

Um evento do



CINCOS'10

Congresso de Inovação na
Construção Sustentável
Congress of Innovation on Sustainable Construction

Inovação na Construção Sustentável

Innovation on Sustainable Construction

Víctor M. Ferreira, Luís Bragança, A. Baio Dias, A. Silva Afonso, Jorge de Brito

Índice

Table of Contents

I. Materiais e produtos para a construção sustentável	
<i>Materials and products for a sustainable construction</i>	9
<i>Aplicações da análise de ciclo de vida na avaliação ambiental dos produtos: esquemas de reconhecimento existentes</i>	
A. Coelho, C. Ramos	11
<i>Abordagens disponíveis na análise do ciclo de vida do edifício comercial - O caso dos grandes retalhistas</i>	
A. Ferreira, M. Duarte Pinheiro, J. de Brito	23
<i>Estudo da aplicação da nanotecnologia no sector da construção: necessidades e novas oportunidades</i>	
A. Vieira, M. Machado, J. Branquinho, O. Rocha	35
<i>Avaliação do impacto global em Portugal da adopção de medidas de eficiência hídrica ao nível dos produtos</i>	
Armando Silva-Afonso, Carla Pimentel-Rodrigues	47
<i>O bloco térmico cerâmico especialmente concebido para o Sistema ETICS ("Capotto")</i>	
A. Corte Real	59
<i>Argamassas poliméricas – Uma proposta de matriz de caracterização da durabilidade</i>	
M.C.S. Ribeiro, A.J.M. Ferreira, A.T. Marques	65
<i>Argamassa de reboco com características térmicas</i>	
Dina Frade, André Correia	75
<i>Caracterização dos agregados finos reciclados provenientes de centrais de reciclagem portuguesas</i>	
Fernando Rodrigues, Maria Teresa Carvalho, Luís Evangelista, Jorge de Brito	85
<i>Certificação ambiental de materiais e soluções construtivas - aplicação à realidade portuguesa</i>	
J. D. Silvestre, J. de Brito, M. D. Pinheiro	97
<i>Valorização dos resíduos da indústria da cortiça (granulados) como agregados no fabrico de argamassas e betões</i>	
M. Lurdes Belgas Costa, Fernando G. Branco	113
<i>Declaração ambiental de produto aplicado ao tijolo</i>	
M. I. A. Almeida, A.C Dias., Dias, B., E. Castanheira, L. Arroja	125
<i>Vantagens da cortiça na construção sustentável</i>	
Noélia Marreiros, Luís Gil, Paulo Cortiço	135
<i>Considerações sobre a sustentabilidade das unidades de alvenaria</i>	
F. Pacheco Torgal, Joana Faria, Said Jalali	139
<i>Toxicidade de materiais de construção. Uma questão incontornável para a construção sustentável: Parte 1. Os casos do amianto e das nano partículas</i>	
F. Pacheco Torgal, Joana Faria, Said Jalali	153
<i>Toxicidade de materiais de construção. Uma questão incontornável para a construção sustentável: Parte 2. Os casos dos materiais com contaminação radioactiva e das canalizações em chumbo para abastecimento de água.</i>	
F. Pacheco Torga, Joana Faria, Said Jalali	165
<i>Toxicidade de materiais de construção. Uma questão incontornável para a construção sustentável: Parte 3. Os casos dos materiais plásticos, colas sintéticas, isolamentos térmicos, tintas, vernizes e produtos para preservação de madeiras</i>	
F. Pacheco Torgal, Joana Faria, Said Jalali	173
<i>Integração de critérios ambientais e sociais na concepção e construção de obras públicas</i>	
P. Trindade, A. P. Duarte	183

