

# APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM CAMADAS GRANULARES DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS VALIDADA EM TRECHO PILOTO

Ana Cristina Freire<sup>1</sup>, José Neves<sup>2</sup>, António José Roque<sup>3</sup>, Isabel Milagre Martins<sup>4</sup>, Maria de Lurdes Antunes<sup>5</sup> e Gonçalo Faria<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Departamento de Transportes, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

email: [acfreire@lneec.pt](mailto:acfreire@lneec.pt)      <http://www.lneec.pt>

<sup>2</sup> Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Avenida Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

email: [jose.manuel.neves@ist.utl.pt](mailto:jose.manuel.neves@ist.utl.pt)      <http://www.ist.utl.pt>

<sup>3</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Geotecnia, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

email: [aroque@lneec.pt](mailto:aroque@lneec.pt)      <http://www.lneec.pt>

<sup>4</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Materiais, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

email: [imartins@lneec.pt](mailto:imartins@lneec.pt)      <http://www.lneec.pt>

<sup>5</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

email: [mlantunes@lneec.pt](mailto:mlantunes@lneec.pt)      <http://www.lneec.pt>

<sup>6</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Transportes, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

email: [gfarria@lneec.pt](mailto:gfarria@lneec.pt)      <http://www.lneec.pt>

---

## Sumário

*O LNEC e o IST estão a desenvolver um projeto de investigação, apoiado pela FCT, que pretende contribuir para a generalização da aplicação sustentável de RCD em pavimentos rodoviários através da melhoria do conhecimento relativo ao desempenho do comportamento mecânico e ambiental destes materiais, quando aplicados em camadas não ligadas.*

*No artigo apresenta-se a descrição do projeto, os resultados da caracterização laboratorial dos materiais em estudo, a metodologia adotada na construção e instrumentação do trecho piloto, e os primeiros resultados de ensaios realizados in situ com o defletómetro de impacto (FWD) para a avaliação comparativa do comportamento mecânico dos materiais aplicados.*

---

**Palavras-chave:** RCD; Pavimentos rodoviários, Camadas não ligadas, Instrumentação; Trecho piloto.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma fonte geradora de grandes quantidades de resíduos, estimando-se uma produção anual global na União Europeia de 850 milhões de toneladas, resultante de diversos processos, desde a limpeza do local de obras e movimentação de terras, até às operações de conservação e reabilitação de construções existentes.

A reutilização e a reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), nas mais variadas aplicações em obras de engenharia civil, constituem as soluções mais adequadas na gestão técnica, económica e ambientalmente eficiente destes recursos. As camadas não ligadas de pavimentos rodoviários são indiscutivelmente um bom exemplo de aplicação, por permitirem a incorporação de elevadas quantidades daqueles materiais, contribuindo assim para uma construção e reabilitação de pavimentos rodoviários mais sustentável.

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e o Instituto Superior Técnico (IST) estão a desenvolver um projeto de investigação, apoiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), a concretizar ao longo de 3 anos, intitulado SUPREMA – *Aplicação Sustentável de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Infra-estruturas Rodoviárias*, que pretende contribuir para a generalização da aplicação sustentável de RCD em pavimentos rodoviários, através da melhoria do conhecimento relativo ao desempenho do comportamento mecânico e ambiental destes materiais, quando colocados como agregados em camadas não ligadas de pavimentos. As linhas de investigação do projeto SUPREMA são as seguintes:

- (i) avaliação das características geomecânicas e geoambientais de diferentes tipos de RCD, função da origem, metodologia de triagem e composição final,
- (ii) comportamento de RCD enquanto materiais granulares não ligados e sua comparação com os materiais naturais,
- (iii) determinação dos parâmetros a utilizar no dimensionamento de pavimentos, considerando a aplicação de RCD,
- (iv) estudo dos aspetos construtivos a desenvolver e aplicar, função do tipo de RCD, para a utilização destes materiais em camadas não ligadas de base, de sub-base e de leito de pavimento.

