

Modernização e inovação tecnológicas no domínio da construção

Captura de CO₂ através de RCD



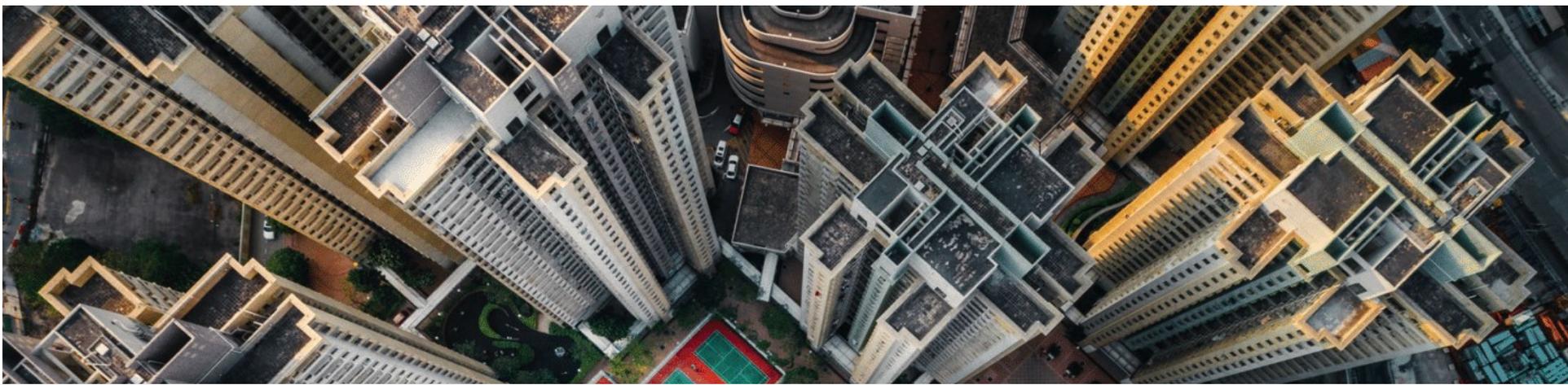
Catarina Brazão Farinha

Investigadora c5Lab / LNEC

cfarina@lneec.pt, cfarina@c5lab.pt

Estrutura da apresentação

- ✓ Resíduos da construção e demolição – enquadramento
- ✓ Estudos de aplicação de RCD em betões - IST
- ✓ Estudos de aplicação de RCD em argamassas de revestimento de paredes – LNEC/IST
- ✓ Captura forçada e acelerada de CO₂ através de RCD para incorporar em argamassas e betões (Projeto c5Lab)
 - Contexto
 - Objetivos
 - Equipa
 - Resíduos recolhidos e caracterização
 - Resultados preliminares



Enquadramento



Enquadramento

Os resíduos da construção e demolição, usualmente designados por RCD, são todos os resíduos originados nas **atividades de construção** ou desconstrução, ou seja, **demolição**.

Estima-se que **um terço** do total de resíduos da EU corresponde a este tipo de resíduos.

Enquadramento

Nos resíduos de construção e demolição pode-se incluir:

- Betão
- Argamassas (diferentes tipos)
- Cerâmicos (vermelhos ou brancos)
- Ladrilhos
- Madeira
- Pedra
- Material betuminoso
- ...

Este tipo de resíduos, maioritariamente originários das ações de desconstrução, são caracterizado por serem **heterogéneos**.



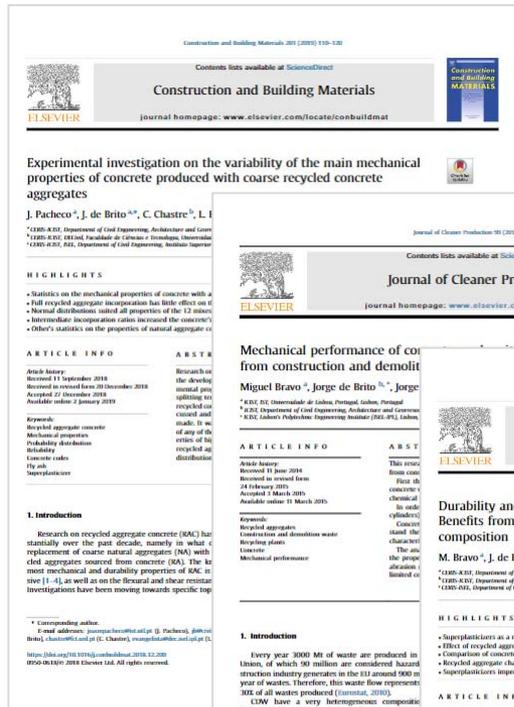
RCD em betões

Estudo IST



Referências

Exemplos de estudos realizados no Instituto Superior Técnico sobre a incorporação de RCD em betões estruturais



Experimental investigation on the variability of the main mechanical properties of concrete produced with coarse recycled concrete aggregates

J. Pacheco^a, J. de Brito^{a,*}, C. Chastre^b, L. Evangelista^c
^aLAB-RECI, Department of Civil Engineering, Architecture and Construction
^bLAB-RECI, RECI, Faculdade de Engenharia, Universidade Nova de Lisboa
^cLAB-RECI, RECI, Department of Civil Engineering, Instituto Superior Técnico

HIGHLIGHTS

- Statistics on the mechanical properties of concrete with a full recycled aggregate incorporation had little effect on it
- Normal distribution suited all properties of the 12 mixes
- Intermediate incorporation ratios benefited the concrete
- Other's statistics on the properties of natural aggregate (i.e.,

ARTICLE INFO

Article history:
Received 11 September 2018
Received in revised form 20 December 2018
Accepted 22 December 2018
Available online 2 January 2019

Keywords:
Recycled aggregate concrete
Mechanics of properties
Probability distributions
Concrete mixes
Hy. abs.
Superplasticizer

1. Introduction

Research on recycled aggregate concrete (RAC) has steadily over the past decade, namely in what of replacement of coarse natural aggregates (NA) with old aggregates sourced from concrete (CA), the most mechanical and durability properties of RAC is size [1–4], as well as on the flexural and shear resistant investigations have been moving towards split tensile

* Corresponding author.
E-mail address: jbr@fc.up.pt (J. Pacheco), jdb@fc.up.pt (J. de Brito), cchastre@fc.up.pt (C. Chastre), evangelista@fc.up.pt (L. Evangelista).

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.200>
0950-0804/2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.



Mechanical performance of concrete from construction and demolition waste
Miguel Bravo^a, Jorge de Brito^{a,*}, Jorge Pacheco^b
^aRECI, RECI, Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação, Faculdade de Engenharia, Universidade Nova de Lisboa
^bRECI, Laboratório de Engenharia de Materiais (L2M-UP), Caldas de Reis

ARTICLE INFO

Article history:
Received 11 June 2014
Received in revised form 24 February 2015
Accepted 7 March 2015
Available online 11 March 2015

Keywords:
Recycled aggregate
Construction and demolition waste
Recycling plants
Concrete
Mechanical performance

1. Introduction

Every year 3000 Mt of waste are produced in United States, of which 10 million are considered hazardous construction industry generates in the EU around 900 m year of waste. Therefore, this waste flows represent 30% of all wastes produced (Eurostat, 2010). CDW has a very heterogeneous composition. Important fraction corresponds to inert material, i.e., and 30% of the overall waste volume discounting (Eurostat, 2010). The main source of inert material and ceramic materials. Percec et al. (2004) and Li (2007) determined the amount of concrete,

* Corresponding author.
E-mail address: jbr@fc.up.pt (J. Pacheco), jdb@fc.up.pt (J. de Brito), cchastre@fc.up.pt (C. Chastre), evangelista@fc.up.pt (L. Evangelista).

