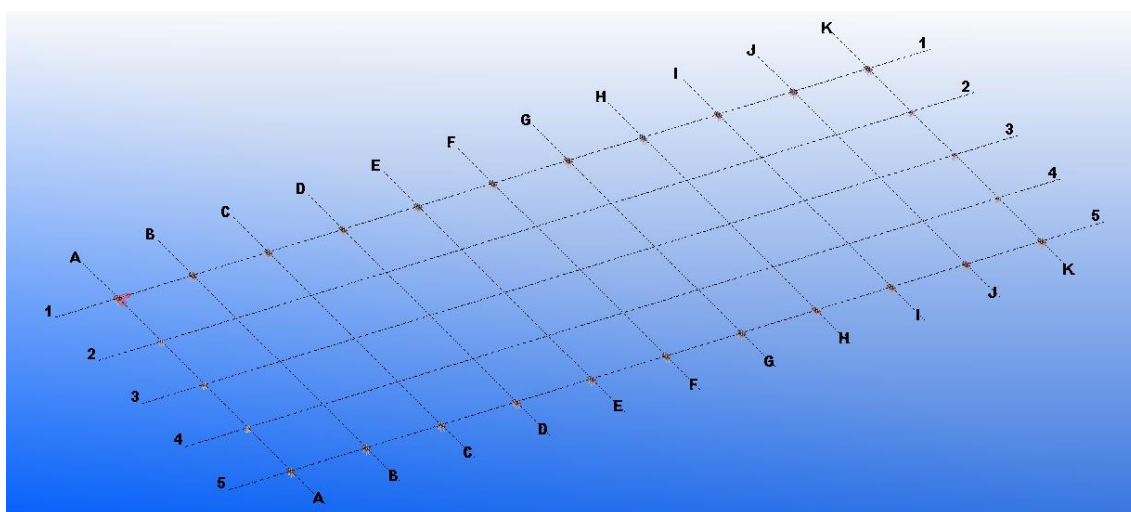


Figura 32 - Fase 1

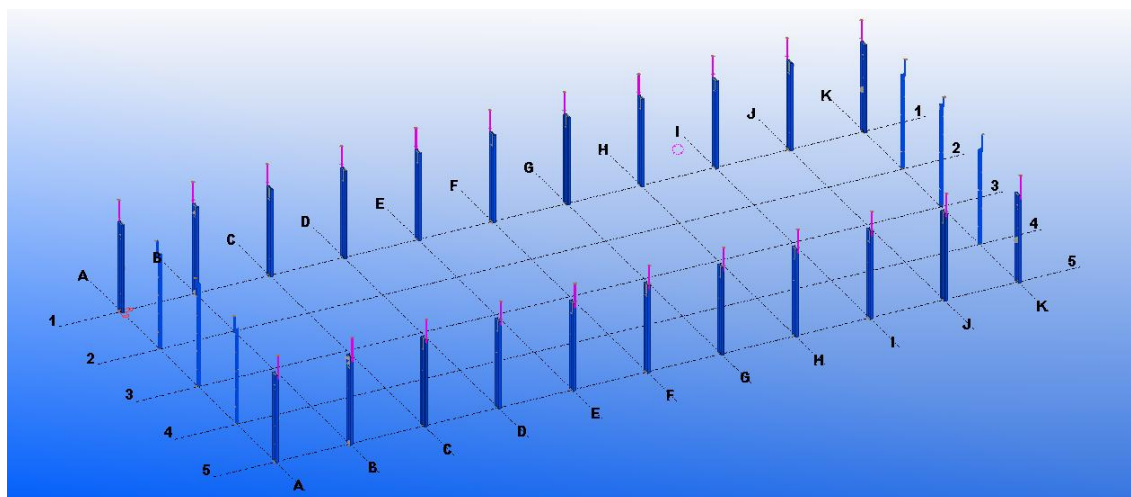


Figura 33 - Fase 2.

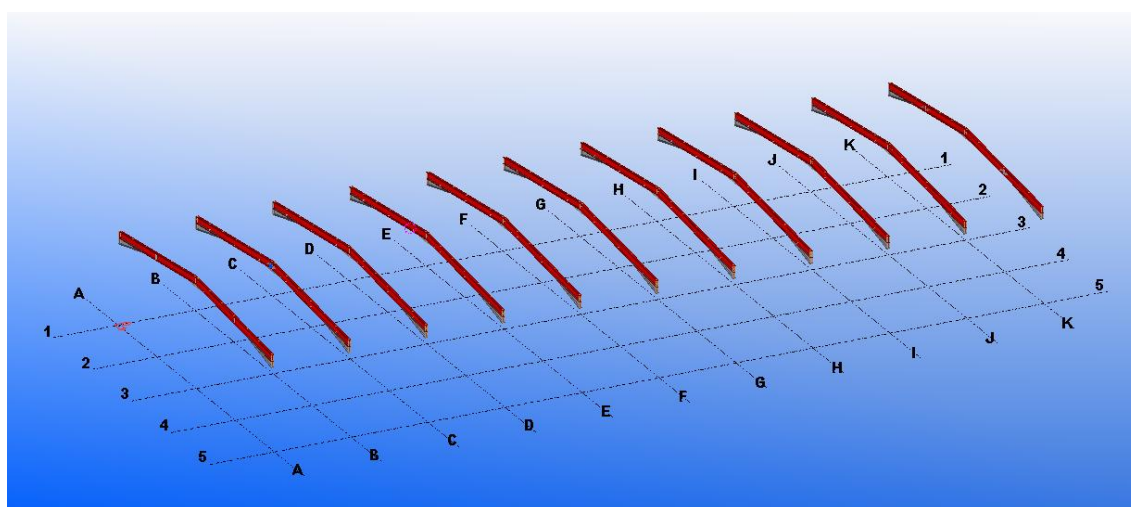


Figura 34 - Fase 3.

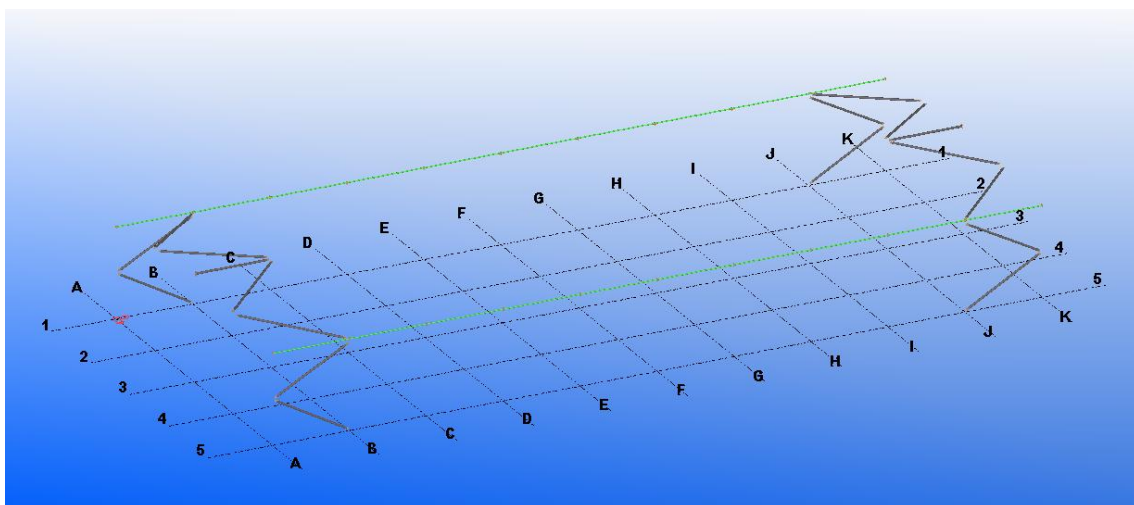


Figura 35 - Fase 4.

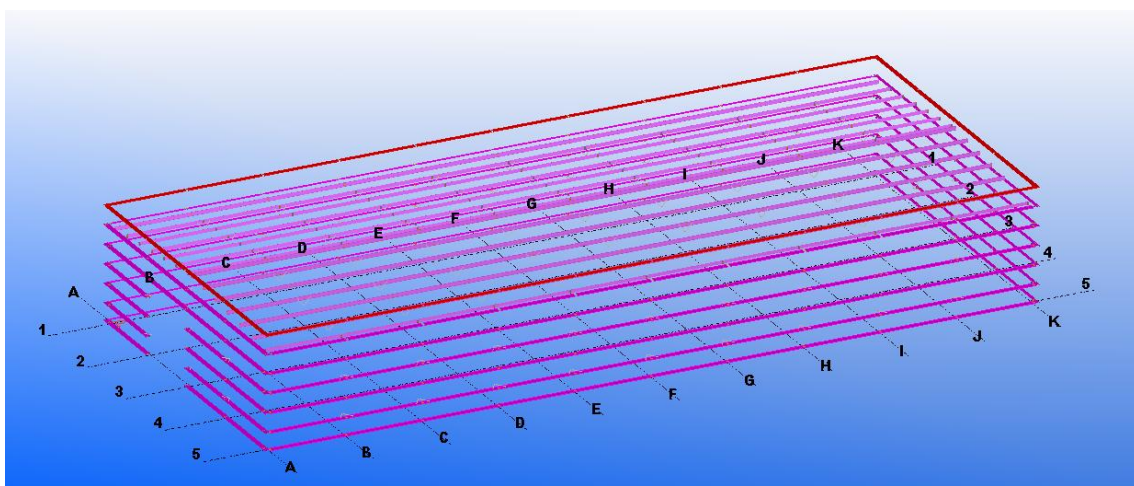


Figura 36 - Fase 5.

