



## ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM BAIXA ENERGIA INCORPORADA ATRAVÉS DA REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS

M. do Rosário Veiga<sup>1</sup>, Jorge de Brito<sup>2</sup>, Nádía Lampreia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, [rveiga@lnec.pt](mailto:rveiga@lnec.pt)

<sup>2</sup> Instituto Superior Técnico, Lisboa, [jb@civil.ist.utl.pt](mailto:jb@civil.ist.utl.pt)

<sup>3</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, [nlampreia@lnec.pt](mailto:nlampreia@lnec.pt)

**Palavras-chave:** argamassas de revestimento, resíduos reciclados, sustentabilidade, desempenho.

**Sumário:** A indústria da construção tem impactes na poluição ambiental. Para diminuir as consequências negativas desta indústria, podem ser tomadas várias medidas, entre as quais a reutilização e a reciclagem dos resíduos produzidos, como alternativa à sua deposição em aterro. A utilização de materiais de menor energia incorporada é outro meio de redução dos impactes ambientais. Tal é possível, por exemplo, através da substituição de parte do cimento por ligantes calcinados a temperaturas mais baixas, como a cal e as misturas de cal e pozolanas. A incorporação de resíduos na produção de argamassas de revestimento pode, em simultâneo, proporcionar economia de energia, redução do consumo de matérias-primas e redução de deposição de resíduos em aterro, contribuindo assim para um desenvolvimento sustentável. No entanto, tal incorporação implica a análise prévia da sua influência nas características do produto final e o estudo das percentagens e condições de incorporação. Alguns estudos foram já realizados neste domínio, mas esta é uma linha de investigação que se pretende prosseguir e aprofundar, de modo a fornecer ao meio técnico e à indústria alternativas para argamassas de revestimentos viáveis e mais sustentáveis.

### 1. INTRODUÇÃO

O ritmo da construção tem vindo a abrandar em Portugal, tal como no resto da Europa, devido, principalmente, à crise económica e a razões demográficas. Esta situação é mais um incentivo para procurar manter o setor na vanguarda do conhecimento e investigar vias de redução de custos, redução de consumos energéticos e redução de impactes negativos. As argamassas de revestimento com baixa energia incorporada, através da reutilização de resíduos considerados “inúteis” para a indústria, surgem como área de oportunidade para o ramo da construção. A indústria da construção consome grandes quantidades de recursos naturais não-renováveis e é também um dos maiores produtores de resíduos, tanto de construção como de demolição (RCD). Por outro lado, em Portugal, o mercado destinado ao reaproveitamento de RCD é praticamente inexistente.

No Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), no Núcleo de Revestimentos e Isolamentos do Departamento de Edifícios (DED/NRI), em colaboração com o Instituto Superior Técnico (IST), tem sido investigado o reaproveitamento de resíduos com possibilidade de inclusão em materiais de construção. Foram já realizados alguns estudos de incorporação de vários tipos de resíduos em argamassas para revestimento, com resultados de desempenho promissores.

### 2. ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM RESÍDUOS INCORPORADOS

As argamassas de revestimento comumente utilizadas na indústria da construção são constituídas por um ligante hidráulico, o cimento, e um agregado, a areia. O processo de produção de cimento ocorre com elevado consumo de energia (as temperaturas de calcinação das matérias-primas são da ordem de 1400 ° C) e são emi-

tidas para a atmosfera elevadas quantidades de CO<sub>2</sub>. A areia, enquanto recurso natural não renovável, é um material a preservar. Além disso, quando extraída do leito dos rios tem impactes ambientais negativos.

Vários estudos de investigação sobre a temática da incorporação de resíduos de várias indústrias em argamassas de construção sem funções estruturais têm vindo a ser desenvolvidos no NRI, em conjunto com o IST, através de Teses de Mestrado de alunos do IST e de trabalhos de investigação de bolseiros do LNEC. Estes trabalhos têm como objetivos principais: a) reduzir os consumos excessivos de energia e de recursos naturais para a produção de argamassas; b) procurar alternativas à deposição em aterro de resíduos da construção e demolição e de outras indústrias; c) melhorar algumas características das argamassas através da incorporação de resíduos com propriedades específicas.

Os estudos já realizados abrangeram a utilização de resíduos de barro vermelho [1-4], resíduos de trituração de betão (RCD) [5-7], resíduos de pneus de borracha [8,9], resíduos de vidro [10-13], em argamassas com ligante de cimento, quer em substituição de parte do agregado, quer como aditivo filler. Investigou-se o desempenho e a durabilidade, procurou-se identificar características melhoradas com cada tipo de resíduos e avaliou-se a viabilidade de reduzir o teor de cimento.

