

# **SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS DE BETÃO ARMADO PARA A CONSTRUÇÃO DE ARMAZÉNS**

**LUÍS JOSÉ RAPOSO PRETO MONDRAGÃO**

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

---

Orientador: Professor José Manuel Marques Amorim de A. Faria

FEVEREIRO DE 2011

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2010/2011**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.





A meus Pais e Irmã,

*Na vida nunca se deveria cometer o mesmo erro.*

*Há bastante por onde escolher.*

*Bertrand Russell*



## **AGRADECIMENTOS**

A apresentação desta tese é resultado de um trabalho individual, que não seria possível sem o esforço daqueles cuja contribuição foi indispensável para a sua realização, e a quem desejo expressar os meus mais sinceros agradecimentos.

Gostaria de dirigir um agradecimento especial ao Professor Amorim Faria pela orientação, pela disponibilidade demonstrada, pelos conhecimentos transmitidos e pela forma simpática como acompanhou o desenvolvimento da dissertação, que muito contribui não só para a sua elaboração, como para a minha formação académica e pessoal.

Ao meu colega e amigo desde sempre, Rui Jerónimo expresse o meu agradecimento pela companhia, pela amizade e pelo espírito de grupo vivido durante as inúmeras horas despendidas na realização dos nossos trabalhos, o qual constitui um contributo essencial para a sua conclusão.

Desejo também agradecer a toda a minha família e de uma forma muito especial aos meus pais e irmã, por me permitirem a possibilidade da realização do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, por toda a sua compreensão e pelo constante incentivo durante o desenvolvimento da tese.

Finalmente, expresse a minha gratidão a todos os meus amigos cujo apoio foi fundamental para a elaboração deste trabalho.





## RESUMO

A construção de Armazéns através da Pré-Fabricação de Betão Armado é uma solução construtiva cada vez mais utilizada em muitos países no mundo.

Acerca de 40 anos que a Construção Industrializada teve especial destaque na Península Ibérica, tendo-se assistido a uma rápida evolução/expansão devido a um conjunto de factores, dos quais se destacam a velocidade de execução, bem como a boa qualidade construtiva do produto em causa.

No seguimento desta nova solução, existem várias Empresas Construtoras de elementos estruturais em Espanha e Portugal. Dentro da Península, existe um maior número de empresas e desenvolvimento, neste sector, em Espanha, devido ao facto de se construírem uma quantidade substancial de Armazéns para uso industrial, exploração agrícola, parques de estacionamento e outros fins.

No presente trabalho apresenta-se um estudo sobre a Pré-Fabricação de Betão Armado, sobre a concepção de um Armazém de grande dimensão em estrutura pré-fabricada, visando os aspectos técnicos e económicos. Esta dissertação procura dar um contributo no sentido de esclarecer o público em geral sobre as vantagens e inconvenientes deste tipo de solução.

A análise foi baseada na adaptação de uma solução estrutural betonada *in situ*, a várias soluções pré-fabricadas, como por exemplo: sistema de pórticos, de cascas e de vigas delta.

A materialização das vertentes expostas ao longo deste trabalho desenvolve-se em cinco capítulos:

No primeiro são abordados temas fundamentais para enquadrar esta temática como o enquadramento histórico e a respectiva evolução.

Os restantes capítulos dividem-se em essencialmente quatro vertentes: a primeira refere-se aos vários modelos utilizados na Península Ibérica, resumindo a sua evolução, as empresas mais fortes do mercado e os sistemas construtivos; a segunda visa a classificação e descrição das várias soluções, sintetizando a decomposição em subsistemas; a terceira parte descreve um armazém modelo idealizado com a pré-fabricação de betão armado, finalmente a quarta parte especifica sucintamente a avaliação técnica e económica da pré-fabricação de armazéns e o orçamento de um armazém tipo.

O último capítulo é constituído pela Conclusão, referindo qual o sistema construtivo ideal, referindo a quantificação do preço/m<sup>2</sup> (médio) na construção de armazéns pré-fabricados e as considerações finais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pré-Fabricação de Betão Armado, Armazéns, Mercado em Espanha e Portugal, Avaliação Técnica, Avaliação Económica.



## **ABSTRACT**

The construction of warehouses across the Pre-Manufacture of Reinforced Concrete is a constructive solution increasingly used in many countries worldwide.

About 40 years that the Industrialized Building had special prominence in the Iberian Peninsula, and it has witnessed a rapid development / expansion due to a number of factors, among which are the execution speed, and good construction quality of the product question.

Following this new solution, there are several manufacturers of structural elements in Spain and Portugal. Within the Peninsula, there is a greater number of businesses and development in this sector in Spain, due to the fact that they build a substantial amount of warehouses for industrial, agricultural, car parks and other purposes.

The present paper presents a study on the Pre-Manufacture of Reinforced Concrete, on the design of a large warehouse structure in pre-manufactured, with the technical and economic aspects. This thesis seeks to contribute towards clarifying the general public on the advantages and disadvantages of this type of solution.

The analysis was based on the adaptation of a structural solution concreted in situ, several pre-packaged solutions, such as: gantry system, shells and beams delta. The materialization of the aspects exposed in this work is carried out in five chapters: The first chapter approaches fundamental themes in framing this issue as the historical background and its evolution.

The remaining chapters are divided into four main strands: the first refers to the various models used in the Iberian Peninsula, summarizing their evolution, the industry's strongest companies and the building systems; the second concerns the classification and description of the various solutions summarizing the decomposition into subsystems, the third part describes a proposed architecture of a warehouse; the fourth part states succinctly the technical and economic assessment of pre-manufacture warehouses.

The last chapter consists of the conclusion, stating what is the ideal building system, as well as referring to quantify the price / m<sup>2</sup> (average) in the construction of prefabricated warehouses and final considerations.

**KEY WORDS:** Pre-Manufacture of Reinforced Concrete, Warehouses, Market in Spain and Portugal, Technical Assessment, Economic Evaluation.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	I
RESUMO .....	III
ABSTRACT .....	V
<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1.OBJECTO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO .....	1
1.2.BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO .....	2
1.3.ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	2
<b>2.Sistemas Industrializados .....</b>	<b>3</b>
2.1. HISTÓRIA DO BETÃO PRÉ-FABRICADO .....	3
2.2. EVOLUÇÃO DO BETÃO PRÉ-FABRICADO .....	4
2.3. DIFERENTES TIPOS DE CONSTRUÇÕES .....	5
2.4. O MERCADO EM PORTUGAL E ESPANHA .....	6
2.5. EMPRESAS MAIS FORTES NA PENÍNSULA IBÉRICA .....	7
2.6. SISTEMAS CONSTRUTIVOS .....	7
2.6.1. SISTEMAS ESTRUTURAIS DE PÓRTICOS .....	10
2.6.2. SISTEMA DE TIPO VIGAS “DELTA” .....	10
2.6.3. SISTEMAS DE VIGAS DO TIPO “ITALVAN” .....	11
<b>3.Classificação e Descrição de Soluções .....</b>	<b>13</b>
3.1. DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS.....	13
3.1.1. PILARES .....	13
3.1.2. VIGAS .....	14
3.1.3. LAJES .....	15
3.1.4. LIGAÇÕES .....	16
3.2. TRANSPORTE PARA A OBRA E MONTAGEM .....	18
3.3. TEMPO DE EXECUÇÃO EM OBRA .....	19
3.4. MÃO-DE-OBRA.....	20
3.5. TIPOS DE BETÃO.....	20
3.6. NORMAS E EUROCÓDIGOS .....	21

<b>4. Armazém Exemplo</b> .....	<b>23</b>
4.1. APRESENTAÇÃO.....	23
4.2. ARQUITECTURA.....	23
4.3. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO.....	24
4.3.1. ESTRUTURA.....	24
4.3.2. OUTROS ELEMENTOS EXTERNOS ÀS EMPRESAS TIPO.....	25
4.4. ALGUNS PORMENORES.....	26
<b>5. Avaliação Técnica e Económica</b> .....	<b>31</b>
5.1. METODOLOGIA.....	31
5.2. AVALIAÇÃO TÉCNICA.....	31
5.2.1. ESTRUTURAL.....	32
5.2.2. DURABILIDADE.....	32
5.2.3. RESISTÊNCIA AO FOGO.....	33
5.2.4. CONFORTO TÉRMICO.....	35
5.2.5. CONFORTO ACÚSTICO.....	36
5.3. ORÇAMENTO.....	37
<b>6. Conclusão</b> .....	<b>41</b>
6.1 – COMPARAÇÃO COM A SOLUÇÃO À BASE DE ESTRUTURA METÁLICA.....	41
6.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>43</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Ponte Pré-Fabricada .....	5
Fig. 2.2 – Passagem Hidráulica .....	5
Fig. 2.3 – Muro de Suporte .....	6
Fig. 2.4 – Depósito Pré-Fabricado .....	6
Fig. 2.5 – Grandes Áreas Comerciais.....	8
Fig. 2.6 – Pavilhões Industriais e Agrícolas.....	8
Fig. 2.7 – Mistos Industriais/Escritórios e Armazéns .....	8
Fig. 2.8 - Armazéns .....	9
Fig. 2.9 – Sistema de Estruturas de Pórticos .....	10
Fig. 2.10 – Exemplo tipo de sistema de viga “DELTA” .....	11
Fig. 2.11 – Viga Principal de cobertura “Tipo Delta” .....	11
Fig. 2.12 – Viga do Tipo “ITALVAN” .....	12
Fig. 2.13 – Exemplo de Aplicação .....	12
Fig. 2.14 – Sistema Construtivo Final.....	12
Fig. 3.1 – Exemplos tipo de pilares pré-fabricados.....	13
Fig. 3.2 – Secções Típicas de vigas secundárias de cobertura .....	14
Fig. 3.3 – Alguns tipos de vigas pré-fabricadas .....	14
Fig. 3.4 – Pré-Laje.....	15
Fig. 3.5 – Laje Alveolada.....	16
Fig. 3.6 – Laje em duplo T .....	16
Fig. 3.7 – Exemplos de Ligações numa Estrutura Porticada.....	17
Fig. 3.8 – Exemplos de Tipos de Ligação .....	18
Fig. 4.1 – Ligação Aparafusada .....	26
Fig. 4.2 – Ligação Pilar / Caleira .....	27
Fig. 4.3 – Pormenor do Funcionamento Viga / Caleira.....	27
Fig. 4.4 – Pormenor de ligação Viga / Madre .....	29
Fig. 4.5 – Exemplo de fixação de Painéis de Fachada .....	29





**ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 5. 1 – Estimativa Orçamental do Armazém Tipo.....	39
Quadro 6. 1 – Comparação entre Betão Armado Pré-fabricado e Estrutura Metálica .....	41



**SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

kPa – Kilograma Pascal;



# INTRODUÇÃO

## 1.1. OBJECTO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO

O tema desta dissertação é “ Sistemas Industrializados de Betão Armado para a Construção de Armazéns”.

Após a Segunda Guerra Mundial desenvolveu-se amplamente, em todo o mundo, a utilização dos sistemas estruturais prefabricados e pré-esforçados. Este fenómeno esteve associado à escassez de habitação, fruto da destruição das grandes cidades. O recurso à construção industrializada tornou-se na solução de recurso, que permitia construir num curto espaço de tempo e em grande número. Rapidamente a prefabricação se tornou numa técnica construtiva de referência. No entanto, a partir dos meados dos anos setenta, a pré-fabricação passou por um período de quebra de mercado, por não ter sabido adequar a sua prática às exigências do sector da construção, nessa fase de grande procura.

A concepção dos elementos pré-fabricados sofreu diversas alterações ao longo dos anos, seguindo o caminho traçado pelas sociedades e as limitações impostas pelas crises económicas, para além dos desenvolvimentos do mercado. A pré-fabricação em betão armado constitui uma actividade em constante evolução e ocupa já hoje uma importância de primeira grandeza na actividade industrial do País. Assume-se como uma área de grande versatilidade, ao nível da capacidade estrutural, da durabilidade, da execução e da economia dos meios a utilizar em obra. A construção com elementos pré-fabricados relaciona-se de um modo imediato e natural com as obras de engenharia mais recentes. Assiste-se ao recurso generalizado à solução pré-fabricada nas obras públicas em geral, com destaque para vigas para pontes e viadutos, muros de suporte de terras, reservatórios de água e em especial em armazéns industriais.

Ao nível da economia, opta-se por adoptar sistemas estruturais e construtivos adequados, sem perder de vista o aspecto económico da solução. No entanto, os aspectos meramente económicos não devem e não podem ser decisivos na escolha da solução estrutural

Após uma fase de expansão económica, o sector da construção enfrenta agora um momento menos positivo, de desafios e de necessidade de reafirmação. Este ambiente, que envolve as empresas de construção civil, tem estimulado pelo menos as mais competitivas a implementarem acções que conduzam à melhoria contínua da sua produtividade, de forma a manterem os seus níveis de competitividade, face a um mercado caracterizado por uma oferta significativamente superior à procura e pelas crescentes exigências dos clientes quanto à qualidade da obra e da qualidade do serviço de pós-construção.

Por outro lado, as modificações ocorridas na década de noventa, em especial na área da tecnologia, provocaram grande impacto e impulsionaram o desenvolvimento de vários sectores da economia. Essas modificações ocorreram devido a alguns factores directamente ligados à globalização e ao avanço da informática e das telecomunicações, tais como o incremento do desenvolvimento tecnológico, a maior velocidade das informações e a criação de sistemas de gestão da qualidade. Todos esses factores aumentaram a eficiência dos processos de produção e incrementaram a qualidade dos produtos finais, o que fez aumentar a oferta e a competitividade de diversos sectores do mercado. O sector da construção também tem vindo a passar, ou a procurar introduzir ainda que paulatinamente, essas modificações tecnológicas, talvez não tão intensas quanto as dos sectores da informática e telecomunicações, mas não menos importantes. Assim, as empresas construtoras procuram diminuir os

seus custos e, simultaneamente, aumentar a eficiência de processos de produção e a qualidade do produto final.

Pode-se, portanto, afirmar que ao nível dos processos construtivos e tecnologias é expectável que ocorra uma industrialização crescente do sector, com o aumento das tarefas a realizar em fábrica e a diminuição das tarefas em obra ou estaleiro. Num momento em que as exigências relativamente aos prazos são cada vez maiores e determinantes para a competitividade do sector, o recurso à construção industrializada e consequente racionalização do processo de aprendizagem trará neste campo evidentes vantagens para os intervenientes do sector. Por outro lado, as questões ambientais e energéticas constituem um desafio ao qual o sector da construção não poderá ficar alheio e para o qual a pré-fabricação, face às suas vantagens, poderá ter um papel determinante.

## **1.2. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO**

O trabalho de investigação desenvolvido nesta dissertação baseou-se em outros trabalhos de investigação referentes às diversas áreas abordadas, bem como de uma pesquisa normativa no domínio e de diversas referências bibliográficas de que se destacam os seguintes livros: “Manual de la Construcción Prefabricada con Elementos de Hormigón Armado y Pretensado” – Tihamer Koncz [1] e “Manual Técnico de Pré-Fabricados de Concreto” – Associação Brasileira de Construção Industrializada [2].

Fundamental para este trabalho foi a pesquisa das diversas soluções construtivas no mercado português, na qual se desenvolveu uma análise exclusivamente pessoal do desempenho dessas alternativas.

## **1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Os conceitos de carácter geral incluem-se nos capítulos 2 e 3. Destinam-se a enquadrar o objecto principal da dissertação, necessários à obtenção do conhecimento de base necessário ao melhor entendimento da problemática tratada. O Capítulo 5 inclui a parte mais inovadora do trabalho. Os capítulos 1 e 6 incluem respectivamente a introdução e a conclusão desta dissertação.

Esta dissertação encontra-se então organizada em 6 capítulos:

- No capítulo 1, faz-se uma breve apresentação do trabalho e sintetiza-se o conteúdo do mesmo;
- No capítulo 2, descreve-se a história da pré-fabricação do betão armado. Neste capítulo resume-se a evolução da pré-fabricação, os diferentes tipos de construção, o mercado na Península Ibérica e os vários sistemas construtivos existentes para a construção de armazéns industrializados;
- No capítulo 3, apresenta-se uma proposta de classificação e descrição de soluções tipo de pré-fabricação em betão armado, nomeadamente decompondo os sistemas industrializados em pilares, vigas, lajes e respectivas ligações. Neste capítulo analisam-se os vários processos que decompõem a pré-fabricação de um armazém industrializado, nomeadamente: o transporte, a montagem, o tempo de execução em obra e a mão-de-obra;
- No capítulo 4, representa-se um armazém exemplo que permite ter uma ideia real do tipo de construção em questão idealizado na pré-fabricação;
- No capítulo 5, procede-se à avaliação técnica e económica do armazém tipo apresentado no capítulo anterior e à sua comparação com um armazém equivalente em aço;
- No capítulo 6 e último apresenta-se uma breve síntese do trabalho realizado.

# Sistemas Industrializados

## 2.1. HISTÓRIA DO BETÃO PRÉ-FABRICADO

A pré-fabricação é um processo industrial que tem tido grande desenvolvimento na Europa, apesar de em Portugal ainda ter uma dimensão moderada. A industrialização da construção, isto é, a aplicação das técnicas da actividade industrial à execução de obras, deu origem ao desenvolvimento de novas técnicas de construção, que recorrem maioritariamente à pré-fabricação.

Apresenta-se como uma solução com fortes argumentos no que toca a automação, mecanização, optimização e rentabilização de processos de construção, carências de mão-de-obra para construção tradicional, menores prazos de execução e impactos ambientais, melhorar controlo de qualidade e mais baixos consumos energéticos.

O desenvolvimento da indústria da pré-fabricação é indissociável do desenvolvimento do betão armado. Desde finais do séc. XIX e até ao final da Segunda Guerra Mundial que o betão armado foi sendo seleccionado como material de construção de eleição, ao mesmo tempo que começavam a surgir soluções e aplicações da pré-fabricação. [3]

A pré-fabricação de edifícios surge após a Segunda Guerra Mundial, como forma de resposta à falta generalizada de habitação nos países mais destruídos, altura em que cresceu exponencialmente alcançando uma difusão generalizada na indústria da construção, que teve que ver fundamentalmente com carências de mão-de-obra, a necessidade de reconstrução rápida e em grande escala, bem como os avanços que também se faziam sentir ao nível da tecnologia do pré-esforço. Após a guerra, o recurso a painéis pré-fabricados em betão foi uma necessidade técnica e económica que contribuiu decisivamente para a importância que a pré-fabricação hoje assume. [3]

Face à carência habitacional, fruto da destruição das grandes cidades, vilas e aldeias, após a Segunda Guerra Mundial tornou-se imperativo o recurso à construção industrializada. Nessa época, as autoridades competentes, os industriais e os projectistas debatiam-se com problemas de construção: era necessário construir num curto espaço de tempo e em grande quantidade. A construção voltava-se assim para a Pré-fabricação. [1]

A produção em série tornava-se rentável, mecanizando as linhas de produção e contando com a contribuição dos projectistas para a definição de elementos lineares, com grande aplicabilidade em distintas obras. Foi o começo da industrialização da construção, marcado pela quantidade e pela necessidade da massificação da construção, com o objectivo da resolução das grandes carências habitacionais. [4]

Inicialmente, surgiu o designado *Sistema* de Prefabricação Fechada, onde os elementos seguiam uma rigidez formal, verificando-se uma uniformidade dos elementos, que resultava numa construção monótona e monolítica. Este tipo de construção, rapidamente deixou de ser aceite, dado ser incapaz de impor as suas soluções estruturais, devido à lentidão dos processos de fabrico e de montagem, bem como à rigidez arquitectónica que transparecia. As exigências ao nível construtivo alteravam-se e o recurso a soluções repetitivas não se coadunava com a nova mentalidade, abandonando por completo a ideia de “padrões utilitários” [5]. Este período corresponde a uma fase de grande crescimento

económico, com uma forte intervenção do Estado, com o financiamento necessário para o fomentar dos processos de construção industrializada, onde a quantidade se sobrepôs à qualidade.

A partir de meados dos anos 70, verificou-se uma inversão de valores, onde a predominância da qualidade prevaleceu à quantidade. Este fenómeno surge associado a exigências de diversificação de elementos e à melhoria na qualidade dos projectos e da construção. Uma vez que a nova concepção é mais exigente, valorizando as estruturas e jogando com os materiais e as formas, a pré-fabricação fechada foi-se extinguindo, sendo substituída pelo *Sistema de Prefabricação Aberta*. Neste, a fabricação em massa estava apta para responder a novos desafios, novos materiais e maiores exigências estéticas, destacando-se como vantagens a possibilidade dos elementos poderem desempenhar diferentes funções, abrangendo novas formas estruturais e possuírem distintas aplicações. [5]

Hoje a pré-fabricação é vista como uma alternativa da construção em betão tradicional, em que partes dos elementos são pré-fabricadas em indústrias especializadas, sendo depois colocados em obra de modo a se assemelhem o mais possível às estruturas tradicionais em betão.

Na próxima década prevê-se que a procura crescente destes componentes ultrapasse largamente a oferta, pelo que, pelas suas características, a indústria da pré-fabricação, estrategicamente colocada para responder a este aumento de procura, recorrendo a mão-de-obra especializada em ambientes com rigoroso controlo de qualidade, deverá ver a sua utilização crescer dramaticamente.

## 2.2. EVOLUÇÃO DO BETÃO PRÉ-FABRICADO

Os sistemas industrializados pré-fabricados foram introduzidos pela primeira vez em construções industriais de pequenas dimensões. Mais tarde, a pré-fabricação evoluiu para a construção de edifícios de pequeno porte (vivendas e escolas), baseando-se em sistemas construtivos em que se utilizavam grandes painéis. Hoje em dia, com a investigação e o progresso industrial, a prefabricação tem avançado para novas soluções estruturais, abrangendo já construções públicas e construções em altura.

No projecto de um edifício, o primeiro passo deverá consistir em identificar claramente se o edifício ou partes dele se adequam ao uso de elementos pré-fabricados e quais as vantagens daí decorrentes, quando comparado com outros sistemas construtivos. A maior parte dos edifícios adequam-se ao uso da pré-fabricação, parcial ou totalmente, dependendo das exigências estruturais e arquitectónicas. Pelas suas vantagens, a pré-fabricação não deverá hoje em dia ser ignorada como uma alternativa viável no início de um projecto.

Os edifícios que se desenvolvem em planos ortogonais são ideais para aplicação de pré-fabricação pois exibem alguma regularidade ao nível dos pórticos, vãos, dimensões de elementos, etc, em projecto, e não só em pré-fabricação. Deve almejar-se a standardização e a repetição, num contexto de economia. A pré-fabricação actualmente oferece grande flexibilidade, mesmo em edifícios que não apresentem uma grande regularidade, podendo estes ser projectados com segurança e economia e com considerável adaptação no que concerne a construções em altura, podendo atingir-se vinte pisos ou mais. Com a introdução de betões de elevadas resistências, as dimensões dos pilares podem ser reduzidas para menos de metade das secções necessárias em construções de betões convencionais.

A pré-fabricação apresenta também potencialidades ao nível da eficiência estrutural. Vãos maiores e espessuras menores podem ser obtidos quando se utilizam vigas e lajes pré-fabricadas. Em edifícios comerciais e industriais podem atingir-se vãos da ordem dos 40m, ou superiores se for em coberturas. Em parques de estacionamento, consegue aumentar-se a capacidade de estacionamento devido à possibilidade de vencer maiores vãos e à menor dimensão das secções dos pilares. Em edifícios de escritórios, o contributo do incremento de espaço disponível é inestimável, facilitando as disposições do tipo “open space”, que podem subsequentemente serem divididos e separados. A pré-fabricação



oferece não só flexibilidade, como estende o tempo de vida, devido à fácil adaptabilidade, permitindo desta maneira que este mantenha o seu valor comercial durante um período mais longo. [3]

Regra geral, a utilização de técnicas associadas à pré-fabricação aumenta com o grau de desenvolvimento tecnológico e social do país. Apesar de esta indústria ter vindo a crescer recentemente, Portugal não tem uma grande tradição na utilização desta técnica para a construção de edifícios, assistindo-se, sobretudo à utilização em elementos não estruturais (painéis de fachada, blocos de betão para paredes ou pavimentos) e de elementos para pavimentos (lajes de vigotas), isto apesar de estar largamente generalizada na utilização de elementos estruturais pré-fabricados em obras de arte (pontes e viadutos), túneis e outras estruturas especiais (reservatórios, recintos desportivos e infra-estruturas portuárias).

Na realização de uma construção pré-fabricada podem identificar-se cinco etapas de realização: projecto, fabrico dos elementos, transporte, montagem e ligação dos respectivos elementos.

### 2.3. DIFERENTES TIPOS DE CONSTRUÇÕES

Como foi descrito nos subcapítulos anteriores, no nosso dia-a-dia existem inúmeros tipos de construções através do uso da pré-fabricação de betão.

Os diferentes modelos de construção incluem a passagens superiores, nomeadamente pontes e viadutos; passagens inferiores, hidráulicas e de peões; muros de suporte; edifícios; depósitos; outras aplicações sobretudo barreiras acústicas, painéis de fachada, flutuadores de betão.

Nas seguintes imagens podemos observar alguns tipos de construções atrás referidas.



Fig. 2.1 – Ponte Pré-Fabricada [14]



Fig. 2.2 – Passagem Hidráulica [14]



Fig. 2.3 – Muro de Suporte [14]



Fig. 2.1 – Depósito Pré-Fabricado [14]

#### 2.4. O MERCADO EM PORTUGAL E ESPANHA

Desde há 40 anos que a pré-fabricação tem tido um papel fundamental na construção dos dois países. A pré-fabricação surgiu desde então devido ao enorme “boom” imobiliário que se fez sentir em ambos os países. As principais Construtoras, de ambos os países, para dar resposta às inúmeras obras que tinham em carteira, começaram a utilizar elementos construtivos pré-fabricados para resolver questões de falta de tempo, bem como questões económicas que serão desenvolvidas mais à frente nesta dissertação.

A indústria dos elementos pré-fabricados cresceu em grande escala, devido ao vasto campo de aplicação da pré-fabricação. As grandes empresas aprofundaram o conhecimento sobre este novo método bem como as suas enormes potencialidades no mundo da construção. As grandes questões iniciais sobre os materiais em questão foram: as suas características e os rendimentos de fabricação e montagem englobando custos, normas e não esquecendo controlo de qualidade nas construções em causa. [6]

Inicialmente, a Pré-fabricação teve um grande desenvolvimento ao nível dos painéis de fachada, pois conseguiam-se com uma enorme qualidade a baixo custo. Não nos podemos esquecer que estes painéis pré-fabricados permitiam-nos uma concepção de variadas formas, com óptima qualidade, protectores climáticos, solares e acústicos, uma boa manutenção e resistência ao fogo. Quanto às vantagens de custos, possibilitavam um menor tempo de montagem, melhor conciliação de outros trabalhos em simultâneo e um baixo índice de ruído. [6]

Nas últimas décadas em Portugal, a pré-fabricação tornou-se numa solução construtiva utilizada com frequência. Caracteriza-se por ser uma actividade da construção semelhante à das outras indústrias, onde o produto é decomposto em componentes fabricados separadamente sendo posteriormente montados e interligados. É portanto, necessário avaliar em projecto aspectos relacionados com a produção dos elementos, o transporte e a montagem das peças, para além dos aspectos óbvios de análise e da segurança estrutural, mantendo sempre um rigoroso controlo de qualidade.

