

35_37

EDIFÍCIOS MODULARES PRÉ-FABRICADOS EM BETÃO

O DESIGN PARA DESMONTAGEM E ADAPTABILIDADE COMO SUORTE À CONSTRUÇÃO MODULAR SUSTENTÁVEL E CIRCULAR EM BETÃO

O ambiente construído é responsável na Europa por aproximadamente 40 % das emissões de gases de efeito estufa (GEE), com cerca de 15 % dessas emissões diretamente associadas ao processo construtivo. Além disso, o setor AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) é um dos principais setores consumidores de recursos naturais, contribuindo para a depleção de 50 % dos mesmos. Com a crescente urgência em mitigar os impactos das alterações climáticas e atender à crise habitacional, é fundamental adotar práticas de construção mais sustentáveis e inovadoras. Neste contexto, a construção modular, aliada à consideração de estratégias de Design para a Desmontagem e Adaptabilidade (do inglês *Design for Disassembly and Adaptability* – DfD/A) – suportada pela ISO 20887, surge como uma solução promissora para promover uma maior sustentabilidade e economia circular no ambiente construído, face ao *status quo*.

A construção modular permite a redução de resíduos e a reutilização de materiais, sendo uma alternativa eficaz às práticas convencionais. Ao associar o DfD/A, que envolve o planeamento antecipado da desmontagem e adaptabilidade dos edifícios, é possível criar estruturas que se ajustem às necessidades futuras, prolongando a vida útil das construções e minimizando o desperdício de materiais.

Marco Frazão Pedroso e José Dinis Silvestre
CERIS, IST – Universidade de Lisboa
AECycle, Lda.

OBJETIVOS

O estudo que está atualmente em desenvolvimento, mas que já produziu alguns resultados preliminares, tem como principais objetivos:

- Demonstrar a viabilidade da integração dos princípios de DfD/A desde a fase inicial de planeamento de projetos de construção modular em betão;
- Avaliar os benefícios ambientais, económicos e sociais dessa integração;
- Fornecer recomendações práticas para pro-

jetistas e construtores com base na norma ISO 20887, que estabelece diretrizes para o design sustentável de edificações.

METODOLOGIA

A metodologia adotada incluiu uma revisão extensiva da literatura, focada em estudos recentes sobre DfD/A, construção modular e sustentabilidade, complementada pela análise da norma ISO 20887, que estabelece diretrizes

para o design de edifícios sustentáveis. Foram considerados diversos casos de estudo de projetos modulares em betão que implementaram com sucesso os princípios da desmontagem e adaptabilidade.

RESULTADOS (PRELIMINARES) E DISCUSSÃO

A aplicação dos princípios de DfD/A na construção modular em betão apresenta um conjunto de benefícios, dos quais se destacam:

Facilidade de acesso aos componentes – permite uma manutenção mais eficiente e facilita a desmontagem no fim de vida das soluções, promovendo a sua reutilização. Esta abordagem reduz ainda o tempo e os custos de manutenção e substituição, minimizando também o desperdício;

Independência das camadas – separa camadas estruturais e de acabamento, como nas seis *layers* de Brand, permitindo atualizar ou substituir componentes sem afetar os restantes. Assim, prolonga-se a vida útil dos edifícios e aumenta-se a sua flexibilidade para adaptação a novos usos;

Ligações reversíveis – as ligações entre componentes modulares podem ser desmontadas sem danificar os materiais, sendo cruciais para facilitar a reutilização. Este estudo revelou que a utilização de ligações reversíveis em betão pré-fabricado permite recuperar até 80% dos materiais, contribuindo para a redução de resíduos e a promoção da economia circular;

Simplicidade e padronização – a padronização dos componentes construtivos facilita a desmontagem e reconfiguração dos módulos, sendo um dos fatores chave para a eficiência na construção modular. A utilização de sistemas

construtivos simples e modulares aumenta a eficiência dos processos construtivos e de manutenção, promovendo também a adaptabilidade dos edifícios;

Preparação e flexibilidade para usos futuros – permite que os edifícios sejam facilmente adaptados a novos usos, aumentando a sua resiliência e utilidade ao longo do tempo, evitando novas construções desnecessárias e o desperdício de espaço (*space waste*). Embora os principais benefícios do DfD/A sejam de longo prazo, é essencial implementá-lo agora para garantir que os edifícios atuais possam ser desmontados e adaptados, gerando benefícios ambientais futuros.

