

## PRÉ-FABRICAÇÃO APLICADA AO CONTEXTO DA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

**Tânia Lopes**

Mestre em Engenharia Civil  
GEOTPU, FCT-UNL  
Lisboa – Portugal

**Miguel P. Amado**

Doutor Arquitecto  
GEOTPU, FCT-UNL  
Lisboa - Portugal

### SUMÁRIO

O sector da construção enfrenta actualmente um momento de crise na sua produção. Esta situação tem levado as empresas nacionais a apostar mais no mercado da reabilitação de edifícios. A acrescentar a esta mudança de mercado alvo, o ambiente conturbado que envolve as empresas de construção tem também estimulado, pelo menos as mais competitivas, a implementarem acções que conduzam à melhoria contínua da sua produtividade.

A industrialização do sector, através da utilização da pré-fabricação, mostra-se como uma possível solução para atingir esta melhoria desejada, considerando as significativas vantagens que a aplicação deste tipo de soluções introduz numa obra.

Existem contudo, ainda algumas barreiras no sector da construção que levam a uma reduzida utilização de soluções de pré-fabricação, sendo a falta de conhecimento dos intervenientes das variedades de tecnologias existentes no mercado e em desenvolvimento, o principal obstáculo à sua adopção.

O presente artigo pretende, tornar evidentes as vantagens que esta tecnologia construtiva traz para o processo de construção e reabilitação, tanto ao nível de eficiência económica como ao nível dos seus benefícios ambientais e sociais, bem como, evidenciar as possibilidades de aplicação de sistemas de pré-fabricação existentes e em desenvolvimento, em detrimento das tecnologias construtivas convencionais, para diversas acções de reabilitação habitualmente realizadas num edifício.

### 1. INTRODUÇÃO.

Após uma fase de grande expansão económica, o sector da construção enfrenta, no momento presente, um período menos positivo, sobretudo as empresas dedicadas à construção nova que se deparam com uma das maiores crises dos últimos 15 anos. Dados estatísticos sobre a construção e habitação em Portugal reconhecem que se verifica uma saturação do mercado da habitação nova, e que as empresas de construção se centram agora na área da reabilitação do edificado [1].

A reabilitação pode, em tese, ser a resposta à crise que o sector da construção atravessa, uma vez que a reabilitação do parque edificado português revela um estado de conservação deficitário e com condições de conforto quase insustentáveis. Contudo, esta não deve ser a única perspectiva a considerar, pois este tipo de obras caracterizam-se pela sua reduzida eficácia e complexidade de processos, sendo por isso importante procurar novas metodologias que promovam o aumento da sua eficiência e rentabilidade.

A acrescentar a esta mudança do mercado alvo, o ambiente conturbado que envolve as empresas de construção tem também estimulado, pelo menos as mais competitivas, a implementarem acções que conduzam à melhoria contínua da sua produtividade, por forma a manterem os seus níveis de competitividade, face a um mercado caracterizado por uma oferta significativamente superior à procura.

Actualmente, as empresas do ramo e todos os seus intervenientes a considerarem que a principal prioridade para tornar o sector mais rentável é reduzir o tempo de construção [2], procurando diminuir os seus custos e, simultaneamente, aumentar a eficiência de processos de produção, racionalizar a utilização de recursos,

optimizar as operações e aumentar a qualidade do produto final, seguindo-se por fim as preocupações com factores como o desempenho ambiental e a segurança.

O êxito das acções que conduzam a estes objectivos depende da evolução das actividades construtivas, da inovação tecnológica, ou seja, do incremento dos seus níveis de industrialização. A fim de atingir melhores níveis de desempenho no seu processo produtivo, evoluir no sentido de aperfeiçoar-se como indústria é um caminho natural do sector da construção civil.

Contudo, uma vez que a construção corrente se apresenta como um processo onde interagem vários intervenientes de várias especialidades e é constituído por um conjunto extenso e variado de actividades realizadas num local específico, torna-se evidente a inércia do sector em alterar as suas raízes para uma aproximação ao nível das competências do sector industrial.

Apesar da aparente apatia do sector da construção, a metodologia construtiva convencional começa cada vez mais a ser criticada e posta em causa, sobretudo, mas não exclusivamente, devido à ineficiência generalizada dos estaleiros e à dificuldade de controlo de produção de desperdícios.

As enormes e inevitáveis quantidades de desperdícios, resíduos de construção e demolição (RCD), produzidos pelo sector da construção são considerados hoje um dos principais problemas do sector da construção civil ao nível dos impactes no ambiente. A poluição do ar, água e a deposição em aterros que ocupam áreas preciosas de solo natural são alguns dos impactes resultantes de uma má gestão e prevenção de resíduos em estaleiro.

