

jornadas

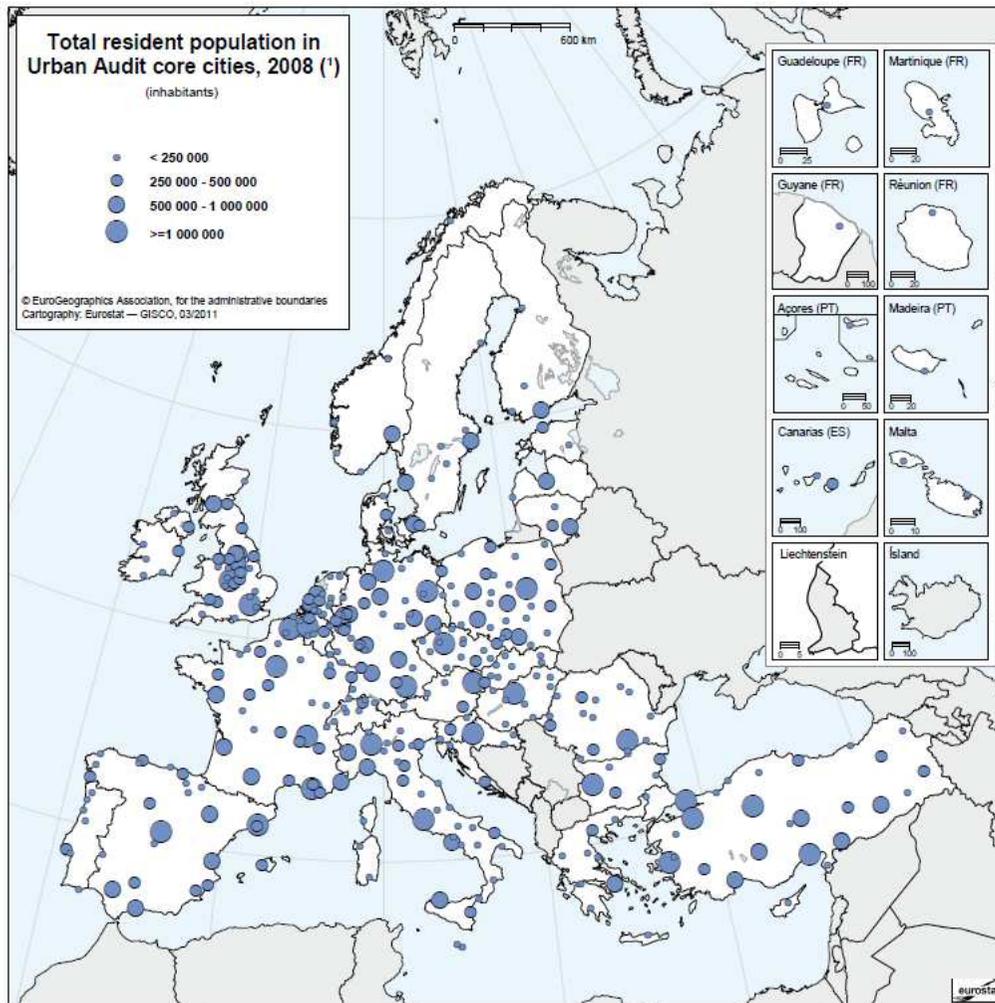
LNEC

engenharia para a sociedade
investigação e inovação
cidades e desenvolvimento
LNEC • Lisboa • 18-20 junho 2012

PROCESSAMENTO E APLICAÇÃO DE RCD EM BETÃO

Isabel M. Martins
Arlindo F. Gonçalves

Enquadramento



(*) Ireland and France, 2006; Bulgaria, Denmark, Greece and Turkey, 2004; Croatia, 2001.

Zonas urbanas:

