



Efic. Energética

# Módulo Inovador para a Reabilitação Energética

Pedro Silva, Manuela Almeida, Luís Bragança  
University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal  
psilva@civil.uminho.pt; malmeida@civil.uminho.pt; braganca@civil.uminho.pt

Vasco Mesquita  
DST, S.A., Rua de Pitancinhos, apartado 208, Palmeira, 4711-911 Braga, Portugal  
Vasco.Mesquita@dstsgps.com



## RESUMO

A reabilitação energética dos edifícios é uma área com crescente importância para o setor da construção Portuguesa. Tal deve-se a uma conjugação de diversos fatores, desde o estado de degradação e fraco desempenho energético dos mesmos, até à drástica redução do índice de construção nova.

Como tal, de modo a adequar o parque habitacional existente às novas necessidades, mas também às mais recentes exigências por parte dos moradores, são fundamentais extensas intervenções de reabilitação no parque habitacional, procurando dotar o mesmo de uma maior eficiência energética, possibilitando assim garantir o conforto térmico dos ocupantes sem um gasto energético excessivo.

No entanto, é necessário desenvolver novas soluções de reabilitação para introdução no mercado, as quais devem ser projetadas, não só para aumentar o desempenho térmico da envolvente, mas também possuir maior viabilidade económica, serem fáceis de aplicar, garantirem menores tempos de aplicação, assegurarem um controlo de qualidade na sua execução, e mostrarem algumas preocupações ambientais na seleção dos materiais.

Com estes objetivos em perspetiva, o Laboratório de Física e Tecnologia da Construção da Universidade do Minho desenvolveu uma solução de reabilitação prefabricada para aplicação em fachadas de edifícios existente otimizada em termos da relação custo / benefício.



## 1 - Introdução

### 1.1 - ENQUADRAMENTO

Um dos maiores problemas da sociedade atual é o excessivo consumo de energia, devido principalmente ao aumento dos padrões de qualidade de vida e massificação da utilização de produtos e equipamentos com elevado consumo de energia, tais como automóveis, equipamentos de climatização, televisões, computadores, etc..

Um dos sectores com maior peso no consumo de energia é o sector dos edifícios. Por exemplo, o parque de edifícios Europeu é responsável pela utilização de 33% das matérias-primas, 50% do consumo de eletricidade e 26% da energia final (16% por edifícios residenciais e 10% por edifícios de serviços) [1,2,3].

Por outro lado, o parque edificado Português assume um estado de degradação com proporções que podem ser consideradas alarmantes. Tal provoca uma redução na qualidade de vida das populações e deterioração do património edificado. Nos últimos anos, em Portugal, apenas 20% do volume de negócios do sector da construção foi afetado à reabilitação do parque imobiliário, enquanto na União Europeia este investimento é de cerca de 40% [4,5,6].

Assim, é possível verificar que, em geral, Portugal ainda não é sensível à necessidade e importância da reabilitação de edifícios, sendo sempre mais valorizada a construção de novos edifícios. No entanto, devido à recente crise económica mundial e às repercussões verificadas em Portugal, culminando com a intervenção da “troika”, as linhas de crédito para construção de novos edifícios estão muito dificultadas e as leis do arrendamento estão em revisão. Como tal, é previsível que o mercado da reabilitação apresente um forte crescimento nos próximos anos.

### 1.2 - REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS

Em Portugal, as soluções construtivas de fachada têm evoluído ao longo das décadas, desde a alvenaria de pedra de grande espessura até às soluções mais leves e delgadas utilizadas atualmente [7]. No entanto, um dos problemas encontrados nos edifícios existentes é a falta de isolamento das fachadas, o que provoca grandes perdas energéticas e obriga a um gasto excessivo de energia.