Assim, de modo a contribuir para o alcançar do desenvolvimento sustentável do sector da construção civil, existe hoje o sentimento da necessidade urgente de se adotarem diferentes métodos de construção, utilizar novos produtos, materiais ou tecnologias, tudo no sentido de o processo construtivo se torne mais sustentável e eficaz.

Uma das alternativas que pode contribuir para a resolução de alguns dos problemas do sector da construção convencional, suporta-se no recurso aos métodos de pré-fabricação, uma vez que a linha de produção desses produtos não só tem a capacidade de reduzir o tempo de obra como, ainda aumentam o seu desempenho ambiental, a segurança no estaleiro, proporcionando também um ambiente mais limpo com redução de desperdícios, o que concorre para um incremento da qualidade do produto final, uma vez que se eliminam em fábrica práticas abusivas que por vezes acontecem em obra [3, 4].

Por estas razões, tem-se observado, tanto nos países europeus, como em países como Japão e Singapura, uma forte aposta na construção com base na pré-fabricação que considerando os benefícios descritos, a pré-fabricação revela-se um excelente elemento para a melhoria do desempenho dos projectos de reabilitação que procuram a sustentabilidade nos seus processos.

Contudo, a utilização ou não de elementos pré-fabricados depende ainda do conhecimento e preferências pessoais dos projetistas, ao invés dessa escolha se basear apenas em dados objetivos e rigorosos [5]. Na verdade, a pré-fabricação nem sempre é melhor que o método de construção convencional devido às características específicas que os projetos devem ter, como é o caso dos projectos de reabilitação, mas importa ter a pré-fabricação (ligeira e/ou pesada) como uma hipótese válida e necessária para atingir a sustentabilidade do processo de reabilitação e construção, avaliando a sua introdução de modo pontual tendo em conta uma análise do tipo custo-benefício.

A situação socioeconómica do país reclama a adopção de medidas urgentes, rigorosas e rentáveis, não esquecendo que o que se faz hoje terá que ser economicamente justificado, antes, durante, e para além da fase de produção.

## **2. PRÉ-FABRICAÇÃO – CONCEITO**

A primeira iniciativa de construção possível de nomear de pré-fabricação remonta ao início do século XIX, com a construção da ponte Tamar Bridge (Reino Unido) [6], em que as suas estruturas maciças foram construídas não em fábrica mas em locais mais seguros e posteriormente transportados para a sua localização final, mas foi após a 2ª Grande Guerra que a nível mundial se observou um especial desenvolvimento e utilização desta tecnologia.

Após a segunda guerra, a Europa vira-se mergulhada numa grave situação de crise, com cidades parcial ou completamente destruídas e uma economia totalmente fragilizada pela situação de conflito vivida. A situação era grave e, por isso, foi necessário reconstruir o mais rápido possível as cidades flageladas pela guerra, utilizando para tal, os escassos recursos existentes. É neste contexto que “surge a ideia” da pré-fabricação, baseada numa

racionalização dos processos construtivos. Os progressos tecnológicos alcançados durante e por causa da guerra, aliados à vontade e ao apoio dos governos envolvidos, foram dois dos factores que deram força a esta “nova técnica” de construção [7].

A principal preocupação era, naturalmente, resolver o problema de falta de habitação em algumas das principais cidades Europeias, tendo para isso, sido construídos, a partir de fábricas fixas e móveis, centenas de milhares de fogos por ano, durante o período do pós guerra. Posteriormente, a pré-fabricação, foi estendida a outras áreas, como é o caso da construção de pavilhões industriais e hotéis.

Devido, sobretudo, a esta ligação com o período de pós-guerra e a com a construção em massa de milhares de edifícios habitacionais, é que a pré-fabricação é hoje ainda pouco utilizada, dada à ligação que se lhe associa a uma imagem de habitação social de parca qualidade. Atualmente este entendimento não tem justificação, face aos avanços tecnológicos que se têm vindo a registar que permitem uma maior criatividade e elevada qualidade estética e funcional, tendo nos finais dos anos 60, sido desenvolvida uma experiência de pré-fabricação aplicada à construção de habitação social em Santo António dos Cavaleiros – Portugal [8] com sucesso na otimização de custos e tempos.

Em todos os campos da engenharia, a industrialização foi amplamente aceite e a pré-fabricação apresenta-se como o processo de produção dominante, sendo que apenas no sector da construção, esta metodologia não é líder de mercado, devido à tradição do sector como ligado ao trabalho artesanal, através dos pedreiros, soldadores, carpinteiros, etc. Contudo, o sector da construção também se depara hoje com o problema relacionado com a falta desta mão-de-obra especializada nesse trabalho “artesanal”, daí que a necessidade de compatibilizar o sector da construção com a indústria é uma evidência.

A industrialização da construção é assim um conjunto de processos organizacionais implementados ao sector da construção com o objectivo de o aproximar em termos de modelo e gestão ao das unidades industriais de produção fixa. As vias para a industrialização do sector construção são a racionalização, a mecanização e a pré-fabricação, contudo este artigo focará apenas esta última via.

