



DOCUMENTO DE APLICAÇÃO

ECO IMPACT, S.A.
Estrada do Tojal, km 1
2480-188 PORTO DE MÓS
tel.: (+351) 24 448 01 20
e-e: geral@ecoimpact.pt

ARG 6,3/12,5

AGREGADOS RECICLADOS GROSSOS

AGREGADOS PARA BETÃO
AGGREGATES FOR CONCRETE
GRANULATS POUR BÉTON

FEVEREIRO DE 2024

A situação de validade deste Documento de Aplicação deve ser verificada no portal do LNEC (www.lnec.pt).

O presente Documento de Aplicação, de carácter voluntário, define as características e estabelece as condições de produção e de aplicação, no fabrico de betões para elementos de betão simples ou armado, do agregado reciclado ARG 6,3/12,5. Este agregado é constituído por resíduos de construção e demolição e produzido pela empresa ECO IMPACT, S.A.

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) emite um parecer técnico favorável relativamente ao produto ARG 6,3/12,5 descrito na secção 1 deste Documento de Aplicação, sujeito à verificação das seguintes condições:

- o campo de aplicação do produto ARG 6,3/12,5 respeita as regras descritas na secção 2;
- a empresa ECO IMPACT, S.A. assegura a constância das condições de produção que permitem a aposição da marcação CE ao produto, nomeadamente através do adequado controlo da produção em fábrica, sintetizado na secção 3.

A utilização do produto ARG 6,3/12,5, em aplicações de betão simples ou betão armado, fica ainda condicionada pelas disposições aplicáveis da regulamentação e da documentação normativa em vigor.

Este Documento de Aplicação é válido até 28 de fevereiro de 2027, podendo ser renovado mediante solicitação atempada ao LNEC.

O LNEC reserva-se o direito de proceder à suspensão ou ao cancelamento deste Documento de Aplicação caso ocorram situações que o justifiquem, nomeadamente perante qualquer facto que ponha em dúvida a constância da qualidade do produto ARG 6,3/12,5.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em fevereiro de 2024.

O CONSELHO DIRETIVO

Laura Caldeira
Presidente

1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

1.1 Descrição geral

O agregado reciclado ARG 6,3/12,5, produzido pela empresa ECO IMPACT, S.A., resulta do processamento de resíduos de betão provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações, e destina-se ao fabrico de betões para elementos de betão simples ou armado, com funções idênticas às dos agregados britados grossos de origem natural.

O agregado reciclado ARG 6,3/12,5 é considerado como resíduo não perigoso, de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (código LER 17 01 01).

O agregado reciclado ARG 6,3/12,5 colocado no mercado é objeto de marcação CE, acompanhada das informações previstas no Anexo ZA da Norma NP EN 12620:2002+A1:2010 – Agregados para betão.

1.2 Características principais

O agregado reciclado ARG 6,3/12,5 tem as dimensões 6/10 ou 6/12 e uma granulometria contínua da categoria GC85/20.

Na Figura 1 apresenta-se o andamento médio da curva granulométrica, conforme ensaiado no LNEC.

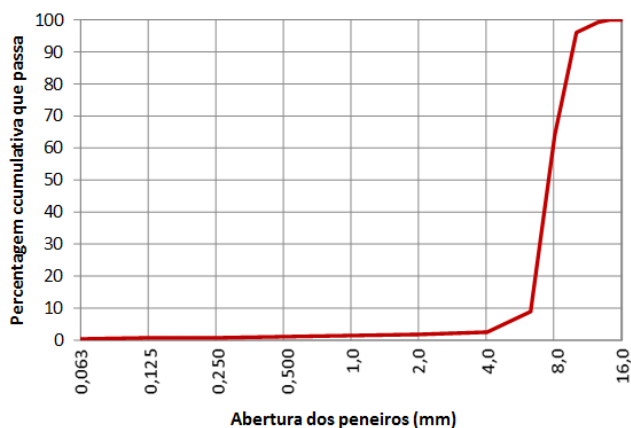


Figura 1 – Curva granulométrica do agregado ARG 6,3/12,5

O agregado reciclado ARG 6,3/12,5 deve obedecer às especificações do caderno de encargos estabelecido pelo dono de obra para a sua utilização no fabrico de betões, no que se refere às características geométricas, físicas e mecânicas.