Em Portugal, as primeiras experiências de pré-fabricação datam dos finais dos anos 40, referindo-se a asnas e vigas trianguladas industriais. Nos anos 50, surgiram realizações mais significativas que incluem pavilhões industriais totalmente prefabricados. Actualmente, o recurso à prefabricação,

engloba já o campo da edificação, das pontes e viadutos. No entanto, nem só de vantagens vive esta solução estrutural. As principais críticas apontadas associam-se, sem dúvida, à necessidade de realizar ligações entre os distintos elementos, cujo comportamento é por vezes difícil de prever. Os elementos que compõem a estrutura, aparentemente, apresentam um melhor comportamento, dado o controlo de qualidade em fábrica.

Regra geral, ainda é pouco usual a utilização de soluções globais em elementos estruturais pré-fabricados em edifícios de habitação, embora existam casos de utilização de alguns sistemas com sucesso. Mais usual é a utilização da pré-fabricação em edifícios administrativos e de comércio, e ultimamente indústrias com armazéns de grande dimensão.

## **2.5. EMPRESAS MAIS FORTES NA PENÍNSULA IBÉRICA**

Com o passar do tempo, a pré-fabricação foi melhorando em todos os aspectos, nomeadamente surgiram novas ferramentas de cálculo e de produção, para que os projectistas, construtores e industriais da pré-fabricação tivessem ao seu dispor os meios necessários para a obtenção de peças de maior dimensões e de melhor qualidade. As grandes empresas da pré-fabricação na Península Ibérica apostaram num forte desenvolvimento para se começar a utilizar os seus materiais nas construções de moradias, edifícios industriais, silos ou pontes.

Relativamente ao Mercado Português, as principais Empresas de Pré-fabricação no âmbito de sistemas industrializados são as seguintes:

- Secil Prebetão;
- Pavicentro;
- MEBEP – Grupo Mota-Engil;
- RICEL;
- RTS – Pré-fabricados de Betão;
- Tecnipor;
- VigoBloco.

Quanto ao mercado Espanhol as principais Empresas são as subseqüentes:

- Prefabricats Pujol;
- Prefabricados Aljema;
- Prefabricados de Hormigon - Vanguard;
- Prainsa;
- Hormipresa;
- Prefabricados CASTELO.

## **2.6. SISTEMAS CONSTRUTIVOS**

Hoje em dia, a utilização da pré-fabricação em construções como edifícios industriais, pavilhões multiusos, bem como armazéns com fins agrícolas, é muito usual na Península Ibérica.

Em função da altura e do tipo de utilização dos edifícios, podem encontrar-se várias soluções estruturais, existindo vários tipos de estruturas pré-fabricadas para os sistemas industrializados:

- Grandes áreas comerciais de um único piso de 5 a 7 m de altura e 10 a 25 m de vão;

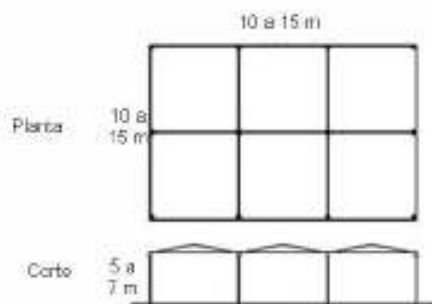


Fig. 2.2 – Grandes Áreas Comerciais [8]

- Naves industriais ou agrícolas, ou pequenos armazéns de um único piso com 5 a 7 m de altura e vãos de 10 a 30 m numa direcção e 3 a 6 m na direcção ortogonal;

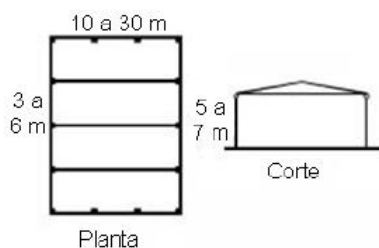


Fig. 2.3 – Pavilhões Industriais e Agrícolas [8]

- Edifícios mistos com um piso geral para armazém ou indústria, e um segundo piso, de menor pé direito numa zona restrita, para escritórios;

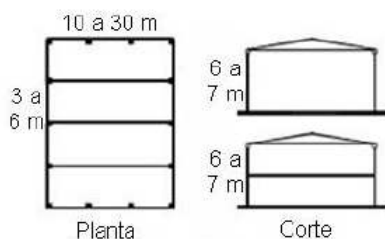
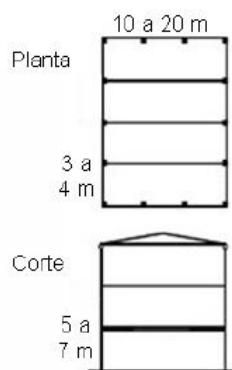


Fig. 2.4 – Mistos Industriais/Escritórios e Armazéns [8]

- Grandes armazéns ou áreas comerciais com 2 a 4 pisos, com vãos de 10 a 25 m numa direcção e 3 a 6 m na direcção ortogonal e altura entre pisos de 5 a 7 m.



**Fig. 2.5 – Armazéns [8]**

Este tipo de construção, neste tipo de edifícios, tem vindo a aumentar significativamente devido a imensos factores, nomeadamente:

- Os avanços ao nível do dimensionamento estrutural, ligações e fixações, que contam com a contribuição de ensaios laboratoriais, garantem o funcionamento exigido e permitem aumentar a qualidade dos projectos;
- O controlo de qualidade dos materiais aplicados, que permite a utilização de materiais de elevado desempenho e/ou materiais pétreos dos mais variados tipos e granulometrias;
- Os equipamentos disponíveis em fábrica, que permitem obter maior precisão nas peças prefabricadas, respeitando-se as tolerâncias dimensionais e garantindo-se a devida compactação, vibração e período de cura, bem como desmoldagem, armazenamento e acabamento final adequados;
- Os meios de transporte, que salvaguardam os produtos de possíveis danos, garantindo o rigor e a qualidade dos materiais;
- A utilização de equipamentos de montagem apropriados, que garantem grande precisão e maior capacidade de carga, permitindo que os trabalhos de montagem sejam executados com rigor num curto espaço de tempo, tendo em vista obter soluções simples e mais económicas.

Salienta-se que esta produção aberta, dando importância à coordenação dimensional e à compatibilidade dos componentes, fez com que o mercado exigisse uma maior flexibilidade, resultando na designada Pré-fabricação Parcial. Esta abordagem associa-se a elementos planos, com a produção de componentes de pequena dimensão, como painéis de fachada, lanços de escada, sistemas de revestimentos, entre outros.

Com a liberdade no grau de industrialização, a pré-fabricação toma várias modalidades, seja total ou parcial, pesada ou leve, aberta ou fechada, que podem ser aplicadas em diversas formas, com distintos componentes e tipologias. [4]

Para a construção destes sistemas industrializados existem vários métodos construtivos, de que realçamos os seguintes:

- Sistemas Estruturais de Pórticos;
- Sistemas de vigas tipo “DELTA”;

- Sistemas de vigas tipo “ITALVAN”.

### 2.6.1. SISTEMAS ESTRUTURAIS DE PÓRTICOS

O sistema estrutural de pórticos é formado por vigas, pilares e ligações que podem conferir à estrutura um total monolitismo ou transmitir apenas alguns tipos de esforços. Neste sistema, os esforços resultantes dos pavimentos são transmitidos às vigas que, por sua vez, descarregam sobre os pilares, pilares estes que podem receber cargas de mais que um piso (Fig.9).

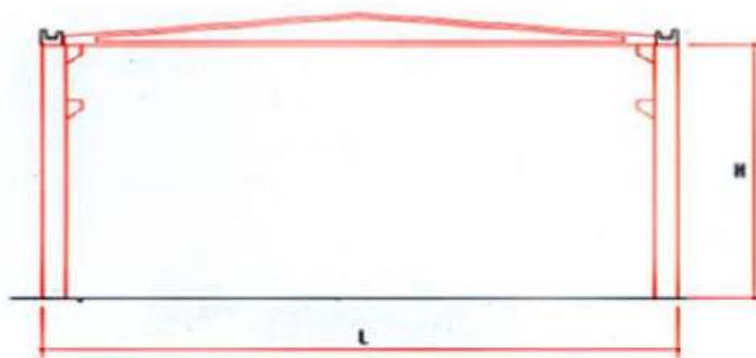
Nestes conjuntos existem sistemas em que é dada continuidade na ligação asna-pilar, formando, deste modo, pórticos transversais, que ao mesmo tempo aumentam a hiperestacidade do conjunto e reduzem os esforços nas fundações. Este tipo de estruturas é bastante vulgar, sendo o maior segmento de mercado da indústria de pré-fabricação de estruturas para edifícios.



**Fig. 2.6 – Sistema de Estruturas de Pórticos [8]**

### 2.6.2. SISTEMA DE TIPO VIGAS “DELTA”

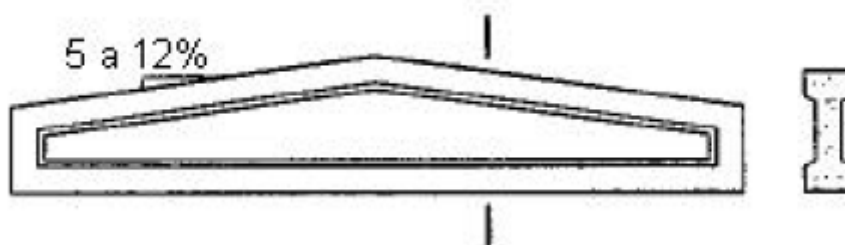
Este tipo de sistema pré-fabricado é constituído por um conjunto de elementos singulares de betão armado produzido em fábrica e solidarizados em obra. É constituído por sapatas, vigas de fundação, pilares, e vigas do tipo delta. Existem vários tipos conforme se pode observar nas figuras abaixo descritas. Devido à limitação do comprimento da viga delta em questão, os armazéns podem não ter grandes dimensões a nível de larguras, por isso englobam maioritariamente armazéns para fins agrícolas. Este tipo de vigas tem comprimento até 15 m, ou a partir deste valor já serão do tipo pré-esforçado. Normalmente, este tipo de construções é constituído apenas por um piso, já que acima das vigas em questão é encastrada a cobertura, conforme se pode observar na figura abaixo representada.



**Fig. 2.7 – Exemplo tipo de sistema de viga “DELTA” [8]**

Embora, tradicionalmente, as estruturas pré-fabricadas surjam associadas a soluções de utilização repetida, actualmente, pela conjuntura da evolução tecnológica relacionada com a concepção e manuseamento dos moldes utilizados nesta indústria, é possível a pré-fabricação de peças por medida em condições economicamente vantajosas, ainda que a produção seja circunscrita a um reduzido número de unidades. Este tipo de vigas pré-fabricadas tem aplicações muito diferenciadas e secções com formas e dimensões igualmente diversas, podendo ser de altura constante ou variável.

Estas vigas têm uma altura variável com inclinações no banzo superior entre 5 e 12%. As dimensões usuais da secção são de 0,25 a 0,5m para a largura e de 0,8 a 1,5m para a altura, variando em função do vão e da existência ou não do pré-esforço (Fig.11).



**Fig. 2.8 – Viga Principal de cobertura “Tipo Delta” [8]**

### 2.6.3. SISTEMAS DE VIGAS DO TIPO “ITALVAN”

Este tipo de sistema construtivo é muito utilizado em naves industriais e polidesportivos, conseguindo coberturas planas. Esta viga tem alturas entre 90 e 125 cm, permitindo a construção de naves de grandes dimensões até 40 m de vão, com diferentes separações entre este tipo de viga “ITALVAN”.

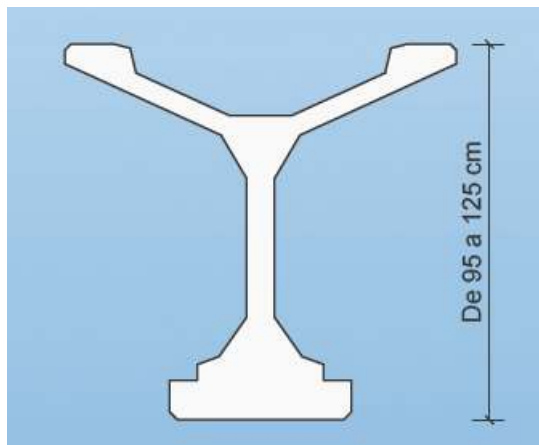


Fig. 2.9 – Viga do Tipo “ITALVAN” [15]

Conforme se pode observar na figura atrás representada, este tipo de vigas permite receber as águas pluviais das coberturas e direccioná-las para onde for mais conveniente.

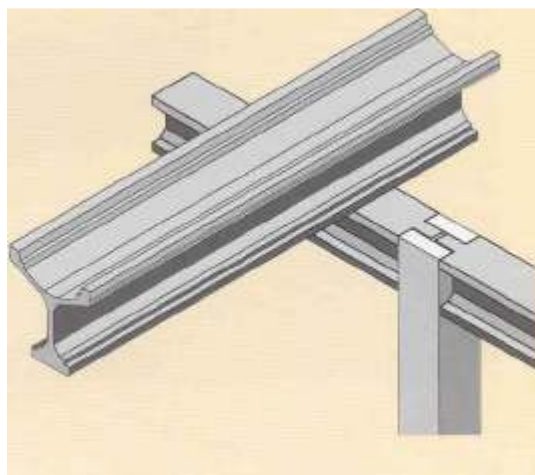


Fig. 2.10 – Exemplo de Aplicação [15]



Fig. 2.11 – Sistema Construtivo Final [15]



# 3

## Classificação e Descrição de Soluções

### 3.1. DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS

Esta dissertação sobre pré-fabricação de sistemas industrializados visa essencialmente armazéns de grande vão, armazéns industriais e pavilhões gimnodesportivos.

Depois de uma pesquisa sobre a pré-fabricação, conclui-se que os elementos mais usuais na concepção deste tipo de construção, são os seguintes: pilares, vigas, lajes, coberturas e não menos importante, as ligações entre os elementos estudados. Quanto às sapatas são betonadas “in situ” devido às suas grandes e variáveis dimensões e possíveis irregularidades dos terrenos. De referir que as lajes também podem ser betonadas “in situ” devido às suas grandes dimensões.

#### 3.1.1. PILARES

Os pilares pré-fabricados são normalmente de secção rectangular ou circular e têm dimensão mínima de 300 mm, para poderem acomodar a ligação às vigas e garantir uma resistência ao fogo que depende da utilização do edifício.

O comprimento dos pilares pode atingir os 12 m para edifícios de um piso e 15 m para edifícios de vários pisos. Como se sabe o comprimento dos pilares pode ser condicionado pelos meios de transporte, de elevação e de montagem.

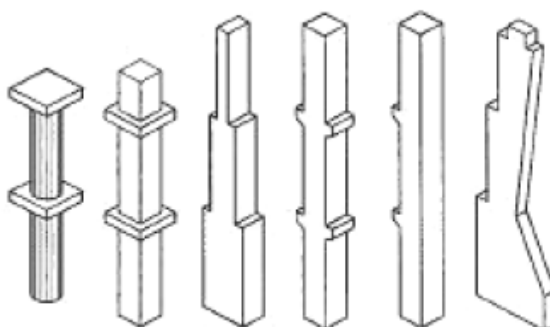


Fig. 3.1 – Exemplos tipo de pilares pré-fabricados [8]

### 3.1.2. VIGAS

As vigas pré-fabricadas têm aplicações muito diferenciadas e secções com formas e dimensões igualmente diversas, podendo ser de altura constante ou variável.

Normalmente consideram-se dois tipos de vigas, as principais de cobertura e as secundárias de cobertura. As primeiras têm dimensões maiores em relação às secundárias de cobertura, para poderem suportar o peso próprio das coberturas e por vezes das lajes que se situam debaixo das coberturas.

As vigas secundárias de cobertura têm comprimentos de 4 a 12 m e a altura da secção varia normalmente de 0,25 a 0,6 m, sendo frequentemente pré-esforçadas por pré-tensão. As vigas principais de cobertura já foram abordadas anteriormente visto fazerem parte de diversos sistemas construtivos.



Fig. 12 – Secções Típicas de vigas secundárias de cobertura [8]

Para os pavimentos existem vigas de secção rectangular, em I, L ou T invertido e soluções variadas de vigas largas com abas laterais para apoio dos painéis de laje, permitindo vencer vãos de 4 a 20 m.

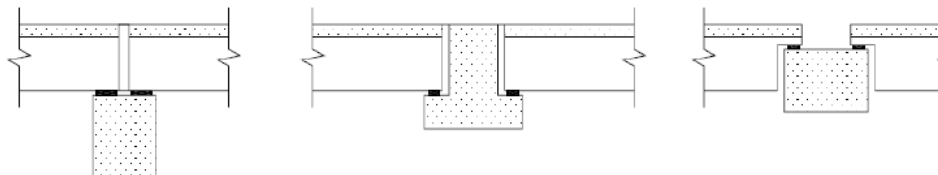


Fig. 3.3 – Alguns tipos de vigas pré-fabricadas [8]

A utilização de vigas com abas laterais é vantajosa quando existe limitação na altura dos pavimentos sendo, no entanto, uma solução mais difícil de fabricar devido às saliências, reentrâncias e arestas vivas e, menos económica do que a tradicional viga rectangular usada para fins múltiplos. A largura da viga também depende da existência de pré-esforço por pós-tensão, pois pode ser necessário incluir na sua largura as cabeças de ancoragem de pré-esforço. Nos armazéns de vários pisos podem, em alternativa, ser constituídos por peças cruciformes em que a ligação viga-pilar é inteiramente pré-fabricada, transmitindo maior monolitismo à estrutura e melhorando o seu comportamento face aos sismos, pois faz deslocar as ligações, habitualmente nas zonas críticas, para fora dos nós.

A desvantagem das vigas pré-fabricadas reside, em parte de modo semelhante aos pilares, nas dificuldades de fabrico, transporte, elevação e equilíbrio durante a sua montagem.

### 3.1.3. LAJES

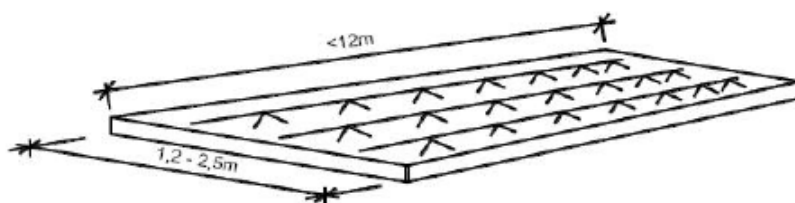
Nas estruturas pré-fabricadas, devido a condicionantes de fabrico e transporte, as lajes tendem a ter uma das dimensões em planta muito superior à outra. Para que estas funcionem em ambas as direcções, será necessário elaborar sistemas de ligação, que aumentam o custo, a complexidade e o tempo de execução, ou tentar executar toda a laje de uma só vez, o que trará grandes condicionantes de transporte, elevação e colocação em obra. Deste modo, esta solução estrutural tende a ser muito diferente das estruturas já aqui referidas e, em geral, são moldadas “in situ”.

Na direcção perpendicular ao vão da laje, os pórticos têm como função resistir às cargas verticais e horizontais enquanto que na direcção dos vãos da laje, os pórticos resistem apenas às acções horizontais. As lajes pré-fabricadas necessitam, em geral, de uma camada de betão complementar, não apenas com função resistente à flexão, mas também para criar um diafragma contínuo ao nível do piso. A superfície superior, nos elementos pré-fabricados das lajes, deverá ser rugosa de modo a garantir uma boa aderência à camada de betão complementar.

As lajes mais comuns, existentes no mercado da Península Ibérica, podem classificar-se da seguinte forma:

- Lajes Pré-fabricadas:
  - Maciças,
  - Vazadas,
  - e nervuradas (laje T, U e duplo T);
- Lajes mistas:
  - Perfis pré-esforçados,
  - Pré-lajes,
  - e aligeiradas.

As lajes com pré-lajes de betão armado ou pré-tensionado são uma cofragem perdida resistente, originando uma laje maciça. Têm normalmente uma largura máxima de 2,5 m, por limitações da largura do transporte durante a execução para vãos superiores a 3m.



**Fig. 3.4 – Pré-Laje [8]**

As lajes alveoladas de betão pré-tensionado são constituídas por pranchas vazadas por alvéolos, com 1,2 m de largura colocadas lado a lado e, solidarizadas entre si por uma camada de betão complementar betonado em obra. podem vencer vãos até 20 m e o seu sistema de ligação tem capacidade para distribuir esforços entre os painéis.

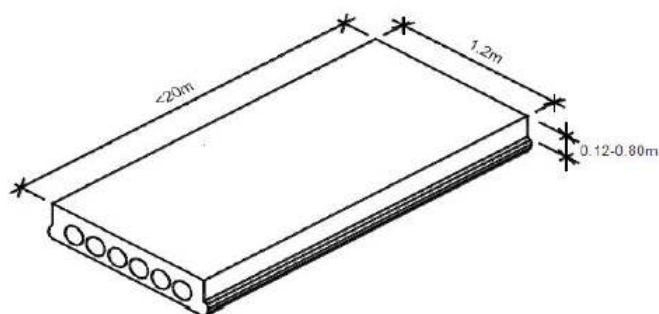


Fig. 13 – Laje Alveolada [8]

As lajes com pré-lajes em U, ou em duplo T, de betão armado ou pré-tensionado, com betão complementar, que têm larguras até 2,5 m e vencem vãos até 24 m, são normalmente pré-tensionadas.

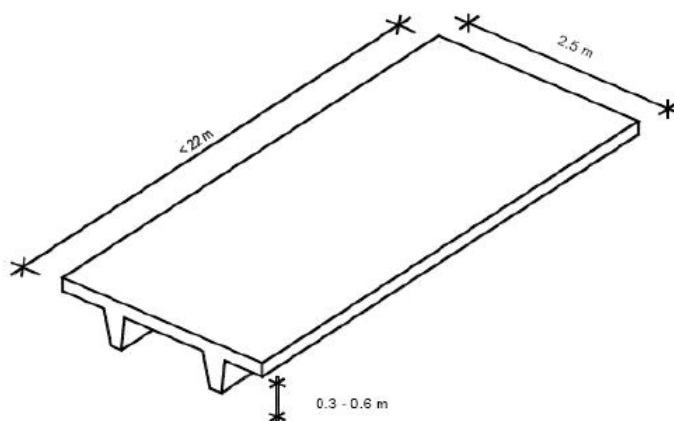


Fig. 3.6– Laje em duplo T [8]

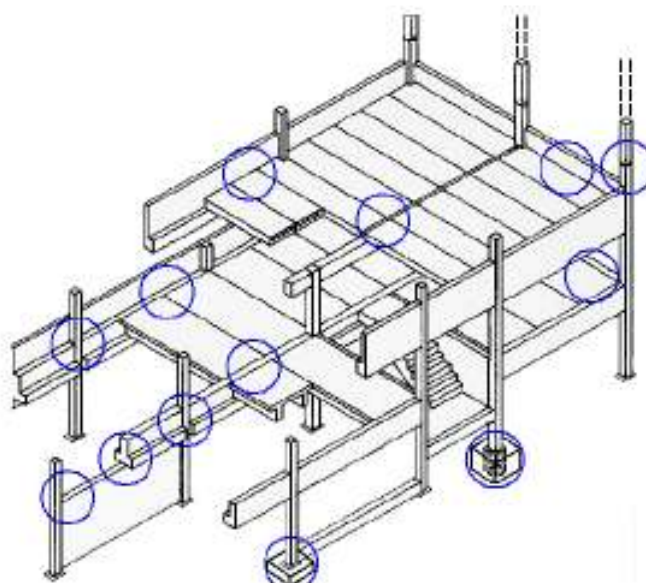
Devido à grande variedade de sistemas de lajes, o projectista tem de escolher sempre a que melhor se adequa à construção em questão. Esta decisão tem de ter em conta a função para que se destina o sistema industrializado. As lajes pré-fabricadas têm a vantagem de ter encaixes próprios em relação às lajes maciças para se interligarem com as vigas e pilares. [8]

#### 3.1.4. LIGAÇÕES

Os elementos pré-fabricados, devido às boas condições de fabrico, podem obter um desempenho estrutural superior aos betonados in situ, maiores vãos, pilares mais esbeltos, secções de betão menores e grandes espaços interiores livres. Por este motivo, os elementos pré-fabricados não deverão levantar qualquer problema a nível de desempenho estrutural. Existe assim a necessidade de garantir, com a mesma qualidade, a transmissão de esforços entre dois elementos pré-fabricados adjacentes ou entre um elemento pré-fabricado e um betonado in situ. Esta transmissão de esforços é assegurada por ligações. As ligações entre peças pré-fabricadas assumem um papel de grande importância porque sempre foram apontadas como o elo mais fraco da construção com soluções pré-fabricadas. Logo é de extrema importância desenvolver estudos e conhecer detalhadamente os tipos de ligações de modo a se poder garantir com segurança um desempenho aceitável de toda a estrutura.

Como se sabe as ligações são meios que interligam elementos construtivos diferentes. Destacam-se os seguintes tipos de ligações:

- Ligação Pilar-Fundação, entre a face inferior do pilar a face superior da fundação;
- Ligação Pilar-Pilar, entre pilares sobrepostos ou a meia secção dos pilares;
- Ligação Viga-Pilar, entre as extremidades das vigas e os pilares na zona dos nós;
- Ligação Laje-Viga entre as extremidades das lajes e as vigas de suporte.



**Fig. 3.7 – Exemplos de Ligações numa Estrutura Porticada [13]**

Nas ligações existem também vários tipos de fixação entre os elementos referidos anteriormente, como os abaixo referidos.

- Ligações aparafusadas, em que as peças são ligadas com o recurso a parafusos, tipo de ligação semelhante às ligações aparafusadas entre peças metálicas;
- Ligações soldadas, em que a ligação é efectuada soldando chapas ou outros elementos metálicos salientes das peças a ligarmos;
- Ligações Pré-esforçadas, aplicando um pós-esforço às peças pré-fabricadas a ligar;
- Ligações de continuidade betonadas em obra, em que se betona em obra as zonas dos elementos a ligarem proporcionando assim amarração aos varões salientes das peças;
- Ligação coladas, em que se colam os elementos a ligar, geralmente recorrendo a resinas epoxídicas;
- Ligações de apoio simples, em que um dos elementos apenas é pousado sobre o elemento de suporte.