<i>Utilização de derivados e resíduos na produção de betão</i> P. Cachim, A. Velosa, E. Ferraz	197
<i>Argamassas funcionais para uma construção sustentável</i> S. Lucas, J.L. Barroso de Aguiar, V.M. Ferreira	209
<i>Mitigação da RAS e DEF pela utilização de resíduos de minas de tungsténio</i> S. Sousa, A. Santos Silva, A. Velosa, F. Rocha	217
<i>Resíduos de construção e demolição em obras de reabilitação</i> João Melim, Hipólito Sousa	229
<i>Análise ambiental do FIBRICORK</i> António Coelho, Liliana Soares	239
<i>BloCork – Desenvolvimento de blocos de betão com cortiça</i> Nuno Simões, Nuno Salgado, Igor Castro, Andreia Gil, Carlos Manuel	251
2. Tecnologias e sistemas de construção e reabilitação	
<i>Sustainable construction and rehabilitation technologies and systems</i>	265
<i>Utilização de redes sensoriais 'wireless' na promoção da eficiência energética em ambiente doméstico</i> António J. Gano, Pedro A. Rocha, A. Miguel de Campos, Maria J. Martins	267
<i>Os Sistemas de caixilharia de alumínio de ruptura térmica e o seu contributo para a optimização dos consumos energéticos nos edifícios</i> C.M. Bóia, J. Madail, R. Pereira, J. Santos	281
<i>Effisus efficient sustaianability</i> Pedro Carvalho, Paulo Carvalho, Ana Tomé	289
<i>Construção do edifício sustentável - Contribuição para um processo operativo</i> M.P. Amado, B.A. Ferreira	297
<i>Estado-da-arte da desconstrução das redes prediais nos edifícios - Principais orientações existentes</i> M. Santos, J. Brito, M. Pinheiro	313
<i>Modelação adaptativa de infra-estruturas humanas Reabilitação sustentável de edifícios de ensino básico</i> M. L. R. Lopes, J. Saraiva, A.R. Pinto	325
<i>A casa com pátio interior com cobertura amovível - Uma estratégia passiva de conforto térmico</i> Paulo Brito da Silva, A. Reaes Pinto	331
<i>Construção e desenvolvimento de abrigos em sacos de terra</i> R. Hortelão, F. Gonzalez, A. Reaes Pinto	343
<i>Construção em madeira – Exigências para certificação energética</i> Romeu da Silva Vicente, Maria Fernanda Rodrigues, Rui Miguel Jerónimo	351
<i>Estudo de soluções de fachada com tecnologia fotovoltaica</i> Mário F. C. Fernandes, Romeu S. Vicente, Nelson A.D. Martins	365
<i>Reabilitação sustentável de edifícios de habitação</i> Tânia Lopes, Miguel P. Amado	375
<i>WALL-IT – Estruturas multicamada para revestimento multifuncional de paredes interiores</i> A. Assembleia, T. Sotto Mayor, M. Machado, A. Vieira, J. Morgado, G. Bonifácio, F. Rodrigues, J. L. Nogueira, A. Arantes	391
<i>WALLINBLOCK – Desenvolvimento de soluções para uma construção sustentável</i> Julieta António, A. Gil, A. Coelho, S. Almeida, A. Valente, L. Soares	403
<i>A certificação da construção sustentável</i> Hugo Espírito Santo, Miguel Amado	413
<i>Reabilitação do edificado existente como via para a sustentabilidade na construção: dois exemplos.</i> V. Córias, S. Fernandes, L. Mateus	421

3. Impacto e desempenho energético e ambiental

Energy and environmental impacts and performance 431

<i>Avaliação de impactes ambientais de ciclo de vida de um edifício de habitação unifamiliar</i> Carla Vale, R. Mateus, L. Bragança	433
<i>BIPV - O novo paradigma na construção</i> C. Rodrigues, J. Luis, N. Pereira	445
<i>Life cycle assessment of a Portuguese house with alternative heating systems and different building envelopes</i> Helena Monteiro, Fausto Freire	459
<i>Net Zero Energy Buildings: A comparative analysis of alternatives including on-site vs. off-site offset</i> Isabel Azevedo, Vítor Leal	471
<i>Baixo consumo energético desafia o RCCTE para soluções passivas?</i> J. Ferreira, M. Pinheiro	485
<i>Impacto das formas urbanas no desempenho térmico dos edifícios segundo o método do RCCTE</i> Luciana Silva, Vítor Leal, Jorge Carvalho	499
<i>Metodologia para a integração de sistemas solares activos na envolvente de edifícios</i> Luís Leite, Hipólito Sousa	513
<i>Analysis of main thermal characteristics of the residential buildings in Portugal since July 2006</i> Manuel Casquijo, Paulo Santos	525
<i>Análise de desempenho ambiental do TECNOTIJOLO face ao tijolo tradicional – caso de estudo</i> Marisa Almeida, Pedro Frade, António Corte-Real	535
<i>Avaliação de impactes no fabrico de pavimento e revestimento cerâmico</i> M. I. A. Almeida, A.C. Dias, B. Dias, E. Castanheira, L. Arroja	541
<i>Energy-efficient retrofit of buildings in Lisbon – Pombalino typology case-study</i> Nuno Clímaco Pereira, Luísa Caldas, Manuel Correia Guedes, Leon Gliksman	551
<i>Metodologia simplificada de cálculo de perdas de calor pelo solo em edifícios</i> Catarina Serra, Nuno Simões, José Lourenço	565
<i>Determinação numérica e experimental do impacto da incorporação de PCM para climatização passiva de um edifício.</i> Tiago Silva, Romeu Vicente, Nelson Soares, Victor Ferreira	579
<i>SOLESIA – Telhas solares fotovoltaicas</i> Pedro Lourenço	589
<i>O contributo das soluções de controlo solar para a sustentabilidade do edificado</i> C. Oliveira, A. Reaes Pinto	601
<i>A “Declaração Ambiental de Produto” como factor de sustentabilidade na construção</i> A. Capetillo, C. Oliveira, A. Reaes Pinto	613
<i>Optimização de envidraçados para um sistema de fachada destinado a reabilitação eco-eficiente de edifícios</i> Helenice M. Sacht, Luís Bragança, Manuela Almeida	625
4. Utilização de recursos naturais	
Use of natural resources 637	
<i>Soluções para a melhoria do desempenho hídrico de edifícios de grandes dimensões</i> Cristina Santos, Diogo Leite	639
<i>Construção sustentável – soluções comparativas para o uso eficiente da água nos edifícios de habitação</i> Luís Barroso, Miguel Amado	649
<i>Universidade de Aveiro: perspectivas sobre o papel singular no desenvolvimento sustentável da cidade e da região</i> Ana Trindade Fonseca, João Paulo Cardielos	659

