

DECLINAVI



EDITORIAL

04

Engenharia: a força transformadora da construção

Bento Aires e Ana Quintas

Ordem dos Engenheiros – Região Norte

08

O Setor da Construção e do Imobiliário: Evolução rumo à Construção 4.0

Manuel Joaquim Reis Campos

Presidente da Direção da AICCOPN e da CPCI

13

Repensar a forma como construímos

Sara Costa | dtc

Maria Luísa Barbosa | Bysteel fs

18

A utilização da pré-fabricação em estruturas de geometria complexa

João Esteves | CCAD

José Lello | ISEP / CCAD

26

Viaduto de Santo Ovídio

Manuel Tender | ISEP / Ayesa

José Aleixo | Consórcio Ferroviário

32

A Construção Industrializada como resposta aos problemas da Habitação em Portugal

Ana Sofia Loureiro

Grupo Casais

39

Painéis de fachada em GRC da unidade hoteleira “W Algarve”

José Rui Pinto

Mota-Engil Pré-fabricados

EDITORIAL

A dimensão da importância da Construção, enquanto atividade consumidora de energia, de água e de matéria-prima, e a sua influência no agravamento do efeito de estufa, justifica o forte empenho do setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) no desenvolvimento de sistemas construtivos que reduzam este nefasto impacto ambiental e que resolvam, de forma mais eficiente, o problema do crescimento demográfico e da concentração de população nas áreas urbanas.

A **prefabricação** e a **construção modular**, tema de capa da presente edição, são um bom exemplo da inovação que se procura promover neste setor, garantindo um produto mais sustentável, de maior qualidade e com custos e prazos mais reduzidos. Apresenta-se um conjunto de artigos em que se desenvolvem os conceitos e os princípios subjacentes a estes sistemas construtivos, abordando-se a sua evolução histórica, justificando-se a pertinência do seu desenvolvimento e do

“A prefabricação e a construção modular, tema de capa da presente edição, são um bom exemplo da inovação que se procura promover neste setor, garantindo um produto mais sustentável, de maior qualidade e com custos e prazos mais reduzidos.”

incremento da sua adoção em Portugal e sugerindo-se a introdução de alterações legislativas que promovam a industrialização da construção.

Descrevem-se casos de obras construídas com estas tecnologias, envolvendo estruturas metálicas, de betão e híbridas, conjugando elementos de betão e de madeira, na materialização de obras de arte e de edifícios com dimensões avultadas e geometrias complexas e arrojadas, desmistificando preconceitos que com frequência associam estes sistemas a uma tipologia de construções em que a liberdade criativa arquitetónica se encontra condicionada.

Realça-se ainda a necessidade de incorporar estes temas nos cursos de ensino superior, facto que o Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto identificara já de forma oportuna, anteriormente, com uma unidade curricular de Industrialização da



Construção na então licenciatura bi-etápica, incluindo, posteriormente, a unidade curricular de Prefabricação e Ligações Estruturais no seu Mestrado e, mais recentemente, criando uma Pós-graduação em Prefabricação em Betão, com a sua 3ª edição atualmente a decorrer.

Não posso deixar de agradecer o contributo aos autores e às empresas parceiras que colaboraram nesta nova edição da DECivil. Penso termos conseguido reunir um conjunto de artigos, necessariamente curtos, para a divulgação do que tem sido feito pela prefabricação e pela construção modular. Outras entidades e organismos, não aqui identificados, estarão, por certo, numa mesma direção de desenvolvimento do setor AECO. Só assim acrescentaremos valor e estaremos mais perto de tornar a **prefabricação** e a **construção modular** no novo paradigma do setor.

Bem-haja a todos. ■

José Pinto-Faria
Diretor do DEC-ISEP

CYPE

SOFTWARE PARA
ARQUITETURA,
ENGENHARIA E
CONSTRUÇÃO

CYPE v.2022



 **BIM**server.center
It's what you do

Desenvolva os seus projetos de forma colaborativa num fluxo de trabalho Open BIM.

 **BIM**server.center
Education
Teaching digital transformation

Desenhado especificamente para a atividade docente.




www.topinformatica.pt



SIGA-NOS:



 253 209 430

 geral@topinformatica.pt

 Braga / Lisboa

Engenharia: a força transformadora da construção



Bento Aires

Presidente do Conselho Diretivo da Ordem dos Engenheiros – Região Norte

Ana Quintas

Vogal do Conselho Diretivo da Ordem dos Engenheiros – Região Norte

presidente@oern.pt

A nossa profissão, Engenheiro Civil, está em plena mudança, para incorporar e alcançar os desafios para um desenvolvimento sustentável, transição digital, transição energética, eficiência e eficácia de produção face às limitações de mercado (sobretudo mão-de-obra e matérias).

A par disto, assistimos à sociedade a voltar-se novamente para a Engenharia Civil, enquanto ciência, para resolver os grandes problemas sociais: como a habitação, as infraestruturas, o PRR, com construção, com profissionais qualificados e que garantam a boa execução dos investimentos.

E é com este enquadramento que a construção modular ganha relevância, simplifica, garante estabilidade e eficiência na execução e potencial uma melhor gestão de recursos.

Já há algum tempo que o termo “construção modular” entrou no nosso vocabulário, e cada vez mais se assiste a uma aplicação destes métodos de construção, com vários exemplos bem-sucedidos já espalhados por todo o país. Em alguns países, como os Estados Unidos, por exemplo, é aplicação recorrente, mas em Portugal ainda estamos longe de uma efetiva aplicabilidade.

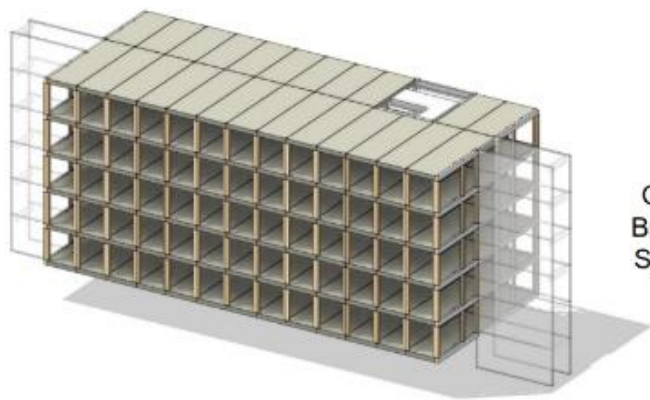
E nesta construção modular convém separar as abordagens mais minimalistas das mais robustas, ou seja, a construção totalmente ou tendencialmente modular, da incorporação de elementos pré-fabricados.

A construção modular começou por ser utilizada em toda a Europa após a Segunda Guerra Mundial, devida a necessidade de construir o mais rapidamente possível para dar resposta a falta de habitação nos países mais atingidos. Este processo, chamado de pré-fabricação possibilitou a construção em massa de milhares de lares, embora com pouco nível de qualidade e eficiência.

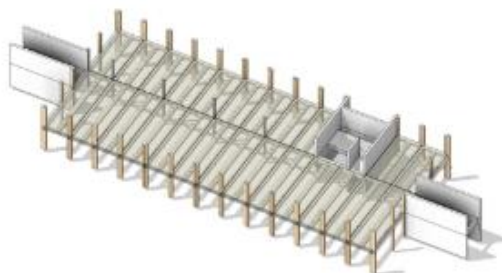
Nos últimos 20 anos, países como a Alemanha, Reino Unido, França e Suécia aperfeiçoaram estes métodos construtivos, ao nível dos painéis 2D assim como os módulos 3D, desenvolvendo também sistemas híbridos, utilizando materiais como aço, betão e madeira. Sendo os sistemas de madeira (timber frame e CLT) os mais preferenciais devido à baixa pegada carbónica. Dentro das abordagens minimalistas ou mais robustas elencamos algumas abordagens já sistematizadas, e consolidadas quanto ao processo de execução:

Construção Volumétrica – sistemas estruturais 3D

A construção volumétrica 3D consiste em unidades produzidas em ambiente controlado (p.e. fábrica) antes de serem transportadas para o local de instalação. São normalmente feitas de madeira ou aço,



CREE Building System



Structural Model (Design by TOPBIM)

podendo incluir todos os acessórios internos e acabamentos, prontos para montagem. Uma vez no local, as unidades são simplesmente empilhadas em cima das fundações.

Pods

Um Pod é a terminologia utilizada para designar um elemento volumétrico pré-fabricado. Podem ser de cozinhas, casas de banho, são montados em fábrica e são projetados para encaixar em estruturas existentes. A fabricação destes pods é semelhante aos métodos utilizados na construção volumétrica e geralmente são feitos de madeira, aço ou betão, incluindo os respetivos acabamentos e infraestruturas.

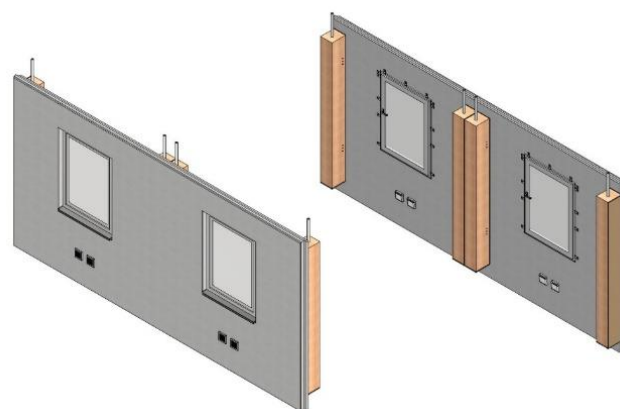


Construção Parelizada – sistemas estruturais 2D

Também conhecida como construção em painéis, este método de construção envolve a fabricação de painéis planos em condições de fábrica. Ao contrário da construção volumétrica, os painéis são montados no local ou incorporados em estruturas existentes. Existem várias opções de painéis no mercado, incluindo painéis abertos, nos quais recursos como janelas e isolamento são instalados apenas no local, e painéis fechados, nos quais acessórios como portas e janelas são montados na fábrica e antes do transporte.

Por Componentes (não estruturais)

São elementos normalmente utilizados em projetos de infraestruturas e residenciais, projetados para serem adicionados a estruturas existentes. Por exemplo, elementos de telhados, varandas, escadas, pisos, pilares, vigas entre outros.



Vantagens vs Desvantagens

Enquadrando o desenvolvimento da construção modular, nos tempos (tempo e objetivos) que vivemos, consideramos que este método construtivo traz vantagens evidentes.

Desde logo a rapidez. O tempo de construção é mais rápido do que a construção tradicional, porque os produtos e módulos são fabricados offsite (em fábricas e em ambiente controlado e por isso menos sujeito a ineficiências), e depois de transportados, são colocados no local final.

Outra vantagem remete-nos para uma maior eficácia do processo de fabrico. No ambiente controlado do chão de fábrica, há fatores como as condições atmosféricas, a eficiência da mão-de-obra e o uso de automatização que introduz níveis de eficiência não alcançáveis na construção tradicional.

Ao nível do design e dos materiais utilizados, são também identificadas várias vantagens. Os projetos são mais digitais, consideram todo o ciclo de vida do edifício e a fase de protótipos e pilotos, permite ajustar o design de forma a evitar erros e iterações. Estes projetos são desenhados para altos níveis de eficiência energética e uso de materiais, de forma a dar resposta à tão importante agenda da descarbonização da construção. E sobretudo, estamos certos que a construção modular de hoje é de mais qualidade, durabilidade e eficiência que aquela a que se recorreu no passado.

Em suma há um maior controlo do uso dos recursos e materiais, menor desperdício, produção mais rápida, menos deslocações e um grande potencial para tornar a construção mais sustentável.

Embora todas estas vantagens possam naturalmente ser atrativas, há que assinalar também algumas desvantagens. A primeira, e a que considero a principal, é a barreira cultural do consumidor final, que está habituado a elevada customização da construção e à confiança nos produtos, bem como algumas incertezas no financiamento e garantias da execução e venda do produto final.

Existe ainda uma outra barreira, que é a falta de mão-de-obra qualificada e especializada nestes métodos construtivos.

Mas cabe à Engenharia ser o garante da sistematização da construção modular, em várias dimensões que são importantes destacar:

- Capacitação dos profissionais

À semelhança de todas as transições, tal como esta, é necessário capacitar com formação contínua o tecido produtivo para este novo paradigma de construção, usando as tecnologias mais avançadas de conceção e execução.

- Análise do ciclo de vida

Prática já muito falada, mas que carece de implementação efetiva, que ao consumidor final seja disponibilizada toda a informação para conhecer o edifício que vai usar, como o manter, como o adaptar e até mesmo como o desmantelar.

- Processos de licenciamento e enquadramento legal

Hoje todo o enquadramento legal é dirigido para a construção tradicional, a construção modular pode encontrar entraves na sua viabilização e licenciamento. E como se resolve?

O ideal seria uma atualização de toda a legislação da construção, a começar pelo próprio RGEU de 1951, que estabelece o regulamento geral das edificações urbanas, embora isso possa ser uma tarefa complexa e de difícil execução.

Se falarmos de investimento público, podemos estar perante novas necessidades no âmbito da contratação pública, talvez mais alargadas, no que concerne ao regime de conceção construção.

O processo de construção modular é, e é recomendado que o seja, alinhado com modelos de conceção construção, devendo ser dada autonomia de conceção, desenvolvimento e execução aos concorrentes e executantes. Autonomia que não se pode dissociar da respetiva responsabilização – princípios que merecem obter um novo

enquadramento legal, eficaz e de rápida implementação.

- **Contributo para a sustentabilidade**

Convém esclarecer e distinguir que construção modular não significa construção sustentável, mas pode ajudar e deve ter a aspiração em sê-lo. Mas podemos afirmar, que é seguramente uma construção mais sustentável que a construção tradicional, otimiza recursos, está projetada para a circularidade, para os materiais renováveis e não “findáveis” e, por isso, tem desperdício zero, procura opções que levam a soluções mais eficientes no uso (material, energético, hídrico e térmico). Pela estabilidade das soluções construtivas, permite otimização e ciclos logísticos menores, caminhos possíveis da neutralidade carbónica.

Podemos apontar ainda que a construção de edifícios comerciais na Europa são os que mais utilizam os métodos modular, seguido dos edifícios industriais e institucionais. Só no fim está o sector residencial. Por isso mesmo, este mercado é ainda bastante fragmentado, com apenas algumas empresas a liderar, mas com grandes oportunidades de crescimento e interesse no sector privado como no público.

Oportunidades que não são só das empresas que as podem liderar, mas sim dos Engenheiros, que numa abordagem multidisciplinar e integradora podem transpor uma mudança que ainda podemos considerar aspiracional e efetivamente possível. ■

O ENSINO SUPERIOR DÁ-TE O GRAU ACADÉMICO, **MAS SÓ A ORDEM** **TE DÁ O TÍTULO**

Para usar o título de Engenheiro é **obrigatório** estar inscrito na **Ordem dos Engenheiros**



ORDEM
DOS ENGENHEIROS
REGIÃO NORTE

Inscribe-te na OE



haengenharia.pt

O Setor da Construção e do Imobiliário: Evolução rumo à Construção 4.0



Manuel Joaquim Reis Campos

Presidente da Direção da AICCOPN – Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas
Presidente da Direção da CPCI – Confederação Portuguesa da Construção e do Imobiliário
geral@aiccopn.pt | cpci@cpci.pt

Enquadramento

O Setor da Construção e do Imobiliário assume uma elevada importância estratégica no contexto da economia nacional, caracterizando-se, essencialmente como um setor com capacidade de dar resposta às necessidades do país e resiliente a todas as mudanças, políticas, legislativas, técnicas, ambientais e até sociais, que têm ocorrido ao longo dos tempos, demonstrando, sempre, uma capacidade organizacional e técnica, no âmbito da Arquitetura, da Engenharia e da Construção Portuguesas, que nos torna reconhecidos a nível mundial.

Balanço de 2022

A economia portuguesa, de acordo com as contas nacionais trimestrais, recentemente divulgadas pelo INE, registou um aumento de 6,7% do PIB em 2022, ou seja, o mais elevado desde 1987, após o aumento de 5,5% em 2021, que se seguiu à diminuição histórica de 8,3% em 2020 na sequência dos efeitos adversos da pandemia na atividade económica. Com efeito, apesar do ano de 2022 ficar marcado por eventos globais, com impactos profundos na economia portuguesa, destacando-se a guerra na Ucrânia, o crescimento acelerado da inflação e o aumento das taxas de juro, o País beneficiou dos contributos da recuperação do turismo e do consumo privado.

