



SN SEIXAL – SIDERURGIA NACIONAL S.A.  
2840-996 ALDEIA DE PAIO PIRES  
APARTADO 3 – SEIXAL  
PORTUGAL  
tel.: (+ 351) 21 227 85 00  
fax: (+ 351) 21 227 85 05  
e-e: info@megasa.com

**AGREGADO SIDERÚRGICO INERTE  
PARA CONSTRUÇÃO (ASIC)  
UTILIZAÇÃO EM MISTURAS BETUMINOSAS  
DO TIPO AC20 BASE**

MATERIAIS PARA PAVIMENTAÇÃO  
ROAD MATERIALS  
MATÉRIAUX ROUTIÈRES

NOVEMBRO DE 2020

A situação de validade do DA deve ser verificada no portal do LNEC ([www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)).

O presente Documento de Aplicação (DA), de carácter voluntário, define as características e estabelece as condições de produção e de utilização em misturas betuminosas do tipo AC 20 base, com betume convencional utilizado no mercado nacional, do tipo 35/50 ou 50/70 (AC 20 base 35/50 (MB) ou AC 20 base 50/70 (MB)), do agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0/6 mm, 6/12 mm e 12/18 mm, produzidas sob a responsabilidade da empresa SN Seixal – Siderurgia Nacional, S.A..

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) emite um parecer técnico favorável relativamente à utilização de agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0/6 mm, 6/12 mm e 12/18 mm, com uma taxa de incorporação de 75% de ASIC e 25% de agregado calcário, em misturas betuminosas do tipo AC 20 base, conforme descrito na secção 1 do presente Documento de Aplicação, para aplicação em obras de pavimentação, nas seguintes condições:

- A empresa SN Seixal – Siderurgia Nacional, S.A., assegura a constância das condições de produção do agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), que permite a aposição da marcação CE ao produto, nomeadamente através de um adequado controlo interno da produção sintetizado na secção 3.
- O campo de aplicação da mistura betuminosa do tipo AC 20 base 35/50 ou AC20 base 50/70, com incorporação de agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), respeita o estabelecido na secção 2.
- A colocação em obra respeita as regras descritas na secção 5.

A utilização, em obras de pavimentação, de agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0/6 mm, 6/12 mm e 12/18 mm em mistura betuminosa do tipo AC 20 base, fica condicionada pelas disposições aplicáveis da regulamentação em vigor.

Este Documento de Aplicação é válido até 30 de novembro de 2023, 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 de qualidade do produto.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em novembro de 2020.

O CONSELHO DIRETIVO

Carlos Pina  
Presidente

## 1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

### 1.1 Descrição geral

O agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0/6 mm, 6/12 mm e 12/18 mm e neste documento identificadas de acordo com a sua designação comercial – ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 - é um subproduto do processo de fabrico do aço, produzido em forno elétrico a arco onde é realizada numa primeira fase a fusão da sucata (matéria-prima principal) seguindo-se uma fase de afinação do aço líquido, durante a qual são removidos nomeadamente os óxidos contendo os componentes indesejáveis do aço e que constituem a escória negra. Após as operações de arrefecimento e triagem, crivagem, britagem e maturação deste material, são obtidas as frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18, para incorporação em misturas betuminosas do tipo AC 20 base, com betume convencional utilizado no mercado nacional do tipo 35/50 ou 50/70. Estas frações são produzidas sob a responsabilidade da empresa SN Seixal – Siderurgia Nacional S.A.

O agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC) é objeto de marcação CE nas frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18, sendo esta acompanhada das informações previstas no Anexo ZA da Norma NP EN 13043:2002/AC:2004 – *Agregados para misturas*

*betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação.*

### 1.2 Características principais

As frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 apresentam uma granulometria contínua e devem obedecer às especificações do caderno de encargos estabelecido pelo dono de obra para os agregados a incorporar no fabrico de misturas betuminosas do tipo AC 20 base, no que se refere às características geométricas, físicas e mecânicas.

As características das frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 foram determinadas em conformidade com o disposto na norma NP EN 13043:2002/AC:2004. No Quadro 1 apresentam-se as características das frações, associadas à marcação CE.