5. Economia e gestão da construção sustentável

Sustainable construction economy and management	667
<i>Avaliação do impacto dos vãos envidraçados no conforto térmico de fracções autónomas de habitação</i>	
Alexandra Costa, Vasco Rato	669
<i>Sustentabilidade EDIFER – O projecto “Greenbuilding edifer”</i>	
Alexandra O’Neill, Dinis Silva, Sebastião Gaiolas, Pedro Pereira, Diana Graça	683
<i>Centros universitários sustentáveis</i>	
João Dias, B. Anabela Ribeiro	689
<i>Environmental and economical viability associated to the sustainability criteria applied in commercial buildings</i>	
Luciana Jesus, Manuela G. Almeida, António C. Almeida	697
<i>O contributo das estratégias locais para o investimento na construção sustentável – Estudo de caso do centro escolar de Alcanede</i>	
Maria João G. Narciso Cardoso, Pedro Camões Gouveia	705
<i>Eficiência hídrica em edifícios e espaços públicos – Um caso de estudo na região de Aveiro</i>	
Mário Couto, C. Ferreira, A. Silva-Afonso, V. M. Ferreira	719
<i>Cidades sustentáveis – O desafio para a cidade do séc. XXI</i>	
Miguel Amado, Rosário Ribeiro, Inês Carrapiço	725
<i>Sector da construção: perspectivas e tendências de mercado</i>	
Miguel Branco-Teixeira	739
<i>Ecobairro – um conceito para o desenho urbano</i>	
Rogério Azevedo Gomes	745
<i>Gestão de resíduos da construção e demolição: contributos para uma avaliação da política nacional</i>	
S. Costa, E. Barata	761
<i>Metabolismo industrial e gestão de resíduos na construção civil</i>	
V. Durão, S. Osório-Peters e J. Caixinhas	775
<i>A sustentabilidade de grandes infra-estruturas - O caso dos estádios de futebol</i>	
Susana Lucas, A. Silva-Afonso, V. M. Ferreira	785
<i>Desafios, estratégias e instrumentos de sustentabilidade para o ambiente urbano</i>	
Carla Silva, Liliana Soares, Ana Coelho	791
<i>A sustentabilidade do edifício solar XXI</i>	
Joana Andrade, Luís Bragança, Armando Oliveira	803
Índice de Autores	
Authors Index	815

Argamassas funcionais para uma construção sustentável

S. Lucas¹, J.L. Barroso de Aguiar², V.M. Ferreira¹

¹Universidade de Aveiro/CICECO, Departamento de Engenharia Civil, 3810-193 Aveiro, Portugal, sandra.lucas@ua.pt; victorf@ua.pt

²Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Campus de Azurém, 4800 - 058 Guimarães, Portugal, aguiar@civil.uminho.pt

Resumo

A necessidade de responder às exigências da construção sustentável tem originado o desenvolvimento de novos materiais e a transformação de outros, com o objectivo de acompanhar a evolução deste sector. A sustentabilidade dos edifícios não se calcula apenas pela avaliação do seu impacto ambiental. Outros aspectos têm que ser considerados, como por exemplo, o conforto dos ocupantes, a qualidade do ar interior e o consumo energético. As argamassas de revestimento oferecem grandes potencialidades para a introdução de novas funcionalidades podendo contribuir para aumentar o nível de sustentabilidade de um edifício. A incorporação de microcápsulas de materiais de mudança de fase nestes materiais permite o armazenamento de energia na forma de calor latente. A sua aplicação no revestimento de um edifício contribui para a diminuição da factura energética ao reduzir o período de funcionamento dos sistemas de climatização. A utilização de nanomateriais com propriedades fotocatalíticas, por sua vez, contribui para melhorar a qualidade do ar interior. As nanopartículas de dióxido de titânio eliminam os poluentes mais comuns no interior dos edifícios, evitam o aparecimento de bactérias e criam superfícies com auto-limpeza. Neste trabalho apresentam-se resultados de investigação e desenvolvimento de argamassas com capacidade de armazenamento de energia e com propriedades fotocatalíticas, para aplicação em edifícios sustentáveis.