O principal resultado esperado com o desenvolvimento deste projeto é a elaboração de recomendações práticas para projeto e construção de pavimentos rodoviários com a utilização de RCD, que incluirá um guia para a aplicação de misturas betuminosas fresadas como materiais granulares não ligados em camadas de sub-base e de leito de pavimento. A elaboração deste guia permitirá complementar os quatro guias de utilização de RCD já existentes, apresentados nas especificações LNEC E 471 a E 474 [1 a 4].

Para além da apresentação das linhas gerais de investigação do projeto, também se descrevem neste trabalho alguns resultados relacionados com as características dos materiais estudados, suportadas em ensaios de laboratório e, posteriormente, aplicados no trecho piloto construído numa obra da região de Lisboa, contemplando a aplicação de diferentes RCD nas camadas não ligadas, devidamente instrumentadas e cujo comportamento se pretende observar ao longo do tempo.

Os materiais aplicados nas quatro secções do trecho piloto foram selecionados a partir de diferentes materiais, referindo-se RCD britado (mistura de betão e de cerâmica), RCD de mistura betuminosa (britada e fresada) e agregado calcário, como material de referência. As quatro secções foram instrumentadas com extensómetros e células de carga, colocados ao nível das camadas granulares não ligadas, incluindo a fundação, e das camadas betuminosas.

O artigo apresenta ainda os resultados de uma campanha de ensaios de carga realizados *in situ* com o Deflectómetro de Impacto (FWD), que permitiu a avaliação comparativa do comportamento mecânico dos diferentes materiais aplicados no trecho piloto. São apresentadas as principais conclusões e recomendações decorrentes dos trabalhos já realizados.

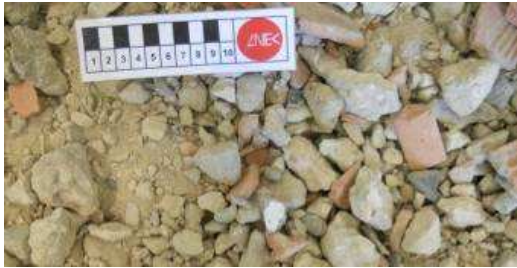
## **2 ESTUDO EXPERIMENTAL**

### **2.1 Materiais e ensaios de laboratório**

Os materiais selecionados para o projeto SUPREMA e aplicados no trecho piloto são os que se apresentam na Figura 1:

- (i) agregado reciclado constituído por resíduos mistos provenientes da britagem de alvenaria e betão (Figura 1a);
- (ii) agregado reciclado constituído por resíduos asfálticos
  - a. provenientes da britagem de misturas betuminosas (Figura 1b);

- b. provenientes da fresagem de misturas betuminosas, posteriormente misturados com ABGE calcário (Figura 1c);
- (iii) agregado natural britado de granulometria extensa (ABGE), de natureza calcária (Figura 1d).