As características do agregado reciclado ARG 6,3/12,5 devem ser determinadas em conformidade com o disposto na Norma Portuguesa NP EN 12620:2002+A1:2010 e na Especificação LNEC E471.

No Quadro 1 apresentam-se as características do agregado ARG 6,3/12,5, associadas à marcação CE, que foram determinadas pelo produtor e com requisitos indicados na Especificação LNEC E471.

1.3 Avaliação da libertação de substâncias perigosas

O agregado ARG 6,3/12,5 deve ser classificado como resíduo para deposição em aterro para resíduos inertes, relativamente

à libertação de metais pesados por lixiviação e libertação de outras substâncias perigosas, tendo como base o estabelecido no Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro (Anexo IV, Parte B, n.º 2 – Critérios de admissão de resíduos em aterros para resíduos inertes, Tabela n.º 2, relação líquido/sólido = 10/1 kg).

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Os requisitos mínimos que os agregados reciclados grossos deverão respeitar, para poderem ser utilizados no fabrico de betões de ligantes hidráulicos, estão estabelecidos na Especificação LNEC E471 "Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos" de dezembro de 2009. Essa especificação refere que a aplicação de agregados reciclados em condições diferentes das aí estabelecidas, particularmente no que respeita ao teor de incorporação no betão, exige a realização de estudos específicos, a definir pelo LNEC, para avaliar a influência nas propriedades relevantes para o desempenho do betão.

O agregado reciclado ARG 6,3/12,5 destina-se a ser incorporado no fabrico de betões de ligantes hidráulicos, para aplicações de betão simples ou armado, conforme previsto na Norma Portuguesa NP EN 12620:2002+A1:2010, em substituição, parcial ou total, do agregado grosso B1, nas composições indicadas no Quadro 2 do presente Documento de Aplicação, nas condições apresentadas no estudo objeto do relatório do LNEC n.º 415/2023 – DM/NBPC "AGREGADOS RECICLADOS EM BETÕES. Estudo para a emissão de um Documento de Aplicação", elaborado pelo LNEC para a empresa ECO IMPACT.

3 FABRICO, CONTROLO DA QUALIDADE E ARMAZENAGEM

A produção do agregado reciclado ARG 6,3/12,5, pela empresa ECO IMPACT, S.A., tem lugar no Complexo Industrial de Alenquer, situado na Carapinha – Alenquer.

A empresa ECO IMPACT, S.A. tem o sistema de gestão da qualidade certificado segundo a norma NP EN ISO 9001:2015 (Certificado n.º E – 5827) e o sistema de gestão ambiental certificado segundo a norma NP EN ISO 14001:2012 (Certificado n.º A – 0868). O agregado reciclado ARG 6,3/12,5 é objeto de marcação CE, no centro de produção Complexo Industrial de Alenquer- Centro de RCD da Carapinha, segundo a NP EN 12620:2002+A1:2010, em conformidade com o Regulamento dos Produtos de Construção UE 305/2011 (Certificado CPF n.º 1515-CPR-0266).

Após a receção e armazenagem inicial, os resíduos de construção e demolição são sujeitos a operações de separação e de triagem. Após a triagem, os resíduos são sujeitos a operações de britagem e crivagem, com recurso a britador móvel, crivo e telas transportadoras, sendo posteriormente depositados em pilhas.

A secção das pilhas tem base com dimensões que variam entre 6 e 10 metros, altura de cerca de 3,5 a 5 metros e comprimento variável. A constituição das pilhas deve garantir uma distância de segurança na envolvente do conjunto destas, que permita a circulação da pá carregadora e de camiões.