No que concerne ao Setor da Construção, apesar dos constrangimentos que afetaram a atividade das empresas, designadamente, a falta de mão de obra qualificada e os aumentos das matérias primas, da energia e dos materiais de construção, assistiu-se, novamente, a uma elevada resiliência das empresas, observando-se uma evolução favorável na generalidade dos indicadores setoriais em 2022. Efetivamente, o Setor fechou o ano transato com um crescimento de 3,4% do valor bruto da produção, em linha com as previsões da Comissão Europeia para a evolução do investimento em construção. Neste âmbito, importa salientar, que o consumo de cimento no mercado nacional, que é um dos principais indicadores do investimento em construção em Portugal, observou em 2022 o melhor registo desde o ano 2011, ao totalizar 3,8 milhões de toneladas.

Tabela 1 – Evolução da produção do setor da construção por segmentos. (Fonte: AICCOPN)

Evolução da Produção do Setor da Construção por Segmentos			
	2020	2021	2022 (E)
Taxa de variação real			
Edif. Residenciais	4,5%	4,5%	3,7%
Edif. Não Residenciais	-0,5%	0,9%	1,0%
Engenharia Civil	3,0%	6,0%	4,5%
Produção Total do Setor	2,5%	4,3%	3,4%

(E) – Estimativa

No segmento da habitação, apurou-se, igualmente, uma evolução positiva nos principais indicadores em

2022, tendo terminado o ano com um crescimento de 3,7% do valor bruto da produção, evolução para a qual contribuem, de forma significativa, as variações de +2% e de +5% na área licenciada em edifícios habitacionais e no número de alojamentos licenciados em construções novas.

No que respeita às transações de imóveis habitacionais, apurou-se, de forma semelhante, uma evolução positiva, com um aumento de 8% em número e de 22,9% em valor das transações, nos primeiros 9 meses de 2022.

Ao nível do crédito à habitação concedido pelas instituições financeiras em 2022, verificou-se um aumento de 5,8%, em termos homólogos, para 16.153 milhões de euros, valor que corresponde ao montante anual mais elevado desde 2007. Neste âmbito, apesar da subida das taxas juro que se verificou nos últimos meses do ano, assistiu-se a uma valorização significativa do preço das habitações, com o valor mediano da habitação para efeitos de avaliação bancária a registar um aumento de 13,5%, em termos homólogos, no mês de dezembro.

No que concerne ao segmento dos edifícios não residenciais, em 2022, deverá ter-se registado um acréscimo real de 1,0%, gerando um volume de produção de cerca de 4,5 mil milhões de euros. Este segmento de atividade foi o que apresentou uma evolução mais modesta, segundo as estimativas elaboradas, evidenciando uma evolução semelhante (+1,0%) em ambas as suas componentes, quer a componente pública, quer a privada.

Em 2022, de entre os diversos segmentos do setor da Construção, o da engenharia civil deverá ter registado o crescimento mais significativo (+4,5% em volume, face a 2021), assumindo, desta forma, o principal contributo para a evolução positiva que o setor da construção revelou ao longo do ano, cuja produção beneficiou dos elevados níveis de adjudicações ocorridos em 2020 e em 2021, com os contratos de empreitadas de obras públicas celebrados a totalizarem, nesse período, 7.759 milhões de euros.

Perspetivas económicas para 2023

A Europa e, em particular, Portugal, atravessam um período de grande incerteza face aos riscos de uma possível escalada da guerra na Ucrânia ou de um crescimento superior ao expectável da inflação e das taxas de juro, com os respetivos impactos na atividade económica. Com efeito, as estimativas oficiais para a economia portuguesa apontam para um ligeiro crescimento de cerca de 1%, em 2023, após o significativo aumento de 6,7% do PIB em 2022.

As perspetivas para 2023, para as empresas que operam no Setor da Construção e do Imobiliário são favoráveis, apesar das dificuldades associadas à falta de mão-de-obra, estimadas em cerca de 80 mil trabalhadores, e ao aumento do preço das matérias-primas, energia e dos materiais de construção. Não obstante todos os constrangimentos, as expectativas mais recentes apontam para um cenário de crescimento entre 2,4% e 4,4% do valor bruto de produção, o que evidencia, uma vez mais, a elevada resiliência das empresas desta fileira.

No segmento da habitação, apesar da expectativa de vir a ser o segmento, potencialmente, mais afetado pelo aumento das taxas de juro, fatores como o reduzido nível de oferta habitacional, face aos atuais níveis de procura por imobiliário português, a crescente necessidade de soluções energeticamente mais eficiente para os edifícios e, ainda, o facto de existirem verbas europeias no montante de 2.161,8 milhões de euros no PRR - Plano de Recuperação e Resiliência destinadas à habitação, prevê-se que estejam criadas condições para um crescimento do valor bruto de produção entre 1,5% e 4,5% neste segmento, a que corresponde um ponto médio de 3,0%, após o aumento de 3,7% estimado para 2022. A evolução prevista para a produção do segmento de engenharia civil em 2023 é bastante positiva e traduz um reforço da taxa de crescimento desta componente face ao ano anterior, de +4,5% estimados para 2022, e que deverá aumentar para +5,0% em 2023. Com este crescimento, o valor bruto de produção deste

segmento deverá atingir 10,6 mil milhões de euros, o que corresponderá a cerca de 48,5% da produção total prevista para o Setor em 2023.

A Evolução rumo à Construção 4.0

O Setor da Construção e do Imobiliário atravessa atualmente mais um desafio, o desafio da adaptação à 4.ª Revolução Industrial, a denominada Indústria 4.0, que “nasce” em meados da segunda década do século XXI. Neste contexto, a Construção 4.0, surge como uma ramificação da Indústria 4.0, afirmando-se como o caminho natural para o aumento de competitividade e produtividade do setor, pelo crescente reconhecimento das alterações climáticas no planeta e conseqüentemente pela adoção de políticas de desenvolvimento sustentável.

No “Manual de Inovação e Sustentabilidade: Os Desafios e as Soluções na Reabilitação Urbana 4.0”, elaborado pela Universidade Fernando Pessoa, no âmbito da Marca AICCOPN - R.U.-I.S. – Reabilitação Urbana Inteligente e Sustentável -, é apresentada uma reflexão sobre as transformações e os novos desafios que a chegada da 4ª revolução industrial coloca à Fileira da Construção, pretendendo apoiar a identificação, estruturação e desenvolvimento de soluções no âmbito da Construção 4.0.

Estamos, assim, perante um novo paradigma, marcado pela informação digital e pela integração de diversas tecnologias inovadoras – Big Data Analytics, computação em nuvem, robôs automatizados, simulações, manufatura aditiva avançada, realidade aumentada ou a internet das coisas - que transitam para sistemas industriais inteligentes, onde o mundo físico da indústria convencional é integrado com o mundo da tecnologia digital e da internet.

A Construção 4.0 constitui, por isso, uma evolução efetiva de sistemas produtivos tradicionais, permitindo que as empresas sejam mais flexíveis, dinâmicas e operacionais, com melhorias significativas nas distintas cadeias de valor, designadamente na “oferta” em grande escala de produtos personalizados e individualizados, mas produzidos como se de uma produção em série se tratasse.

O recurso à tecnologia e à inovação, a capacitação dos recursos humanos, a procura de soluções inteligentes e sustentáveis, constituem hoje realidades indispensáveis para as empresas, que valorizam cada vez mais a economia circular nas suas estratégias de atuação.

Em termos concretos, e como se pode observar na figura 1, a Construção 4.0 assenta fundamentalmente no desenvolvimento de 10 vertentes de cariz tecnológico, nomeadamente:

1. Pré-fabricação e construção modular;
2. Materiais de construção avançados;
3. Impressão 3D e manufatura aditiva;
4. Construção autónoma;
5. Realidade aumentada e virtualização;
6. Big data e análise preditiva;
7. Monitorização wireless e equipamento conectado;
8. Cloud e colaboração em tempo real;
9. Fotogrametria e scanarização 3d;
10. Building Information Modeling (BIM).

Aspetos, considerando a importância das temáticas e da disseminação de conhecimento pelas empresas do setor, que se encontram desenvolvidos no Manual de Inovação e Sustentabilidade: Os Desafios e as Soluções na Reabilitação Urbana 4.0”, publicado pela AICCOPN em 2022.



Figura 1 – Vertentes de cariz tecnológico da Construção 4.0.
(Fonte: *World Economic Forum, Boston Consulting Group*)

As empresas Portuguesas têm vindo gradualmente a aplicar os princípios da Construção 4.0 na sua atividade, verificando-se, a cada dia que passa, que é maior o uso de ferramentas tecnológicas em tarefas como cálculos estruturais, a georreferenciação, a gestão integrada de projetos, a pré-fabricação, a construção modular, bem como a aplicação dos princípios da economia circular, que procura o balanço entre o desenvolvimento económico e a sustentabilidade ambiental, focando-se no uso regenerativo dos recursos.

Verifica-se também uma verdadeira revolução digital e tecnológica, através de novos processos construtivos, utilização de novos materiais, construção off-site e modular, que têm respondido a um dos principais constrangimentos à atividade da construção, a falta de mão-de-obra.

Destaca-se neste âmbito:

A **integração da tecnologia** no processo construtivo, que se consubstancia num aumento da produtividade, diminuição de custos e redução do desperdício. Que torna as atividades do setor mais apelativas, uma vez

que o recurso a máquinas e automação permite reduzir a exigência física do trabalho. E, ainda que facilitam a interação entre os diferentes agentes em obra (projetistas, diretor de obra, diretor de fiscalização, dono de obra, etc.).

A **construção offsite e a pré-fabricação**, como uma das vertentes da industrialização da construção que visa promover soluções com maior produtividade e eficiência no uso de recursos humanos e materiais, ou seja, apresenta a possibilidade de, em determinados contextos, possibilitar custos de construção mais baixos, são ainda apontadas, a este tipo de construção, vantagens relacionadas com um maior controlo e menor desperdício de recursos e uma produção mais rápida, sendo possível, mediante situações específicas, reduzir em 30% os custos de transporte e em 40% os materiais e o tempo gastos.

A **economia circular e a construção sustentável**, através do desenvolvimento de projetos, promovidos e implementados para responder à emergência ambiental, como a gestão eficaz dos resíduos de

construção e demolição, bem como a sua valorização e desenvolvimento de plataformas colaborativas, o desenvolvimento do mercado das matérias primas-secundárias, a incorporação de materiais reciclados nas empreitadas de obras públicas e particulares, a avaliação do ciclo de vida dos edifícios, a concretização de projetos de conceção que já acautelam a “futura” desconstrução em nova construção e, por fim, a criação de ferramentas baseadas em BIM – Building Information Modeling - para modelos de construção circular.

Reconhece-se assim, que, de uma forma geral, o tecido empresarial está a fazer um investimento significativo na sua transição digital e tecnológica, porém este é um esforço que tem que ser apoiado, em especial nas micro e PME – Pequena e Média Empresa -, que constituem a base da estrutura empresarial da construção, considerando que 94,5%

das empresas do setor apresentam uma estrutura de pessoal com uma dimensão inferior a 10 trabalhadores.

No entanto, considera-se que este novo paradigma é mais uma oportunidade para que o Setor da Construção e do Imobiliário demonstre a sua resiliência e qualidade, exemplos como a cultura empresarial de inovação e sustentabilidade, a aplicação de novos produtos e processos construtivos, a formação e capacitação de “novos” profissionais, a participação e colaboração em projetos de I&D – Investigação e Desenvolvimento, a cooperação com a Academia, a otimização da gestão de recursos, entre outros, são já realidades para muitas das empresas deste setor, que demonstram assim a sua capacidade para disseminar e concretizar os desafios associados a esta nova era, a era da 4ª revolução industrial. ■



Repensar a forma como construímos

Sara Costa

Gestora de Inovação | dte

Maria Luísa Barbosa

Coordenadora de Arquitetura & Administradora Executiva | Bysteel fs

Sara.Costa@dte.pt



Introdução

A vida é cheia de mudanças. Também as empresas. Dependendo da escala, do âmbito, e do impacto. Industrialização é uma mudança, é um novo paradigma para a Construção. É um vislumbre; para alguns uma utopia, para outros uma realidade. Já não se pensa em Construir, sem se pensar em Industrializar; e já não se fala em Industrialização, sem se falar na Construção. Mas, se Industrializar é um propósito, como lá chegar é a genesis de inúmeras reflexões, quer literárias, quer corporativas. Nesta reflexão, sobre este tema que não é novo, mas que assume uma nova relevância, inúmeras dúvidas persistem, e ainda muitas empresas resistem. Industrializar é um desafio, garantidamente! E são, precisamente os desafios da indústria, sentidos e vividos pelo dstgroup, encarados como um voo audaz para abraçar um novo paradigma, que esta publicação sintetiza. São dez, estão intimamente ligados, e são descritos de seguida.

1. Depreender que industrializar não é, só, e apenas, pré-fabricar e modularizar

Muito se tem escrito e debatido sobre Industrialização, enquanto conceito, e enquanto implementação. Se há anos a definição de Industrialização da Construção circundada apenas por uma mudança no produto, pela modularização, e no processo, pela transferência do trabalho para um ambiente controlado, seria

suficiente, e inúmeros estudos académicos apontam neste sentido; atualmente, já não o é. Tal definição, é hoje apelidada como pouco desenvolvida, ou incompleta na literatura [1]. Uma publicação recente do dstgroup no *Journal of Construction Engineering and Management* instaura uma visão mais alargada do paradigma, onde as dimensões humanas, sociais, e comportamentais, a par das disruptivas mudanças no produto, processo, e cadeia de abastecimento, fazem parte de um novo entendimento da Industrialização [2]. Avançar para a Industrialização sem saber o que significa induzirá em erros, custos, ansiedade, e exaustão, e será um outro desafio acrescido.

2. Garantir excelência operacional como resultado promissor da Industrialização do setor

Industrialização implica Excelência Operacional, e tal como refere Aristóteles, *“we are what we repeatedly do. Excellence, then, is not an act, but a habit”*. A incessante busca por esta Excelência tem esbatido as diferenças entre construir, e produzir, pela, mas não só, Filosofia Lean, e pelos princípios de Gestão Industrial. Se Industrialização implica uma nova forma de conceber os edifícios, implica também uma nova forma de os produzir, e assim surge um dos maiores desafios da indústria: como produzir, garantindo excelência não só a nível de custo, como também de crescimento organizacional, qualidade do produto, e



da entrega, garantindo sempre a motivação dos trabalhadores? A cadeia de abastecimento tem um papel decisivo para esta excelência, não só pela forma como é gerida, como também é desenhada, e sincronizada. Estimular a cooperação entre empresas do setor da construção para promover a industrialização da construção é igualmente um dos principais temas para o aumento da excelência da Indústria.

3. Reconhecer a profunda importância da cooperação empresarial para a Industrialização

Pensar em Industrialização traz consigo todo um novo pensamento; e inerente este, uma colaboração entre as partes, para chegarmos a um todo, é essencial. As várias entidades e stakeholders têm de se alinhar, e estreitar relações para o incentivo e a concretização de uma construção modular. Inovação é essencial; e depende das sinergias com o outro; Inovação, não só sobre o sistema modular em si, mas também na sua produção, e na forma como as empresas interligam, pela tecnologia, e pelas suas relações comerciais.

A Academia, também ela surge nesta construção de pensamento, mas também de disseminação. Industrialização enquanto disciplina tem de fazer parte dos conteúdos programáticos. Os diplomados têm de chegar às empresas com este conhecimento. O desafio impõe-se também a este nível, ao nível académico, e nas modificações necessárias para interligar teoria e prática, academia e empresas.

4. Instaurar um pensamento industrial nos construtores

Uma grande percentagem das novas construções ainda adota de forma significativa as mesmas soluções tipológicas e tecnologias, assim como, métodos de produção desenvolvidos há quase cem anos. Apenas recentemente se começaram a admitir sistemas mais rápidos e de qualidade acrescentada. É notório na prática profissional um afastamento entre o modo de pensar e o modo de executar, revelando-se importante voltar a unir caminhos em prol de uma transformação. O desenvolvimento de um projeto de arquitetura e engenharia assente numa lógica de pensamento modular, desde a sua génese, promove a

industrialização da construção. Modularização é um caminho para a customização em massa e um caminho para um pensamento industrial nos construtores. O módulo, deve ser entendido enquanto parte de um sistema que amplia as possibilidades de construção e integração entre unidades. O termo módulo congrega dois conceitos: o de unidade de medida e o de regulamento. Com o objetivo claro de elevar os parâmetros de racionalização e de qualidade desde a fase inicial de projeto, à fase de produção e à fase de edificação final dos edifícios.