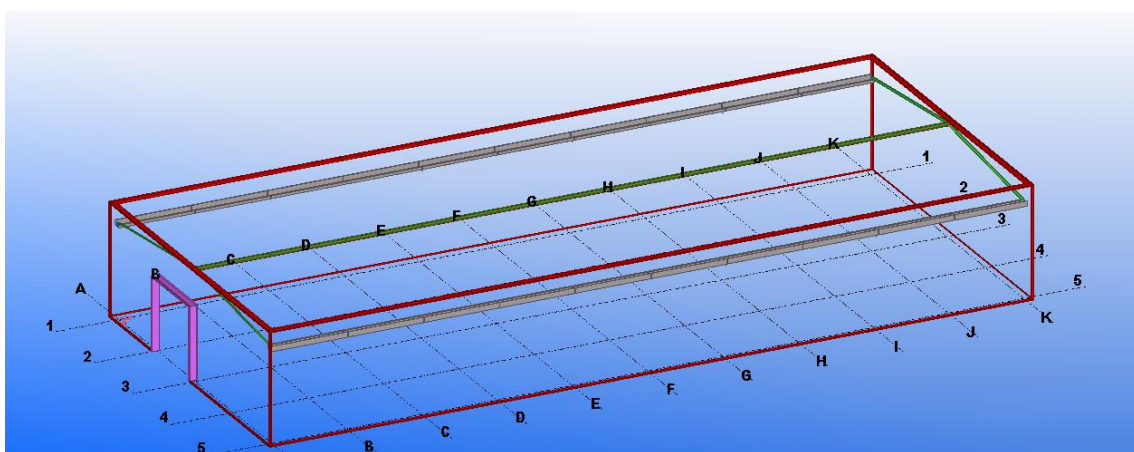


Figura 37 - Fase 6.

4.2.2.2 Desenhos de peças

O processo de criação de desenhos de fabrico em 2D é normalmente iniciada com a geração dos desenhos de peças. Estes desenhos são gerados automaticamente e são composto por uma única peça cotada que contém a sua própria numeração (ver Figura 20) que a irá identifica de todas as outras peças fabricadas na empresa.

Para que seja possível realizar uma apresentação e descrição dos desenhos de peças de modo a incluindo algumas das funcionalidades que a empresa O Feliz usufrui do TEKLA, será considerando a título de exemplo um elemento aleatório do edifício em estudo. Assim, será considerado como exemplo o pilar correspondente ao alinhamento A1 (ver Figura 39).

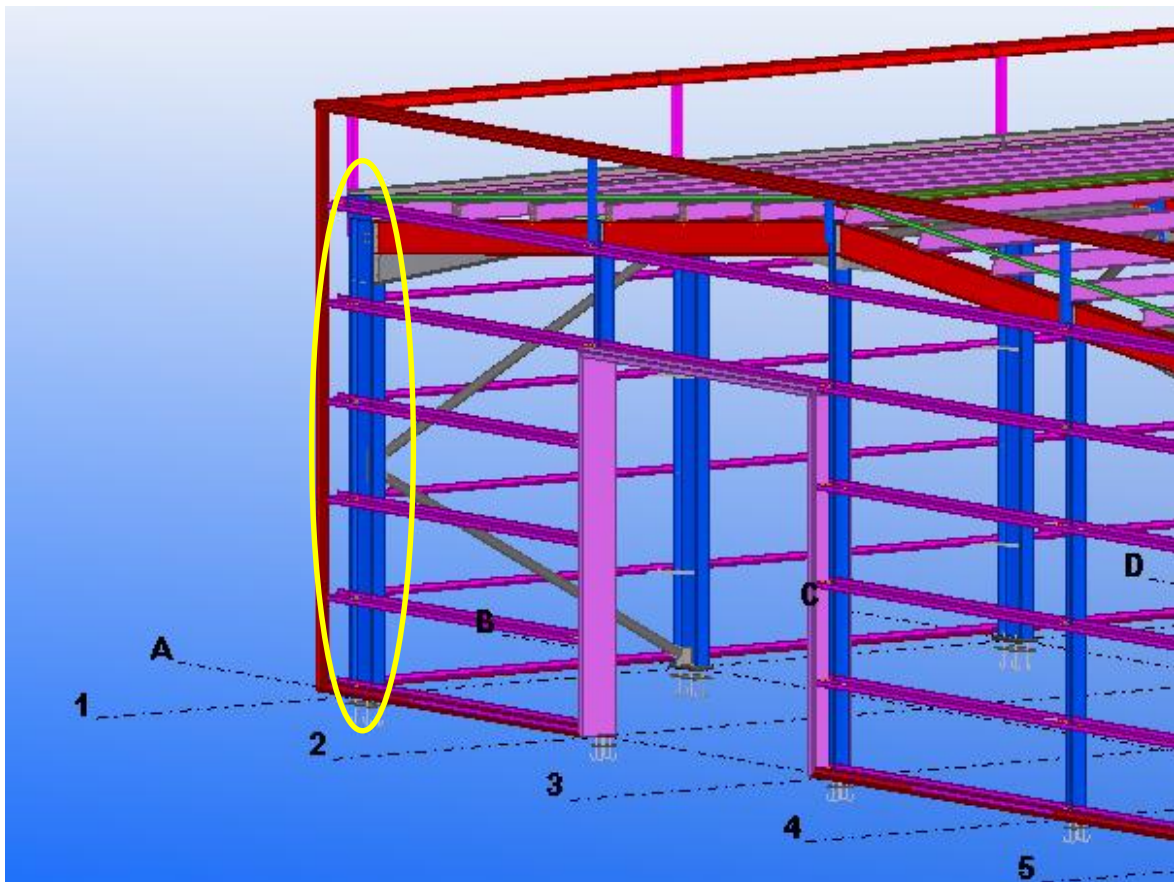


Figura 38 - Pilar correspondente ao alinhamento A1.

4.2.2.2.1 Desenho

A Figura 39 apresenta parte da folha do desenho de peça referente ao pilar do alinhamento A1. A cotagem deste tipo de desenho é essencialmente direcionada para o corte e furação do perfil, podendo no entanto incluir algumas indicações relacionadas com a presença de entalhes ou outros pormenores construtivos.

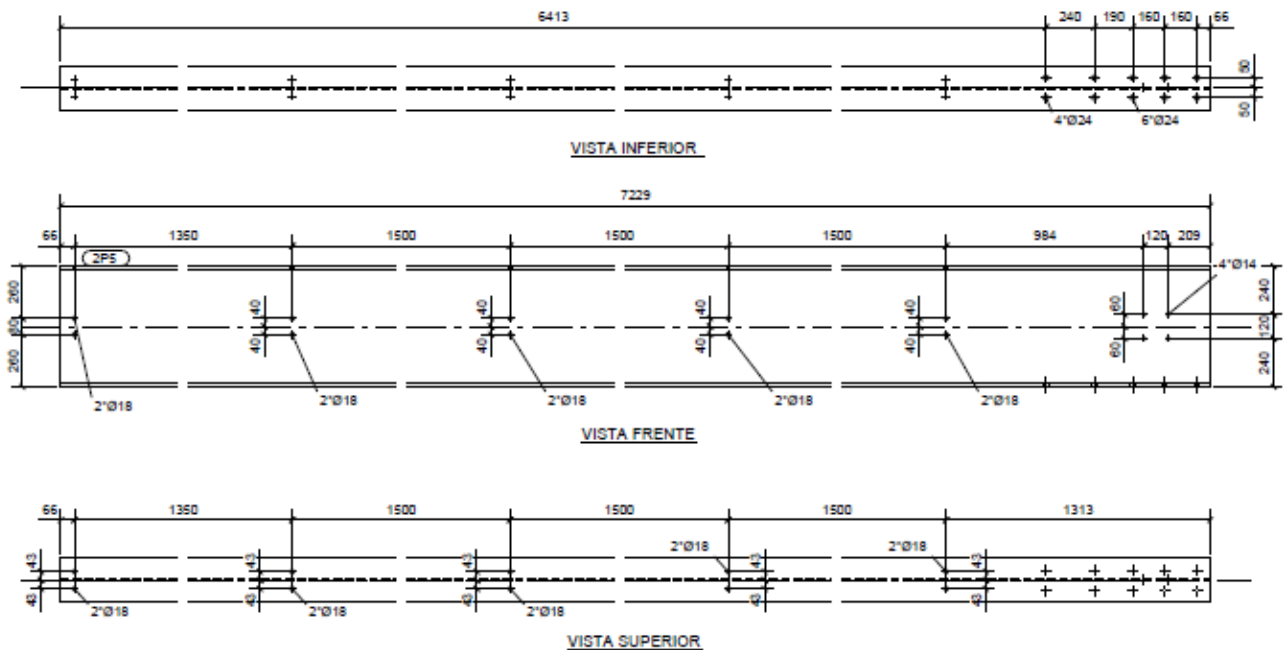


Figura 39 - Excerto do desenho de peça do anexo I.