QUADRO 1

Características do agregado reciclado ARG 6,3/12,5 associadas à marcação CE

Característica	Expressão dos resultados	Norma de ensaio	Valores declarados pelo fabricante
Dimensão das partículas	mm	NP EN 933-1:2014	6,3/12,5
Granulometria	Categoria		GC85-20
Teor de finos	Classe		f4
Índice de achatamento	Classe	NP EN 933-3:2014	FL _{NR}
Índice de forma	Classe		SL _{NR}
Massa volúmica do material impermeável	Mg/m ³	NP EN 1097-6:2016	2,60 ± 0,05
Massa volúmica das partículas secas			2,34 ± 0,05
Massa volúmica das partículas saturadas			2,44 ± 0,05
Absorção de água	%		≤ 7,0
Resistência à fragmentação	Classe	NP EN 1097-2:2020	LA _{NR}
Resistência ao polimento	Classe	NP EN 1097-8:2020	PSV _{NR}
Resistência à abrasão			AAV _{NR}
Resistência ao desgaste por atrito	Classe	NP EN 1097-1:2012	MDE _{NR}
Classificação dos constituintes	Classe	NP EN 933-11:2011	ARB1 *
Cloretos	%	NP EN 1744-5:2011	< 0,03
Sulfatos solúveis em água	Classe	NP EN 1744-1:2009+A1:2014, §10	SSNR
Enxofre total	%	NP EN 1744-1:2009+A1:2014, §11	< 0,1
Sulfatos solúveis em ácido	Classe	NP EN 1744-1:2009+A1:2014, §12	AS _{0,8}
Teor de húmus	–	NP EN 1744-1:2009+A1:2014, §15	Isento

* Classificação de acordo com a Especificação LNEC E471, correspondendo às categorias: Rc90, Rcu90, Rb10-, Ra5-, XRg0,5- e FL2- segundo a NP EN 12620:2002+A1:2010

O agregado reciclado ARG 6,3/12,5 é de seguida arrumado na área de armazenagem, preferencialmente ao abrigo das ações atmosféricas, nomeadamente da precipitação, em zonas de produto independentes e identificadas por lote de produto acabado, de forma a permitir rastrear estes materiais desde a sua produção até à sua utilização.

O agregado reciclado ARG 6,3/12,5 é sujeito ao controlo interno da produção pelo laboratório da empresa e os resultados são confrontados com os parâmetros definidos na declaração de desempenho. No caso de não verificar os requisitos, tomam-se as medidas necessárias para a ajuste do produto final, ou armazenam-se o produto em local adequado e identificado, até decisão para o seu encaminhamento por parte do fabricante.

O controlo da qualidade do agregado reciclado ARG 6,3/12,5, assegurado pela empresa, inclui a manutenção dos registos dos resultados dos ensaios efetuados e é objeto de verificações externas periódicas. Os ensaios, realizados pela empresa, no âmbito do controlo de produção em fábrica, bem como a respetiva periodicidade, devem respeitar o indicado no Quadro 5 da Especificação LNEC E471, reproduzido em anexo neste DA.

As condições de fabrico dos produtos, o controlo da produção em fábrica e as condições de armazenagem foram apreciados pelo LNEC, tendo-se concluído que são satisfatórios. Essas condições devem ser mantidas de modo a assegurar a constância das características do produto objeto do presente Documento de Aplicação.

4 MODALIDADES DE COMERCIALIZAÇÃO E DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA

4.1 Modalidades de comercialização

A empresa ECO IMPACT comercializa o agregado reciclado ARG 6,3/12,5 para o fabrico de betões de ligantes hidráulicos. Este produto é comercializado a granel, com a marcação CE aposta em conjunto com a guia de transporte, sendo o transporte da responsabilidade do cliente, acompanhado, eventualmente, da referência ao presente Documento de Aplicação do LNEC. A empresa deve disponibilizar, a pedido, a declaração de desempenho respeitante à marcação CE.

