

Influência dos procedimentos de execução em rebocos correntes



Raul Gomes
Prof. Academia Militar
Portugal
raulgomes@iol.pt



Rosário Veiga
Invest. Principal LNEC
Portugal
rveiga@lnec.pt



Jorge de Brito
Prof. Associado IST
Portugal
jb@civil.ist.utl.pt

Resumo: Os procedimentos de execução dos rebocos correntes influenciam significativamente o seu desempenho. Os rebocos monocamada, pré-doseados em fábrica, procuram resolver parte dos problemas que surgem, através de uma dosagem mais elaborada, que evite a necessidade de alguns dos cuidados de aplicação. Nesta comunicação, apresentam-se os resultados obtidos até ao momento num trabalho de investigação em desenvolvimento no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), onde se avalia a influência no comportamento dos rebocos correntes de alguns factores relacionados com a execução e se faz uma comparação com alguns rebocos monocamada.

Palavras-chave: Reboco, procedimentos de execução, desempenho de rebocos, exigências funcionais.

1. INTRODUÇÃO

O trabalho de investigação que está a ser realizado no LNEC, com a participação do Instituto Superior Técnico (IST) e da Academia Militar (AM) e cujo desenvolvimento actual se pretende divulgar nesta comunicação, tem em vista a elaboração de uma tese de doutoramento relativa à análise da influência dos procedimentos de execução no desempenho dos rebocos correntes. Ocorre na sequência da constatação de que, cada vez mais, são notórios os problemas que se verificam neste tipo de revestimento e ainda porque não existe em Portugal um documento específico actual, de carácter normativo, sobre a arte de bem-fazer este tipo de revestimentos.

Embora o estudo recaia, maioritariamente, sobre a execução de rebocos correntes de cimento, é realizada uma análise comparativa com outros revestimentos de fachadas usados em Portugal, como os rebocos tradicionais de cal e de cal e cimento e os rebocos pré-doseados, entre os quais os monocamada.

Os principais objectivos do estudo consistem em identificar os factores que influenciam significativamente o desempenho dos rebocos correntes, quantificar essa influência e estabelecer procedimentos viáveis e eficazes para a sua execução.

2. IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDO

A inadequação dos procedimentos de execução dos rebocos correntes, usualmente empregues como revestimento exterior de paredes, origina o aparecimento de anomalias nos edifícios onde são aplicados, tais como: problemas de estanquidade nas fachadas; deficiências no aspecto estético dos edifícios com o aparecimento em segundo plano do suporte onde o revestimento é empregue; aparecimento de fendilhação; eflorescências; perda de aderência ao suporte; perda de resistência ao choque, entre outros [1]. Estes problemas, associados à falta de mão-de-obra especializada e à necessidade, que por vezes existe, de diminuição dos prazos de execução das obras, não permitindo a sua execução nas melhores condições, levam a ter de se procurar outras soluções para a execução dos revestimentos exteriores de edifícios que, muitas vezes, ainda não tiveram tempo para serem devidamente analisadas e certificadas e cujo comportamento no futuro, por isso, se desconhece. Assim, os rebocos, embora sejam um revestimento com muitos séculos de existência e provas dadas, são colocados em segundo plano ou são executados sem que as condições mínimas da arte de bem-fazer sejam respeitadas, resultando numa diminuição, por vezes drástica, da sua durabilidade e, em consequência, da sua vida útil.

3. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

O trabalho em desenvolvimento tem uma forte componente experimental que visa a análise da influência dos procedimentos de execução no desempenho dos rebocos correntes. Para esse efeito, escolheram-se quatro factores que influenciam, decisivamente, o comportamento dos rebocos, nomeadamente: o número de camadas de revestimento, o método de cura, a quantidade de água de amassadura e a introdução de adjuvantes. Está a ser investigada a influência da alteração, de cada um desses factores, relativamente à prática actual de execução de rebocos e à arte de bem-fazer. A análise dessa influência é feita com base na variação do comportamento dos rebocos correntes em relação a algumas exigências funcionais seleccionadas: fissuração; impermeabilização; aderência ao suporte e durabilidade. Para essa análise do desempenho, escolheu-se o conjunto de normas e fichas de ensaio referidas no Quadro 1.