A pré-fabricação sendo uma das vias para a industrialização da construção, agrega em si um conjunto de técnicas de construção que se baseiam na produção de elementos de construção fora dos seus locais de implantação, no estaleiro da obra ou fora (em fábrica), os quais são posteriormente ligados e montados na obra.

É corrente dividir a pré-fabricação em leve e pesada e ainda ligeira:

- Pré-fabricação pesada, está normalmente ligada à produção de elementos de construção pré-fabricados de betão armado e pré-esforçado. Esta solução abrange elementos estruturais, tais como escadas, lajes, pilares e vigas, e fica pré-acabada logo nas instalações fabris antes de chegar ao local de instalação.
- Pré-fabricação leve, está normalmente associada a soluções à base de materiais de pequeno peso, normalmente não-estruturais, incluindo fachadas, fachadas de vidro, elementos de cofragem perdidas e paredes divisórias ligeiras e tectos falsos, perfis metálicos, entre outros, que recorrem usualmente no local apenas a operações de montagem e / ou ao recurso mínimo a métodos de ligação por argamassas;
- Pré-fabricação ligeira, relaciona-se com a produção de componentes de pequenas dimensões para edifícios fabricados em série numa unidade fabril e que são posteriormente montados no local com recurso a técnicas estudadas de ligação com ou sem argamassa de ligação.

A pré-fabricação leve aparece particularmente indicada para a produção de elementos não resistentes das obras de pré-fabricação parcial, mas sobretudo [7]:

- quando não exista ou não se justifique a utilização de equipamento pesado para manipulação e montagem de elementos;
- para a construção de pequenas construções isoladas, como vivendas, escolas, instalações agrícolas, equipamento social ou comercial de pequenos aglomerados entre outros;
- para a produção de elementos de baixo número de repetições.

Desta classificação é possível extrair que a utilização de pré-fabricação pesada em obras de reabilitação é uma tarefa que parece bastante complexa, dada a dificuldade que é a utilização de equipamentos pesados para manipulação e montagem de elementos, em parte devido à falta de espaço existente em estaleiro e obra, e devido ao insuficiente número de elementos estruturais repetidos que caracterizam as obras de reabilitação. Contudo, a

pré-fabricação leve pode, com maior facilidade, ser utilizada em obras de reabilitação como se poderá observar mais adiante.

Contudo, importa evidenciar que a pré-fabricação leve não significa que pese pouco mas sim poder significar ser simples e sem complexidade. Por esta razão, a utilização deste tipo de processo mostra-se cada vez mais importante para a fase de transição entre a construção tradicional e a construção industrializada que se pretende atingir para bem da competitividade do sector, uma vez que não existe uma grande necessidade de investimento pesado em equipamento, e ao mesmo tempo vão-se adquirindo novos procedimentos de gestão provisional, de concepção de formas e métodos, de ordenação racional de tarefa, de respeito pelo rigor da forma e dimensão e, muito especialmente, pelo planeamento mais exacto e controlado.

A pré-fabricação apresenta-se assim como uma metodologia que traz à construção, seja nova ou reabilitação, enormes benefícios, que respondem às necessidades actuais do sector, como a facilitação da construção e consequente redução do tempo de obra, entre outros.

## 2.1. Vantagens da pré-fabricação

A pré-fabricação tem uma justificação intelectual nos pensamentos e teorias dos líderes da revolução industrial. Adam Smith expressa os benefícios da divisão do trabalho num trabalho específico e de fábrica como [6]:

*“Este aumento de produção deve-se a três diferentes circunstâncias. Em primeiro lugar, devido ao aumento da destreza de cada operário, em segundo lugar, devido à poupança de tempo, que é comumente perdido na passagem de um tipo de trabalho para outro e, por fim, devido à invenção de um grande número de máquinas que facilitam trabalho e permitem que um homem faça o trabalho de muitos”.*

*Adam Smith, 1776  
A Riqueza das Nações*

Adam Smith apontava como principais vantagens que podiam ser obtidas a partir de maximização da construção em fábrica, a maior competência dos trabalhadores, o desenvolvimento de máquinas, o aumento da velocidade de processos e a redução dos custos [6].