As misturas betuminosas do tipo AC 20 base, com betume convencional utilizado no mercado nacional do tipo 35/50 ou 50/70, devem estar em conformidade com a norma NP EN 13108-1:2016 – *Misturas betuminosas – Especificações dos materiais – Parte 1: Betão betuminoso.*

Os betumes do tipo 35/50 ou 50/70 devem estar em conformidade com a norma NP EN 12591:2011 – *Betumes e ligantes betuminosos – Especificações para betumes de pavimentação.*

### QUADRO 1

Características das frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 associadas à marcação CE

Característica		Método de ensaio	Expressão dos resultados	Valores declarados pelo fabricante*		
				ASIC 0-6	ASIC 6-12	ASIC 12-18
Dimensão das partículas		NP EN 933-1:2014	Categoria	G <sub>A</sub> 90	G <sub>C</sub> 85/35	G <sub>C</sub> 85/20
				G <sub>TC</sub> 20	G <sub>20/15</sub>	–
Teor de finos				FNR (<3%)	f <sub>1</sub>	f <sub>1</sub>
Índice de forma		EN 933-4:2008	Classe	–	SI <sub>15</sub>	SI <sub>15</sub>
Índice de achatamento		NP EN 933-3:2014	Classe	–	FI <sub>10</sub>	FI <sub>10</sub>
Massa volumica das partículas	Impermeáveis	NP EN 1097-6:2016	Mg/m³	3,50 ± 0,05	3,56 ± 0,05	3,53 ± 0,05
	Secas		Mg/m³	3,44 ± 0,05	3,43 ± 0,05	3,41 ± 0,05
	Saturadas		Mg/m³	3,45 ± 0,05	3,47 ± 0,05	3,44 ± 0,05
Absorção de água			%	0,5	1,1	1,0
Estabilidade volumétrica (Expansão)		NP EN 1744-1:2009+A1:2014	Classe	V <sub>3,5</sub> MgO = 9%	V <sub>3,5</sub> MgO = 9%	V <sub>3,5</sub> MgO = 9%
Resistência ao choque térmico		NP EN 1367-5:2016	Classe	NPD	0	0
Resistência ao gelo-degelo		NP EN 1367-7:2014	Classe	WA <sub>24</sub>	WA <sub>24</sub>	WA <sub>24</sub>
Resistência à fragmentação		NP EN 1097-2:2011	Classe	–	LA <sub>20</sub>	LA <sub>20</sub>
Resistência ao desgaste		NP EN 1097-1:2012	Classe	–	MDE15	MDE15
Resistência ao polimento		EN 1097-8:2009	Classe	–	PSV <sub>62</sub>	PSV <sub>62</sub>

\* Valores apresentados na declaração de desempenho (DD) relativa ao produto.

### 1.3 Avaliação da libertação de substâncias perigosas

No Quadro 2 apresentam-se os valores médios, obtidos em laboratório, relativos à libertação de metais pesados por lixiviação e à libertação de outras substâncias perigosas, de duas amostras das frações ASIC 0-6 mm, 6-12 mm e 12-18 mm, tendo como base o estabelecido no Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de agosto (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).

No que respeita à libertação de substâncias perigosas e com base nos ensaios de lixiviação, para os parâmetros determinados, pode constatar-se que as frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 cumprem os requisitos de admissibilidade para a deposição de resíduos em aterro para resíduos inertes (Decreto-Lei n.º 183/2009).

#### QUADRO 2

Características do eluato de amostra de ASIC  
e limites admissíveis para a deposição de resíduos  
em aterro para resíduos inertes

Parâmetros	Identificação	Limites admissíveis*
	Amostra de (ASIC 0-6 + ASIC 6-12 + ASIC 12-18)	Resíduos inertes
pH	11,94	–
Condutividade (µS/cm)	1644,5	–
Bário, Ba (mg/kg)	1	20
Cádmio, Cd (mg/kg)	< 0,03	$4 \times 10^{-2}$
Cromo (mg/kg)	0,22	0,5
Cobre, Cu (mg/kg)	< 0,4	2
Níquel, Ni (mg/kg)	< 0,2	$4 \times 10^{-1}$
Chumbo, Pb (mg/kg)	< 0,5	$5 \times 10^{-1}$
Zinco, Zn (mg/kg)	< 0,9	4
Cloretos, Cl (mg/kg)	10,1	800
Sulfatos, $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/kg)	247	1000

\* Tabela n.º 2 do Dec-Lei 183/2009 (ponto 2.2.1 do anexo da Decisão do Conselho 2003/33/CE).