2008 – 68% população

2020 – 80% população

Consumo intensivo de recursos



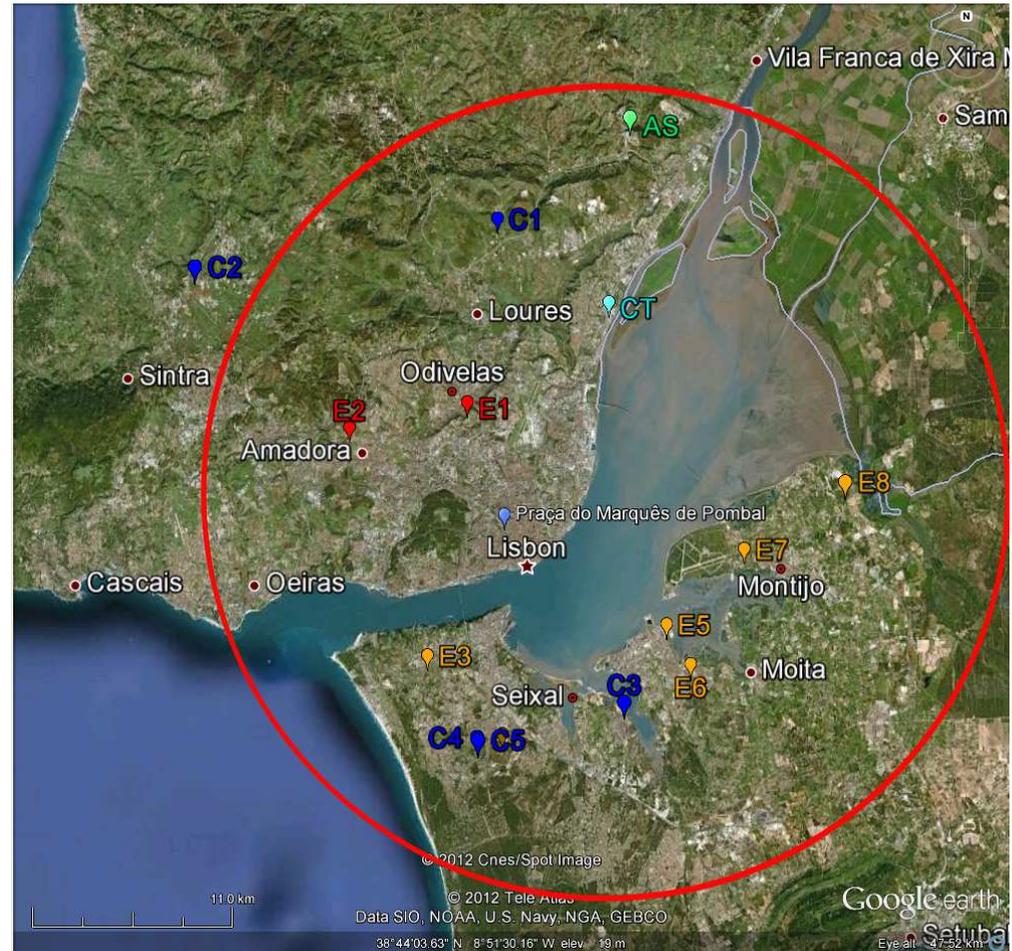
Aumento de resíduos

EU 27 60–84%
(de 2003 e 2035)

Enquadramento

Os impactes ambientais das cidades estendem-se para fora dos seus limites físicos.

No município de Lisboa os RCD produzidos e devidamente encaminhados (centrais de reciclagem, ecocentros, aterros) têm como principal destino a península de Setúbal, onde se concentra a maior parte da infraestrutura de gestão da Área Metropolitana de Lisboa



(Braz de Melo, A., Gonçalves, A., Martins, I.M., 2011)

Reciclagem de RCD

- Reciclagem desempenha um papel fundamental por permitir satisfazer parcialmente a procura de recursos.
- Resíduos de construção e demolição não perigosos - Diretiva 2008/98/CE define uma meta de reciclagem de 70%, excluindo solos (cód. 17 05 04), em 2020.
- RCD (2010) – 5 milhões toneladas (capítulo 17)
 - ⇒ 73% são classificados no subcapítulo 17 01 – betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos

14%

operações de valorização



Reciclagem de RCD

A principal utilização da fração mineral valorizada é como agregados reciclados.