4.2.2.2.2 Cabeçalho

A Figura 40 ilustra o cabeçalho referente ao desenho de peça do pilar do alinhamento A1, no qual é possível encontrar algumas informações a cerca da peça como:

1. Numeração
2. Perfil
3. Material

4. Quantidade
5. Comprimento (mm)
6. Peso (KG)
7. Área (m²)
8. Conjuntos a que se destina



Peça	Perfil	Qty.	Material	Comp.	Peso Kg	Área m ²	
2P5	IPE600	4	S275JR.2,2	7229	887.8	14.59	
QTD.	CONJUNTO	Nota: Em caso de incompatibilidade de comprimento, prevalece as cotas em desenho.					
1	2PP4						
1	2PP5						
1	2PP6						
1	2PP18						

Figura 40 - Cabeçalho retirado do desenho de peça do anexo I.

4.2.2.2.3 Legenda

A legenda de um desenho de peça é fundamental pois, esta contém a informação necessária para a identificação da peça. Algumas das características mais relevantes da legenda de um desenho de peça são:

1. Classe de execução
2. Material
3. Número de desenho
4. Preparador
5. Cliente
6. Obra

	DATA	RUBRICA	Virtual Pavilhão Modelo	
DES.	09.10.2014	Tiago Moreira		
PROJ.				
VERIF.				
CLASSE DE EXECUÇÃO EXC2		ESCALAS 1:20	Peça PERFIL	Desenho: 140000 -2P.5
CLASSE S275JR.2,2				substitui:
			subst.por:	A3 420x297
			Rev.0 Data:	

1 (points to CLASSE DE EXECUÇÃO EXC2)
 2 (points to CLASSE S275JR.2,2)
 3 (points to substitui: field)
 4 (points to RUBRICA)
 5 (points to Virtual)
 6 (points to Pavilhão Modelo)

Figura 41 - Legenda do desenho de peça retirada do anexo I.

4.2.2.3 Desenhos de conjuntos

Outro tipo de desenhos criados com recurso ao TEKLA são os desenhos de conjuntos, os quais estão diretamente relacionados com os desenhos de peças, uma vez que estes em condições normais são antecessores dos desenhos de conjuntos.

Como mencionado na secção 4.2.1.4, um conjunto é constituído por um grupo de peças soldadas entre si, pelo que um desenho de conjunto visa transmitir todas as informações necessárias para que seja possível realizar a montagem de todas as peças de modo a permitir a formação do conjunto.

Com recurso ao exemplo do pilar do alinhamento A1, em seguida são apresentadas as várias partes de um desenho de conjunto.

4.2.2.3.1 Desenho

A parte do desenho de conjunto referente ao desenho do pilar apenas se encontra disponível no anexo II devido as suas dimensões.

Este desenho de conjunto é composto pela peça principal, o pilar, e por todas as outras peças que estão diretamente soldadas a este. Ao contrário dos desenhos de peças este desenho não é focado para a identificação de furações e planos de corte de cada peça, mas sim para as dimensões globais do conjunto, ou seja, identificação da posição e localização de todas as peças secundárias perante a peça principal.

4.2.2.3.2 Legenda de peças por conjunto

A legenda de peças por conjunto indica quais as peças que fazem parte desse mesmo conjunto. A Figura 42 apresenta a legenda de peças por conjunto do pilar em questão, na qual estão presentes as numerações de cada peça, incluindo a sua quantidade e o seu tipo de perfil. Intenda-se por perfil “CHA” a abreviatura do perfil chapa.

PEÇAS POR CONJUNTO			
Peso	Ref.Conj	Qtd.	
991.15	2PP6	1	
Peça	Perfil	Qtd	Comp.
2C11	CHA10X336.9	1	505
2C13	CHA8X250	1	255
2C15	CHA8X136	1	226
2C20	CHA20X350	1	620
2C21	CHA12X220	1	580
2C22	CHA12X100	2	558
2P5	IPE600	1	7229
2P7	IPE160	1	2023

Figura 42 – Legenda de peças por conjunto retirada do desenho de conjunto do anexo II.

4.2.2.3.3 Legenda

A legenda de um desenho de conjunto é muito semelhante á legenda utilizada para os desenhos de peças. Esta contém alguns dados relevantes como:

1. Classe de execução
2. Material
3. Número de desenho
4. Preparador
5. Cliente
6. Obra



	DATA	RUBRICA		
DES.	09.10.2014	Tiago Moreira	Virtual	
PROJ.			Pavilhão Modelo	
VERIF.				
CLASSE DE EXECUÇÃO EXC2		ESCALAS 1:20	CONJUNTO PILAR PÓRTICO	Desenho: 140000 -2PP.6
CLASSE S275JR.2,2				substitui:
			subst.por:	
			Rev.0 Data:	

Figura 43 - Legenda do desenho de conjunto retirada do anexo II.

4.2.2.4 Listas

Paralelamente á criação dos desenhos de fabrico são criadas diversas listas com o objetivo de transmitir por obra ou por fase de obra, a informação complementar necessária para o fabrico de cada elemento da estrutura.

Do mesmo modo que as referências de peças e de conjuntos, as listas permitem que cada empresa crie as suas próprias listas. A empresa O FELIZ contém algumas listas fundamentais para o seu processo de fabrico, das quais as mais utilizadas são:

- Lista de quantificação de perfis;
- Lista de peças;
- Lista de conjuntos;
- Lista de ordem de pintura.

Contudo existem muitas outras listas pré definidas pelo TEKLA que a qualquer momento poderão ser usadas.

4.2.2.4.1 Lista de quantificação de perfis

A lista de quantificação de perfis define quais as quantidades de materiais (perfis) necessários para a realização de uma determinada estrutura. Esta lista é a primeira a ser gerada visto que é partir dela que o departamento de logística realiza o aprovisionamento de todos os perfis.

A Figura 43 diz respeito uma parte da lista de quantificação de perfis retirada do anexo III, na qual se encontra selecionado o perfil referente ao pilar do alinhamento A1, considerado como exemplo.

O FELIZ QUANTIFICAÇÃO DE PERFIS
 Nº Obra: 140000
 Data: 09.10.2014
 Início de produção:
 DESIGNAÇÃO: Pavilhão Modelo
 CLIENTE: Virtual

Perfil	Classe	Certificado	Qt.	Comp.	Peso(kg)	Requisitos especiais
C300X80X2.5	S280GDZ	2,2	1.0		6470	62
IPE600	S275JR	2,2	22.0		7229	19476
CFC168.3X3	S275JR	2,2	2.0		7639	223

Figura 44 - Excerto da lista de quantificação de perfis do anexo III.

4.2.2.4.2 Lista de peças

A lista de peças é considerada um elemento fundamental para o processo de fabricação de uma estrutura. Pois, esta lista contém toda a informação complementar necessária para que, juntamente com o desenho de peça cada peça seja fabricada corretamente.

A geração de uma lista deste tipo permite de uma forma simples e rápida obter informação necessária de todas as peças constituintes de uma determinada estrutura ou parte desta (caso das fases).

A Figura 45 retirada do anexo IV apresenta selecionada a peça correspondente ao polar do alinhamento A1.

O FELIZ FICHA DE PEÇAS
 DESIGNAÇÃO: Pavilhão Modelo
 CLIENTE: Virtual
 Nº Obra: 140000
 Data: 9.10.2014

Fase	Peça	Qt.	Perfil	Classe	Certificado	Comp.	Peso(kg)	Data	Dep.	R. I.
	2 2P4	4.0	IPE600	S275JR	2,2		7229 3541.2	Fase 2	C. DE CORTE	
	2 2P5	4.0	IPE600	S275JR	2,2		7229 3541.2	Fase 2	C. DE CORTE	
	2 2P6	18.0	IPE160	S275JR	2,2		2023 574.2	Fase 2	SERROTE	

Figura 45 - Excerto da lista de peças do anexo IV.