Para garantir a correcta transmissão de esforços, depois de conhecidos os elementos a ligar, é necessário determinar quais os esforços predominantes. Em situações reais resultam da combinação dos esforços de compressão, corte, tracção, torção e flexão. Para exemplificar os vários tipos de ligações e respectivos esforços entre os vários elementos, temos a figura abaixo que ilustra muito bem onde se situam as ligações. [9]

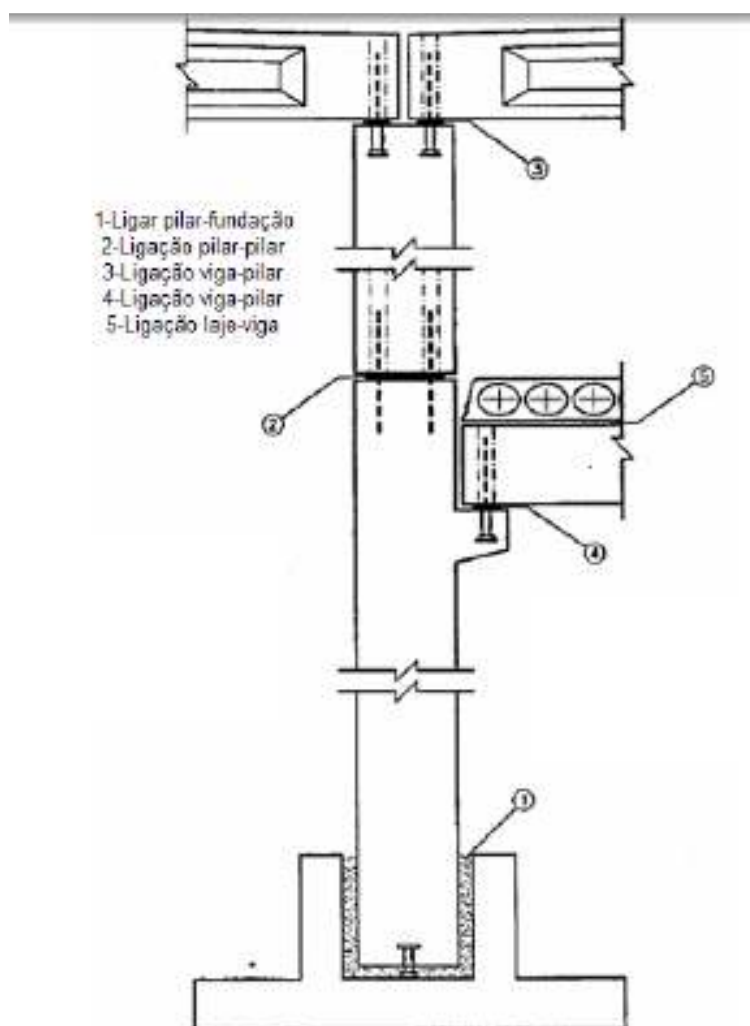


Fig. 3.8 – Exemplos de Tipos de Ligação [8]

### 3.2. TRANSPORTE PARA A OBRA E MONTAGEM

Antes de as peças serem aplicadas em obra terão de resistir a várias fases, que vão desde a sua construção até à colocação em obra, passando pelo seu transporte. Para cada uma dessas fases será necessário o devido cuidado, para que em nenhuma delas ocorra rotura, tanto total, como parcial, de modo a que as peças em questão não percam resistência estrutural, bem como uma boa aparência final. As fases críticas das situações transitórias são:

- A desmoldagem;
- O transporte para a área de armazenamento;
- O armazenamento (condições de apoio e de carga);
- O transporte para o local da obra;
- O levantamento (elevação);
- A montagem e construção definitiva.

O transporte das peças pré-fabricadas processa-se normalmente através de camiões. A distância máxima entre a fábrica e o estaleiro que permite manter a rentabilidade varia entre os 150 e os 360 km, dependendo do tipo de produtos, infra-estruturas rodoviárias existentes, etc. No caso de ser feito por barco ou comboio, consegue-se rentabilidade até distâncias da ordem dos 1000 km. Os meios para efectuar o transporte devem possuir elementos que garantam a boa amarração das peças, de forma a evitar saltos, que poderão danificar os elementos.

O procedimento de elevação em obra pode afectar o peso máximo permitido para uma peça, dependendo da acessibilidade da grua ao local ou da capacidade de carga da grua. Estes meios de elevação devem ser previstos, bem como a sua localização em obra, para poder precaver as situações que possam causar danos nas peças pré-fabricadas. Para o levantamento destas estruturas, deverão ser colocados vários apoios de suspensão, de modo a evitar estragos nas mesmas. O ângulo que o cabo do apoio de suspensão terá que fazer com a horizontal é de pelo menos 60°, para garantir a segurança das peças.

Logo, quando se fala em transporte e elevação, é preciso ter muita atenção quando se realiza o projecto, pois é o projectista que estipula a dimensão das peças, coordenando todas as operações necessárias. [10]

### **3.3. TEMPO DE EXECUÇÃO EM OBRA**

A industrialização é um método baseado essencialmente em processos organizados de natureza repetitiva, nos quais a variabilidade incontrolável e casual de cada fase de trabalho, que caracteriza as acções artesanais, é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade executiva, característica das modalidades operacionais ou totalmente mecanizadas. Logo, o conceito de industrialização voltada para a construção civil pressupõe organização, planeamento, continuidade executiva, repetição e eficiência no processo de produção, tudo dentro de uma visão global das várias interfaces que compõe a execução de um edifício.

O prazo de execução de uma obra é um dado crucial e normalmente condicionante. É aqui que a pré-fabricação mostra todo o seu potencial, já que o tempo de montagem / construção relativamente às estruturas betonadas “in situ”, em que há que esperar em cada fase que os elementos estruturais betonados atinjam uma resistência mecânica adequada, é muito menor. Não só por uma mais rápida montagem, mas também porque enquanto os trabalhos de fundações estão a ter lugar no estaleiro, os elementos pré-fabricados são produzidos em fábrica ao mesmo tempo. Simultaneamente, pode aumentar a velocidade do processo construtivo ao permitir que se iniciem outros trabalhos / subempreitadas em parte da estrutura já montada, enquanto se continua a montar a estrutura dos pisos superiores. Importante é também o facto de, em geral, se dispensarem escoramentos temporários, já que quando os elementos são montados já apresentam elevadas resistências mecânicas. [3]

Normalmente este tipo de trabalho é executado por equipas multidisciplinares afectas às Empresas de Pré-fabricação de betão, por possuírem os meios adequados para o respectivo transporte e montagem dos elementos necessários para a construção dos armazéns industriais e outro tipo de Edifícios. A redução do tempo em obra também se deve à elevada mecanização de todos os processos de montagem, o que permite avançar com variadas e diferentes frentes de trabalho. Existe uma maior facilidade no controlo de qualidade, logo pode-se avançar mais rápido com as diversas tarefas, diminuindo o controlo mais apertado por parte das equipas de fiscalização. A existência de intempéries, normalmente, não atrasa a frente de obra pois permite-se avançar com os trabalhos desde que haja condições para tal.

Em resumo, estes factores atrás mencionados permitem uma redução significativa do tempo de execução de obra. Logo, esta diminuição pode permitir uma redução de custos significativa, em que será abordada no capítulo seguinte desta dissertação.

### 3.4. MÃO-DE-OBRA

Como se pôde verificar anteriormente, a pré-fabricação permite-nos realizar alguns tipos de construções em menor tempo do que as construções feitas pelos métodos tradicionais. A produção em unidades industriais vocacionadas especificamente para esse fim, com rotinas de produção e pessoal especializado que possibilitam e facilitam um controle de qualidade eficiente ao longo de todo o ciclo produtivo, desde as matérias-primas aos ensaios do produto final.

Esta agilização do processo implica menor necessidade de mão-de-obra “in situ” devido à não produção de certas tarefas, como aplicação de cofragens, escoramentos, betonagens, etc. Devido à não execução deste tipo de tarefas, consegue-se diminuir significativamente o número de trabalhadores numa obra, mas necessita-se de um número expressivo de mão-de-obra qualificada e de meios (máquinas e sistemas de elevação) que permitam executar os trabalhos pretendidos tanto no fabrico como na produção. Devido ao crescente aumento do custo de mão-de-obra, resultante da maior especialização da mesma e da diminuição dos prazos de construção impostos pelos Dono de Obra cada vez mais exigentes, a pré-fabricação terá a tendência de ocupar uma quota de mercado cada vez maior.

Quer queiramos, quer não, os acidentes de trabalho estão quase sempre relacionados com a mão-de-obra, logo a diminuição destes está directamente relacionada com o número de horas de trabalho em estaleiro, que neste caso é muito inferior, com o nível de profissionalismo e com a eficácia do equipamento que permite a execução deste tipo de Edifícios. O uso de equipamento de transporte, elevação e montagem estritamente adequado a par de um menor recurso a equipamento e materiais auxiliares como por exemplo escoramentos e cofragens, são factores determinantes, assim como a mão-de-obra de montagem utilizada geralmente mais qualificada, mais eficiente e com outro tipo de comportamento.

No capítulo seguinte abordar-se-á a questão dos custos para termos uma noção se compensa ter mão-de-obra qualificada e dispendiosos sistemas de elevação em detrimento de mão-de-obra não qualificada.

### 3.5. TIPOS DE BETÃO

O betão pré-fabricado é executado em instalações distantes da obra. A capacidade de produção da fábrica e produtividade do processo dependem principalmente dos investimentos em moldes e equipamentos. Dependendo do tamanho dos elementos, deve considerar-se a questão do transporte da fábrica até à obra, bem como o seu custo e as facilidades de transporte. O betão pré-moldado em estaleiro é executado em instalações temporárias nas proximidades da obra e essas instalações podem ser mais ou menos sofisticadas. Para este tipo de elemento, não há necessidade de considerar o transporte de longa distância, e portanto, as facilidades de transporte e a obediência a gabarito de transporte não são condicionantes para a sua utilização. [8]

Quanto à secção utilizada, o pré-fabricado de secção completa é utilizado de modo a que a sua secção resistente seja formada fora do local de utilização definitivo. Na aplicação deste tipo de pré-fabricado pode ocorrer o emprego de betão moldado no local, em ligações ou regularizações, não ampliando a secção resistente. O pré-fabricado de secção parcial é moldado apenas como parte da secção resistente final, que posteriormente se completa na posição de utilização definitiva com betão moldado no local. Com a utilização deste tipo de elementos, há maior facilidade na realização das ligações, para além da betonagem no local proporcionar um certo grau de monolitismo à estrutura. [8]

Quanto à categoria do peso do betão, em que temos pré-fabricado “leve” e “pesado” existe alguma distinção em que o primeiro não necessita de equipamentos especiais para o seu transporte e montagem, mas o segundo já precisa de meios especiais para o seu transporte e montagem. O betão



pré-fabricado “leve” devido ao seu baixo peso pode permitir o improvisar em obra de alguns equipamentos de elevação, podendo mesmo vir até ser de meio manual.

Na categoria de aparência de betão pré-fabricado estrutural e arquitectónico, o primeiro será aquele que pouco exige a nível de aparência do elemento, por outro lado o arquitectónico exige uma forma especial ou padronizada que mediante o acabamento, cor, textura ou forma contribuindo para a arquitectura, ou efeito de acabamento da construção, podendo também estes elementos ter uma função estrutural. No betão pré-fabricado geralmente exige uma preocupação com a aparência, podendo estar a ser de maior grau (emprego combinado ou não de recursos: acabamentos com agregados expostos, polimento, pedra ou emprego de relevos) ou de menor grau (dosagem adequada para evitar falhas superficiais).

### **3.6. NORMAS E EUROCÓDIGOS**

Nas normas (EC2 e EC8), nos regulamentos (actualmente REBAP e RSA) relativos a estruturas pré-fabricadas, existe implicitamente o princípio que as ligações devem ser mais resistentes do que os elementos a ligar, deste modo, a segurança da estrutura é condicionada pelos seus elementos e não pelas ligações. Os valores de segurança dependem de um conjunto de factores: natureza das acções, estados limites, materiais utilizados, localização das ligações, ductilidade e processo construtivo. A regulamentação existente em Portugal vai ser substituída, a breve prazo, pelos Eurocódigos, sendo fundamental a sua compreensão para uma aplicação correcta. Para o dimensionamento de estruturas de betão armado é necessário considerar especificamente o Eurocódigo 2 (EN 1992-1-1: Regras Gerais e regras para Edifícios) e o Eurocódigo 8 (EN 1998-1: Regras Gerais, Acções sísmicas e regras para Edifícios), relativo ao projecto sismo-resistente. Mais detalhadamente o EC2 refere questões específicas de acções e resistências de elementos de betão armado e dedica uma secção à pré-fabricação (secção 10); enquanto o EC8 define a acção sísmica e regras de dimensionamento e pormenorização para zonas sísmicas. Nesta norma, a secção que se refere especificamente a estruturas pré-fabricadas é a quinta.

Actualmente em Portugal, a regulamentação vigente não refere especificamente questões relacionadas com estruturas pré-fabricadas em betão armado. O Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP) não distingue as estruturas moldadas no local das estruturas pré-fabricadas, e o Regulamento de Segurança e Acções (RSA) define as acções, incluindo a acção sísmica. [8]



# Armazém Exemplo

## 4.1. APRESENTAÇÃO

Ao longo desta dissertação tem-se falado acerca da pré-fabricação, mais propriamente sobre a concepção de sistemas industrializados de betão armado, ou seja, armazéns industriais. Como no capítulo seguinte se abordará as vertentes técnica e económica, torna-se assim fundamental definir uma solução tipo, com dimensões industriais, que possa servir de base dos estudos a efectuar.

Desenvolveu-se assim um projecto base de um armazém com 1000 m<sup>2</sup>, projectado com base nos elementos construtivos de um fabricante de soluções pré-fabricadas para armazéns, cujo catálogo geral se apresenta no Anexo 2.

No subcapítulo seguinte faz-se uma apresentação do armazém projectado, descrevendo os materiais e componentes a colocar em obra, a e caracterizando genericamente a solução a construir.

Nos dois últimos subcapítulos faz-se uma descrição pormenorizada da solução projectada em que, no penúltimo, se enumeram as diferentes dimensões implementadas e no último se apresentam pormenores de construção, retirados do catálogo acima identificado.

## 4.2. ARQUITECTURA

O sistema industrializado é um exemplo de um armazém industrial do século XX pois, como terá fins agrícolas, comerciais ou industriais, não necessita grande cuidado arquitectónico o nível dos pormenores e soluções construtivas. De salientar que o armazém tem de ser concebido para um fim específico, sendo possível posteriormente alterar-se a sua finalidade. É fundamental adequar o armazém a certos padrões de conforto, garantir total e plena utilização de quem o vai utilizar e finalmente definir uma estratégia, com algum rigor, de modo a respeitar e promover a construção do armazém de forma adequada. Este vai-se inserir num lote, com dimensões muito maiores do que o armazém. Devido à grande área do lote, pode-se projectar um sistema industrializado de dimensões correntes, com 4 fachadas livres. No exemplo projectado, o armazém tem uma área de 1000,0 m<sup>2</sup>. Devido à facilidade de implementação do sistema, é necessário evitar construí-lo com uma das fachadas virada a Norte para evitar condensações superficiais e evitar aparecimento de patologias (bolors, efluorescências e manchas), sendo assim decidiu-se implantá-lo com a orientação Nascente/Poente.

O armazém industrial está situado no Distrito de Bragança, com uma área de implantação de 1000 m<sup>2</sup>, em que o seu comprimento e largura serão de 50,0 e 20,0 m, respectivamente. O pé-direito da nave industrial é de aproximadamente 6,0 m livre sob a asna. Será constituído apenas por um piso térreo, ou seja, Rés-do-Chão. Optou-se por uma laje térrea, sem qualquer divisão no interior do armazém para, como se disse anteriormente, se possa assumir usos de qualquer tipo. O acabamento do pavimento térreo será em betão levemente armado com 15,0cm de espessura, com betão reforçado com fibras metálicas, adicionado de endurecedor de superfície, com acabamento polido, incluindo atalochamento mecânico (helicóptero).

Os únicos acessos deste sistema serão através de dois portões metálicos, do tipo de fole, com 6,0 m de comprimento e 4,0 m de altura que estão inseridos nos alçados (principal e posterior). As laterais não

possuem qualquer janela, pois assim os painéis de betão são corridos e evita-se que tenham vãos de janela, de modo a permitir a intrusão de pessoas alheias ao armazém.

As caleiras são executadas em betão armado com geometria em “U”, com ligação sobre o topo dos pilares, tendo como principal função o escoamento das águas pluviais da cobertura, sendo para tal impermeabilizadas em obra. São muito importantes também, pois permitem o travamento da estrutura pré-fabricada.

Os painéis de fachada obedecem a elevados padrões de qualidade, pois são fabricados em mesas com vibração o que lhes garante um excelente acabamento. Estes são estudados e concebidos para serem aplicados em estruturas de betão armado, mas também têm a particularidade de poderem ser também aplicados em estruturas metálicas. O travamento da estrutura é garantido por um sistema macho-fêmea e fixações metálicas aparafusadas. Para este armazém, os painéis têm um acabamento em Betão Cinza Liso de um dos lados.

A cobertura será constituída por painéis metálicos, do tipo “Sandwich”, apoiados em madres e asnas pré-fabricadas em betão armado. Para proteger das agressividades climatéricas a que normalmente as estruturas estão sujeitas, colocar-se-á poliuretano expandido à base de material plástico celular. A iluminação é do tipo zenital, ou seja, através de painéis translúcidos em policarbonato em cerca de 10% da área da cobertura. Os rufos de remate serão em chapa zincada quinada com cor idêntica à chapa da cobertura.

Os espaços exteriores terão uma área de aproximadamente 400,0m<sup>2</sup>. Serão realizados trabalhos de terraplanagem do terreno (desmatção, decapagem, escavação e aterro), pavimentações e instalações das diversas infra-estruturas exteriores. Os pavimentos previstos serão em pedra de chão de betão tipo pavê. Será feito um tratamento dos espaços verdes (sementeiras, plantações e camada de godo no jardim).

Para se ter uma noção de como será concebido este armazém pode-se visualizar, no Anexo 1, todo o tipo de desenhos a nível arquitectónico (planta de Rés-do-Chão, planta da Cobertura, alçado principal e posterior, alçados laterais, e cortes longitudinal e transversal).

### **4.3. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO**

#### **4.3.1. ESTRUTURA**

Após a realização de um estudo prévio, e de uma breve consulta às maiores empresas de pré-fabricação situadas em Portugal, concluiu-se que o armazém poderia ser construído com pórticos, pois outras soluções de sistema, anteriormente apresentadas nos capítulos 2 e 3, seriam mais eficientes para armazéns de maiores vãos, de outra constituição e para outras finalidades. As vigas e pilares terão secções resultantes do cálculo de pré-dimensionamento da estrutura.

A nave é constituída por 8 pórticos de 20,0 m, afastados aproximadamente 7,05 m (ver desenhos no Anexo 1).

Iniciando a Superestrutura pelas Fundações, executam-se sapatas com uma tensão mínima de serviço no contacto com o solo de 250 kPa, com a aplicação do betão de classe C25/30, armadura em aço A500NR e respectiva cofragem e descofragem. Todas as partes do terreno, afectadas pelo trabalho de abertura de caboucos, deverão ficar convenientemente cheias, limpas e regularizadas. O betão a empregar na regularização, enchimento e selagem das bases das fundações terá a dosagem de cimento mínima regulamentar. Em todos os caboucos será executada uma camada de regularização. A escavação a efectuar conta com a altura correspondente a este betão.

De seguida encastram-se os pilares com uma altura máxima de 7,0 m nas sapatas betonadas anteriormente. As ligações pilar/fundação são executadas “in situ” e a sua ligação com os pilares pré-fabricados será executada por ligações aparafusadas.

Depois de colocados os pilares, passa-se para a cobertura em que é necessário montar as asnas e madres para posteriormente se colocar a cobertura pretendida. A cobertura será constituída por painéis do tipo “Sandwich” de 30,0 mm de espessura. Serão aplicados, em 10% da área útil da cobertura, painéis translúcidos que vão permitir a iluminação zenital do armazém. Não menos importante, é a aplicação das caleiras com descarga e com respectiva impermeabilização com tela asfáltica. Estas também possuem a função de travamento da estrutura principal de pilares e vigas.

Ao nível das paredes laterais, aplicam-se painéis de fachada com 12,0 cm de espessura, até 6,40 m de altura, que são suficientes para cobrir as laterais e os topos da nave industrial. Estes painéis incluem na sua concepção o próprio travamento da estrutura que é realizado através da ligação macho-fêmea e fixações às estruturas da cobertura. Os painéis têm uma espessura máxima de 30,0 cm e dentro da ligação macho-fêmea são aplicados, do lado exterior, cordões de mástique de poliuretano para garantir adequada estanquidade à água e ao ar. De referir que, no interior dos painéis, existe armadura do tipo treliça, bem como uma camada de malhasol para lhe conferirem consistência. Se necessário, é possível aplicar impermeabilizante nos painéis para permitir melhor conforto térmico e acústico, apesar de o acústico já atingir valores satisfatórios. Os painéis são fixados aos pilares de betão armado pré-fabricado através de buchas químicas do tipo “SpitFix”. Nas esquinas do armazém, os painéis são laminados e aplicados de modo a não se visualizar o pilar que suporta esses mesmos painéis de fachada.

As peças pré-fabricadas são executadas em moldes metálicos, o betão utilizado é da classe C35/45 (em conformidade com a Norma EN 206-1), e o aço em armaduras será da classe A500NRSD, e o aço de pré-esforço será da classe Y1860 S7 15.2.

Poder-se-ão aplicar outros materiais pré-fabricados de betão armado, mas pensa-se que serão dispendiosos e dispensáveis para armazéns deste tipo. Por isso, no subcapítulo seguinte, definem-se soluções de elementos construtivos que recorrem a outros tipos de materiais não pré-fabricados.

#### 4.3.2. OUTROS ELEMENTOS EXTERNOS ÀS EMPRESAS TIPO

Para a construção de um sistema industrializado deste tipo, não basta solicitar uma solução do tipo chave na mão às empresas de pré-fabricação de betão armado, pois existem alguns elementos construtivos que eles não possuem. Logo, no que respeita a Instalações Especiais previram-se as seguintes Infra-estruturas e outros elementos construtivos fundamentais:

- Pavimento constituído por uma Laje Térrea (inclui impermeabilização da base e tratamento superficial);
- Sistema de Drenagem de Águas Pluviais (inclui caleiras, tubos de queda e caixas de visita);
- Sistema de Abastecimento de Água (tubagens e respectivos acessórios);
- Sistema Eléctrico, ITED e Segurança (tubagens, cabos eléctricos, tomadas, armaduras e luminárias);
- Sistema de Ventilação (inclui ventilador, condutas e grelhas de extracção);
- 2 Portões metálicos com 6,0 m de comprimento por 4,0 m de altura, do tipo fole;

Para o fornecimento e aplicação destes sistemas e materiais, descritos anteriormente, é necessário contratar empresas específicas no seu ramo ou, em alternativa, contratar o fornecimento desses serviços ao prefabricador que os subcontratará a empresas da especialidade.

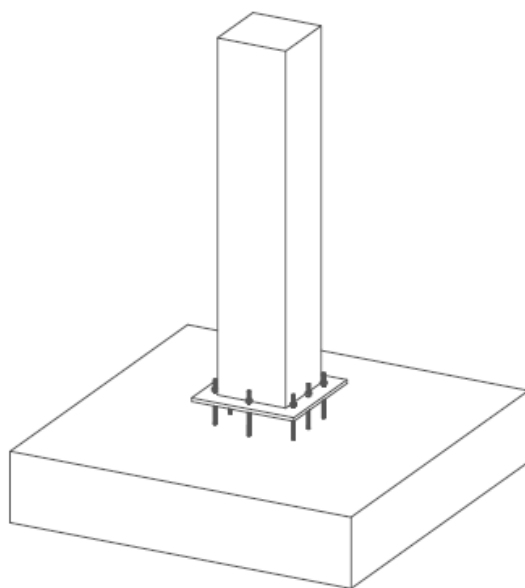
#### 4.4. ALGUNS PORMENORES

Neste subcapítulo, descrevem-se alguns detalhes do Armazém Tipo, relativamente aos elementos pré-fabricados. As soluções apresentadas anteriormente materializam-se em múltiplos detalhes, não mencionados, que se passam a citar.

Relativamente às ligações Pilar / Fundação, as sapatas são executas “in situ” e a sua ligação com os pilares pré-fabricados poderá ser executada de três formas distintas:

- Ligações Aparafusadas;
- Cálice de Encastramento;
- Armaduras encaixadas em bainhas.

No nosso armazém tipo executar-se-á a ligação do tipo aparafusada, que está representada na seguinte Figura.



**Fig. 4.1– Ligação Aparafusada [16]**

Relativamente à ligação do pilar com a caleira, é feita através de um ferrolho, acrescida de betão de selagem “in situ”. Esta ligação é muito importante pois, como foi dito anteriormente, o armazém será construído por pórticos em que estes vão ser travados entre si pelas caleiras que têm dupla finalidade: receber as águas pluviais da cobertura e travar a estrutura pré-fabricada. Para se ter uma noção de como é feita a ligação referida, ilustra-se a mesma na Figura 4.2.

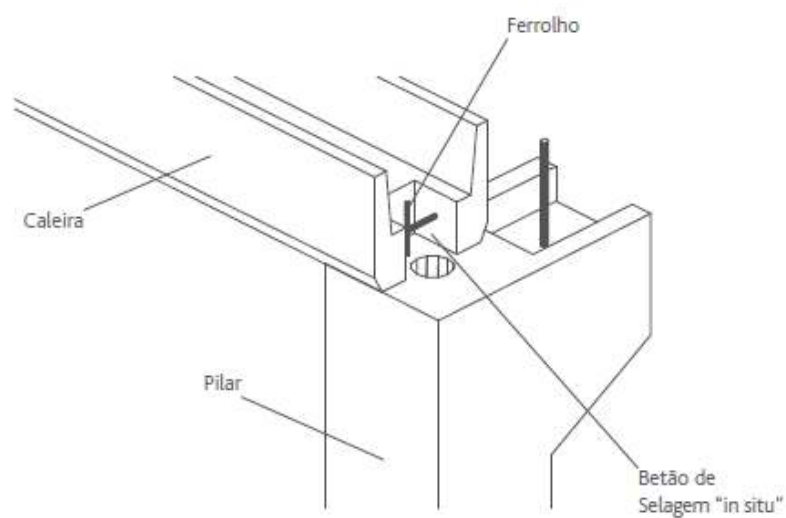


Fig. 4.2– Ligação Pilar / Caleira [16]

As caleiras, como se disse anteriormente, têm um papel fundamental neste tipo de construção, sendo assim interessante ilustrar o tipo de ligação que possui com a Cobertura. Na figura abaixo representada mostra-se um pormenor da caleira com as vigas e painéis de fachada.