Atualmente, no âmbito da investigação programada do NRI, estão a ser desenvolvidos estudos para avaliar a viabilidade, desempenho e durabilidade de argamassas de revestimento com a incorporação de lamas de pedreiras (indústria de transformação de mármore e calcários) através da substituição de várias percentagens de areia, e com a incorporação de resíduos de celulose (indústria do papel), como aditivo.

### 3. MATERIAIS E CAMPANHA EXPERIMENTAL

Para avaliar o desempenho das argamassas com resíduos incorporados, todos os estudos desenvolvidos e em desenvolvimento incluem uma ampla componente experimental através da realização de ensaios para análise das propriedades mais relevantes para o desempenho e durabilidade dos revestimentos, face às modificações introduzidas na argamassa. Numa primeira fase, é importante analisar a resistência à compressão, a resistência à flexão, a capacidade de absorção de água por capilaridade e respetiva secagem, o módulo de elasticidade e a suscetibilidade à fendilhação. Com base nos resultados obtidos são selecionadas as formulações de melhor desempenho para um estudo mais aprofundado, numa segunda fase de ensaios, em que se procede à análise da capacidade de retenção de água, da retração, da aderência ao suporte e da permeabilidade ao vapor de água. Dependendo dos tipos de resíduos, avaliaram-se ainda outras características, como a resistência ao impacto (resíduos de borracha) e a durabilidade, através da exposição a ciclos climáticos.

#### 3.1 Resíduos de cerâmica vermelha

A realidade do aproveitamento de resíduos de telhas, tijolos e outros produtos cerâmicos, remonta à época do Império Romano [1], cujos vestígios de construção são, nos dias de hoje, testemunhos da sua eficácia em termos de durabilidade. As características destes resíduos, nomeadamente a sua reatividade pozolânica, fomentaram o desenvolvimento de estudos científicos sobre a avaliação de propriedades relevantes para a utilização destes materiais como agregados ou como substituição parcial do ligante em argamassas e betões.

O estudo desenvolvido [1-4] procurou viabilizar a incorporação de resíduos de barro vermelho em argamassas cimentícias e teve três áreas de investigação: 1) incorporação de finos – efeito filler (argamassa mais compacta), através do preenchimento pelos finos dos vazios existentes na argamassa convencional; 2) redução do teor de cimento – efeito pozolânico dos finos cerâmicos, possibilitando a diminuição do teor do ligante (cimento); 3) integração de resíduos de construção e demolição (RCD) – reciclagem como prioridade, desde que mantendo as características aceitáveis na argamassa com agregados reciclados cerâmicos em substituição de parte da areia.

Para avaliar a possibilidade de reduzir o teor de cimento em argamassas de revestimento através da incorporação de finos de cerâmica vermelha, Silva [1-4] analisou, numa primeira fase, três formulações de argamassa: a argamassa de referência de traço 1:4 (cimento:areia) e duas formulações com incorporação de 10% (em volume) de finos cerâmicos, em substituição da percentagem total de areia (traço 1:5 e traço 1:6). Assim, para além

da incorporação de resíduos (finos cerâmicos) por substituição de percentagem do volume total de agregados (areia), pretendeu-se reduzir o teor de cimento através da diminuição do traço volumétrico da argamassa.

### 3.2 Resíduos de trituração de betão

A reciclagem e reutilização dos RCD são consideradas como uma alternativa positiva à redução da sua deposição em aterro, contribuindo para a melhoria das condições do meio ambiente, para a diminuição da exploração de recursos naturais e energéticos e para a redução dos custos da construção [5].

Foram desenvolvidos dois trabalhos sobre a incorporação de resíduos de betão em argamassas [5-7], cuja campanha experimental decorreu no LNEC. Na Figura 1 é perceptível que a quantidade de betão como RCD é relevante, merecendo deste modo especial atenção a sua potencial reciclagem [5].

