



# ESPECIFICAÇÃO LNEC

Documentação normativa

E 484

CI/SfB

p/s (Ajr)

CDU 691.004.8:625.711.2(083.74)

ISSN

0870-8592

## GUIA PARA A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM CAMINHOS RURAIS E FLORESTAIS

SETEMBRO DE 2016

### ÂMBITO

A presente Especificação LNEC fornece recomendações e estabelece requisitos mínimos para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) em caminhos rurais e florestais. Estes resíduos resultam de obras de construção, de reabilitação e de demolição de edifícios, de infraestruturas de transporte ou de outras estruturas de engenharia civil.

As aplicações destes materiais com ligantes hidráulicos ou outros ficam excluídas desta Especificação.

### GUIDE FOR THE USE OF MATERIALS RESULTING FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN RURAL AND FOREST ROADS

#### SCOPE

The present LNEC Specification provides recommendations and defines the minimum requirements that construction and demolition waste must comply with in order to be used in rural and forest roads. This construction and demolition waste come from construction works, rehabilitation and demolition of buildings, transport infrastructures or other civil engineering works.

The applications of these materials with hydraulic binders or other are excluded from this Specification.

### GUIDE POUR L'UTILISATION DE MATÉRIAUX PROVENANT DE RÉSIDUS DE CONSTRUCTION ET DE DÉMOLITION EN ROUTES RURALES ET FORESTIÈRES

#### OBJET

Cette Spécification LNEC présente des recommandations et établit les exigences minimales que les déchets de construction et de démolition doivent satisfaire pour leur utilisation en routes rurales et forestières. Ces déchets de construction et de démolition procèdent de travaux de construction, de réhabilitation et de démolition des bâtiments, d'infrastructures de transport ou d'autres structures de génie civil.

Les applications de ces matériaux avec des liants hydrauliques ou d'autres sont exclues de cette Spécification.

### ÍNDICE

1	Introdução .....	2	5	Classificação dos materiais processados .....	3
2	Referências normativas .....	2	6	Propriedades e requisitos mínimos .....	3
3	Processamento e armazenamento .....	2	7	Condições de aplicação .....	4
4	Aspetos ambientais .....	2	8	Controlo da qualidade .....	5
			9	Bibliografia .....	5

## 1 INTRODUÇÃO

A presente Especificação faz parte do conjunto de Especificações LNEC (E 471, E 472, E 473, E 474, E 483 e E 485) que estabelece as condições de utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) em obras de engenharia civil, permitindo assim minimizar o recurso a matérias-primas primárias e contribuir para a sustentabilidade na construção.

Esta Especificação fornece recomendações e estabelece requisitos mínimos para a utilização de materiais provenientes de RCD em caminhos rurais e florestais, neles se incluindo os solos e as rochas, ainda que provenham de obras distintas daquela em que irão ser usados.

Nesta Especificação, após se referirem as boas práticas de processamento e armazenamento dos RCD e os aspetos ambientais relevantes, procede-se à classificação dos materiais provenientes de RCD com base na sua constituição. Tendo em vista as condições de aplicação, é depois estabelecida a respetiva categoria, para a qual se indicam as propriedades a serem avaliadas, os correspondentes requisitos mínimos e a frequência da sua verificação.

## 2 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Nesta Especificação é feita referência aos seguintes documentos normativos:

NP EN 933-1:2014-pt – Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise granulométrica – Método da peneiração.

NP EN 933-11: 2011-pt – Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 11: Ensaio para classificação dos constituintes de agregados grossos reciclados.

NP EN 1097-1:2011-pt – Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 1: Determinação da resistência ao desgaste (micro-Deval).

NP EN 1097-2:2011-pt – Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 2: Métodos para a determinação da resistência à fragmentação.

EN 933-9:2009+A1:2013-en – Tests for geometrical properties of aggregates. Part 9: Assessment of fines - Methylene blue test.

EN 1744-1:2009+A1:2012-en – Tests for chemical properties of aggregates. Part 1: Chemical analysis.

EN 12457-4:2002-en – Characterisation 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 10 l/kg for materials with high solid content and with particle size below 10 mm (without or with size reduction).

EN 13383-2:2002-en – Armourstone. Part 2: Test methods.

LNEC E 471-2009 – Guia para a utilização de agregados reciclados em betões de ligantes hidráulicos.