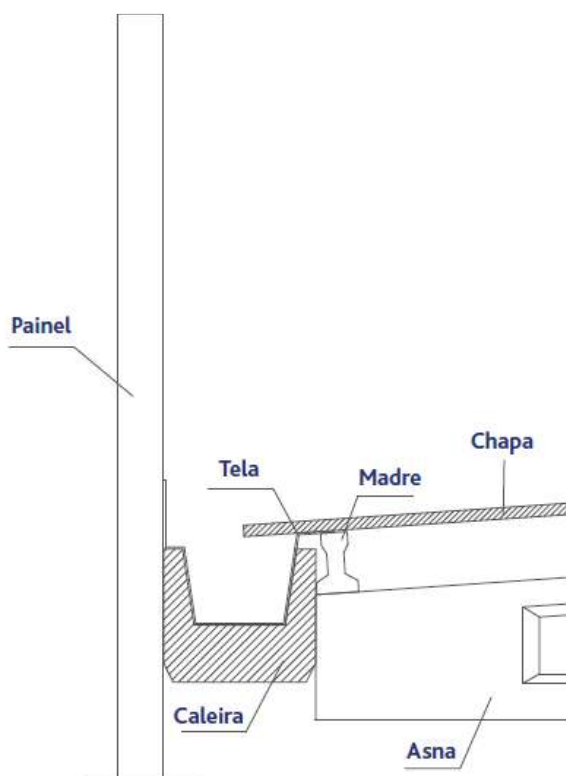
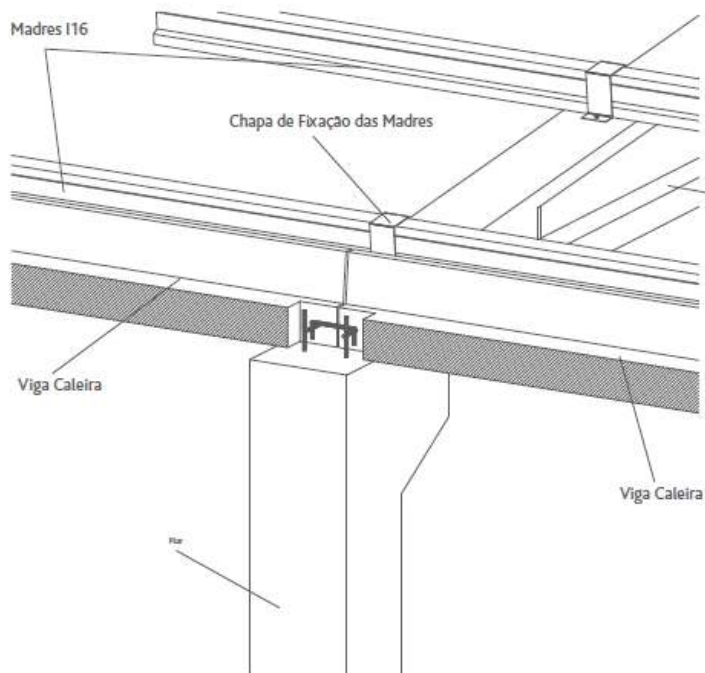


Fig. 4.3– Pormenor do Funcionamento Viga / Caleira [16]

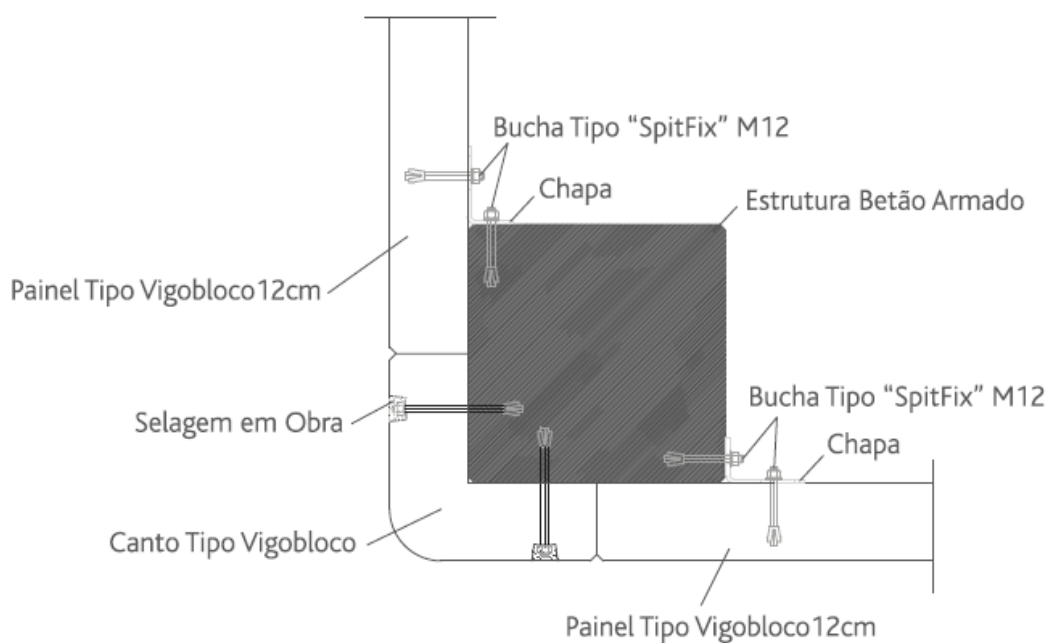
Na cobertura resta abordar a questão da ligação das madres com as vigas transversais do armazém tipo. Esta ligação será feita com uma chapa de fixação que será aparafusada às vigas dos pórticos. Na figura abaixo representa-se esse tipo de ligação.



**Fig. 4.4 – Pormenor de ligação Viga / Madre [16]**

Relativamente aos painéis de fachada, é importante realçar a ligação que estes têm com os pilares dos pórticos. Como foi referido anteriormente, esta ligação é feita através de buchas químicas entre o painel de fachada e o pilar. Também pode ser colocada uma cantoneira para encostar ao pilar e ao painel de fachada pelo interior do armazém, para posteriormente se aplicarem outras buchas químicas entre o painel e a cantoneira e ainda entre a cantoneira e o pilar do pórtico. Para se ter uma ideia do pormenor acabado de descrever, apresenta-se na figura 4.5 um possível detalhe desta ligação.





**Fig. 4.5 – Exemplo de fixação de Painéis de Fachada [16]**

Apresenta-se no Anexo 2 o catálogo tipo do fornecedor seleccionado para sustentar a solução projectada, de onde se podem retirar outro tipo de ligações necessárias à montagem dos elementos pré-fabricados, bem como outro tipo de dimensões dos materiais utilizados e os mais variados tipos de acabamentos aplicados pela empresa em questão.



# Avaliação Técnica e Económica

## 5.1. METODOLOGIA

Este capítulo destina-se a avaliar as características técnicas e económicas do sistema industrializado de betão armado descrito anteriormente no capítulo 4.

Em primeiro lugar evidenciam-se as características técnicas da solução que passa pela pré-fabricação de betão armado. É importante destacar as particularidades desta solução para realçar as suas vantagens em relação a outras soluções. As características essenciais a destacar são as seguintes:

- Desempenho estrutural: a solução projectada tem de assegurar, segundo as normas e regulamentos vigentes, que nada compromete a segurança do sistema em causa;
- Durabilidade, pois hoje em dia, quando se constrói algo, exige-se que a solução construída tenha uma boa duração;
- Resistência ao fogo, pois caso haja um incêndio a segurança estrutural não pode ser posta em causa;
- Conforto Térmico e Acústico, pois as Normas presentes são muito rígidas e apesar de ser um armazém não se pode deixar estas práticas de parte.

Em segundo lugar elabora-se um orçamento da solução apresentada no capítulo anterior que se resume a uma estrutura de um armazém pré-fabricado, acrescido de sistemas de abastecimento de água, sistemas eléctricos, sistemas de ventilação, e outros, para se obter um preço/m<sup>2</sup>. De seguida, com os preços existentes de mercado, estipula-se um preço/m<sup>2</sup> num armazém tipo do mesmo género, mas todo ele construído em aço.

Finalmente, procede-se à análise económica, através da análise dos preços de ambos os casos descritos anteriormente, bem como os custos de manutenção dos mesmos, para elaborar uma análise global final dos elementos estudados e poder-se tirar conclusões.

## 5.2. AVALIAÇÃO TÉCNICA

As estruturas pré-fabricadas estão sujeitas, de uma forma geral, ao mesmo tipo de acções que um estrutura betonada “in situ”. Deste modo, as características estruturais gerais a exigir a este tipo de estrutura são as mesmas que no caso de um estrutura moldada “in situ”. O betão pré-fabricado, incluindo as suas variações, apresenta grande parte das qualidades desejáveis para materiais de construção e características apropriadas para a industrialização. Essas qualidades, conjugadas com o custo, tornam-no um material bastante viável para a industrialização. O recurso a soluções pré-fabricadas possibilita uma maior qualidade e durabilidade das construções resultantes das classes de resistência de betões utilizados no fabrico das peças pré-fabricadas. Ao mesmo tempo, a pré-fabricação permite a garantia da qualidade ao poder rejeitar peças defeituosas, sendo que tal não é possível no caso das construções betonadas “in situ”.

Os materiais usados na construção de qualquer armazém ou edifício devem apresentar as seguintes qualidades desejáveis: grande durabilidade, não necessitar de grandes cuidados de manutenção, isolante térmico e hidrófugo, resistentes ao fogo, estabilidade volumétrica, resistência mecânica elevada, etc. Nos próximos subcapítulos, passa-se a descrever as diferentes componentes técnicas do

betão pré-fabricado como material de construção, bem como o seu comportamento nos diferentes tipos de sistemas industrializados.

### 5.2.1. ESTRUTURAL

As exigências estruturais referem-se não só ao comportamento definitivo da estrutura mas também ao comportamento provisório das diferentes fases de montagem. As principais vantagens de uma solução pré-fabricada, face a uma “in situ”, são a redução dos trabalhos em obra e a rapidez de execução, logo é de extrema importância que a localização das ligações na solução pré-fabricada se verifique nos locais que permitam uma maior facilidade de execução. Ora estes locais, as extremidades das peças coincidem, regra geral, com as zonas de maiores esforços em particular para as acções horizontais, como a acção sísmica.

Do ponto de vista do comportamento estrutural, a melhor localização para as ligações é nas zonas menos esforçadas, para diminuir a sua vulnerabilidade. Ora essas zonas estão normalmente localizadas a meia altura dos pilares e a um quarto dos vãos das vigas, o que, regra geral, dificulta a execução dessas ligações, ao mesmo tempo que pode tornar as peças pré-fabricadas mais complexas. Outro aspecto importante, quando se pensa numa ligação pré-fabricada, é o número de ligações a executar em obra, pois estas operações são normalmente mais demoradas e podem exigir materiais especiais. Por isso é importante, por um lado, reduzir a quantidade de ligações mas, por outro lado, ter em consideração que esta redução leva à concepção de elementos pré-fabricados de maiores dimensões e geometrias mais complexas o que, por sua vez, podem criar dificuldades relacionadas com o fabrico, transporte e montagem dos mesmos. A Segurança Estrutural pode traduzir-se na possibilidade de usar ensaios não destrutivos de uma peça. A pré-fabricação permite ensaiar as peças antes da sua aplicação o que permitirá corrigir eventuais defeitos. Na pré-fabricação, o conceito estrutural associa-se muitas vezes ao próprio fabricante como forma de proteger a sua marca comercial, sendo a produção de soluções normalizadas um entrave à escolha de estruturas pré-fabricadas por parte dos projectistas. A realidade porém é diferente pois, embora existam várias marcas comerciais disponíveis de estruturas pré-fabricadas, estas baseiam-se num conjunto reduzido de sistemas estruturais, cujos critérios de dimensionamento são semelhantes entre si.

Em resumo, no desempenho estrutural a pré-fabricação permite grandes vãos, pilares esbeltos, secções de betão reduzidas e no nosso caso grandes espaços interiores abertos, nomeadamente para armazéns industriais, agrícolas e pavilhões desportivos.

### 5.2.2. DURABILIDADE

Quando se projectam construções pré-fabricadas pretende-se que sejam duráveis, logo é necessário utilizar betões de alta qualidade, controlando sempre o recobrimento das armaduras, garantia da compactação, face à forte vibração a que os moldes são sujeitos na betonagem. Deve-se ter em atenção a que todos os elementos da estrutura, em especial as ligações, apresentem características de durabilidade adequadas, de acordo com a exposição ambiental já que, neste tipo de construções, os elementos estruturais vão ficar, em regra, à vista ou seja em contacto com o meio ambiente. Em qualquer tipo de obra, a construção pré-fabricada é viável, segundo imensos factores já anteriormente referidos, salientando-se que o mais importante é a durabilidade, visto que, a vida útil de uma construção deste tipo é substancialmente superior à convencional, pois as patologias construtivas e pós construtivas que ocorrem são mais reduzidas que as que ocorrem na construção betonada “in situ” [11].

A durabilidade de um elemento está sempre relacionada com a resistência aos agentes que usualmente a solicitam. Do seu comportamento, resultará a determinação da sua respectiva vida útil e da programação da execução das manutenções. Os painéis de fachada têm de resistir, sem danos

significativos, às variações de temperatura e de teor de água, bem como à radiação solar. Também têm de apresentar resistência aos produtos químicos usualmente presentes no ar ambiente das zonas onde venham a ser aplicados, tais como os produtos constituintes da própria atmosfera (oxigénio, dióxido de carbono, ozono, etc.) ou produtos contaminantes (dióxido de enxofre, sais dissolvidos na água, etc).

A durabilidade no armazém tipo será muito influenciada pela qualidade do projecto arquitectónico, para além das necessidades de usar materiais e soluções construtivas testadas e de boa qualidade. A manutenção neste tipo de construções é idêntica às construções betonadas “in situ”, pois não deixa de ser betão armado, só que a diferença reside no facto de não ser produzida na obra, mas sim em fábrica respeitando por vezes normas mais rígidas em termos de qualidade e segurança.

### 5.2.3. RESISTÊNCIA AO FOGO

Os primeiros dados para projectar um armazém seguro contra incêndio consistem em avaliar a energia que vai afectar a estrutura. A quantificação dessa energia é uma característica fundamental para prever o desenvolvimento de um eventual incêndio. Essa quantificação enquadra-se no conteúdo do armazém, nomeadamente o material combustível existente que é de carácter variável ao longo do tempo e que varia em função da ocupação do mesmo. Esta quantificação denomina-se por carga de incêndio de um edifício e define-se como sendo o potencial calorífico ou a quantidade de calor libertada na combustão completa do conjunto de materiais existentes no armazém incluindo máquinas, revestimento de paredes, divisórias, pavimento e tecto. A cobertura é uma zona do armazém onde, de um modo geral, não se deflagra um incêndio mas pode ser um meio por onde este se propague. Assim sendo, as coberturas devem ser construídas de modo a apresentar um bom comportamento ao fogo, bem como qualquer estrutura de suporte da cobertura que possa existir tem de estar devidamente protegida com uma adequada resistência ao fogo. Isto para prevenir qualquer eventual colapso que possa ocorrer devido à acção do fogo e que possa por em risco quer a vida dos trabalhadores, quer a estabilidade dos diversos elementos construtivos.

A contribuição dos materiais e dos elementos da construção que possam estar na origem e desenvolvimento de um incêndio é um factor de extrema importância na avaliação dos riscos, em caso de incêndio. Os elementos construtivos e os materiais ficam assim sujeitos a uma classificação consoante o seu comportamento ao fogo, classificação essa que é feita de acordo com as normas europeias aplicáveis. A avaliação do desempenho dos produtos de construção é elaborada mediante os resultados dos cinco ensaios europeus de reacção ao fogo dos produtos de construção. Os ensaios em causa apresentam-se de um modo resumido:

- Ensaio de não-combustibilidade que avalia a produção de calor e de chama dos materiais quando sujeitos a temperaturas elevadas, tendo como referência uma situação de pleno desenvolvimento do fogo;
- Ensaio de poder calorífico, que avalia o poder calorífico superior de um produto homogéneo resultante da sua combustão total;
- Ensaio SBI, que se destina a avaliar diversos aspectos do desempenho ao fogo dos materiais, quando submetidos à acção das chamas incluindo aspectos como taxa de desenvolvimento de fumo, o calor total libertado e a produção total de fumo, a propagação lateral da chama, a ocorrência de queda das gotas ou partículas inflamadas e a duração das inflamações;
- Ensaio da medição da facilidade de ignição, que avalia a facilidade de ignição de um produto quando sujeito à incidência directa de uma pequena chama;
- Ensaio de painel radiante, que avalia o desempenho ao fogo de produtos destinados a revestimentos de piso; No ensaio, determina-se a propagação da chama num revestimento de piso quando sujeito a um gradiente térmico radiativo, completado por uma chama piloto.

A classificação dos materiais ou produtos de construção é dada mediante o seu desempenho que possa influenciar a ignição dum fogo, a propagação do mesmo e a produção de fumo. Consoante os

resultados destes cinco ensaios é então atribuída uma classificação ao produto ou sistema construtivo, a qual é seguidamente enumerada. As classes de reacção ao fogo de produtos de construção são atribuídas usando os seguintes símbolos: A1, A2, B, C, D, E, F. A produção de fumos e formação de gotas inflamadas é atribuída numa classificação adicional s1, s2, s3 e d0, d1, d2 respectivamente. Às classificações A1 e F não é atribuída nenhuma classificação adicional. Todas as outras classes incluem uma classificação adicional (ex: A2-s1, d0; B-s1, d2; etc.).

Emseguida apresenta-se o significado das diversas letras apresentadas:

A1: Produtos que não contribuem de todo para o fogo;

A2: Produtos que não contribuem significativamente para o fogo;

B: Produtos que contribuem para o fogo numa extensão muito limitada;

C: Produtos que contribuem para o fogo numa extensão limitada;

D: Produtos que contribuem para o fogo numa extensão aceitável;

E: Produtos cuja reacção ao fogo é aceitável num período de exposição pequeno a uma chama pequena;

F: Produtos que não têm reacção ao fogo determinada e que não podem ser classificados nas outras classes.

Classificação adicional:

s1: A produção de fumo é muito reduzida

s2: A produção de fumo é limitada

s3: A produção de fumo não satisfaz as exigências das classes s1 e s2

d0: Não ocorrem partículas ou gotículas inflamáveis;

d1: As partículas ou gotículas inflamáveis extinguem-se rapidamente;

d2: A formação de partículas ou gotículas inflamáveis não satisfaz as exigências das classes d0 e d1.

A classificação europeia de reacção ao fogo é actualmente obrigatória para os produtos sujeitos a marcação CE. No panorama nacional, os materiais para os quais o Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios impõe exigências de reacção ao fogo, devem possuir relatórios de classificação, emitidos pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) ou por organismos acreditados no âmbito do Sistema Português da Qualidade (SPQ). Em Portugal, a classificação não quantificava todos os parâmetros medidos nos ensaios europeus, como a produção de fumos ou queda de gotas ou partículas inflamadas. Estabeleceram-se assim tabelas que relacionam as exigências regulamentares até então em vigor (classes nacionais), com as novas classes europeias, mas a necessidade duma aproximação segura e as limitações referidas condicionam o uso destas tabelas.

Na matéria de exigências de resistência ao fogo dos elementos construtivos (elementos estruturais, paredes, pavimentos, portas, etc.) para configurações correntes, o regulamento impõe exigências de resistência ao fogo para elementos de construção, baseados em relatórios de classificação, emitidos por organismos notificados ou acreditados no âmbito do SPQ. A classificação de resistência ao fogo é estipulada consoante o tempo, em minutos, (de 30 a 180 minutos), durante o qual um determinado sistema construtivo mantém as características resistentes, em condições de fogo normalizado (ISO 834). O sistema de classificação europeia de resistência ao fogo bem como todos os ensaios que devem ser aplicados aos vários elementos de construção está descrito em pormenor na norma europeia EN 13501-2:2007. Esta norma europeia especifica os procedimentos para classificação de produtos e elementos construtivos através de dados retirados de ensaios de resistência ao fogo e emissão de fumo. Enumeram-se em seguida as normas para alguns dos ensaios de resistência ao fogo:

- Elementos de capacidade portante com e sem função de corta-fogo (paredes, pisos, coberturas, elementos estruturais, vãos de escadas);
- Elementos sem capacidade portante (paredes, pisos, coberturas);
- Instalações de serviço;
- Elementos de cerramento de vãos (portas e janelas).

Os critérios para uma protecção passiva devem ser previstos em fase de projecto e cumprir especificações técnicas fornecidas pela regulamentação de segurança contra incêndio. A regulamentação fornece uma série de especificações e valores mínimos de resistência ao fogo dos diversos constituintes, que variam consoante o tipo de ocupação do edifício. O cumprimento destas especificações, de carácter obrigatório, implica que o armazém fique dentro dos parâmetros mínimos de segurança.

As estruturas pré-fabricadas deverão apresentar uma resistência ao fogo equivalente à das estruturas betonadas “in situ”. Em alguns casos poderá ser necessário envolver os elementos metálicos aparentes (cachorros, chapas de ligação, etc.) em betão ou em outro material que reúna as características de isolamento requeridas (pintura anticorrosiva, galvanização, etc.). Se as peças tiverem um recobrimento razoável nas suas armaduras, a própria densidade das peças garante uma boa resistência ao fogo pois, como todos sabemos, o betão tem alta resistência ao fogo. As estruturas de betão armado apresentam, para as condições correntes, uma resistência ao fogo adequada em resultado da aplicação dos outros critérios da verificação de segurança. As estruturas de betão armado são amplamente utilizadas na construção de edifícios devido à sua elevada resistência mecânica, boa ductilidade e rápida execução em obra. No entanto, devido à deterioração das propriedades mecânicas com a temperatura, é fundamental que toda a estrutura, e os seus elementos, possuam resistência necessária para prevenir um eventual colapso causado pela ocorrência de um incêndio.

Existem porém situações de elevados requisitos de resistência ao fogo que podem ser condicionantes do dimensionamento das estruturas de betão, requerendo pois um tratamento específico dos efeitos desta acção quer em termos da resposta global da estrutura em termos de dimensionamento, quer a análise da eventual necessidade de aplicar sistemas de protecção contra incêndio. Por outro lado, a ocorrência de incêndios afectando as estruturas requer a avaliação dos efeitos da acção do fogo e a realização de trabalhos de reparação e reforço necessários. [12]

#### 5.2.4. CONFORTO TÉRMICO

A temperatura interna do corpo humano é relativamente constante e este não possui capacidade de armazenamento de calor. A energia que produz é dissipada. A sensação de conforto térmico é ótima quando a produção de calor interno é igual à perda térmica do corpo. O balanço entre as duas depende de sete parâmetros dos quais três se relacionam directamente com o indivíduo e os restantes com o ambiente circundante (temperatura ambiente, humidade relativa, temperatura superficial das paredes e velocidade de deslocamento do ar). Para que se mantenha o equilíbrio térmico entre o indivíduo e o meio que o circunda, o organismo pode ter a necessidade de se socorrer de um mecanismo designado de termoregulação. A envolvente dos edifícios pode perder calor devido a fenómenos de transmissão de calor por condução, convecção ou radiação. Estas perdas, durante as estações mais frias, devem ser minimizadas para que os ganhos solares e o aquecimento gerado pelos sistemas auxiliares de aquecimento se mantenham, o maior tempo possível, retidos dentro do edifício. Durante o Verão, o sentido do fluxo de calor por condução faz-se do exterior do edifício para o seu interior. Interessa minimizar este fluxo, de forma, a que o gasto com o arrefecimento seja também o menor possível. O isolamento térmico serve de barreira ao fluxo de calor por condução. Os materiais escolhidos com esta finalidade, devem possuir uma condutividade térmica baixa. O melhor material isolador, é o ar quando mantido cerrado e seco. Uma das principais causas do desconforto ambiental corresponde às frequentes variações de temperatura a que o corpo humano tem continuamente de se adaptar. Estas

variações podem ser fortemente atenuadas pela inércia térmica das fachadas dos armazéns. O termo inércia térmica refere-se ao comportamento dos armazéns submetidos a um regime térmico variável. A inércia térmica descreve a reacção do interior do edifício às oscilações do fluxo de calor em torno da sua média diária. Quanto maior for a inércia térmica de um armazém, mais o seu interior se aproximará do estado estacionário e mais próximo desta média. Quanto mais fraca for, maior será a variação no interior do edifício ao longo do dia em relação a essa média. O regime totalmente estacionário não existe. Uma forma de poupar energia resulta de conceber soluções que permitam dispensar a refrigeração durante o Verão. Da mesma forma, a capacidade de uma parede fazer com que a temperatura interior se aproxime da média da temperatura exterior durante um dia, pode permitir também grandes poupanças energéticas no Inverno.

Em resumo, o betão armado possui uma razoável condutibilidade térmica logo, como se sabe, não é um bom isolante térmico. A inércia térmica do armazém pré-fabricado representa a capacidade que o espaço em questão tem de se opor às mudanças de temperatura e depende essencialmente da massa superficial dos elementos da parede. O conforto térmico depende do isolamento, mas mais ainda da inércia térmica. Tendo em conta que o betão tem uma massa volúmica significativa, comparada com outros materiais, como por exemplo tijolo furado ou madeira, essa situação compensa o facto de ser mau isolante e assim, o nosso armazém pode possuir uma inércia média ou boa. No Verão consegue-se resistir ao calor do pico diário. O betão armado tem o inconveniente das condensações, pois o betão possui propriedades higroscópicas que não permitem a regularização da higroscopicidade do ar. Contudo uma ventilação razoável, que garanta a renovação do ar de forma sustentada e equilibrada, é fundamental no sentido do bom conforto do sistema industrializado em estudo.

No tipo de construção de armazéns, normalmente o conforto térmico não é dos primordiais, já que não é comparável aos antes analisados. Como se sabe, se o nosso tipo de construção fosse para habitação ou mesmo escritórios os índices exigidos seriam muitos mais elevados. Apesar destes factores, devido à densidade das peças, pelo correcto posicionamento de elementos incorporados que contribuem para esse fim e pela execução perfeita das juntas entre elementos, o conforto térmico nos elementos pré-fabricados pode-se designar razoável.

#### 5.2.5. CONFORTO ACÚSTICO

O conforto acústico define-se pela limitação do nível sonoro do ruído (contínuo ou intermitente), pela inteligibilidade dos sons, pela limitação do tempo de reverberação. O conforto acústico é hoje mais um dos parâmetros/especialidades dos projectos de edifícios. Fortemente associado à ideia da privacidade, o conforto acústico tem, no século XXI e nas sociedades modernas, uma importância muito grande. A alteração progressiva dos modelos de organização social das sociedades, com a progressiva centralização no indivíduo, na sua esfera de interesses e sensibilidades, a base de gestão de desenvolvimento e de entendimento das sociedades modernas, em detrimento da importância da família e da comunidade, como antes acontecia, motivou alterações importantes no desenho físico dos edifícios destinados à sociedade e à utilização por esta.

O som é transmitido de uma fonte sonora para os espaços adjacentes por múltiplos caminhos, envolvendo a transmissão por via aérea e a transmissão pelos elementos estruturais. Normalmente, o dimensionamento das paredes, considera-se como a principal característica a estudar no sentido de garantir o isolamento das mesmas à transmissões de sons aéreos. O isolamento aos sons de percussão é normalmente tido mais em conta no isolamento de pavimentos, mas, como no nosso caso possuímos só uma laje térrea como pavimento, deixamos este caso de parte. No processo de transmissão sonora entre dois locais há que distinguir entre a que se verifica directamente através do elemento separador entre eles, e a que ocorre pelo contorno através de outros elementos que lhes estejam interligados. A primeira designa-se transmissão directa e a segunda transmissão marginal. As diferenças entre os valores do isolamento sonoro de um mesmo elemento quando a sua determinação é feita em laboratório ou em obra, normalmente devem-se à transmissão marginal em obra. Quando um som



encontra um obstáculo, verifica-se sempre um enfraquecimento do nível sonoro, que varia de forma logarítmica em relação à massa do obstáculo. O valor dos diferentes materiais, tais como isoladores do som, deve ser levado em consideração nos projectos de isolamento acústico. No nosso armazém tipo, como as laterais são opacas, possuem um bom isolamento acústico, já que não existem perdas através de janelas e portas que não existem. As únicas perdas podem ocorrer nos portões do alçado principal e do alçado posterior. No interior de um armazém, onde é emitido um som, de determinado nível, a intensidade deste é atenuada por certos elementos que o reflectem e pelos móveis e paredes que absorvem uma parte do som. Logo, os coeficientes de absorção dos vários materiais aplicados e dos imóveis situados no interior do armazém, são importantes para uma reflexão sonora no mesmo e também para garantir uma boa distribuição sonora.

Assim sendo, os painéis de fachada de betão armado tem uma boa capacidade de isolamento aos sons aéreos suficientes que cumpram o Regulamento Geral Sobre o Ruído, mas como foi dito também com o conforto acústico, este item não é dos mais importantes na construção do sistema industrializado.

### 5.3. ORÇAMENTO

Como se descreve no capítulo anterior, o armazém tipo estudado possui 1000m<sup>2</sup>, ou seja, apresenta 50m de comprimento por 20m de largura. Com base em dados recolhidos junto de algumas empresas de pré-fabricação portuguesas, elaborou-se uma estimativa orçamental simplificada do armazém exemplo.

Com vista à elaboração da estimativa orçamental, efectuou-se a medição de quantidades das principais tarefas associadas especificamente ao tosco do armazém (fundações, estrutura, painéis de fachada e cobertura). Os restantes trabalhos, relativamente independentes do tipo estrutural base do armazém, foram genericamente definidos e orçamentados com base na experiência do autor e do orientador desta dissertação.