Quadro 1 - Métodos de investigação adoptados para a análise da influência dos procedimentos de execução no comportamento em relação às exigências funcionais seleccionadas e respectivas normas de execução.

Exigências funcionais	Métodos de investigação	Normas de ensaio
Fissuração	Aplicações e observação de painéis	-
	Ensaio de retracção restringida	FE Pa 37 [2]
Impermeabilização	Coefficiente de capilaridade	pr EN 1015.18 [3]
	Humidímetro	FE Pa 38 [4]
Aderência ao suporte	Ensaio de arrancamento (<i>pull-off</i>)	EN 1015.12 [5]
Durabilidade	Ciclos climáticos em câmara de envelhecimento	EN 1015.21 [6]

4. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

A metodologia seleccionada para efectuar o presente estudo baseia-se na escolha de dois rebocos que, testados, constituem, respectivamente, os valores referência dos limites inferior e superior de comparação. O reboco que constitui o limite inferior é designado por reboco-base e serve de termo de comparação com os restantes rebocos nos quais se faz variar apenas uma característica, das seleccionadas para o estudo, mantendo as outras do reboco-base. Os valores obtidos vão ser, também, comparados com o reboco-padrão que constitui a referência superior. Desta forma, procura-se determinar a influência dessa variável nos procedimentos de execução dos rebocos.

O reboco-base foi seleccionado considerando dois critérios: é o mais aplicado actualmente na construção em Portugal e também o que permite obter dados para comparação mais precisos e com maiores certezas. O reboco-padrão é o preconizado pelo LNEC, dentro da arte de bem-fazer [7]. O reboco-base é designado por reboco 1 e a sua composição, a do reboco-padrão e a alteração das variáveis dos restantes rebocos são descritas no Quadro 2.

Quadro 2 - Constituição dos rebocos a estudar na primeira fase do estudo

Designação	Composição / variável
Reboco 1 (reboco-base)	Duas camadas (salpico ao traço 1:2 com 5 mm de espessura e camada de base ao traço 1:4 com 20 mm de espessura); sem cura; trabalhabilidade normal; não incorpora adjuvantes
Reboco 2	Três camadas (mantém as restantes características do reboco 1)
Reboco 3	Cura a dois dias
Reboco 4	Cura a sete dias
Reboco 5	Trabalhabilidade reduzida
Reboco 6	Trabalhabilidade mais fluida que a mínima
Reboco 7	Trabalhabilidade reduzida com recurso a plastificantes
Reboco 8	Introdução de adjuvante introdutor de ar
Reboco 9	Trabalhabilidade normal com adjuvantes plastificantes
Reboco 10 (reboco-padrão)	Três camadas (salpico ao traço 1:2 com 5 mm de espessura, camada de base ao traço 1:4 com 12 mm de espessura e a camada de acabamento ao traço 1:4.5 com 8 mm de espessura e com areia de granulometria mais fina passada ao peneiro 0.5 mm); cura de 2 dias para o salpico e de 7 dias para a camada de base; teor de água reduzido recorrendo a adjuvantes plastificantes

No total, são analisados, na primeira fase do estudo, 10 rebocos diferentes. Cada um dos rebocos vai ser objecto de estudo para as exigências funcionais referidas no Quadro 1. No final dos ensaios e de acordo com os resultados obtidos, vai ser seleccionado um ou mais rebocos. Estes vão ser objecto de uma análise particular, de forma a tentar-se otimizar os procedimentos seleccionados procurando, assim, alcançar-se um reboco que, mantendo custos semelhantes aos que se verificam para o reboco-base, tenha uma relação de qualidade que se aproxime da do reboco identificado como padrão.