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.012>
0950-0804/2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.



Durability and shrinkage of concrete with CDW as recycled aggregates: Benefits from superplasticizer's incorporation and influence of CDW composition
M. Bravo^a, J. de Brito^a, L. Evangelista^a, J. Pacheco^b
^aLAB-RECI, Department of Civil Engineering, Institute of Science, Technology and Innovation, Faculty of Engineering, Universidade Nova de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-018 Lisboa, Portugal
^bLAB-RECI, Department of Civil Engineering, Architecture and Construction, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-018 Lisboa, Portugal

HIGHLIGHTS

- Superplasticizers as a means to produce durable recycled aggregate concrete.
- Effect of recycled aggregate composition and incorporation ratio on concrete.
- Comparison of concrete with and without superplasticizers.
- Recycled aggregate characteristics limit the efficiency of superplasticizers.
- Superplasticizers improve durability except when chloride ingress is a concern.

ARTICLE INFO

Article history:
Received 14 October 2017
Received in revised form 20 February 2018
Accepted 22 February 2018

Keywords:
Recycled aggregate
Construction and demolition waste
Water absorption
Chloride ingress
Shrinkage
Low-efficient concrete

1. Introduction

The use of recycled aggregates (RA) in concrete is an eco-efficient option that reduces the extraction of natural resources and the waste produced by the construction industry. However,

since RA are different from natural aggregates (NA), recycled aggregate concrete (RAC) and natural aggregate concrete (NAC) also differ in their material, mechanical, and durability properties.

RA differ from NA in several aspects related to their composition and physical properties. The most relevant differences are their shape and water absorption – both are dependent on the RA's source and production process [1]. These two factors combined lead to higher RAC porosity in comparison to NAC since:

Abbreviations: CDW, construction and demolition waste; RA, coarse recycled aggregate; RAC, coarse recycled aggregate concrete; NA, fine recycled aggregate; FRA, fine recycled aggregate concrete; RE, interfacial transition zone; NA, natural aggregate; NAC, natural aggregate concrete; RA, recycled aggregate; RAC, recycled aggregate concrete; RRA, recycled concrete aggregate; SP, superplasticizer.

* Corresponding author.
E-mail address: jbr@fc.up.pt (J. Pacheco), jdb@fc.up.pt (J. de Brito), cchastre@fc.up.pt (C. Chastre), evangelista@fc.up.pt (L. Evangelista).

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.176>
0950-0804/2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.

J. Pacheco, J. de Brito, C. Chastre, and L. Evangelista, “Experimental investigation on the variability of the main mechanical properties of concrete produced with coarse recycled concrete aggregates,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 201, pp. 110–120, 2019

doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.12.200.

M. Bravo, J. de Brito, J. Pontes, and L. Evangelista, “Mechanical performance of concrete made with aggregates from construction and demolition waste recycling plants,” *J. Clean. Prod.*, vol. 99, no. 2015, pp. 59–74, 2015

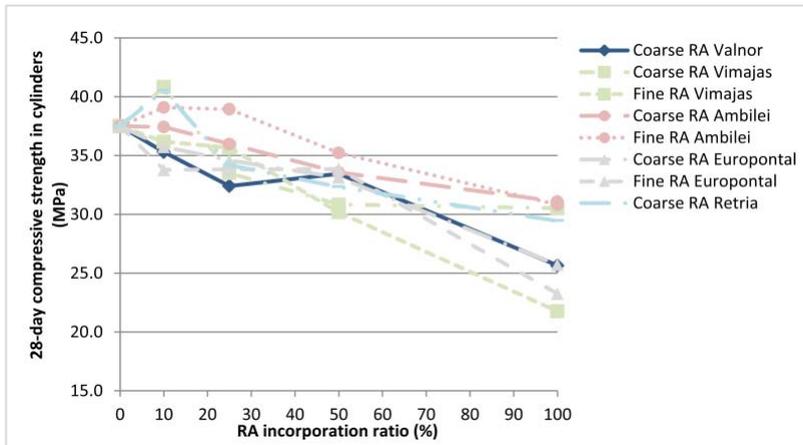
doi: 10.1016/j.jclepro.2015.03.012.

M. Bravo, J. de Brito, L. Evangelista, and J. Pacheco, “Durability and shrinkage of concrete with CDW as recycled aggregates: Benefits from superplasticizer's incorporation and influence of CDW composition,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 168, pp. 818–830, 2018

doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.02.176.

Betões com agregados reciclados de RCD

Substituição dos agregados naturais por agregados reciclados provenientes de RCD



- ✓ Até 25% de substituição os decréscimos de resistência são no máximo de 13%.
- ✓ A substituição dos grossos é mais favorável do que a substituição dos finos.
- ✓ Na substituição a 100% dos agregados naturais grossos por finos os decréscimos de resistência variaram entre 17,1% e 31,6%.

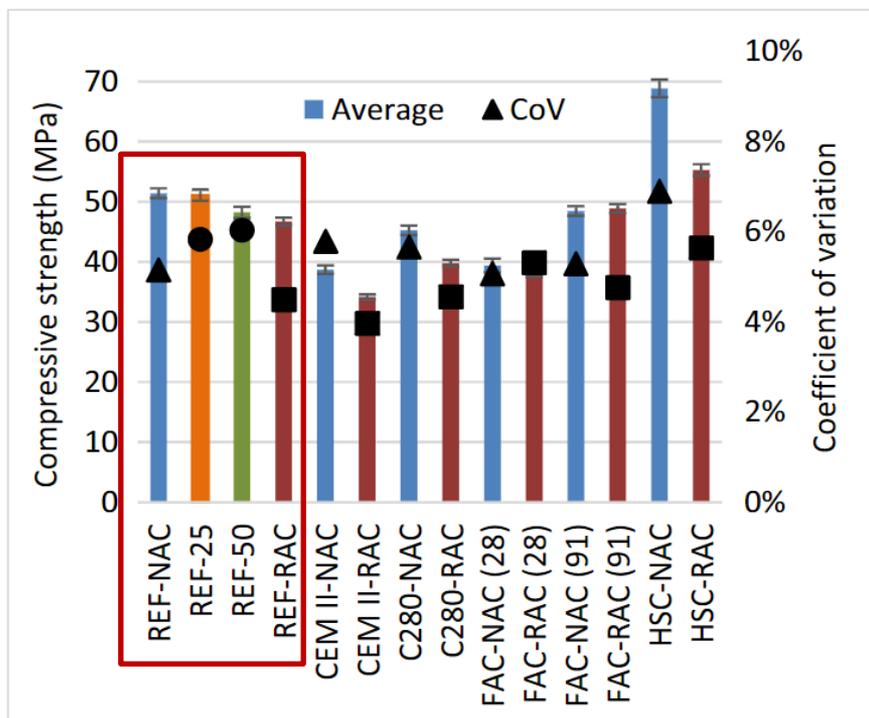
	Aggregates' replacement ratio (%)									
	0	10		25		50		100		
	Compressive strength in cylinders (MPa)	Compressive strength in cylinders (MPa)	Δ (%)	Compressive strength in cylinders (MPa)	Δ (%)	Compressive strength in cylinders (MPa)	Δ (%)	Compressive strength in cylinders (MPa)	Δ (%)	
CRA Valnor	37.5 ± 1.3	35.3 ± 2.6	-5.9	32.4 ± 1.2	-13.6	33.5 ± 1.9	-10.8	25.6 ± 0.6	-31.6	
CRA Vimajas		40.8 ± 1.8	8.9	33.5 ± 1.8	-10.6	30.8 ± 2.3	-17.8	30.5 ± 1.7	-18.6	
CRA Ambilei		37.4 ± 3.1	-0.2	36.0 ± 1.6	-4.1	33.6 ± 1.0	-10.5	31.1 ± 1.7	-17.1	
CRA Europontal		35.7 ± 2.2	-4.7	34.6 ± 3.2	-7.8	33.1 ± 2.1	-11.6	25.7 ± 0.8	-31.4	
CRA Retria		40.5 ± 0.5	-8.1	34.2 ± 3.4	-8.9	32.3 ± 1.7	-13.8	29.4 ± 2.5	-21.5	
FRA Vimajas		36.2 ± 0.9	-3.5	35.7 ± 0.1	-4.9	30.2 ± 1.3	-19.5	21.8 ± 1.8	-42.0	
FRA Ambilei		39.1 ± 3.7	4.2	38.9 ± 1.4	3.8	35.2 ± 0.4	-6.1	30.8 ± 0.9	-17.8	
FRA Europontal		33.8 ± 3.5	-9.9	33.8 ± 2.5	-9.8	33.9 ± 3.1	-9.7	23.3 ± 0.1	-38.0	