Relativamente aos preços unitários utilizados na estimativa, os mesmos foram obtidos por consulta formal directa ao mercado, com base no projecto tipo de armazém atrás descrito (desenhos incluídos no Anexo I).

O quadro 5.1, abaixo, apresenta a estimativa orçamental preparada, seguindo a metodologia acabada de descrever.

Os trabalhos orçamentados podem ser mais especificamente definidos da seguinte forma (elementos prefabricados baseados no fornecedor VIGOBLOCO de Ourém, Portugal):

a) Estaleiro e Preparação do Terreno (não incluído na estimativa)

- Mobilização dos materiais, meios humanos e equipamentos, para o local, incluindo montagem e desmontagem do estaleiro, de acordo com as normas de segurança –

b) Movimentação de Terras (não incluído na estimativa)

- Desmatação, incluindo derrube de árvores, desenraizamento, limpeza do terreno, carga, transporte e colocação dos produtos em vazadouro e eventual indemnização por depósito;

- Preparação do terreno com movimento de terras, e respectiva terraplanagem para nivelamento do mesmo;

- Escavação para abertura de caboucos para sapatas, maciços ou vigas de fundação.

c) Fundações

- Execução de Fundações (sapatas) VGB, admitindo uma tensão mínima de 250kPa, fornecimento e aplicação de betão da classe C25/30 em enchimento de sapatas, fornecimento de cofragem e respectiva descofragem em sapatas, fornecimento e aplicação de armaduras em aço A500NR em sapatas;

d) Estrutura

- Fornecimento, transporte e montagem de Pilares tipo P44-200 do fornecedor VIGOBLOCO (ver catálogo no Anexo II), com altura máxima de 7,0m;

- Fornecimento, transporte e montagem de Caleiras de betão com descarga e com a respectiva impermeabilização com tela asfáltica;

- Fornecimento, transporte e montagem de Madres I16 de apoio à cobertura em pré-fabricado;

- Fornecimento, transporte e montagem de 2 vigas por pórtico de apoio à cobertura com 19,0m de comprimento (ligações de continuidade no topo dos pilares e entre vigas, tipo rótula, no meio vão).

e) Painéis

- Fornecimento, transporte e montagem de Painéis de Fachada com 12cm de espessura até 6,40m de altura, com acabamento em Betão cinza Liso de um dos lados para aplicação horizontal e encaixe macho/fêmea, incluindo juntas exteriores e respectivas fixações.

f) Cobertura

- Fornecimento, transporte e montagem de Cobertura em Pannel Sandwich de 30mm de espessura (com 10% da área em chapa translúcida), incluindo todos os remates e acessórios.

g) Aspectos gerais

O preço inclui o fabrico e a montagem dos elementos construtivos referidos anteriormente, com transporte incluído para toda a região Norte e Centro de Portugal. Não inclui os custos com movimentação de terras, no início da construção ou de arranjo final, bem como custos com projectos e fiscalização, nomeadamente para obtenção de autorizações e licenças de obra.

Quadro 5. 1 – Estimativa Orçamental do Armazém Tipo

<b>ESTIMATIVA ORÇAMENTAL</b>						
<b>Armazém Tipo</b>						
<b>Solução em Betão Armado Pré-Fabricado</b>						
<b>Código</b>	<b>Designação</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Importância</b>	<b>Total</b>
<b>A</b>	<b><u>Pré-Fabricação</u></b>					<b>120.000,00 €</b>
1	Fundações	un.	20,00	800,00 €	16.000,00 €	
2	Estrutura	m <sup>2</sup>	1.000,00	42,00 €	42.000,00 €	
3	Painéis	m <sup>2</sup>	800,00	46,25 €	37.000,00 €	
4	Cobertura	m <sup>2</sup>	1.000,00	25,00 €	25.000,00 €	
<b>B</b>	<b><u>Outros</u></b>					<b>80.000,00 €</b>
1	Pav. Térreo	m <sup>2</sup>	1.000,00	35,00 €	35.000,00 €	
2	Portões	un.	2,00		45.000,00 €	
3	Inst. Eléctrica	vg.	1,00			
4	Ventilação	vg.	1,00			
5	Rede Águas Pluviais	vg.	1,00			
6	Arranjos Exteriores	m <sup>2</sup>	400,00			
	<b>Total Global</b>					<b>200.000,00 €</b>

Descrevem-se em seguida os restantes trabalhos incluídos na estimativa e não referidos anteriormente.

h) Pavimento térreo:

- Execução do pavimento térreo através de uma laje térrea (inclui compactação do terreno e feltro de protecção geotêxtil de impermeabilização).

i) Portões

- previu-se a aplicação de dois portões tipo fole não motorizados com as dimensões brutas de 6,0\*4,0 m<sup>2</sup>;

j) Instalações eléctricas

- Fornecimento, montagem e colocação de caminho de cabos para instalações eléctricas, para instalação em consola ou suspensas, incluindo tampa, topos, acessórios para entrada e saída de cabos, uniões, curvas, ângulos, suportes de fixação e todos os acessórios necessários à sua correcta instalação e fixação;

- Fornecimento, montagem e colocação em serviço de luminárias completas, incluindo lâmpadas e todos acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento.

k) Ventilação:

- Fornecimento e aplicação de ventilador em caixa centrífugo equipado com interruptor de corte, variador de velocidade e todos os acessórios necessários à sua montagem;

- Fornecimento e aplicação de condutas rectangulares em chapa galvanizada, equipados com todos os acessórios necessários à sua montagem;

- Fornecimento e aplicação de grelhas de extracção e todos os acessórios necessários à sua montagem.

l) Rede de águas pluviais

-Fornecimento e colocação de tubos de queda em PVC incluindo abraçadeiras e ligação a caixas de areia, todas ligadas entre si e ligação final a rede a jusante (ribeiro, rede pública ou similar);

m) Arranjos exteriores

Previu-se a realização de jardim e pavimentos de acesso na frente e traseira do armazém numa área de cerca de 400 m<sup>2</sup>; o serviço inclui todos os trabalhos de movimentação de terras, guias de jardim e arruamento e pavimentações; não se previu a realização de muros exteriores ou de portões de acesso exterior.

## 6

## Conclusão

## 6.1 – COMPARAÇÃO COM A SOLUÇÃO À BASE DE ESTRUTURA METÁLICA

Em termos económicos será comparável a soluções em aço desde que as mesmas tenham um preço/m<sup>2</sup> inferior a 200€/m<sup>2</sup>. Para obter peças em aço desta ordem de grandeza é necessário ir também para as soluções de pré-fabricação standard.

Para se ter uma noção da comparação entre o betão armado pré-fabricado e o aço apresenta-se, no quadro 6.1 abaixo, as principais diferenças entre as duas soluções.

**Quadro 6.1 – Comparação entre Betão Armado Pré-fabricado e Estrutura Metálica**

<b>Critério Exigencial</b>	<b>Comparação entre Betão Armado Pré-Fabricado e Aço</b>
<u>Fundações e Estruturas</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A solução em aço é mais leve na Superestrutura pelo que poderá implicar maiores gastos na fundação para absorver acções horizontais, isto para solos correntes / bons;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As soluções em aço serão em geral mais económicas ao nível da Superestrutura, implicando fundações mais robustas que garantam o encastramento e a estabilidade ao vento.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os pilares de aço permitem uma maior área útil em relação aos pilares de betão armado, por serem mais esbeltos.</li> </ul>
<u>Fachadas</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em aço, a intrusão é mais fácil;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A implementação de painéis de fachada em toda a sua altura não faz sentido devido à sobrecarga que provoca em toda a Estrutura. O aço é muito mais leve em painéis de fachada;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se usar betão armado pré-fabricado na Estrutura, normalmente aplicam-se painéis nas fachadas e uma solução leve na sua cobertura.</li> </ul>
<u>Resistência ao Fogo</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O aço é muito pior, pois não resiste a altas temperaturas, logo é necessário gastar mais dinheiro para o proteger.</li> </ul>
<u>Conforto Térmico</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como a condutibilidade térmica (<math>\lambda</math>) do betão é menor do que a do aço, conseguem-se melhores condições térmicas no betão armado.</li> </ul>
<u>Conforto Acústico</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como o betão armado possui maior massa volúmica é muito melhor em termos acústicos do que o aço.</li> </ul>

<u>Geral</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• As soluções são muito dificilmente comparáveis em termos tecnológicos pois o aço é muito mais "leve" que o betão armado.</li></ul>
<u>Outros</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Em relação aos outros itens, já mencionados anteriormente, são semelhantes entre si, pois tudo que é necessário num armazém de betão armado pré-fabricado é também preciso numa armazém de aço.</li></ul>

## 6.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentam-se neste subcapítulo as principais conclusões resultantes desta dissertação.

O mercado da Península Ibérica apresenta uma variedade significativa de soluções construtivas em pré-fabricação de betão armado. No decorrer desta dissertação, notou-se que essas empresas não se conseguem evidenciar por não possuírem mais e melhor informação, comparando por exemplo com as empresas metálicas. Esta falta de informação é prejudicial pois cria imensas dúvidas nas pessoas interessadas nestas soluções construtivas.

Depois de uma consulta exaustiva a empresas de pré-fabricação foi possível elaborar um orçamento do armazém descrito anteriormente. Com estes preços chegou-se à conclusão que o preço global de um armazém de grande dimensão é de aproximadamente 200€/m<sup>2</sup>, preço este que engloba todos os materiais, trabalhos e respectiva mão-de-obra respeitantes ao fabrico e montagem de um armazém em sistema tipo chave na mão. Caso só se pretenda elaborar a estrutura em betão armado pré-fabricado, incluindo os painéis de fachada, o preço referido desce para 125€/m<sup>2</sup>

Como se disse anteriormente, o preço/m<sup>2</sup> da estrutura de betão armado pré-fabricado não é barato em relação a uma estrutura de aço, mas possui algumas vantagens, nomeadamente técnicas, enunciadas no quadro 6.1. As estruturas pré-fabricadas em betão armado conseguem um elevado valor estético, e são eficientes estruturalmente e por vezes também são economicamente vantajosas.

As classes de resistência dos betões utilizados no fabrico das peças pré-fabricadas e o recurso a processos tecnologicamente mais evoluídos permitem uma maior qualidade e durabilidade nas construções. Quando no fabrico existem peças defeituosas, as peças são imediatamente rejeitadas, o que permite uma garantia extra de qualidade.

Deste modo, conclui-se que a concepção das estruturas pré-fabricadas deve ser efectuada de modo a conseguir-se garantir o maior número possível de vantagens, em relação a outras soluções construtivas concorrentes, nomeadamente estruturas metálicas. Esta dissertação permite concluir que a pré-fabricação pesada em betão armado representa uma solução muito válida e fiável para a construção de armazéns de vãos moderados.

## BIBLIOGRAFIA

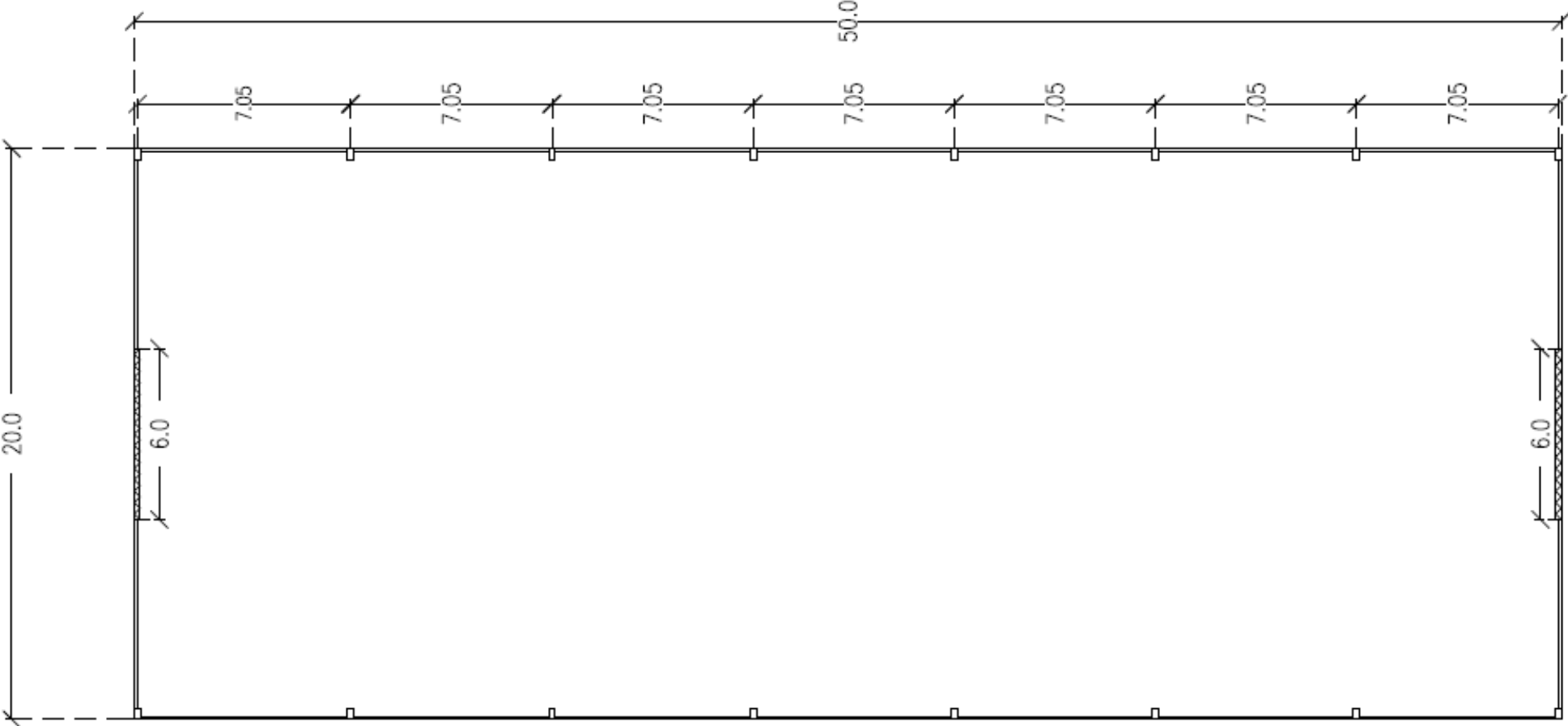
- [1] Koncz, Tihamér, *Manual de la Construcción Prefabricada: com elementos de hormingón armado e pretensado: construcción, cálculo e ejecución*, Madrid 1975;
- [2] Associação Brasileira de Construção Industrializada, *Manual Técnico de Pré-Fabricados de Concreto*, São Paulo 1987;
- [3] Vaz Branco, Luís André Moreira, *Projecto de Edifício de Escritórios em Estrutura Pré-Fabricada*, Tese para Mestrado de Engenharia Civil – Especialidade em Materiais e Processos de Construção, FEUP, 2008;
- [4] Pinto, A.R., *A Pré-fabricação na Indústria de Construção*, 1º Congresso Nacional da Indústria de Pré-fabricação em Betão, Porto, 2000;
- [5] Santiago, A., *Pré-fabricação aberta e pré-fabricação fechada* -, 3ª Jornadas de Estruturas, FEUP 1999;
- [6] Babcock, Stephen G.; Battles, Thomas B., *Fachadas Prefabricacion de Hormingon*, Madrid 1973;
- [7] Sena Cardoso, Francisco Manuel Henriques, *Coberturas em Betão Armado e Pré-esforçado Solução Estrutural Tipo Casca*, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre de Engenharia Civil, IST, 2008;
- [8] Jacinto Tomas, Quirino José, *Concepção e Projecto de um Edifício de Habitação com Estrutura em Betão Pré-fabricado* – Tese para Mestrado em Engenharia Civil, UNL 2008;
- [9] Novais, Anthony Queirós e Couto Gomes, José Fernando, *Ligações Desmontáveis em Estruturas Pré-Fabricadas* – Seminário de Materiais e Processos de Construção, FEUP 2006/07;
- [10] Camacho Alves, João Miguel, *Análise e Dimensionamento de Pavimentos Construídos a partir de Pré-lajes de Betão* – Tese para Mestrado em Engenharia Civil, FEUP 2008;
- [11] Couto, João, *Vantagens Produtivas e Ambientais da Pré-Fabricação*, Universidade do Minho;
- [12] Martins, José Augusto, *Análise Comportamental do Fogo em Sistemas de Fachada com Isolamento pelo Exterior* – Tese para Mestrado em Engenharia Civil, UNL 2009;
- [13] Novais, Anthony Queirós e Gomes, José Fernando, *Ligações Desmontáveis em Estruturas Pré-Fabricadas* – Seminário de Materiais e Processos de Construção, FEUP 2007.
- [14] Mota-Engil e Pré-Fabricados [Online], <http://www.mebep.pt/obras.php>, consultado em Novembro de 2010;
- [15] Vanguard Prefabricados de Hormigon [Online], <http://www.vanguard.es/productos>, consultado em Novembro de 2010;
- [16] VigoBloco, Prefabricados S.A., Ourém, Portugal *Catálogo* 2010.

# **ANEXO 1**

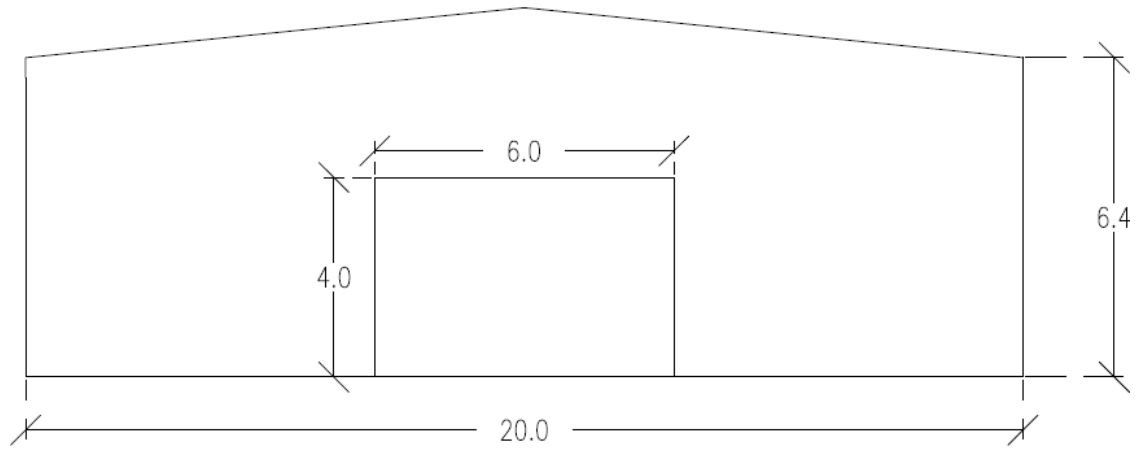
## **Desenhos Esquemáticos**



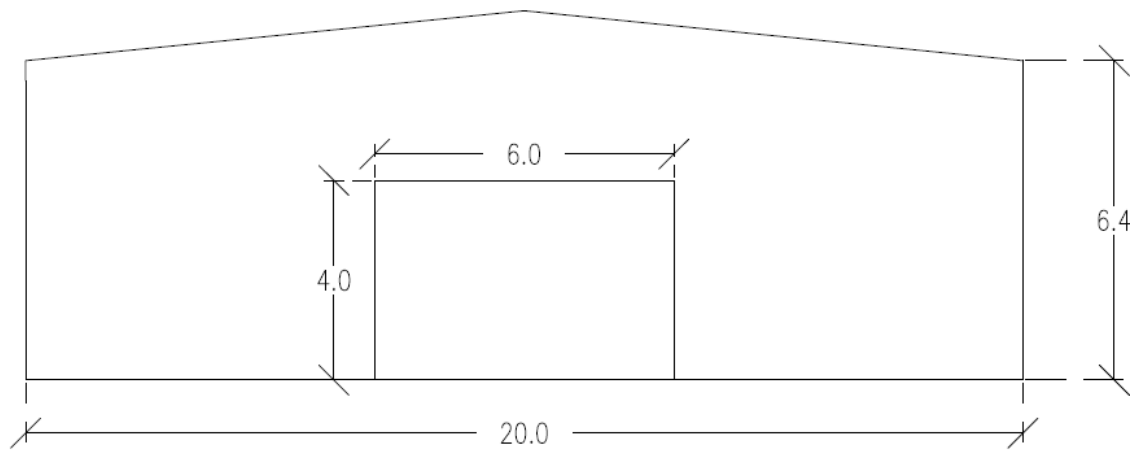
1.Planta de Rés-do-Chão



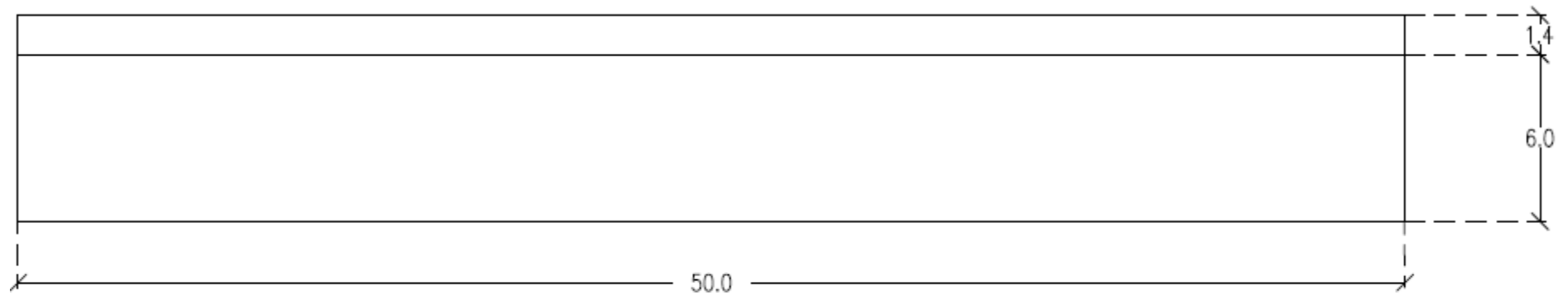
## 2. Alçado Principal



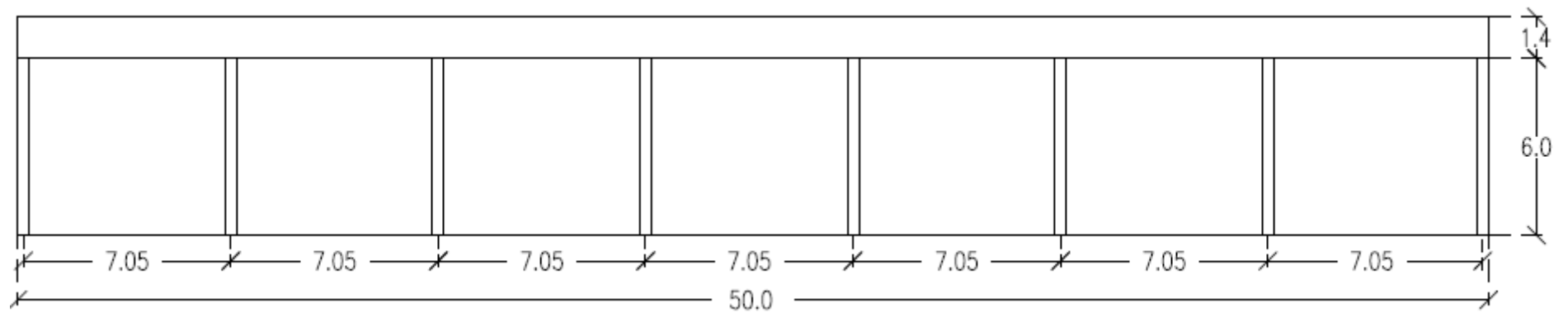
## 3. Alçado Posterior



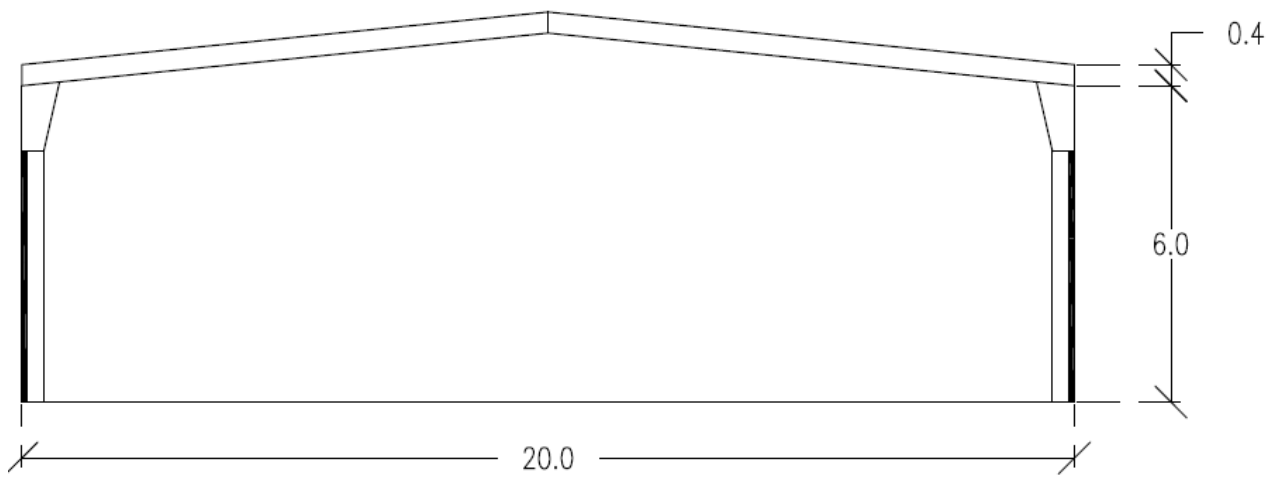
#### 4. Alçados Laterais



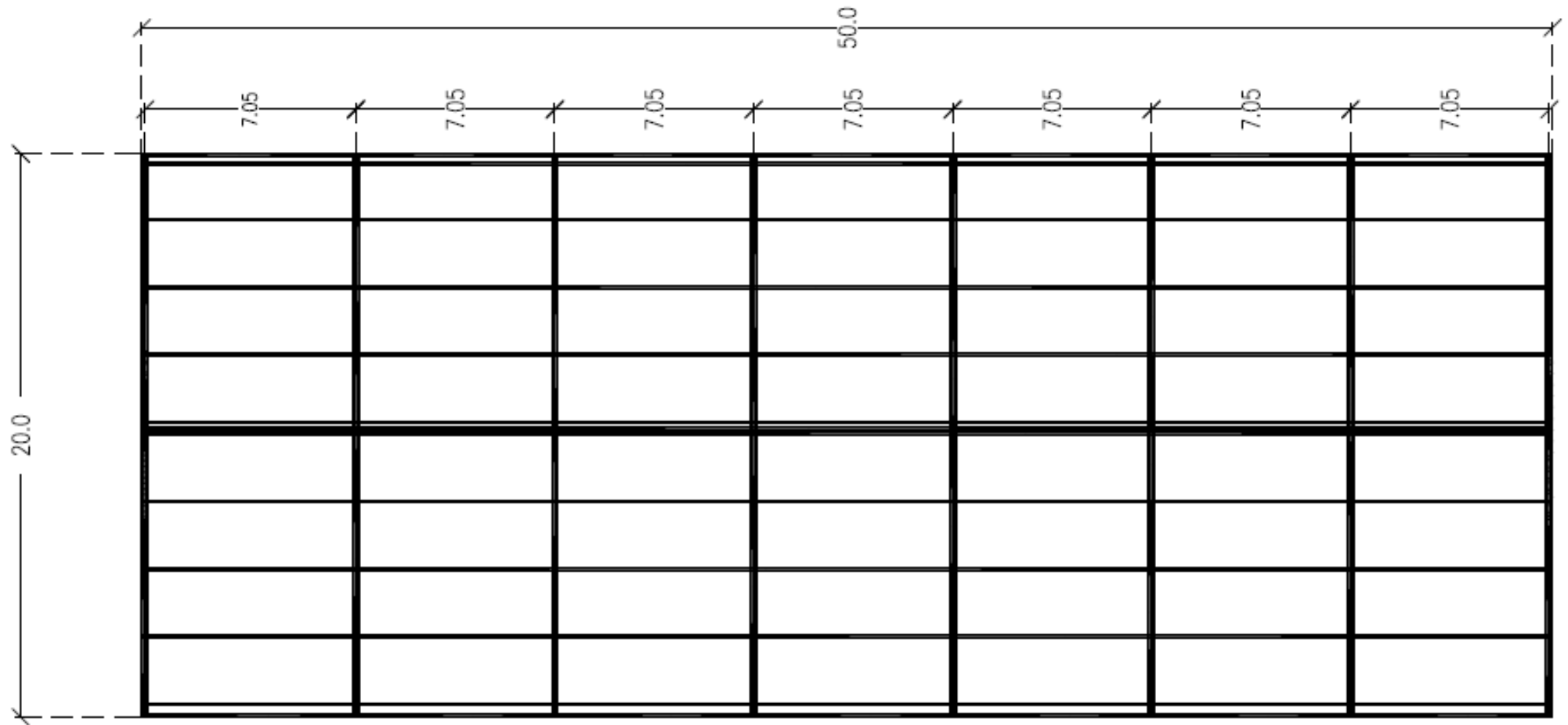
#### 5. Corte Longitudinal



## 6. Corte Transversal

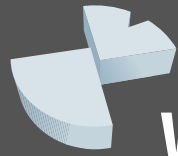


7. Planta de cobertura



# **ANEXO 2**

**Extractos de Catálogo  
da Solução Tipo  
(VigoBloco – Ourém)**



# VIGOBLOCO

Pré-Fabricados, S.A.