No sector da construção civil, em concreto, muitos foram já os investigadores que se debruçaram sobre o estudo das vantagens e benefícios da adopção de materiais pré-fabricados na construção de edifícios, sendo os benefícios mais referidos nas diferentes abordagens [9, 10,11] os seguintes:

- O projecto torna-se mais simplificado e estabilizado desde a fase inicial, garantindo a melhor implementação da pré-fabricação, e contribuindo para a diminuição do tempo de construção devido à redução dos pedidos de esclarecimento entre empreiteiro e projectista;
- Projecto com menor número de erros e incongruências antes do início da produção devido a uma maior interação entre projetistas e os outros intervenientes;
- Envolvimento dos fornecedores no processo de concepção, o que melhora o projeto e posteriormente beneficia o fluxo de entregas, o que pode resultar numa redução de custos;
- Maior coerência e correspondência entre o projecto do edifício e a sua construção, uma vez que os pormenores construtivos irão coincidir mais com os elementos reais a aplicar e a forma de aplicação em obra dos elementos pré-fabricados (ex: ligações) é mais específica não estando tão sujeita às opções alternativas do empreiteiro;
- Produção em unidades industriais vocacionadas para esse fim, com rotinas de produção que possibilitam e facilitam um controle de qualidade ao longo de todo o ciclo produtivo, desde as matérias-primas aos ensaios do produto final;
- Rapidez de execução dos elementos em obra, em resultado dos elevados ritmos de montagem conseguidos pelo planeamento e sistematização das operações a realizar em obra. O ritmo de execução dos elementos torna-se ainda menos dependente das condições atmosféricas, sendo por isso mais fácil cumprir prazos e controlar os programas estabelecidos;
- Redução da necessidade de andaimes com consequente redução dos custos e tempo associados;
- Redução da probabilidade de acidentes diretamente relacionados com o número de horas de trabalho em estaleiro, que decorre dos elementos pré-fabricados serem aplicados em menor tempo;

- Reaproveitamento, em fábrica das cofragens e outros elementos de moldagem, pela quantidade de elementos iguais que se fabricam e pelas mesas de produção que a maioria das empresas possui;
- Possibilidade de conceber com maior facilidade um projecto mais eficiente ao nível do seu processo de desconstrução e conseqüente reaproveitamento dos elementos, uma vez que é comum as ligações de elementos pré-fabricados serem mecânicas permitindo uma desmontagem sem dano dos materiais;
- Possibilidade de redução da área de estaleiro, caso não haja necessidade de armazenar os elementos pré-fabricados;
- Maior facilidade de gestão e fiscalização sobre a qualidade dos produtos pré-fabricados e construção final;
- Oferece a oportunidade duma crescente qualidade e eficiência, no processo construtivo, uma vez que a experiência que se vai adquirindo permite aperfeiçoar a segurança e rapidez das operações, mesmo sendo estas levadas a cabo por pessoas eventualmente menos preparadas e qualificadas;
- Alternativa segura à crescente escassez de mão-de-obra habilitada e experiente em obra;
- Redução dos resíduos de construção e demolição produzidos em obra, e conseqüente redução dos custos na sua gestão.
- Redução do tempo global de construção devido à conjugação dos benefícios referidos anteriormente;
- Redução global dos custos de construção, pela conjugação dos factores referidos atrás e pela redução dos prazos de construção, pela redução de desperdícios, entre outros;
- Aproveitamento de mão-de-obra não especializada quer a execução dos elementos prefabricados em fábrica, quer a sua montagem em obra, não requerem necessidade de mão-de-obra especializada, ao contrário do que se sucede na construção tradicional, onde por exemplo um armador de ferro, demora anos a adquirir experiência e apenas executa esse tipo de tarefa.

Pode, deste modo, concluir-se que a pré-fabricação é de fato competitiva, mais eficiente nos processos produtivos, oferecendo maior segurança e possibilitando uma gestão mais simples. Contudo, quando confrontada com a construção convencional e produção *in situ* ainda enfrenta alguns obstáculos que têm vindo a ser considerados por alguns agentes do sector como grandes entraves mas que devem ser encarados como desafios a ultrapassar.

## 2.2. Dificuldades de utilização da pré-fabricação

Embora a pré-fabricação esteja a evoluir, a sua aplicação ainda se limita bastante a projectos de habitação social, à construção de hotéis e à construção de fábricas, dada a repetibilidade que caracteriza este tipo de projectos. Importa contudo salientar que algumas das obras mais inspiradoras da criatividade vieram da utilização habilidosa de uma linguagem limitada, e a pré-fabricação possibilita essa mesma oportunidade [6].

Assim, além desta aparente necessidade de um projecto repetitivo, que como referido não se apresenta como um entrave tão significativo, sobretudo, quando consideramos a utilização da pré-fabricação leve, as principais razões para a sua ainda reduzida aplicação é devida a [12]:

- Aumento do custo inicial da obra;
- Aumento do tempo que é necessário afetar à fase de conceção, em resultado da necessidade de um maior rigor no estudo do projeto e pormenorização;
- Possíveis limitações de espaço para colocação de componentes de construção pré-fabricados no estaleiro;
- Reduzida experiência neste tipo de processos;
- Reduzida procura de componentes pré-fabricados e projectos pouco padronizados;
- Necessidade de equipamentos de transporte e manipulação dos elementos (mais na pré-fabricação pesada);
- Necessidade de grande rigor e controlo nas ligações;

Destas desvantagens verifica-se ainda uma forte dependência das tecnologias de construção convencionais e uma forte inércia dos intervenientes do setor para a mudança de visão perante a pré-fabricação. Esta situação faz com que se mantenham os processos trabalho intensivo *in situ*, bem como uma fraca qualidade da mão-de-obra e uma utilização excessiva de subempreiteiros. Por sua vez, esta situação dificulta o controlo e gestão da obra e tem

dado origem a desperdícios gerado pelas atividades de construção, contribuindo deste modo para a falta de sustentabilidade reconhecida ao sector.