Como tal, considerando a reduzida eficiência energética dos edifícios em Portugal, a reabilitação de edifícios em geral tem como um dos seus pontos fortes a reabilitação energética de edifícios, a qual tem como objetivo reduzir o consumo energético global, não descurando o conforto dos utilizadores do edifício. Em alguns casos, a reabilitação permite mitigar patologias relacionadas com a presença de humidade, assim como melhorar a estética dos edifícios, aspeto que por vezes se encontra bastante degradado.

A industrialização da construção é ainda incipiente em Portugal, no entanto é já uma opção válida e consolidada em diversos países, tais como os EUA, China, Alemanha, Áustria, etc. Nos últimos anos, as tecnologias de prefabricação têm sido alvo de um forte investimento, de forma a aumentar a qualidade final dos edifícios, reduzir custos e aplicar soluções complexas de forma simples [8,9].

Atualmente a prefabricação tem vindo a ser aplicada, maioritariamente, em novos edifícios, com a utilização de fachadas prefabricadas em betão, escadas, janelas, painéis de compartimentação, portas, paredes de tijolo, etc. [10]. Esta tecnologia tem como grandes vantagens a independência das condições climáticas, o controlo da qualidade e a rápida aplicação dos produtos.

Assim, este artigo apresenta o desenvolvimento de uma solução prefabricada para aplicação em fachadas de edifícios existentes - Módulo de Reabilitação Prefabricado - MRP, o qual tem como objetivo contribuir para uma reabilitação eficiente relativamente ao consumo de energia, conforto térmico, desempenho térmico, etc., dos edifícios existentes residenciais.

## 2 - Módulo de Reabilitação Prefabricado

### 2.1 - ASPETOS GERAIS

O módulo MRP foi desenvolvido a partir do sistema tradicional de revestimento descontinuo prefabricado. No entanto, foi projetado de modo a permitir a integração de tubagens pelo interior do módulo. A espessura de isolamento a aplicar foi otimizada e foi desenvolvido um sistema de montagem que permite uma aplicação e remoção simples, baseado na introdução de perfis-U em aço, em ambos os lados do módulo, e uma estrutura de suporte com um sistema de pernos e furos, aparafusada à parede existente (Figura 1). As dimensões de cada módulo são de cerca de 1 m x 1 m e o seu peso de 12 kg/m<sup>2</sup>. Estas dimensões foram selecionadas a fim de facilitar o seu transporte e aplicação.

Após o estudo e teste de várias alternativas de design, a composição da solução MRP é a seguinte (do exterior para o interior): acabamento exterior de compósito de alumínio (6 mm); isolamento de aglomerado negro de cortiça (60 mm); perfil-U em aço (1,5 mm); isolamento de poliestireno extrudido (XPS - 120 mm) com ou sem tubagens ou cavidades moldadas para tubagens e cablagens; barreira pára-vapor (1 mm).

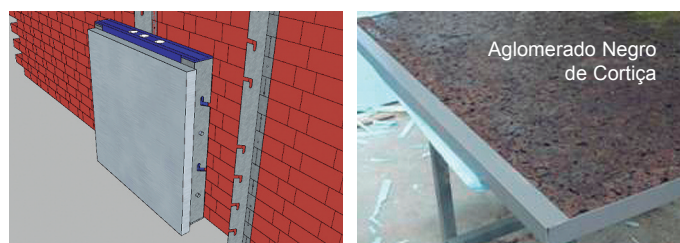


Figura 1. Módulo de Reabilitação Prefabricado

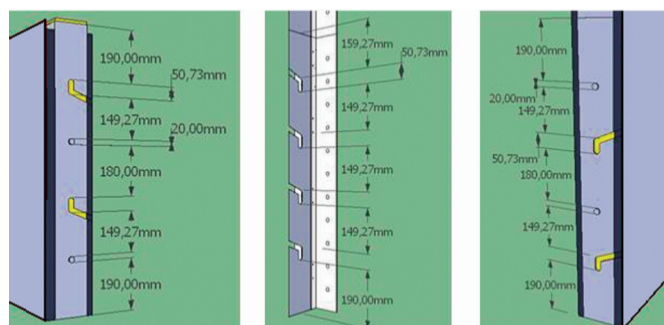


Figura 2. Dimensões dos perfis laterais dos módulos e da estrutura de suporte

O perfil-U aplicado no módulo MRP tem incluído no mesmo diversos rasgos e saliências, introduzidos a uma determinada distância entre os mesmos, cujo objetivo é a sua aplicação numa estrutura de suporte (Figura 2).