(a) Betão britado misto



(b) Mistura betuminosa britada



(c) Mistura de 70% de ABGE calcário com 30% de mistura betuminosa fresada

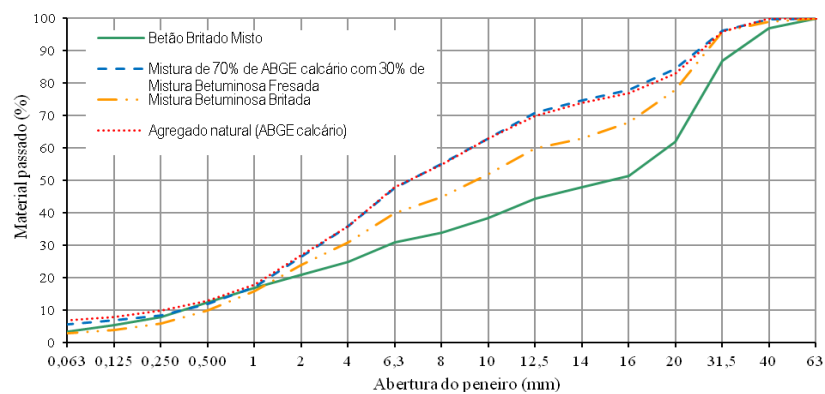


(d) ABGE calcário

**Fig.1. Materiais estudados**

Todos estes materiais foram submetidos a ensaios laboratoriais de identificação e caracterização geométrica, física, mecânica, química e ambiental das suas principais propriedades [5], segundo as normas aplicáveis a misturas não ligadas e tendo em consideração as especificações portuguesas LNEC para a utilização de agregados reciclados: LNEC E 473 [3], relativa à aplicação em camadas granulares não ligadas de pavimentos, e LNEC E 474, para aplicações em aterro e camada de leito do pavimento [4].

Na Figura 2 apresentam-se as curvas granulométricas dos materiais estudados [6]. Anote-se que, no caso das misturas betuminosas fresadas, dada a dimensão máxima do agregado, houve a necessidade de efetuar a mistura com agregado calcário de modo a que a composição granulométrica final se enquadrasse no fuso granulométrico preconizado pela Estradas de Portugal, para camadas de base granular [7]: mistura de 70% de ABGE calcário com 30% de mistura betuminosa fresada (Figura 1c).



**Fig.2. Curvas granulométricas dos materiais estudados**

Os constituintes dos agregados grossos presentes em cada RCD foram identificados e classificados de acordo com a metodologia da norma EN 933-11 [8], através da separação manual dos diferentes componentes, com exceção feita às partículas flutuantes (Quadro 1).

A compactação dos materiais foi estudada com base em ensaios de compactação tipo Proctor modificado (EN 13286-2) [9].

Quadro 1. Classificação dos constituintes das amostras de RCD

Materiais	Constituintes						
	FL [cm <sup>3</sup> /kg]	R <sub>c</sub> [%]	R <sub>u</sub> [%]	R <sub>a</sub> [%]	R <sub>b</sub> [%]	R <sub>g</sub> [%]	X [%]
Betão Britado Misto	0,6	68	17	1,9	13	0,3	0,1
Mistura Betuminosa Britada	0,0	19	10	69	1,89	0,0	0,0
Mistura Betuminosa Fresada	0,0	0,1	17	83	0,0	0,0	0,0

**LEGENDA:**

R<sub>a</sub> – Material betuminoso;

R<sub>b</sub> – Elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolo, ladrilhos, telhas, etc.), elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante;

R<sub>c</sub> – Betão, produtos de betão e argamassas;

FL – Material flutuante em volume;

R<sub>u</sub> – Agregados não ligados, pedra natural, agregados tratados com ligantes hidráulicos;

R<sub>g</sub> – Vidro;

X – Outros materiais não granulares (por ex. solos argilosos), plástico, borracha, metais (ferrosos e não ferrosos), matérias não flutuantes e estuque.

Dado que, para a aplicação de RCD em infraestruturas rodoviárias não é suficiente exigir apenas um desempenho mecânico adequado, tendo em vista o desempenho ambiental no que respeita a uma possível contaminação das águas superficiais e subterrâneas, foi tida em consideração a avaliação da libertação de substâncias perigosas em ensaios de lixiviação, através de um conjunto de ensaios laboratoriais.

Segundo as especificações LNEC E 473 [3] e LNEC E 474 [4], a libertação das substâncias perigosas é avaliada através da norma EN 12457-4 [10] sendo que os constituintes dos eluatos devem obedecer aos limites de lixiviação relativos à admissibilidade de resíduos em aterros para resíduos inertes, previstos na Decisão do Concelho 2003/33/CE [11] (transposta para a legislação nacional pelo DL 183/2009, de 10 de Agosto [12]). Os mesmos critérios são também adotados noutros países europeus [13]. Já no âmbito da norma NP EN 13242+A1 [14], os ensaios de lixiviação são realizados de acordo com a norma NP EN 1744-3 [15]. Para este ensaio não há critérios definidos para avaliar os resultados de lixiviação, sendo a comparação direta com resultados obtidos em agregados naturais uma abordagem possível.