5. Assegurar a industrialização da construção sem, no entanto, ser sinónimo da redução da individualidade, criatividade e da liberdade arquitetónica na conceção dos edifícios

Ao mesmo tempo que se fala em aumento do nível de racionalização no setor construtivo, com todas as vantagens inerentes, fala-se simultaneamente na salvaguarda do nível de liberdade de conceção do ponto de vista arquitetónico. O conceito e o propósito da construção modular pretendem trazer para o ramo da construção, benefícios de outros sistemas industriais sem desvirtuar a componente estética e de flexibilidade que deve ser garantida aos Arquitetos. O conceito de flexibilidade foi amplamente explorado no discurso arquitetónico, sobretudo no decorrer do século XX. Segundo Rem Koolhaas, *“Flexibility is not the exhaustive anticipation of all possible changes. Most changes are unpredictable. (...) Flexibility is the creation of a capacity with a wide margin that enables different and even opposing interpretations and uses”* [3]. Ainda que a modularização e pré-fabricação na Arquitetura estejam tradicionalmente associadas a uma ideia de falta de flexibilidade e demasiada rigidez, incorporam hoje uma resposta alternativa à vulgar construção convencional, quebrando conceitos e estereótipos relacionados à produção industrializada. Tal como refere Ryan Smith: *“Three things you can depend on in architecture. Every new generation will rediscover the virtues of prefabs. Every new*

generation will rediscover the idea of stacking people up high. And every new generation will rediscover the virtues of subsidized housing to make cities more affordable. Combine all three —a holy trinity of architectural and social ideals” [4]. Desta forma, a elaboração e a procura de novos sistemas construtivos, traduz-se num dever e obrigação que surge em resposta à atual procura por exigências sociais, qualidade, conforto, segurança e eficiência justos, elevados e competitivos.

6. Potencializar um futuro sustentável, inclusivo e belo

Com a industrialização do setor, impõe-se a necessidade de repensar a forma como construímos, que materiais usamos e que tecnologias aplicamos. Alicerçados nesta consciência e correspondendo a um dos atuais desafios europeus o New Bauhaus Challenge - *“Shaping more beautiful, sustainable and inclusive forms of living together.”*, estão hoje na ordem do dia dos projetistas preocupações como a definição de soluções construtivas baseadas em lógicas de DFMA (Design for Manufacturing and Assembly), estruturadas segundo os princípios de Eco-design (previligiando o uso de mono-materiais, ao mesmo tempo que reduzem o número de componentes constituintes) e ainda assegurando o ciclo de vida das construções com uma grande consciência de escolhas desde logo no momento da tomada de decisão em projeto. A construção modular e a pré-fabricação configuram-se parte da resposta para que arquitetos e engenheiros possam garantir que os edifícios são mais sustentáveis, oferecendo soluções com economia de energia e recursos. Além disso, soluções construtivas modulares podem ser projetadas para serem inclusivas, permitindo que pessoas de todas as faixas etárias e capacidades desfrutem dos espaços projetados. Por fim, soluções construtivas modulares podem ser belas, pois o foco na funcionalidade, sustentabilidade e eficiência não sacrificam a linguagem arquitetónica, garantindo o

grande propósito do Novo Bauhaus e assegurando-se um design mais inclusivo e belo.

7. Libertar as cidades do seu estado de “estaleiro”

Numa sociedade onde a velocidade de produção, a rapidez construtiva e a economia de custo se tornam mais valorizadas do que nunca, o poder do conceito modular enquanto elemento transformador, ganha forma, dimensão e capacidade. A redução efetiva dos trabalhos in-situ, além de libertar a cidade para que possa ser vivida sem a presença dos estaleiros, condensa os prazos da construção, já que se sustenta na transferência de uma percentagem do tempo de construção in-situ para o ambiente controlado de fábrica. O desenvolvimento dos trabalhos em ambiente controlado revela também vantagens evidentes na otimização da produtividade e eficiência construtiva, aumento eficiente da programação laboral e inexistência de interrupções laborais por motivos de condições atmosféricas adversas. A par de uma clara contenção e atenuação do impacto ambiental da construção no meio ambiente devido ao controlo de desperdícios e melhor reaproveitamento de recursos, nomeadamente do ponto de vista racional da construção.

8. Dispor de políticas de incentivo, e diretrizes de apoio à Industrialização da Construção

Novas formas de projetar, novas formas de construir, conduzem a novas necessidades na lei e nos procedimentos burocráticos, designadamente dos processos de licenciamento. Mais, dependem também de uma modernização dos incentivos quer para novos empreendimentos focados na Industrialização da construção, quer para uma indústria altamente competitiva. A literatura aponta a o papel decisivo dos governos como um dos fatores críticos [5,6]. De igual modo, melhorar as condições estruturantes que potenciam o investimento em construção modular, apoiar-se-á também numa regulamentação adaptada a esta nova indústria. As leis da edificação devem

salvaguardar a questão da qualidade da arquitetura, não só na componente funcional, mas também na dimensão da eficiência energética e na resposta à pobreza energética e alterações climáticas.

Nomeadamente, no que diz respeito aos processos de licenciamento os procedimentos burocráticos são de tal maneira complexos que não se compadecem com os objetivos temporais onde se tem de desenvolver um vasto número de projetos e obras. É por isto, que se afigura importante uma revisão e sistematização da lei geral das edificações urbanas que reflita estas circunstâncias atuais e assegure a visão que se perspetiva para a Construção em 2030.

9. Ter a profunda consciência que os trabalhadores são a razão, o motor, e o sucesso de todas as mudanças

Pensar em Industrializar sem pensar nos comportamentos, atitudes, capacidades, e traços de personalidade dos trabalhadores é um dos riscos mais referenciados na literatura para qualquer mudança. Mudar mentalidades, mudar hábitos, e mudar formas estipuladas de trabalhar, identificadas como imutáveis, é o grande desafio. Mais, ter líderes capazes de visionar esta mudança, e concretizá-la, numa indústria apelidada como resistente à mudança, é um fator decisivo. Como garantir o comprometimento dos trabalhadores, com as capacidades desejadas, o mindset ambicioso, capazes de envolver todos os que trabalhem consigo, para este fim, é de facto, um dos grandes desafios que a Indústria enfrenta.

10. Garantir com a Industrialização, um mundo melhor

A Industrialização revoluciona a forma como as empresas pensam, e se comportam. Este acreditar na mudança, e fazê-la acontecer, intensifica a preocupação com o outro. Na história mais recente da tecnologia no geral, inovações processuais e de produtos foram explorados em quase todas as direções. A sociedade é agora uma nova máquina e

cada vez mais equipas multidisciplinares desenvolvem novas e diferentes formas de abordagem, técnicas e processos sempre com o mesmo objetivo orientado ao aumento da produtividade e da garantia dos padrões de qualidade. Tendencialmente assim parece estar a ser hoje no campo dos componentes de construção e sistemas tecnológicos. Uma nova forma de divisão social do trabalho, onde um mundo mais justo, igualitário, e partilhado, entre Homens e Mulheres, é vivido, sentido e admirado. O sexismo tradicionalmente imposto ao setor, é esbatido, e a conquista de novos postos de trabalho, espera-se uma luta vencida. ■

Referências

- [1] Ayinla, K. O. K. O., Cheung, F., & Tawil, A.-R. A. R. (2019). Demystifying the concept of offsite manufacturing method: Towards a robust definition and classification system. *Construction Innovation*, 20(2), 223–246. <https://doi.org/10.1108/CI-07-2019-0064>
- [2] Costa, Sara; Carvalho, Maria Sameiro; Pimentel, Carina; Duarte, Cláudia. (2023). A Systematic Literature Review and Conceptual Framework of Construction Industrialization. *Journal of Construction Engineering and Management*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002410](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002410)
- [3] KOOLHAS, Rem - S, M, L, XL. 1995, p. 240.
- [4] PREFAB ARCHITECTURE - A guide to modular design and construction, 2010
- [5] Zakaria, S. A. S., Gajendran, T., Rose, T., & Brewer, G. (2018). Contextual, structural and behavioural factors influencing the adoption of industrialised building systems: a review. *Architectural Engineering and Design Management*, 14(1–2), 3–26. <https://doi.org/10.1080/17452007.2017.1291410>
- [6] Bendi, D., Rana, M., Arif, M., Goulding, J., & Kaushik, A. (2020). Understanding off-site readiness in Indian construction organisations. *Construction Innovation*. <https://doi.org/10.1108/CI-02-2020-0016>

A utilização da pré-fabricação em estruturas de geometria complexa

João Esteves

Diretor de Projecto | CCAD – Serviços de Engenharia, Lda
joao.esteves@ccad.pt

José Lello

Professor Adjunto Convidado | ISEP
Fundador e Sócio-Gerente | CCAD – Serviços de Engenharia, Lda
jca@isep.ipp.pt

Introdução

CCAD – Serviços de Engenharia, Lda foi contactada por uma empresa do Norte de África para desenvolver uma solução variante em betão pré-fabricado para uma obra que lhe havia sido adjudicada e cujo projecto base consistia numa solução betonada in situ. Inicialmente, a empresa apresentou uma solução alternativa em estrutura metálica, que não foi aceite pelo Dono de Obra, tendo, assim, enveredado por uma solução pré-fabricada em betão, a ser executada no local com posterior montagem.

A obra não é propriamente do tipo em que seja óbvia a plena integração de uma solução pré-fabricada, conforme se pode observar nas Figuras 1 a 4.



Figura 2 – Vista geral do edifício.

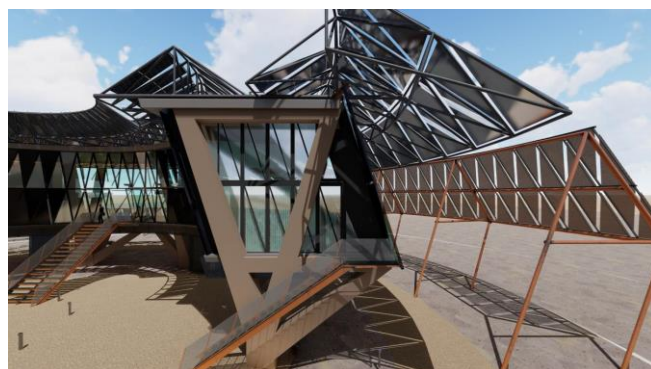


Figura 3 – Vista do edifício pelo interior.



Figura 1 – Vista aérea geral do edifício.



Figura 4 – Vista do edifício pela parte inferior.

A primeira percepção foi que seria possível dividir o edifício em um conjunto de módulos repetitivos, concebendo-se módulos primários que pudessem ser replicados entre si. Um módulo simples é apresentado nas Figuras 5 e 6. A partir deste módulo, foi concebido um modelo completo, para ser calculado no programa Autodesk Robot Structural Analysis conforme representado na Figura 7.



Figura 5 – Módulo a ser replicado.

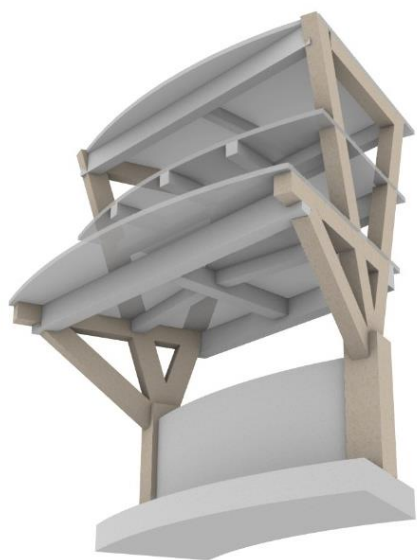


Figura 6 – Módulo a ser replicado.

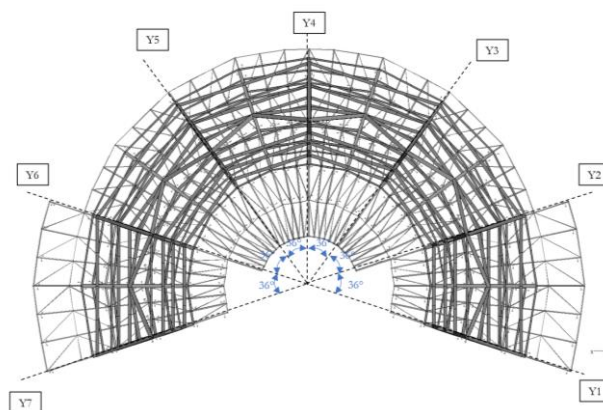


Figura 7 – Modelo global.

Descrição da estrutura

De um modo geral, a estrutura do edifício pode ser dividida em duas partes principais:

- Estrutura principal (a azul na Figura 8);
- Estrutura de suporte dos painéis fotovoltaicos na cobertura (a verde na Figura 8).

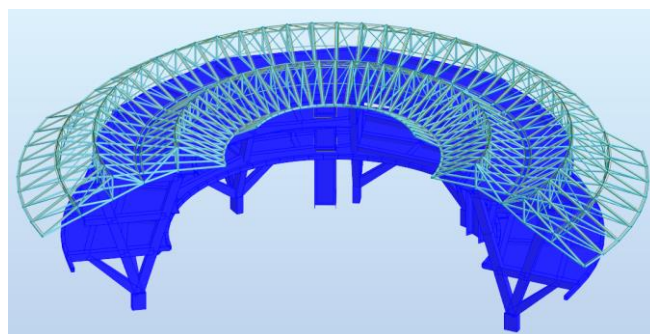


Figura 8 – Estruturas consideradas.

A estrutura principal pode ser subdividida em várias partes, a saber:

- Pórticos principais, que constituem o suporte principal da estrutura, dispostos em direcção radial formando ângulos de 36° entre si (a azul na Figura 9)

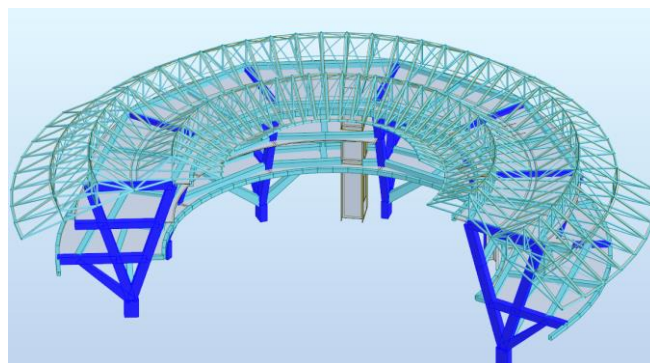


Figura 9 – Pórticos principais.

Cada pórtico é constituído por elementos singulares (pilares e vigas) monoliticamente ligados entre si (Figura 10).

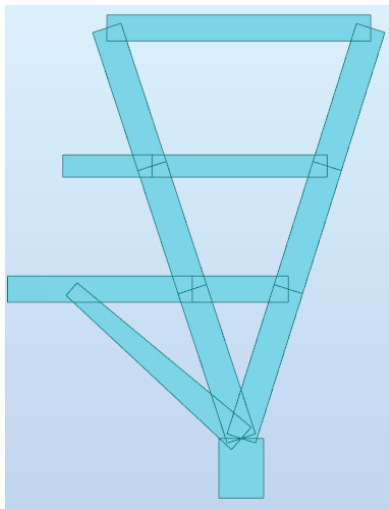


Figura 10 – Pilares e vigas.

— Pilares diagonais, que apresentam como principal função o contraventamento da estrutura na direcção circunferencial (Figura 11).

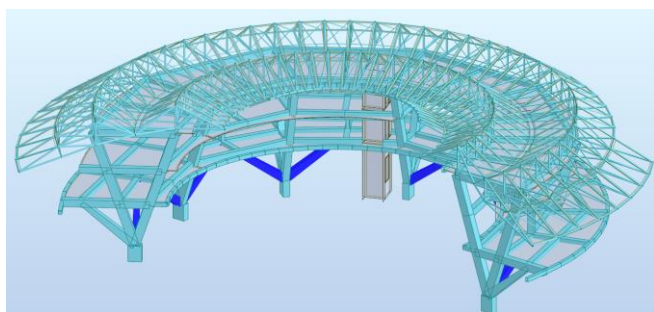


Figura 11 – Pórticos diagonais.