4.2.2.4.3 Lista de conjuntos

A lista de conjuntos é muito semelhante á lista de peças, pelo que o seu objetivo principal passa por acompanhar os desenhos de conjuntos durante o fabrico de cada conjunto.

Por outro lado, esta lista possibilita entre várias funcionalidades, um melhor controlo dos conjuntos que são expedidos, pois contém todos os conjuntos pertencentes a cada lote, bem como as datas referentes á sua expedição.

A Figura 46 é um excerto do anexo V, na qual se encontra selecionado o conjunto referente ao alinhamento A1.

O FELIZ FICHA DE CONTROLO
 DESIGNAÇÃO: Pavilhão Modelo
 CLIENTE: Virtual
 Nº Obra: 140000
 Data: 9.10.2014

Fase	Lote	Conjunto	Qt.	Perfil	Classe	Certificado	Comprimento	Peso(kg)	Data	Departamento	R. I.
2	6	2PP5	1	IPE600	S275JR	2,2	8980.0	993.8	01/06/2014	CM	
2	2	2PP6	1	IPE600	S275JR	2,2	8980.0	993.8	01/02/2014	CM	
2	2	2PP7	1	IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1041.9	01/02/2014	CM	

Figura 46 - Excerto da lista de conjuntos do anexo V.

4.2.2.4.4 Lista de ordem de pintura

A lista de ordem de pintura é usada numa parte terminal do processo de fabrico de uma estrutura. É através desta lista que facilmente se obtém quais os conjuntos que irão sofrer tratamento de superfície, qual o tipo de tratamento a ser aplicado bem como quais as áreas de pintura e quantidades de tinta necessárias.

A Figura 47 apresenta parte da lista de ordem de pintura do anexo VI, na qual para além de se encontrar assinalado o conjunto referente ao pilar do alinhamento A1, contém ainda

a descrição de um possível esquema de pintura realizado com base na solução apresentada aquando da análise estrutural, na secção 3.1.6.

O FELIZ ORDEM DE PINTURA						Nº Obra: 140000		
DESIGNAÇÃO: Pavilhão Modelo						Data: 9.10.2014		
CLIENTE: Virtual								
Tratamento-SA 2½-P1								
1ªDemão			2ªDemão			3ªDemão		
Referencia-P.7K-800 C-POX PRIMER ZN800			Referencia-			Referencia-E.54-410 C-CRYL S410 HB		
Esp. Seca (µm)-60			Esp. Seca (µm)-			Esp. Seca (µm)-200		
Perdas (%)-			Perdas (%)-			Perdas (%)-		
Local-Fabrica			Local-			Cor/Ral-9001		
Volume Solido (%) -60.0			Volume Solido (%) -0.0			Local-Obra		
Lote de tinta-			Lote de tinta-			Volume Solido (%) -42.0		
Tinta em litros-46.32			Tinta em litros-0.00			Lote de tinta-		
						Tinta em litros-220.58		
						Area-463.21		
						Observações-		
Fase	Qtdª	Conjunto	Fase	Qtdª	Conjunto	Fase	Qtdª	Conjunto
2	1	2PP1	2	1	2PP2	2	1	2PP4
2	1	2PP5	2	1	2PP6	2	3	2PP7
2	7	2PP8	2	4	2PP9	2	1	2PP10

Figura 47 - Excerto da lista de ordem de pintura do anexo VI.

4.2.2.5 Desenhos de montagem

Os desenhos de montagem, como o nome indica, são criados com o intuito de permitirem a montagem da estrutura. No caso do edifício em estudo, os desenhos de montagem foram realizados por lote, visto que se trata de uma estrutura com alguma extensão. No entanto este tipo de desenho é criado consoante as necessidades de cada obra, ou seja, pode corresponder à totalidade da obra ou a parte desta.

4.2.2.5.1 Desenho

A Figura 40 apresenta parte do desenho de montagem criado para a realização da montagem do Lote 2. Devido a sua dimensão o desenho apenas se encontra disponível completo no anexo VII, no qual se visualiza facilmente:

- A posição de cada conjunto e a sua respetiva referência;
- A dimensão dos parafusos a utilizar em cada ligação
- Posição e afastamento entre pórticos (incluindo a cotagem dos mesmos).

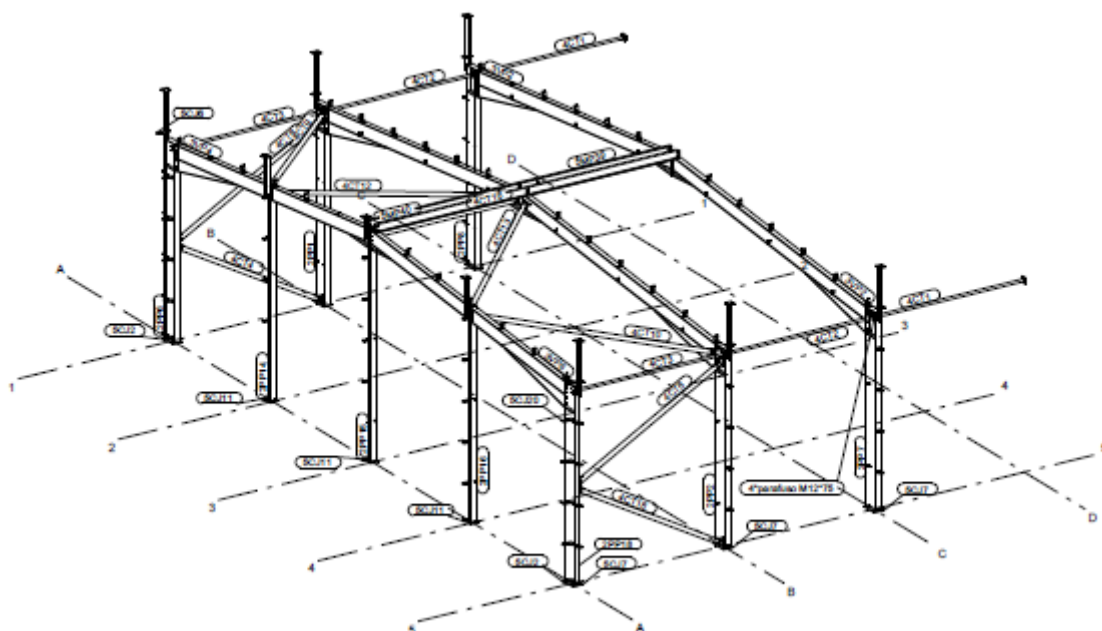


Figura 40 - Excerto do desenho de montagem do anexo VII.

4.2.2.5.2 Legenda

A legenda de um desenho de montagem é composta por toda a informação necessária para a identificação do tipo de obra e a parte da estrutura lhe diz respeito. Da informação presente na legenda evidencia-se:

1. Número do desenho;

2. Tipo de desenho;
3. Estrutura (ou parte desta);
4. Preparador;
5. Cliente;
6. Obra.



REVISÃO	MARCA	DESCRIÇÃO	DATA
DES.	09.10.2014	Virtual	
PROJ.		Pavilhão Modelo	
VERIF.			
ACABAMENTO		DESENHO DE MONTAGEM	Desenho: 140000.DM.DG.01
ESCALAS 1:100 1:200			substitui:
		Lote 2	subst.por:
			Rev. 00
			A2 594x420

Figura 48 – Legenda do desenho de montagem retirada do anexo VII.


Ao contrário dos desenhos de peças e de conjuntos, os desenhos de montagem contêm um tipo de referência um pouco diferente. Esta referência é gerada manualmente pelo preparador visto que se trata de um desenho criado consoante as necessidades pontuais para a montagem da estrutura. Assim a referência é composta por:

1. Número de obra (segunda a empresa O FELIZ);
2. Descrição do desenho (ver quadro 12);
3. Número sequencial.


140000.DM.DG.01



1



2



3

Figura 49 – Numeração do desenho de montagem retirada do anexo VII

Os desenhos de montagem são apenas um dos tipos de desenhos utilizados pela empresa O FELIZ, para a representação de perspetivas da estrutura. O Quadro 12 apresenta os prefixos a utilizar para a descrição deste tipo de desenhos.

Quadro 12 – Prefixo a usar num desenho Geral.

Descrição	Prefixo
Estudo Prévio	EP
Projeto de Execução	PE
Desenho de Montagem	DM
Telas Finais	TF
Desenho Geral	DG
Fase xx	FXX

5. CONCLUSÃO

A realização deste estágio curricular possibilitou a aquisição de experiência profissional, algo que não seria conseguido em meio puramente académico.

A oportunidade de realizar um caso de estudo de um edifício industrial em estrutura metálica junto de uma empresa metalomecânica permitiu a aquisição de novas metodologias de trabalho, além de proporcionar o desenvolvimento de novas competências distintas das adquiridas ao longo do curso.

Assim, posso afirmar que todos os objetivos que foram propostos no início do estágio foram alcançados com sucesso.