Para além dos ensaios de lixiviação de acordo com as normas EN 12457-4 [10] e NP EN 1744-3 [15], cujos resultados são considerados conservativos por alguns autores [16], entendeu-se necessário proceder à comparação com resultados obtidos noutros ensaios de lixiviação - ensaios em coluna (laboratório) [17] e ensaios em lisímetro (“*in situ*”). Pretende-se que os resultados globais do projeto em curso, no que diz respeito a esta questão, constituam uma contribuição importante para avaliar a atual classificação do risco ambiental de alguns fluxos de RCD.

## 2.2 Construção e instrumentação do trecho piloto

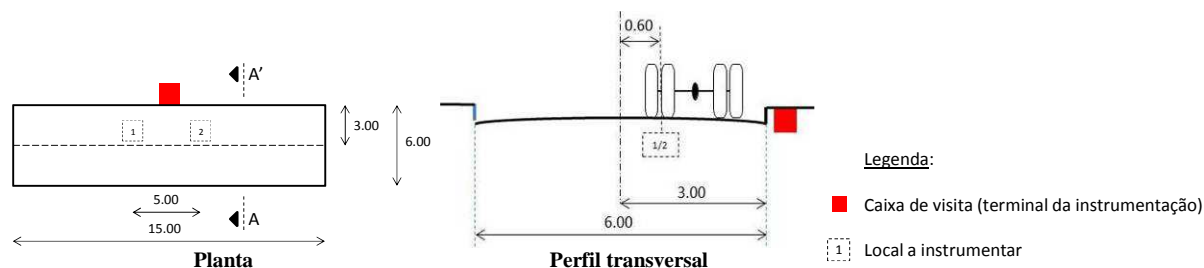
Tendo como objetivo a construção de um trecho piloto constituído por quatro secções, correspondentes à aplicação nas camadas não ligadas dos três tipos de RCD e do material de referência, foram desenvolvidas as seguintes ações:

- (i) definição da localização e da geometria de implantação do trecho piloto;
- (ii) dimensionamento do pavimento do trecho piloto;
- (iii) realização de ensaios de carga com FWD para caracterização do aterro existente e que constituiu a fundação da estrutura do pavimento das secções instrumentadas;
- (iv) construção e instrumentação das secções experimentais.

O local selecionado para a construção do trecho piloto insere-se num parque industrial em construção destinado a atividades de reciclagem de materiais com diferentes origens (máquinas elétricas e eletrônicas, madeira, construção e demolição), localizado na zona sul da área metropolitana de Lisboa, Seixal.

A zona selecionada está localizada a norte do parque industrial, e corresponde à ocupação dos arruamentos junto à zona da entrada, segundo uma extensão de cerca de 90 metros e uma largura de 6 metros em perfil transversal da faixa de rodagem.

A Figura 3 apresenta a geometria da implantação de cada uma das secções do trecho piloto em planta e em perfil transversal.



**Fig. 3. Geometria de implantação das secções do trecho piloto**

O pavimento do trecho piloto é constituído por camada de base em materiais granulares (MG) com 0,30 m de espessura, construída com os RCD e o material de referência, e por camada de mistura betuminosa (MB) constituída por macadame betuminoso do tipo AC 20 Reg 50/70 (MBD), com espessura média de 0,07 m, sendo que a seleção deste material para aplicação na camada betuminosa foi da responsabilidade do dono de obra. Os métodos construtivos adotados foram similares em todo o trecho piloto.

A Figura 4 mostra os equipamentos utilizados nas operações de espalhamento dos materiais granulares, Figura 4(a), rega da camada granular, Figura 4(b) e compactação dos materiais granulares e betuminosos, Figuras 4(c) e (d), respetivamente.