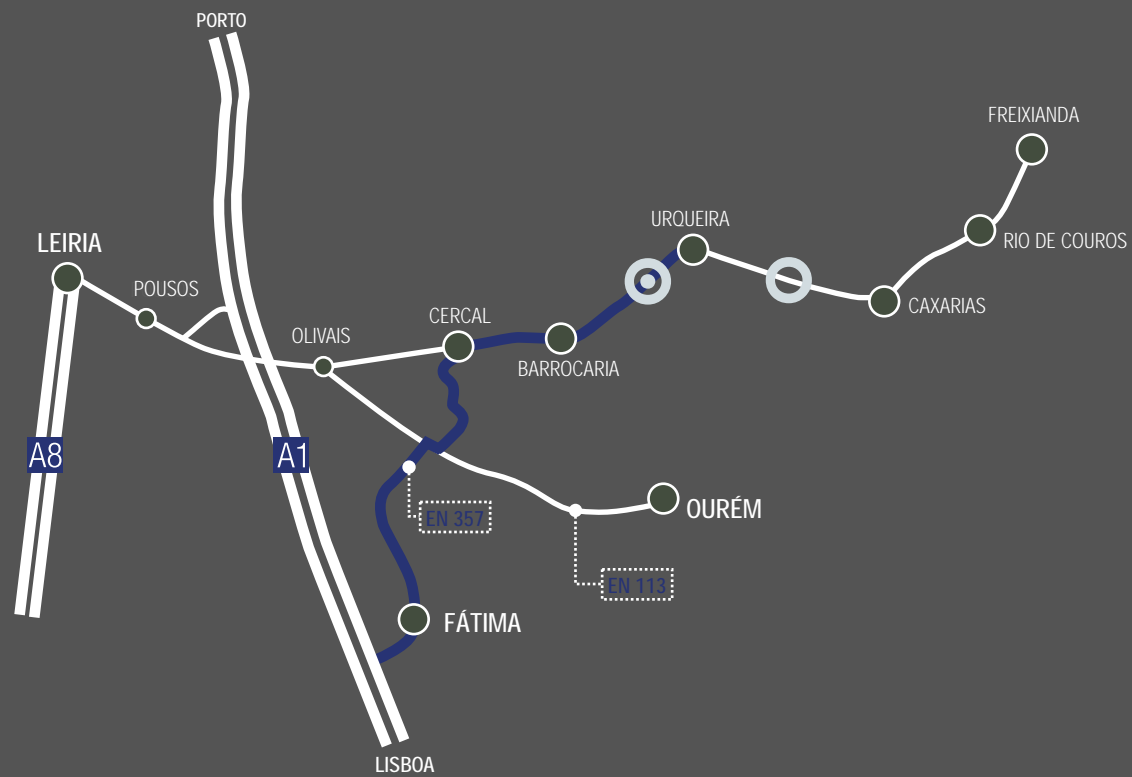


EN 13225: 2004  
EN 1168: 2005  
EN 13747: 2005

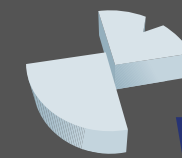
Urqueira - Apartado 25  
2436-909 Caxarias - Portugal  
Alvará nº 39876  
GPS: Lat. 39°43'34.11"N  
Long. 8°36'45.76"O  
Tel. +351 249 580 040  
Fax. +351 249 580 049  
geral@vigobloco.pt  
www.vigobloco.pt



## NAVES INDUSTRIAIS/COMERCIAIS



- FÁBRICA 2 - SEDE
- FÁBRICA 1



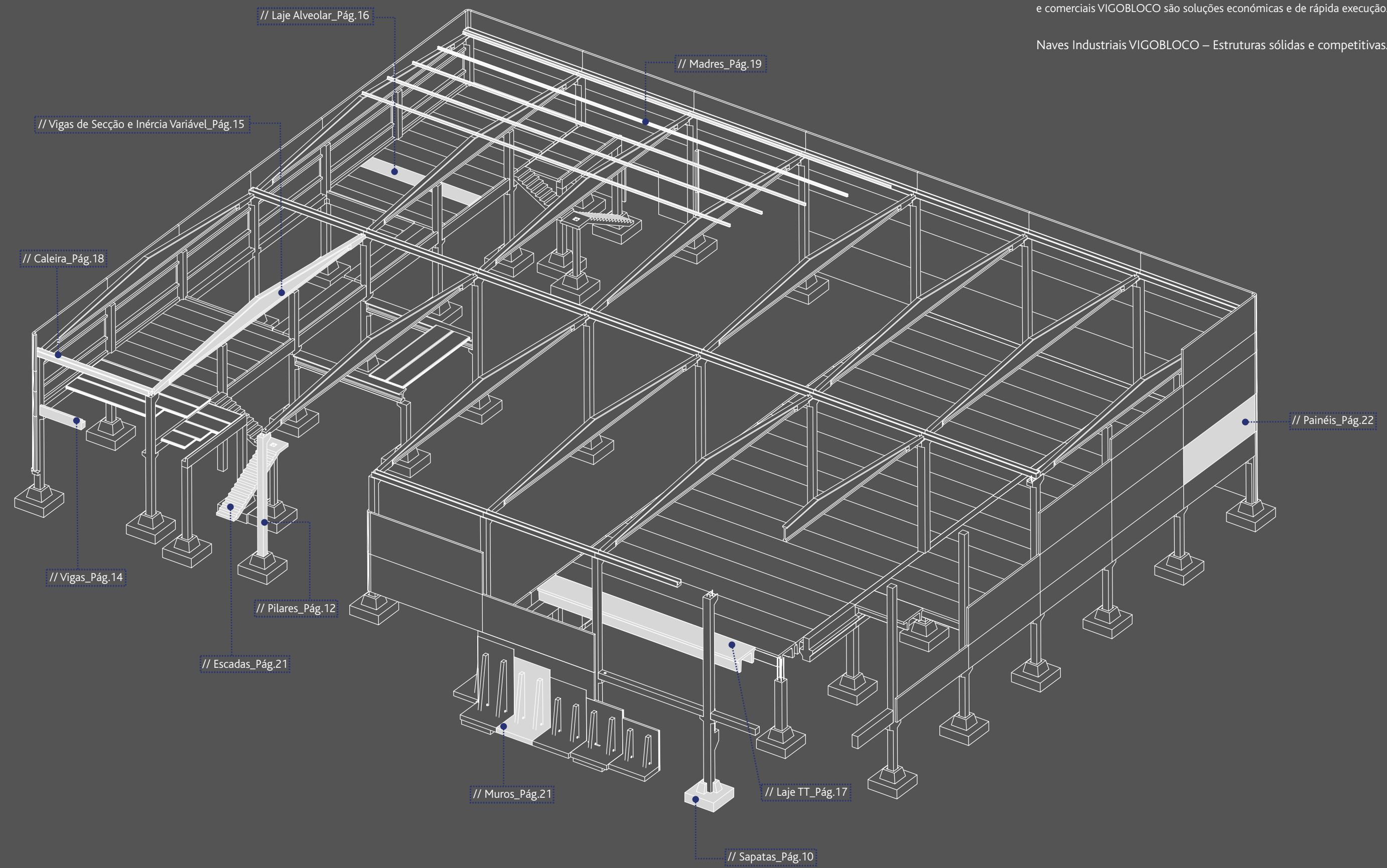
# VIGOBLOCO

Pré-Fabricados, S.A.



A VIGOBLOCO reúne competências de excelência para construir naves industriais e comerciais, tendo como princípio a criação de estruturas sólidas e competitivas. Internamente, dispõe de um gabinete técnico que permite responder às necessidades específicas de cada cliente, intervindo no projecto de raiz ou em parceria com gabinetes e empresas de engenharia, arquitectura e construção. Tendo como base a qualidade certificada de processos e produtos pré-fabricados, as naves industriais e comerciais VIGOBLOCO são soluções económicas e de rápida execução.

Naves Industriais VIGOBLOCO – Estruturas sólidas e competitivas.



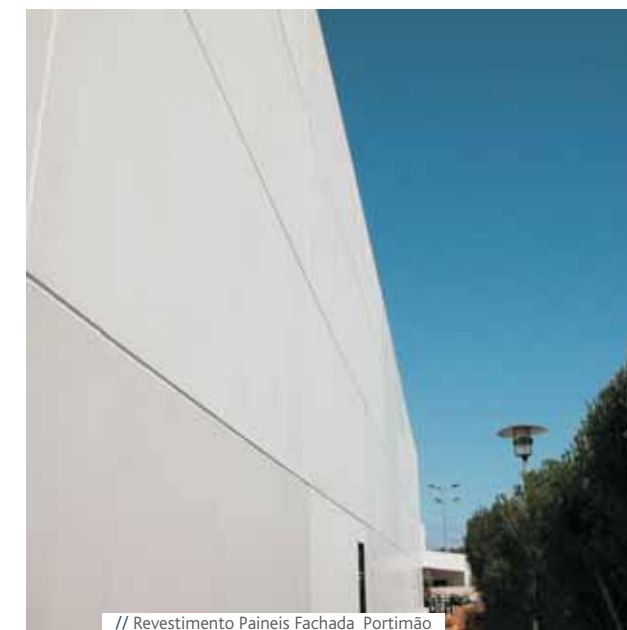




// Fundação Eugénio de Almeida\_Évora



// Vigas Cobertura\_Tagus Park



// Revestimento Paineis Fachada\_Portimão



// Fundação Eugénio de Almeida\_Évora



// Ampliação das instalações\_Fundação Eugénio de Almeida\_Évora

Com rigor e profissionalismo, a VIGOBLOCO já construiu mais de 950.000m<sup>2</sup> de naves industriais e comerciais pré-fabricadas em betão.

Este tipo de solução construtiva apresenta vantagens concretas em relação à construção convencional, entre elas:

- Controlo de qualidade dos produtos em fábrica em conformidade com a legislação europeia aplicável;
- Fabrico e montagem de estruturas pré-fabricadas em betão, em vãos livres até 40m em coberturas e 20m em lages de piso;
- Rapidez de execução;
- Soluções económicas;
- Flexibilidade de adaptação às exigências de cada projecto de arquitectura.



// Fundação Eugénio de Almeida\_Évora



// Estrutura MACB\_Fundão



// Fundação Eugénio de Almeida\_Évora



// Interior Zona Administrativa\_Figueira da Foz



//  
Laje de piso em vigas I90 / vão: 16m / sobrecarga: 3.000kg/m<sup>2</sup>



//  
Solução Portificada\_Belperu\_Lourinhã



// Nave Industrial\_Gradin\_Vila Nova de Cerveira



// Nave Industrial\_Mercado Abastecedor Cova da Beira\_Fundão



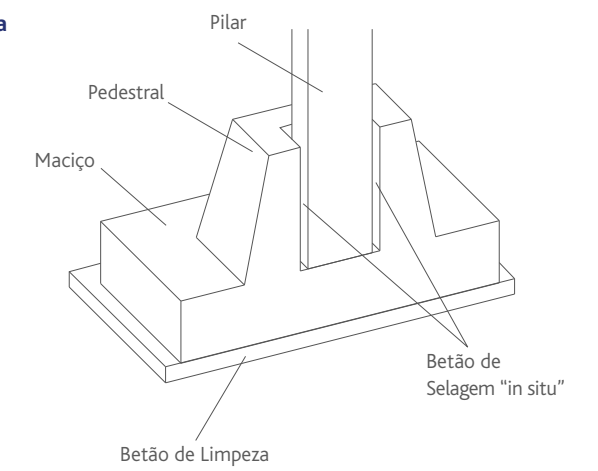
//  
Intervenção\_Fundação Eugénio de Almeida\_Évora

LIGAÇÕES PILAR/FUNDAÇÃO

As sapatas são executadas "in situ" e a sua ligação com os pilares pré-fabricados poderá ser executada de três formas distintas:

1. Ligações Aparafusadas;
2. Cálice de Encastramento;
3. Armaduras encaixadas em bainhas.

Ligação Pilar-Sapata



// 1. Ligações Aparafusadas

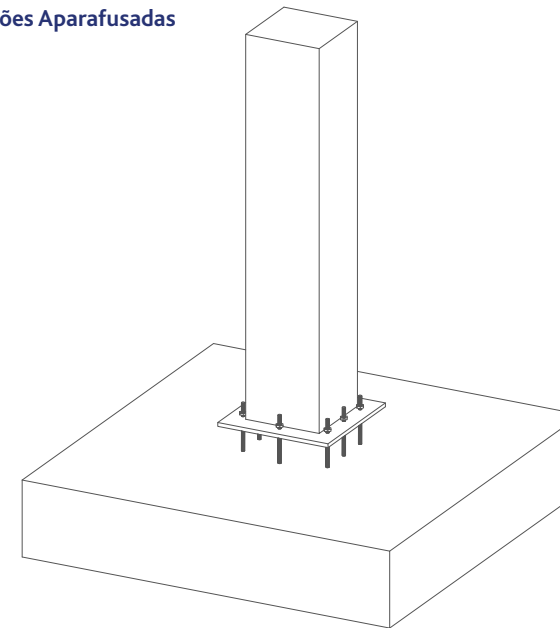


// 3. Cálice de Encastramento

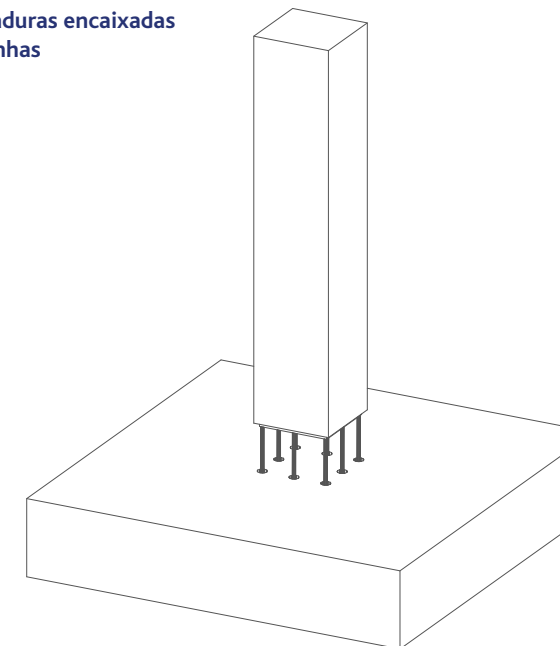


// 2. Armaduras encaixadas em bainhas

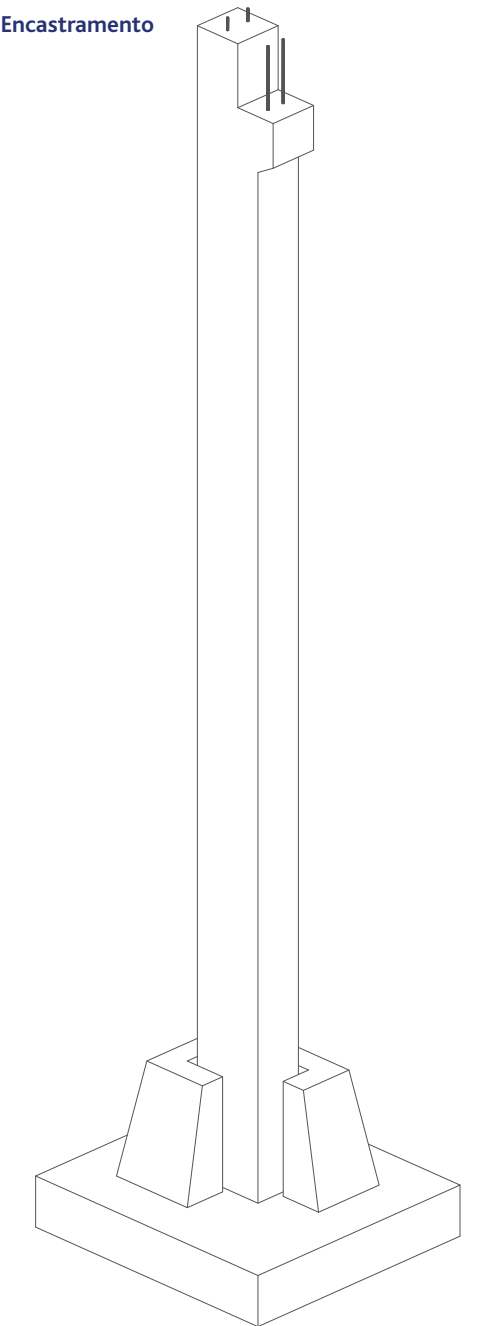
1. Ligações Aparafusadas



3. Armaduras encaixadas em bainhas



2. Cálice de Encastramento

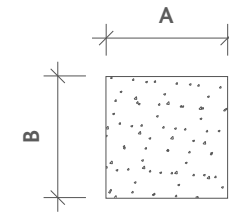


São executados com secção quadrada ou rectangular, podendo dispor de consolas curtas para apoio/ligação com outros elementos estruturais e/ou armaduras de espera. Poderão também ser previstas consolas curtas para apoio de carris de pontes rolantes.



### GAMA DE PILARES (SECÇÕES)

Poderão ser executadas várias secções de pilares de acordo com as necessidades de produto conforme quadro de dimensões em anexo.



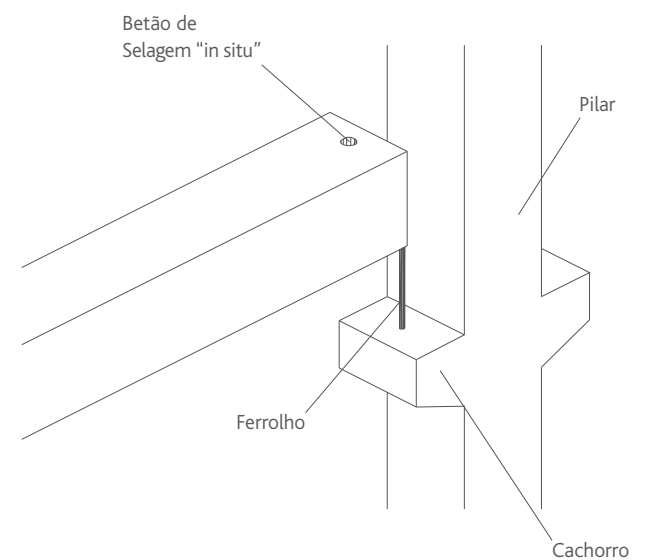
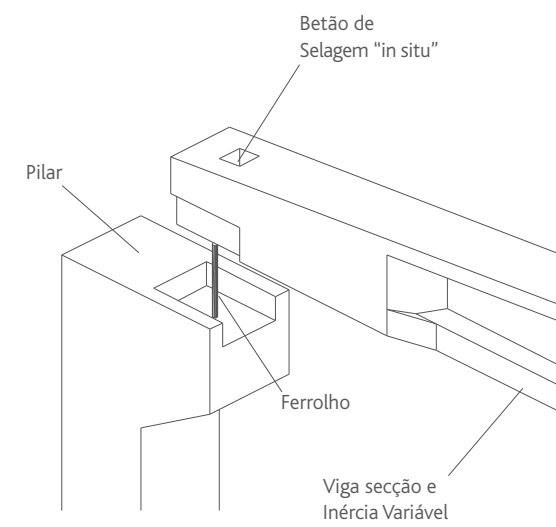
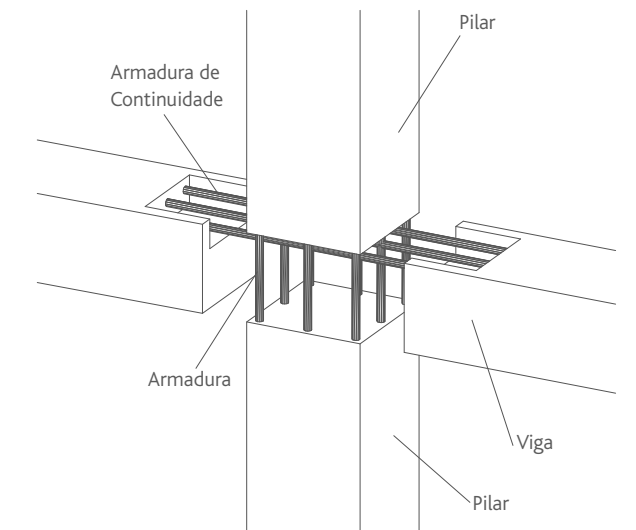
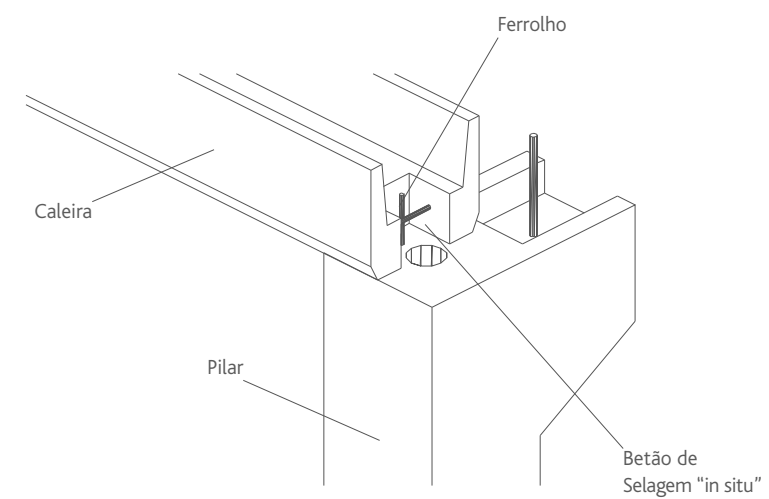
### QUADRO DE DIMENSÕES DE PILARES (SECÇÃO)

A/B	30	40	50	60	70	80	90	100
30	x	x	x	x	x	x	*	*
40	x	x	x	x	x	x	*	*
50	x	x	x	x	x	x	*	*
60	x	x	x	x	x	x	*	*
70	x	x	x	x	x	x	*	*
80	x	x	x	x	x	x	*	*
90	*	*	*	*	*	*	*	*
100	*	*	*	*	*	*	*	*

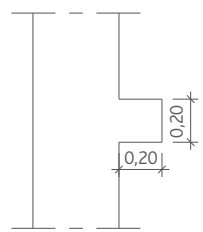
x - Dimensões disponíveis

\* - Dimensões disponíveis sob consulta

### EXEMPLOS DE PORMENORES CONSTRUTIVOS

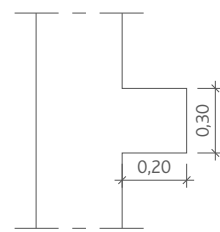


### GAMA DE CONSOLAS CURTAS



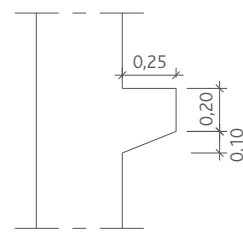
#### Tipo 1

**APLICAÇÃO:** Portões e Apoio de Painéis  
**CAPACIDADE DE CARGA:** Vsd = 117,97 kN



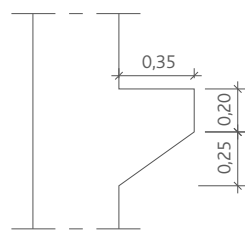
#### Tipo 2

**APLICAÇÃO:** Apoio de Painéis  
**CAPACIDADE DE CARGA:** Vsd = 262,16 kN



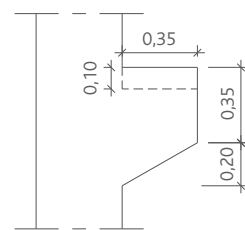
#### Tipo 3

**APLICAÇÃO:** Vigas de Apoio de Painéis  
**CAPACIDADE DE CARGA:** Vsd = 245,78 kN



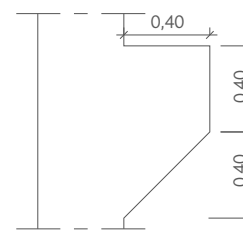
#### Tipo 4

**APLICAÇÃO:** Ponte Rolante  
**CAPACIDADE DE CARGA:** Vsd = 373,06 kN



#### Tipo 5

**APLICAÇÃO:** Asnas  
**CAPACIDADE DE CARGA:** Vsd = 373,06 kN



#### Tipo 6

**APLICAÇÃO:** Grandes Cargas  
**CAPACIDADE DE CARGA:** Vsd = 899,33 kN

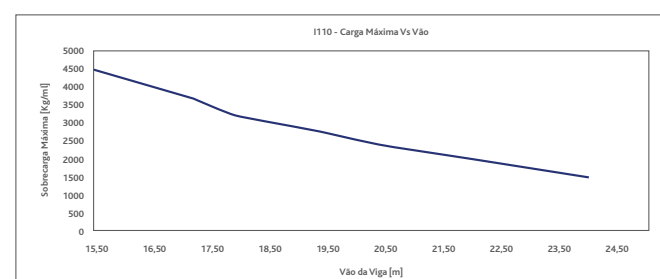
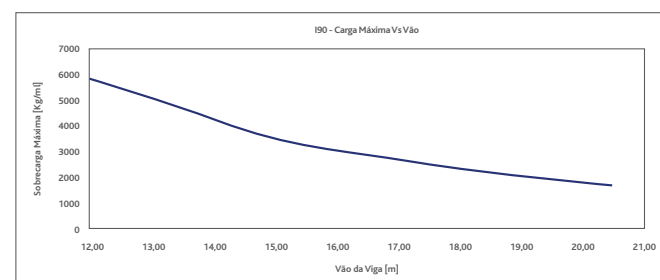
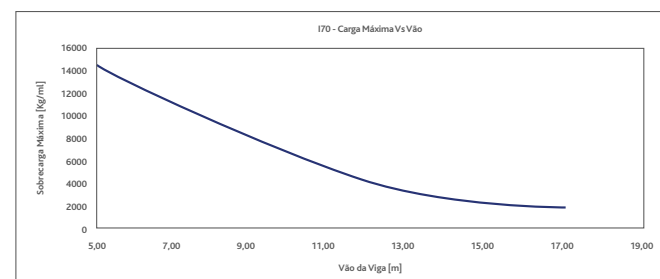
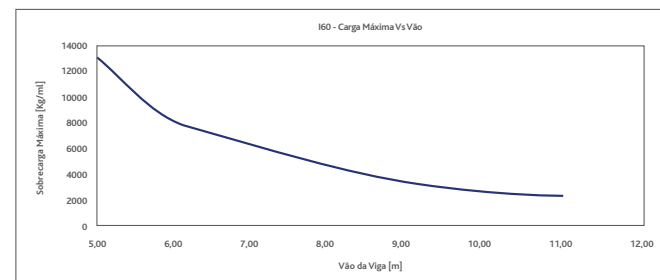
Nota: Para além dos tipos de ligação apresentados poderão ser executados outros tipos, nomeadamente ligações monolíticas e/ou aparafusadas mediante a exigência do dono da obra.

