

# SISTEMA MONOLITE

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema Monolite é um sistema de construção com elevado grau de pré-fabricação baseado na utilização de painéis de laje, parede e escada que incluem uma alma de poliestireno expandido e uma camada adicional de betão colocada em obra por processos tradicionais ou projectado com recurso a equipamento de projecção adequado. O sistema foi introduzido em Portugal em 1994.

O sistema construtivo Monolite tem como origem um projecto Italiano de industrialização da construção, desenvolvida para regiões sujeitas a terremotos e com o intuito de criar uma estrutura monolítica que não desmoronasse e agregasse elementos de isolamento térmico e acústico totalmente estanque às intempéries.

O sistema Monolite tem homologação italiana (Certificato d'Idoneità Técnica) emitida em 1985 pelo Instituto Giordianos.

Este sistema construtivo já se emprega há mais de 30 anos nos mais exigentes mercados da construção civil, podendo ser encontrado em países como Itália, França, Inglaterra, Alemanha, EUA, entre outros.

O sistema construtivo Monolite consiste num sistema de construção anti-sísmico, isolante térmico e acústico e de alta resistência ao impacto. Apresenta com componentes principais a argamassa ou betão e o Painel Monolite, que consiste numa placa de poliestireno expandido de grande dimensão e por duas redes de aço leve de alta resistência, interligadas por barras de aço electrosoldadas.

- **Composição do painel**

O elemento básico do sistema Monolite é composto por:

1. *Núcleo central de poliestireno expandido*, não tóxico, auto extingüível, quimicamente inerte e de densidade e morfologia variável com o modelo do painel ( $10 \text{ kg/m}^3$ ).
2. *Redes de armaduras electrosoldadas*, de aço trefilado e galvanizado, colocadas em ambas as faces do poliestireno expandido e ligadas entre si por conectores do mesmo material. Os diâmetros dos varões variam como modelo do painel e a direcção da armadura.

## 2. ELEMENTOS QUE COMPÕEM O SISTEMA

### 2.1. Painel simples

Este tipo de painel emprega-se em paredes divisórias, paredes resistentes e lajes. Fabricam-se com espessuras de 4, 5, 6 e 8 mm de espessura e 1.125 m de largura. O corte ondulado do poliestireno permite obter o recobrimento apropriado de argamassa para desenvolver a capacidade estrutural máxima do produto.

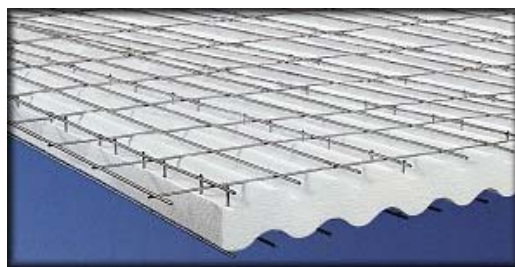


Figura 1 – Painel Simples

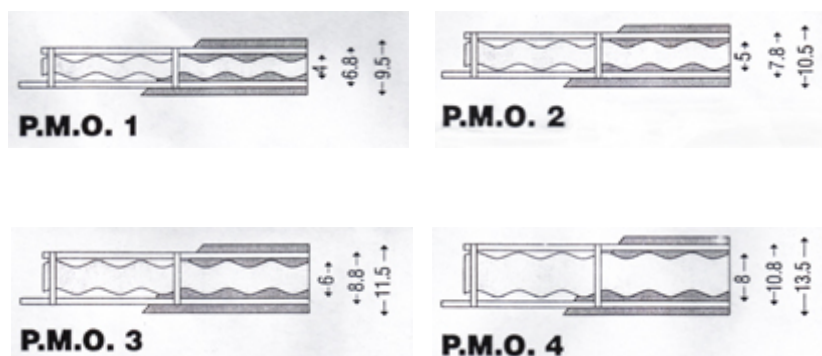


Figura 2 – Espessuras nominais de vários tipos de painéis simples


$$\text{Ø PNW} = 0.55 \text{ Ø F' c AG} \left[ 1 - \left( \frac{KLc}{32h} \right)^2 \right]$$


Figura 3 – Carga última admissível em paredes

h = Espessura da parede  
AG = Área de argamassa  
F'c = 100 kg/cm<sup>2</sup>  
K = 0.80  
Ø = 0.70  
Lc = Altura livre

### 2.2. Painel duplo

Este painel é composto por dois painéis unidos por conectores de aço, tendo um espaço livre entre eles. Quando se preenche o núcleo interior com betão, contando com uma malha de aço de alta resistência em ambos os lados, obtém-se um elemento de elevada capacidade resistente e bom isolante térmico.

