



DOCUMENTO DE APLICAÇÃO

S&P Polska Sp. Z o.o
ul. Bydgoska 9
PL-82-200 Malbork
tel.: +48 55 646 97 00 fax: +48 55 646 97 01
e-e: info@sp-polska.pl
Representante em Portugal:
Clever Reinforcement Ibérica, Lda.
Rua José Fontana n.º 76
2845-408 Amora
Tel: +351 21 225 33 71
e-e: info@sp-reinforcement.pt

S&P CARBOPHALT® G

GRELHA DE FIBRA DE CARBONO PRÉ-REVESTIDA
COM BETUME OXIDADO PARA REFORÇO DE PAVIMENTOS

DA 82

CI/SfB

| | J | m9:s9 | (Ajr) |

CDU

625.76.089

ISSN

1646-3595

GRELHAS PARA REFORÇO
DE PAVIMENTOS
GRIDS FOR PAVEMENTS
REINFORCEMENT
GRILLES POUR LE RENFORCEMENT
DES CHAUSSEES

JANEIRO 2018

A situação de validade do DA deve ser verificada no portal do LNEC (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 reforço de pavimentos da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G produzida pela empresa S&P Polska Sp. Z o.o, a qual é representada em Portugal pela empresa Clever Reinforcement Ibérica, Lda.

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) emite um parecer técnico favorável relativamente à utilização da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G descrita na secção 1 do presente Documento de Aplicação, em pavimentos flexíveis e semirrígidos, nas seguintes condições:

- A empresa S&P Polska Sp. Z o.o mantém a constância das condições de produção 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 grelha respeita o estabelecido na secção 2.
- A colocação em obra respeita as regras descritas na secção 5.

A utilização da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G para reforço de pavimentos fica ainda condicionada pelas disposições aplicáveis da regulamentação em vigor.

Este Documento de Aplicação é válido até 31 de janeiro de 2021, 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 janeiro de 2018.

O CONSELHO DIRETIVO

Carlos Pina
Presidente

1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

1.1 Descrição geral

A grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G (ilustrada na Figura 1) é constituída por fibras de vidro (na direção longitudinal) e por fibras de carbono (direção transversal). As fibras de carbono utilizadas são do tipo Tenax® UTS. Este produto é produzido pela empresa S&P Polska Sp. Z o.o, a qual é representada em Portugal pela empresa Clever Reinforcement Ibérica.

Esta grelha é pré-revestida com betume oxidado com o objetivo de melhorar a capacidade de ligação da grelha às camadas de pavimento, promovendo uma maior adesão entre a grelha e as camadas adjacentes do pavimento, condição fundamental para um bom desempenho após a sua aplicação.

A face superior da grelha apresenta-se polvilhada com areia quartzítica e na face inferior é visível a existência de uma película plástica não aderente, a queimar durante o processo de aplicação por termo-fusão.

A grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G colocada no mercado é objeto de marcação CE, acompanhada das informações previstas no Anexo ZA da Norma EN 15381:2008 – *Geotextiles and geotextile-related products. Characteristics required for use in pavements and asphalt overlays*.