## 2 CAMPO DE APLICAÇÃO

O agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18, destina-se a incorporar o fabrico de misturas betuminosas do tipo AC 20 base, com betume convencional utilizado no mercado nacional do tipo 35/50 ou 50/70, numa proporção de 75% de ASIC e 25% de agregado calcário, para aplicação em obras de pavimentação.

## 3 FABRICO E CONTROLO DA QUALIDADE

A empresa SN Seixal – Siderurgia Nacional S.A. é a responsável pela produção dos agregados artificiais: ASIC 0-6, ASIC 6-12 e

ASIC 12-18. No âmbito da sua atividade de produção de ASIC, contrata como fornecedor de serviços para o seu processamento uma organização especializada nesse domínio e vincula essa empresa, ao cumprimento dos procedimentos e manual de produção, situada no estaleiro da Siderurgia Nacional no Seixal.

A SN Seixal – Siderurgia Nacional S.A. possui os sistemas de gestão da qualidade e ambiental, certificados segundo as normas NP EN ISO 9001:2015 (Certificado n.º 1999/CEP.900) e ISO 14001:2015 (Certificado n.º GA-2009/0448), respetivamente. Os agregados ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 possuem marcação CE segundo a norma EN 13043:2002/AC:2004, em conformidade com o Regulamento dos Produtos de Construção (Certificado CPF n.º 1328-CPR-0102).

O Controlo de Produção em Fábrica do processo produtivo do ASIC na SN Seixal assenta nas atividades desenvolvidas ao longo do processo de fabrico e transformação da escória siderúrgica em agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), por forma a garantir a uniformidade ao longo do tempo das características (geométricas, mecânicas, físicas e químicas) que viabilizam a utilização do ASIC como agregado para incorporação em misturas betuminosas.

Neste processo produtivo é realizada a fusão da sucata (matéria-prima principal) num forno elétrico a arco, onde é convertida em aço líquido. Após a recolha da escória na fossa do forno elétrico, durante a fase de afinação da composição do aço, a mesma é depositada em boxes específicas de arrefecimento até à temperatura ambiente, passando à operação de triagem. Após esta operação a escória é sujeita a operações de arrefecimento, crivagem, britagem, e maturação para obtenção das granulometrias inerentes à produção do ASIC 0/6 mm, 6/12 mm e 12/18 mm, com auxílio de um conjunto de equipamentos móveis (pás carregadoras, *dumpers* e gruas) e fixos (tremonha, correias transportadoras e crivos).

O material é armazenado em pilhas independentes em função da fração de ASIC, permitindo o seu rastreio desde a sua produção até ao armazenamento e de forma a garantir uma distância de segurança entre elas, que permita a circulação da pá carregadora e camiões, sem que ocorram contaminações (mistura de frações).

Para o controlo de produção, são realizados periodicamente ensaios dos agregados ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18, em laboratório externo; os resultados dos mesmos são confrontados com o definido nas Declarações de Desempenho (DD). Qualquer incumprimento dos requisitos é considerado uma Não Conformidade, desencadeando de imediato as medidas necessárias para correção do produto final ou a sua segregação como não conforme.

Em anexo apresenta-se uma listagem dos ensaios, bem como a respetiva periodicidade, realizados no âmbito do controlo de produção em fábrica dos agregados ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18.

As condições de fabrico, 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.

Em relação ao controlo da qualidade da mistura betuminosa com incorporação de 75% de ASIC e 25% de agregado calcário, os ensaios, a frequência e as tolerâncias de fabrico serão as usualmente indicadas no Caderno de Encargos da obra.

## 4 APRESENTAÇÃO COMERCIAL

O agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18, é comercializado a granel, com a marcação CE aposta, acompanhados da informação constante do Anexo ZA da norma Portuguesa NP EN 13043:2002/AC:2004 e, eventualmente, da referência ao presente Documento de Aplicação do LNEC. A empresa deve disponibilizar, a pedido, a respetiva declaração de desempenho.