No caso concreto do edifício em estudo uma das grandes vantagens da realização da análise estrutural foi o facto de esta estabelecer o confronto entre o que na teoria é ótimo e o que na prática é exequível de ser fabricado. Ou seja, para o dimensionamento de uma estrutura determinar qual o tipo secção ótima ou qual o afastamento entre elementos é mais desejável, normalmente não chega ou pode não ser o pretendido. É fundamental estabelecer desde o início da análise de uma estrutura todas as soluções construtivas que em conjunto com o dimensionamento a realizar irão proporcionar a otimizar de todo o processo de fabrico e de montagem de cada estrutura em particular.

Por outro lado, a realização do estágio proporcionou a aprendizagem de um novo software de detalhamento de estruturas metálicas, Tekla Structures, que foi fundamental para a compreensão dos vários detalhes construtivos presentes em cada tipo de estrutura. O facto de este software de modelação tridimensional possibilitar a criação de qualquer tipo de pormenor ou de ligação, é uma mais-valia para a percepção do desenvolvimento real de cada

obra. Além disso, este tipo de software permite a verificação de possíveis sobreposições ou colisões entre perfis, que através de um modelo de cálculo não seria possível de identificar. Por fim, posso afirmar que a realização deste estágio representou uma valorização significativa na minha formação ao nível de competências técnicas e humanas.

5.1 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo este estágio durado apenas seis meses não foi possível considerar outros temas conexos com o trabalho desenvolvido.

Na lista de temas que importa abordar ou desenvolver num futuro próximo são os seguintes:

- Realização de uma análise estrutural considerando as condições anteriores, mas utilizando desta vez perfis de secção variável;

- Realização de uma análise estrutural utilizando um outro local com menor exposição á ação do vento;

- Aproximar o estudo realizado com o processo de fabrico da empresa O FELIZ, através da realização de algumas tarefas como a:

- Elaboração de um plano de inspeção e ensaio;
- Criação de desenhos de aprovação;
- Realização dos pormenores de soldadura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NP EN 1090 – 2 – Execução de estruturas de aço e de estruturas de alumínio, Parte 2: Requisitos técnicos para estruturas de aço. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Agosto de 2011.
- [2] NP EN 1990 – Eurocódigo: Bases para o projecto de estruturas. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Dezembro de 2009.
- [3] NP EN 1991 – 1 – 1 – Eurocódigo 1: Acções em estruturas, Parte 1 – 1: Acções gerais, Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Dezembro de 2009.
- [4] NP EN 1991 – 1 – 3 – Eurocódigo 1: Acções em estruturas, Parte 1 – 3: Acções gerais, Acção da neve. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Dezembro de 2009.
- [5] NP EN 1991 – 1 – 4 – Eurocódigo 1 – Acções em estruturas, Parte 1 – 4: Acções gerais, Acção do vento. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Março de 2010.
- [6] NP EN 1991 – 1 – 5 – Eurocódigo 1 – Acções em estruturas, Parte 1 – 5: Acções gerais, Acções térmicas. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Dezembro de 2009.
- [7] NP EN 1993 – 1 – 1 – Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço, Parte 1 – 1: Regras gerais e regras para edifícios. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Março de 2010.
- [8] NP EN 1993 – 1 – 8 – Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço, Parte 1 – 8: Projecto de ligações. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Março de 2010.
- [9] NP EN ISO 12944 – 1 – Tintas e vernizes, Protecção anticorrosiva de estruturas de aço por esquemas de pintura, Parte 1: Introdução geral. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Fevereiro de 2000.

- [10] NP EN ISO 12944 – 2 – Tintas e vernizes, Protecção anticorrosiva de estruturas de aço por esquemas de pintura, Parte 2: Classificação de ambientes. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Fevereiro de 2000.
- [11] NP EN ISO 12944 – 5 – Tintas e vernizes, Protecção anticorrosiva de estruturas de aço por esquemas de pintura, Parte 5: Esquemas de pintura. s.l. : Comité Europeu de Normalização, Maio 2011.
- [12] RSA- Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes. Porto Editora, 2010.
- [13] Manual de Siderurgia Nacional, 2001.
- [14] O FELIZ. Áreas de negócio. <http://www.ofeliz.pt/> (junho de 2014).
- [15] TEKLA. Company. <http://www.tekla.com/> (Agosto de 2014).
- [16] Painel 2000. Painel de Cobertura. <http://www.painel2000.com/?cat=35&tipo=191> (Abril 2014).

ANEXOS

ANEXO I – DESENHO DE PEÇA: 2P5

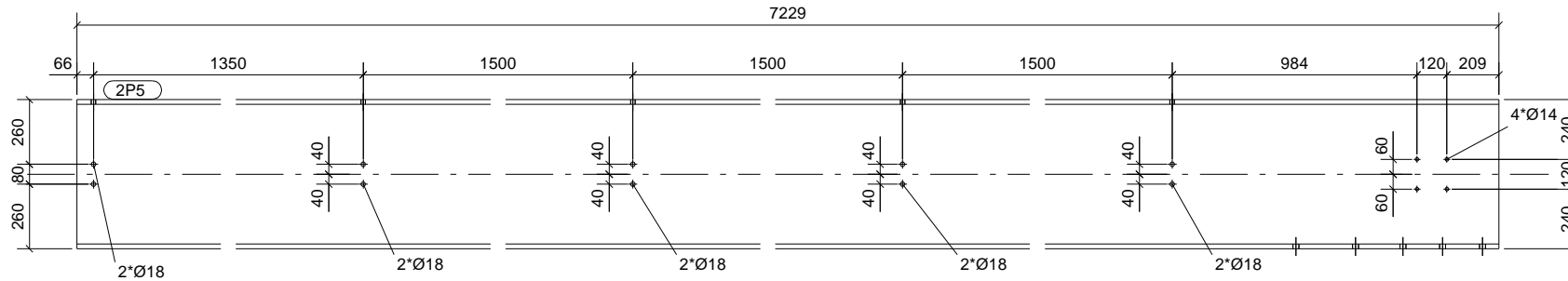
Peça	Perfil	Qtd.	Material	Comp.	Peso Kg	Área m ²
2P5	IPE600	4	S275JR.2,2	7229	887.8	14.59

QTD.	CONJUNTO
1	2PP4
1	2PP5
1	2PP6
1	2PP18

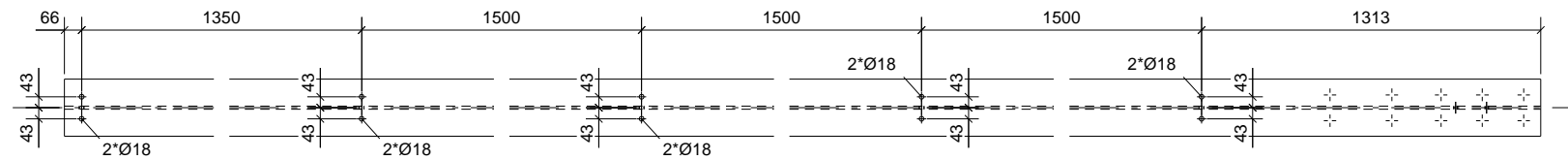
Nota: Em caso de incompatibilidade de comprimento, prevalece as cotas em desenho.



VISTA INFERIOR



VISTA FRENTE



VISTA SUPERIOR

de 2 até 30	de 31 até 120	de 121 até 400	de 401 até 1000	de 1001 até 2000	de 2001 até 4000	de 4001 até 8000	de 8001 até 12000	de 12001 até 16000	de 16001 até 20000	+20000
±1	±1	±1	±2	±2,2	±2,4	±2,8	±3,2	±3,6	±4	±5
Operação										
Controlo										
Data										
Operador										
Maquina										
Lote										
Quantidade										
Total										
Enc./Chef. Eq.										

	DATA	RUBRICA
DES.	09.10.2014	Tiago Moreira
PROJ.		
VERIF.		