M. Bravo, J. de Brito, J. Pontes, and L. Evangelista, "Mechanical performance of concrete made with aggregates from construction and demolition waste recycling plants," J. Clean. Prod., vol. 99, no. 2015, pp. 59–74, 2015

doi: 10.1016/j.jclepro.2015.03.012.

Betões com agregados reciclados de betão

Substituição dos agregados naturais por agregados reciclados provenientes de **resíduos de betão**



- ✓ A substituição dos grossos em 25% e 50% (REF-25 e REF-50) não apresentou decréscimos significativos de resistência à compressão dos betões.
- ✓ Neste estudo avaliou-se também as múltiplas reciclagens de betão. Ou seja a incorporação de agregados de um betão formulado com agregados já estes reciclados (REF-RAC).
- ✓ No betão com agregados provenientes de betão com agregados reciclados também não se verificou decréscimos de resistência significativos.

J. Pacheco, J. de Brito, C. Chastre, and L. Evangelista, "Experimental investigation on the variability of the main mechanical properties of concrete produced with coarse recycled concrete aggregates," *Constr. Build. Mater.*, vol. 201, pp. 110–120, 2019
doi: [10.1016/j.conbuildmat.2018.12.200](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.200).



RCD em argamassas de revestimento de paredes

Estudo LNEC/IST



Referências

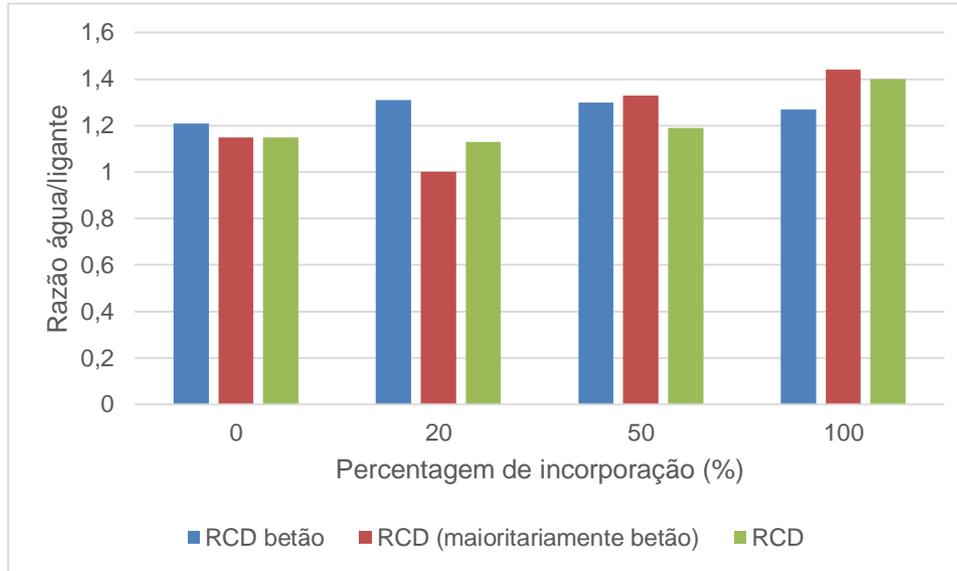


C. Neno, J. de Brito, and R. Veiga, “Using fine recycled concrete aggregate for mortar production,” *Mater. Res.*, vol. 17, no. 1, pp. 168–177, 2014 <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392013005000164>



S. Roque, C. M. Pederneiras, C. Brazão Farinha, J. de Brito, and R. Veiga, “Concrete-based and mixed waste aggregates in rendering mortars,” *Materials (Basel)*, vol. 13, no. 8, 2020 <https://doi.org/10.3390/ma13081976>

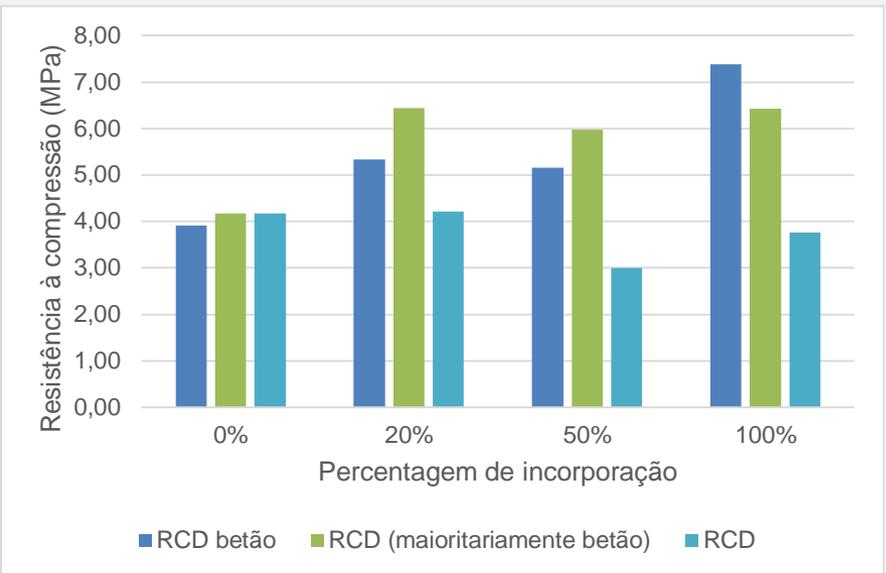
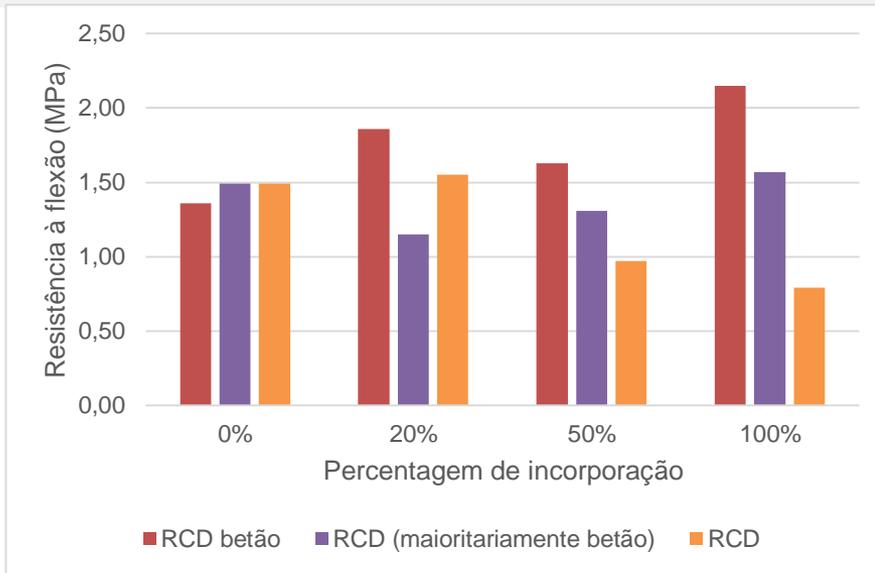
Estado fresco