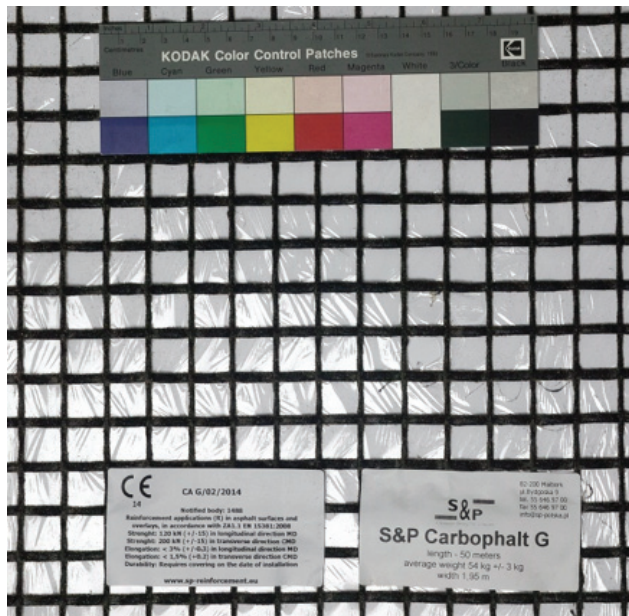


Figura 1 – Grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G

1.2 Características principais

A grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G é constituída, nas direções longitudinal e transversal, por fibras de vidro e de carbono, respetivamente, entrelaçadas, constituindo uma malha quadrada com abertura de 15 mm, apresentando-se pré-revestida por betume oxidado aplicado com uma taxa mínima de 220 g/m².

Na face superior da grelha é aplicada uma areia quartzítica com dimensões entre 0,2 mm e 0,8 mm a uma taxa de 0,1 kg/m².

No Quadro 1 apresentam-se as características mecânicas da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G que constam da respetiva ficha técnica, bem como as associadas à marcação CE.

As propriedades da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G foram determinadas em conformidade com o disposto na Norma EN 15381:2008.

QUADRO 1

Características mecânicas da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G

Característica		Método de ensaio	Expressão dos resultados	Valores declarados pelo fabricante
Módulo de elasticidade da fibra	Direção longitudinal	EN ISO 13934-1:2013 ASTM D6637/D6637M-15	N/mm²	≥ 73 000
	Direção transversal		N/mm²	≥ 265 000
Resistência à tração*	Direção longitudinal		kN/m	120 com alongamento ≤ 1,5%
	Direção transversal		kN/m	200 com alongamento ≤ 1,5%
Alongamento para a carga máxima	Direção longitudinal		%	≤ 4,5
	Direção transversal		%	≤ 1,9
Durabilidade*		–	–	Requer cobertura na data de aplicação

* Valores apresentados na declaração de desempenho relativa ao produto associadas à marcação CE.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

A grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G destina-se a ser aplicada na construção ou na reabilitação de pavimentos com a função de reforço, conforme previsto na norma EN 15381:2008.

O campo de aplicação da grelha S&P CARBOPHALT® G compreende a utilização em pavimentos rodoviários e aeroportuários, plataformas logísticas e portuárias, com a função de reforço, como forma de aumentar a durabilidade do pavimento através da prevenção da propagação de fendas, contribuindo também para o reforço estrutural do pavimento.

Estas grelhas podem ser aplicadas, preferencialmente, sobre camadas fresadas ou, sobre camadas recém-construídas de pavimentos flexíveis ou semirrígidos. Apesar de ser mais frequente a aplicação das grelhas entre a camada de desgaste e a camada que lhe está subjacente, a sua aplicação não se restringe a esta situação, podendo ser aplicada em camadas inferiores. Segundo o fabricante a grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G deve ser aplicada sob uma camada betuminosa com uma espessura mínima de 0,02 m.

3 FABRICO E CONTROLO DA QUALIDADE

A produção da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G tem lugar nas instalações da empresa S&P Polska Sp. Z o.o, na Polónia. Esta grelha é produzida em teares mecânicos, com uma largura predefinida, sendo em seguida mergulhada em betume aquecido de modo a proporcionar uma embebição total da grelha. Posteriormente é colocada na face superior da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G uma areia quartzítica, para minimizar a aderência dos pneus à grelha, quando em aplicação. É também colocada uma película plástica não aderente de modo a permitir manusear e enrolar o produto para posterior armazenagem e expedição.

A armazenagem dos rolos de grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G ocorre nas instalações da S&P Polska, por lotes, definidos em função da data de fabrico, corretamente identificados com o tipo de grelha e características das fibras usadas, protegidos

do sol e de fontes de calor, em lugar fresco e seco, em embalagens fechadas, destinadas a serem transportadas para o destino final.