## 2.2 - DETALHES CONSTRUTIVOS

A solução MRP terá uma espessura total de 18,8 cm e um peso total de, aproximadamente, 12 kg/m<sup>2</sup>. Com a aplicação deste sistema de reabilitação, é esperado que a resistência térmica das paredes da envolvente exterior dos edifícios irá aumentar em cerca de 4°m<sup>2</sup>.°K/W, considerando o valor médio ponderado de resistência térmica resultante da resistência térmica da zona corrente, a resistência térmica da zona de tubagens e a resistência térmica da zona da estrutura de suporte. A Figura 3 apresenta o esquema com a composição da solução MRP.

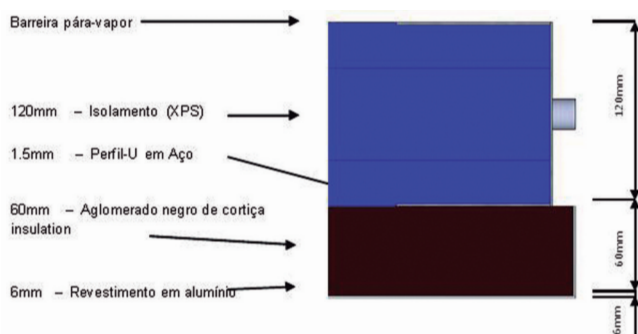


Figura 3. Composição do MRP

Em termos gerais foram estudadas três diferentes soluções para o módulo MRP consoante corresponda a uma zona corrente da envolvente a), uma zona com tubagens existentes ou passagem de cablagens b), ou uma zona para aplicação de novas tubagens c), conforme apresentado na Figura 4.

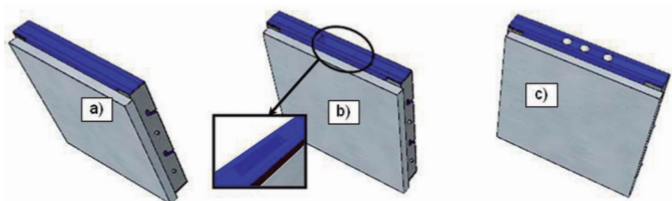


Figura 4. Soluções existentes para o módulo MRP - a) base; b) com orifício para tubagens existentes ou cablagens; c) com tubagens novas

## 2.3 - INTERFACES COM OS EDIFÍCIOS

A ligação do módulo à parede existente será efetuada através da colocação de uma subestrutura metálica que permite a fixação mecânica do módulo. A subestrutura de suporte é composta por uma chapa de aço em "T", com 1,5 mm de espessura. A sua ligação à fachada existente é feita por parafusos colocados na subestrutura. Por outro lado, e de forma a reduzir as pontes térmicas da ligação entre módulos, o revestimento exterior e o isolamento exterior serão desfasados em 15 mm, como mostra a Figura 6. A Figura 5 ilustra a colocação do módulo na estrutura de suporte instalada na parede exterior do edifício a reabilitar. Os módulos são colocados da direita para a esquerda, começando da base da fachada até ao topo.