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1 Ensaios realizados

Até ao momento, foram efectuados, além dos ensaios de caracterização das argamassas individuais (ensaio de consistência por espalhamento; determinação do teor em água de

amassadura; determinação da massa volúmica aparente da pasta e da argamassa endurecida; determinação do coeficiente de capilaridade em provetes prismáticos; ensaio de retracção restringida, resistência à flexão e à compressão aos 28 dias) alguns dos ensaios sobre os rebocos 1, 2 e 3 referidos no Quadro 1, nomeadamente: ensaios de impermeabilização referentes à determinação do coeficiente de capilaridade em provetes cilíndricos com várias camadas; ensaios de aderência ao suporte (*pull-off*) e ensaios de determinação da permeabilidade à água sob pressão aos 28 dias. Assim, para cada um dos rebocos mencionados, realizou-se um conjunto de provetes (Figura 1) que, após testados, permitiram obter os resultados apresentados de seguida.



Figura 1 - Conjunto de provetes do reboco 1 (reboco-base) para os vários ensaios

5.2. Resultados individuais dos rebocos correntes estudados

5.2.1 Ensaios de aderência

O processo de cura dos rebocos, seguido durante os ensaios que constituem este estudo é o preconizado na norma EN 1015-11 [8]. Para isso, os provetes são armazenados na sala condicionada a 20 ± 2 °C de temperatura e 65 ± 5 % de humidade relativa e colocados durante sete dias dentro de sacos de polietileno (os dois primeiros dias dentro dos respectivos moldes e os restantes cinco desmoldados), de forma a garantir a sua cura em condições de saturação, isto é, com uma humidade relativa de (95 ± 5) %. Os restantes 21 dias são passados já com as condições normais de humidade (65 ± 5) %.

A aplicação normal em obra destes rebocos não é feita nestas condições. A maior parte das vezes, estes rebocos não levam água durante o processo de cura. Por este motivo e porque o processo de cura é uma das variáveis do estudo, introduziu-se um novo reboco, além dos rebocos descritos no Quadro 2. Designou-se por reboco 0, sendo o seu principal objectivo identificar a influência da manutenção da humidade relativa acima de 95% durante os primeiros sete dias, através do uso dos sacos de polietileno. O reboco 0 teve, então, o seu processo de cura, de acordo com a norma, realizado com os sacos de polietileno. Desta forma, foi possível obter-se valores para comparação com o reboco 1, idêntico ao reboco 0, mas sem cura húmida (sem sacos de polietileno). Os restantes rebocos indicados no Quadro 2 foram realizados também sem recurso aos sacos de polietileno, ou seja, sem ambiente saturado nos primeiros dias.

Assim, o reboco 0 apresenta a composição referida no Quadro 2 para o reboco 1, com o processo de cura descrito na norma EN 1015-11 [8].

Os ensaios de aderência sobre os rebocos analisados até ao momento permitiram obter os resultados incluídos no Quadro 3. Estes valores foram obtidos aos 29 dias tendo sido utilizados 3 provetes para cada reboco, cada um com 3 áreas de arrancamento (Figura 2a).

Relativamente ao reboco 0, verificou-se que, na maioria das determinações, o ensaio de arrancamento apresenta uma tipologia de rotura adesiva no plano do revestimento / suporte (Figura 2b). Apenas um dos três provetes apresentou duas áreas de arrancamento com rotura coesiva no seio do revestimento.

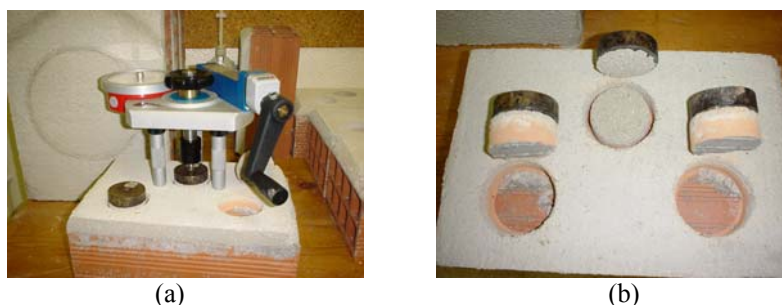


Figura 2 - Ensaio de aderência: (a) aparelho de tracção; (b) rotura adesiva no plano revestimento / suporte (extremos) e coesiva no seio do revestimento (centro)

O reboco 1 (com a composição descrita no Quadro 2, em tudo semelhante ao reboco 0, mas com o processo de cura sem saturação) apresenta, maioritariamente, uma tipologia de rotura diferente da apresentada pelo reboco 0. Com efeito, a tipologia predominante de rotura é a coesiva no seio do revestimento, normalmente através da camada de base.