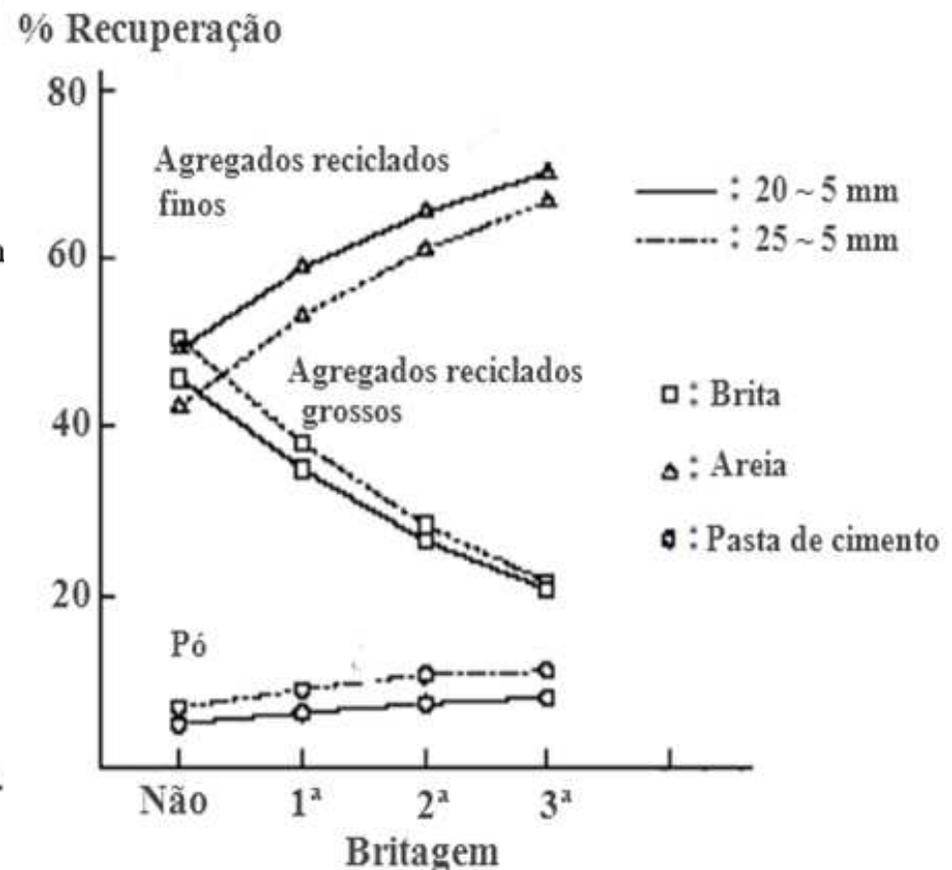
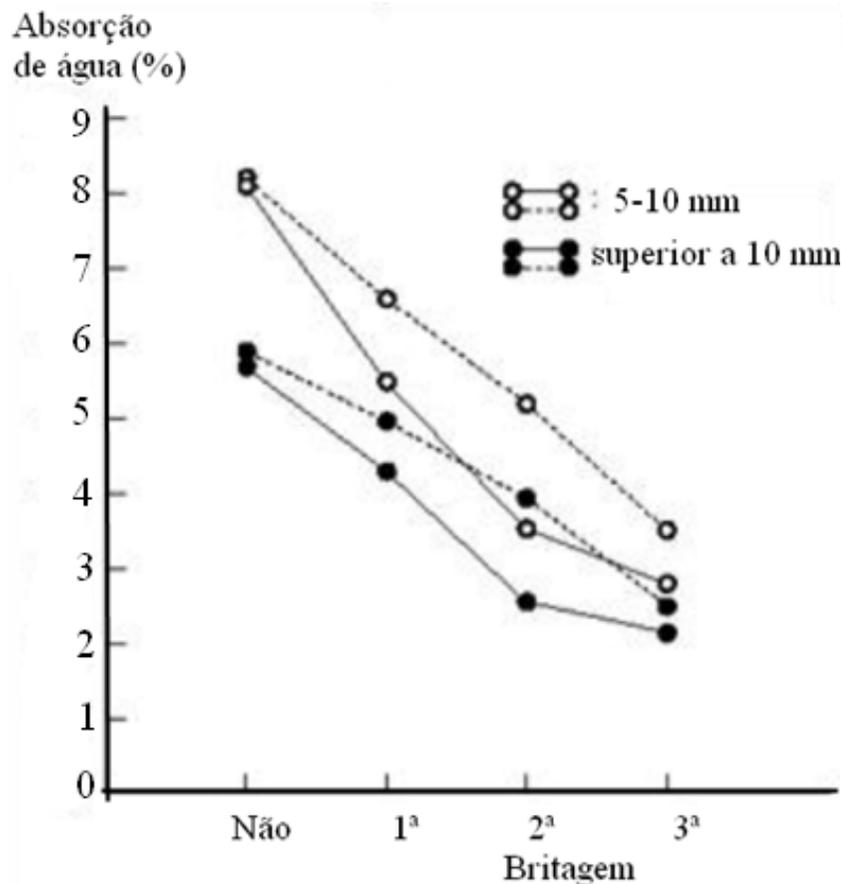
↳ **7% agregados reciclados**

Os requisitos para agregados reciclados dependem da aplicação.

⇒ LNEC E471 Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos.

Processamento de RCD

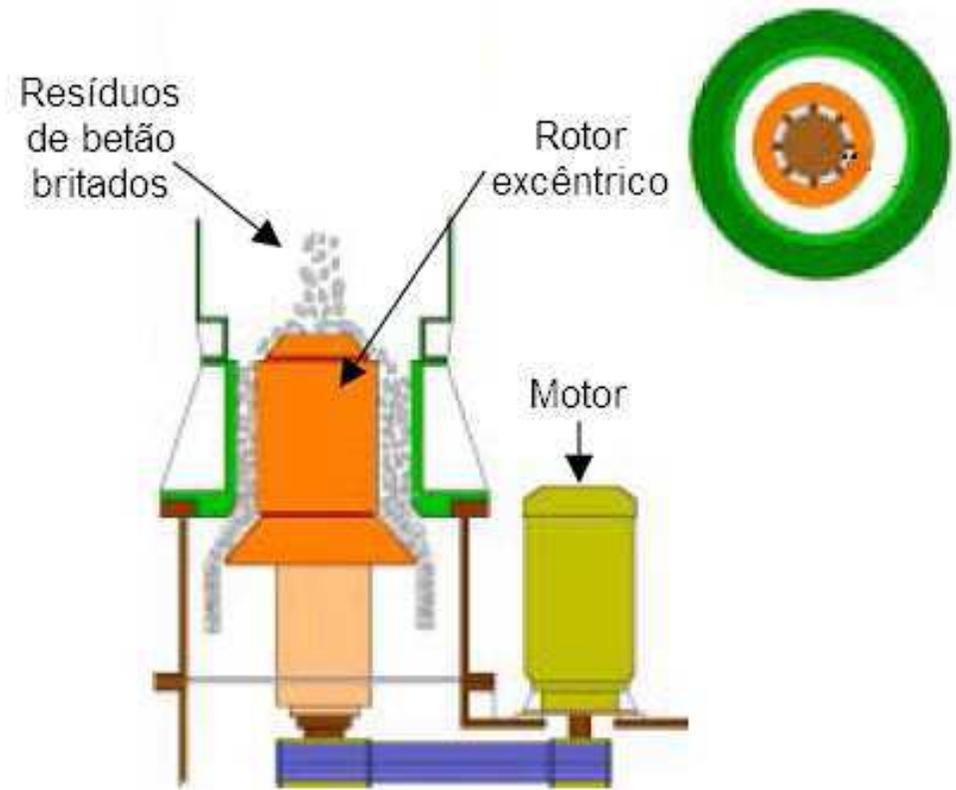
A qualidade dos agregados reciclados depende da homogeneidade dos RCD, do teor da pasta de cimento e da tecnologia de processamento.