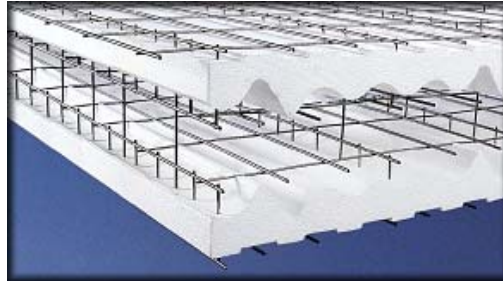


Figura 4 – Painel Duplo

$$\sigma_{PNW} = 0.55 \sigma_{F'c} A_G \left[ 1 - \left( \frac{K L_c}{32h} \right)^2 \right]$$

Figura 4 – Carga última admissível em paredes executadas com estes painéis

### 2.3. Painel para Pavimentos

Este painel aplica-se em lajes. A sua geometria molda ranhuras ao longo do comprimento do painel que se reforçam com aço estrutural para formar uma série de secções tipo "T". Representa uma excelente solução estrutural para vãos de 9.00 m.

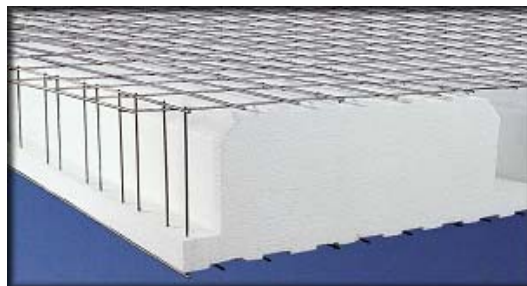
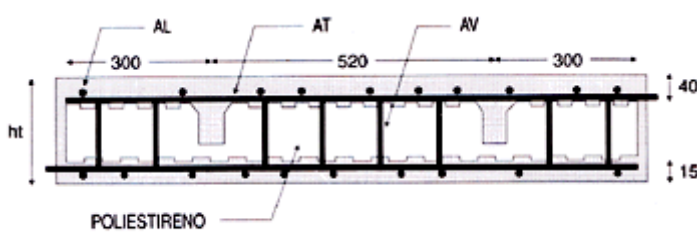
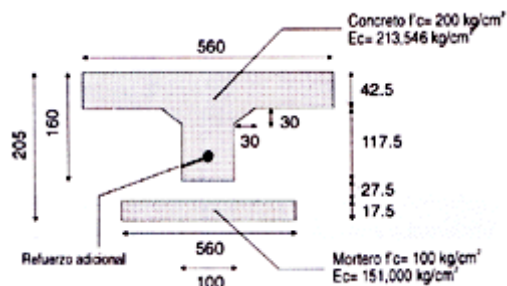


Figura 5 – Painel para Pavimentos



AL = Armadura Longitudinal  
 AT = Armadura Transversal  
 AV = Armadura Vertical



Armadura do painel  $F_y = 5,000 \text{ kg/cm}^2$   
 Reforço adicional  $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

NOTA: dimensões em mm.

Figura 6 – Características dos pavimentos executados com este painel

## 2.4. Painel para escadas

Este painel aplica-se em escadas permitindo a sua execução rápida e simultânea. É fabricado por medida.



Figura 7 – Painel para Escadas

## 2.5. Painel vazado

Este painel utiliza-se apenas quando as condições de carga ultrapassam a capacidade estrutural do painel ondulado. Os vazios interiores são preenchidos com betão o que incrementa a capacidade de carga dos painéis.