Quanto ao reboco 2, os resultados obtidos correspondem a uma tipologia de rotura coesiva no seio do revestimento, entre a camada de base e a camada de acabamento.

Por último, o reboco 3 apresenta uma tipologia de rotura coesiva no seio do revestimento. Maioritariamente, esta ocorre na camada de base.

5.2.2 Ensaio de determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade

Os ensaios de determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade dos rebocos estudados foram também obtidos aos 29 dias, tendo sido utilizados 3 provetes em forma de cilindro, segundo os procedimentos adoptados no projecto de norma pr EN 1015-18 de 99 [3] (Figura 3). Os valores obtidos ao fim dos primeiros 90 minutos do ensaio são apresentados no Quadro 3. Com a totalidade dos valores obtidos durante o processo de absorção de água, até ao fim das 24 h do ensaio, foi possível traçar as diversas curvas de absorção de água, apresentadas no parágrafo 5.3.2.

5.2.3 Ensaio de permeabilidade à água sob pressão

Por último, relativamente aos ensaios de permeabilidade à água sob pressão, utilizaram-se dois provetes constituídos por painéis de tijolo com juntas, sendo os mesmos efectuados de acordo com a Norma EN 1015-21 [6] (Figura 4). Os resultados obtidos para este reboco estão também indicados no quadro resumo dos resultados (Quadro 3).



Figura 3 - Ensaio de determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade (reboco 1)



Figura 4 - Provetes para o ensaio de permeabilidade à água sob pressão (reboco 2)

5.3. Resumo dos resultados obtidos

5.3.1 Ensaios de aderência, capilaridade e permeabilidade à água

O Quadro 3 apresenta o resumo dos resultados obtidos para os diversos rebocos correntes analisados até ao momento, relativos aos ensaios de: aderência, mencionados em 5.2.1; determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade, referidos em 5.2.2; e permeabilidade à água sob pressão, referidos em 5.2.3.

Quadro 3 - Quadro comparativo dos resultados já obtidos do plano de ensaios proposto

CARACTERÍSTICA		Reboco 0	Reboco 1	Reboco 2	Reboco 3
Aderência ao suporte	Resistência (MPa)	0,37	0,44	0,51	0,72
	Tipo de rotura	Adesiva (no plano revestimento / suporte)	Coesiva (através da camada de base)	Coesiva (entre a camada de base e a camada de acabamento)	Coesiva (através da camada de base)
Coefficiente de capilaridade entre os 90 e os 10 minutos ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$)	-	0,22	0,28	0,40	0,25
Permeabilidade à água sob pressão (ml/cm^2)	24 h	0,025	0,020	0,016	0,022
	48 h	0,082	0,032	0,028	0,032

Nota: Reboco 0 - reboco-base com cura normalizada; Reboco 1 - reboco-base; Reboco 2 - 3 camadas, sem cura, trabalhabilidade normal, sem adjuvantes; Reboco 3 - 2 camadas, cura a 2 dias com água, trabalhabilidade normal, sem adjuvantes.

5.3.2 Curvas de absorção de água por capilaridade durante o ensaio às 24 h

Com os valores obtidos para cada reboco no ensaio de absorção de água por capilaridade, traçou-se as respectivas curvas, apresentadas nas figuras seguintes, correspondentes aos rebocos: 0 (Figura 5), 1 (Figura 6), 2 (Figura 7) e 3 (Figura 8).