A VIGOBLOCO produz Vigas de Secção rectangular ou em I, em função das solicitações de carga e vão, podendo ser aplicadas em empenas, fundações, como travamento da estrutura ou para apoio de laje de piso. Poderão ser armadas e/ou pré-esforçadas.

São vigas com secção em I, em forma de delta, pré-esforçadas, utilizadas em coberturas de duas águas, com uma inclinação de aproximadamente 9%. Podem vencer vãos até 40m (peça única) e estarem afastadas até 12m.

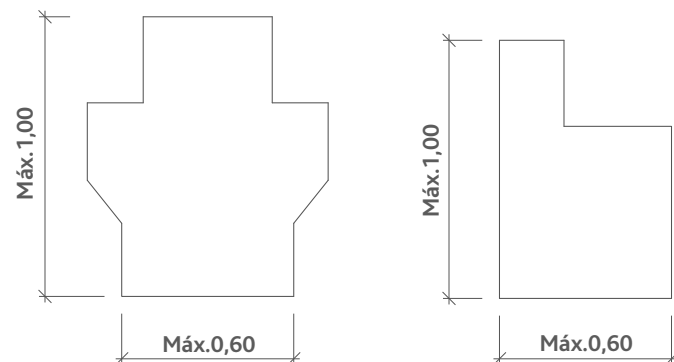


Diagrama de Sobrecargas

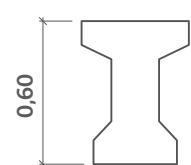


Nota: Para além das secções apresentadas poderão ser estudadas outras soluções em função da exigência da obra.

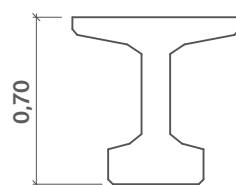
Vigas de Travamento e de Apoio de Laje



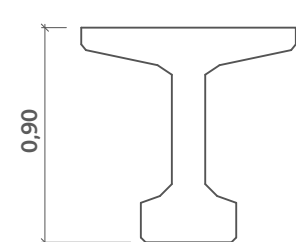
Viga I60



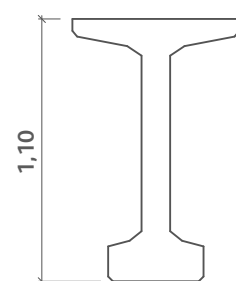
Viga I70



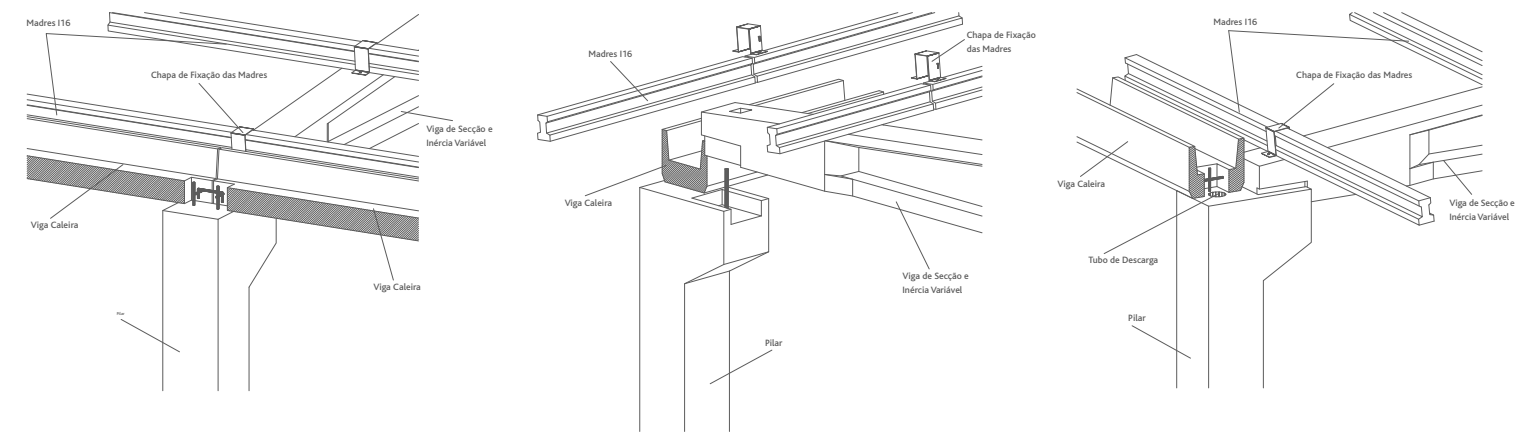
Viga I90



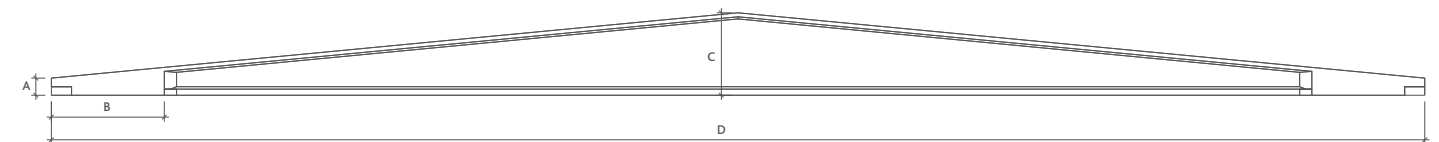
Viga I110



PORMENORES DE LIGAÇÃO



Geometrias Tipo



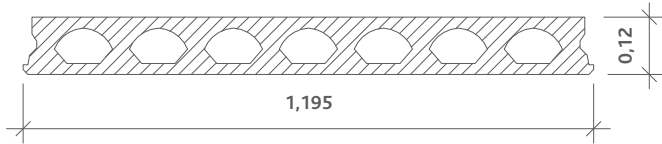
D (m)	7,00	10,00	11,00	13,00	14,50	15,00	17,00	18,00	20,00	20,00	22,00	25,00	34,58	40,58
A (m)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,30	0,28	0,40	0,40	0,66	0,66
B (m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,70	1,00	1,00	1,00	1,85	1,00	1,00	3,75	3,75
C (m)	0,60	0,73	0,77	0,85	1,01	0,97	1,13	1,18	1,28	1,23	1,36	1,46	2,39	2,69

Nota: As dimensões apresentadas são dimensões standard, podendo as vigas ter outros comprimentos, sendo ajustadas para as dimensões pretendidas na dimensão B e consequentemente na dimensão A.

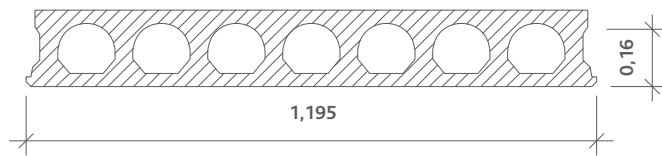


É uma solução de laje de piso pré-esforçada, caracterizada pelo seu baixo peso próprio, e rapidez de aplicação, indicada para edifícios habitacionais, administrativos e comerciais. Podem ser aplicadas sobre estruturas de betão armado ou metálicas. Em função dos pressupostos de dimensionamento as Lajes Alveolares poderão ter diferentes níveis de pré-esforço bem como diferentes espessuras de lâmina de compressão e armadura passiva de distribuição.

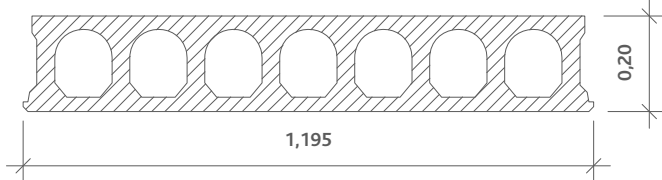
Painel Tipo: LAV12 || Espessura: 0,12 (m) || P.Próprio: 1,94(kN/m<sup>2</sup>)



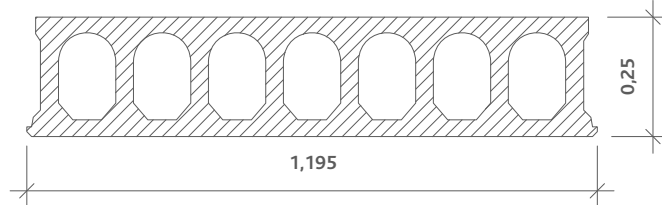
Painel Tipo: LAV16 || Espessura: 0,16 (m) || P.Próprio: 2,37(kN/m<sup>2</sup>)



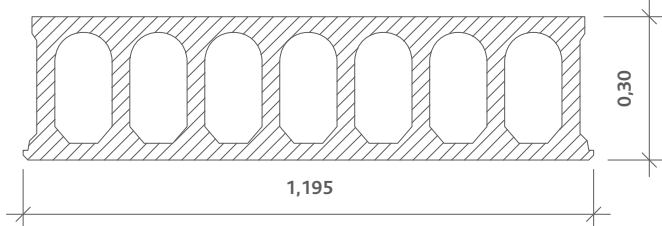
Painel Tipo: LAV20 || Espessura: 0,20 (m) || P.Próprio: 2,66(kN/m<sup>2</sup>)



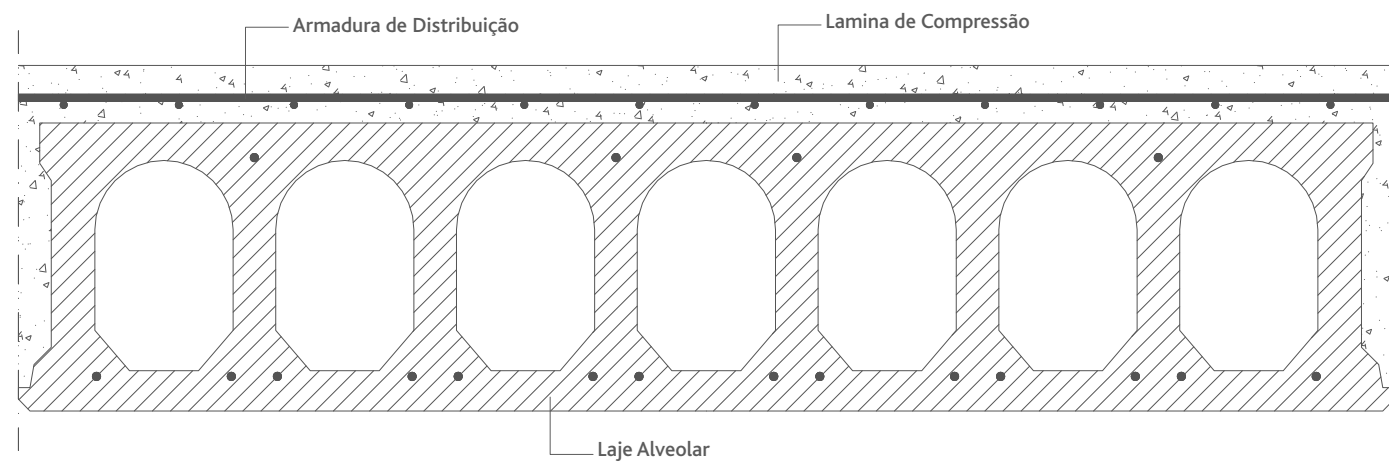
Painel Tipo: LAV25 || Espessura: 0,25 (m) || P.Próprio: 3,19(kN/m<sup>2</sup>)



Painel Tipo: LAV30 || Espessura: 0,30 (m) || P.Próprio: 3,50(kN/m<sup>2</sup>)

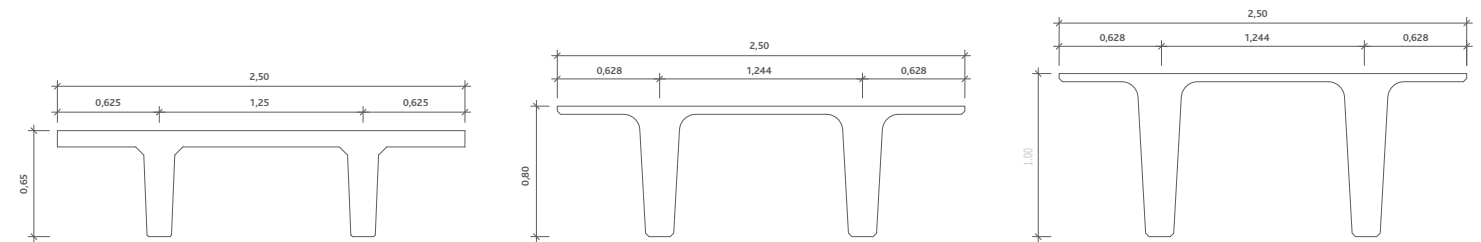


Nota: O programa de cálculo de Laje Alveolar está disponível no nosso website: [www.vigobloco.pt](http://www.vigobloco.pt)



É uma solução de laje de piso nervurada, particularmente indicada para vencer grandes vãos e/ou elevadas cargas de utilização, frequentemente utilizada em parques de estacionamento, caves e coberturas planas.

Exemplos de geometrias possíveis

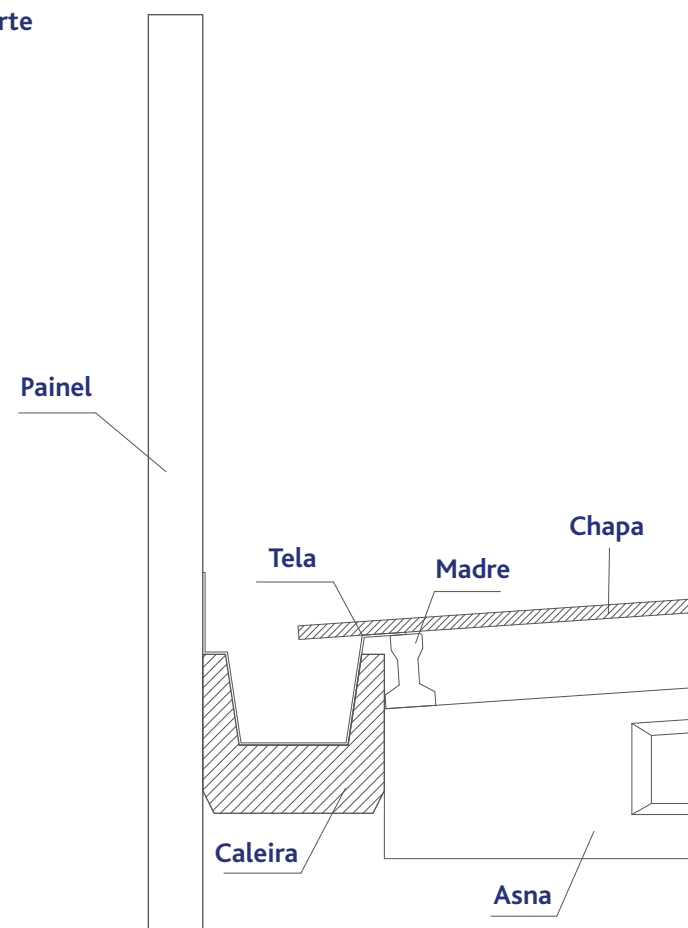




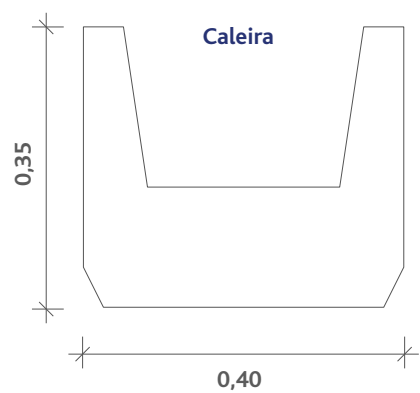
São executadas em betão armado pré-esforçado, com geometria em U, com ligação sobre o topo dos pilares, tendo como principal função o escoamento das águas pluviais da cobertura, sendo para tal devidamente impermeabilizadas em obra. Além disso, têm também a função de travamento da estrutura pré-fabricada.

**Pormenor do funcionamento da Viga Caleira**

Corte



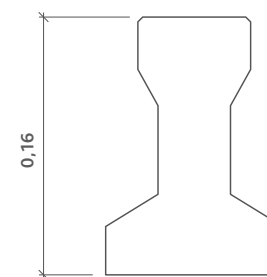
**Geometria Viga Caleira**



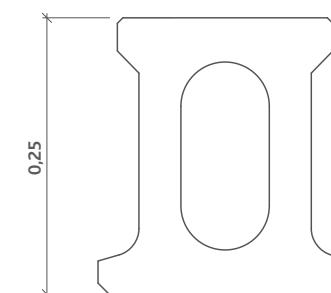
São vigas pré-esforçadas de secção em I ou alveoladas, que têm como função o apoio da cobertura, podendo vencer vãos até 12m.



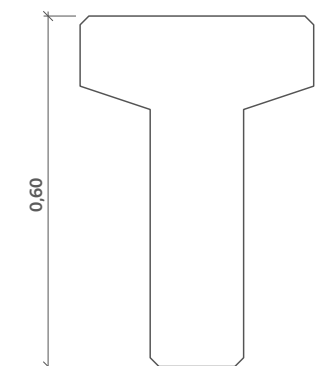
Madre I16



Madre I25



Madre I60





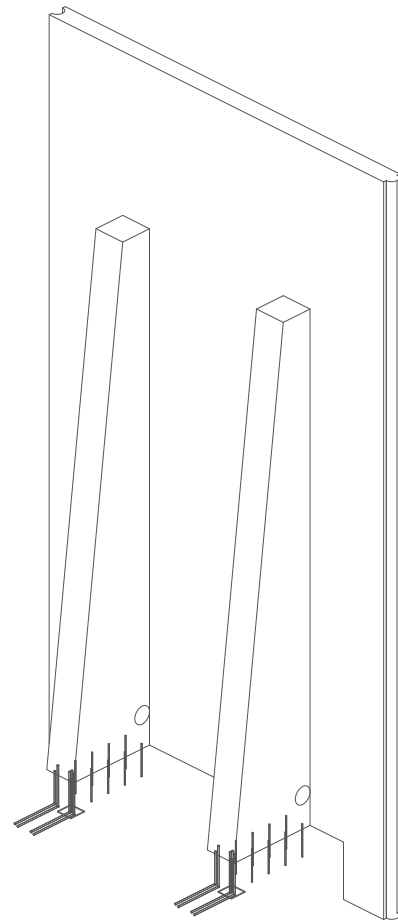


// Execução de Muros de Contenção de Terras\_Pombal

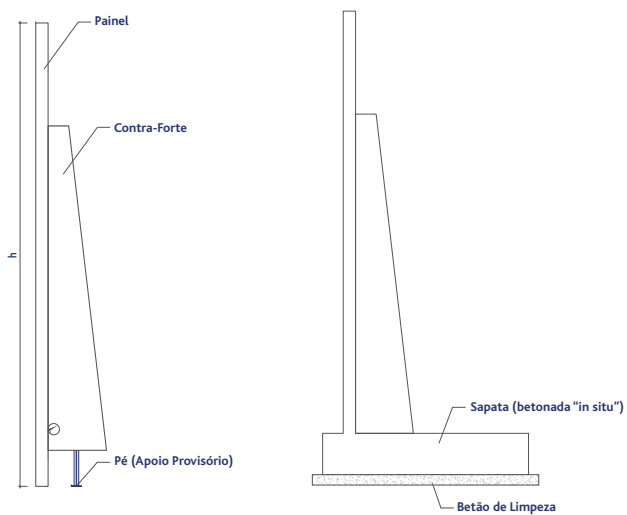


// Muros de Contenção\_Vila do Conde

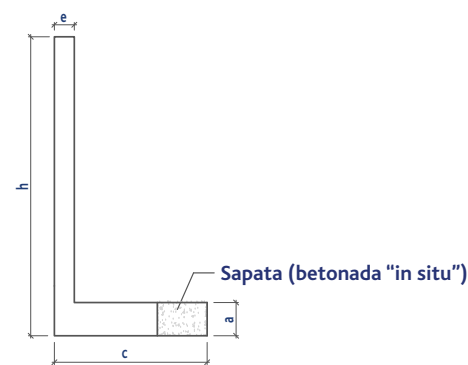
Executamos muros de suporte de terras, de vedação e de cais, em solução de painel com contrafortes ou em L. As fundações dos muros são executadas parcial ou totalmente "in situ". Poderão ter alturas até cerca de 12m. Esta solução é particularmente utilizada em caves de edifícios industriais.



Muros de Contenção de Terra\_Geometria



Muros de Vedação\_Geometria

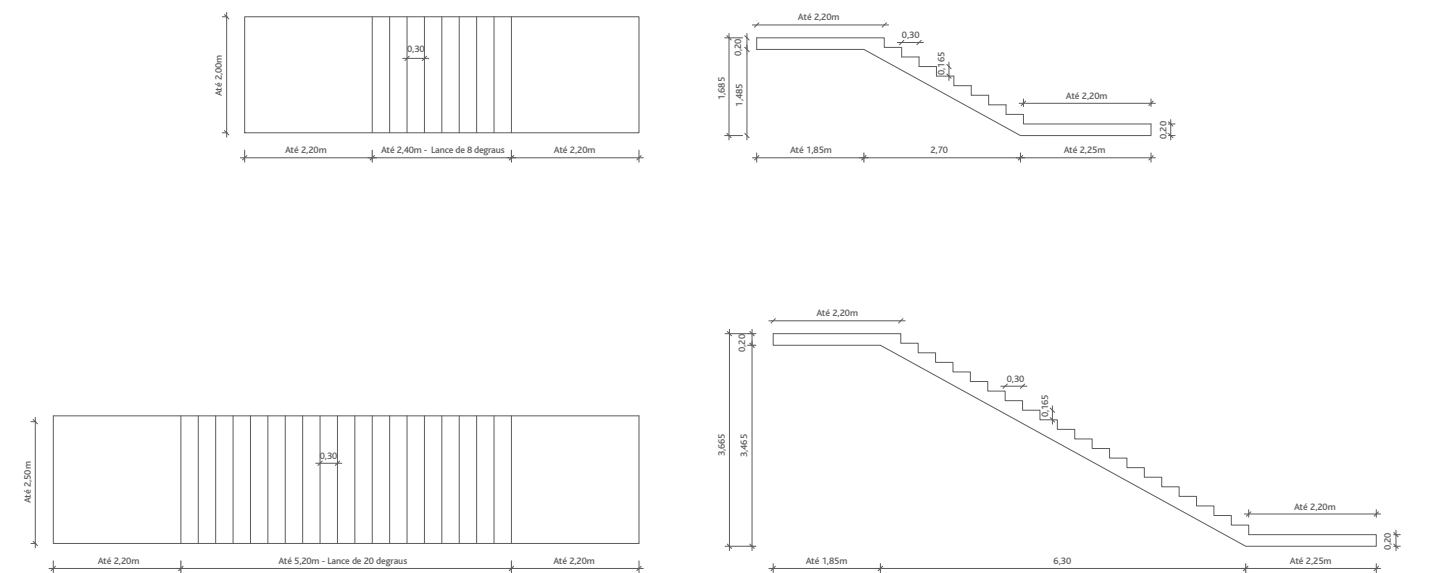


Podemos executar escadas pré-fabricadas em betão, sendo que cada peça pode ter além do lance, um ou dois patamares, e largura variável. Estão preparadas para apoiar em vigas de betão ou metálicas.



// Escada Exterior\_Coimbra

Geometrias





Os painéis VIGOBLOCO obedecem a elevados padrões de qualidade. São fabricados em mesas com vibração o que lhes garante um excelente acabamento. O travamento da estrutura é garantido por um sistema de encaixe macho-fêmea e fixações metálicas aparafusadas.

Os painéis de fachada são estudados e concebidos de forma a poderem ser aplicados tanto em estruturas de betão armado como em estruturas metálicas.

#### ESPESSURAS

A gama de painéis enquadra espessuras de 12 a 20cm.

Para maior conforto acústico e térmico, os painéis arquitectónicos a partir de 17cm podem incluir isolamento.

Poderão ser executadas outras medidas sobre consulta.

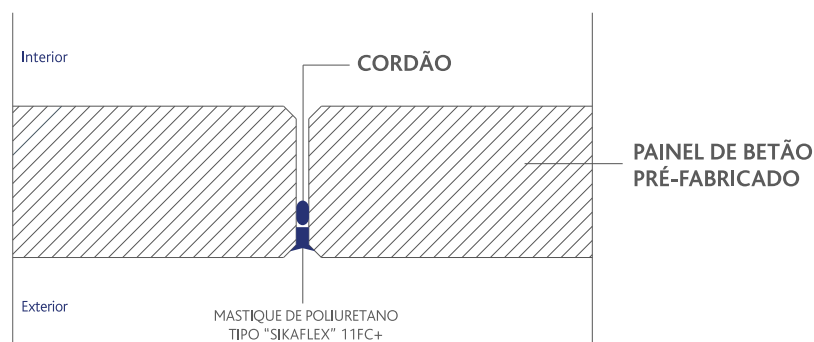
#### ACABAMENTOS

Os painéis arquitectónicos estão disponíveis com diversos acabamentos: - liso, texturados, ou agregados aparentes; - betão cinza, branco, pigmentado, gravilhas ou seixo lavado; - possibilidade de aplicação de impermeabilizante.