Palavras chave: *Materiais de mudança de fase, dióxido de titânio, argamassas, sustentabilidade*

Introdução

O sector da construção é um dos principais dinamizadores da economia nacional, mas simultaneamente, é responsável por uma grande parcela das emissões ambientais do consumo de recursos naturais e energéticos [1]. A pressão existente para o desenvolvimento de projectos mais sustentáveis conduziu ao desenvolvimento de novos materiais, mais eficientes e com novas funcionalidades. Com a diminuição das reservas de combustíveis fósseis e o conseqüente aumento do custo da energia, a construção de edifícios mais eficientes do ponto de vista energético está a ganhar importância crescente. O desenvolvimento de novos materiais, com novas funcionalidades visa sobretudo a sua aplicação em edifícios novos. No entanto, a reabilitação de edifícios antigos tem vindo a ganhar uma importância crescente no sector da construção [2].

A recuperação de construções antigas contribui para a renovação dos centros históricos e permite aproveitar parte dos materiais e da estrutura existente o que leva a menor consumo de matérias-primas, menor consumo de energia e produção de menos resíduos [3]. Torna-se assim necessário desenvolver materiais e produtos compatíveis com edifícios antigos e que ao serem aplicados em projectos de reabilitação, melhorem o seu índice de sustentabilidade.

Nas últimas décadas têm sido exploradas outras formas de armazenamento de energia, utilizando o calor latente de alguns materiais [4]. O processo ocorre a temperatura constante não dependendo da massa do material, assim é possível uma elevada densidade de armazenamento de energia. Estes materiais sofrem uma transformação de fase a temperatura constante e são por isso designados de Materiais de Mudança de Fase (ou PCM). Os PCM mais usados são os que apresentam uma transição de fase do estado sólido para o estado líquido [5]. No caso de aplicações construtivas com o objectivo de controlar a temperatura interior, usam-se os que sofrem esta transição em temperaturas próximas da zona de conforto térmico, situada entre os 21°C e os 25°C [6]. Quando é atingida a temperatura de transição de fase o PCM sofre uma reacção endotérmica e passa da fase sólida para a fase líquida, absorvendo calor. Quando a temperatura diminui ocorre a reacção inversa (exotérmica) com a consequente libertação do calor armazenado. A utilização destes materiais nos sistemas construtivos contribui para melhorar o conforto térmico, reduzindo o tempo de operacionalidade dos sistemas de climatização o que conduz a uma redução da factura energética [7]. Existe uma vasta gama de materiais que podem ser usados para armazenamento de calor latente, os mais comuns dividem-se em dois grupos: inorgânicos e orgânicos. Os PCM são aplicados no revestimento de paredes e tectos com o objectivo de tirar partido da energia solar e das fontes de calor ou frio internas. A incorporação de microcápsulas de PCM em argamassas de gesso deu origem a alguns produtos comerciais como o *SmartBoard*, uma placa de gesso desenvolvida pela BASF ou a argamassa de gesso *MaxitClima*. A incorporação em cimento levou ao desenvolvimento de blocos com capacidade de armazenamento de energia [8].

A construção sustentável não se limita à redução do consumo energético ou do impacto dos edifícios no ambiente exterior, outros aspectos, como a qualidade do ar interior e o seu efeito na saúde dos ocupantes são considerados de elevada importância [9]. Existem diversas fontes de poluentes para o ar no interior dos edifícios. a primeira e provavelmente a mais importante é a entrada de ar exterior, mas existem dentro dos edifícios outras fontes de contaminantes [10]. Diversas substâncias consideradas prejudiciais para a saúde podem estar presentes no ar: formaldeído, óxidos de enxofre, óxidos de azoto, dióxido de carbono, entre outros [11]. Nas últimas décadas têm sido estudadas as propriedades fotocatalíticas de algumas substâncias, como o dióxido de titânio (TiO_2) [12]. A aplicação de titânia em argamassas, vidros e outros materiais de construção confere-lhes propriedades bactericidas e de auto-limpeza. A presença da titânia também pode contribuir para a degradação de poluentes do ar [13].

O dióxido de titânio, por acção da luz solar, actua como catalisador da reacção dos compostos poluentes, que se transformam em substâncias que não apresentam risco para o ambiente ou para as pessoas [14]. A utilização de nanopartículas de titânia em argamassas de revestimento visa contribuir para melhorar a qualidade do ar ambiente e no interior dos edifícios [15].