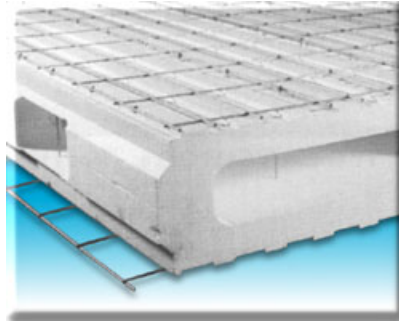


Figura 8 – Painel vazado

$$\emptyset PNW = 0.55 \emptyset F' c AG \left[ 1 - \left( \frac{KLc}{32h} \right)^2 \right]$$

Figura 9 – Carga última admissível em paredes executadas com estes painéis

$\emptyset PNw$  = Carga última permissível em paredes

$\emptyset$  = Factor de redução de esforço

$F'c$  = Resistência da argamassa

$AG$  = Área da secção total da parede

$K$  = Factor de esbelteza

$Lc$  = Altura livre da parede

$h$  = Espessura da parede

Espessura nominal  $h_n$  = 16.3 cm

Espessura final  $h$  = 19 cm

Espessura poliestireno  $h_p$  = 13.5 cm

$\emptyset$  = 0.70

$F'c$  = 100 kg/cm<sup>2</sup>

$AG$  = Área de argamassa

$K$  = 1.00

$Lc$  = 244 cm

$h$  = 19.00 cm

### 3. PROCESSO CONSTRUTIVO

É feita uma laje de fundação ou uma sapata corrida de 40 cm de largura e 15 cm de profundidade nos projectos simples, ou então uma fundação especial se as condições de sondagem do terreno ou arquitectónicas não forem favoráveis, onde serão colocados arranques de 30 cm de altura com 20 cm de espaçamento, alternados, após o que se inicia o processo de montagem da base de alinhamento e aprumo dos painéis para o levantamento de paredes.

Os painéis Monolite são encaixados por um processo normal de amarração das armaduras e ajustados entre si através do encaixe da própria estrutura.

Após a colocação de todas as placas de uma parede sobre a base perfeitamente alinhada e aprumada, em todas as junções é colocado uma tela de reforço para dar mais rigidez e para assegurar uma continuidade ao isolamento térmico e acústico.

Os painéis são fabricados de maneira a compor as paredes bem como as aberturas de portas e janelas previstas no projecto.



Figura 10 – Início da construção

As instalações hidráulicas e eléctricas são muito mais facilitadas no processo construtivo Monolite, pois não ocorrem quebras de material para abertura de roços, como no processo tradicional de alvenaria. Usa-se um soprador de ar quente, que queima o poliestireno expandido, abrindo-se então um canaleta, por onde serão passados os tubos das instalações hidráulicas e eléctricas. Esse jacto de ar quente é similar ao de um maçarico.

Outras das vantagens deste tipo de sistema construtivo é a organização e a limpeza do estaleiro da obra: não ocorrem as perdas nem os desperdícios de material, que ocorrem no caso da alvenaria tradicional.

A leveza do painel Monolite apresenta uma série de vantagens adicionais. O painel pode ser transportado manualmente com facilidade por um operário, mesmo quando tenha mais de 4 m de altura.

Na fase da montagem, o painel é manuseado e colocado na posição por um funcionário apenas, o que simplifica e acelera a montagem e, também, dispensa a necessidade de mão-de-obra especializada e a formação de equipas de trabalhos especiais.

Os painéis são montados encaixando-se uns nos outros através de arames e cada um deles a ferros de espera a partir das fundações. (Fig. 11)



Figura 11 – Fixação de painéis

Em cada ângulo recto são colocados cantoneiras em tela de aço, externa e internamente aos painéis e nos cantos das aberturas de portas e janelas são colocados vergas e contravergas de tela em "U" para neutralizar esforços de corte e esmagamentos localizados.



Figura 12 – Colocação de painéis no piso térreo

Portanto, no sistema construtivo Monolite, a montagem dos painéis há uma continuidade estrutural das telas de aço e das placas isolantes, que garantem as características anti-sísmicas e de isolamento térmico e acústico.