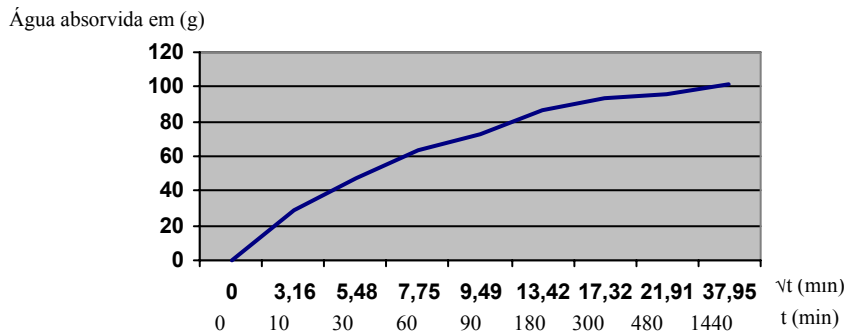


Figura 5 - Reboco 0: massa de água absorvida pelos provetes *versus* tempo

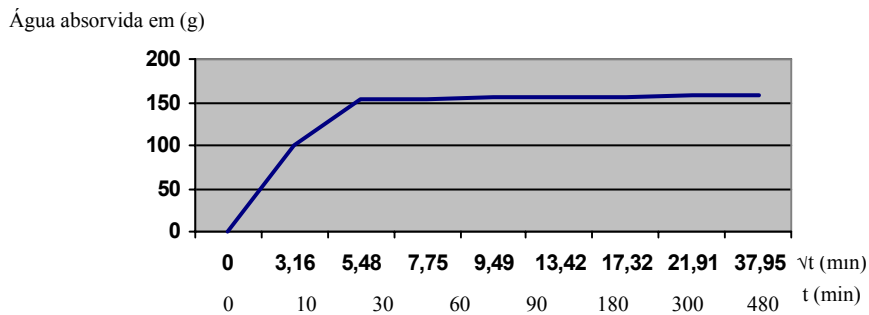


Figura 6 - Reboco 1: massa de água absorvida pelos provetes *versus* tempo

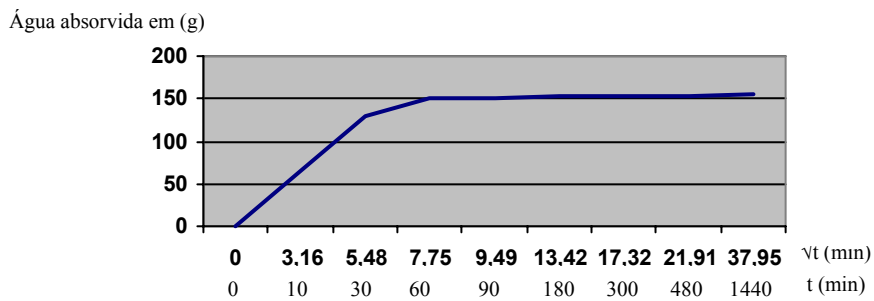


Figura 7 - Reboco 2: massa de água absorvida pelos provetes *versus* tempo

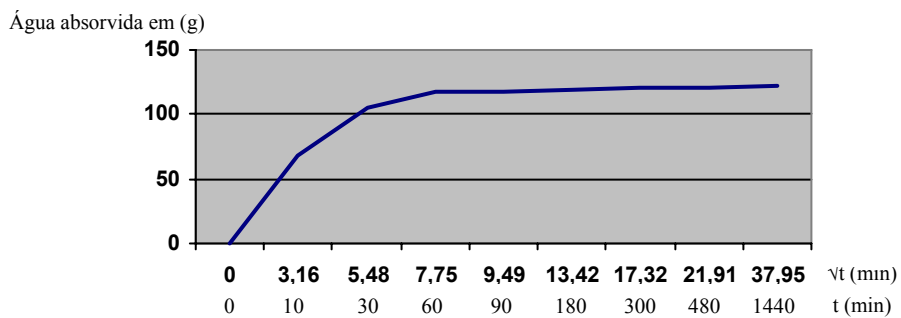


Figura 8 - Reboco 3: massa de água absorvida pelos provetes *versus* tempo

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Embora os resultados obtidos até ao momento para os rebocos correntes sejam ainda escassos, é já possível verificar a influência dos seguintes factores:

- a aderência parece ser influenciada sobretudo pelo processo de cura, observando-se um aumento significativo da resistência de aderência para o reboco 3, com cura a 2 dias com água; a cura através da manutenção da humidade por envolvimento em saco de polietileno não parece muito eficaz, uma vez que o resultado da aderência é mais desfavorável do que o de todos os outros provetes; como seria de esperar, o número de camadas não parece influenciar este aspecto do desempenho;
- os resultados dos ensaios de absorção de água por capilaridade parecem indicar um melhor comportamento dos rebocos com cura mais cuidada (rebocos 0 e 3); não se detecta melhoria do comportamento com o aumento de camadas, já que o reboco 2, pelo contrário, apresenta resultados aparentemente mais desfavoráveis; tal deve-se à influência decisiva da camada de acabamento, com menor teor de cimento e portanto mais absorvente; salienta-se, contudo, que a maior absorção da camada de acabamento não reduz a capacidade de protecção do suporte, pelo que os resultados deste ensaio têm que ser analisados com cuidado, tendo em conta o andamento dos gráficos;
- a permeabilidade à água sob pressão é muito influenciada pelo número de camadas, a avaliar pelo reboco 2 que apresenta valores inferiores aos dos outros rebocos, às 24 h; os resultados obtidos com a variação da cura (reboco 3) são contraditórios, já que se observa um aumento da permeabilidade às 24 h, seguido de uma redução significativa às 48 h; dadas as diferenças entre os resultados dos dois provetes do reboco 3, é possível que num dos provetes existisse alguma fissura não detectável a olho nu ou que um dos dispositivos tivesse colagem deficiente ao provete, deixando passar água pelo rebordo; o mesmo se passa em relação ao reboco 0, onde existe um incremento substancial da permeabilidade às 48 h; a colagem do provete provavelmente cedeu após as 24 h, deixando passar água pelo rebordo; também este ensaio parece revelar pouca eficácia da cura pelo processo normalizado de envolvimento em saco de plástico, já que os resultados do reboco 0 são muito mais desfavoráveis do que todos os outros.

7. REBOCOS PRÉ-DOSEADOS

Os rebocos pré-doseados em fábrica, embora se baseiem em constituintes idênticos aos rebocos correntes, têm uma formulação mais complexa, recorrendo a agregados seleccionados e a adjuvantes diversos, que lhes devem permitir um desempenho melhorado.

Os monocamada são rebocos pré-doseados de composição particularmente elaborada, aplicáveis numa única camada e que, portanto, têm que cumprir todos os requisitos exigíveis aos revestimentos através dessa camada única, com formulação única. Naturalmente, as exigências para estas argamassas pré-doseadas têm que ser superiores, para que o reboco, no seu conjunto, tenha desempenho pelo menos semelhante ao reboco corrente.

8. REBOCOS CORRENTES *VERSUS* REBOCOS MONOCAMADA

O Quadro 4 apresenta um resumo de resultados obtidos para alguns rebocos monocamada que, por se tratar de marcas comercializadas no mercado nacional, apenas são referidos

pela designação M. Os valores apresentados dizem respeito aos mesmos ensaios realizados para os rebocos correntes apresentados anteriormente, nomeadamente: ensaio de aderência; determinação do coeficiente de capilaridade e permeabilidade à água sob pressão.

Quadro 4 - Valores obtidos para alguns rebocos monocamada comercializados no mercado nacional

CARACTERÍSTICA		M1	M2	M3	M4
Aderência ao suporte	<i>Resistência (MPa)</i>	0.7	0.4	0.4	0.6
	<i>Tipo de rotura</i>	Adesiva e coesiva	Adesiva	Adesiva	Coesiva
Coefficiente de capilaridade entre os 90 e os 10 minutos ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$)*	-	0,1	0,1	0,3	0,2
Permeabilidade à água sob pressão (ml/cm^2)	48 h	0	0	0	2,1

* O método de ensaio usado foi o normalizado (EN 1015-18 [10]) para rebocos monocamada, diferente do usado para os rebocos correntes, multicamada.

Os dados obtidos até ao momento para os rebocos correntes, permitem concluir, comparativamente aos pré-doseados, que os primeiros apresentam melhor aderência ao suporte apenas quando o seu processo de cura é efectivamente realizado. É o caso do reboco 3 cujo processo de cura é de dois dias com aspersão de água. Caso contrário, se a aplicação em obra for realizada sem cura, os rebocos pré-doseados parecem revelar um comportamento melhor em relação à aderência ao suporte.