— Caixas de elevadores, que, para além da sua funcionalidade, servem igualmente para contraventamento da estrutura (Figura 12).

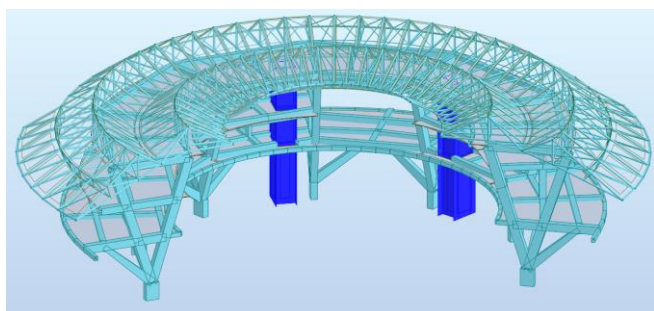


Figura 12 – Caixas de elevadores.

— Pavimentos, constituídos por vigas e lajes, sendo as vigas monoliticamente ligadas aos pilares, e as

lajes realizadas por meio de pré-lajes com 8 cm de espessura com enchimento de 10 cm in situ (Figuras 13 e 14). As lajes apresentam um comportamento rígido no seu plano, permitindo a sua consideração no contraventamento da estrutura.

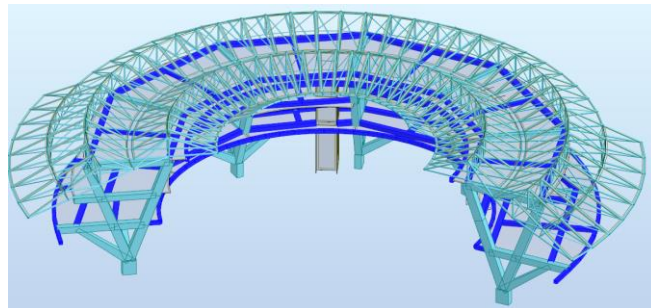


Figura 13 – Vigas.

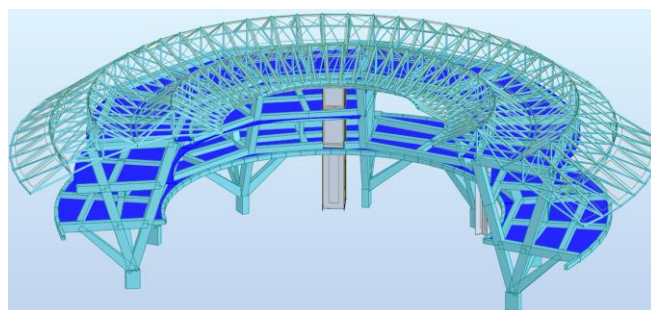


Figura 14 – Lajes.

Elementos estruturais elementares

Cada pórtico principal (Figura 15) é constituído por vários elementos estruturais elementares, conforme representado na Figura 16.

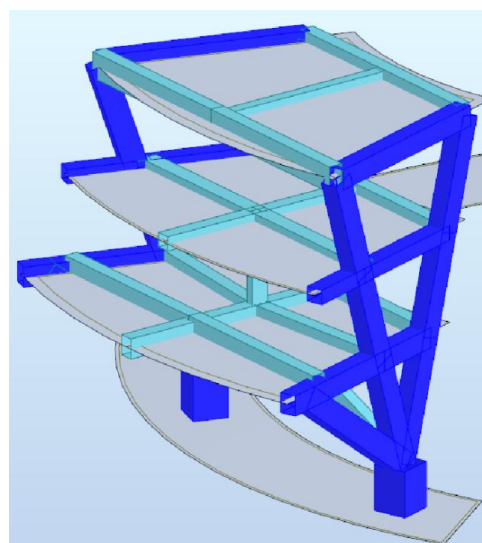


Figura 15 – Pórtico principal tipo.

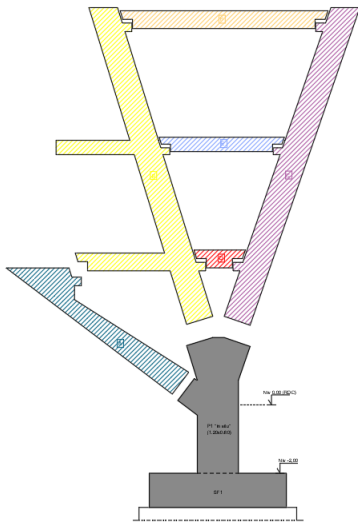


Figura 16 – Discretização dos elementos estruturais.

Processo construtivo

O processo construtivo é apresentado, de forma sequencial, nas Figuras 17 a 29.

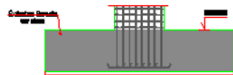
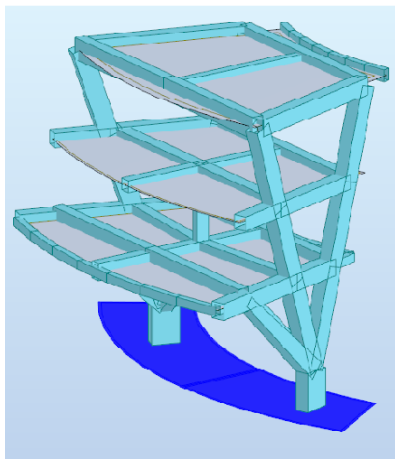


Figura 17 – Fase 1: betonagem da fundação.

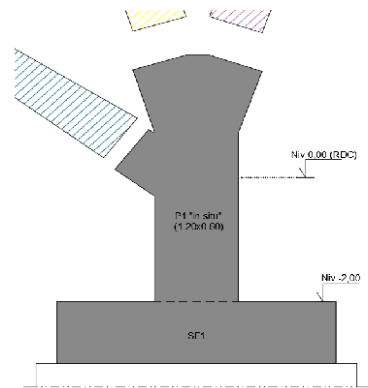
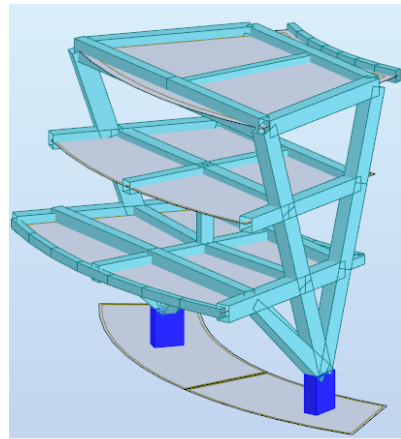


Figura 18 – Fase 2: betonagem do primeiro trecho de pilar.

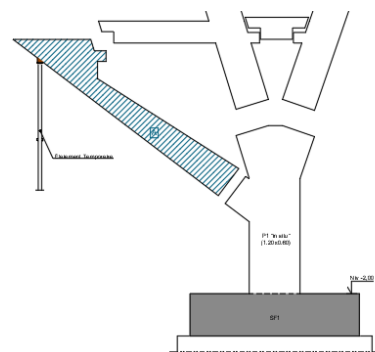
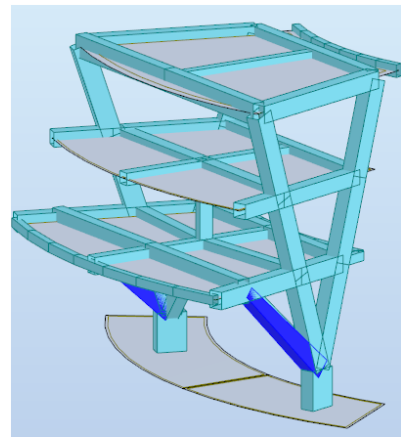


Figura 19 – Montagem do pilar inclinado, com utilização de escoramento provisório.

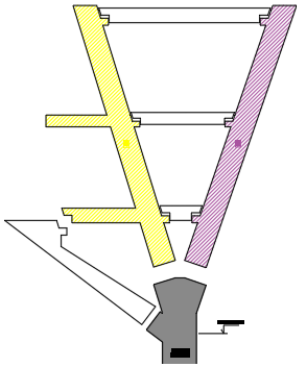
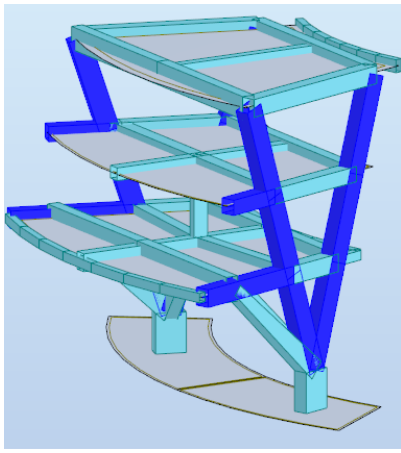


Figura 20 – Montagem dos dois pilares em V e das vigas em consola.

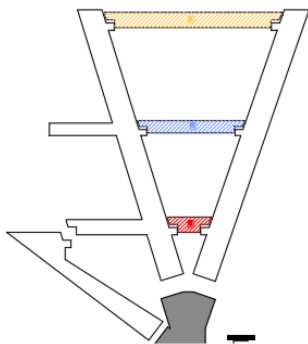
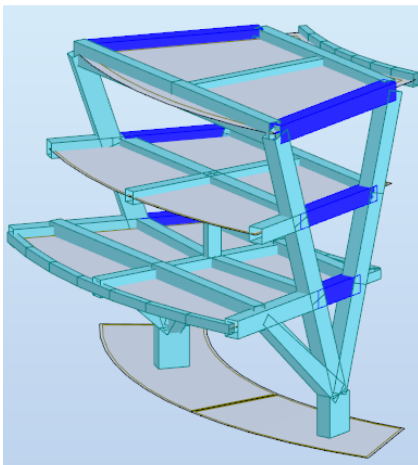


Figura 21 – Montagem das vigas de ligação dos pilares em V.

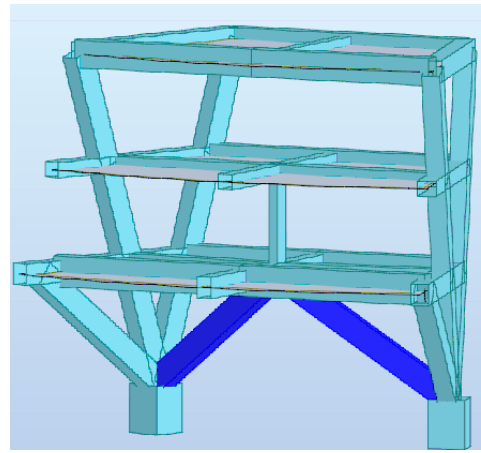


Figura 22 – Execução dos pilares inclinados.

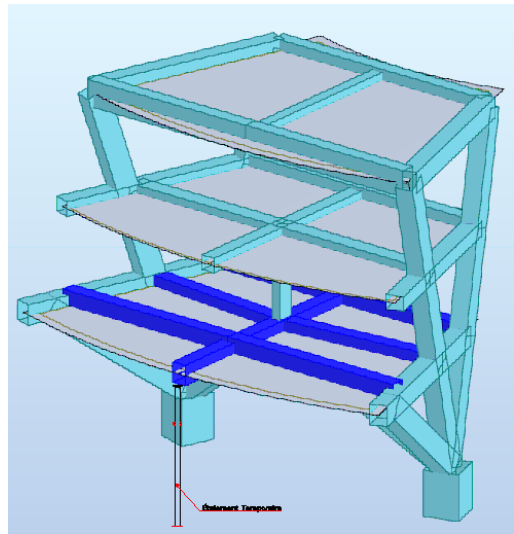


Figura 23 – Montagem das vigas do piso 1, com auxílio de escoramento provisório.

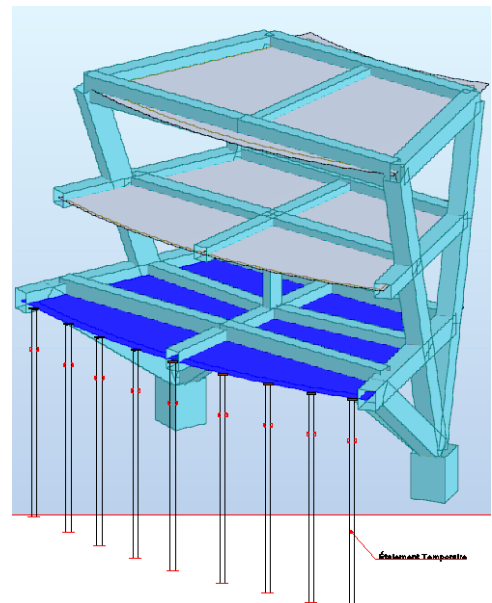


Figura 24 – Montagem das lajes do piso 1, com auxílio de escoramento provisório.

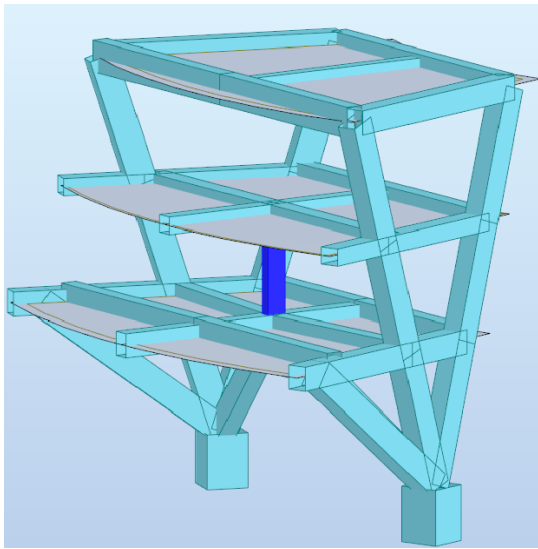


Figura 25 – Betonagem do pilar central do piso 1.

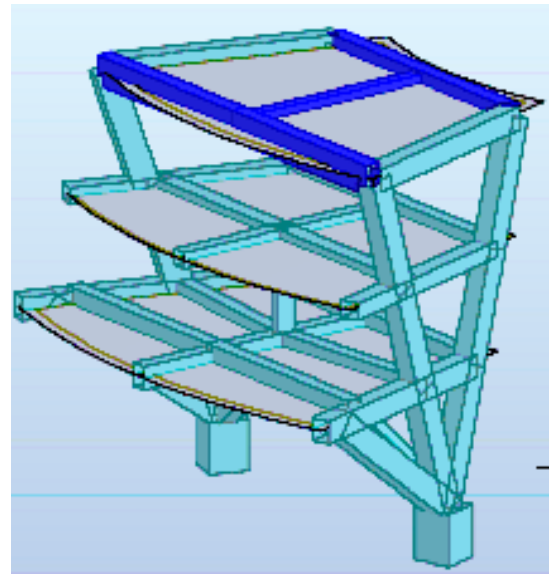


Figura 28 – Montagem das vigas do último piso.

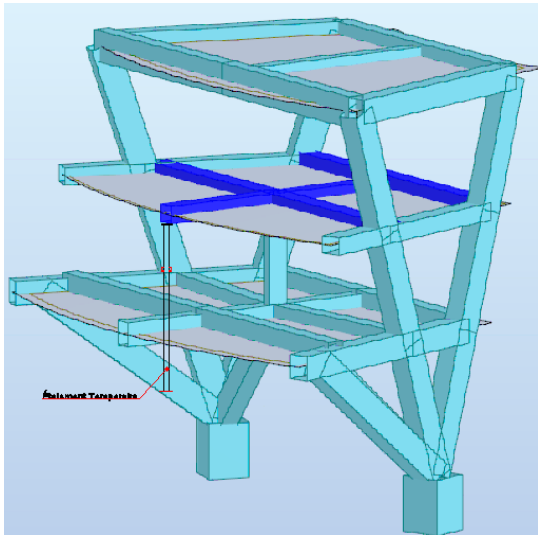


Figura 26 – Montagem das vigas do piso 2.

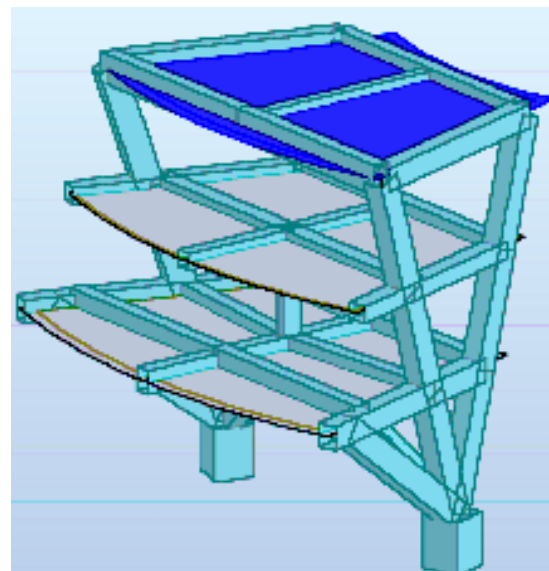


Figura 29 – Montagem das lajes do último piso.