Quanto às instalações (hidráulicas, eléctrica, telefónica, aquecimento, etc.) a facilidade na execução do projecto acaba por confirmar totalmente a flexibilidade e validade do sistema construtivo. A operação é muito rápida, não necessita de tradicionais trabalhos prévios de pedreiro e é absolutamente limpa.

Primeiro desenham-se os percursos das instalações na placa de poliestireno e depois, com a ajuda de um soprador de ar quente ou qualquer outra fonte de calor, faz-se o percurso desenhado; gerando uma cavidade por onde são passados, por trás da tela de aço, os materiais flexíveis.



Figura 13 – Marcação e abertura de roços para instalações

No caso de tubos rígidos ou semi-rígidos, quando necessário, corta-se a tela metálica com um alicate e no final, fecha-se novamente a tela para segurar a tubagem.

Depois dos painéis montados, alinhados e apurados por réguas e escoras e após a passagem dos materiais das instalações eléctricas e hidráulicas, faz-se a projecção do revestimento de argamassa ou micro betão directamente sobre o painel.

O acabamento do revestimento aplicado será uniforme e sua aparência de qualidade superior, pois as marcas do trajecto das instalações eléctricas e hidráulicas, quase sempre visíveis nos sistemas tradicionais, não aparecerão.

Os componentes do micro betão são: areia média (c/s gravilha) e cimento com a inclusão de fibras plásticas e aditivos para dar maior consistência e impedir a retracção excessiva do betão. Cada parede deve ser rebocada pelos dois lados para evitar problemas de alinhamento e prumo.



Figura 14 – Obra em fase de projecção da argamassa

A argamassa assim constituída possui características e resistências idênticas às do betão e juntamente com a continuidade da malha de aço formada pelo processo de encastramento na tela são os responsáveis pela parte estrutural do sistema garantindo as características anti-sísmicas e total resistência às acções provocados por outros agentes. Para a projecção da argamassa, utiliza-se um compressor portátil de ar comprimido necessitando de pressão e vazão convenientes (Fig. 15). Depois de dada a primeira e segunda mão de projecção em todas as paredes, internas e externas, é colocada a laje de cobertura.



Figura 15 – Projecção da argamassa com equipamento adequado

A laje Monolite é composta por: vigas treliçadas, lajetas em EPS, armadura de mesa e armadura adicional. Em seguida é feita a betonagem do pavimento utilizando-se um traço convencional. O escoramento é feito pelo processo habitual de construção (Fig. 17)



Figura 16 – Execução da laje do piso

A laje Monolite com a lajeta de EPS tem características físicas muito favoráveis para ser utilizado como cofragem-perdida ou em formas nervuradas. É leve, de corte fácil, tem boa resistência mecânica, não apodrece, é isolante térmico e acústico com baixa absorção de água, favorecendo a uma melhor e mais rápida cura do betão.



Figura 17 – Escoramento de lajes do sistema Monolite

Em preço, a laje concorre com outros sistemas e a rapidez de montagem, sem quebras ou perdas, transforma a laje Monolite no material ideal para esse uso, com qualquer medida de vãos ou sobrecarga, um acabamento de plano e sem vigas aparentes.



Figura 18 – Betonagem da laje e armadura para a colocação dos painéis do piso seguinte



Figura 18 – Execução do piso

Após a execução de todos os processos são instaladas as portas e janelas, concluindo-se a fase estrutural, entrando assim, em fase normal de acabamento.



Figura 19 – Obra acabada

#### 4. PORMENORES DE EXECUÇÃO

##### 4.1. Fundações

Os painéis são encaixados e atados aos varões de “espera”. (Fig. 20)

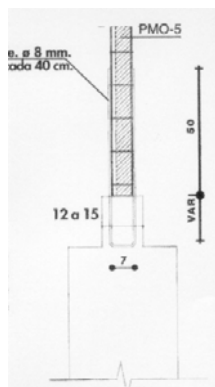


Figura 20 – Ancoragem do painel estrutural

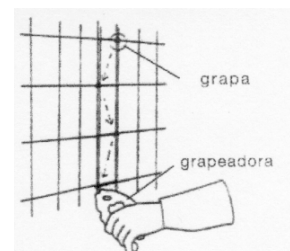


Figura 21 – Montagem dos painéis

##### 4.2. Montagem dos painéis

Amarrações em zig-zag, quadro a quadro na zona de empalme dos painéis (Fig. 21).