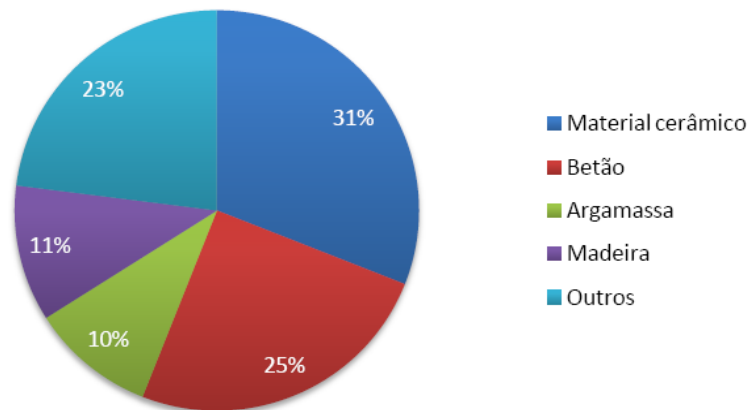


Figura 1: Média das composições de RCD (Gonçalves, 2007 [14], citado por Neno, 2010 [5])

No trabalho desenvolvido por Neno [5], foram utilizados resíduos de betão obtidos por trituração de blocos de betão (classe C30/37), em substituição da areia natural (mantendo a curva granulométrica da areia). Foram então produzidas três argamassas com taxas de substituição de 20%, 50% e 100% do volume de areia natural pelos agregados finos reciclados de betão, assim como uma argamassa de referência sem qualquer agregado reciclado. Numa primeira fase procedeu-se à análise das resistências à compressão e à flexão, da capacidade de absorção de água por capilaridade e respectiva secagem, e da susceptibilidade à fendilhação. Numa segunda fase, depois de escolhida a percentagem de substituição com resultados mais satisfatórios na primeira fase, procedeu-se à análise da capacidade de retenção de água, retracção, aderência ao suporte, módulo de elasticidade e permeabilidade ao vapor de água [5].

O objetivo do trabalho desenvolvido por Braga [6,7] foi investigar, através da reciclagem dos resíduos de betão, e utilizando apenas a fração mais fina dos agregados, a viabilidade da sua aplicação em argamassas de revestimento. Foram considerados dois vetores de investigação distintos: incorporação de partículas muito finas e redução do teor de cimento [6,7]. O primeiro vetor teve como objetivo melhorar o desempenho da argamassa ao preencher os espaços vazios existentes no seu interior com agregados muito finos de betão, através do efeito de filler. O segundo teve como fim avaliar as eventuais características aglomerantes dos finos de betão. Para o efeito, foi realizada uma série de ensaios destinados a avaliar e comparar as propriedades mais importantes das argamassas (resistência mecânica, comportamento à água, susceptibilidade à fissuração, entre outras) [6,7].

### 3.3 Resíduos de pneus de borracha

Os resíduos de pneus de borracha constituem uma fonte de poluição em crescimento e, conscientes dessa realidade, têm vindo a utilizar-se nas obras de engenharia civil agregados de borracha reciclada, nomeadamente em pavimentos de diversos tipos [8], com o objetivo de atenuar esse problema.

A campanha experimental do estudo, desenvolvida no LNEC [8,9], teve como objetivo avaliar as características de argamassas de cimento com a incorporação de partículas finas de borracha. Deste modo, realizou-se um conjunto de ensaios para determinar qual a taxa de substituição (5%, 10% ou 15% do volume total de agregados) de agregados naturais por agregados de borracha de pneus seria mais interessante para uma futura aplicação destes rebocos modificados em revestimentos de paredes [8,9].

Esta campanha experimental foi estruturada em três fases. Na primeira, foram realizados ensaios com objectivo de determinar as propriedades dos constituintes das argamassas, mais concretamente dos agregados naturais e dos agregados de borracha de pneus usados [8,9]. A segunda, consistiu em ensaios para avaliação das características essenciais das argamassas, tendo por objectivo identificar quais as percentagem de substituição dão origem a argamassas com melhores propriedades [8,9]. Finalmente, a última fase consistiu efectuar uma caracterização mais pormenorizada das argamassas que apresentarem melhores resultados nos ensaios anteriores [8,9].

#### 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

No trabalho de investigação relacionado com resíduos de cerâmica de barro vermelho, verificou-se que, de um modo geral, todas as vertentes de modificação (três vetores de investigação) podem resultar em argamassas de igual ou de melhor desempenho em relação às convencionais (sem resíduos), dependendo da qualidade e do teor de agregado adicionado (Quadro 1).