LNEC E 472-2009 – Guia para a reciclagem de misturas betuminosas em central.

LNEC E 473-2009 – Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos.

LNEC E 474-2009 – Guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição em aterro e em camada de leito de infraestruturas de transporte.

LNEC E 483-2016 – Guia para a utilização de agregados reciclados provenientes de misturas betuminosas recuperadas para camadas não ligadas de pavimentos rodoviários.

LNEC E 485-2016 – Guia para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em preenchimento de valas.

NOTA: As emendas, as revisões ou as reedições das normas e das especificações, que não contemplem alterações relevantes relativamente às versões aqui referenciadas, consideram-se aplicáveis à presente Especificação; caso contrário, proceder-se-á à revisão desta Especificação.

## 3 PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO

O processamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) deve permitir a obtenção de materiais que satisfaçam quer as exigências técnicas quer as ambientais para a aplicação prevista. Como regra geral, o aproveitamento dos RCD, ou de fração dos mesmos, é tanto maior quanto menor for a presença de substâncias perigosas e de materiais indesejáveis. Assim, uma demolição seletiva e criteriosa tem um papel decisivo e deve ser incentivada.

Poderão, eventualmente, utilizar-se combinações de resíduos de diferentes origens, desde que a mistura se efetue adequadamente e em condições controladas, de modo a assegurar a homogeneidade do material.

O processamento dos resíduos de construção e demolição pode ter lugar em centrais fixas ou móveis e compreende, geralmente, quatro operações principais: triagem, redução primária, britagem e peneiração. A operação de triagem destina-se a segregar os constituintes indesejáveis, que prejudicam as características técnicas e ambientais do material processado. Os RCD com amianto devem ser segregados e identificados de acordo com a respetiva marcação regulamentada. Na operação seguinte, a redução primária, os resíduos sofrem uma redução das suas dimensões e procede-se de novo à remoção dos materiais indesejáveis. A britagem pode desenvolver-se em duas fases, com redução progressiva das dimensões dos resíduos. Finalmente, com a peneiração obtém-se um material classificado em diferentes granulometrias, de modo a contemplar as diversas necessidades de aplicação.

Os materiais resultantes do processamento de RCD devem ser armazenados em função da sua origem e dos seus constituintes principais, bem como da dimensão das partículas (d/D). No caso específico de pilhas constituídas por misturas betuminosas recuperadas deve ter-se em conta que pode ocorrer a aglutinação das partículas, especialmente quando a temperatura ambiente é elevada, ou quando o armazenamento é prolongado.

## 4 ASPETOS AMBIENTAIS

De um modo geral, os resíduos de construção e demolição (RCD) podem conter constituintes poluentes, pelo que o seu poder contaminante necessita de ser avaliado.

De entre os constituintes potencialmente poluentes dos RCD enumeram-se os metais pesados, os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) e o amianto.

De modo a garantir a proteção do ambiente e da saúde pública, considera-se necessária a realização de ensaios de lixiviação, exigindo-se a respetiva classificação como resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes de modo a poderem ser usados em caminhos rurais e florestais [1].

No caso particular das misturas betuminosas recuperadas, sempre que haja suspeita da existência de alcatrão, deve proceder-se à realização de ensaios com vista à despistagem da presença desta substância perigosa, dado conter elevados teores de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP).

No que respeita ao amianto, quando houver suspeição da sua ocorrência, deve igualmente proceder-se à realização de ensaios com vista à despistagem da presença desta substância perigosa.

Caso seja confirmada a presença de alcatrão ou de amianto nos RCD, estes não podem ser utilizados, por serem classificados como resíduos perigosos.

De salientar também que, numa perspetiva ambiental, a formação de poeiras associada à perda de material em caminhos rurais e florestais não revestidos constitui um efeito indesejável pelo que se recomenda uma manutenção adequada dos mesmos ou o recurso a supressores de poeiras.