Processamento de RCD



(Takenaka, 2007)

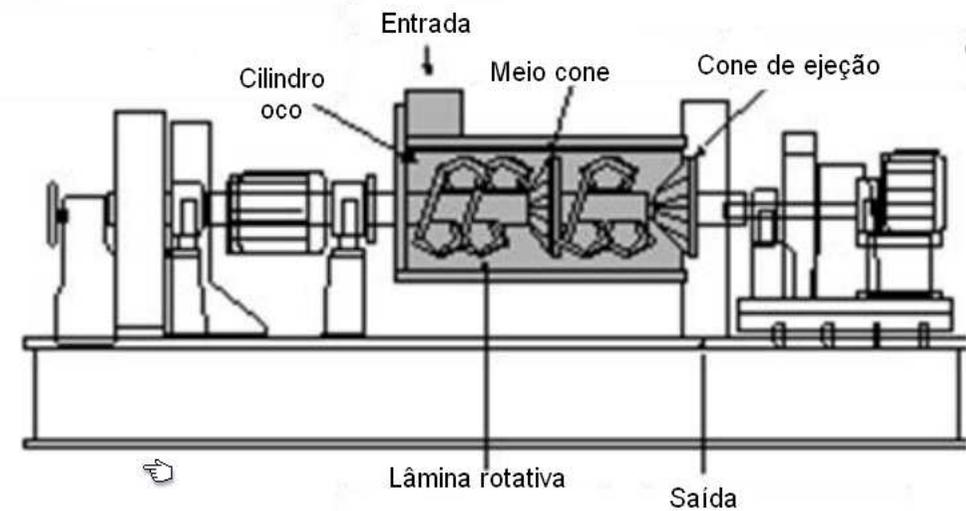


Remoção da pasta de cimento por abrasão mecânica usando um rotor excêntrico.

Processamento de RCD

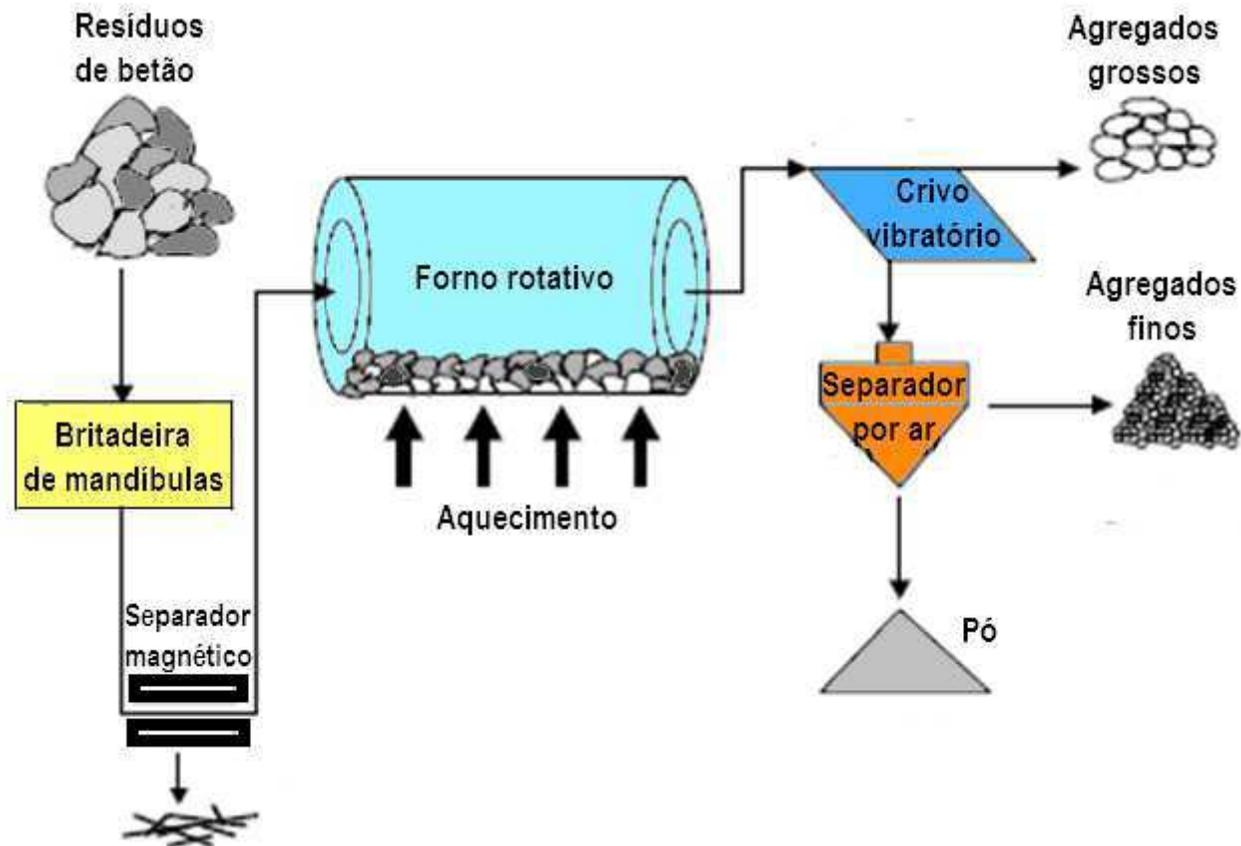


(Sakai, 2007)



Outra tecnologia de processamento baseada na abrasão (screw type)

Processamento de RCD



Fragilização da pasta de cimento por aquecimento combinada com ação mecânica reduzem a pasta de cimento aderente aos agregados reciclados.