Neste trabalho apresentam-se resultados do desenvolvimento de argamassas para armazenamento de calor latente e para despoluição do ar. São apresentados resultados de testes que comprovam a eficácia dos produtos e que demonstram a sua viabilidade para aplicação em novas construções ou na reabilitação de edifícios.

Parte experimental

Materiais e formulações

Na formulação base da argamassa com traço 1:2 (volume) utilizou-se como ligante cal aérea (Calcidrata). A areia usada como agregado tem uma distribuição granulométrica entre 240 e 675 μm e tamanho médio de 440 μm . O material de mudança de fase (PCM) é um produto comercial (Micronal DS 5008) com uma temperatura de transição de fase aos 23°C. Apresenta um tamanho de partícula entre 1 e 10 μm e um tamanho médio de 6.2 μm . A titânia (Degussa P25) é um pó com 99.5% de dióxido de titânio na forma cristalina anatase. As nanopartículas têm uma dimensão média de 21 nm e uma área superficial específica de $50 \pm 15 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$.

O espalhamento foi avaliado de acordo com a Norma EN 1015-3. A quantidade de água foi ajustada para cada composição de forma a garantir uma adequada trabalhabilidade das argamassas. Foram testadas formulações da argamassa de referência com diferentes teores de PCM e titânia. Foram testadas argamassas com teores de 0 a 30% de PCM e 0 a 5% de TiO_2 .

Caracterização no estado endurecido

As argamassas de cal aérea foram testadas após 90 dias de cura a 20°C e 60% de humidade relativa. Para a resistência mecânica foram preparados provetes com 40x40x160 mm de acordo com a Norma EN 1015-11. A microestrutura foi analisada num Microscópio Electrónico de Varrimento (MEV).

Avaliação do desempenho funcional

Para avaliar o desempenho das argamassas para armazenamento de calor latente foram preparadas células de teste revestidas no interior com as composições testadas. As caixas foram preparadas com um material isolante revestido, nas suas faces internas foi aplicada uma camada de argamassa com 100x100x3 mm aproximadamente. A temperatura foi controlada com sensores no interior das caixas e na câmara climática. As células foram submetidas a ciclos de aquecimento e arrefecimento em câmara climática. A temperatura variou entre 10°C e 40°C no interior da câmara.

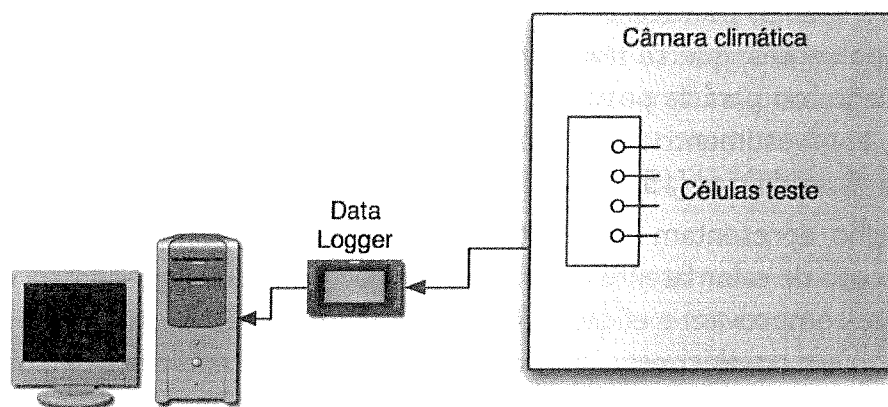


Figura 1 – Esquema experimental dos ensaios das argamassas com PCM

Para analisar o efeito fotocatalítico nas argamassas com TiO_2 foi preparado um reactor onde se submeteram as amostras a uma mistura de ar e NO_x com uma concentração de 1 ppmv. As amostras com uma área de 10×10 mm e espessura de 3 mm foram submetidas à exposição de uma lâmpada solar (Osram). Durante esse período de tempo foi analisado a evolução da concentração de NO_x na mistura que passa no interior do reactor, tendo-se avaliado a eficiência das argamassas na degradação do poluente.

Resultados e discussão

Argamassas para armazenamento de calor latente

A introdução de PCM em argamassas pode afectar o seu desempenho mecânico. Ao contrário do que se verifica em argamassas de cimento ou gesso [16,17], em que foi observada uma redução da resistência mecânica, as argamassas de cal aérea mostram um aumento da resistência mesmo para composições com 30% em peso de PCM. Este efeito pode verificar-se na Figura 3, que mostra a variação da resistência mecânica à flexão e compressão com diferentes teores de adição.