CLASSE DE EXECUÇÃO EXC2	ESCALAS 1:20
CLASSE S275JR.2,2	

Virtual
Pavilhão Modelo

Peça
PERFIL

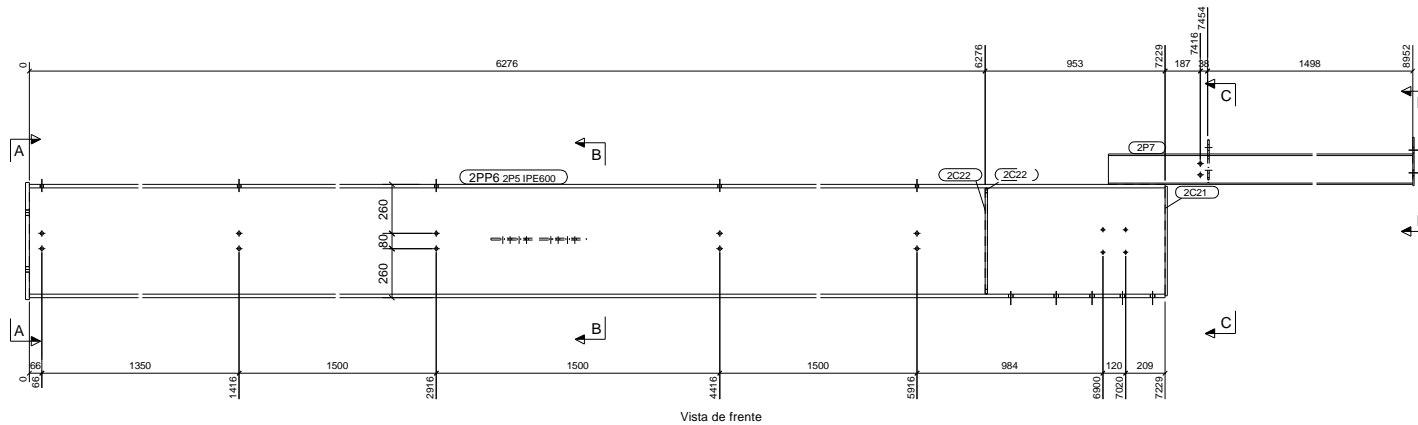
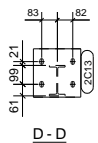


Desenho:
140000 -2P.5

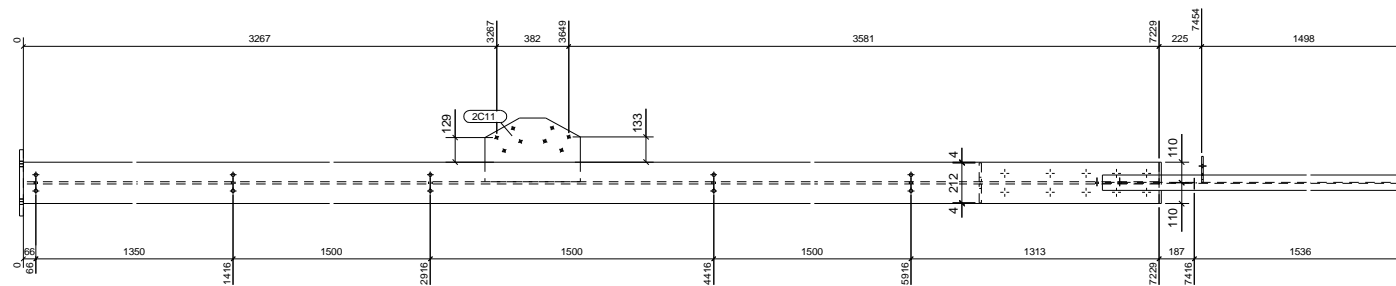
substitui:
subst.por:
Rev.0 Data:

A3
420x297

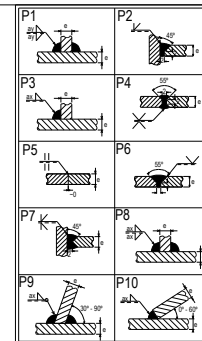
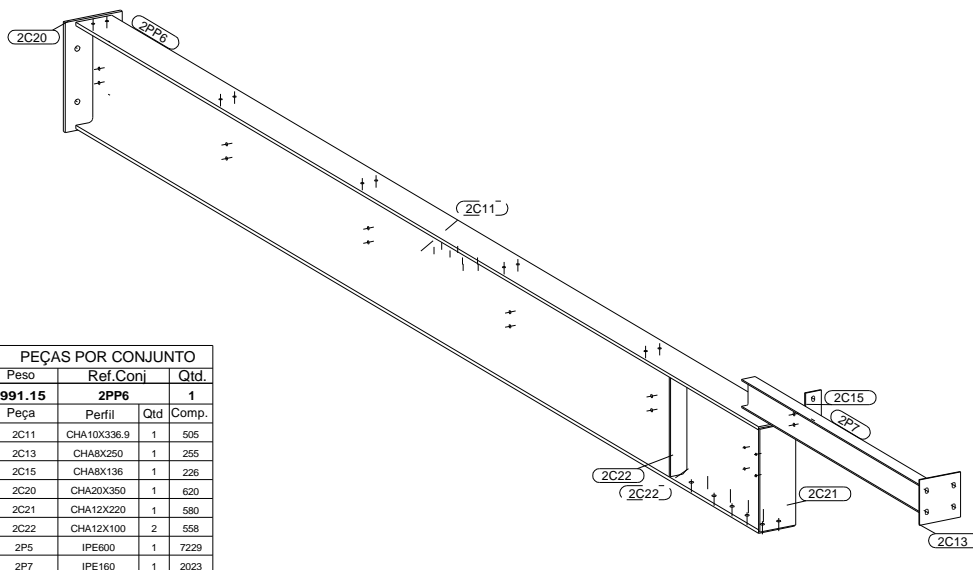
ANEXO II – DESENHO DE CONJUNTO: 2PP6



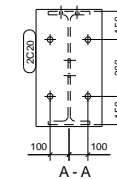
Vista de frente



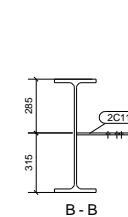
Vista superior



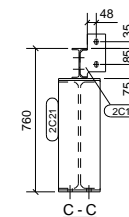
LEGENDA: 1, 6, 7 de menor espessura dos elementos a soldar;
1 e 6 de menor espessura dos elementos a soldar;
e espessura dos elementos



A - A



B - B



C - C

PEÇAS POR CONJUNTO			
Peso	Ref. Coni	Qt	Qt
991.15	2PP6	1	1
Peça	Perfil	Qt	Comp.
2C11	CHA10X336,9	1	505
2C13	CHA8X250	1	255
2C15	CHA8X136	1	226
2C20	CHA20X350	1	620
2C21	CHA12X220	1	580
2C22	CHA12X100	2	558
2P5	IPE800	1	7229
2P7	IPE160	1	2023

Armação

de 2 até 30	de 31 até 120	de 121 até 400	de 401 até 1000	de 1001 até 2000	de 2001 até 6000	de 6001 até 8000	de 8001 até 12000	de 12001 até 16000	de 16001 até 20000	+20000
±1	±1	±1	±2	±2,2	±2,4	±2,8	±3,2	±3,6	±4	±5
Operação										
Controle										
Data										
Operador										
Máquina										
Lote										
Quantidade										
Total										
Enc./Chef. Eq.										

DATA	RUBRICA	Virtual
DES. 09.10.2014	Tiago Moreira	
PROJ.		
VERIF.		
CLASSE DE EXECUÇÃO	ESCALAS	Virtual
EXC2	1:20	
CLASSE		Pavilhão Modelo
S275JR.2.2		CONJUNTO
		PILAR PÓRTICO
O FELIZ Desenho: 140000 - 2PP.6 subtitul: subtit por: Rev 0 Data:		A2 594x428

ANEXO III – LISTA DE QUANTIFICAÇÃO DE PERFIS

O FELIZ QUANTIFICAÇÃO DE PERFIS

Nº Obra: 140000

Data: 09.10.2014

Ínicio de produção:

DESIGNAÇÃO: Pavilhão Modelo

CLIENTE: Virtual

Perfil	Classe	Certificado	Qt.	Comp.	Peso(kg)	Requisitos especiais
CFC101.6X2	S275JR	2,2	9.0	300	35	
L60X60X6	S275JR	2,2	20.0	614	67	
L60X60X6	S275JR	2,2	108.	772	453	
IPE140	S275JR	2,2	2.0	790	20	
L60X60X6	S275JR	2,2	72.0	850	332	
IPE140	S275JR	2,2	4.0	1401	72	
IPE160	S275JR	2,2	4.0	2141	128	
IPE160	S275JR	2,2	3.0	2142	96	
IPE160	S275JR	2,2	1.0	2150	32	
IPE160	S275JR	2,2	12.0	2342	383	
IPE160	S275JR	2,2	2.0	2350	64	
IPE500	S275J2	2,2	11.0	3842	7697	
CFC168.3X3	S275JR	2,2	2.0	5531	162	
C300X80X2.5	S280GDZ	2,2	2.0	5899	113	
C300X80X2.5	S280GDZ	2,2	14.0	5900	794	
CFC88.9X2.5	S275JR	2,2	1.0	5945	154	
CFC88.9X2.5	S275JR	2,2	15.0	5946	2317	
CFC88.9X2.5	S275JR	2,2	4.0	5957	619	
IPE500	S275JR	2,2	4.0	5994	2183	
C300X80X2.5	S280GDZ	2,2	4.0	6149	237	
CFC168.3X3	S275JR	2,2	3.0	6210	272	
CFC168.3X3	S275JR	2,2	1.0	6212	91	
CFC168.3X3	S275JR	2,2	1.0	6285	92	
CFC168.3X3	S275JR	2,2	3.0	6290	276	
IPE500	S275JR	2,2	4.0	6300	2295	
C300X80X2.5	S280GDZ	2,2	2.0	6352	122	
C300X80X2.5	S280GDZ	2,2	2.0	6357	122	
C300X80X2.5	S280GDZ	2,2	3.0	6469	187	
C300X80X2.5	S280GDZ	2,2	1.0	6470	62	
IPE600	S275JR	2,2	22.0	7229	19476	
CFC168.3X3	S275JR	2,2	2.0	7639	223	
CFC168.3X3	S275JR	2,2	2.0	7765	227	
CFC168.3X3	S275JR	2,2	2.0	7783	227	
CFC168.3X3	S275JR	2,2	2.0	7803	228	
IPE270	S275JR	2,2	2.0	7849	566	
IPE270	S275JR	2,2	2.0	7850	566	
IPE270	S275JR	2,2	2.0	8471	610	
IPE500	S275JR	2,2	18.0	12273	20118	