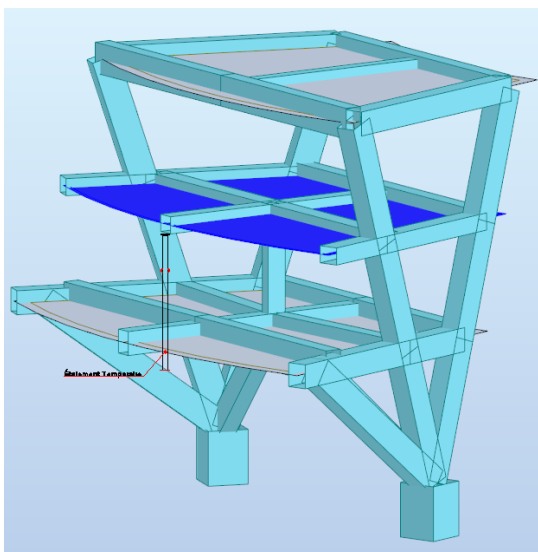


Figura 27 – Montagem das lajes do piso 2.

Ligações estruturais

De um modo geral há dois tipos de ligações entre os diversos elementos estruturais:

- a) Betonagem dos nós;
- b) Ligações Peikko.

As betonagens dos nós ocorrem essencialmente nas ligações entre vigas e entre vigas e lajes. As ligações Peikko têm lugar nas uniões de pilares e entre vigas e pilares. Por exemplo, na ligação dos três pilares inclinados ao pilar de arranque da estrutura temos as ligações ilustradas na Figura 30.

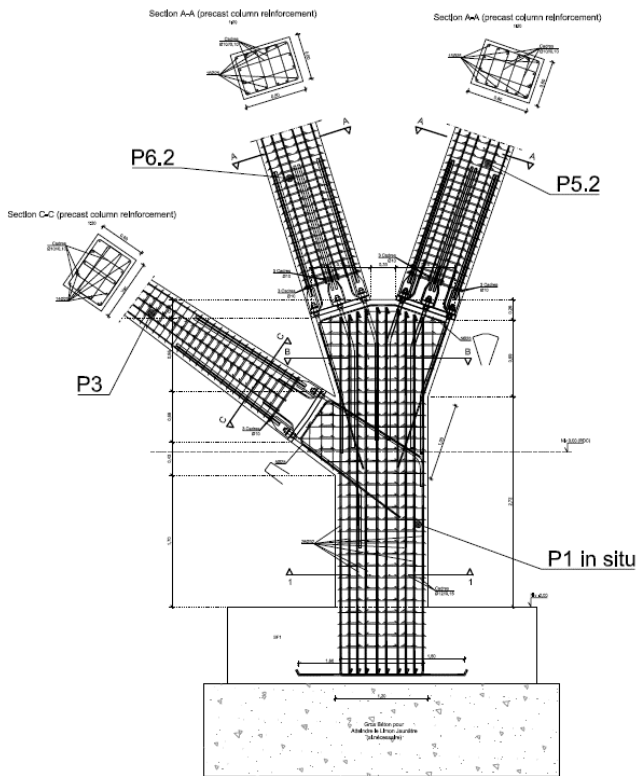


Figura 30 – Ligações Peikko no pilar de arranque da estrutura.

Estas ligações, designadas HPKM, destinam-se a garantir uma ligação de continuidade entre uma fundação e um pilar ou entre dois pilares (Figura 31).



Figura 31 – Ligação HPKM.

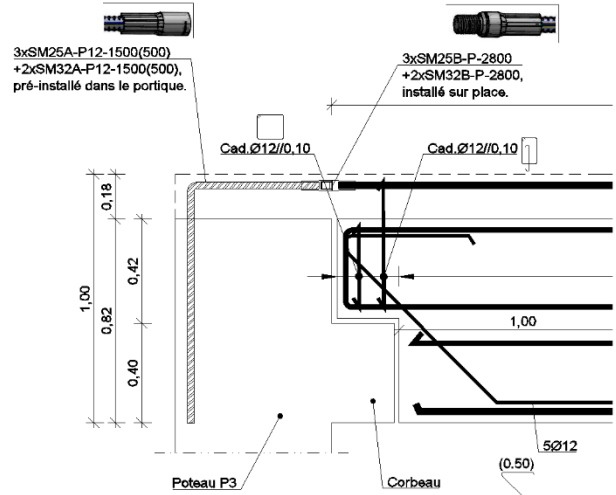


Figura 32 – Ligação entre pilar e viga, para transmissão de momento negativo.

Outro tipo de ligação é utilizado na união entre uma viga e um pilar, para garantir a transmissão de momentos negativos (Figura 32).

Foram ainda utilizadas ligações de continuidade entre vigas, conforme representado na Figura 33.

Refira-se, finalmente, a ligação utilizada entre viga e pilar para efeitos de transmissão de momento positivo (Figura 34).

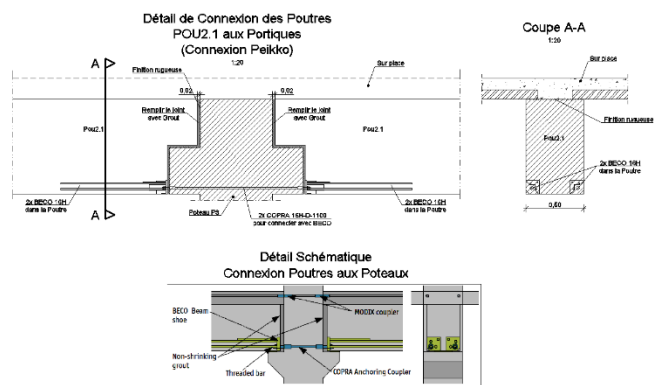


Figura 33 – Ligação de continuidade.

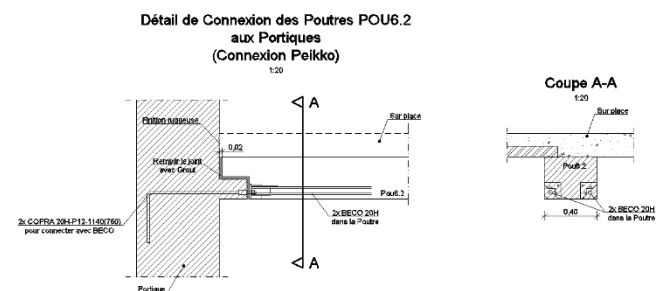


Figura 34 – Ligação entre pilar e viga para transmissão de momento positivo.

Conclusões

A estrutura apresentada, de geometria bastante complexa, tridimensional, não foi impedimento para ser executada a partir de peças pré-fabricadas, tendo sido conseguida uma solução de montagem relativamente simples com ligações de vários tipos na união dos elementos estruturais simples, garantindo-se o monolitismo necessário para fazer face a acções sísmicas importantes, atendendo à sua localização geográfica. O resultado final do projecto foi bem conseguido tendo sido aprovado por diversos organismos de supervisão e revisão de projecto. ■

Bibliografia

Catálogos Peikko:
BECOPeikkoGroup002TMAWeb;
COPRAFR001TechnicalManual_Web
HPKM_ETA-CE_leaflet
HPKMFR001GuideTechnique
MODIXFR001GuideTechnique
PeikkoGroup_seismic_brochure2017
PeikkoNews_SeismicTest-2009
WCEE2012_1511 Informe Sismo ICITECH

Viaduto de Santo Ovídio

Manuel Tender

Professor Adjunto Convidado | ISEP
Coordenador de Segurança e Saúde em fase de Obra
| Ayesa
mlt@isep.ipp.pt

José Aleixo

Obras de Arte Especiais | Consórcio
Ferrovia | Alberto Couto Alves, Linha Amarela, ACE
jfaleixo@ferrovial-aca.com

Apresentação

O empreendimento do prolongamento da Linha Amarela é um Projeto da Metro do Porto que tem como objetivo a extensão da existente Linha Amarela que liga a o Porto a Vila Nova de Gaia, e que atualmente se estende da estação Hospital de São João até à estação de Santo Ovídio. A nova extensão desta linha em via dupla prevê o seu prolongamento em 3,1 km desde a rotunda de Santo Ovídio até Vila D'Este. A obra foi adjudicada ao ACE Ferrovia / Alberto Couto Alves pelo valor de 98.970.215,00€. Parte integrante desta expansão é o novo Viaduto de Santo Ovídio, que se reparte em três Obras de Arte Especiais (OAE), nomeadamente, a Via de Resguardo em Trincheira (VRT), o Viaduto de Acesso Norte (VAN) e, o tema do presente artigo, o Viaduto de Santo Ovídio (VSO). O Viaduto de Santo Ovídio, com 421,6m de comprimento (6 vãos com os seguintes comprimentos: 62,0m, 80,6m, 3x 74,4m e 55,8m), é uma estrutura mista, sendo a sua meso-estrutura constituída por seis pilares de betão armado em forma “Y” com alturas que variam entre os 8.8 metros e 22.6 metros, e um encontro a jusante do Viaduto. A estrutura do tabuleiro é metálica (com 10,3m de largura e 7m de altura) com as vias do Metro a passar no seu interior sobre uma laje de betão armado. As 2 vigas principais laterais são treliçadas com uma modelação de 6,2m entre nós, sendo em cima ligadas por contraventamentos em “X” e travessas a ligar os nós da corda superior, e na face inferior por carlingas também a ligar os nós da corda inferior e outras a meio resultando uma modelação de 3,1m. A estrutura

metálica começa a desenvolver-se em via dupla no pilar de transição PT1 ao longo de 421,6 metros em diretriz curva, estando apoiada nos seis pilares mencionados (com um tirante pré-esforçado em cima a fechar), nomeadamente PT1, P2, P3, P4, P5 e P6, terminando no Encontro 7 que se encontra situado no Monte da Virgem.



Figura 1 – Modelo final do Viaduto.

O viaduto apresenta diversos condicionalismos, como o atravessamento aéreo da EN1 e a auto-estrada A1, Quinta do Cisne, Corgas Clube, entre outros. No processo inicial de concurso, esta obra estava planeada ser executada com assemblagem dos tramos metálicos (seção a seção) ao nível do solo e elevação destes com equipamentos de grande porte com posterior soldadura e pintura em cada um dos locais, em altura.

Adaptação do procedimento construtivo

Após estudo detalhado dos diversos impactos que esta metodologia poderia causar à envolvente, o

Empreiteiro apresentou uma adaptação do procedimento construtivo que consistia em pré-fabricar os tramos metálicos e avançando-os com recurso a lançamentos incrementais a partir de pavilhão fabricado (denominado Parque de Deslize), onde se procederia previamente à pré-montagem, soldadura, pintura e lançamento de estrutura metálica. Esta solução apresenta vantagens diversas:

Área Ambiental: redução da degradação física do solo na Quinta do Cisne em aproximadamente 14.000m²; minimização da contaminação dos solos, com os trabalhos de soldadura e pintura a serem realizados num ambiente controlado; redução da desmatagem e desarborização da envolvente paisagística, podendo a nova solução preservar 244 exemplares arbóreos, 50% mais do que o espectável na primeira solução; redução da movimentação de equipamentos, e portanto, de emissão de gases poluentes; redução de ruído, vibrações e gestão de resíduos.

Controlo de qualidade: otimização do processo de soldadura a ser executado em ambiente controlado, permitindo a utilização de equipamento semiautomático, em comparação com a soldadura por meio de eléctrodos preconizada na solução anterior; monitorização e controlo por meio de ensaios não destrutivos da soldadura em espaço fechado, i.e. partículas magnéticas e ultrassons; maior controlo das condições de pintura, que em ambiente fechado são atingidas mais facilmente.

Segurança: concentração de trabalhos numa só área, onde os trabalhos em altura e a movimentação de equipamentos e cargas são reduzidas para mais de metade; utilização de equipamentos móveis de menor dimensão; inexistência de rampas inclinadas para acesso a locais de montagem.

Património e envolvente social: redução do espaço de ocupação da Quinta do Cisne, ramais de acesso da

autoestrada A1 e do clube de ténis “Corgas Club”, que na nova solução não prevê a sua demolição durante os trabalhos de execução do VSO.

Parque de deslize

Fabrico - Em fábrica, procede-se à fabricação de peças (treliças e cordas de intradorso e extradorso, carlingas, travamentos superiores), desde o corte, montagem, verificação tridimensional de cada elemento e pintura, sendo posteriormente transportado para obra em transportes especiais e rececionados no parque de deslize. No parque de deslize e após o processo de fabrico estar completo, as peças são transportadas desde a Fábrica (Leiria) até ao parque de deslize, onde entram para a zona de descarga (Posto 1) para se dar início ao processo de montagem. Esta estrutura teve de ser idealizada e edificada tendo em conta o espaço disponível e as condicionantes existentes, nomeadamente as edificações adjacentes, uma linha e poste de MT adjacente à obra e as outras frentes de obra em curso. O edifício construído possui 50 m de comprimento, 3 pontes rolantes, e encontra-se dividido em 3 postos de trabalho.



Figura 2 – Edifício de Park de Deslize.

Posto 1 (descarga e montagem) – descarga, verticalização de treliças, montagem e escoramento provisório durante a montagem do 3D. Passagem para PT02 com recurso aos equipamentos hidráulicos móveis e carris.



Figura 3 – PT1 Assemblagem.

Posto 2 (soldadura) - Para iniciar o processo de soldadura é necessário garantir que o soldador é qualificado para o tipo de soldadura a executar e respetivas posições. Durante este processo recorreu-se às quatro principais posições, nomeadamente, plana, horizontal, vertical e “ao teto” (sobrecabeça). Foi ainda dada preferência ao método de soldadura com recurso a equipamento semi-automático, i.e, Soldadura MIG/MAG, por ser de mais fácil maneabilidade e para um maior rendimento do processo de soldadura. Este processo é muito condicionado pelas condições meteorológicas e só pôde ser aplicado por ser dentro do parque de deslize onde estas eram controladas, i.e., não estava sujeito à intempérie. Na soldadura semi-automática foram utilizados dois tipos de fio fluxado (básico ou rutílio), que são aplicados dependente da posição e passo de soldadura. Antes de se proceder a esta atividade, a junta de soldadura deve ser pré-aquecida a 100°, utilizando-se lápis térmicos para garantir o pré-aquecimento à temperatura especificada. Após o pré-aquecimento estar concluído procede-se à soldadura, que devido à espessura do material a ser soldado, foi executada em 3 passos, nomeadamente: passo raiz – realizado com apoio de cobre juntas (cerâmico ou metálico), que cria a primeira ligação entre os materiais a soldar; passo de enchimento – este passo preenche a restante ligação entre os materiais a serem soldados (o número de cordões de

soldadura que formam o passo de enchimento depende da espessura do material a ser soldado e do afastamento da junta de soldadura): passo de Vista (capa) – este último passo é aplicado para providenciar uma componente estética à ligação soldada.

Posto 3 (soldadura topo-a-topo, pintura, montagem de chapa colaborante e guarda-corpos, ensaios e lançamento) – Apoio de estrutura em estrutura de lançamento. Soldadura topo a topo

manual ou com robot. Para os ensaios de soldadura no parque de deslize optou-se por utilizar a técnica de ultrassom. Esta escolha deveu-se a: espessura do material a ser soldado ($t > 8\text{mm}$); o acesso a ambas as superfícies da peça não ser possível em algumas soldaduras; por ser um método que permite localizar e dimensionar (comprimento e profundidade) com precisão os defeitos da soldadura; este método funciona pela emissão de ondas de alta frequência através da soldadura para deteção de defeitos na fusão/ligação dos materiais. Caso existam falhas na fusão, estas são denominadas de colagens ou defeitos na ligação entre os materiais. Se durante o ensaio a onda passar por um poro (defeito na soldadura), é refletida na sonda com várias inclinações, sendo a sua leitura registada num monitor que acompanha o inspetor durante o ensaio. Conforme especificado em caderno de encargos, este ensaio é executado em 100% das soldaduras e caso se verifique algum defeito, procede-se imediatamente à sua reparação.