4.2 Assistência técnica

Os serviços de assistência técnica da empresa ECO IMPACT estão em condições de prestar todos os esclarecimentos necessários à aplicação do agregado reciclado ARG 6,3/12,5.

5 ANÁLISE EXPERIMENTAL

5.1 Condições dos ensaios

Para a caracterização do agregado reciclado ARG 6,3/12,5 foram realizados, no LNEC, ensaios de caracterização tendo por base os documentos normativos aplicáveis, sobre amostras entregues neste Laboratório Nacional.

5.2 Ensaios realizados

A análise experimental efetuada pelo LNEC consistiu na realização de ensaios de caracterização geométrica, física, química e mecânica de amostras do agregado reciclado ARG 6,3/12,5.

Os ensaios realizados em laboratório foram os seguintes:

- Análise granulométrica;
- Classificação dos constituintes;
- Forma;
- Resistência à fragmentação;
- Massa volúmica das partículas e absorção de água;
- Reatividade álcalis-silica;
- Estabilidade volumétrica;
- Teor de cloretos solúveis em ácido;
- Teor de sulfatos solúveis em água;
- Teor de sulfatos solúveis em ácido;
- Teor de enxofre total;
- Teor de álcalis;
- Contaminantes orgânicos leves;
- Constituintes orgânicos que afetam a presa e a resistência do betão;
- Outros constituintes que afetam a presa e a resistência do betão;
- Libertação de substâncias perigosas.

Também foi estudado o desempenho de dois betões com incorporação do agregado ARG 6,3/12,5, avaliando-se o efeito da utilização deste agregado reciclado em substituição do agregado grosso B1. As composições avaliadas constam do Quadro 2, onde as massas dos agregados correspondem ao estado saturado com superfície seca.

QUADRO 2

Quantidades dos constituintes das composições avaliadas, em kg/m³

Betões	B2	B1	AM	AF	C	F	Adj1	Adj2	Água
B_A	452,0	496,0	393,0	505,0	380,0	0,0	2,3	4,6	150,0
B_B	470,0	514,0	411,0	518,0	250,0	44,0	1,5	3,1	165,0

Nota: B2 é um agregado grosso britado de origem calcária da fração granulométrica 11/22; B1 é um agregado grosso britado de origem calcária da fração granulométrica 6,3/12,5; AM é um agregado fino britado e lavado de origem calcária da fração granulométrica (0/4); AF AM é um agregado fino lavado de origem siliciosa da fração granulométrica (0/2); C é um cimento CEM II/A-L 42,5 R; F é um fíler calcário; Adj1 o adjuvante MasterEase 3550; e Adj2 o adjuvante MasterPozzolith 7004.

5.3 Resultados dos ensaios

Os resultados dos ensaios, os métodos utilizados na realização dos mesmos e a apreciação dos resultados constam do relatório do LNEC n.º 415/2023 – DM/NBPC “AGREGADOS RECICLADOS EM BETÕES. Estudo para a emissão de um Documento de Aplicação”, elaborado para a empresa ECO IMPACT. Desses resultados constatou-se que os agregados ensaiados cumprem todos os requisitos de conformidade estabelecidos na Especificação LNEC E 471, para todas as aplicações.

6 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Em face dos resultados dos ensaios realizados no âmbito do estudo efetuado pelo LNEC, considera-se que está estabelecida a aptidão ao uso do agregado reciclado ARG 6,3/12,5, como constituinte do betão de ligantes hidráulicos, nas condições apresentadas na secção 5.