**Fig. 4. Diferentes fases da construção do trecho piloto**

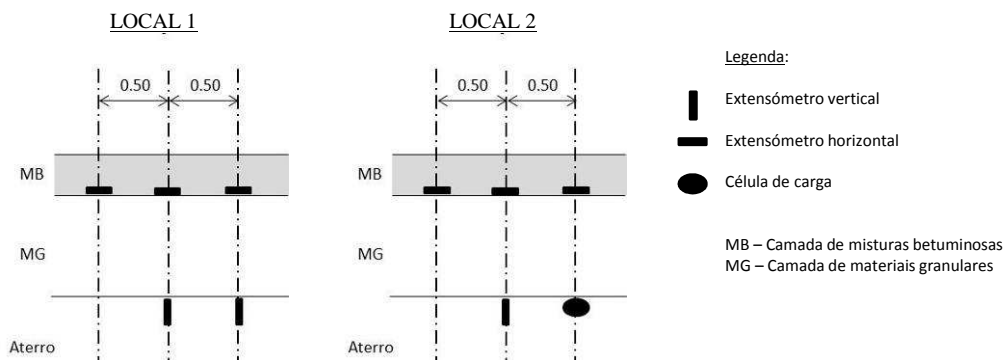
Os materiais aplicados em cada uma das secções do trecho piloto são os a seguir identificados, sendo que foram aplicados em duas subcamadas com cerca de 0,15 m cada.

- (i) Secção 1: mistura betuminosa britada.
- (ii) Secção 2: betão britado misto.
- (iii) Secção 3: ABGE calcário.
- (iv) Secção 4: mistura de 70% de ABGE calcário com 30% de mistura betuminosa fresada.

Durante a construção da camada de base granular procedeu-se ao controle dos valores do grau de compactação e do teor em água através da realização de ensaios *in situ*. Para além da fundação, foram também realizados ensaios de carga com FWD durante a construção das camadas não ligadas.

Em cada secção do trecho piloto foram seleccionados dois locais a instrumentar (Figura 3), onde se colocaram os seguintes equipamentos: i) extensómetros horizontais, na base da camada betuminosa; ii) extensómetros verticais, no topo do aterro de fundação do pavimento; iii) células de carga, no topo do aterro de fundação do pavimento.

A Figura 5 apresenta, esquematicamente, a localização destes equipamentos na estrutura do pavimento e respetiva fundação em aterro, consoante o local.



**Fig. 5. Instrumentação das secções experimentais**

A instrumentação foi realizada durante a construção das camadas, tendo obrigado a cuidados específicos de instalação e de movimentação de pessoas e máquinas. Anote-se que o posicionamento final de toda a instrumentação foi georreferenciado. No passeio, ao lado de cada uma das secções do trecho piloto, zona central, foram construídas quatro caixas de visita para localização dos terminais dos cabos de ligação aos sistemas de aquisição de dados de cada uma das secções em apreço.

Na Figura 6 apresenta-se, a título exemplificativo, alguma da instrumentação aplicada no trecho piloto, no topo da fundação (Figuras 6(a) e (b)) e na base da camada betuminosa (Figura 6(c)). Apresenta-se ainda a colocação do termómetro para avaliação da temperatura no interior da camada betuminosa (Figura 6(d)).



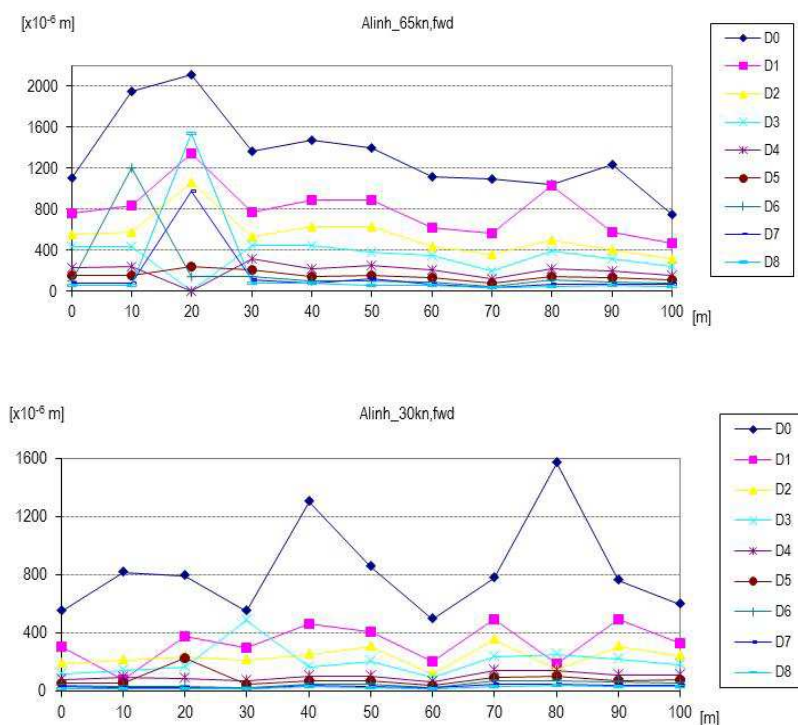
**Fig. 6. Instrumentação das secções experimentais, no topo do aterro de fundação e na base da camada betuminosa**