##### 4.3. Malhas de reforço

Existem armaduras em ângulo para reforço dos cantos, armaduras em U para reforço dos vãos e armaduras planas para reforço em zona corrente (Fig. 22).

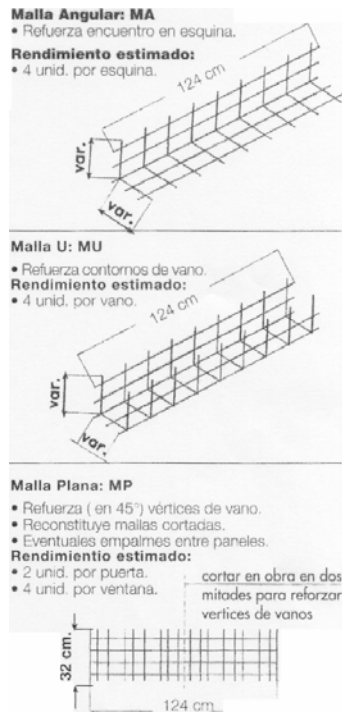


Figura 22 – Armaduras de reforço

#### 4.4. Colocação de armaduras de reforço

Todos os vértices do vão são reforçados com uma malha plana a 45° e varões de  $\phi$  6mm pelo interior da malha, em ambas as faces. Os contornos dos vãos reforçam-se com malhas em U (Fig. 23).

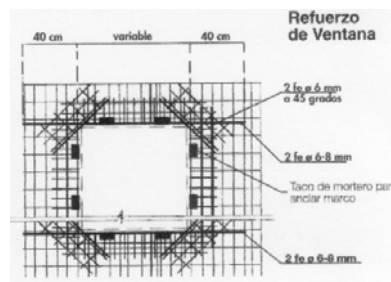


Figura 23 - Reforço do vão de uma janela

São reforçadas com malha angular (MA) e esquadros de varões de aço de  $\phi$  6mm, todos os cunhais e cantos da construção (Fig. 24).

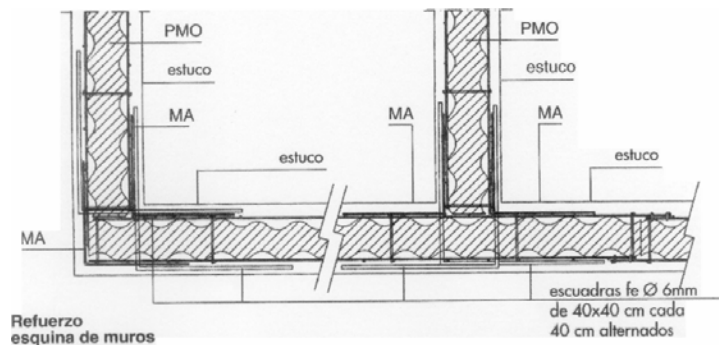


Figura 24 – Colocação de armaduras de reforço nos cantos

#### 4.5. Instalações pré embutidas

Deve-se rebaixar o poliestireno para a instalação de canalizações embutidas por dentro da malha do painel.