De uma forma geral, os rebocos monocamada apresentam menores coeficientes de absorção de água por capilaridade nos primeiros 90 minutos do ensaio parecendo, em primeira análise, oferecer melhor protecção ao suporte. No entanto, dado que o ensaio não é igual nos dois casos, esta conclusão precisa de ser confirmada através de ensaios adicionais. Por outro lado, a menor capilaridade poderá ser indicativo de uma menor capacidade de “respiração” do reboco dificultando a saída de água do suporte.

Os valores relativos à permeabilidade à água sobre pressão são, de um modo geral, inferiores para os monocamada em relação aos rebocos correntes, confirmando a maior capacidade de protecção à água daqueles. Contudo, os valores obtidos para os rebocos correntes são, ainda, bastante reduzidos. A regra é quebrada pelo reboco monocamada M4, cujo valor de permeabilidade à água às 48 h é elevado.

9. CONCLUSÕES

O trabalho realizado até ao momento permite perceber que a aderência, uma das características seleccionadas para este estudo, é influenciada pelo processo de cura dos rebocos, o mesmo não acontecendo com o número de camadas destes revestimentos.

O ensaio de absorção de água por capilaridade só tem significado, para este tipo de rebocos, entre os 10 e os 90 minutos, quando ocorre a maior absorção de água, verificando-se, a seguir, uma estabilização originada pela saturação, como se percebe através da curva de absorção às 24 h. Também neste caso a cura parece ter um efeito importante no comportamento do reboco, o mesmo não acontecendo com o número de camadas.

Por último, o número de camadas parece ter grande influência no comportamento dos rebocos correntes à permeabilidade à água sob pressão.

Os rebocos monocamada, quando comparados com os correntes, parecem, a partir dos exemplos analisados, apresentar boas características de comportamento com menores cuidados de cura e uma única camada. Recorda-se, no entanto, que os ensaios sobre estes produtos foram realizados sobre provetes sujeitos à cura prevista na norma EN 1015-11, ou seja, em ambiente húmido durante os primeiros sete dias.

A experiência tem sido positiva e os resultados começam a revelar informações significativas. O facto de quase não existirem trabalhos nesta área condiciona o desenvolvimento aprofundado das diversas questões relacionadas com este tipo de aplicações, embora sirva igualmente como estímulo à construção de informação com valor.

Só o desenvolvimento do plano de estudos pode revelar maiores certezas acerca das conclusões agora apresentadas, sendo, para já, um ponto de partida a confirmação de que o número de camadas e a cura influenciam decisivamente o desempenho deste tipo de rebocos com base em cimento.

10. REFERÊNCIAS

- [1] Veiga, M. R., - *Comportamento de argamassas de revestimento de paredes - contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação*, Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, FEUP, 1997.
- [2] LNEC - *Ficha de Ensaio de revestimentos de ligantes minerais para paredes. FE Pa 37 - Ensaio de susceptibilidade à fendilhação*. Lisboa, LNEC, 1998. FE Pa 37.
- [3] European Committee Of Standardization (CEN) - *Methods of test for mortar for masonry - Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened rendering mortar*. Brussels, CEN, April 1999. pr EN 1015-18.
- [4] LNEC - *Ficha de Ensaio de Revestimento de paredes FE Pa 38 - Caracterização da capacidade de impermeabilização*. Lisboa, LNEC, 1999. FE Pa 38.
- [5] CEN - *Methods of test for mortar for masonry - Part 12: Determination of the adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates*. Brussels, February 2000. EN 1015-12.
- [6] CEN - *Methods of test for mortar for masonry - Part 21: Determination of the compatibility of one-coat rendering mortars with substrates*. Brussels, CEN, March 2002. EN 1015-21.
- [7] LNEC - *Recomendações para Execução de Revestimentos Exteriores de Argamassa*. Lisboa, LNEC, 1968.
- [8] CEN - *Methods of test for mortar for masonry - Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar*. Brussels, August 1999. EN 1015-11.
- [9] LNEC - *Ficha de Ensaio, Revestimento de Paredes FE Pa 39 - Ensaio de Absorção de Água sob Baixa Pressão*. Lisboa, LNEC, 2002.
- [10] CEN - *Methods of test for mortar for masonry - Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened rendering mortar*. Brussels, CEN, December 2002. EN 1015-18.