### 3. A SUSTENTABILIDADE DA PRÉ-FABRICAÇÃO

Alcançar o modelo correto de Desenvolvimento Sustentável é atualmente um desafio global e determinante para o futuro das sociedades. O setor da construção ocupa uma posição central nessa procura e esforço, dada a sua influência nas dimensões da sustentabilidade social, económica e ambiental.

O produto resultante da área de atividade da construção está estreitamente ligada à qualidade de vida humana, pois atualmente as pessoas passam em média 80% a 90% do seu tempo dentro de edifícios e utilizam diariamente infra-estruturas [13].

A acrescentar à relevância social, a construção é também importante para o desenvolvimento económico, uma vez que emprega directamente dezenas de milhares de pessoas no mundo e contribui para, aproximadamente, 10% do PIB mundial [14].

Além da importância que o setor da construção a nível económico e social, a maioria das actividades de construção continua a originar impactos muito desfavoráveis no meio ambiente em resultado de consumo de energia, utilização irracional de recursos naturais, poluição, ruído e desperdício durante a produção.

Segundo dados do *Worldwatch Institute*, a construção de edifícios consome 40% da pedra, areia e brita, 25% da madeira e 16% da água usada anualmente no mundo [15], e produz RCD numa percentagem de aproximadamente 22% do total de resíduos produzidos [16].

Face a este cenário pouco otimista é facilmente entendível que é necessário encontrar um novo modo de construir, e esse pode ser a “Construção Sustentável”. Segundo Charles Kibert (1994), para que o sector da construção civil alcance um processo mais sustentável é necessário que se minimize o consumo de recursos, maximize a reutilização de recursos, utilize recursos renováveis e recicláveis, proteja o ambiente natural, crie um ambiente saudável e não tóxico e que se fomente a qualidade do ambiente construído [17].

Também neste campo da sustentabilidade vários estudos apontam a pré-fabricação como uma solução adequada e competitiva para o efeito. A nível Europeu, a pré-fabricação tem sido mesmo encarada como tendo um papel determinante no sentido de tornar as actividades de construção mais sustentáveis. Nesse âmbito um grupo de investigação (Preventative Environmental Protection Approaches) afirmou que a utilização da pré-fabricação apresenta os seguintes benefícios [2]:

- Redução de 50% na quantidade de água utilizada para construir uma casa típica;
- Redução de 50% no uso de materiais oriundos de uma pedreira;
- Redução de pelo menos 50% no consumo de energia incorporada.

Além da redução no consumo de recursos, existem outros benefícios da utilização da pré-fabricação ao nível da sustentabilidade e que se descreveram já no ponto 2.1, e onde a redução do tempo de construção é uma das principais vantagens da utilização de materiais pré-fabricados, o que por sua vez leva a que o impacto da actividade de construção no ambiente local seja significativamente diminuído, dado que a exposição da população local ao ruído e poluição do ar é reduzida, o mesmo acontecendo com os recursos ambientais que possam existir (fauna e flora).

Outro factor importante associado às técnicas de pré-fabricação é a redução significativa de resíduos associados à actividade de construção, que no caso específico da reabilitação representa uma fatia bastante significativa (30-40% do total da produção) a que tem tendência a aumentar uma vez que as demolições parecem estar a perder importância.

No caso da pré-fabricação leve, esta ainda se evidencia como vantajosa para uma construção mais sustentável, uma vez que pela sua facilidade de desmontagem permite aumentar a flexibilidade do projeto [13].

Por outro lado a pré-fabricação satisfaz os requisitos da desconstrução de um edifício, enquanto processo que se caracteriza pelo seu desmantelamento cuidadoso, de modo a possibilitar a recuperação de materiais e componentes da construção, promovendo a sua reutilização e reciclagem.

Com efeito, é necessário, a par da promoção da regulamentação ambiental, desenvolver e implementar técnicas e processos construtivos, designadamente a pré-fabricação, que potenciem a execução de uma forma mais sustentável e ainda melhore o conhecimento e sensibilize para a importância desta nova orientação, junto dos intervenientes na actividade da construção, em especial, donos de obra, projectistas e empreiteiros.