ANEXO IV – LISTA DE PEÇAS: FASE 2

O FELIZ FICHA DE PEÇAS
 DESIGNAÇÃO: Pavilhão Modelo
 CLIENTE: Virtual
 Nº Obra: 140000
 Data: 9.10.2014

Fase	Peça	Qt.	Perfil	Classe	Certificado Comp.	Peso(kg)	Data	Dep.	R. I.	Lote	Requisitos	Observações
	2 2C1	36.0	10.0	S275JR	2,2	800 1017.4	Fase 2	CQ				
	2 2C2	3.0	10.0	S275JRH	2,2	337 13.3	Fase 2	LASER				
	2 2C3	1.0	10.0	S275JRH	2,2	316 5.6	Fase 2	LASER				
	2 2C4	1.0	10.0	S275JRH	2,2	317 5.6	Fase 2	LASER				
	2 2C5	1.0	10.0	S275JRH	2,2	318 5.6	Fase 2	LASER				
	2 2C6	1.0	10.0	S275JRH	2,2	317 5.6	Fase 2	LASER				
	2 2C7	1.0	10.0	S275JRH	2,2	281 4.9	Fase 2	LASER				
	2 2C8	1.0	10.0	S275JRH	2,2	291 5.1	Fase 2	LASER				
	2 2C9	1.0	10.0	S275JRH	2,2	272 4.8	Fase 2	LASER				
	2 2C11	4.0	10.0	S275JRH	2,2	505 47.6	Fase 2	LASER				
	2 2C12	1.0	8.0	S235JRH	2,2	211 1.6	Fase 2	LASER				
	2 2C13	22.0	8.0	S235JRH	2,2	255 88.1	Fase 2	LASER				
	2 2C13	6.0	8.0	S235JRH	2,2	255 24.0	Fase 2	LASER				
	2 2C14	19.0	8.0	S235JRH	2,2	226 29.5	Fase 2	LASER				
	2 2C15	20.0	8.0	S235JRH	2,2	226 31.1	Fase 2	LASER				
	2 2C16	20.0	6.0	S275JR	2,2	80 5.9	Fase 2	LASER				
	2 2C17	72.0	6.0	S275JR	2,2	104 35.6	Fase 2	LASER				
	2 2C18	4.0	20.0	S275JRH	2,2	620 136.3	Fase 2	LASER				
	2 2C19	6.0	20.0	S275JRH	2,2	300 70.6	Fase 2	LASER				
	2 2C20	18.0	20.0	S275JRH	2,2	620 613.2	Fase 2	LASER				
	2 2C21	22.0	12.0	S275JR	2,2	580 264.4	Fase 2	CQ				
	2 2C22	44.0	12.0	S275JR	2,2	558 228.9	Fase 2	CQ				
	2 2P1	1.0	IPE600	S275JR	2,2	7229 885.3	Fase 2	C. DE CORTE				
	2 2P2	3.0	IPE600	S275JR	2,2	7229 2655.9	Fase 2	C. DE CORTE				
	2 2P3	10.0	IPE600	S275JR	2,2	7229 8852.9	Fase 2	C. DE CORTE				
	2 2P4	4.0	IPE600	S275JR	2,2	7229 3541.2	Fase 2	C. DE CORTE				
	2 2P5	4.0	IPE600	S275JR	2,2	7229 3541.2	Fase 2	C. DE CORTE				
	2 2P6	18.0	IPE160	S275JR	2,2	2023 574.2	Fase 2	SERROTE				
	2 2P7	4.0	IPE160	S275JR	2,2	2023 127.6	Fase 2	C. DE CORTE				
	2 2P8	1.0	IPE270	S275JR	2,2	8471 305.2	Fase 2	C. DE CORTE				
	2 2P9	3.0	IPE270	S275JR	2,2	7850 848.5	Fase 2	C. DE CORTE				
	2 2P10	2.0	IPE140	S275JR	2,2	790 20.3	Fase 2	SERROTE				
	2 2P11	4.0	IPE140	S275JR	2,2	1402 72.2	Fase 2	SERROTE				
	2 2P13	1.0	IPE270	S275JR	2,2	7850 282.8	Fase 2	C. DE CORTE				
	2 2P14	1.0	IPE270	S275JR	2,2	8471 305.2	Fase 2	C. DE CORTE				

SG.68.01

ANEXO V – LISTA DE CONJUNTOS: FASE 2

O FELIZ FICHA DE CONTROLO
 DESIGNAÇÃO: Pavilhão Modelo
 CLIENTE: Virtual
 Nº Obra: 140000
 Data: 9.10.2014

Fase	Lote	Conjunto	Qt.	Perfil	Classe	Certificado	Comprimer	Peso(kg)	Data	Departamento	R. I.	G.T.	Observações
	2	2	2PP1	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1056.8	01/02/2014	CM			
	2	2	2PP2	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1056.8	01/02/2014	CM			
	2	6	2PP4	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	993.8	01/06/2014	CM			
	2	6	2PP5	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	993.8	01/06/2014	CM			
	2	2	2PP6	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	993.8	01/02/2014	CM			
	2	2	2PP7	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1041.9	01/02/2014	CM			
	2	3	2PP7	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1041.9	01/03/2014	CM			
	2	4	2PP7	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1041.9	01/04/2014	CM			
	2	2	2PP8	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1041.9	01/02/2014	CM			
	2	3	2PP8	2 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	2083.9	01/03/2014	CM			
	2	4	2PP8	3 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	3125.8	01/04/2014	CM			
	2	5	2PP8	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1041.9	01/05/2014	CM			
	2	3	2PP9	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1041.9	01/03/2014	CM			
	2	4	2PP9	2 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	2083.9	01/04/2014	CM			
	2	5	2PP9	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1041.9	01/05/2014	CM			
	2	5	2PP10	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1057.1	01/05/2014	CM			
	2	5	2PP11	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	1056.9	01/05/2014	CM			
	2	6	2PP12	2 IPE270	S275JR	2,2	8980.0	638.6	01/06/2014	CM			
	2	6	2PP13	1 IPE270	S275JR	2,2	8980.0	333.9	01/06/2014	CM			
	2	2	2PP14	1 IPE270	S275JR	2,2	8980.0	318.7	01/02/2014	CM			
	2	2	2PP15	1 IPE270	S275JR	2,2	8980.0	333.3	01/02/2014	CM			
	2	2	2PP16	1 IPE270	S275JR	2,2	8980.0	319.3	01/02/2014	CM			
	2	2	2PP18	1 IPE600	S275JR	2,2	8980.0	993.8	01/02/2014	CM			
-		2	H	96	BM1 8.8.ZN.EN1	2,1		60 -	1-2-14	ARMAZEM			
-		3	H	16	BM1 8.8.ZN.EN1	2,1		55 -	1-3-14	ARMAZEM			

-	4 H	24	BM1 8.8.ZN.EN1	2,1	55 -	1-4-14	ARMAZEM
-	5 H	16	BM1 8.8.ZN.EN1	2,1	55 -	1-5-14	ARMAZEM
-	6 H	80	BM1 8.8.ZN.EN1	2,1	55 -	1-6-14	ARMAZEM
-	2 H	96	NM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-2-14	ARMAZEM
-	3 H	16	NM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-3-14	ARMAZEM
-	4 H	24	NM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-4-14	ARMAZEM
-	5 H	16	NM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-5-14	ARMAZEM
-	6 H	80	NM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-6-14	ARMAZEM
-	2 H	288	WM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-2-14	ARMAZEM
-	3 H	48	WM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-3-14	ARMAZEM
-	4 H	72	WM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-4-14	ARMAZEM
-	5 H	48	WM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-5-14	ARMAZEM
-	6 H	240	WM16 8.ZN.EN15(	2,1 -	-	1-6-14	ARMAZEM