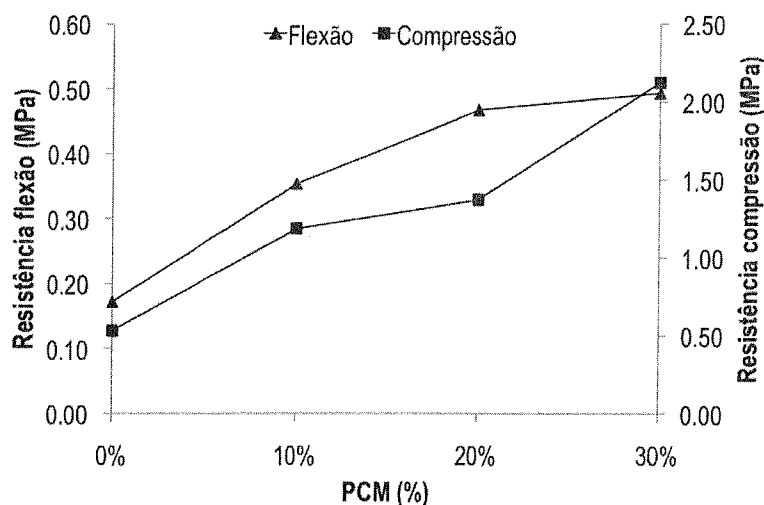


Figura 2 – Resistência mecânica das argamassas com PCM

Este efeito pode estar relacionado com a forma das microcápsulas. A observação de uma amostra do PCM no Microscópio Electrónico de Varrimento (fig. 5) permite concluir que estas apresentam uma forma esférica. Este formato ajuda a obter uma melhor compactação das argamassas no estado fresco e contribui para aumentar a trabalhabilidade, lubrificando o sistema [18].

Nos ensaios em câmara climática apresentados na Figura 6 verifica-se um atraso tanto no aquecimento como no arrefecimento nas argamassas com PCM. Para além do desfasamento, a temperatura máxima e mínima atingidas também são inferiores. A composição com 30% de PCM é a que apresenta melhor desempenho, mas o efeito das cápsulas já é evidente com apenas 10%.

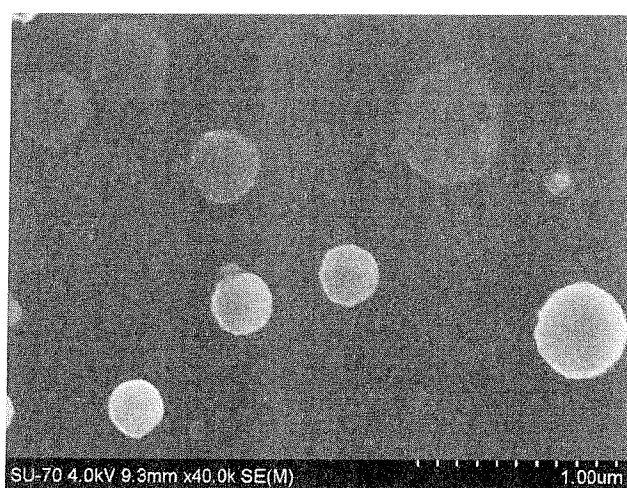


Figura 3 – Microcápsulas de PCM

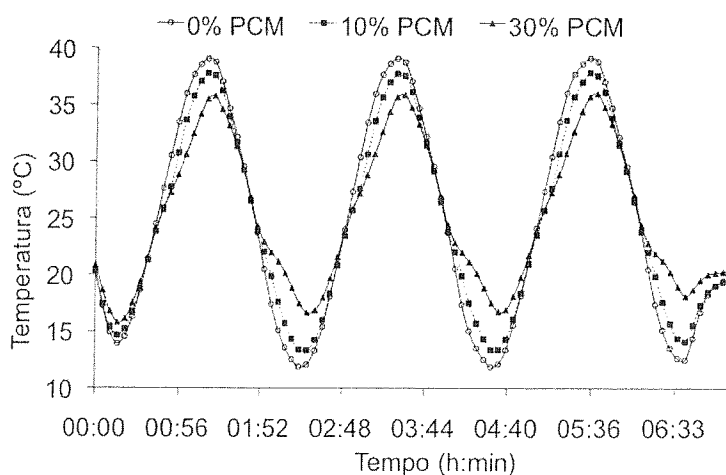


Figura 4 – Resultados dos testes na câmara climática

Argamassas com propriedades fotocatalíticas

A resistência mecânica das argamassas diminui com o aumento da quantidade de dióxido de titânio (fig. 7). Ao contrário dos PCM, estas nanopartículas aglomeram em estruturas de formato irregular (Fig. 8) o que dificulta a sua introdução nas argamassas, porque não favorece a trabalhabilidade [19]. O aumento da água de amassadura, originada

pela introdução das nanopartículas, conduz a um aumento da porosidade com a conseqüente perda de resistência mecânica. Apesar desta diminuição, estes valores são ainda suficientemente elevados para permitir a sua aplicação em sistemas construtivos.