### 2.3 Avaliação da deformabilidade da fundação do trecho piloto

No aterro de fundação, executado com RCD, foram realizados ensaios de carga com FWD, tendo como objetivo principal a avaliação do seu comportamento mecânico à deformação antes de se proceder à construção do trecho piloto.

Os ensaios foram realizados segundo alinhamentos de aproximadamente 100 m de extensão, com afastamento de 5 m, entre pontos de ensaio. Nos ensaios foi utilizada uma placa circular de 45 cm de diâmetro e foram medidas as deflexões com 9 geofones colocados às seguintes distâncias do centro da placa (cm): 0 (D0), 30 (D1), 45 (D2), 60 (D3), 90 (D4), 120 (D5), 150 (D6), 180 (D7) e 210 (D8). Os ensaios foram realizados para duas forças de pico, 30 kN e 65 kN, tendo como objetivo avaliar a resposta dos materiais aplicados na fundação para diferentes níveis de carga. Em cada ensaio, foram aplicadas três repetições da força de impacto, tendo sido registado o último valor. Visto que a força aplicada em cada ponto de ensaio não corresponde exatamente à força pretendida, foi efetuada uma normalização dos valores das deflexões para as forças padrão de 65 kN e 30 kN.

Na Figura 7 são apresentados os resultados das deflexões normalizadas para cada ponto de ensaio. Observa-se que para níveis de carga mais elevados se obtiveram, em média, valores das deflexões também mais elevados, apesar de se ter observado alguma heterogeneidade das medições ao longo dos alinhamentos ensaiados.



**Fig. 7. Deflexões medidas nos ensaios com FWD realizados na fundação do trecho piloto**

Para cada força padrão, foi determinado o percentil 85 (P85) das deflexões, dando origem ao defletograma característico correspondente a uma probabilidade das deflexões serem excedidas inferior a 15%.

Os defletogramas característicos foram utilizados para, com base na análise estrutural das condições de ensaio, se obter o módulo de deformabilidade da camada de topo do aterro de fundação em RCD. Considerou-se que a espessura desta camada tem em média 80 cm. Subjacente, considera-se que existe um meio estratificado constituído pelo restante aterro, com 1,5 m de espessura, e o terreno natural, com rigidez cerca de 5 vezes superior à do aterro. Nos cálculos utilizou-se o programa ELSYM5. Para a força padrão de 65 kN, obteve-se um módulo de deformabilidade da camada de RCD de 120 MPa. Para o caso da força padrão de 30 kN, foi obtido para esta camada um módulo de deformabilidade de 75 MPa. Estes resultados evidenciam um comportamento não linear dos materiais em função do estado de tensão aplicado. Para efeitos de dimensionamento do pavimento, adotou-se o valor de cálculo de 100 MPa. Pode-se concluir que, apesar de alguma variabilidade nos

resultados obtidos, em especial nos valores das deflexões mais centrais, a fundação do trecho piloto apresenta uma razoável capacidade de carga.

## 2.4 Análise do desempenho das camadas não ligadas do trecho piloto

Durante a construção do trecho piloto foram realizados ensaios de carga com o FWD, sobre a camada de materiais granulares e sobre a camada final de mistura betuminosa, após a conclusão da construção.