Quadro 1: Resultados dos ensaios aos 28 dias [5]

| INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS CERÂMICOS<br>EM ARGAMASSA DE CIMENTO             |   |                              |
|---|---|------------------------------|
| ENSAIO  | Redução do teor de cimento através do traço volumétrico |                              |
|   | Argamassa de referência (1:4)                           | Argamassa com resíduos (1:6) |
| Módulo de elasticidade (após 2 meses) (GPa)                               | 14,6  | 11,9 (-18%)                  |
| Módulo de elasticidade (após 5 meses) (GPa)                               | 13,9  | 11,5 (-17%)                  |
| Permeabilidade ao vapor de água (ng/(m.s.Pa))                             | 23,10   | 30,26 (+31%)                 |
| Espessura da camada de ar de difusão equivalente a 20 mm de argamassa (m) | 0,16  | 0,12 (-25%)                  |
| Permeabilidade – água absorvida (ml)                                      | 620   | 260 (-58%)                   |
| Aderência ao suporte (MPa)  | 0,34  | 0,38 (+12%)                  |
| Aderência ao suporte (após envelhecimento) (MPa)                          | 0,68  | 0,68 (=)                     |

Os estudos, relacionados com resíduos de trituração de betão, apresentam resultados que caracterizam os agregados finos de betão como material viável e com um enorme potencial de utilização na indústria da construção. Tanto no comportamento mecânico como na capacidade de impermeabilização destas argamassas, os resultados são bastante superiores aos da argamassa convencional. Por outro lado, as argamassas com este

tipo de resíduos parecem ser mais suscetíveis à fendilhação mas, ainda assim, aceitáveis quando comparadas com argamassas cimentícias convencionais.

Os melhores resultados dos ensaios aos 28 dias do trabalho desenvolvido por Neno [5] correspondem à argamassa com 20% de substituição, que foi a composição de argamassa selecionada para prosseguir para a 2ª fase de ensaios. De um modo geral, a argamassa com inclusão de resíduos de betão apresentou um desempenho melhorado, face à argamassa de referência, embora, relativamente à aderência ao suporte e à suscetibilidade de retração, se tenha verificado um desempenho inferior [5].

Quadro 2: Resultados dos ensaios aos 28 dias [5]

| INCORPORAÇÃO DE RCD DE BETÃO EM ARGAMASSA DE CIMENTO (1:4)              |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| ENSAIO  | Percentagem de substituição<br>(em volume) da areia |                           |
|   | 0%  | 20%                       |
| Massa volúmica<br>(estado fresco) (kg/m <sup>3</sup> )                  | 1923,35   | 1909,85<br>(-1%)          |
| Massa volúmica<br>(estado endurecido) (kg/m <sup>3</sup> )              | 1725,84   | 1746,82<br>(+1%)          |
| Resistência à flexão (MPa)  | 1,36  | 1,86<br>(+37%)            |
| Resistência à compressão<br>(MPa)                                       | 3,91  | 5,34<br>(+37%)            |
| Coefficiente de capilaridade<br>(kg/m <sup>2</sup> min <sup>0,5</sup> ) | 1,27  | 1,24<br>(-2%)             |
| Retenção de água (%)  | 63,81   | 89,26<br>(+40%)           |
| Varição dimensional<br>(retração) (%)                                   | -0,0073   | -0,0134<br>(+84%)         |
| Aderência ao suporte (MPa)  | 0,33  | 0,27<br>(+18%)            |
| Módulo de elasticidade (GPa)  | 7,07  | 8,25<br>(+17%)            |
| Permeabilidade ao vapor de<br>água (ng/(m.s.Pa))                        | 23,9  | 25,2<br>(+5%)             |
| Retração restringida e<br>resistência à tração                          | Fraca<br>susceptibilidade                           | Média<br>susceptibilidade |

No trabalho desenvolvido por Pedro [8,9], os melhores resultados obtidos nos ensaios aos 28 e aos 90 dias são apresentados no Quadro 3 e mostram que, apesar das argamassas com incorporação de agregados de borraça apresentarem piores desempenhos relativamente às argamassas convencionais em certas propriedades como a resistência à compressão e à flexão por tração, noutras trazem benefícios, como a descida significativa do módulo de elasticidade com a possível melhoria do comportamento à fissuração e a alteração favorável das características de resistência ao choque [8,9], através de uma maior capacidade de absorção da energia de impacto.