Processamento de RCD

Numa perspetiva proactiva a modificação da superfície dos agregados para reduzir a ligação agregado matriz cimentícia e facilitar a recuperação do agregado original:

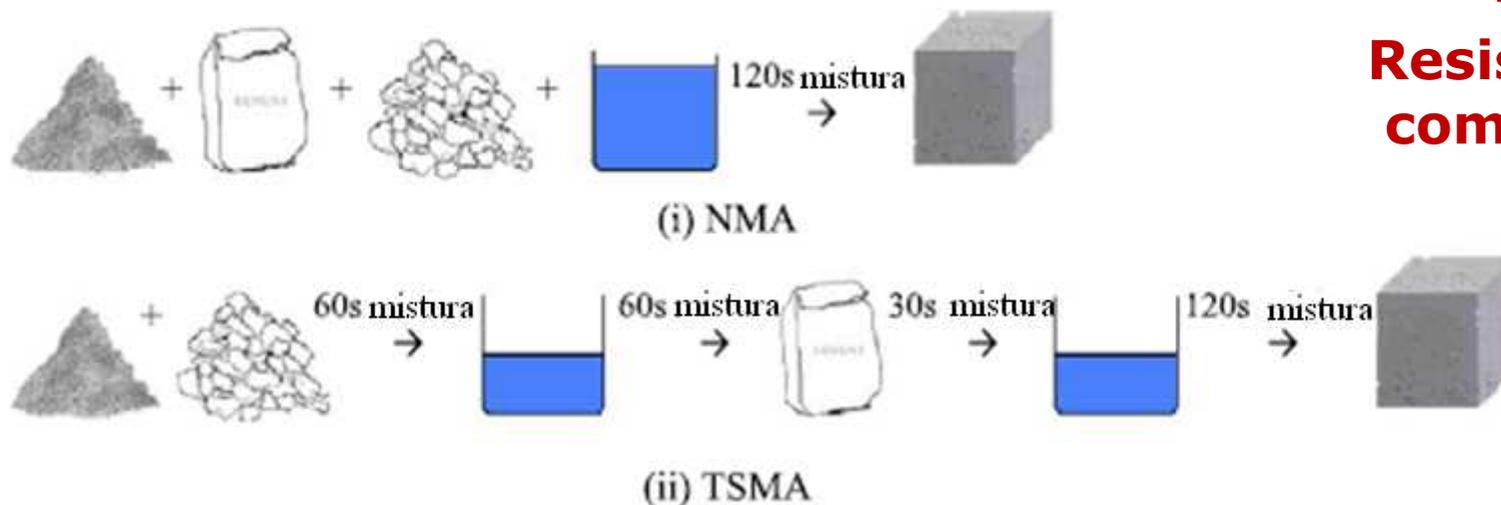
- Óleo
 - Silano
- Diminui absorção de água;
Resistência à compressão é muito diminuída com o silano;
Silano é efetivo na recuperação do agregado;
Deformação em fluência é semelhante com ou sem óleo;

Métodos de mistura

É também possível melhorar as propriedades do betão produzido com agregados reciclados atuando ao nível do processo de mistura:

> Mistura em duas etapas:

- Metade da água é adicionada aos agregados reciclados originando uma camada pastosa na sua superfície e que ao penetrar nas fissuras e poros dos agregados reciclados resulta numa interface pasta-agregado reforçada.