## 5 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS PROCESSADOS

A classificação dos constituintes dos materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) deve ser avaliada de acordo com o procedimento preconizado na NP EN 933-11, aplicando as seguintes alterações:

- A massa  $M_p$ , usada na determinação das proporções relativas dos constituintes, corresponde a todo o material com partículas de dimensão superior a 4 mm e inferior ou igual às dimensões máximas ( $D_{max}$ ) indicadas no Quadro 2 da presente Especificação.
- A massa mínima  $M_i$ , a tomar para ensaio é de 80 kg se  $63 \text{ mm} < D_{max} \leq 80 \text{ mm}$  ou de 120 kg se  $80 \text{ mm} < D_{max} \leq 180 \text{ mm}$ .
- A massa do constituinte solo ("argila e solo"), separada do resto da amostra durante o procedimento de ensaio estabelecido na NP EN 933-11, será determinada e designar-se-á por  $M_s$ . Esta massa não será adicionada à dos restantes materiais incluídos na massa  $M_x$  referida na NP EN 933-11.

A proporção do solo na amostra é calculada a partir da equação:

$$R_s (\%) = 100 \times (M_s / M_i)$$

Para efeitos de utilização em caminhos rurais e florestais, os materiais provenientes de RCD abrangidos por esta Especificação são agrupados em três classes (CRA, CRB e CRC), definidas com base nas proporções relativas de cada um dos constituintes, como se indica no Quadro 1, as quais foram determinadas de acordo com o método estabelecido na NP EN 933-11, considerando as alterações referidas anteriormente.

A identificação dos materiais deve conter, no mínimo, a indicação do produtor e do local de produção, a classe (Quadro 1), a aplicação a que pertencem e a dimensão máxima das partículas ( $D_{max}$ ).

## QUADRO 1

Classificação dos materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD)

Classe	Proporção dos constituintes					
	$R_c + R_u + R_g$ (%)	$R_g$ (%)	$R_a$ (%)	$R_b + R_s$ (%)	$F_L$ (cm <sup>3</sup> /kg)	$X$ (%)
CRA	Sem limite	≤ 25	Sem limite	Sem limite	≤ 5	≤ 1
CRB	≥ 20	≤ 5	≤ 80	≤ 10	≤ 5	≤ 1
CRC	≥ 50	≤ 5	≤ 30	≤ 10	≤ 5	≤ 1

Constituintes (NP EN 933-11):

$R_c$	betão, produtos de betão e argamassas
$R_u$	agregados não ligados, pedra natural e agregados tratados com ligantes hidráulicos
$R_g$	vidro
$R_a$	materiais betuminosos
$R_b$	elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolos, ladrilhos e telhas), elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante
$R_s$	solos
$F_L$	material flutuante
$X$	outros: plásticos, borrachas, metais (ferrosos e não ferrosos), madeira não flutuante e estuque

## 6 PROPRIEDADES E REQUISITOS MÍNIMOS

Os pavimentos rodoviários devem, tanto quanto possível, constituir superfícies livres e desempenadas para que a circulação de veículos possa ocorrer em condições adequadas de segurança, conforto e economia. Nos casos dos caminhos rurais e florestais, tendo em conta as velocidades de circulação e o tipo e a frequência de veículos, as exigências são, normalmente, inferiores às praticadas noutras infraestruturas rodoviárias. Assim, a estrutura dos pavimentos nestes caminhos e a respetiva fundação podem ser simplificadas, optando-se muitas vezes por pavimentos não revestidos. No entanto, sempre que os requisitos estruturais e funcionais assim o exijam, os pavimentos dos caminhos rurais e florestais devem ser dimensionados com base em requisitos técnicos similares aos dos restantes pavimentos, contemplando a informação disponível, nomeadamente o valor previsto para o Tráfego Médio Diário de Pesados (TMDp).

No caso dos pavimentos não revestidos, pode ocorrer uma rápida variação das características estruturais e funcionais, em particular devido ao tráfego e às condições atmosféricas. Para atender a esta realidade, por vezes considera-se necessário impor determinadas condições de utilização, podendo mesmo ser necessário impedir a circulação de veículos, quando as condições atmosféricas são relativamente desfavoráveis.

A utilização dos materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) em caminhos rurais e florestais deve permitir cumprir os requisitos estruturais e funcionais da obra em causa. Relativamente às camadas traficadas não revestidas, de forma análoga ao que acontece quando se utilizam materiais naturais nestes pavimentos, o dimensionamento das camadas e as características exigidas aos materiais dependerão do tipo e frequência de veículos, do clima do local, da largura e das inclinações longitudinal e transversal da via, das condições de drenagem longitudinal e transversal, das condições de fundação e dos processos construtivos utilizados.