Quadro 3: Resultados dos ensaios aos 28 e aos 90 dias [8,9]

| INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE PNEUS DE BORRACHA<br>EM ARGAMASSA DE CIMENTO (1:4) |   |                   |
|--|---|-------------------|
| ENSAIO   | Percentagem de substituição<br>(em volume) da areia |                   |
|  | 0%  | 15%               |
| Massa volúmica<br>(estado fresco) (kg/m <sup>3</sup> )                         | 1942  | 1748<br>(-10%)    |
| Massa volúmica aos 28 dias<br>(estado endurecido) (kg/m <sup>3</sup> )         | 1758,49   | 1584,22<br>(-10%) |
| Massa volúmica aos 90 dias<br>(estado endurecido) (kg/m <sup>3</sup> )         | 1781,98   | 1584,44<br>(-11%) |
| Resistência à flexão aos 28 dias<br>(MPa)                                      | 1,26  | 0,99<br>(-21%)    |
| Resistência à flexão aos 90 dias<br>(MPa)                                      | 1,68  | 1,04<br>(-38%)    |
| Resistência à compressão<br>aos 28 dias (MPa)                                  | 4,22  | 2,52<br>(-40%)    |
| Resistência à compressão<br>aos 90 dias (MPa)                                  | 4,94  | 2,67<br>(-46%)    |
| Coefficiente de capilaridade<br>(kg/m <sup>2</sup> min <sup>0,5</sup> )        | 1,07  | 1,03<br>(-4%)     |
| Módulo de elasticidade aos 28 dias<br>(GPa)                                    | 7,97  | 5,44<br>(-32%)    |
| Módulo de elasticidade aos 90 dias<br>(GPa)                                    | 8,48  | 4,79<br>(-44%)    |
| Varição dimensional (retração) (%)   | -0,0429   | -0,0679<br>(+58%) |
| Aderência ao suporte (MPa)   | 0,51  | 0,34<br>(-33%)    |
| Permeabilidade ao vapor de água<br>(ng/(m.s.Pa))                               | 7,46  | 11,01<br>(+44%)   |
| Retração restringida e resistência à<br>tração                                 | Forte   | Forte             |
| Aderência ao suporte (após envelhe-<br>cimento) (MPa)                          | 0,66  | 0,66<br>(=)       |
| Permeabilidade à água líquida<br>(após envelhecimento) (kg/m <sup>2</sup> .√h) | 0,53  | 0,32<br>(-40%)    |

Os resultados satisfatórios obtidos nos trabalhos já realizados mostram que é possível incorporar resíduos industriais ou RCD em argamassas cimentícias de revestimento. A solução adequada para a incorporação de resíduos será aquela que permite manter condições de satisfação para uma argamassa de revestimento e, ao mesmo tempo, consegue incorporar percentagens de resíduo superiores. A redução do teor de cimento é uma importante vantagem adicional em alguns casos, que deve ser considerada sempre que se verifica aumento da resistência mecânica e melhoria da trabalhabilidade no traço mais comum.

## 5. LINHAS DE INVESTIGAÇÃO A DESENVOLVER

Os trabalhos realizados demonstram a viabilidade de reciclagem de resíduos industriais através da sua incorporação em argamassas com funções não-estruturais, em particular para revestimentos de paredes, com diversas vantagens ambientais. Verificou-se também que existem vantagens técnicas possíveis em cada caso. Como era exetável, os resíduos com funcionamento de filler e, ainda de modo mais pronunciado, com

reatividade pozolânica, melhoram as características mecânicas, possibilitando assim a utilização em locais que exijam essas características ou, em alternativa, potenciando a redução do teor de cimento.

Por outro lado, os resíduos de deformabilidade elevada, como a borracha, podem melhorar o comportamento ao choque e, eventualmente, à fissuração, sem prejuízo significativo da resistência mecânica.

Outros resíduos com interesse potencial serão os que podem funcionar como fibras, melhorando assim a resistência à fissuração, na fase plástica ou a longo prazo (conforme o respetivo módulo de elasticidade), e a resistência ao choque. Nesta área poderão situar-se alguns resíduos da indústria de celulose e da indústria têxtil.

Finalmente, outros produtos rejeitados pela indústria poderão ter outros tipos de efeitos, melhorando, por exemplo, a retenção de água ou a reologia das argamassas ou emprestando-lhes características hidrófugas.

Estas linhas poderão ser desenvolvidas, tendo como base a análise dos resíduos existentes em Portugal e, em particular, aqueles que não têm utilizações suficientes, sendo presentemente depositados em aterros.

Em todos os casos será feita uma avaliação das características técnicas e funcionais das argamassas resultantes, definidos intervalos ótimos de incorporação e estabelecidos campos preferenciais de aplicação. Serão avaliados exaustivamente os possíveis efeitos negativos, incluindo aspetos como a toxicidade, a fissurabilidade e a redução da durabilidade.