21%
**Resistência à
compressão**

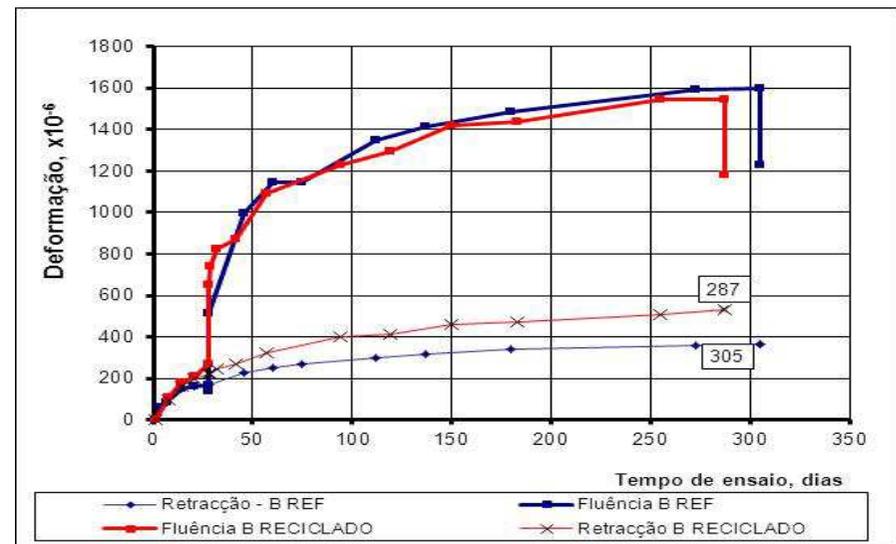
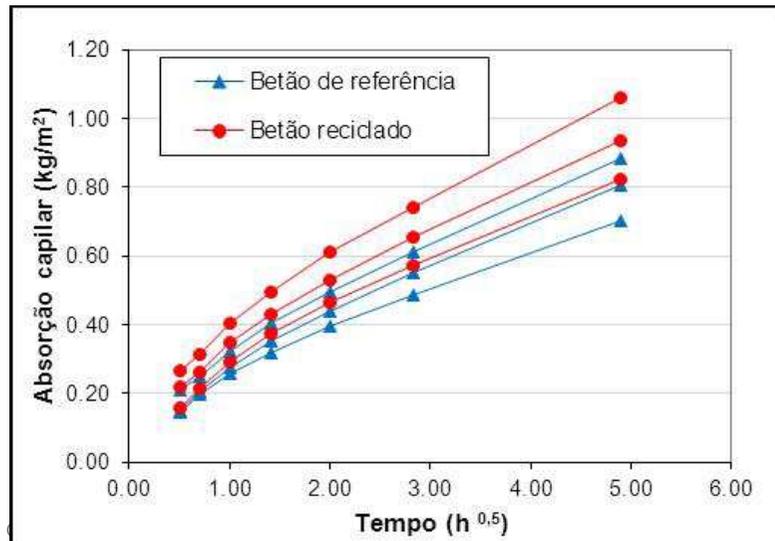
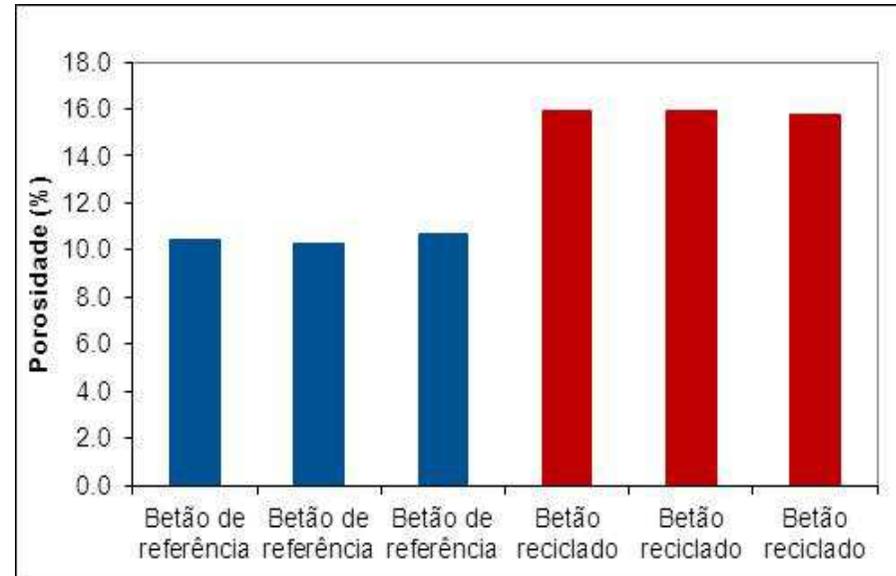
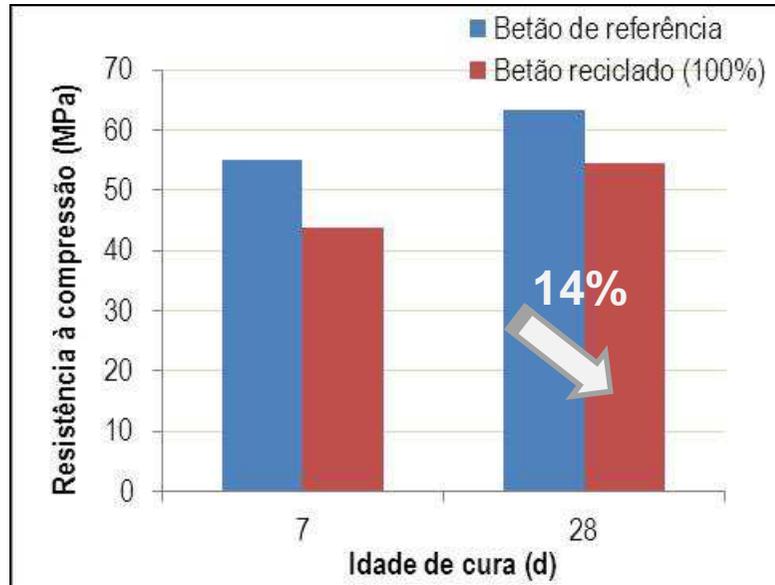
Métodos de mistura

> **Volume de argamassa equivalente:**

- Partindo do volume de argamassa necessário para produzir um betão de referência, com uma determinada resistência à compressão, prepara-se o betão com agregados reciclados mantendo o volume de argamassa – neste caso é a soma do volume de argamassa residual que acompanha os agregados reciclados com o volume de argamassa fresca.