Lançamento - Sistema de puxe – constituído por peça ativa (macacos hidráulicos de lançamento, fixos ao encontro através de perfis metálicos lá ancorados) e peça passiva (na parte traseira da estrutura a lançar). Estas peças são unidas por cordões de aço de alta resistência previamente ancorados na peça passiva e “puxados” (tensionados) através dos macacos instalados nas peças ativas.



Figura 4 – Sistema de puxe.

Lançamento - Maciço de reação – estrutura de betão armado para ancoragem dos tramos durante o lançamento, funcionando como um sistema de retenção de segurança da estrutura metálica, constituído por barras de aço de alta resistência entre os maciços de reação e os patins de deslize.

Processo construção

Devido ao reduzido comprimento do parque e aos grandes vãos a vencer pela estrutura em consola, e de forma que o lançamento seja efetuado em segurança, foi necessário instalar apoios provisórios intermédios entre o encontro E7 e o primeiro pilar P6, materializados por 2 torres metálicas (uma por treliça da estrutura) constituídas por perfis correntes. Estas torres foram espiadas com cabos tensionados no sentido longitudinal (traseiro e dianteiro), à base, ao fuste ou à cabeça do pilar dependendo da ocupação espacial disponível, e de forma a não agravar em excesso as torres para não terem de resistir às forças de atrito existentes durante o lançamento, mas principalmente às cargas verticais.



Figura 5 – Apoio provisório.

Para acautelar postos de trabalho que permitam aceder a capiteis de pilares e topos de torres provisórias, foram instaladas plataformas de trabalho. Estas plataformas de trabalho foram essenciais durante a operação de lançamento, pois permitiram aceder e executar operações de colocação de acessórios de deslize (as “almofadas”), indispensáveis à ligação apoio provisório/guias laterais com a estrutura metálica. Para além desta atividade, foi também necessário o acesso às guias laterais para guiamento da estrutura através do sistema de aperto por 8 varões roscados em cada guia. Também se realça as atividades de “macaqueamento” da estrutura e recuperação da deformada, ambas unicamente exequíveis através das plataformas de trabalho instaladas em cada pilar e torre provisória. Realça-se ainda que, durante a montagem de algumas torres provisórias e plataformas dos capiteis, foi necessário auxílio da PSP para se proceder a desvios de trânsito e cortes rodoviários.

Processo lançamento

O lançamento incremental é executado por troços sucessivos em 24 fases com avanços médios de 19m. Este processo foi implementado para “lançar” 20 dos 22 tramos que constituem o Viaduto de Santo Ovídio, os 2 tramos remanescentes não serão executados com a mesma metodologia por se encontrarem em zona de clotóide (curva de transição). Não é possível definir uma velocidade média de lançamento pois está condicionada por diversos fatores, i.e., condições meteorológicas, número de apoio da estrutura, comportamento de guias laterais e almofadas de neoprene, no entanto, pode-se referir que no lançamento mais eficaz foi atingida uma média de 4.5 m/h. Depois de cada lançamento ocorrer é montado um novo troço soldado ao anterior e lançado novamente, e assim sucessivamente até ao fim da estrutura. A estrutura do tabuleiro é guiada (através de um sistema de guias laterais), estas foram montadas em todos os pilares definitivos e torres provisórias, encontro de lançamento e parque de deslize. De forma a reduzir ao máximo o atrito e consequentemente a força a lançar, os aparelhos de apoio são revestidos com uma lâmina em inox. Entre a lâmina inox e a estrutura do tabuleiro foram introduzidas, durante o lançamento, almofadas em neoprene armado com teflon na face inferior, que em contacto com a lâmina inox reduz o atrito durante o lançamento. As almofadas são introduzidas pela traseira do apoio e deslizam até serem recolhidas na zona dianteira do aparelho, voltando a ser introduzidas atrás, pelo que os aparelhos de apoio têm um rampeamento frontal e traseiro para facilitar esta movimentação. Também nas guias laterais foram utilizadas as almofadas de teflon /neoprene de modo a reduzir o atrito lateral e proteger a pintura durante o guiamento.



Figura 6 – Guias laterais com almofadas.

Na parte traseira do sistema de lançamento foi instalado um sistema de retenção, composto por barras dywidag de 32mm acopladas entre si, fixas nas extremidades ao maciço de reação e ao patim onde a estrutura metálica estava apoiada. Quando é necessário efetuar o travamento, a porca é atuada na placa da barra instalada no maciço de reação. Com a aproximação do nariz da estrutura metálica ao pilar ou às torres provisórias, faz-se a recuperação da deformada da estrutura com apoio dos macacos hidráulicos (100ton) posicionados no nariz, até uma cota que permita rodar as extensões rotativas do nariz para cima dos aparelhos de apoio, e continuar o lançamento. Durante o lançamento foi também necessário macaquear a estrutura para acertar o posicionamento das almofadas, sendo os macacos posicionados à frente e atrás dos aparelhos de apoio. Na fase de projeto verificou-se que as torres provisórias e pilares onde a estrutura metálica apoia estariam sujeitos a deslocamentos (longitudinais, transversais e verticais) causados pelo lançamento incremental, tanto na movimentação, como na recuperação de deformada e operações de macaqueamento. Assim, para garantir que durante o lançamento não seriam ultrapassados os limites de

deslocamentos preconizados pelo projetista, foram instalados acelerómetros e inclinómetros em cada elemento, que providenciaram leituras em tempo real do comportamento destas estruturas.

Dificuldades e desafios

Como qualquer processo, por mais simples que seja a sua mecânica, existem sempre desafios e obstáculos a serem ultrapassados. Um dos obstáculos inicialmente identificados na operação foi a carga de mão de obra necessária para a atividade. O número de guias laterais e apoios com necessidade de colocação de almofadas neoprene e teflon implica um grande número de trabalhadores. Não só se percebeu que seria necessário organizar a mão de obra, mas também providenciar formação específica para que todos os riscos inerentes à atividade fossem conhecidos. Assim, foi necessário passar um período de aprendizagem da mão de obra afeta ao lançamento para que as operações comesçassem a ser o mais eficazes e eficientes possível. Com um grande número de colaboradores numa atividade que requer atenção a todos os detalhes, colocou-se a necessidade de definir chefes de equipa para cada posto de trabalho. A função destes elementos é manter a comunicação com o manobrador do sistema de empurre, informando sobre qualquer necessidade de paragem, assim como garantir que todos os colaboradores são corretamente alocados aos seus postos de trabalho e são competentes na tarefa que lhes foi atribuída. Outro dos grandes obstáculos também identificado foi o desvio e possível projeção das almofadas de neoprene armado com teflon, este foi motivo de grande análise pelos riscos associados. Não só pelo risco de colisão com os trabalhadores, mas também na sua projeção para zonas de movimentação pública. Por este motivo foram criados sistemas de controlo anti queda de objetos nas imediações das plataformas, com recurso a rede de proteção. Nas zonas laterais dos aparelhos de apoio foram criadas guias através de chapas metálicas para guiar, se

necessário, a projeção das almofadas neoprene. Não obstante, foram também criados sistemas de suporte à colocação destes materiais para permitir aos trabalhadores executar a atividade numa zona fora do raio de projeção das almofadas.

Durante os diversos lançamentos foram também garantidas diversas sessões de sensibilização com todos os trabalhadores envolvidos na atividade, assim como os respetivos chefes de equipa.

O lançamento incremental é uma atividade dinâmica que apresentou outras dificuldades durante a sua execução, especificamente, as condições meteorológicas adversas, que aumentam a probabilidade de deslocamento e projeção das almofadas neoprene. Adicionalmente, forças tangenciais nas guias laterais criaram diversos bloqueios nas mesmas, obrigando a diversas paragens e movimentações transversais da estrutura com recurso a macacos hidráulicos.

Todos os obstáculos e dificuldades mencionadas foram ultrapassados através da implementação de sistemas de controlo preventivos, que foram melhorados ao longo da atividade. ■

A Construção Industrializada como resposta aos problemas da Habitação em Portugal

Ana Sofia Loureiro

Gestora de Inovação | Grupo Casais

ana.loureiro@casais.pt

Resumo

As previsões apontam que 75% da população mundial viverá em áreas urbanas em 2050 [1], o que significa ser fundamental tornar as cidades mais sustentáveis, de modo a proporcionar uma melhor qualidade de vida às populações e gerações vindouras. É importante encontrar novos sistemas construtivos de qualidade, que permitam uma construção rápida ao menor custo possível. Atualmente, o setor da construção contribui para 42% do consumo final de energia, 35% do total das emissões dos gases de efeito de estufa, 50% dos materiais extraídos, e 30% do consumo de água da União Europeia [2]. A construção e a habitação desempenham, por isso, um papel fundamental no reforço dos objetivos políticos para o crescimento sustentável e o bem-estar global dos cidadãos. O futuro do setor passa por uma atividade mais responsável e sustentável, considerando as vertentes inerentes à sustentabilidade – económica, social e ambiental –, em todas as fases. Na última década, várias tecnologias de inovação têm potenciado grandes melhorias na segurança, eficiência e produtividade em projetos construtivos, tais como, a realidade virtual e a construção modular. Neste sentido, Portugal não pode (nem deve) ser alheio a esta realidade.

Introdução

Portugal enfrenta um problema de falta de habitação, mas não só. Tem existido um grande foco em políticas públicas sobre o problema per si, mas, até então, não foi desenvolvido um verdadeiro trabalho colaborativo que una Arquitetos, Engenheiros, Promotores e Clientes em discussões profícuas sobre o futuro da construção habitacional.

Recentemente, o Governo de Portugal lançou algumas medidas que visam responder a uma preocupação central e transversal na sociedade portuguesa, não só para as famílias mais carenciadas, como também para os jovens e famílias da classe média. É uma discussão em aberto, onde o Estado irá disponibilizar terrenos ou edifícios para desenvolver habitações a custos acessíveis. Além disso, o Governo propôs-se a lançar concursos em terrenos dedicados especificamente à construção pré-fabricada, permitindo encurtar significativamente os prazos de construção, enquanto dá um contributo significativo para a melhoria da eficiência energética [3].

Apesar de todo o progresso e desenvolvimento do mundo moderno, a indústria da construção ainda é poluente, ineficiente e fragmentada [4]. Por isso, é imperativo que o setor da construção aposte numa visão assente na Inovação, onde não se entenda o progresso isoladamente, mas ao longo de três linhas orientadoras: Produtividade, Pessoas e Planeta. Em relação à primeira, é urgente aumentar a

produtividade no setor da construção, que se encontra estagnada ao longo dos últimos trinta anos. Para além disso, promover o desenvolvimento de pessoas, tanto pela criação de novos empregos como pelo pensamento de novos sistemas construtivos. É importante olhar para o setor da construção e repensar a forma como se constrói, sem nunca comprometer o planeta. Por este motivo, para que seja possível alcançar estas metas, é preciso focar na aproximação da construção à industrialização, através de práticas mais inovadoras.

Assim, a construção com sistemas pré-fabricados é a mais eficiente, tendo em conta as necessidades atuais. Esta nova abordagem de pensar a construção está associada a grelhas dimensionais, padrões técnicos elevados, custos mais baixos e repetição de componentes.

Revisão Literária

Ao longo da história, a arquitetura foi acompanhando a evolução e o progresso da humanidade com o desenvolvimento de novos sistemas de construção, novos materiais e outros aspetos arquitetónicos que iam surgindo, como é o caso da construção em altura. Estas novas soluções mostravam que a arquitetura não era um objeto fixo e finito, mas algo em permanente mutação.

A Revolução Industrial ficou marcada pela revolução da máquina para produzir mais, em menos tempo e com menos mão de obra. Nesta altura, o aço veio permitir a produção em massa de elementos ou de edifícios no seu todo, simplificando a construção no local, tornando-a mais simples e menos demorada com maior qualidade e a um custo mais baixo. Antes, os fatores qualidade e escala da construção dependiam diretamente dos fatores custo e tempo e vice-versa. Ou seja, ambos se encontravam em pé de igualdade na sua interdependência. Assim, o paradigma da arquitetura centrava-se na seguinte fórmula [qualidade x escala = custo x tempo] [5].

Contudo, após a Revolução Industrial, o paradigma da arquitetura altera ligeiramente, uma vez que surgem os clientes que pedem mais por menos, [6] transformando a fórmula em [qualidade x escala > custo x tempo] [7]. De facto, a imposição da mecanização na construção levou a que a exigência aumentasse por parte do cliente que via a qualidade a aumentar por menos custo e tempo.

Ainda durante a era industrial, no início do século passado, começaram a sinalizar-se em Portugal problemas habitacionais, como responsáveis pelo desequilíbrio social das comunidades. Assim, o défice habitacional foi pretexto para uma sucessão de estratégias, medidas, estruturas, investigações e projetos, realizados ou não, dirigidos para a mitigação deste problema. As políticas públicas de apoio à habitação foram instrumentos de atuação do Estado na gestão da procura e oferta de mão de obra para a construção civil, assim como na tentativa de uma mão de obra mais produtiva e qualificada. Desde 1918 houve um progresso “da engenharia, da construção civil, da introdução, produção e comercialização de materiais, máquinas e técnicas, dos processos de conceção e descrição da empreitada, financiamento, encomenda, acompanhamento e fiscalização de obras” [8]. Resultado deste esforço são as Casas Económicas da Quinta da Calçada, em Telheiras (Lisboa). Estas casas desmontáveis implicaram a utilização em larga escala de um sistema de gaiola estrutural em madeira com revestimento de paredes e coberturas em chapa de fibrocimento [Figura 1]. A história revela-nos que há pelo menos 100 anos que a habitação, indústria e construção se encontram inter-relacionados em Portugal, mas que os programas experimentais sugerem, muitas vezes, a ausência da evidência científica no desenvolvimento de novos programas e novos sistemas, pelo que acabam por ser abandonados ou pouco concretizados.



Figura 1 – Casas Económicas da Quinta da Calçada, em Telheiras, Lisboa, 1938.

Este bairro concretizou a construção de 500 fogos, que foram substituídos pelo Bairro Padre Cruz, em 1959. (<http://bairrodaquintadacalcada.blogspot.com/2012/09/bairro-da-quinta-da-calcada-1938-1992.html>)

Materiais e Sistemas

É urgente reformular o pensar sobre otimização máxima da indústria da construção. A pré-fabricação caracteriza-se por vários tipos de sistemas que foram desenvolvidos ao longo dos anos, com base em determinadas necessidades. Temos o exemplo dos edifícios modulares (como é o caso do sistema de contentores marítimos), os sistemas construtivos em estrutura de aço e em estruturas de betão [9]. Como material, o aço combina alta resistência com baixo volume e peso, tornando-o altamente rentável para transportes. Contudo, o betão tem um

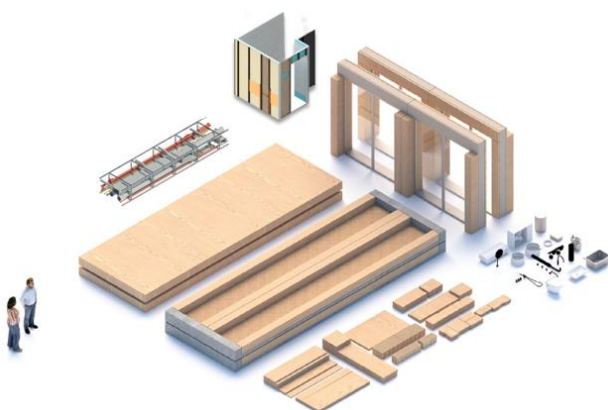


Figura 2 – Indústria por componentes. Nesta figura, estão representados o Sistema Construtivo CREE, Fachadas CREE, Paredes Infraestruturadas BluFAB e Racks de Especialidades BluMEP. (Dep. Desenvolvimento e Inovação Grupo Casais)

comportamento mais previsível ao fogo, melhor isolamento acústico e um acabamento final para as superfícies internas do edifício.

No entanto, ao longo das últimas duas décadas, o setor da construção em madeira tem registado um crescimento constante na construção em altura, começando a posicionar-se com uma grande variedade arquitetónica e espacial [10].

Desta forma, os sistemas híbridos têm sido alvo de várias investigações, caracterizados por uma simbiose perfeita entre as melhores propriedades da madeira, do betão e do aço numa solução quase revolucionária [Figura 2]. Em comparação com a construção total em madeira, a construção híbrida oferece um melhor desempenho físico em termos de vibração, deflexão, isolamento acústico, resistência ao fogo e compartimentação, para além de benefícios relativos à proteção contra as intempéries durante a construção e o uso operacional [11].