Ensaio de consistência por espalhamento

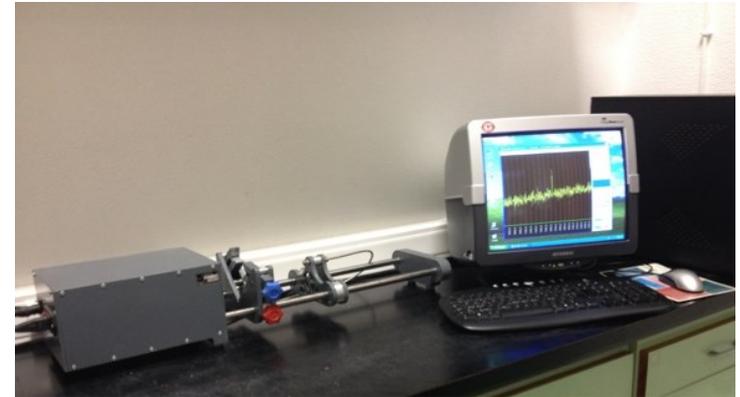
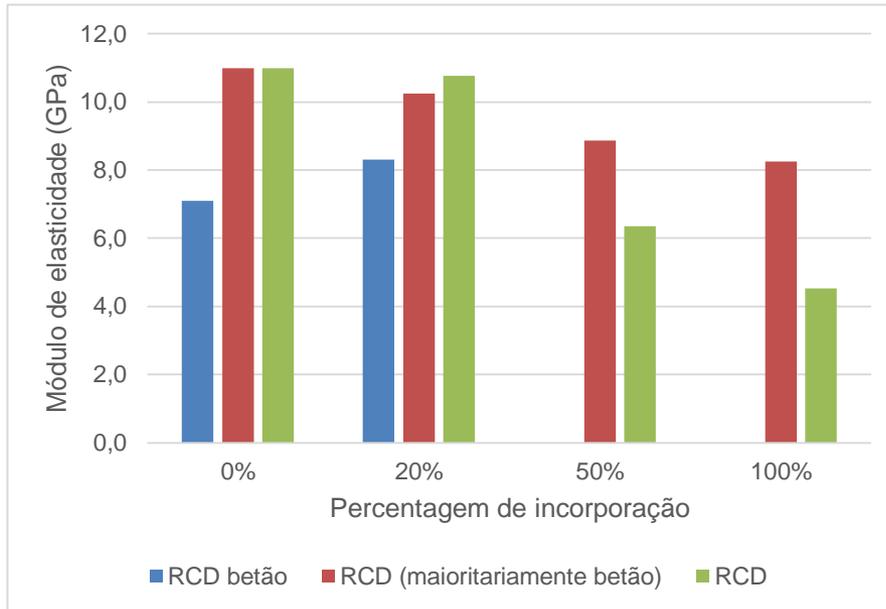
- ✓ Os RCD, em geral, **incrementam a razão água/ligante** das argamassas. Isto deve-se essencialmente à maior porosidade destes agregados por comparação com os agregados naturais.
- ✓ A maior dosagem de água é responsável por incrementar a **porosidade** das argamassas.

Resistências mecânicas



- ✓ As argamassas com RCD betão apresentam maiores resistências mecânicas.
- ✓ As argamassas com RCD betão com uma percentagem de incorporação de 100% teve um incremento de resistência à flexão de 60% e à compressão de 88% em relação à argamassa com areia natural.
- ✓ A argamassa com resíduo RCD teve um decréscimo de resistência à compressão de apenas 10%.
- ✓ Dos resultados obtidos apenas a argamassa com resíduo RCD apresentou um valor de resistência à flexão baixo e que poderá ter influência na capacidade resistente destes materiais.

Deformabilidade



Ensaio de módulo de elasticidade dinâmico

- ✓ A deformabilidade das argamassas é uma característica extremamente relevante nas argamassas de revestimento. Esta permite que as argamassas sejam capazes de acomodar as tensões a que são sujeitas.
- ✓ A deformabilidade pode ser avaliada através do módulo de elasticidade. Como se observa pelo gráfico as argamassas com resíduos provenientes de RCD apresentam menores módulos de elasticidade, o que significa que são **argamassas mais deformáveis**.

c5Lab – Sustainable Construction Materials Association

Website: <http://c5lab.pt>

Entidades envolvidas:



c5Lab visa contribuir para uma sociedade neutra em carbono, desenvolvendo soluções para a captura e utilização de CO₂, produção de combustíveis sintéticos, eficiência energética, produção de clinker com baixo teor de carbono e cimentos eco-eficientes, bem como novas soluções sustentáveis para a construção de betão.

Entidades envolvidas:





WP10C: Uso de agregados reciclados em betões e outros materiais de construção (Industrialização)



Use of recycled aggregates in concrete and other building materials

- ✓ Industrialização da incorporação de RCD em betões estruturais
- ✓ Adaptação de uma central de betão pronto nas cimenteiras Portuguesas
- ✓ Substituição (em vários teores) de brita 1 e brita 2 por RCD



E-mail de contacto:
jpacheco@c5lab.pt



WP10B: Captura de CO₂ através de RCD



Projeto do c5Lab

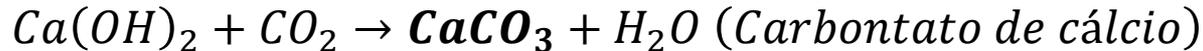
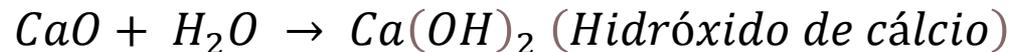
Captura forçada e acelerada de CO₂ através de RCD para incorporar em argamassas e betões

Forced and accelerated sequestration of CO₂ by C&DW to incorporate as aggregates in mortars and concretes



Objetivos do projeto

- ✓ **Captar CO₂** através de **resíduos da construção e demolição**. Esta captação é conseguida pela **carbonatação de agregados** com potencial de carbonatação **em fábricas de cimento**.