Os materiais provenientes de RCD devem apresentar propriedades físicas e mecânicas que lhes permitam exibir um adequado comportamento face aos mecanismos de degradação que é habitual considerar no dimensionamento de camadas traficadas não revestidas, nomeadamente: formação de rodeiras à passagem de veículos; desagregação das camadas por separação entre a fração fina e as partículas grossas; formação de lamas em época de chuvas; evolução granulométrica por quebra de partículas; perda de material por desgaste e formação de poeiras à passagem de veículos durante a época seca.

Relativamente aos aspetos funcionais, considera-se ser necessário assegurar condições de circulação que reduzam ao mínimo os riscos associados a: acidentes por falta de visibilidade devido à formação de poeiras; acidentes por perda de controlo do veículo por falta de aderência, quer devido à formação de lamas quer devido à desagregação das camadas; danos nos veículos em circulação ou em pessoas e bens situados em zonas adjacentes à faixa de rodagem, devido à projeção de partículas grossas que se soltam da camada superficial; danos nos veículos devido à irregularidade da superfície de circulação ou à presença de materiais com forma angular que possam danificar os pneumáticos.

Em várias circunstâncias, as solicitações a que este tipo de infraestruturas está sujeito e o desempenho estrutural e funcional que se lhes exige não requerem um investimento inicial muito significativo, permitindo que a estrutura do pavimento seja relativamente simples, em particular quando o valor de TMDp é reduzido, tipicamente  $TMDp \leq 50$ . Nestes casos, o pavimento pode ser constituído apenas por uma camada de desgaste não revestida assente numa camada de leito, ou, eventualmente, sobre uma camada de base. No entanto, os pavimentos assim construídos poderão exigir uma manutenção mais frequente do que acontece com outros pavimentos rodoviários, visando manter as condições de segurança e de operação.

Estabelecem-se no Quadro 2 as propriedades, as respetivas normas de ensaio e os correspondentes limites que os materiais das categorias indicadas no Quadro 1 devem satisfazer, para serem aplicados em caminhos rurais e florestais.

Os Cadernos de Encargos poderão especificar requisitos mais exigentes do que os indicados no Quadro 2.

## 7 CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

Os materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD), cujas categorias são apresentadas no Quadro 2, poderão ser aplicados de acordo com os seguintes critérios:

- Aterros para caminhos rurais e florestais – CR1, CR2, CR3 e CR4
- Leito do pavimento ou sub-base – CR2, CR3 e CR4
- Base do pavimento – CR3 e CR4
- Camada de desgaste não revestida – CR4

Como caso particular, considera-se que as entidades privadas que pretendam construir caminhos rurais e florestais fora do domínio

### QUADRO 2

Propriedades e requisitos mínimos dos materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) para caminhos rurais e florestais

Requisitos de conformidade			Categoria			
			CR1	CR2	CR3	CR4
Parâmetros	Propriedade	Norma de ensaio	CRA, CRB, CRC	CRA, CRB, CRC	CRB, CRC	CRC
Geométricos e de natureza	Dimensão máxima das partículas ( $D_{max}$ ) <sup>1</sup>	NP EN 933-1	$D_{max} \leq 180$ mm	$D_{max} \leq 80$ mm	$D_{max} \leq 40$ mm	$D_{max} \leq 40$ mm
	Teor de finos ( $\leq 0,063$ mm)	NP EN 933-1	–	$\leq 12\%$	$\leq 12\%$	$\leq 12\%$
	Qualidade dos finos ( $MB_{0/0,075}$ ) <sup>2,3</sup>	EN 933-9	–	$MB_{0/0,075} \leq 2,0$	$MB_{0/0,075} < 2,0$	$MB_{0/0,075} < 1,0$
Comportamento mecânico	Resistência à fragmentação (LA)	NP EN 1097-2	–	$LA \leq 50$	$LA \leq 45$ ou	$LA \leq 40$ ou
	Resistência ao desgaste (MDE)	NP EN 1097-1	–	$LA \leq 50$	$MDE \leq 45$	$MDE \leq 40$
Químicos	Teor de sulfatos solúveis em água <sup>4</sup>	NP EN 1744-1	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$
	Libertação de substâncias perigosas <sup>5</sup>	EN 12457-4	Classificação como resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes			

1 Nos casos em que a dimensão nominal das partículas é superior a 90 mm a dimensão máxima das partículas deve ser determinada de acordo com o estabelecido na norma EN 13383-2.