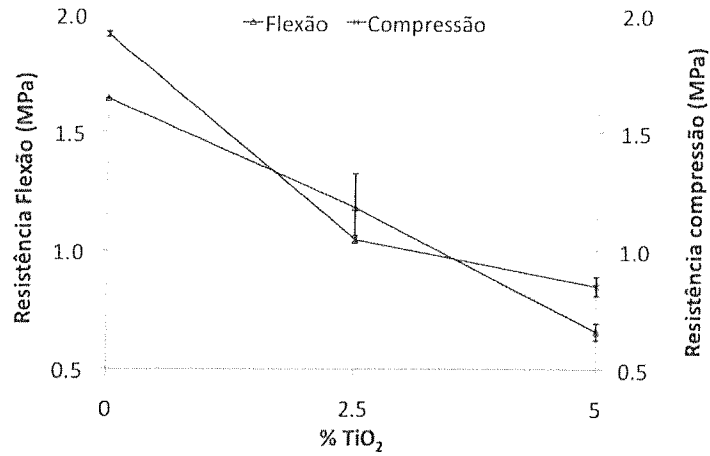


Figura 5 – Resistência mecânica das argamassas com TiO₂

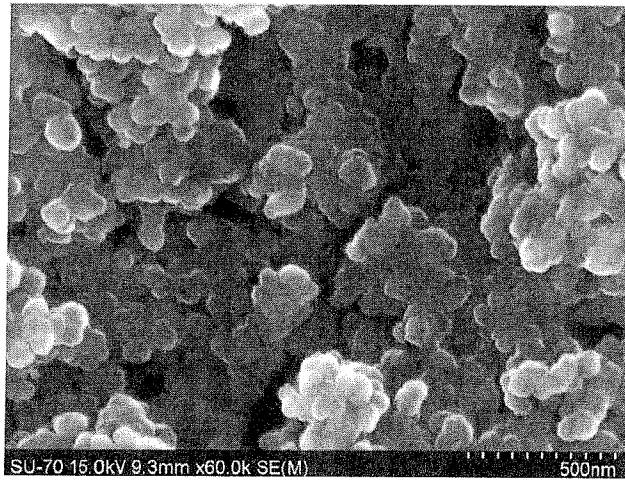


Figura 6 – Imagem das nanopartículas de TiO₂

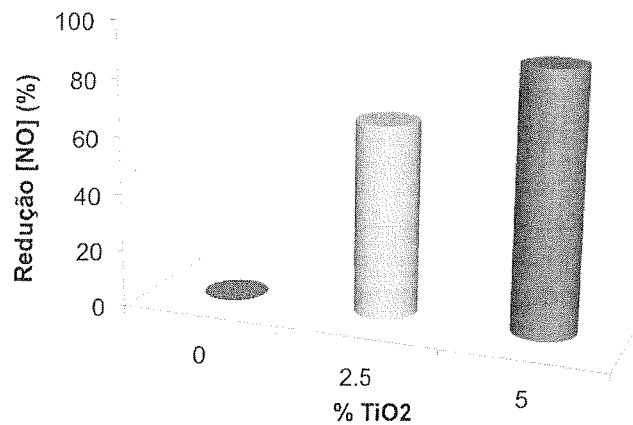


Figura 7 – Actividade fotocatalítica das argamassas com TiO₂

A actividade fotocatalítica das argamassas foi avaliada medindo a taxa de degradação de um poluente comum no ar interior dos edifícios, o monóxido de azoto (NO). Na Figura 10 mostra-se a taxa de redução do poluente durante os 40 minutos de irradiação da lâmpada para os diferentes teores de aditivo.

O aumento de 2.5% para 5% de titânia não contribui para um grande incremento da eficiência, uma vez que esta já se encontra em cerca de 70% para 2.5%. Verifica-se que mesmo pequenas quantidades de nanopartículas de dióxido de titânio produzem o efeito desejado de eliminação de poluentes sem implicar uma grande redução das propriedades mecânicas das argamassas. Nos trabalhos realizados com outro tipo de ligantes a taxa de degradação obtida é bastante inferior [20, 21]. O facto de as argamassas de cal aérea apresentarem maior porosidade pode contribuir para uma maior eficiência, uma vez que há uma maior área superficial de nanopartículas em contacto com o ar e poluente.