- ✓ Avaliar a capacidade de **fixação do CO₂** através de uma fixação física, nomeadamente através de **materiais porosos**.
- ✓ Introdução destes agregados em argamassas e betões (estruturais e não-estruturais).



Equipa do projeto

Coordenadora: Doutora Rosário Veiga (LNEC)

LNEC: Doutor António Santos Silva, Doutora Rita Santos

IST: Professor Jorge de Brito, Professor José Bogas, Professor José Silvestre

Universidade de Aveiro: Professora Ana Velosa

FCT: Professora Paulina Faria

Secil: Engenheiro Vitor Vermelhudo

Cimpor: Engenheira Catarina Coelho

c5Lab: Doutora Catarina Brazão Farinha, Engenheiro Ricardo Gomes e Engenheiro David Bastos

Visitas

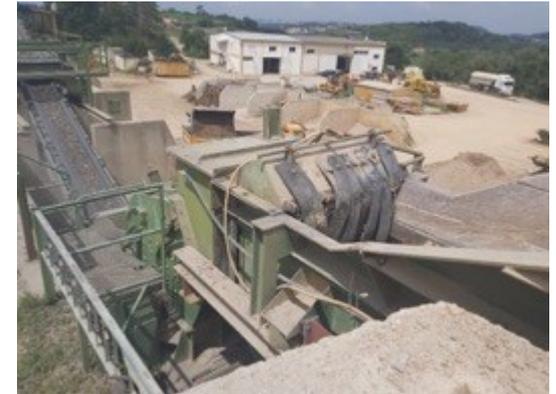
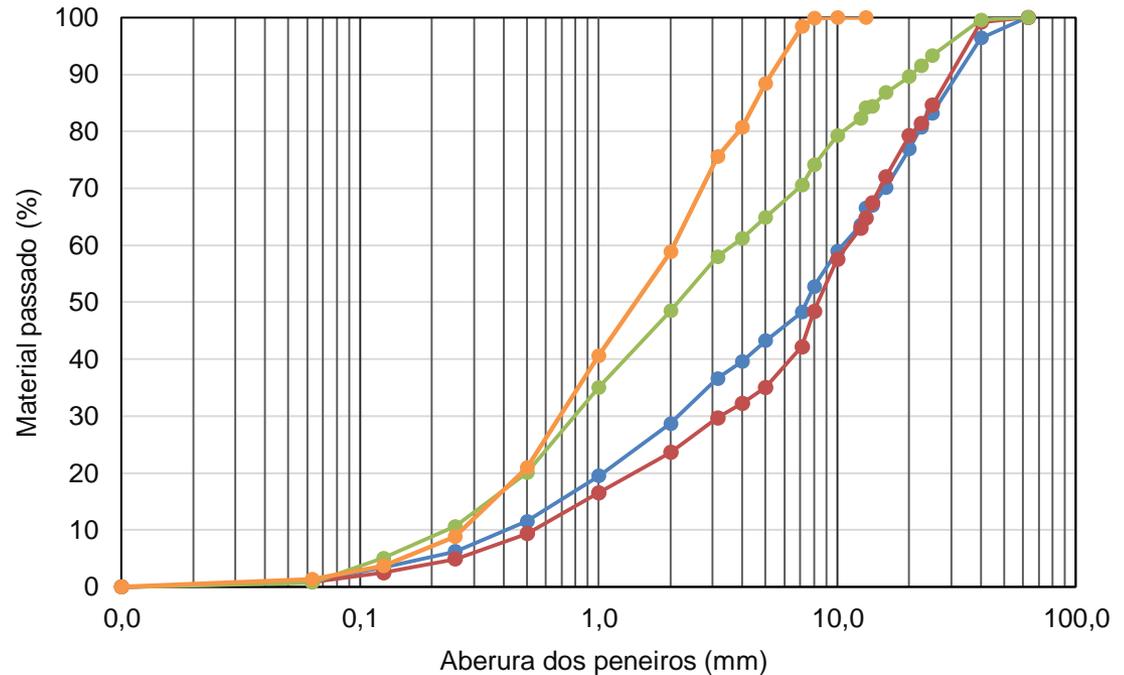


Ilustração do material recolhido



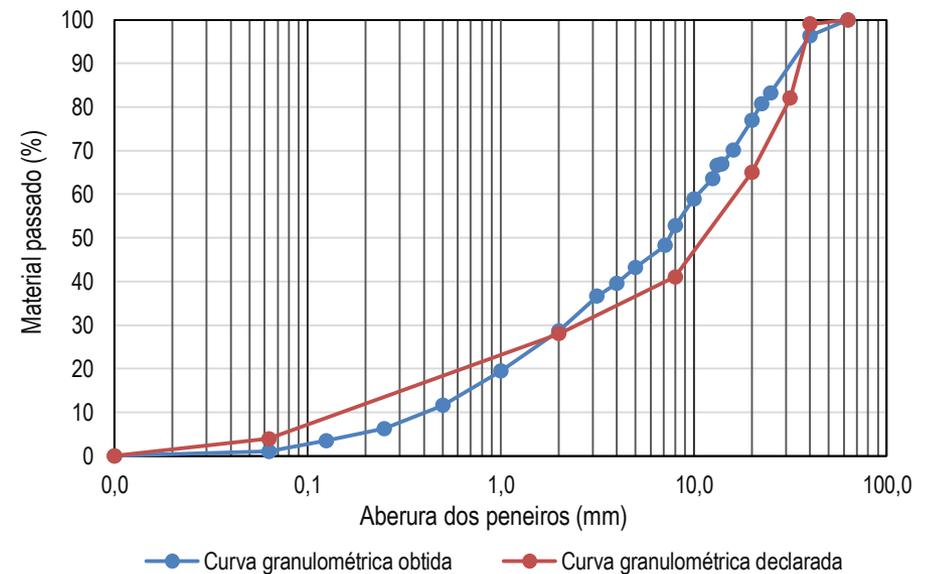
Caracterização dos resíduos – Análise granulométrica



Estudo: Ricardo Infante Gomes (c5Lab/LNEC)

Normalização – EN 1015-1

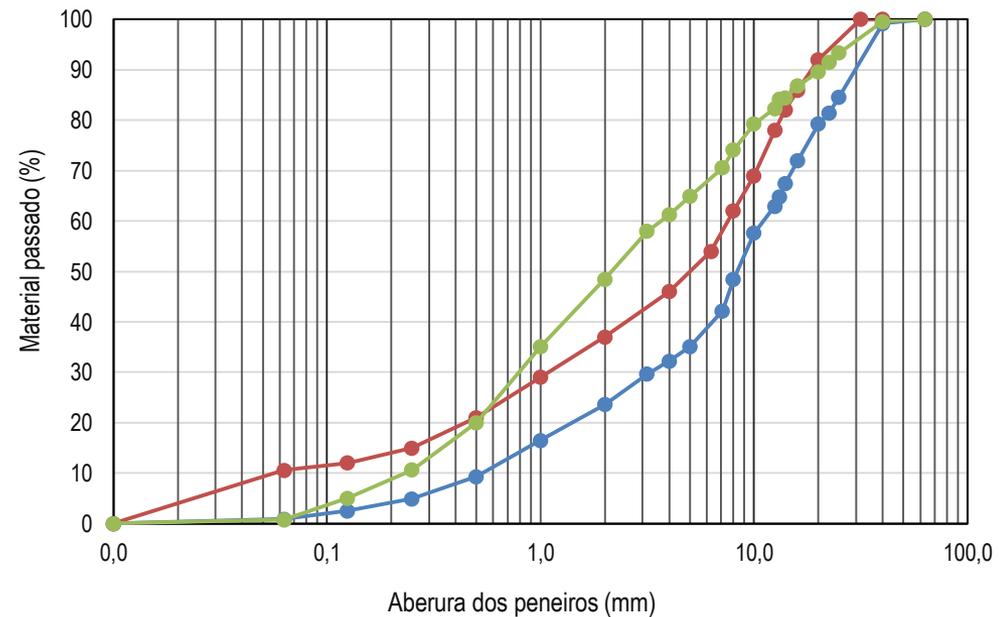
Caracterização dos resíduos – Análise granulométrica