O tema das argamassas sustentáveis está ligado aos materiais de menor energia incorporada. Nesse sentido, para além da incorporação de resíduos, outros tipos de formulações devem ser testadas, usando materiais de origem nacional que exijam menores temperatura de calcinação (em relação ao cimento), menores distâncias de transporte (por exemplo agregados locais). Os trabalhos realizados com metacaulino e com outros produtos pozolânicos artificiais são exemplos já em curso desta linha de investigação.

Este é um campo em que o envolvimento da indústria é essencial, quer das indústrias produtoras de resíduos quer dos fabricantes de argamassas pré-doseadas, que poderão concretizar e produzir as formulações testadas com bons resultados. O LNEC está interessado em parcerias nesta área, que poderão potenciar vantagens para todos os intervenientes e constituir uma oportunidade na economia do país.

## 6. CONCLUSÕES

Os trabalhos de investigação realizados permitem um aprofundamento do conhecimento científico na temática da utilização de resíduos reciclados com o objetivo de promover a aplicação desta tecnologia no ramo da construção. Os estudos pretendem garantir o bom desempenho destas argamassas de forma a cativar a comunidade técnica a investir e desenvolver a tecnologia necessária para a aplicação prática destes novos materiais de revestimento, nomeadamente em argamassas pré-doseadas. É do interesse do LNEC e, em particular do NRI, continuar a desenvolver esta linha de investigação, procurando os resíduos produzidos em maior quantidade, com menos aplicações conhecidas e com capacidade de introduzir melhorias de desempenho em revestimentos, através de vários efeitos possíveis, tais como: filler, pozolânico, fibra, introdução de ar, retenção de água, plastificante, aumento de deformabilidade, hidrófugo, ou outro.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Silva, João – *Incorporação de resíduos de barro vermelho em argamassas cimentícias*. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2006.

[2] Silva, João; Brito, Jorge de; Veiga, M. Rosário – *Partial replacement of cement with fine ceramics in rendering mortars*. *Materials and Structures*, V. 41, n.º 8, Paris, 2008, pp. 1333-1344.

[3] Silva, João; Brito, Jorge; Veiga, M. Rosário – *Incorporation of fine ceramics in mortars*. *Construction and Building Materials* 23 (2009), 556-564 (accepted for publication on October 2007, Available online 27 November 2007). Published in vol. 23, 2009, pp. 556-564.

- [4] Silva, J., de Brito, J., Veiga, R. – Recycled red-clay ceramic construction and demolition waste for mortars production (2010) *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22 (3), art. no. 005003QMT, pp. 236-244.
- [5] Neno, Catarina – *Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos provenientes da trituração do betão*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, dezembro de 2010.
- [6] Braga, Mariana – *Desempenho de argamassas com agregados finos provenientes da trituração do betão*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, novembro de 2010.
- [7] Mariana Braga; Jorge de Brito; and Rosário Veiga – Incorporation of fine concrete aggregates in mortars. *Construction and Building Materials*, 2012 (*em impressão*)
- [8] Pedro, Diogo – *Desempenho de argamassas fabricadas com incorporação de materiais finos provenientes da trituração de pneus*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, setembro de 2011.
- [9] Pedro, D.; de Brito, J.; Veiga, R. – Mortars made with fine granulate from shredded tires. *ASCE's Journal of Materials in Civil Engineering*, 2012 (*em impressão*).
- [10] Fragata, A.; Paiva, H.; Velosa, A. L.; Veiga, M. R.; Ferreira, V. M. – Application of crushed glass residues in mortars. In Portugal SB07: Sustainable Construction, Materials and Practices. Challenges of the Industry for the New Millennium. Lisboa, IST, Setembro de 2007.
- [11] Fragata, A.; Veiga M. R. – Air lime mortars: the influence of calcareous aggregate and filler addition. *Materials Science Forum*, vols 636-637 (2010) p. 1280-1285, 2010 Trans Tech Publications, Switzerland. Doi10.4028/www.scientific.net/MSF.636-637.1280.
- [12] Paulo Medeiros Penacho – *Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos de vidro – RCD e RAS*. Tese de Mestrado pelo IST (*em elaboração*)
- [13] Renata Borges Oliveira – *Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos de vidro – Efeito filler e pozolânico*. Tese de Mestrado pelo IST (*em elaboração*)
- [14] Gonçalves, Paulo (2007) – *Betão com agregados reciclados. Análise comentada da legislação existente*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, novembro 2007.