## 5 APLICAÇÃO EM OBRA

A incorporação das frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 em misturas betuminosas do tipo AC 20 base deve ser precedida da realização de um estudo de formulação laboratorial, por forma a definir as percentagens de incorporação de cada uma das frações, bem como do agregado calcário e do fíler comercial, num total de 75% de ASIC e 25% de agregado calcário. Deve ser avaliado o desempenho mecânico da mistura betuminosa formulada.

O processo de fabrico, nomeadamente no que se refere às temperaturas de aquecimento dos agregados ASIC, espalhamento e equipamento, e temperaturas de compactação da mistura betuminosa com incorporação das frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18, deve ser objeto de avaliação em trecho experimental, previamente à aplicação em camadas de base de pavimentos rodoviários.

Durante o processo de incorporação das frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 no fabrico da mistura betuminosa do tipo AC 20 base e na respetiva aplicação, devem ser usados equipamentos de proteção individual e vestuário adequados às operações a realizar.

## 6 MODALIDADES DE COMERCIALIZAÇÃO E DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA

### 6.1 Modalidades de comercialização

O agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 é comercializado a granel, com a marcação CE aposta em conjunto com a guia de transporte.

A atividade associada à comercialização do ASIC produzido pela SN Seixal está a cargo de uma entidade externa.

### 6.2 Assistência técnica

A SN Seixal está em condições de prestar assistência técnica por uma equipa especializada sempre que para tal for solicitada.

Esta assistência traduz-se através do aconselhamento a clientes, do acompanhamento e/ou realização de aplicações e da análise de reclamações.

## 7 ANÁLISE EXPERIMENTAL

### 7.1 Condições dos ensaios

Para a caracterização de mistura betuminosa do tipo AC 20 base, com incorporação de 75% de agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 e de 25% de agregado calcário, onde se inclui o fíler comercial, foram realizados, no LNEC, ensaios de caracterização dos agregados constituintes bem como das misturas betuminosas com betume do tipo 35/50 e 50/70, tendo por base os documentos normativos NP EN 13108-1:2011 – *Misturas Betuminosas – Especificações dos materiais para betão betuminoso* e NP EN 13043:2004/AC:2010 – *Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação*.

### 7.2 Ensaios realizados

Foram efetuados ensaios sobre amostras de agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 entregues no LNEC, bem como sobre amostras recolhidas por técnicos do LNEC. Foram também realizados ensaios sobre misturas betuminosas do tipo AC 20 base 35/50 e AC 20 base 50/70, com 75% de incorporação de ASIC.

a) Ensaios de caracterização geométrica, física química e mecânica de amostras do agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC), nas frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18

- Análise granulométrica
- Índice de achatamento
- Índice de forma
- Equivalente de areia
- Azul de metileno
- Massa volúmica das partículas
- Absorção de água
- Resistência à fragmentação do agregado grosso
- Resistência ao desgaste do agregado grosso
- Sulfatos solúveis em água
- Sulfatos solúveis em ácido
- Enxofre total
- Libertação de substâncias perigosas

b) Ensaios laboratoriais para formulação das misturas betuminosas e avaliação das respetivas propriedades mecânicas

- Fabrico da mistura e compactação de provetes
- Baridade
- Baridade geométrica
- Baridade máxima teórica
- Porosidade e VMA
- Estabilidade e deformação
- Avaliação da sensibilidade à água
- Resistência à fadiga
- Resistência à deformação permanente

- c) Ensaios realizados sobre a camada compactada e sobre carotes colhidas da camada
- Ensaios de carga com defletômetro de impacto (*in situ*)
  - Baridade
  - Baridade máxima teórica
  - Porosidade e VMA

### 7.3 Resultados dos ensaios

Os resultados dos ensaios, as técnicas utilizadas para a realização dos mesmos e a apreciação dos resultados obtidos constam dos relatórios LNEC “Estudo da incorporação de agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC) em misturas betuminosas para pavimentação – Fase 1” de 2017; “Relatório síntese dos resultados obtidos no âmbito do “Estudo da incorporação de ASIC em misturas betuminosas para pavimentação”” de 2018 e “Estudo da incorporação de agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC) em misturas betuminosas para pavimentação – Fase 2 e Fase 3” de 2020.