Normalização – EN 1015-1

Estudo: Ricardo Infante Gomes (c5Lab/LNEC)

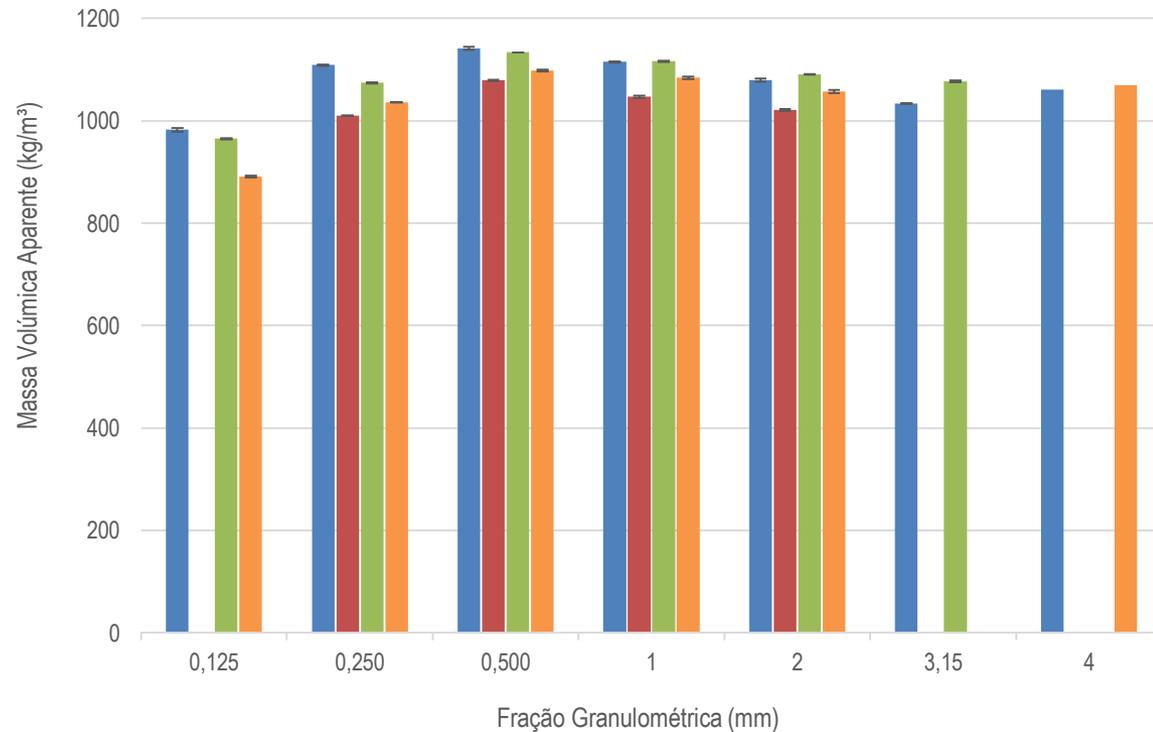
Caracterização dos resíduos – Análise granulométrica



Normalização – EN 1015-1

Estudo: Ricardo Infante Gomes (c5Lab/LNEC)

Caracterização dos resíduos – Massa volúmica



Estudo: Ricardo Infante Gomes (c5Lab/LNEC)

Normalização – Cahier 2669-4

Fichas técnicas de produto/declaração de desempenho

DD3 CE 1515 18

REV. N.º4 rcd INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

N.º AGR-0/40

Britado Mesclado Reciclado

D/40mm

- Código de Identificação Único do Produto-Tipo:**
Agregado Reciclado de Granulometria 0/40.
- Utilização(ões) Prevista(s) do Produto de Construção, Conforme a Especificação Técnica Harmonizada Aplicável e de Acordo com o Previsão pelo Fabricante:**
Materiais Tratados com Ligantes Hidráulicos e Materiais não Tratados para Utilização em Trabalhos de Engenharia Civil, Construção de Estradas e Outros Áreas de Circulação (NP EN 12324:2002+A1:2010).
- Fabricante:**
RCD, Resíduos de Construção e de Demolição, S.A.
Zona Industrial de Ferreira-a-Nova, n.º 2
3090-840 Ferreira-a-Nova
Tlx + 351 233 088 134 Email: geral@rcd.pt
- Sistema(s) de Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho (AVPC):**
Sistema 2+.
- Norma Harmonizada:**
NP EN 12324:2002+A1:2010.
- Organismo(s) Notificado(s):**
IEC - Empresa Internacional de Certificação, S.A., com o Número de Identificação 1525 emissão do Certificado N.º 1525-CP5-0393.
- Desempenho Declarado:**

Características Essenciais (E)	Desempenho Declarado (D)	Granulometria Típica (GT)			
		Passados	M	GT	LS
Dimensão Nominal (Ø) [mm]	Ø40				
Granulometria (Categoria)	GT ₂₀	63,00mm	100	100	100
Taxa de Fios (Categoria/Taxa Declarada)	5,70%	40,00mm	94	99	100
Massa Volumétrica (valor Declarado) [kg/m³]	2,250±0,05kg/m³	31,50mm	82		
		20,00mm	55	65	75
Absorção de Água (valor Declarado) [%]	2,40±0,05%	8,00mm	41		
		2,00mm	28		
Apel Mediana (valor Declarado)	NPD	0,063mm	0,3	3,9	6,9
Equivalente de Areia (valor Declarado)		Notas:			
Classificação de Constituintes (Categoria)		M	Limite Inferior		
Resistência à Fragmentação (Categoria)		GT	Granulometria Típica		
Suportes Solúveis em Água (Categoria)	15 ₀₁	LS	Limite Superior		
Taxa de Inchaço (valor Limite/Categoria)		NPD	Desempenho Não Determinado		
Taxa de Inchaço (valor Declarado)	Taxa Negativa	NA	Característica Não Aplicável ao Agregado		

Especificações Técnicas Harmonizadas: NP EN 12324:2002 + A1:2010

Rc₅₀ Rcu₇₀ Rb₃₀₋₁₀ Ra₁₋₁₀ Rg₂₋₁₀ X₁₋₁₀ FI₅₋₁₀

VIMARRIMA RECICLAGEM

FICHA TÉCNICA DE PRODUTO

Produto: Tout-venant Reciclado
Origem: Granja dos Semões, Paredo Pinheiro

Utilização: Materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos para trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária (EN 12324).

CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

Designação petrográfica: Agregado reciclado a partir de resíduos de construção e demolição.