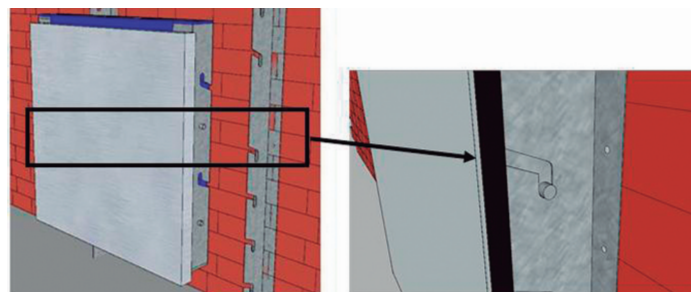


Figura 5. Sistema de encaixe do módulo na subestrutura

Os orifícios das peças laterais da subestrutura tanto permitem a fixação à parede existente da subestrutura, como do módulo de reabilitação prefabricado, diminuindo assim a carga exercida sobre a estrutura de suporte e módulos colocados inferiormente. Os pernos na lateral do módulo encaixam na estrutura de suporte e na ranhura do módulo que se encontra imediatamente ao lado (Figura 6).

Os módulos utilizam um sistema de pernos e ranhuras para a ligação lateral (Figura 6) e a ligação do topo e base é feita por encaixe simples, resultando das características geométricas do módulo, ou seja, devido à existência de uma diferença entre o alinhamento do núcleo do módulo e o revestimento de alumínio.

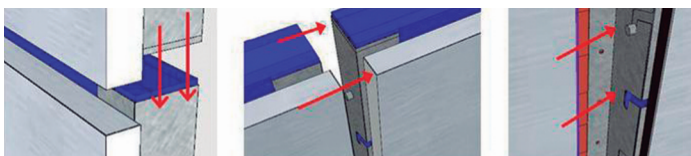


Figura 6. MRP: Ligação lateral entre módulos

## 3 - Estudo da Eficiência Energética do MRP

### 3.1 - SIMULAÇÃO ENERGÉTICA

As ferramentas de simulação permitem verificar, em fases iniciais de desenvolvimento de novos sistemas, o seu desempenho energético de uma forma rigorosa. Como tal, foram aplicadas diferentes ferramentas de simulação a dois casos de estudo - Habitação unifamiliar e multifamiliar - com vista a verificar o desempenho energético obtido com a aplicação do módulo MRP.

### 3.2 - CASO DE ESTUDO 1 - MORADIA EM BRAGA

Com vista à otimização do desempenho energético do módulo de reabilitação prefabricado, foi simulado um edifício de habitação unifamiliar situado em Braga, com apenas um piso, apresentando uma tipologia T3, com 54 m<sup>2</sup> de área útil (Figura 7), através da aplicação da ferramenta de simulação eQuest® [8],



Figura 7. Fotos do caso de estudo: Esquerda - Fotografia; Direita - modelo 3D da simulação

A verificação do desempenho do módulo MRP consistiu na simulação das necessidades energéticas do edifício original, assim como com a aplicação da solução MRP. O edifício original apresenta um coeficiente de transmissão térmico para as paredes exteriores de  $1,9 \text{ W/m}^2\text{°C}$ . Com a aplicação do módulo de reabilitação, foi possível reduzir este valor para  $0,2 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , o que é uma redução muito expressiva.

Os resultados obtidos nas simulações energéticas mostram uma redução significativa das necessidades energéticas de aquecimento, como apresentado na Tabela 1, embora o valor para o edifício ser ainda muito elevado dada a reduzida qualidade da restante envolvente do mesmo.

É possível observar um pequeno aumento das necessidades energéticas de arrefecimento, uma vez que o aumento do nível de isolamento do edifício requer um maior tempo para o edifício arrefecer. Este problema é agravado quando ocorrem muitos dias quentes consecutivos. Contudo, as necessidades de arrefecimento são insignificantes quando comparadas com as necessidades totais, não sendo por isso um problema real.

Tabela 1. Necessidades energéticas

Necessidades Energéticas [kWh/m2.ano]	Edifício Original	Edifício com aplicação da solução MRP
Aquecimento	267,4	219,8
Arrefecimento	0,4	0,04
Total	267,8	219,9

A aplicação do módulo de reabilitação permitiu uma importante redução do coeficiente de transmissão térmico das paredes exteriores, resultando assim numa redução de cerca de 14% das necessidades energéticas globais do edifício inicial.