Estes novos sistemas construtivos estabelecem as bases para uma nova arquitetura urbana com custos de vida reduzidos, elevada retenção do valor de construção, níveis de conforto superiores e conformidade com todos os requisitos de segurança atuais, através de uma construção composta por diferentes componentes produzidos em fábrica.

Processos

O desenvolvimento integrado do projeto exige o envolvimento de todas as partes interessadas desde o início. Assim, a maior consciência nesta nova forma de pensar a construção é que o arquiteto não pode iniciar o processo sozinho, aliando-se a novos parceiros de negócio para atingir um produto de fábrica de qualidade. Isto transforma positivamente os procedimentos habituais, elimina erros e facilita as primeiras decisões no processo de planeamento, diminuindo em cerca de 30% o tempo total da obra face à construção convencional [Figura 3]. Os benefícios rapidamente se tornam claros: o fluxo de informação é simplificado, e há um menor desperdício de recursos graças à otimização de materiais e fluxos de trabalho simulados no gêmeo digital [12]. Para além disso, as estimativas de custos e os tempos de produção e montagem só podem ser cumpridos com precisão se a equipa de projeto considerar adequadamente as sequências de eventos e as

operações necessárias ao nível de desenho e produção que favoreçam a otimização máxima do projeto [Figura 4]. O desenho tem efeitos em todo o processo de construção, desde o conceito inicial até à montagem no local. Uma vez que os processos de conceção e construção estejam estreitamente inter-relacionados, acredita-se que a ocorrência de risco esteja no seu mínimo, porque a repetição dos componentes pré-fabricados está no seu máximo. De facto, a redução da complexidade (por exemplo, menos tipos de componentes individuais) resulta numa logística simplificada, previsões de tempo mais precisas e um armazenamento controlável para fabricantes.

Uma vez terminado o projeto de arquitetura, dá-se início aos desenhos de produção e de instalação dos diversos componentes. Posto isto, a base de um processo de instalação eficiente é o planeamento preciso do fluxo de trabalho durante a instalação.

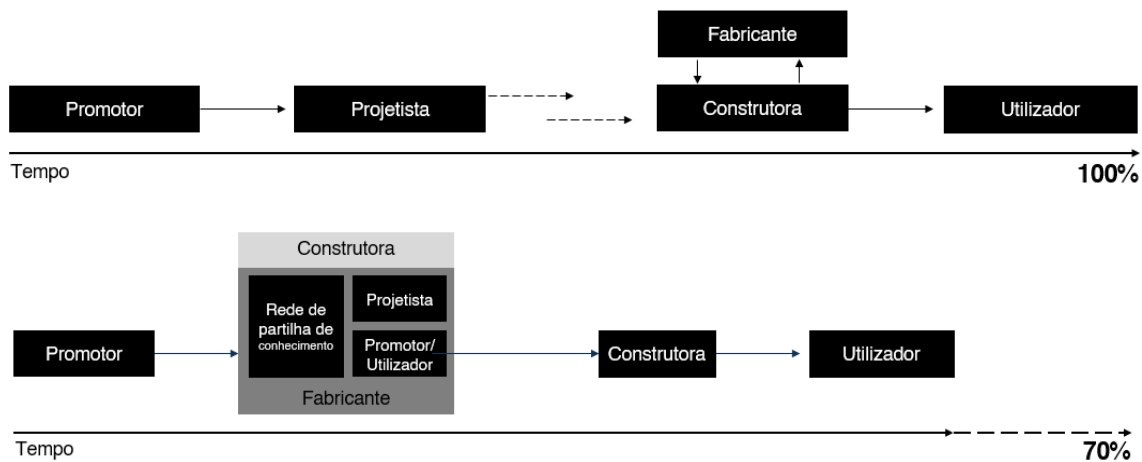


Figura 3 – Comparação entre o processo de planeamento convencional – esquema superior – e o processo de planeamento de um sistema modular pré-fabricado (Sistema Construtivo CREE) – esquema inferior. (Departamento Desenvolvimento e Inovação Grupo Casais)



Figura 4 – Comparação entre uma solução modular pré-fabricada – sinalizada a preto – e uma solução convencional – sinalizada a cinzento – em termos de qualidade, velocidade de operação, garantia de custos e retorno financeiro. (Departamento Desenvolvimento e Inovação Grupo Casais)

Cada passo e cada componente deve ser considerado com antecedência. O local deve ser organizado de forma a permitir a descarga e manuseamento de peças ou componentes de grandes dimensões com várias opções de carga e transporte.

Caso prático

De modo a consolidar e a testar o conhecimento de modelos pré-fabricados, foi construído o primeiro edifício de construção híbrida da Península Ibérica – o Hotel B&B Guimarães –, através de implementação de um sistema híbrido de madeira e betão. A sua principal característica é o pré-fabrico padronizado de componentes individuais como painéis de lajes, painéis de fachada, pilares e estruturas. Todos os componentes podem ser rapidamente montados no local da obra, reduzindo as emissões de carbono, o ruído e as poeiras e permitindo economizar tempo, recursos e dinheiro.

O processo de construção [Figura 6] permitiu acrescentar um piso a cada dois dias, incorporando já todos os componentes de instalações técnicas e

acabamento interior, através de um processo de montagem detalhado, com apenas nove operacionais, distribuídos na montagem, acabamento e logística. Para além do inovador sistema estrutural, este projeto contempla várias soluções off-site que integram preocupações de sustentabilidade ambiental e de eficiência energética [Figura 5]. Exemplo disso são os interiores rastreáveis e reaproveitáveis, uma solução integrada com o BIM como plataforma transversal a todas as fases, antecipando problemas e gerando soluções.

É o primeiro edifício desta dimensão que armazena carbono, permite uma redução de 60% das emissões e incorpora interiores numa filosofia de economia circular onde 50% dos materiais podem ser reutilizados no final do ciclo de vida. Permite também uma redução de resíduos em 70% e da poluição sonora em mais de 50%, além de reduzir os prazos de execução em 50% em comparação com o tradicional. Contribui ainda para o aumento da qualificação profissional e a redução de riscos e acidentes [13].

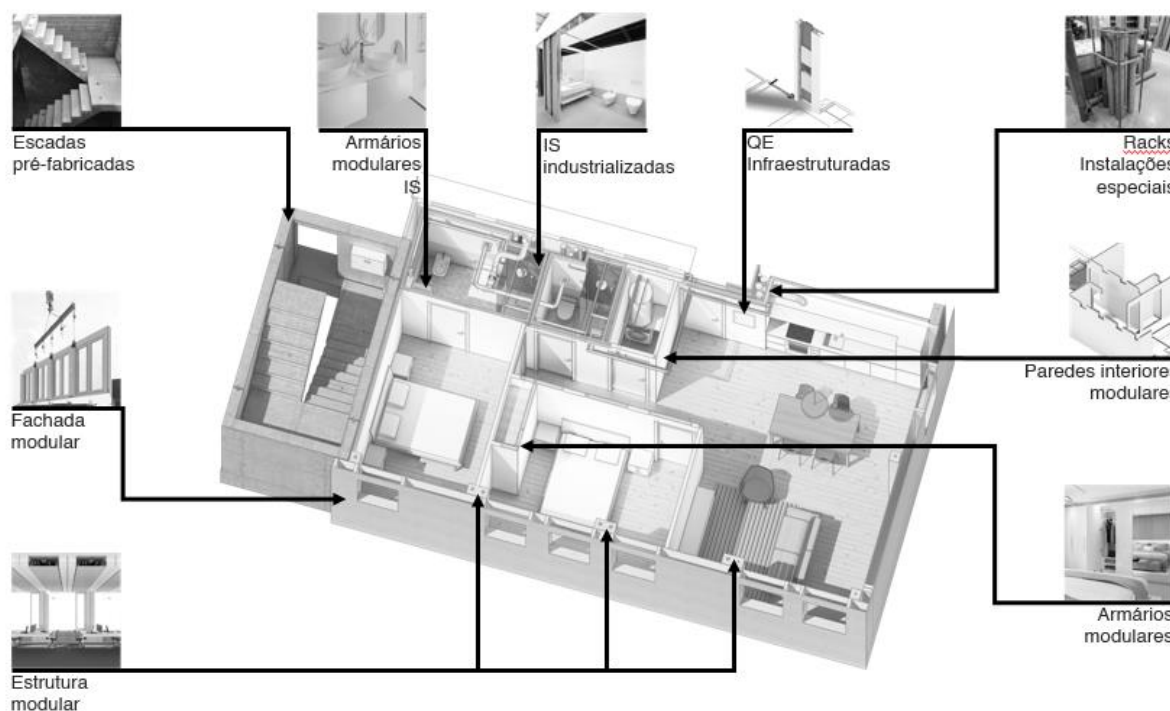


Figura 5 – Componentes pré-fabricados introduzidos na obra B&B Guimarães, construída pelo Grupo Casais, da autoria do Arq.º Mário Fernandes. (Departamento Técnico Grupo Casais)



Figura 6 – Imagens captadas durante a construção da obra. (Departamento de Marketing Grupo Casais)

Discussão e Conclusões

No século XX, as agendas políticas, tanto americanas como europeias, assentavam no sonho de uma cultura de pré-fabricação na arquitetura. Esta era também uma oportunidade de propaganda política, e também uma possibilidade de desenvolvimento para os arquitetos que viam nela uma oportunidade de expansão gritante quer a níveis construtivos, como criativos, aliando arquitetura, indústria e construção. Na verdade, a história de uma cultura arquitetónica de pré-fabricação é um tema central do discurso e da experiência arquitetónica modernista, nascido da união entre arquitetura, construção e indústria, e marcado tanto pela criação de uma imagem da vida moderna como pela exploração de novos materiais [14].

O envolvimento político foi um importante potenciador e impulsionador. Desta forma, tal como no passado, o impulso político para que se construa de forma mais eficiente, através de componentes pré-fabricados, é fundamental para que altere o paradigma da construção em Portugal.

É francamente necessária uma habitação mais económica e uma construção mais rápida. Desta forma, ambiciona-se uma nova visão de processo e não de produto, uma solução que passa pela criação de uma arquitetura mais participativa, onde os vários

autores – o construtor, o engenheiro, o cliente e o arquiteto –, fazem parte do processo. ■

Referências

- [1] S. Melegari, Making our Cities Sustainable: Building with wood, <https://revolve.media/making-our-cities-sustainable-building-with-wood/>.
- [2] S. Melegari, Making our Cities Sustainable: Building with wood, <https://revolve.media/making-our-cities-sustainable-building-with-wood/>.
- [3] A. Martins, Vistos Gold, limites às rendas, alojamento local. Conheça as medidas do Governo para a Habitação, https://www.rtp.pt/noticias/economia/vistos-gold-limites-as-rendas-alojamento-local-conheca-as-medidas-do-governo-para-a-habitacao_n1467662, 2023.
- [4] CREE Buildings, The future of building, Austria: cree GmbH, 2022, 5.
- [5] S. Kieran, J. Timberlake, Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction, New York: McGraw-Hill, 2004, 9.
- [6] S. Kieran, J. Timberlake, Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction, New York: McGraw-Hill, 2004, 10.

[7] S. Kieran, J. Timberlake, Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction, New York: McGraw-Hill, 2004, 11.

[8] R. Costa Agarez, Habitação: Cem anos de Políticas Públicas em Portugal, Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 2018, 11-12

[9] U. Knaack, S. Chung-Klatte, R. Hasselbach, Prefabricated Systems: Principles of Construction, Basel: Birkhauser, 2012, 61-83.

[10] H. Svatos-Raznjevic, L. Orozco, A. Menges, Advanced Timber Construction Industry: A Review of 350 Multi-Storey Timber projects from 2000-2021, 2022, 1.

[11] CREE Buildings, The future of building, Austria: cree GmbH, 2022, 10.

[12] CREE Buildings, The future of building, Austria: cree GmbH, 2022, 15.

[13] INEGI, Estudo LCA para comparação do desempenho ambiental de duas soluções construtivas: Comparação entre uma solução construtiva convencional e uma solução modular CREE, 2021, 19.

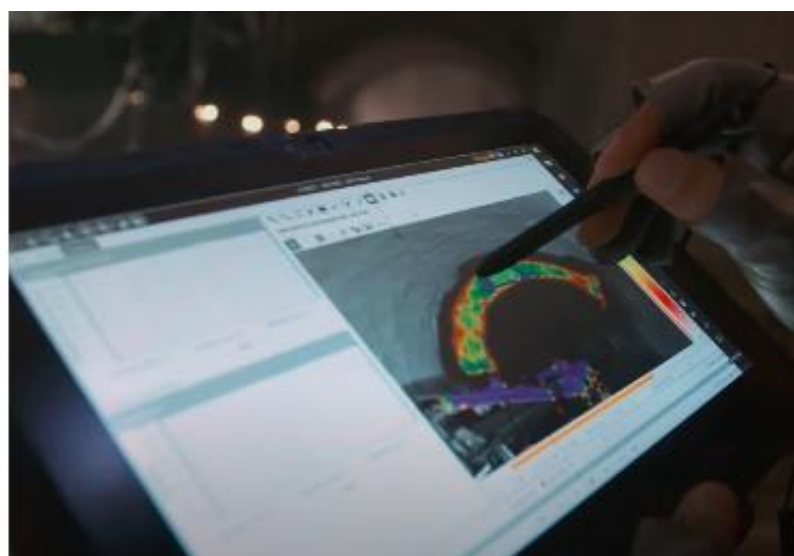
[14] B. Bergdoll, P. Christensen, Home Delivery: Fabricating the modern Dwelling, New York: The Museum of Modern Art, 2008, 12.

GroundProbe

LÍDERES

GLBAIS DE

TECNOLOGA



Painéis de fachada em GRC da unidade hoteleira “W Algarve”

José Rui Pinto

Diretor técnico | Mota-Engil Pré-fabricados

Jose.r.pinto@mota-engil.pt

Introdução

A nova unidade hoteleira “W Algarve” pertencente à cadeia Internacional de hotelaria Marriott foi inaugurada no ano de 2022.

O empreendimento localizado no concelho de Albufeira, na zona da Galé, Algarve, cujo dono de obra é a Nozul Algarve S.A., é constituído por 4 edifícios, denominados bloco A, B, C e D, ocupando uma área em planta de cerca de 57.000m², tendo sido construído pela empresa portuguesa Mota - Engil Engenharia e Construção S.A.

O projeto contemplou o aproveitamento e adaptação de três grandes blocos (A, B e C) em betão armado, construídos em 2007 pela Mota-Engil, e a construção de um novo bloco, D, onde se localizam os serviços de apoio, restaurantes e bares, spa, ginásio, piscinas e estúdios, e restantes ligações entre os vários blocos. O W Algarve inclui dois tipos de empreendimento, hotel e apartamentos turísticos. O espaço, localizado a escassos metros da praia do Evaristo, tem 205 frações, distribuídas por 110 quartos de tipologias king, queen, e-wow, wow e handicap, assim como 95 apartamentos de tipologias T1, T2, T3 e T4.

Como quantidades relevantes na execução da Obra destacam-se os 3.315 m³ de betão, 3.984 m² de GRC em fachada.

O gabinete de arquitetura responsável pela conceção do projeto pretendeu que a visão em qualquer parte dos edifícios não fosse bloqueada por nenhum elemento de fachada. Desta forma a conceção das fachadas recorreu a soluções de painéis com diversas

aberturas, dando assim uma sensação de visão ampla e periférica.

De modo a dar resposta às exigências do projeto de arquitetura, a empresa Mota-Engil recorreu à sua unidade de pré-fabricação, para a elaboração, conceção e execução dos painéis de fachada de todos os edifícios pertencentes à unidade hoteleira “W Algarve”.

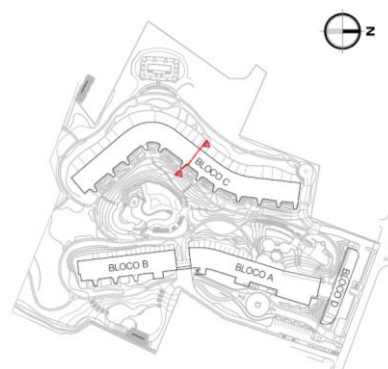


Figura 1 – Imagens do projeto de arquitetura.