SG.74.01

ANEXO VI – LISTA DE ORDEM DE PINTURA: FASE 2

O FELIZ ORDEM DE PINTURA
DESIGNAÇÃO: Pavilhão Modelo
CLIENTE: Virtual

Nº Obra: 140000
Data: 9.10.2014

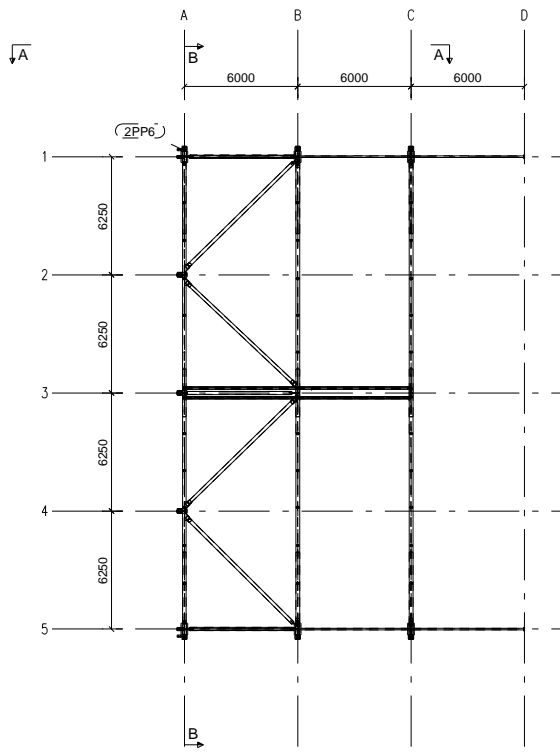
Tratamento-SA 2½-P1

	1ª Demão	2ª Demão	3ª Demão
Referencia-P.7K-800 C-POX PRIMER ZN800	Referencia-	Referencia-	Referencia-E.54-410 C-CRYL S410 HB
Area-463.21			Area-463.21
Esp. Seca (µm)-60	Esp. Seca (µm)-	Esp. Seca (µm)-	Esp. Seca (µm)-200
Perdas (%)	Perdas (%)	Perdas (%)	Perdas (%)
Local-Fabrica	Local-	Local-	Cor/Ral-9001
Volume Solido (%) -60.0	Volume Solido (%) -0.0	Volume Solido (%) -0.0	Local-Obra
Lote de tinta-	Lote de tinta-	Lote de tinta-	Volume Solido (%) -42.0
Tinta em litros-46.32	Tinta em litros-0.00	Tinta em litros-0.00	Lote de tinta-
			Tinta em litros-220.58

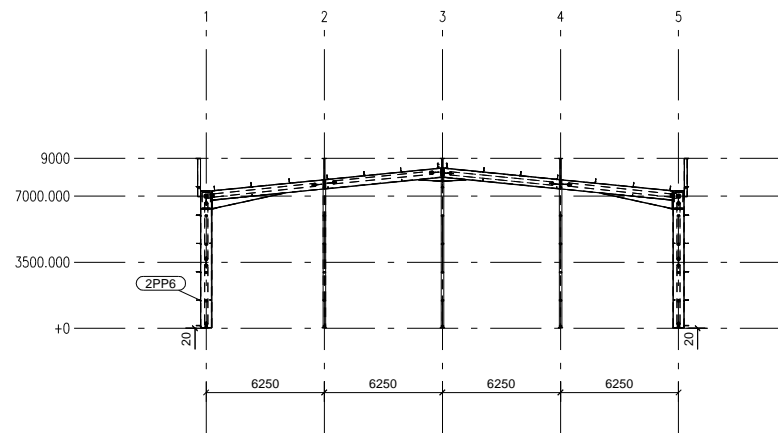
Fase	Qtdº	Conjunto	Fase	Qtdº	Conjunto		
2	1	2PP1	2	1	2PP4		
2	1	2PP5	2	2	3	2PP7	
2	7	2PP8	2	4	2PP9	1	2PP10
2	1	2PP11	2	2	2PP12	1	2PP13
2	1	2PP14	2	1	2PP15	1	2PP16
2	1	2PP18					

SG.100.01

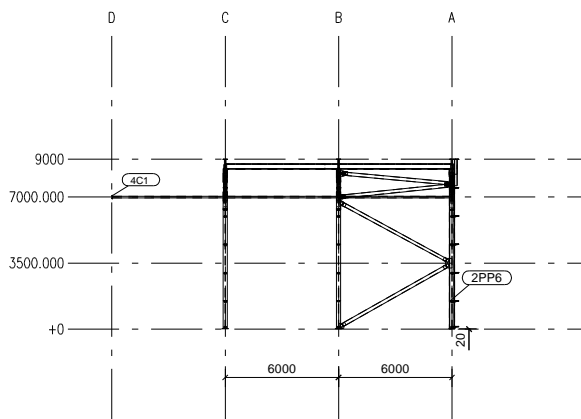
ANEXO VII – DESENHO DE MONTAGEM: LOTE 2



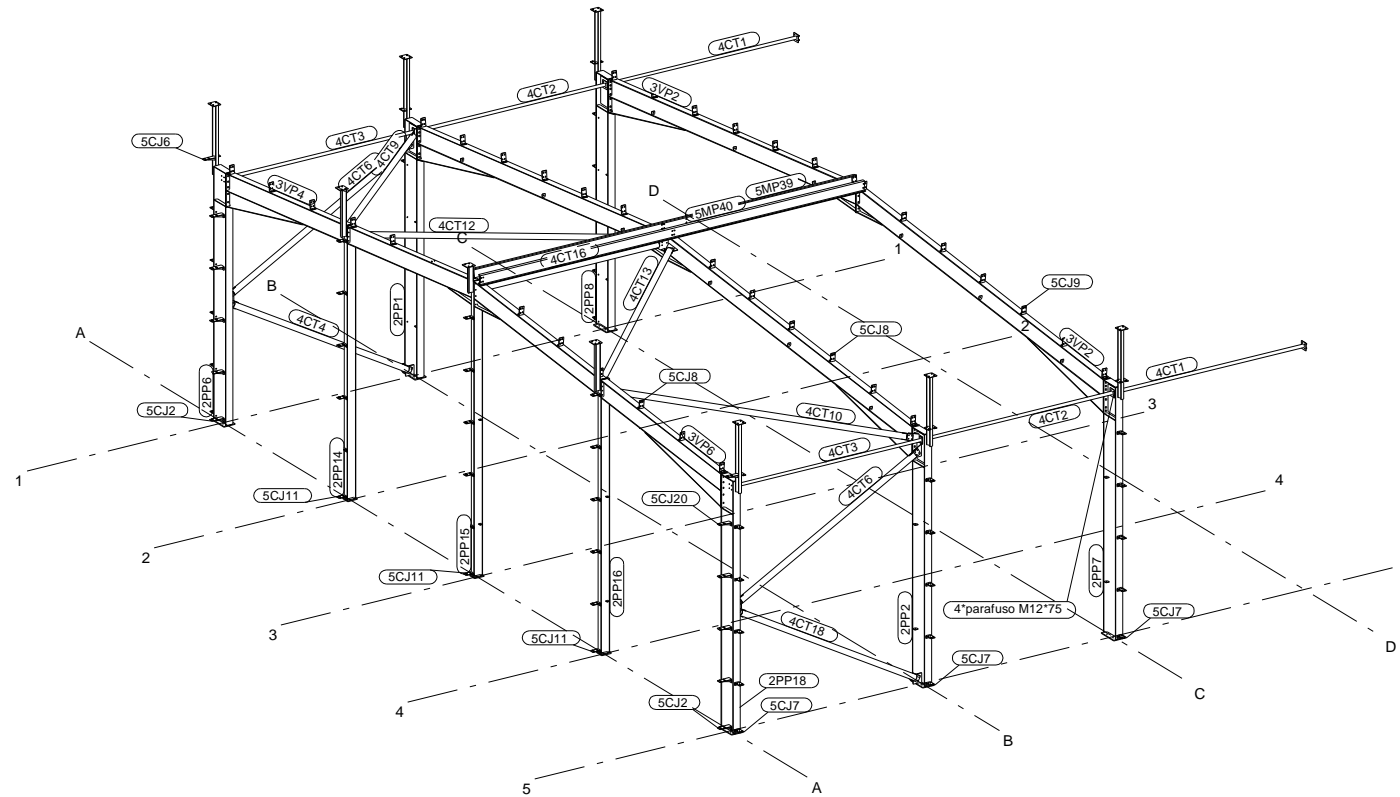
Vista Superior, 1:200



Corte B - B, 1:200



Corte A - A, 1:200



REVISÃO	MARCA	DESCRIÇÃO	DATA
		Virtual	
		Pavilhão Modelo	
DES.	24.10.2014	Triago Moreira	
PROJ.			
VERIF.			
ACABAMENTO	ESCALAS	DESENHO DE MONTAGEM Lote 2	
	1:100 1:200		
		Desenho: 140000.DM.DG.01 substituído: substituído por: Rev. 00	