Os resultados dos ensaios com o FWD realizados sobre a camada de materiais granulares foram analisados, sendo apresentadas na Figura 8 as deflexões correspondentes às medições D0 e D120, agrupadas por secção. Da análise da Figura 8, pode-se concluir, com base nas deflexões D0, que existem diferenças na capacidade de carga das várias secções constituintes do trecho piloto. Nas secções 1 e 2, a valores mais elevados de D0 corresponde uma maior deformabilidade.

Mesmo tendo em conta o número limitado de ensaios realizados e a dispersão dos resultados obtidos foi efetuada uma análise estatística com a obtenção do valor médio e do P85 das deflexões medidas. Na Figura 9 são apresentados estes valores e ainda os respetivos valores máximo e mínimo de D0 obtidos em cada uma das secções, para os diferentes tipos de materiais aplicados no trecho piloto. Da análise dos resultados apresentados é possível concluir que as secções 3 e 4 apresentam a melhor capacidade de carga, em especial a secção 3 correspondente à aplicação do material de referência.

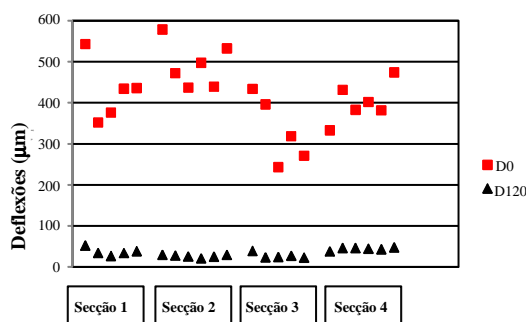


Fig. 8. Deflexões – D0 e D120 – medidas na camada de base de materiais granulares

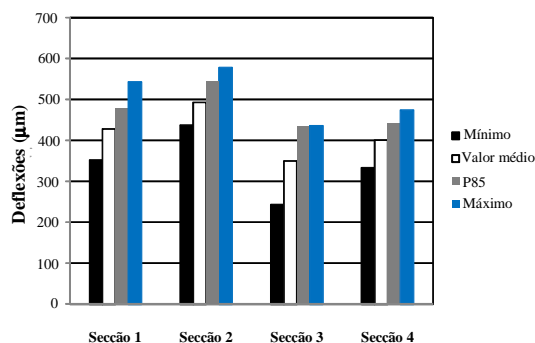


Fig. 9. Análise estatística dos valores da deflexão D0, medidos na camada de base de materiais granulares

## 3 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Neste artigo foram apresentadas as principais linhas de investigação do projeto SUPREMA - *Aplicação Sustentável de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Infra-estruturas Rodoviárias* - que pretende contribuir para a generalização da aplicação sustentável de RCD em pavimentos rodoviários, através da melhoria do conhecimento relativo ao desempenho do comportamento mecânico e ambiental destes materiais, quando colocados como agregados em camadas não ligadas de pavimentos.



Foram também apresentados alguns resultados dos estudos já concretizados, nomeadamente, a caracterização dos materiais selecionados, suportadas em ensaios de laboratório e, posteriormente, aplicados no trecho piloto construído numa obra realizada no Seixal, na região de Lisboa, contemplando a aplicação de diferentes RCD na camada não ligada. O trecho piloto foi instrumentado de forma a observar o seu comportamento ao longo do tempo, tendo-se ainda descrito a metodologia de construção e de instrumentação.

Os materiais aplicados nas quatro secções do trecho piloto foram selecionados a partir de diferentes materiais, referindo-se RCD britado (misturas de betão e de cerâmica), RCD de mistura betuminosa (britada e fresada) e agregado calcário, como material de referência.

O artigo apresenta ainda os resultados de um conjunto de ensaios de carga realizados *in situ* com o FWD, sobre o aterro de fundação e sobre a camada de base de materiais granulares, para avaliação comparativa do comportamento mecânico à deformação dos diferentes materiais aplicados nas quatro secções do trecho piloto, tendo sido possível identificar numa primeira aproximação os diferentes tipos de comportamento.