Conceção dos painéis de revestimento em GRC

A necessidade de ir ao encontro do estabelecido no projeto de arquitetura, levou à definição de um plano de trabalhos que incorporava as diversas fases de conceção de uma nova tipologia de um elemento pré-fabricado: projeto, dimensionamento e validação.

Foram definidos dois painéis tipo (painel plano e painel curvo), e ajustadas as suas dimensões em planta, espessura e aberturas, de forma a respeitar o projeto de arquitetura e aos mesmo tempo terem um comportamento estrutural de excelência relativamente às ações a que iam estar sujeitos.

Para tal recorreu-se ao programa de elementos finitos SAP2000, tendo sido realizada a modelação estrutural com a utilização de elementos finitos sólidos. Foram analisadas deformações e tensões para cada um dos elementos, e ajustada a geometria dos painéis, de forma a que nunca fossem ultrapassados os valores definidos na regulamentação em vigor, tendo em conta o material utilizado, GRC (Glassfibre Reinforced Concrete).

Após a validação numérica procedeu-se à execução de ensaios experimentais em ambiente fabril com o objetivo de comprovar os pressupostos definidos e todos os cálculos e verificações realizadas.

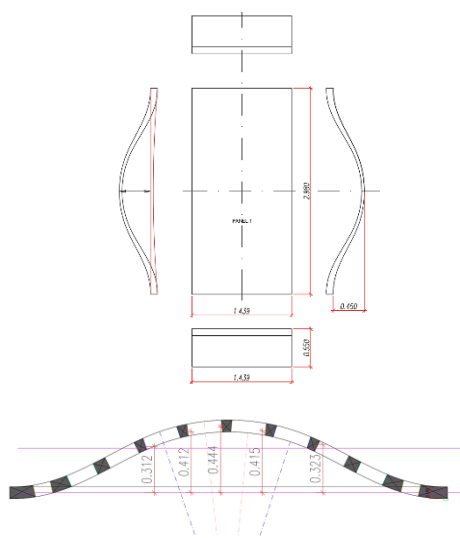


Figura 2 – Imagens do projeto de arquitetura.

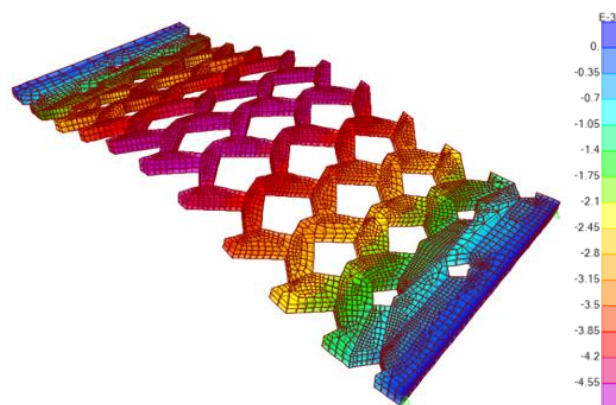


Figura 3 – Deformações ao longo do painel, obtidas com o programa SAP2000.

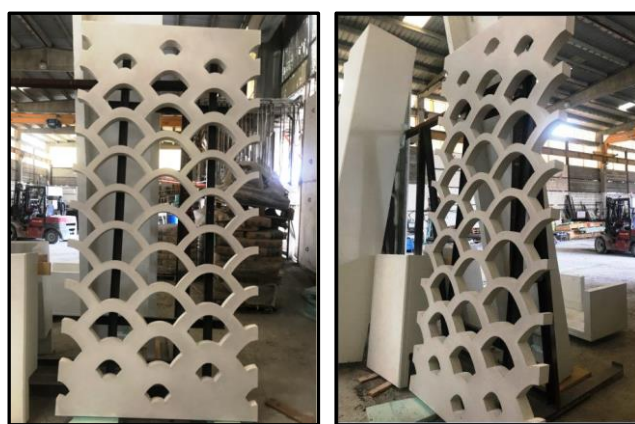


Figura 4 – Protótipo realizado na Unidade de Produção de Rio Maior (l = 1.45m, h = 3m).

Foram também ensaiados protótipos de painéis curvos que respeitavam integralmente a geometria definida no projeto de arquitetura (dimensões em planta, curvatura, espessura e aberturas).

Os ensaios realizados vieram comprovar as análises estruturais prévias, que concluíram ser espectável o aparecimento de patologias, tal como como fendilhação.

Na Figura 5 é possível analisar o aparecimento das referidas patologias.

Com base nos resultados numéricos e experimentais foi possível definir os princípios para as duas tipologias de painéis (painel plano e painel curvo) a utilizar na nova unidade hoteleira denominada de “W Algarve”.

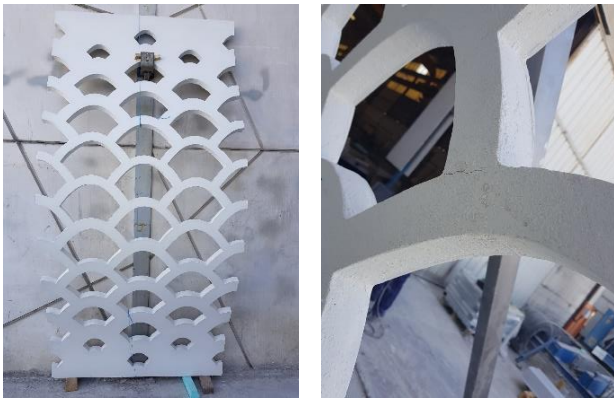


Figura 5 – Protótipo definido com base no projeto de arquitetura.

Modelação

Uma das fases mais importantes e detalhadas numa obra de painéis de revestimento é a modelação das diversas fachadas. Nesta fase é necessário não só ir de encontro às ideias definidas no projeto de arquitetura, mas também ter em conta todo o processo produtivo que será utilizado para a execução dos diversos elementos.

Nesta obra em particular, quando se deu início à modelação das fachadas, a obra de estrutura já se encontrava terminada. Por esta razão, e de modo a reduzir incompatibilidades e incoerências entre os projetos de arquitetura, estrutura e a obra executada, recorreu-se à execução de diversos levantamentos

topográficos que serviram de apoio à referida modelação.

Em todas as obras constituídas por painéis pré-fabricados é necessária a aprovação por parte do projetista de arquitetura, da modelação proposta pela empresa executante. É também recomendado que a equipa projetista de estruturas verifique a proposta em termos de fixações a utilizar no suporte das fachadas, bem como a sua implicação nos restantes elementos estruturais da obra executada.

A modelação das fachadas da unidade hoteleira ficou terminada com a validação por estas duas entidades, e foi assim possível passar à fase de fecho e encomenda dos moldes.

Definição de Moldes

A modelação das fachadas está diretamente ligada à quantidade de tipologias diferentes de moldes necessários para a execução da obra, bem como do número de moldes necessários dentro de cada tipologia de molde. A otimização deste processo representa não só um elevado ganho económico, mas também uma redução drástica no tempo de produção. Para os painéis de fachada, foram definidas 13 tipologias diferentes de moldes e executados 56 moldes. Para o Port cochère, foram definidos 116

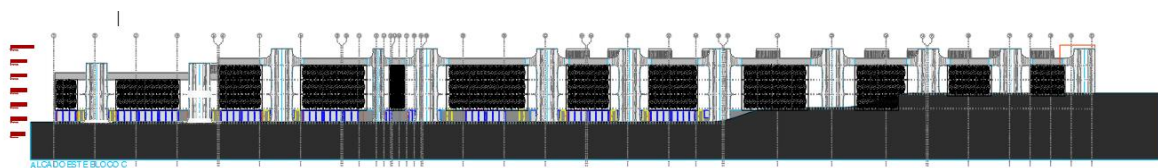


Figura 6 – Peças desenhadas do projeto de arquitetura.

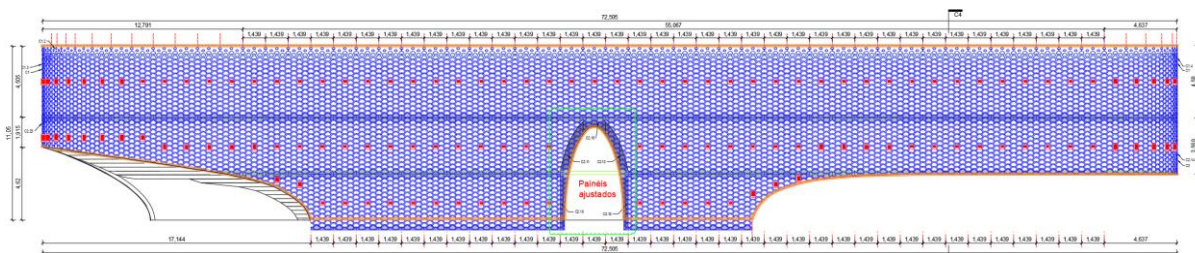


Figura 7 – Imagens da modelação de algumas fachadas da obra “W Algarve”.

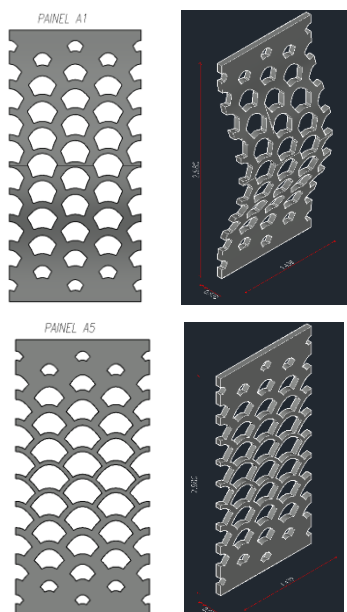


Figura 8 – Definição geométrica de duas tipologias de moldes.

tipologias diferentes e 117 moldes. No total foram produzidos e aplicados cerca de 2.100 painéis na obra.

A produção de uma nova tipologia de elemento pré-fabricado ou a utilização de um novo molde para a execução de um produto pré-fabricado, carece sempre de um protótipo para validação de todo o processo de produção.

Através da Figura 10 é possível verificar que a produção do protótipo em causa teve que ser retificada de forma a eliminar os excessos de material existentes no elemento. Esta situação não poderia ser resolvida com qualquer tipo de reparações à posterior, pois o grau de exigência do dono de obra era elevado e também não se coadunaria com o tempo disponível para a produção e montagem dos elementos.

Definição de fixações

A fixação dos painéis de revestimento às estruturas é sempre um dos pontos mais sensíveis em todo o processo da obra.

Por um lado, é necessário que as fixações garantam o bom comportamento estrutural quer do elemento de fachada quer dos elementos que recebem esse mesmo elemento, por outro, é necessário que as fixações utilizadas sejam o mais standard possível e aos mesmo tempo terem folgas para permitir o ajuste das imperfeições da estrutura ou da própria produção dos elementos pré-fabricados.

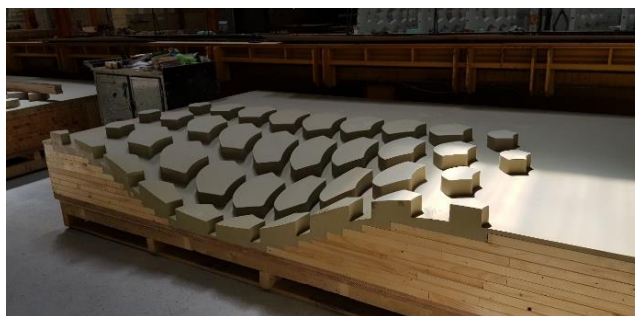


Figura 9 – Montagens dos moldes na Unidade de Produção de Rio Maior.



Figura 10 – Produção de um painel para validação dos moldes.

A distribuição da informação pela peça desenhada deve ser mantida sempre constante. As peças desenhadas devem conter a informação geométrica

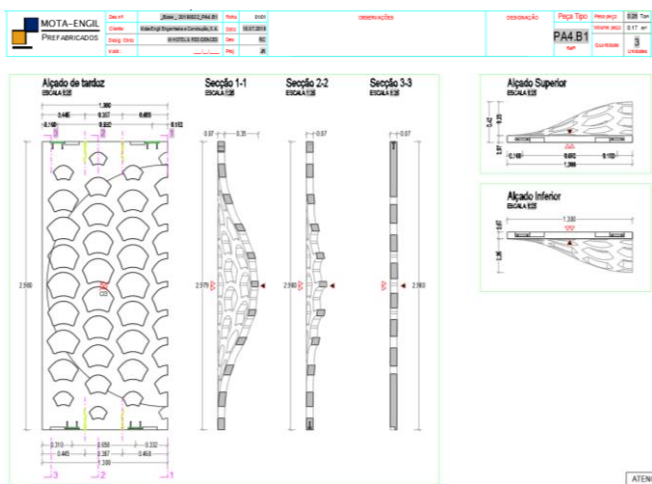


Figura 15 – Desenho de produção de um painel pré-fabricado.



Figura 16 – Produção de um painel pré-fabricado.



Figura 17 – Armazenamento de painéis pré-fabricados.

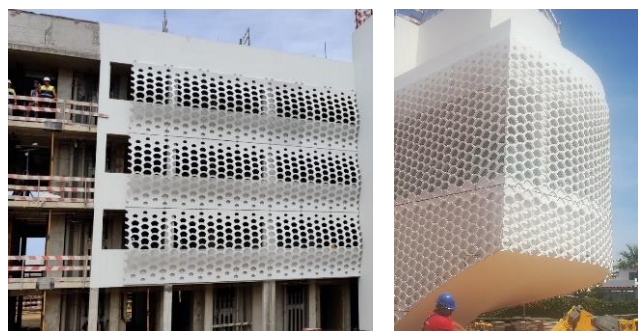


Figura 18 – Montagem de painéis pré-fabricados.

separada da informação sobre o detalhe das armaduras (caso existam), conter informação sobre o material a aplicar, sobre todos elementos embebidos no elemento (fixações, meios de elevação, etc) e os cortes necessários para uma leitura inequívoca da peça pré-fabricada.

Uma obra de painéis de revestimento implica sempre a produção antecipada de grande quantidade de elementos. Como consequência é necessário prever os locais de armazenamento bem como todo o processo inerente a esta operação.

A fase de transporte e montagem não pode estar condicionada por más opções de armazenamento dos elementos em fábrica.

Montagem

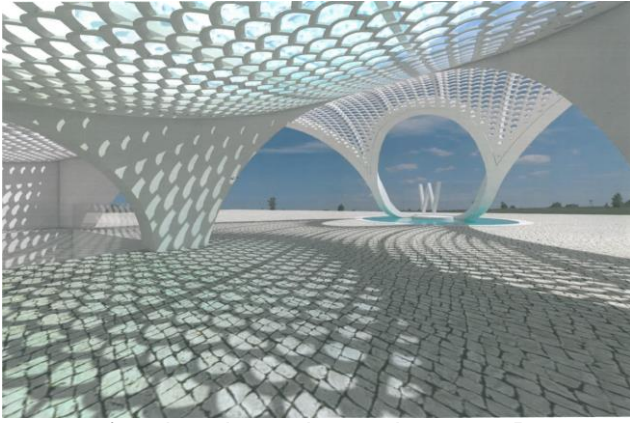
A fase de montagem de uma obra com a utilização de elementos pré-fabricados tem o seu início coincidente com a definição das dimensões das peças e posterior modelação da solução definida.

A otimização da geometria dos elementos pré-fabricados tem de ter em conta os meios que irão ser utilizados no seu manuseamento na fase de montagem. Acessos à obra, capacidade de guias, elementos de fixação, equipas de montagem, são pontos primordiais para obtenção de uma montagem correta e em segurança.

Obra final

Apesar de um grau de dificuldade elevado foi possível concluir a obra dentro do prazo e orçamento previsto, e com louvores recebidos, quer do dono de obra, quer de todos os outros intervenientes no processo.

Tal só foi possível através da definição atempada de diversos procedimentos internos e específicos para esta empreitada e de um trabalho de equipa muito coordenado.



a) projeto de arquitetura, imagem 3D;



b) Fotografia do projeto executado

Figura 19 – Porte cochère.

Um dos sinónimos de pré-fabricação é procedimentos. Pré-fabricação não implica uma construção rígida e agreste. Implica sim, a definição em todas as fases do processo, de inúmeros procedimentos sempre com o objetivo de facilitar o processo a jusante.

Neste momento em que tanto se fala de pré-fabricação e construção modular, tem que se perceber que a transformação mais importante a realizar é a mudança de mentalidades. ■