#### **4. APLICAÇÃO DA PRÉ-FABRICAÇÃO EM OBRAS DE REABILITAÇÃO**

A necessidade de reabilitação no parque habitacional português é inquestionável, face ao estado de conservação em que este se encontra e ao nível de conforto que assegura no seu interior. É cada vez mais evidente a necessidade de tornar o processo de reabilitação num processo que contribua de modo efectivo para a sustentabilidade do setor. Deste modo, é essencial enquadrar a actividade de reabilitação de edifícios nos parâmetros que definem a construção sustentável.

Como evidenciado, a utilização de sistemas pré-fabricados tem a capacidade melhorar o nível de sustentabilidade das obras onde são aplicados em aspectos, como a gestão de recursos, redução do tempo de execução, facilidade da execução levando a uma economia geral da solução.

Assim a adopção da pré-fabricação em projectos de reabilitação de edifícios mostra-se como uma necessidade, face à ineficiência que caracterizam essas obras e, em simultâneo, ver esta acção como uma oportunidade para as empresas deste ramo se tornarem mais competitivas.

Neste quadro, importa demonstrar o potencial de aplicação da pré-fabricação às obras de reabilitação, contribuindo assim para tornar este tipo de processo mais sustentável.

Importa, no entanto compreender quais os problemas correntes dos edifícios existentes a fim de definir quais as acções de reabilitação mais comuns. Grande parte do parque edificado mais antigo apresenta um estado de deterioração física e estrutural acentuado e uma inadequação funcional aos padrões actuais de salubridade, conforto e segurança. Nos edifícios mais recentes são identificados, frequentemente, problemas como: opções tipológicas e soluções arquitectónicas desajustadas às necessidades dos utilizadores; desenho simplista e repetitivo aliado à má qualidade do espaço público; mau estado de conservação e degradação generalizada; soluções construtivas desajustadas e ineficientes, devido ao fraco domínio dos novos materiais ou à própria qualidade dos mesmos; utilização de materiais de baixo custo e fraca qualidade; anomalias ao nível do aparecimento de humidades de diversas naturezas; problemas devido ao insuficiente isolamento térmico, falta de qualidade do ar, fraco isolamento acústico e consumo excessivo de energia e água [19].

Apresenta-se assim no Anexo I – Tabela 1, um conjunto das mais importantes acções de reabilitação, as tecnologias construtivas vulgarmente adoptadas no processo de reabilitação convencional e quais os sistemas de pré-fabricação existentes no mercado os quais podem ser utilizados para a realização da mesma actividade, evidenciando posteriormente quais as consequentes vantagens em termos de enquadramento de sustentabilidade.

#### **5. CONCLUSÕES**

A reabilitação de edifícios tem vindo, nos últimos anos, a ganhar cada vez mais importância no setor da construção civil. Contudo, este ramo da construção, dada a sua heterogeneidade entre obras, ainda se caracteriza como um processo complexo e pouco eficiente, no que se relaciona com rapidez de processos, rentabilidade global do projecto e sustentabilidade.

Importa então, e com o objetivo de alcançar o eficaz desenvolvimento sustentável do setor da construção civil nas suas dimensões social, ambiental e económica, procurar diferentes métodos de construção, novos produtos, materiais ou tecnologias, que tornem os processos construtivos mais rentáveis e eficientes. Importa encontrar soluções que, para o conjunto global, contribuam na redução do tempo de construção na diminuição dos seus

custos e, simultaneamente, promovam o aumento da eficiência de processos de produção, na racionalização da utilização de recursos, na optimização das operações, no aumento a qualidade do produto final, e no aumento do nível de desempenho ambiental e da segurança.

Uma das alternativas que poderá contribuir para atingir os objectivos referidos, é a utilização de sistemas de pré-fabricação, uma vez que esta linha de produção não só tem a capacidade de reduzir o tempo de obra como ainda melhora o desempenho ambiental, a segurança em estaleiro, proporcionando um ambiente mais limpo, e uma redução dos desperdícios, levando ainda a um incremento da qualidade do produto final, uma vez que se eliminam em fábrica práticas abusivas que por vezes acontecem em obra.

Através da análise realizada verifica-se já a existência e o desenvolvimento de novas tecnologias pré-fabricadas no mercado que são passíveis de aplicação em obras de reabilitação.

As vantagens desta forma de construir são mais significativas que as barreiras à adopção desta tecnologia, e evidenciam a potencialidade da pré-fabricação para tornar o sector da construção da reabilitação mais competitivo e sustentável.

Importa pois difundir e dar a conhecer a todos os intervenientes do setor da construção, projetistas, empreiteiros e donos de obra, as vantagens deste processo e os materiais/produtos de pré-fabricação já existentes no mercado e em desenvolvimento, que podem ser utilizados em detrimento de tecnologias de construção convencionais, contribuindo desta forma com vantagem no nível da sustentabilidade da construção.