## 8 VISITAS A OBRAS

As visitas efetuadas ao trecho experimental realizado permitiram avaliar a viabilidade da utilização de processos construtivos tradicionais para aplicação de misturas betuminosas do tipo AC 20 com incorporação das frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 em camadas de base de pavimentos e observar um comportamento satisfatório dos pavimentos incorporando estas camadas, não tendo sido detetada, nas inspeções visuais realizadas, qualquer anomalia significativa.

## 9 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Em face dos resultados dos ensaios e das visitas a obra realizados no âmbito do estudo efetuado pelo LNEC, considera-se que as frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18, destinadas a serem utilizadas com uma taxa de incorporação de 75%, na constituição de misturas betuminosas do tipo AC 20 base, com betume convencional utilizado no mercado nacional do tipo 35/50 ou 50/70, para construção de camadas betuminosas de base de pavimentos rodoviários, são adequadas ao uso previsto.

Os resultados dos ensaios de carga com defletômetro de impacto (FWD) realizados sobre o trecho experimental construído

permitem constatar que é possível obter valores do módulo de deformabilidade superiores aos geralmente obtidos para camadas betuminosas de base, constituídas unicamente por agregados naturais.

Para pavimentos corretamente dimensionados e construídos, desde que os agregados em questão sejam aplicados nas condições definidas no presente Documento de Aplicação, pode estimar-se que as camadas betuminosas de base de pavimentos rodoviários executadas com incorporação de 75% das frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 possuem um período de vida útil de 20 anos.

A indicação acerca do valor do módulo de deformabilidade das camadas e do período de vida útil não pode ser interpretada como uma garantia dada pelo fabricante ou pelo LNEC. Essa indicação deve apenas ser considerada como um meio para a escolha de produtos adequados em relação à utilização prevista. Salienta-se, entretanto, que condições associadas a uma deficiente conceção do pavimento, a uma deficiente construção ou a condições de utilização distintas das previstas podem conduzir a anomalias no funcionamento das camadas do pavimento rodoviário e reduzir significativamente a sua durabilidade.

## 10 ENSAIOS DE RECEÇÃO

Os ensaios de receção em obra justificar-se-ão para verificar a identidade do produto fornecido relativamente ao que é objeto do presente Documento de Aplicação. Compete à Fiscalização tomar essa decisão, se a considerar necessária. Em tal caso, devem ser efetuados ensaios que permitam verificar que, para as características referidas no Quadro 1, as frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 apresentam valores que se enquadram dentro dos limites que aí se especificam.

## 11 REFERÊNCIAS

Segundo os dados fornecidos pela empresa SN Seixal – Siderurgia Nacional, o agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC) é utilizado desde 2008, tendo sido já aplicado, mas nas frações 0/40 mm e 40/100 mm em camadas não ligadas de pavimentos rodoviários.

As frações ASIC 0-6, ASIC 6-12 e ASIC 12-18 foram aplicadas no trecho experimental construído no âmbito do “Estudo da incorporação de agregado siderúrgico inerte para construção (ASIC) em misturas betuminosas para pavimentação”.

## ANEXO

## Ensaio de controlo da produção em fábrica

Característica	Frequência
Granulometria/teor em finos	1 vez por semana
Qualidade dos finos	1 vez por semana
Forma	1 vez por mês
Resistência à fragmentação	1 vez por ano
Resistência ao desgaste	1 vez por ano
Massa volúmica	1 vez em 2 anos
Absorção de água	1 vez em 2 anos
Resistência ao choque térmico	1 vez por ano
Afinidade ao ligante betuminoso	1 vez por ano
Libertação de substâncias perigosas	Quando requerido e em caso de dúvida
Expansibilidade	2 vezes por ano

Nota: A frequência mínima de ensaio pode ser reduzida nas condições previstas no Anexo B da NP EN 13043: 2004 + AC: 2004 + Errata: 2018, devendo, no entanto, ser aumentada se a variação da composição dos agregados o justificar ou se os valores obtidos para as propriedades se encontrarem próximos dos limites fixados.

Descritores: Mistura betuminosa / Agregado / Pavimento rodoviário / Siderurgia / Documento de Aplicação / PT  
Descriptors: Bituminous mixture / Aggregate / Road pavement / Steel Industry / Application Document / PT