#### ACABAMENTOS (MATERIAIS e TEXTURAS)



#### PORMENOR DA JUNTA VERTICAL DOS PAINÉIS

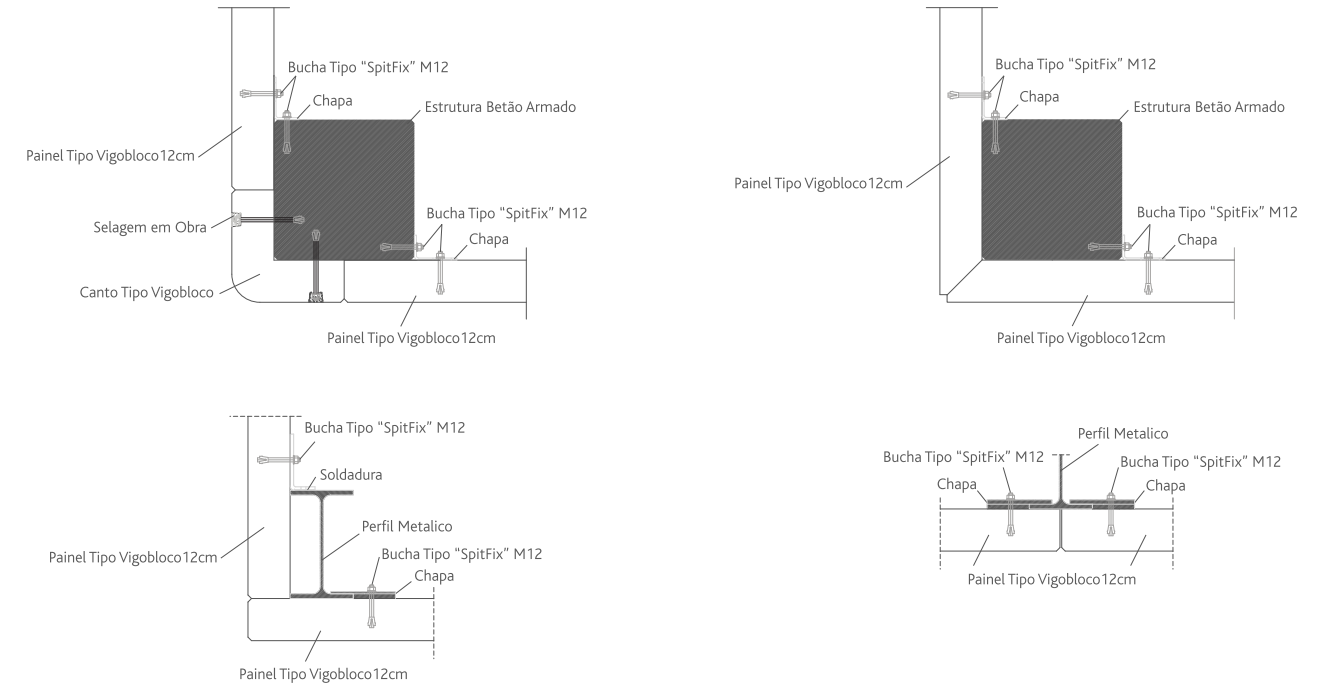


#### DIMENSÕES

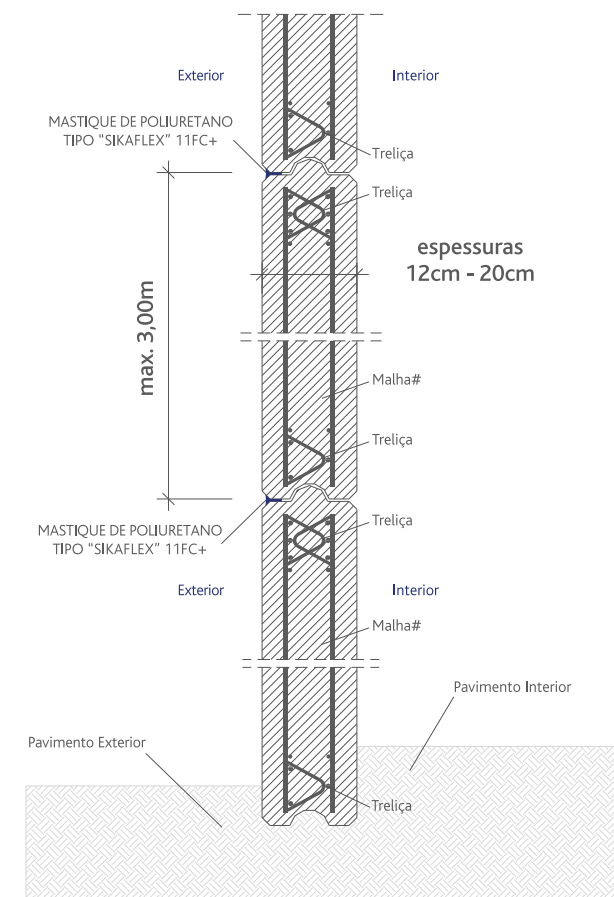
Esp.	Vão		
	até 8,00m	até 12,00m	até 18,00m
12cm	x		
17cm	x	x	
20cm	x	x	x

#### EXEMPLOS DE FIXAÇÃO DOS PAINÉIS

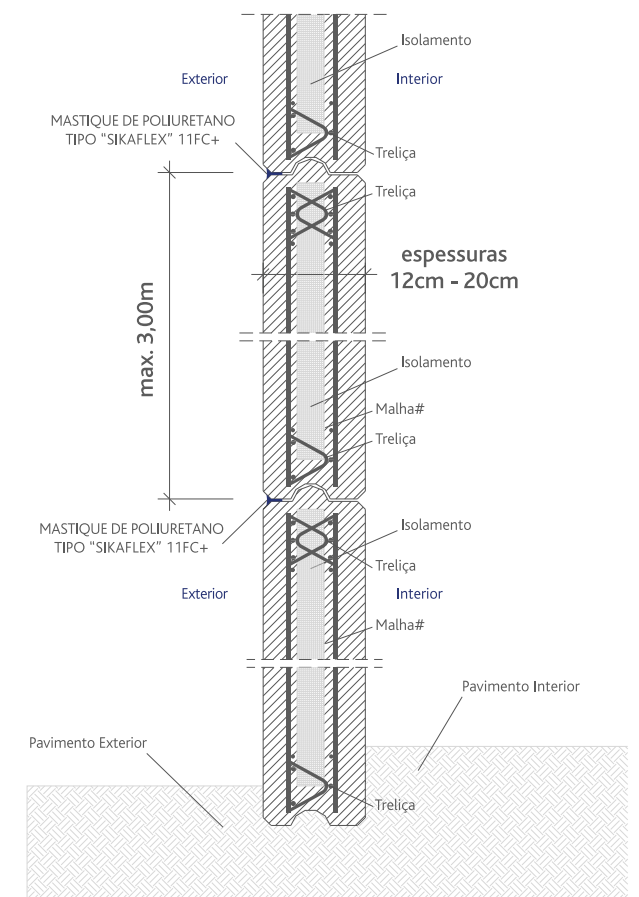
\* Poderão ser utilizados outros sistemas de fixação em função das exigências de projecto.



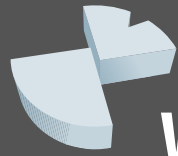
#### PORMENOR DA JUNTA HORIZONTAL DOS PAINÉIS SIMPLES



#### PORMENOR DA JUNTA HORIZONTAL DOS PAINÉIS COM ISOLAMENTO



\* Os Painéis poderão ser montados ao alto, sendo nesse caso as juntas verticais.



# VIGOBLOCO

Pré-Fabricados, S.A.

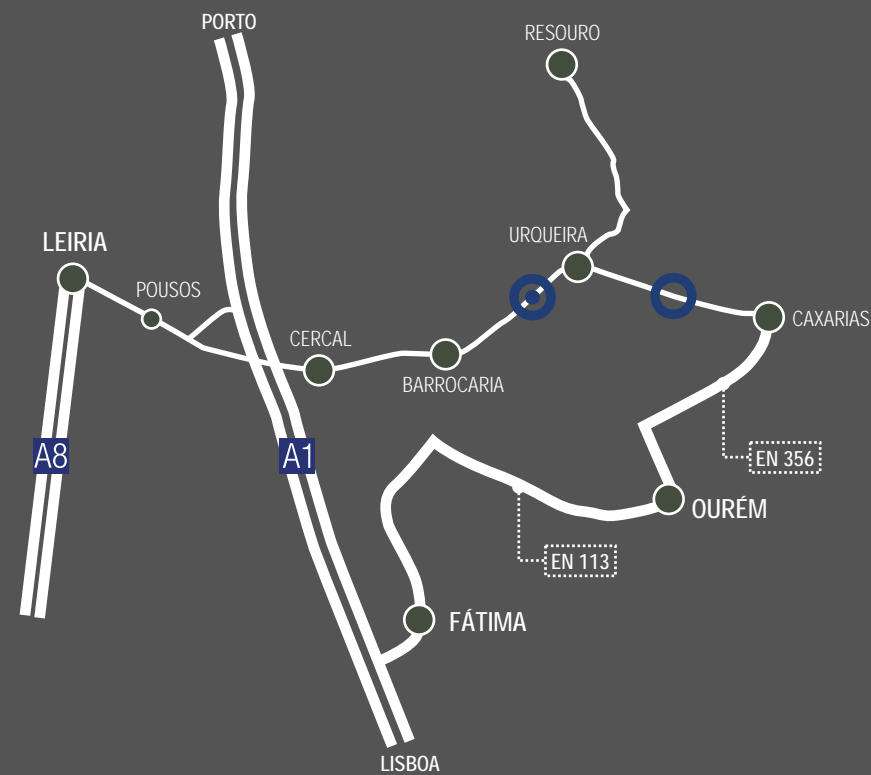


Urqueira - Apartado 25  
2436-909 Caxarias - Portugal  
Alvará nº 39876  
GPS: Lat. 39°43'34.11"N  
Long. 8°36'45.76"O  
Tel. +351 249 580 040  
Fax. +351 249 580 049

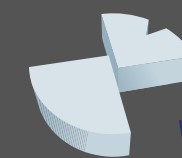
geral@vigobloco.pt  
www.vigobloco.pt



## PAINÉIS ARQUITECTÓNICOS

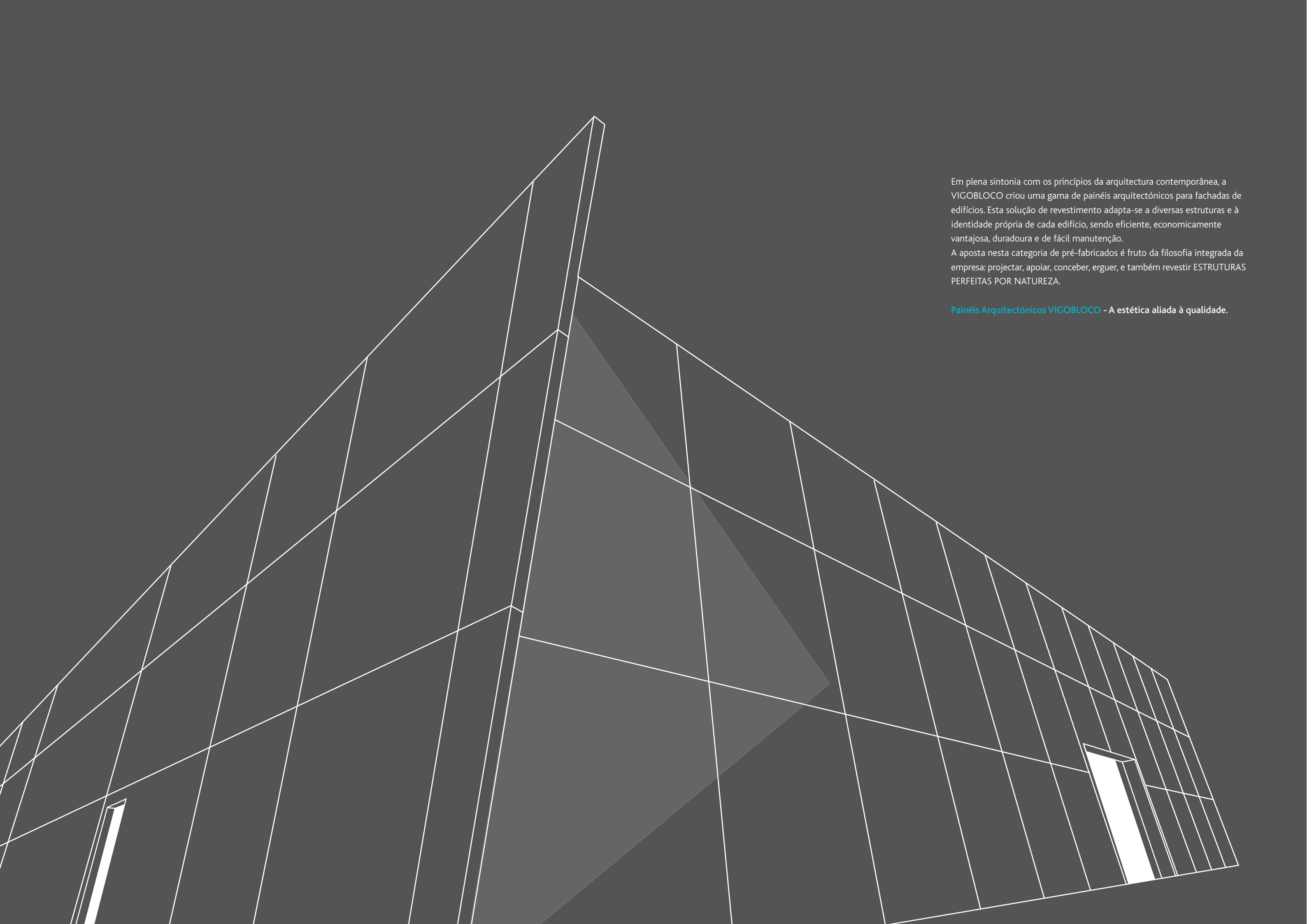


- FÁBRICA 2 - SEDE
- FÁBRICA 1



**VIGOBLOCO**  
Pré-Fabricados, S.A.

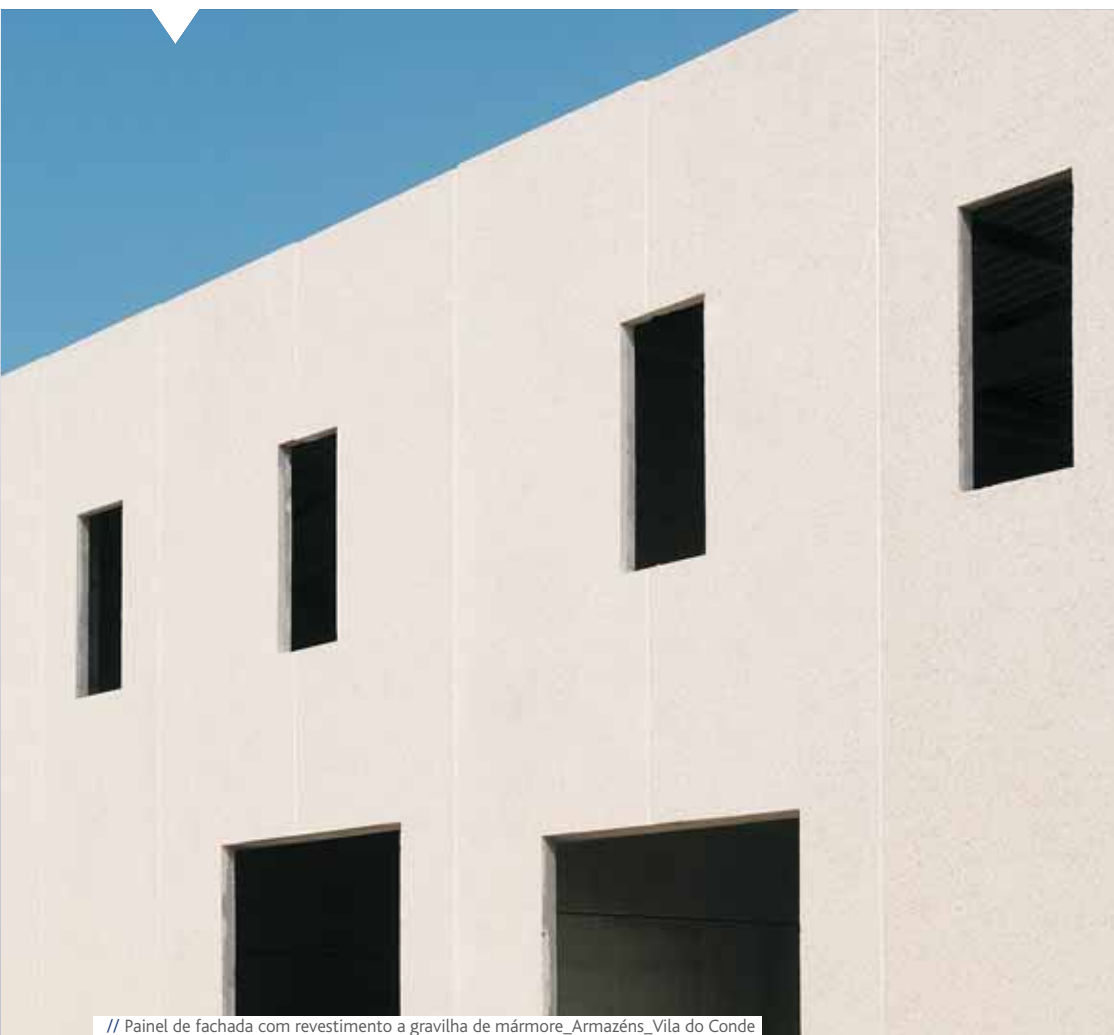




Em plena sintonia com os princípios da arquitectura contemporânea, a VIGOBLOCO criou uma gama de painéis arquitectónicos para fachadas de edifícios. Esta solução de revestimento adapta-se a diversas estruturas e à identidade própria de cada edifício, sendo eficiente, economicamente vantajosa, duradoura e de fácil manutenção.

A aposta nesta categoria de pré-fabricados é fruto da filosofia integrada da empresa: projectar, apoiar, conceber, erguer, e também revestir ESTRUTURAS PERFEITAS POR NATUREZA.

**Painéis Arquitectónicos VIGOBLOCO** - A estética aliada à qualidade.



// Painel de fachada com revestimento a gravilha de mármore\_Armazéns\_Vila do Conde



//

Revestimentos de fachadas em betão branco liso  
Edifícios Celas Plaza e Studio Residence\_Celas Coimbra

Os painéis pré-fabricados permitem soluções arquitectónicas de betão à vista, apresentando claras vantagens no que respeita à fiabilidade e durabilidade da construção. Sempre que solicitado, a VIGOBLOCO presta o apoio técnico necessário à concepção de projectos, de modo a que os vários tipos de painéis sejam integrados adequadamente. A VIGOBLOCO procura responder com rigor e profissionalismo às especificidades de cada projecto e às ideias dos arquitectos/projectistas.



// Painel de fachada em betão cinza liso\_Edifício comercial\_Castelo Branco



// Revestimento em Painel cinza liso pintado\_Bar Ginkgo\_Praia da Rocha Portimão





## PAINÉIS ARQUITECTÓNICOS

Estética aliada à qualidade

Os painéis VIGOBLOCO obedecem a elevados padrões de qualidade. São fabricados em mesas com vibração o que lhes garante um excelente acabamento. O travamento da estrutura é garantido por um sistema de encaixe macho-fêmea e fixações metálicas aparafusadas.

Os painéis de fachada são estudados e concebidos de forma a poderem ser aplicados tanto em estruturas de betão armado como em estruturas metálicas.

### ESPESSURAS

A gama de painéis enquadra espessuras de 12 a 20cm.

Para maior conforto acústico e térmico, os painéis arquitectónicos a partir de 17cm podem incluir isolamento. Poderão ser executadas outras medidas sobre consulta.

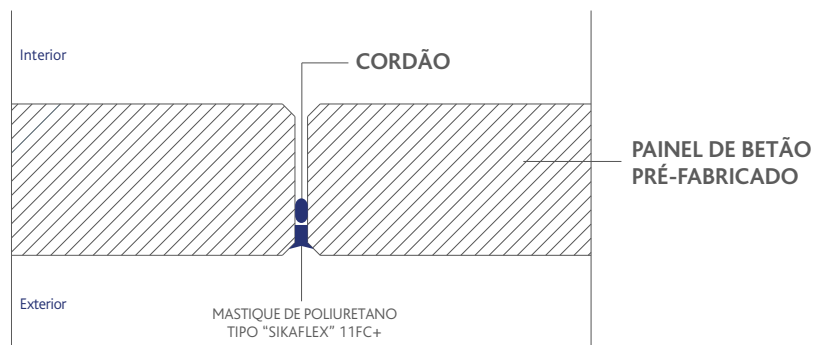
### ACABAMENTOS

Os painéis arquitectónicos estão disponíveis com diversos acabamentos: - liso, texturados, ou agregados aparentes; - betão cinza, branco, pigmentado, gravilhas ou seixo lavado; - possibilidade de aplicação de impermeabilizante.

### ACABAMENTOS (MATERIAIS e TEXTURAS)



### PORMENOR DA JUNTA VERTICAL DOS PAINÉIS

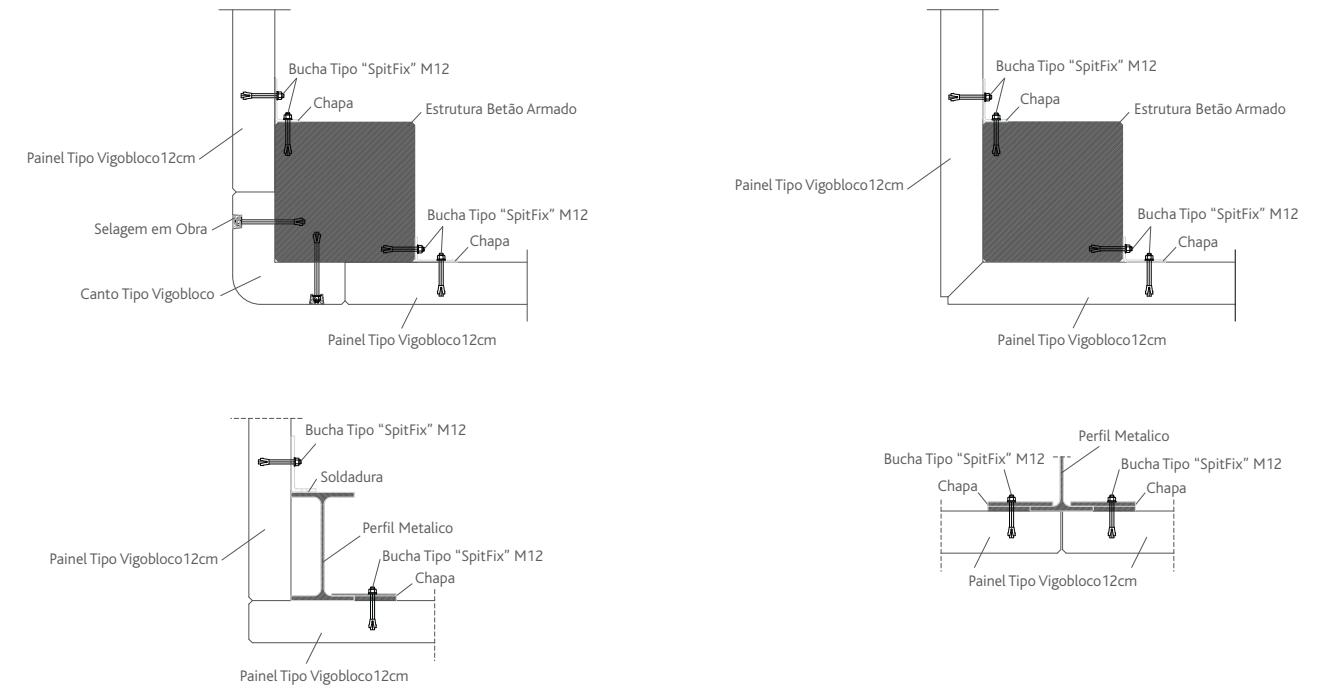


### DIMENSÕES

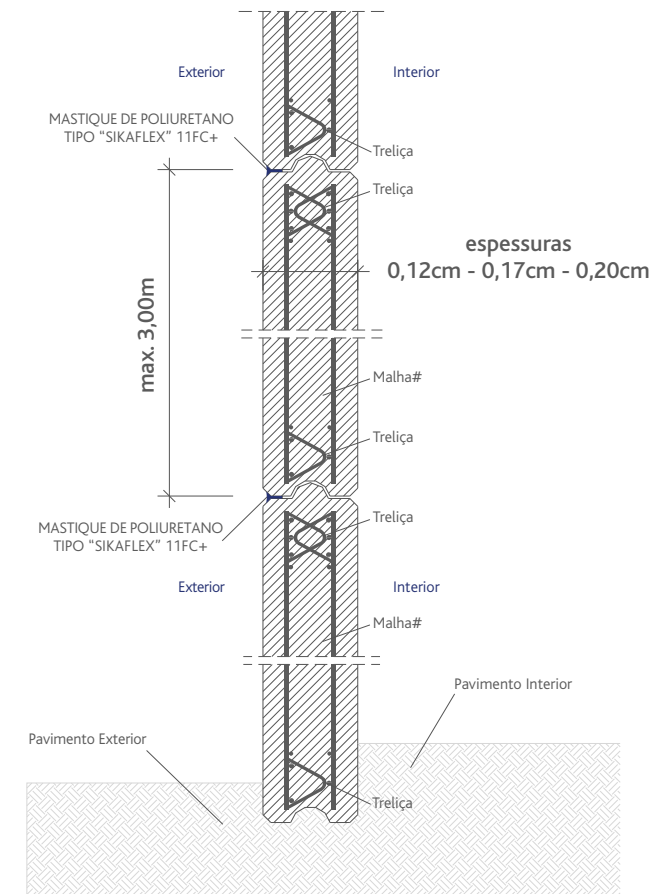
Esp.	Vão	Vão		
		até 8,00m	até 12,00m	até 18,00m
12cm		x		
17cm		x	x	
20cm		x	x	x

### EXEMPLO DE FIXAÇÃO DOS PAINÉIS

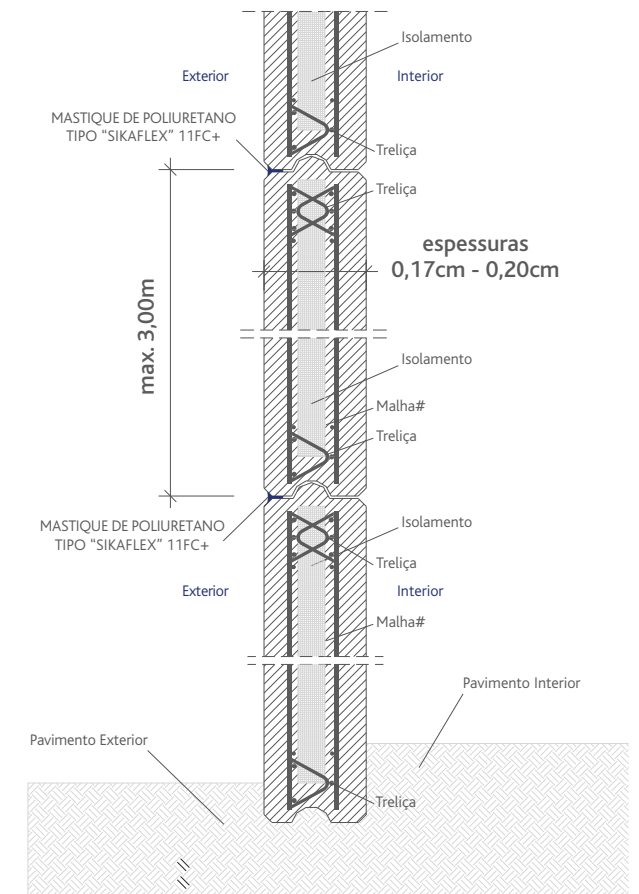
\* Poderão ser utilizados outros sistemas de fixação em função das exigências de projecto.



### PORMENOR DA JUNTA HORIZONTAL DOS PAINÉIS SIMPLES



### PORMENOR DA JUNTA HORIZONTAL DOS PAINÉIS COM ISOLAMENTO



\* Os Painéis poderão ser montados ao alto, sendo nesse caso as juntas verticais.



## PAINÉIS ARQUITECTÓNICOS EM GRC

Estética aliada à qualidade

Os painéis em GRC (Betão Reforçado com Fibras de Vidro) podem ser aplicados como alternativa aos painéis maciços em betão e permitem a execução de fachadas ventiladas, de acordo com as especificidades de cada projecto.

Além do seu baixo peso, os painéis apresentam como grande vantagem a flexibilidade ao nível das formas, dimensões e texturas superficiais.