## 6. REFERÊNCIAS


- [1] INE-Instituto Nacional de Estatística, 2010.*Estatísticas da Construção e Habitação 2009*. Lisboa: INE.
- [2] COUTO, A. e COUTO, J. (2007). *Vantagens produtivas e ambientais da pré-fabricação*. Conferências de Engenharia “ENGENHARIAS’07”, 4, Covilhã, Portugal – “Inovação e desenvolvimento”.
- [3] TAM, V., TAM, C., ZENG, S., NG, W., (2007) – *Towards adoption of prefabrication in construction*. Building and Environment, vol.42, no. 10 – pp. 3642-3654.
- [4] HENDRIKS, C. and PIETERSEN, H. (2000), *Sustainable Raw Materials: Construction and Demolition Waste*, RILEM Publication, Bagneux.
- [5] CHEN, Y., OKUDAN, G. and RILEY, D. (2010). *Decision support for construction method selection in concrete buildings: Prefabrication adoption and optimization*. Automation in Construction, vol. 19, no. 6 – pp. 665-675.
- [6] TAYLOR, H (2005). *Prefabrication: The Natural Construction Process*. Transport Research Foundation. Institution of Structural Engineers.
- [7] Building Physics and Construction Technologies Laboratory. *Pré-fabricação Ligeira*. Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho. Disponível em: [http://lftc.civil.uminho.pt/Textos\\_files/construcoes/cp2/Cap.%20VIII%20-%20Pr%C3%A9-Fabrica%C3%A7%C3%A3o%20Ligeira.pdf](http://lftc.civil.uminho.pt/Textos_files/construcoes/cp2/Cap.%20VIII%20-%20Pr%C3%A9-Fabrica%C3%A7%C3%A3o%20Ligeira.pdf)
- [8] PINTO, Alberto Reaes – A primeira experiência de pré-fabricação pesada em Portugal. *Arquitectura*. [S. L.]. 104 (1969) 153-167.
- [9] HSIEH, T. (1997) – *The economic implications of subcontracting practice on building prefabrication*. Automation in Construction, vol. 6 – pp. 163-174.
- [10] YEE, A.A. (2001) - *Social and environmental benefits of precast concrete technology*, PCI Journal 5–6 – pp.14–20.
- [11] WASKETT, P., Current Practice and Potential Uses of Prefabrication, BRE (Building Research Establishment): DTI (Department of Trade and Industry), project report nº 203032, Watford, 2003.
- [12] POON, C., YU, T. and NG, L. (2001), *On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong*. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 32, pp. 157-72.
- [13] AMADO, M.P., 2007. *Sustainable Building*. XXXV IAHS World Congress on Housing Science. Melbourne.
- [14] UNEP - United Nations Environment Programme, *Sustainable Buildings & Construction Initiative 2006 Information Note*. Paris, 2006. Disponível em: [http://www.unepbsci.org/newSite/SBCIResources/Brochures/showResource.asp?what=Sustainable\\_Buildings\\_Construction\\_Initiative](http://www.unepbsci.org/newSite/SBCIResources/Brochures/showResource.asp?what=Sustainable_Buildings_Construction_Initiative) , consultado a 04/04/2009 às 15h.
- [15] DIMOUDI, A. e TOMPA, C., *Energy and environmental indicators related to construction of office buildings*, Resources, Conservation and Recycling, vol. 53, pp. 86-95, 2008.
- [16] APA - Agência Portuguesa do Ambiente, *Resíduos de Construção e Demolição* (2005). Disponível em: <http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/fluxresiduos/RCD/Paginas/>, consultado a 20/03/2012 às 11h.
- [17] MIYATAKE, Y. (1996), *Technology Development*, Journal of Management in Engineering, vol. 12, pp. 23-27.
- [18] LOPES,T., *Reabilitação Sustentável de Edifícios de Habitação*, Dissertação de Mestrado da Universidade Nova de Lisboa - FCT, Costa da Caparica, 2010.