2  $MB_{0/0,075}$  é o valor de azul de metileno (MB) expresso em g/kg segundo a norma de ensaio EN 933-9, multiplicado pela percentagem da fração passada no peneiro de 2 mm.

3 Esta avaliação apenas deve ser realizada se o teor máximo em finos for superior a 3%.

4 Para teores de sulfatos superiores a 0,2%, estes materiais devem ser colocados a uma distância não inferior a 0,50 m de elementos estruturais de betão.

5 A classificação baseia-se apenas nos resultados do ensaio de lixiviação para  $L/S = 10$  l/kg – Tabela N.º 2 da Parte B do Anexo IV do Decreto-Lei 183/2009 (Secção 2.1.2.1, da Decisão do Conselho 2003/33/CE). De referir que, caso seja possível verificar que os materiais provenientes de RCD cumprem as condições relativas a RCD selecionados constantes da nota à Tabela nº 1, da Parte B, do Anexo IV, do Decreto-Lei 183/2009, não é necessário avaliar a libertação de substâncias perigosas.

público, poderão fazê-lo utilizando, em todas as aplicações anteriormente referidas, RCD, podendo deixar de ser observadas as exigências estabelecidas na secção 3 e no Quadro 1 da presente Especificação. No entanto, esses materiais devem ser isentos de matérias prejudiciais para o ambiente e terão de cumprir o requisito referente à libertação de substâncias perigosas estabelecido no Quadro 2. É de notar que ao utilizar todo o tipo de materiais poderá não ser fácil assegurar um desempenho adequado da infraestrutura.

No caso da aplicação dos materiais em aterros para caminhos rurais e florestais, apesar de não se estabelecerem requisitos mínimos relacionados com o comportamento mecânico, com o teor máximo em finos e com a qualidade dos mesmos, será necessário garantir que os materiais a utilizar e a forma como são colocados em obra conduzem a estruturas estáveis e com níveis máximos de deformação compatíveis com o seu normal funcionamento. Entre outros aspetos, é necessário garantir que os materiais têm condições para serem compactados em camadas, nomeadamente atendendo à sua distribuição granulométrica, à dimensão máxima das partículas, à plasticidade e ao teor em água que exibem no momento da compactação. Nos casos em que as camadas inferiores dos aterros venham a ser construídas em zonas inundáveis durante a época das chuvas, devem ser utilizados nessas camadas materiais que exibam pouca sensibilidade à água.

A aplicação dos materiais provenientes de RCD em caminhos rurais e florestais pode exigir a sua mistura com agregados naturais tendo em vista a sua correção granulométrica, ou a obtenção de materiais obedecendo aos restantes requisitos mínimos exigidos.

## 8 CONTROLO DA QUALIDADE

Sem prejuízo da regulamentação em vigor, e independentemente do tipo de obra, as propriedades dos materiais processados dos resíduos de construção e demolição (RCD) cuja verificação é exigida nesta Especificação devem ser avaliadas pelo produtor ou utilizador dos materiais pelo menos uma vez antes da sua aplicação.

Nos casos de obras realizadas no domínio público, as propriedades dos materiais referidas nesta Especificação devem ser controladas com a frequência estabelecida pelo dono da obra em que irão ser utilizados.

## 9 BIBLIOGRAFIA

- [1] Böhmer, S. *et al.* – “Aggregates case study”. In: Umweltbundesamt (Ed.) Final Report referring to Contract n° 150787-2007 F1SC-AT “Aggregates Case Study – Data Gathering”, 2008.

**NOTA:** A presente Especificação resulta de um estudo desenvolvido pelo LNEC, no âmbito de um contrato com a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P..



Descritores: Estrada rural / Estrada florestal / Material de construção de estradas / Reciclagem de materiais / Detritos de obras / Demolição de obras / Reutilização de materiais de construção / Guia / Especificação

Descriptors: Rural road / Forest road / Road construction material / Recycled materials / Construction waste / Demolition waste / Construction materials reuse / Guide / Specification