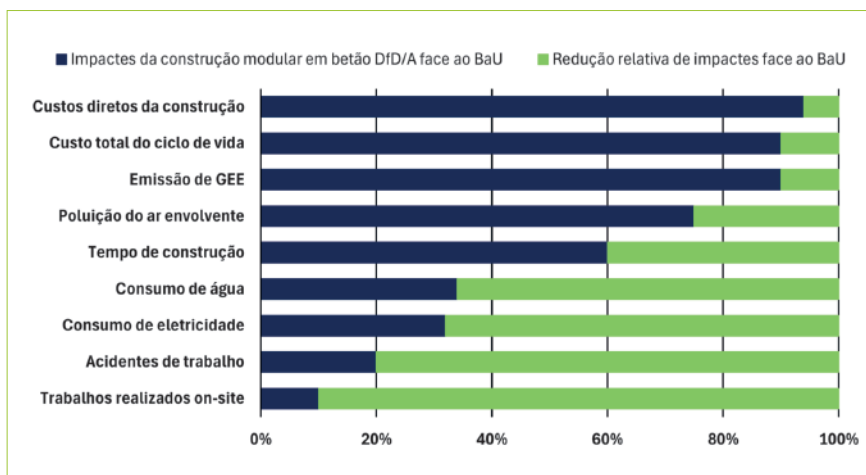
Com a aplicação destes princípios mais relevantes, identificam-se diversos benefícios ambientais, sociais e económicos.

A análise dos dados recolhidos evidenciou que a construção modular em betão, quando aliada aos princípios de DfD/A, reduz significativamente os impactos ambientais. Os projetos modulares estudados apresentaram uma redução de até 68% no consumo de eletricidade e 66% no consumo de água durante o processo construtivo, em comparação com os métodos convencionais. A modularidade também facilita a redução das emissões de

GEE, contribuindo para uma diminuição de até 10% nas que estão associadas à construção, enquanto a poluição do ar pode ser reduzida em até 25%. Adicionalmente, a adoção (apenas) de estratégias de DfD na Europa, de acordo com o relatório da *Circular Buildings Coalition* poderá reduzir as emissões de CO₂e entre 1,9 e 6,6 Mt (milhões de toneladas) até 2050.

Do ponto de vista social, existem benefícios em aspetos como a segurança e velocidade de construção (reduzindo acidentes em até 80% e o tempo total de construção em até 40%, face ao *status quo*), já que uma construção mais rápida, para além da influência positiva em termos económicos, gera menores estrangimentos à circulação nas imediações.

Do ponto de vista económico, a construção modular permite a realização de até 90% do trabalho *off-site*, o que aumenta a eficiência e reduz o desperdício. Este modelo construtivo, tal como referido anteriormente, possibilita uma redução de 40% no tempo total de construção, resultando em economias significativas nos custos operacionais. Este tipo de solução construtiva é ainda, de forma direta, 6% mais barata que a construção tradicional. Além disso, a reutilização de materiais permite uma economia adicional de até 10% no custo total do ciclo de vida das construções modulares.



1>

> Figura 1: Redução dos impactes da construção modular em betão DfD/A face ao BaU (considerando 100% como a referência atualmente ligada ao BaU).

Na Figura 1 é possível visualizar os benefícios ambientais, sociais e económicos da construção modular em betão assente em estratégias de DfD/A face ao *Business as Usual* (BaU) – ou construção tradicional – anteriormente identificados.

CONCLUSÕES (PRELIMINARES)

A aplicação dos princípios de Design para Desmontagem e Adaptabilidade (DfD/A) na construção modular sustentável em betão apresenta-se como uma solução eficaz para promover a economia circular no setor da construção. Ao facilitar a desmontagem e a reutilização de componentes modulares, é possível reduzir a quantidade de resíduos gerados e aumentar a eficiência no uso de recursos. A implementação de sistemas modulares padronizados e de ligações reversíveis contribui para a adaptabilidade dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida, aumentando a sua durabilidade e resiliência a novas necessidades. Os benefícios ambientais incluem uma redu-

ção significativa nas emissões de GEE e no consumo de água e eletricidade, enquanto os benefícios económicos se traduzem em menores custos operacionais e maior eficiência construtiva; já os sociais resultam em menores constrangimentos e menores ocorrência de acidentes com trabalhadores. A capacidade de reconfigurar edifícios para diferentes usos ao longo do tempo também contribui para a flexibilidade dos projetos e para a criação de espaços mais resilientes e sustentáveis.

DESENVOLVIMENTOS (EM CURSO E FUTUROS)

Este estudo aponta para uma série de desenvolvimentos futuros que serão cruciais para consolidar a aplicação dos princípios de DfD/A na construção modular. Entre as áreas de investigação propostas destacam-se:

- A aplicação de metodologias e tecnologias digitais como o *Building Information Modelling* (BIM) e *Internet of Things* (IoT), que podem facilitar a gestão de todo o ciclo de vida dos edifícios, desde o projeto até à des-

montagem, assegurando a rastreabilidade dos materiais;

- O eco-design de formulações de betão que reduzam os seus impactos por incorporarem matérias-primas eco-eficientes e a obtenção das respetivas Declarações Ambientais de Produto (DAP) e passaportes de circularidade, de acordo com as necessidades existentes atualmente no Regulamento Geral de Gestão de Resíduos (RGGR) e na estratégia nacional de Compras Públicas Ecológicas (CPE). ■



on-line!

Visite o website da **construção magazine** e subscreva, gratuitamente, a e-newsletter quinzenal

www.construcaomagazine.pt