Aumenta: Densidade no estado fresco e endurecido
Resistência à compressão (6 a 13%)
Módulo de elasticidade (11 a 14%)

Agregados reciclados de betão



Agregados reciclados cerâmicos



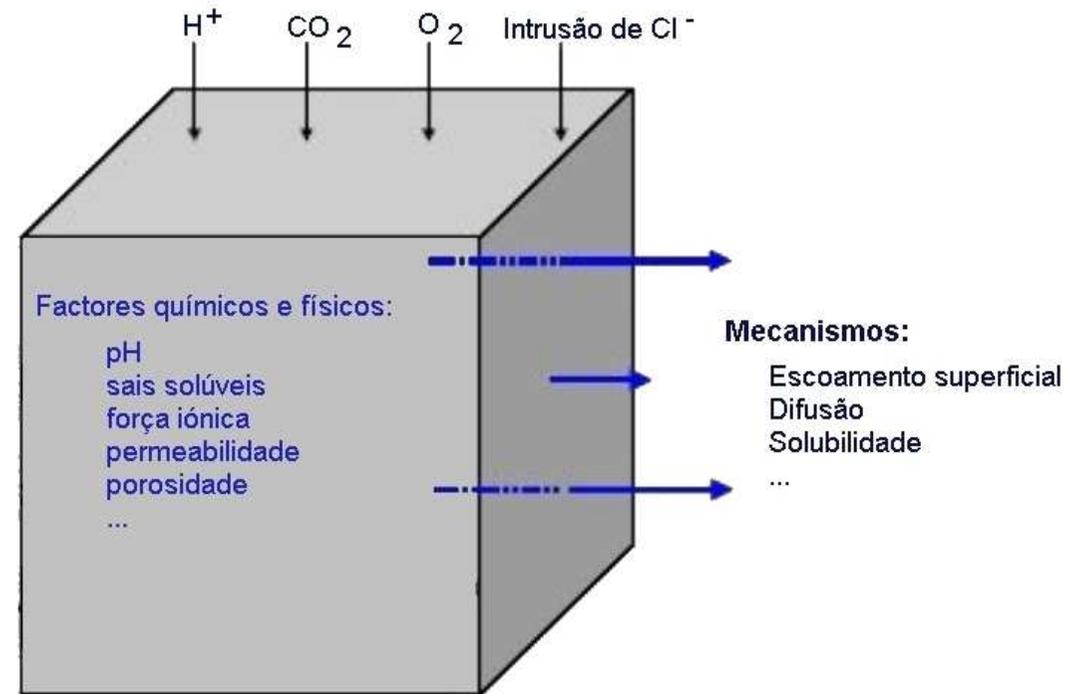
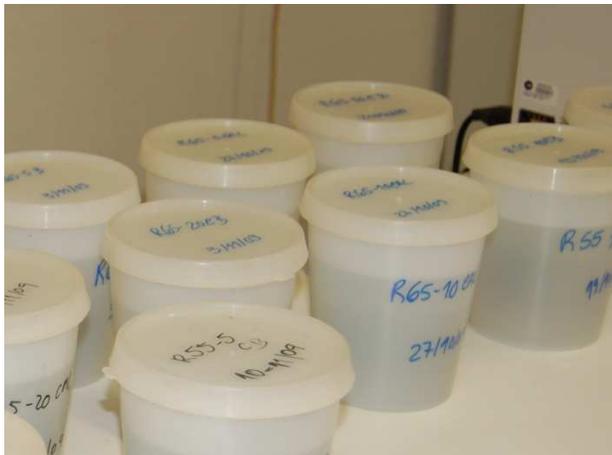
> Valorização de agregados reciclados cerâmicos em blocos prefabricados de betão para pavimentos:

- Resistência à tração por compressão diametral;
- Resistência à abrasão;
- Absorção de água.