Distribuição granulométrica				Outras características	
Passado (mm)	Valores Típicos (%)	Limites Mínimos (%)	Limites Máximos (%)	Característica	NP EN 12324+A1:2010
63	100			Dimensão nominal (Ø)	Ø20
40	100	100	100	Granulometria	GT ₂₀
31,5	100	98	100	Tolerância de granulometria típica	
20	92	87	97	Taxa de fios	5 ₀
16	86			Quantidade dos fios	EA > 30
14	82			Massa Volumétrica	
12,5	78			- Material impermeável	2,62 ± 0,05 kg/m³
10	69	49	89	- Partículas secas em estado	2,30 ± 0,05 kg/m³
8	62			- Partículas saturadas	2,44 ± 0,05 kg/m³
6,3	54			Absorção de água	± 0,05
4	46			Classificação dos constituintes	Rcp, Rb ₁₀₋₁₀ , Rg ₂₋₁₀ , X ₁₋₁₀ , FI ₅₋₁₀
2	37			Taxa de suportes solúveis em ácido	DND
1	29			Taxa de areia total	DND
0,5	21			Taxa de suportes solúveis em água	DND
0,25	15			Taxa de inchaço	Notas
0,125	12			"Soventament" do teste	DND
0,063	10,6	6,6	14,6	Resistência ao gelo e ao degelo	DND

Controlo de produção

Parâmetro	Típico	Mínimo	Máximo
MF	5,68	4,58	5,58
CF	6,55	6,05	7,05

* valores em % de passados ** Série base = Série 2

1) Valor determinado sobre outro produto com o mesmo origem. (Nota 1)
DND - Desempenho não determinado

Data: 30-10-2012 O Responsável:

Rcu₇₀ Rb₁₀₋₁₀ Ra₁₋₁₀ Rg₂₋₁₀ X₁₋₁₀ FI₅₋₁₀

Caracterização dos resíduos - composição

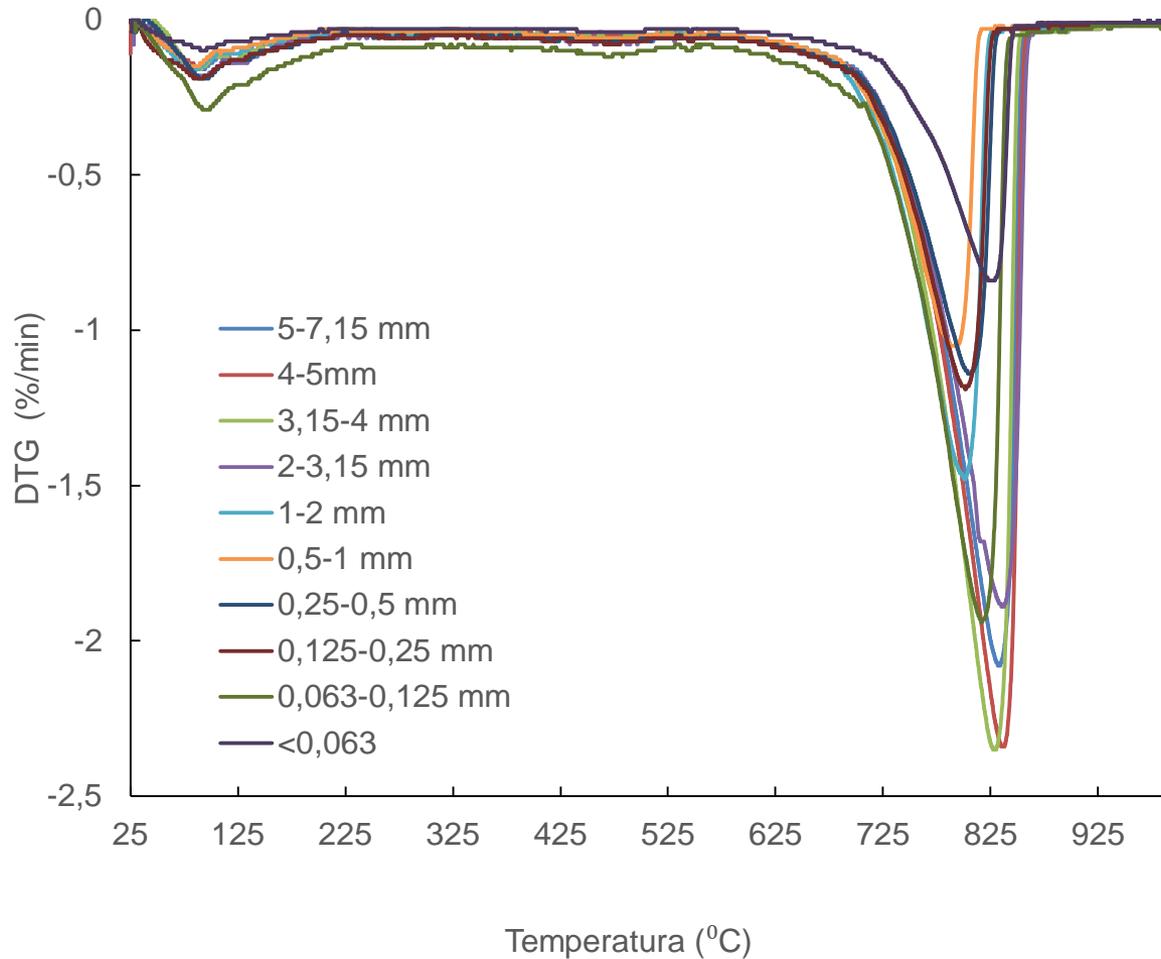
Classificação dos constituintes - NP EN 933-11
e NP EN 13242

Constituent	Description
Rc	Concrete, concrete products, mortar Concrete masonry units
Ru	Unbound aggregate, natural stone Hydraulically bound aggregate
Rb	Clay masonry units (i.e. bricks and tiles) Calcium silicate masonry units Aerated non-floating concrete
Ra	Bituminous materials
Rg	Glass
X	Other: Cohesive (i.e. clay and soil) Miscellaneous: metals (ferrous and non-ferrous), non-floating wood, plastic and rubber Gypsum plaster