## ANEXO I

Tabela 1 - Possíveis aplicações da pré-fabricação em obras de reabilitação

Acções de Reabilitação	Processo Convencional	Sistema de pré-fabricação	Vantagem ao nível da Sustentabilidade
Problemas estruturais graves podem levar a demolições totais de elementos ou partes de edifícios ou construção de novos pisos (estrutura , pavimentos paredes exteriores)	Estruturas e pavimentos reconstruídos na sua totalidade em betão armado aplicado em <i>in situ</i> ;	Aplicação de elementos estruturais de elementos pré-fabricados de betão armado;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de RCD;</li> <li>• Poupança de recursos (cofragens);</li> <li>• Maior eficiência de execução.</li> </ul>
		 Aplicação de elementos pré-fabricados plásticos na construção de pavimentos/lajes leves	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poupança no consumo de recursos;</li> <li>• Maior eficiência de execução.</li> </ul>
	Construção de alvenarias de tijolo em paredes exteriores	Adopção de paredes exteriores pré-fabricadas: em betão armado com/sem isolamento térmico no interior ou em painéis de OSB com isolamento, etc;	
Reforço térmico das paredes exteriores	Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre isolante (ETICS);	Revestimentos independentes descontínuos com interposição de isolante térmico e caixa-de-ar (Fachadas Ventiladas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de montagem e desmontagem;</li> <li>• Elevada durabilidade;</li> <li>• Baixos custos de manutenção;</li> <li>• Capacidade de reciclagem e reutilização;</li> <li>• Sem incómodo para os ocupantes;</li> <li>• Maior eficiência de execução.</li> </ul>
	Contra-fachada de alvenaria executada pelo lado interior da parede;	Contra-fachada de placas de gesso cartonado executada pelo lado interior da parede*;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior flexibilidade;</li> <li>• Facilidade de montagem e desmontagem;</li> <li>• Redução dos RCD;</li> <li>• Maior eficiência de execução.</li> </ul>
	Revestimentos isolantes pelo exterior.		

Acções de Reabilitação	Processo Convencional	Sistema de pré-fabricação	Vantagem ao nível da Sustentabilidade
Reforço térmico das paredes exteriores	Sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre isolante (ETICS);  Contra-fachada de alvenaria executada pelo lado interior da parede;  Revestimentos isolantes pelo exterior.	 Fachada térmica pré-fabricada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poupança energética acima da média;</li> <li>• Elevada durabilidade;</li> <li>• Baixos custos de manutenção;</li> <li>• Capacidade de reciclagem e reutilização;</li> <li>• Sem incómodo para os ocupantes;</li> </ul>
		 Painel metálico pré-fabricado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de montagem;</li> <li>• Redução dos RCD;</li> <li>• Elevada durabilidade;</li> <li>• Sem incómodo para os ocupantes;</li> <li>• Facilidade de desconstrução;</li> <li>• Potencial de reciclagem e reutilização.</li> </ul>
Reabilitação de coberturas	Coberturas inclinadas (com os elementos necessários: laje de betão ou barrote/estrutura metálica) com telhas cerâmicas	 Cobertura inclinada com painéis térmicos de OSB em substituição de laje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de RCD;</li> <li>• Maior eficiência de execução;</li> </ul>
		 Cobertura inclinada com substituição de telha cerâmica por telhas metálicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do efeito ilha de calor (maior reflectância)</li> <li>• Facilidade de montagem;</li> <li>• Redução dos RCD;</li> <li>• Facilidade de desconstrução;</li> <li>• Capacidade de reciclagem.</li> </ul>
Reforço térmico das coberturas	Coberturas inclinadas com isolamento térmico nas vertentes (isolante-placa ou manta fixado contra/sobre laje ou varas + ripas +telhas, etc.)  Coberturas inclinadas com isolamento térmico na esteira horizontal (isolante-placa/manta ou material a granel colocado sobre laje)  Coberturas horizontais com isolante sobre a laje, “invertida” ou normal, incluindo camada de forma, isolante, impermeabilização, protecção pesada, etc.	 Cobertura térmica pré-fabricada (nova tecnologia em desenvolvimento pela AIE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior eficiência de execução, redução do tempo de construção;</li> <li>• Sem incómodo para os ocupantes;</li> <li>• Redução dos RCD.</li> </ul>
		Tecto falso com placas de gesso cartonado executada pelo lado interior da cobertura, com placas de isolamentos térmico*;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de montagem e desmontagem;</li> <li>• Redução dos RCD;</li> <li>• Maior eficiência de execução.</li> </ul>

Acções de Reabilitação	Processo Convencional	Sistema de pré-fabricação	Vantagem ao nível da Sustentabilidade
Melhoria das condições de organização espacial	Construção/demolição de paredes divisórias simples de alvenaria de tijolo (tijolo de 15cm ou 11cm).	Paredes interiores com tijolo cerâmico revestido a gesso;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior rendimento de montagem devido às suas dimensões (maiores que um tijolo comum) e por já estar revestido a gesso;</li> <li>• Redução dos RCD.</li> </ul>
		Construção de paredes leves: paredes em painéis de gesso cartonado*;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior flexibilidade;</li> <li>• Facilidade de montagem e desmontagem;</li> <li>• Redução dos RCD;</li> <li>• Maior eficiência de execução.</li> </ul>
Acabamentos e Revestimentos	Acabamentos com materiais idênticos aos existentes (à base de estuques e posterior pintura)	 <p>Acabamentos pré-fabricados de poliestirenos em substituição de estuques</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de RCD;</li> <li>• Maior eficiência de execução</li> </ul>

\*Solução que poderia ser considerada como “processo convencional”, uma vez que é actualmente bastante utilizada na reabilitação de edifícios antigos.