### 3.3 - CASO DE ESTUDO 2 - EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR

De forma a verificar o desempenho da aplicação do módulo MRP em edifícios multifamiliares, foi simulado um edifício em Guimarães, composto por dois blocos com cinco pisos: uma cave semienterrada não climatizada, três pisos com quatro apartamentos T2 cada, sótão com quatro apartamentos T1, sendo a restante área não climatizada, como apresentado nas figuras 8 e 9.

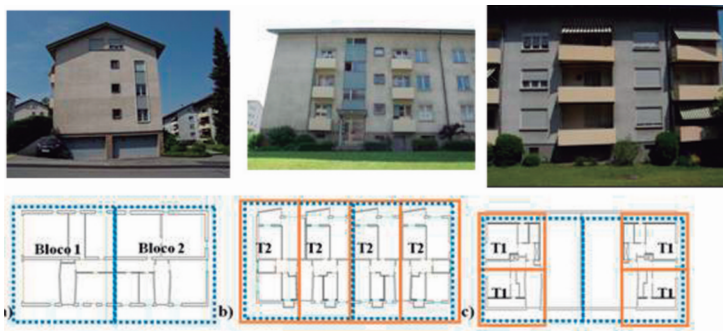


Figura 8. Caso de estudo 2 - Fachada a SE, NE e SW, respetivamente  
Figura 9. Plantas do edifício original: a) Cave; b) Pisos; c) Sótão

Para este caso foi considerado o edifício original e considerada a colocação do módulo de reabilitação prefabricado nas paredes exteriores do mesmo.

A modelação do edifício ilustrada na Figura 10 foi executada através da ferramenta DesignBuilder [9].

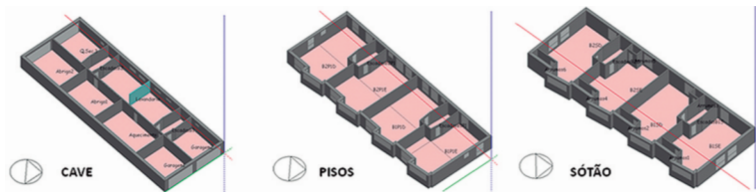


Figura 10. Modelação dos pisos com o DesignBuilder

Após a modelação do edifício na ferramenta DesignBuilder os ficheiros foram exportados para a ferramenta de simulação EnergyPlus [10], e foram executadas as simulações energéticas do edifício reabilitado com a aplicação dos módulos de reabilitação prefabricados.

Os resultados obtidos após a simulação encontram-se resumidos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados obtidos para o edifício multifamiliar reabilitado

Necessidades Energéticas [kWh/m2.ano]	Edifício Original	Edifício com aplicação da solução MRP
Aquecimento	81,3	57,6
Arrefecimento	18,7	12,6
Total	100,0	70,1

Com os valores obtidos para o edifício antes da reabilitação e os valores obtidos após a implementação das soluções de reabilitação, incluindo a aplicação do Módulo de Reabilitação Prefabricado, foram calculadas as Necessidades de Energia Primária (Ntc) de cada um dos casos, sendo os resultados apresentados na Figura 11.

\*Onde: Nic - Necessidades nominais de aquecimento; Nvc - Necessidades nominais de arrefecimento; Nac - Necessidades nominais de aquecimento de águas sanitárias.