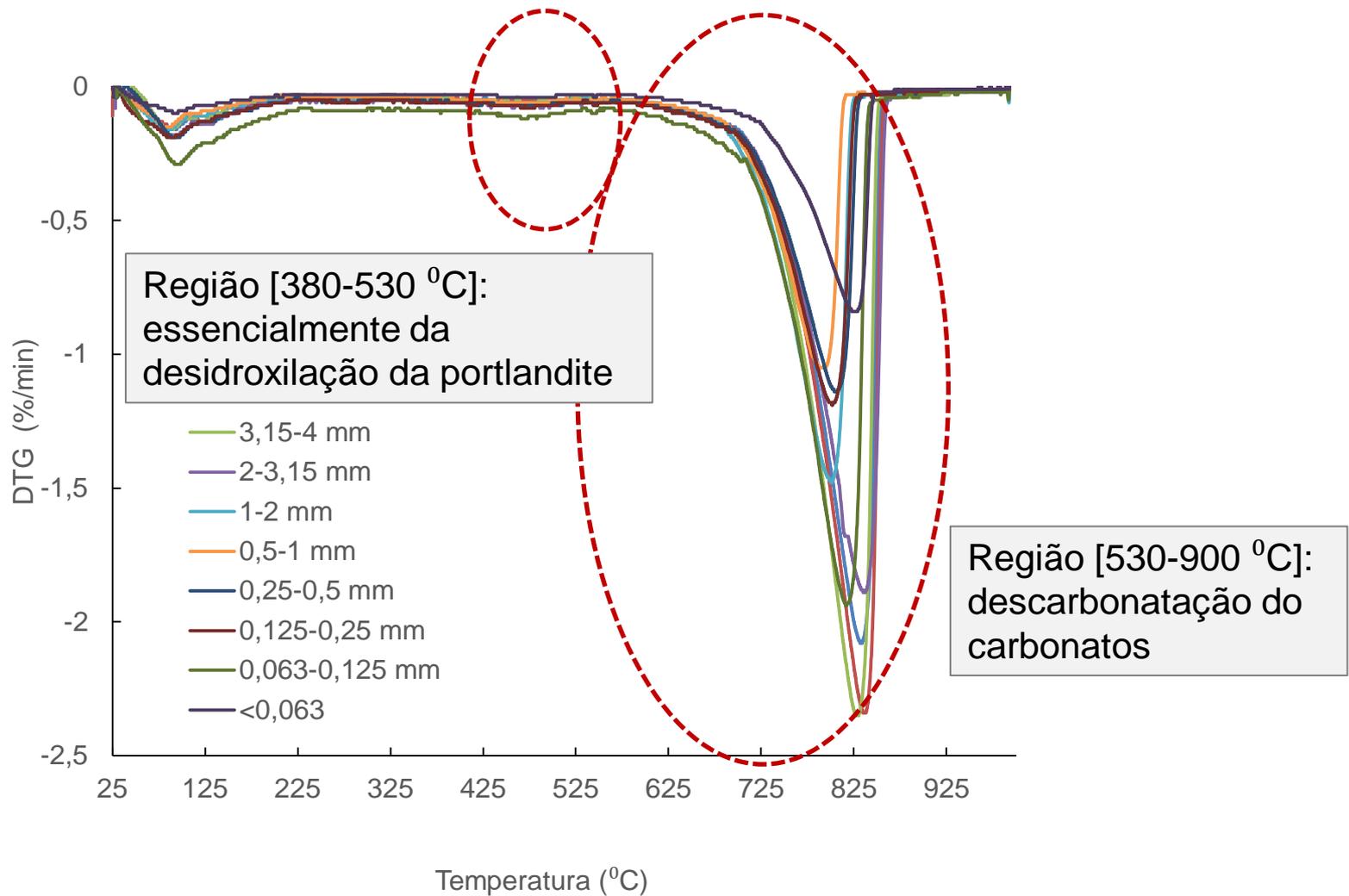
Estudo: Ricardo Infante Gomes (c5Lab/LNEC)

Caracterização dos resíduos - ATG



Estudo: David Bastos (c5Lab/LNEC)

Caracterização dos resíduos - ATG



Estudo: David Bastos (c5Lab/LNEC)

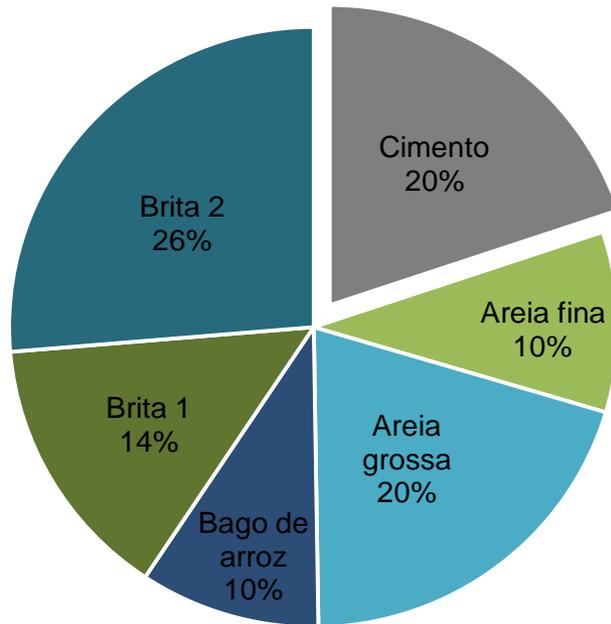
Resultados preliminares

- ✓ Resíduos da construção e demolição têm potencial de carbonatação, **um valor na ordem de 6%.**
- ✓ Este potencial de 6% de carbonatação corresponde a uma captação de CO₂ elevada uma vez que a rácio cimento: agregados é baixo, o que significa que há um maior volume de agregados do que de cimento nos materiais cimentícios



Resultados preliminares

BETÃO ESTRUTURAL

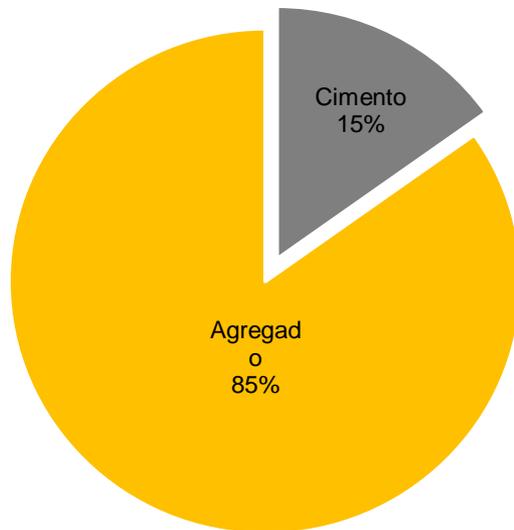


Proporção em massa de um betão estrutural
Estudo: Professor Alexandre Bogas (IST)

- ✓ A percentagem de agregados é superior à de cimento.
- ✓ Se os agregados forem capazes de captar 6% de CO₂, cada tipo de agregado reduz o efeito do CO₂ produzido numa tonelada de cimento em:
 - ✓ Areia fina: 4%
 - ✓ Areia grossa: 8%
 - ✓ Bago de arroz: 4%
 - ✓ Brita 1: 6%
 - ✓ Brita 2: 11%

Resultados preliminares

ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO



- ✓ Nas argamassas de revestimento a proporção cimento: agregados é entre 1:3 e 1:6.
- ✓ Para cada tonelada de cimento produzida emite-se cerca de 738 kg de CO₂. Se os RCD forem capazes de captar 6% de CO₂ e se todo o agregado natural fosse substituído por RCD estes eram capazes de reduzir estas emissões para 402 kg de CO₂, o que corresponde a uma **redução de 46% de emissões de CO₂**.

Referência:
Environmental Product Declaration CEM II (2015)



Conclusões

- ✓ Existem volumes elevados de resíduos da construção e demolição. No entanto as soluções de reutilização ou reciclagem não estão a ser postas em prática e o volume produzido de resíduos tratados não consegue ser escoado.
- ✓ A indústria cimenteira através do c5Lab está a desenvolver soluções para utilizar estes resíduos, minimizando simultaneamente as emissões de CO₂ ([http: c5lab.pt](http://c5lab.pt)).
- ✓ Após a carbonatação, estes resíduos serão incorporados em argamassas e betões. Dando-lhes um novo uso.





MUITO OBRIGADO

cfarinha@lnec.pt
cfarinha@c5lab.pt



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Sustainable
Construction
Materials
Association