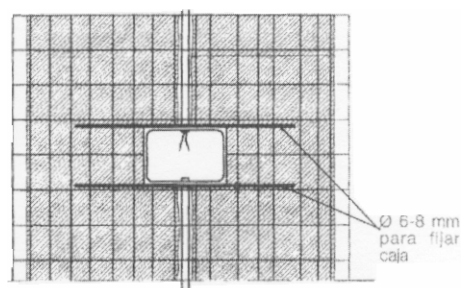


Figura 25 - Instalação de canalizações embutidas

#### 4.6. Colocação de painéis como divisórias

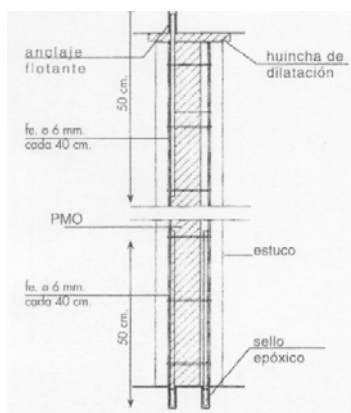


Figura 26 - Colocação de painéis Monolite como divisórias

#### 4.7. Fixação de objectos a divisórias

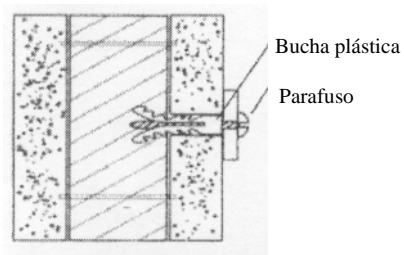


Figura 27 – Fixação com bucha plástica e parafuso metálico

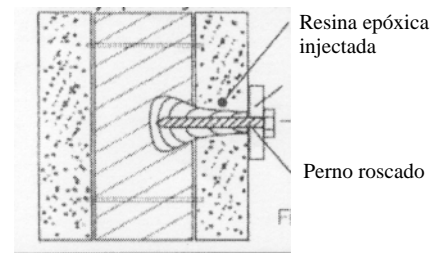


Figura 28 – Ancoragem por injeção com resina epóxica

#### 4.8. Soluções para apoio de coberturas

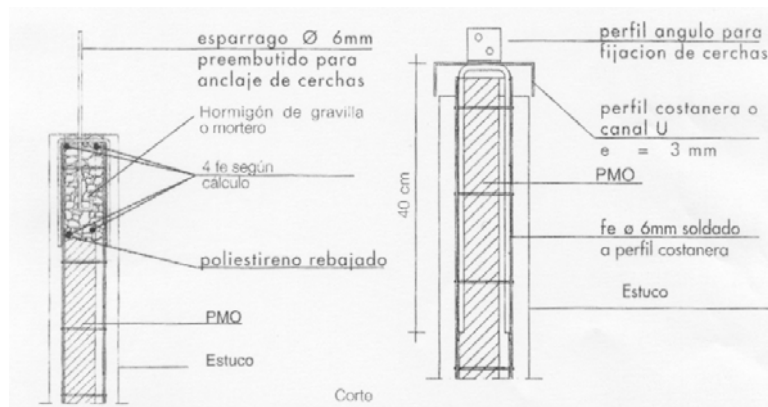


Figura 29 – Soluções para apoio de coberturas em betão e metálicas

### 5. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO SISTEMA



Figura 30 - Obra em fase de montagem: painéis modulares conforme o projecto de arquitectura, obra limpa e organizada, rapidez na execução.



Figura 31- Obra em fase de montagem, antes de aplicação da argamassa. Lajes inclinadas apoiadas directamente sobre o painel, não utilizando madeiramento de cobertura, as telhas apoiadas directamente sobre a laje de cobertura.



Figura 32 - Residência estruturada com o Painel Monolite, sem a necessidade de pilares e vigas, projecto desenvolvido para o Sistema Monolite, que otimiza prazo e gastos em estruturas de betão armado.



Figura 33 – Obra acabada com revestimento de tijolo na fachada



Figura 34 – Adaptação do sistema Monolite a vários tipos de edifícios



Figura 35 – Edifício industrial com painéis de fachada Monolite



Figura 36 – Edifício residencial com vários tipos de acabamento dos painéis

## 6. BIBLIOGRAFIA

- “I&D em Pré- Fabricação: alguns contributos do Decivil da FEUP” (2000), 1.º Congresso Nacional da Industria da Pré-Fabricação em Betão, Porto, Vol. I, p. 69-95.
- [www.monolite.cl](http://www.monolite.cl)
- [www.monoliteintl.com](http://www.monoliteintl.com)