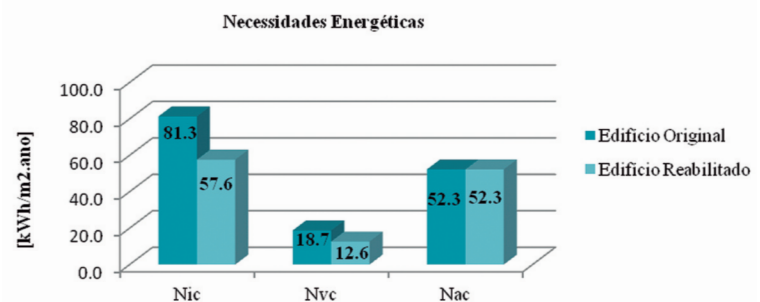


Figura 11. Necessidades nominais de aquecimento (Nic), de arrefecimento (Nvc) e de produção de águas quentes sanitárias (Nac)

## Efic. Energética

Comparando os resultados obtidos para o edifício antes e após a reabilitação, verifica-se que as necessidades de aquecimento foram reduzidas em cerca de 29%, as necessidades de arrefecimento também reduziram 32,4%, as necessidades para aquecimento das águas sanitárias mantiveram-se uma vez que a colocação do painel na fachada do edifício não tem influência sobre este parâmetro, e as necessidades de energia primária sofreram uma redução de aproximadamente 5,6%.

A reabilitação do edifício aplicando o Módulo de Reabilitação Prefabricado na fachada, para além da melhoria de desempenho térmico proporcionada, permite ainda a redução do tempo de execução da obra, redução do incómodo causado aos moradores, redução dos custos associados à mão-de-obra, maior garantia de qualidade do produto utilizado e redução dos resíduos no local da obra.

### 4 - Conclusões

O Módulo de Reabilitação Prefabricado foi pensado tendo em conta as necessidades que atualmente emergem no mercado da reabilitação: qualidade, versatilidade, eficiência, rapidez de execução e montagem, baixo custo, baixa incomodidade para os utilizadores do edifício em causa, questões ambientais.

O painel é composto por materiais leves, tem uma dimensão de 1,0 x 1,0 m e um peso de 12 kg/m<sup>2</sup> o que permite uma maior facilidade de transporte, manuseamento e montagem. Possui uma estrutura de suporte que é fixada à fachada onde o painel é posteriormente encaixado.

Através dos estudos sobre o desempenho energético com a aplicação do módulo MRP em paredes de fachada de um edifício unifamiliar e um edifício multifamiliar, foi possível verificar que apenas com a introdução da solução MRP conseguem-se reduções nas necessidades energéticas entre 14 a 30%, ou seja, é possível reduzir significativamente a energia gasta para garantir o conforto térmico no interior das habitações.

### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado com fundos FEDER através do Programa Operacional de Fatores de Competitividade - COMPETE e fundos nacionais, através da FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia no âmbito do projeto FCOMP-01-0124-FEDER-007189.

O autor Pedro Silva foi financiado pela FCT e DST, SA através da bolsa de investigação SFRH / BDE / 15599/2006, cofinanciada pelo Programa Operacional Potencial Humano da União Europeia POPH - QREN - Tipo 4.1 - Formação Avançada, e pelo Fundo Social Europeu e o MCTES fundos nacionais.

### Bibliografia

- [1] Eurostat, Europe in figures - Eurostat yearbook 2010, European Union, 2010;
- [2] B. Poel, G. van Cruchten, C.A. Balaras, Energy performance assessment of existing dwellings, Energy and Buildings 39 (2007) 393-403;
- [3] C. Balaras, K. Droutsas, E. Dascalaki and S. Kontoyiannidis, Deterioration of European apartment buildings, Energy and Buildings 37 (2005) 515-527;
- [4] DGGE. A Energia, os Recursos Geológicos e a Economia - Balanços Energéticos 1990 - 2003, Direção Geral de Geologia e Energia, 2005;
- [5] IEA Energy Balances. IEA Energy Statistics, International Energy Agency, 2002;
- [6] Euroconstruct. Country of the Month - Portugal. August, 2005;
- [7] A. Baio Dias, A. Serra e Sousa. Manual de Alvenaria de Tijolo - 2ª Edição. APICER e CTCV. Outubro, 2009;