Conclusões

A incorporação de materiais de mudança de fase (PCM) em argamassas de cal aérea contribui para um aumento da resistência mecânica. As argamassas apresentam capacidade para armazenar calor e libertá-lo posteriormente, reduzindo o tempo de operação dos sistemas de climatização.

A utilização de nanopartículas de titânia em argamassas de reabilitação afecta as propriedades mecânicas. No entanto, para pequenas quantidades de titânia (2.5%), suficientes para assegurar uma taxa elevada de degradação dos poluentes do ar, a redução da resistência mecânica é pequena.

Demonstra-se que a incorporação de PCM e nanopartículas de TiO_2 em argamassas de cal permite introduzir novas funcionalidades nestes materiais sem inviabilizar a sua aplicação. A sua utilização em edifícios antigos permite melhorar o seu nível de sustentabilidade, reduzindo o consumo energético e melhorando a qualidade do ar.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte da FCT através do projecto PTDC/ECM/72104/2006.

Bibliografia

1. Bourdeau, L., *Agenda 21 on sustainable construction*, 1999.
2. Power, A., *Does demolition or refurbishment of old and inefficient homes help to increase our environmental, social and economic viability?*, *Energy Policy*, 2008, **36**(12), p. 4487-4501.
3. Alikhani, A., *Assessing Sustainable Adaptive Re-use of Historical Buildings*. Proceedings of the 7th IASME/WSEAS International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment, ed. S.H. Sohrab, H.J. Catrakis, and N. Kobasko 2009, Athens, World Scientific and Engineering Acad and Soc, 239-246.
4. Agyenim, F., et al., *A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS)*, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2010, **14**(2), p. 615-628.

5. Farid, M.M., et al., *A review on phase change energy storage: materials and applications*, Energy Conversion and Management, 2004, **45**(9-10), p. 1597-1615.
6. Tyagi, V.V. and Buddhi, D., *PCM thermal storage in buildings: A state of art*, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2007, **11**(6), p. 1146-1166.
7. Castellón, C., et al., *Microencapsulated Phase Change Materials (PCM) for Building Applications*, in ECOSTOCK2006, New Jersey.
8. Cabeza, L.F., et al., *Use of microencapsulated PCM in concrete walls for energy savings*, Energy and Buildings, 2007, **39**(2), p. 113-119.
9. Bluysen, P.M., *Towards new methods and ways to create healthy and comfortable buildings*, Building and Environment, 2010, **45**(4), p. 808-818.
10. Jones, A.P., *Indoor air quality and health*, Atmospheric Environment, 1999, **33**(28), p. 4535-4564.
11. Uhde, E. and Salthammer, T., *Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality--A review of recent advances in indoor chemistry*, Atmospheric Environment, 2007, **41**(15), p. 3111-3128.
12. Goodeve, C.F. and Kitchener, J.A., *Photosensitisation by titanium dioxide.*, Transactions of the Faraday Society, 1938, **34**(1), p. 0570-0579.
13. Allen, N.S., et al., *Photocatalytic titania based surfaces: Environmental benefits*, Polymer Degradation and Stability, 2008, **93**(9), p. 1632-1646.
14. Fujishima, A., Rao, T.N., and Tryk, D.A., *Titanium dioxide photocatalysis*, Journal of Photochemistry and Photobiology, C: Photochemistry Reviews, 2000, **1**, p. 1-21.
15. Ballari, M.M., et al., *NOx photocatalytic degradation employing concrete pavement containing titanium dioxide*, Applied Catalysis B: Environmental, 2010, **95**(3-4), p. 245-254.
16. Hunger, M., et al., *The behavior of self-compacting concrete containing micro-encapsulated Phase Change Materials*, Cement & Concrete Composites, 2009, **31**(10), p. 731-743.
17. Silva, N., et al., *Gypsum plasters for energy conservation*, in Portugal Sb07 - Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millennium, Pts 1 and 2, L. Braganca, et al., Editors, 2007, I O S Press, Amsterdam, p. 502-507.
18. Loxley, A. and Vincent, B., *Preparation of poly(methylmethacrylate) microcapsules with liquid cores*, Journal of Colloid and Interface Science, 1998, **208**(1), p. 49-62.
19. Lu, K. and Kessler, C., *Colloidal dispersion and rheology study of nanoparticles*, Journal of Materials Science, 2006, **41**(17), p. 5613-5618.
20. Hunger, M., Husken, G., and Brouwers, J., *Photocatalysis applied to concrete products - Part 2 : Influencing factors and product performance*, Zkg International, 2008, **61**(10), p. 76-84.
21. Hunger, M., Husken, G., and Brouwers, J., *Photocatalysis applied to concrete products Part 3: Practical relevance and modeling of the degradation process*, Zkg International, 2009, **62**(2), p. 63-70.