Contudo, para betões, com as composições avaliadas no estudo do LNEC, fabricados nos termos da NP EN 206, incorporando agregados que tenham as características enquadradas nos resultados apresentados no referido relatório do LNEC, a substituição da fração 6,3/12,5 do agregado de origem natural, pode conduzir a variações significativas do desempenho dos betões, como se descreve de seguida:

- A resistência à compressão, expressa em termos de classe de resistência, com a substituição de agregado B1 por ARG 6,3/12,5, pode diminuir até duas classes, para os betões mais resistentes (tipo B_A) e até uma classe para os do tipo B_B, dependendo da remessa de ARG 6,3/12,5 utilizada.
- No que respeita à durabilidade a ambientes das classes XS, verifica-se que os coeficientes de difusão, dos betões estudados tipo B_A, não apresentam variações significativas entre os betões sem agregado reciclado grosso e os que incorporaram esse agregado, independentemente do teor de ARG 6,3/12,5.

- Os betões estudados com agregado reciclado grosso apresentaram o mesmo desempenho, que o de referência, para a classe XC1.
- A exposição, dos betões estudados tipo B_B com ARG 6,3/12,5, a ambientes com risco de corrosão do aço por carbonatação, poderá implicar o aumento do recobrimento mínimo nominal até 5, 10 e 15 mm, em relação ao exigível para o betão de referência (só com agregados naturais), para as classes de exposição ambiental XC2, XC3 e XC4, respetivamente, de modo a garantir um tempo de vida útil de 50 anos. Refira-se, no entanto, que os betões estudados não respeitam a exigência da relação água-ligante máxima permitida para as classes XC3 e XC4, estipulada pela Especificação LNEC E 464.

Estas indicações não podem ser interpretadas como uma garantia dada pelo produtor ou pelo LNEC em relação ao desempenho dos betões com agregado reciclado ARG 6,3/12,5. Devem apenas ser consideradas como um meio para a escolha de produtos adequados em relação à utilização prevista.

Salienta-se também que um deficiente fabrico ou aplicação do betão ou condições de utilização distintas das previstas podem conduzir a anomalias de desempenho do betão e reduzir significativamente o seu desempenho.

7 ENSAIOS DE RECEÇÃO

Os ensaios de receção no local de fabrico do betão justificar-se-ão para verificar a identidade do produto fornecido relativamente ao que é objeto do presente Documento de Aplicação. Em tal caso, devem ser efetuados ensaios que permitam verificar que, para as características referidas no Quadro 1, o agregado reciclado ARG 6,3/12,5 exibem valores que se enquadram dentro dos limites que aí se especificam.

ANEXO

Ensaio de controlo da produção em fábrica

Propriedade	Frequência
Dimensão	1 vez por semana
Granulometria	1 vez por semana
Constituintes	1 vez por semana
Forma	1 vez por semana
Teor de finos	1 vez por semana
Resistência à fragmentação	2 vezes por ano
Massa volúmica	1 vez por semana
Absorção de água	1 vez por semana
Reação álcalis-sílica	2 vezes por ano
Estabilidade volumétrica	2 vezes por ano
Teor de cloretos solúveis em ácido	2 vezes por ano
Teor de sulfatos solúveis em água	1 vez por semana
Teor de sulfatos solúveis em ácido	2 vezes por ano
Teor de enxofre	2 vezes por ano
Constituintes orgânicos que afetam a presa e a resistência do betão	2 vezes por ano
Outros constituintes que afetam a presa e a resistência do betão	2 vezes por ano
Libertação de substâncias perigosas	2 vezes por ano
Teor de álcalis	2 vezes por ano

Nota: Conforme indicado na Especificação LNEC E 471, a frequência mínima de ensaio pode ser reduzida nas condições previstas no Anexo H da EN 12620, nomeadamente se os cuidados colocados na triagem dos resíduos o permitirem, devendo no entanto ser aumentada se a variação da composição dos agregados reciclados o justificar ou se os valores obtidos para as propriedades se encontrarem próximos dos limites fixados.

Descritores: Agregado para betão / Agregados grossos / Reciclagem de materiais / Documento de aplicação
Descriptors: Aggregate for concrete / Coarse aggregates / Recycled materials / Application document