Agregados reciclados

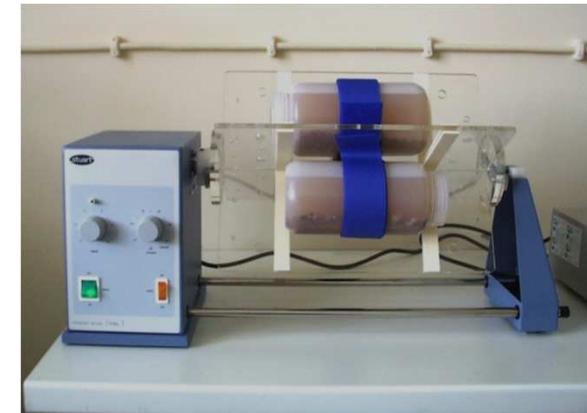
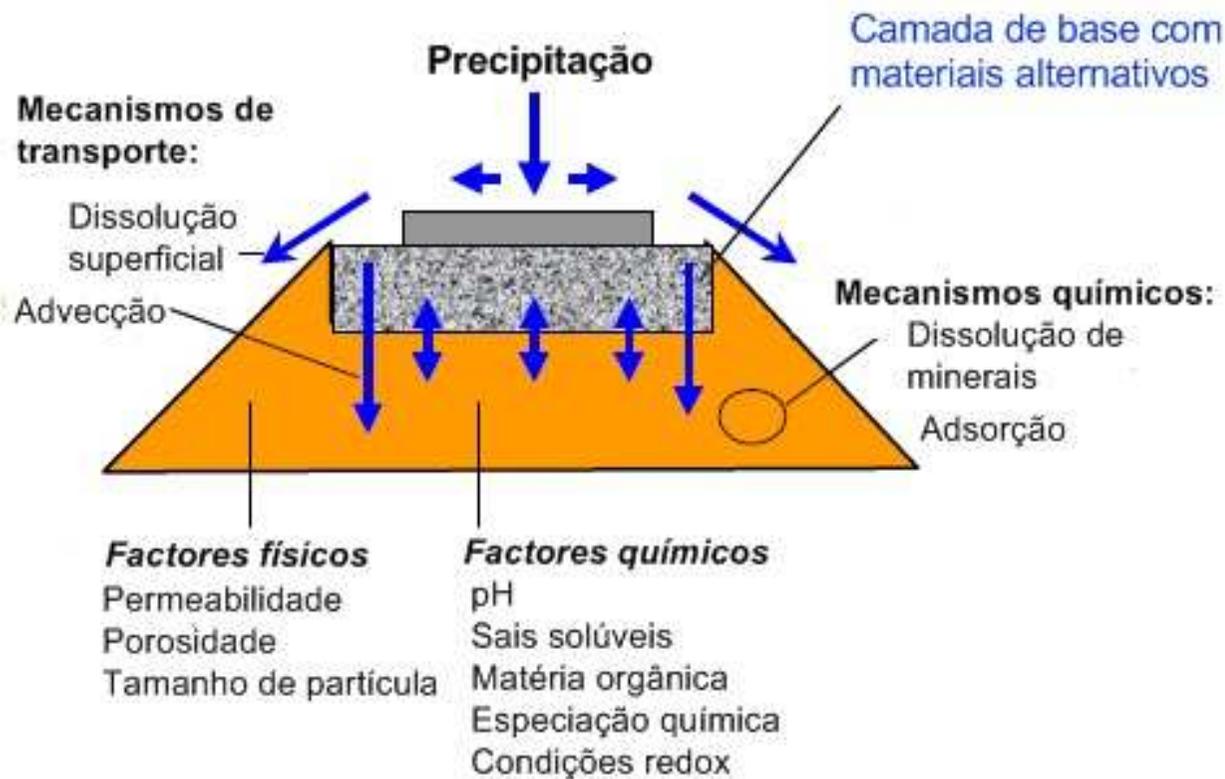
- > Ensaio de lixiviação para avaliação da libertação de substâncias perigosas (RPC)



LIXIVIAÇÃO EM MONOLITOS

Agregados reciclados

- > Ensaio de lixiviação RCD na forma granular.



Agregados reciclados

| Parâmetros | Ra1 | Ra2 | Decisão do Conselho 2003/33/CE | |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | | Resíduos inertes(mg/kg) | Resíduos não perigosos(mg/kg) |
| Carbono Orgânico, C (mg/kg) | 100 | 85 | 500 | 800 |
| Cádmio, Cd (mg/kg) | $\leq 0,62 \times 10^{-3}$ | $0,64 \times 10^{-3}$ | 0,04 | 1 |
| Chumbo, Pb (mg/kg) | $\leq 4 \times 10^{-3}$ | $\leq 4 \times 10^{-3}$ | 0,5 | 10 |
| Crómio Total, Cr (mg/kg) | 160×10^{-3} | 300×10^{-3} | 0,5 | 10 |
| Cobre, Cu (mg/kg) | 94×10^{-3} | 68×10^{-3} | 2 | 50 |
| Níquel, Ni (mg/kg) | $\leq 22 \times 10^{-3}$ | 29×10^{-3} | 0,4 | 10 |
| Zinco, Zn (mg/kg) | $8,2 \times 10^{-3}$ | 11×10^{-3} | 4 | 50 |
| Cloretos, Cl (mg/kg) | 330 | 188 | 800 | 15000 |
| Sulfatos, SO_4^{2-} (mg/kg) | 5890 | 7740 | 1000 | 20 000 |



Resíduos não perigosos



Casos de estudo

Cais norte do aeroporto de Lisboa:

- > Área bruta de 13.000 m²
- > Total: 15650 ton RCD
- > Os RCD das lajes de betão após britagem foram caracterizados e utilizados *in situ* como agregados reciclados.

**Taxa de reciclagem
de 96%**



Construção do cais norte do aeroporto de Lisboa

Casos de estudo

Estoril-Sol Residence :

- > Área bruta de 30 000 m²
- > Total: 4250 ton RCD (2400 ton de betão) valorizados por operadores de gestão de resíduos.



Taxa de reciclagem
99%

Casos de estudo



Considerações finais

- > O desenvolvimento sustentável das cidades e áreas urbanas exige uma gestão adequada dos RCD desenvolvimento urbano sustentável.
- > Melhoria da qualidade dos agregados reciclados pode ser conseguida recorrendo a diferentes tecnologias de processamento de RCD.
- > Na produção de betão diferentes métodos de mistura permitem melhorar o desempenho na presença de agregados reciclados.

Considerações finais

> LNEC

- Necessidade de apoiar a indústria da reciclagem de RCD;
- Prosseguir na investigação da utilização de agregados reciclados finos;
- Avaliação da libertação de substâncias perigosas em RCD e incorporação dos dados obtidos na análise do ciclo de vida dos materiais.

Obrigado

imartins@lnec.pt