Os primeiros resultados experimentais agora apresentados permitem concluir que, em geral, todos os materiais reciclados aplicados no trecho piloto apresentam um desempenho aceitável, mesmo nos casos em que foi observada uma maior deformabilidade, sendo que estes resultados serão confirmados através da realização de outras campanhas de ensaios de carga com FWD a realizar em diferentes épocas do ano, correspondentes a diferentes condições de temperatura e de humidade. A retroanálise das deflexões obtidas, em conjugação com os resultados medidos pela instrumentação aplicada, permitirão validar as conclusões já obtidas no que diz respeito ao comportamento dos diferentes materiais granulares aplicados na camada de base não ligada do trecho piloto.

#### **4 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), do Ministério da Economia e do Emprego, o apoio financeiro concedido ao projeto PTDC/ECM/100931/2008 – SUPREMA – *Aplicação Sustentável de Construção e Demolição Materiais Reciclados (RCD) em Infra-Estruturas Rodoviárias*.

Também são devidos agradecimentos à empresa Ambigroup, SGPS, SA, pelo fornecimento dos materiais estudados e pela disponibilização do local e dos meios necessários à construção do trecho piloto.

#### **5 BIBLIOGRAFIA**

1. LNEC E 471 (2009). *Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
2. LNEC E 472 (2009). *Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
3. LNEC E 473 (2009). *Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
4. LNEC E 474 (2009). *Guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
5. Freire, A.C., Neves, J., Roque, A. J., Martins, I. Antunes, M. L. e Faria, G. – *Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Pavimentos Rodoviários*, XIII Congresso Nacional de Geotecnia, LNEC, Lisboa, 2012.
6. EN 933-1:1997/A 1:2005 (1997+A1:2005). *Tests for geometrical properties of aggregates. Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method*. (Ed. 1). CEN, Bruxelas.
7. EP (2009). *Caderno de Encargos Tipo Obra 14.03 – Pavimentação*. Estradas de Portugal S.A., Fevereiro. Estradas de Portugal, Almada.
8. EN 933-11 (2009). *Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate*. (Ed. 1). CEN, Bruxelas.

9. EN 13286-2 (2010). *Unbound and hydraulically bound mixtures – Part 2: Test methods for the determination of the laboratory reference density and water content – Proctor compaction*. (Ed. 2). CEN, Bruxelas.
10. EN 12457-4 (2002). *Characterization of waste. Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges – Part 4: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10l/kg for materials with particle sizes below 10 mm (without or with size reduction)*. (Ed. 1). CEN, Bruxelas.
11. Council Decision 2003/33/EC (2003) – *Council Decision of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC*. Official Journal of European Union L11/27 of 16 January 2003.
12. DL 183/2009 (2009). *Deposição de resíduos em aterros. Transposição para a ordem jurídica nacional da Directiva n.º 1999/31/CE*, do Conselho, de 26 de Abril
13. Böhmer, S., Moser, G., Neubauer, C., Peltoniemi, M., Schachermayer, E., Tesar, M., Walter, B. e Winter, B. (2008). *Aggregates case study, Final report*, Umweltbundesamt. Disponível em <http://www.umweltbundesamt.at>. Acedido em 01/08/2011.
14. NP EN 13242:2002/A1:2010 (2002+A1:2010). *Agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil na construção rodoviária*. (Ed. 2). Instituto Português da Qualidade, Almada.
15. NP EN 1744-3 (2005). *Ensaio das propriedades químicas dos agregados. Parte 3: Preparação de eluatos por lixiviação dos agregados*. (Ed. 1). Instituto Português da Qualidade, Almada.
16. ALT-MAT, Alternative materials in road construction. Project Funded by European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme, 1998/1999.
17. CEN/TS 14405 (2004). *Characterization of waste - Leaching behaviour tests – Up-flow percolation test (under specified conditions)*. European Committee for Standardization.