As condições de fabrico da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G e o respetivo controlo da produção foram apreciados pelo LNEC, tendo-se concluído que são satisfatórios. O controlo da produção assegurado pela empresa inclui a manutenção dos registos dos resultados dos ensaios efetuados e é objeto de verificações externas periódicas, no âmbito da aposição da marcação CE.

4 APRESENTAÇÃO COMERCIAL

A empresa Clever Reinforcement Ibérica, pertencendo ao grupo S&P, é a representante portuguesa da empresa S&P Polska Sp. Z o.o e comercializa em Portugal, desde 2007, a grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G para reforço de pavimentos rodoviários e aeroportuários, plataformas logísticas e portuárias.

Este produto é comercializado em rolos com 1,95 m, 1,50 m ou 0,97 m de largura e com 50 m de comprimento, com a marcação CE aposta, acompanhada da informação constante do Anexo ZA e, eventualmente, referência ao presente Documento de Aplicação do LNEC. A empresa deve disponibilizar, a pedido, a respetiva declaração de desempenho CE.

5 APLICAÇÃO EM OBRA

A aplicação da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G deve ser antecedida da aplicação de uma rega de colagem realizada, preferencialmente, com uma emulsão betuminosa catiónica de rotura rápida, termoaderente, em que o ligante original é um betume modificado quimicamente com polímeros elastoméricos. Esta emulsão deve ser aplicada de forma homogénea e a uma taxa não inferior a 300 g/m² e não superior a 500 g/m².

A grelha S&P CARBOPHALT® G deve ser aplicada sobre a rega de colagem apenas após a rotura da emulsão, de modo a potenciar uma adequada aderência entre a grelha e a camada betuminosa subjacente. Todo o processo de aplicação deve ser convenientemente controlado, salientando-se o desempenho e a limpeza da superfície da camada subjacente e a aplicação da emulsão que deve garantir uma adequada ligação da interface.

A instalação da grelha deve ser, preferencialmente, realizada por meios mecânicos, em detrimento de meios manuais. Esta aplicação é promovida por um processo de termo-fusão, mediante a utilização de equipamentos desenvolvidos e patenteados pela S&P Clever Reinforcement Company AG. A grelha, depois de colocada no equipamento, é desenrolada sobre o pavimento, passando sequencialmente por uma chama de queima que amolece o betume que reveste a grelha, e por um conjunto de rolos-prensa que promovem o ajuste da grelha à superfície da camada onde está a ser aplicada.

A largura de aplicação da grelha é função da extensão que se pretende reforçar, devendo ser preferencialmente aplicada numa largura não inferior à totalidade da via a reabilitar, de modo a cumprir a função de reforço estrutural do pavimento. Para uma correta aplicação deve verificar-se uma sobreposição mínima longitudinal de 0,02 m e transversal de 0,15 m.

A grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G pode ser aplicada em zonas curvas, devendo ser efetuados os cortes necessários para evitar pregas na fibra aplicada e executar sobreposições de continuidade mínimas de 0,10 m.

Após aplicação, a grelha pode ser exposta diretamente ao tráfego em condições de velocidade reduzida, sendo, contudo, preferível proceder-se à execução da camada de mistura betuminosa a quente sobrejacente.

Durante a aplicação em obra da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G devem ser usados os equipamentos de proteção individual e o vestuário adequados à operação a realizar.

6 MODALIDADES DE COMERCIALIZAÇÃO E DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA

6.1 Modalidades de comercialização

A empresa Clever Reinforcement Ibérica, Lda. comercializa a grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G através de venda direta, promovendo ainda a sua aplicação, caso seja solicitada.

6.2 Assistência técnica

A empresa Clever Reinforcement Ibérica, Lda. está em condições de prestar assistência técnica em obra, sempre que para tal for solicitada, assegurada por uma equipa especializada. A assistência técnica inclui aconselhamento a clientes, acompanhamento e/ou realização de aplicações, análise de reclamações e formação a clientes.

7 ANÁLISE EXPERIMENTAL

7.1 Condições dos ensaios

Para a caracterização da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G e do seu desempenho, quando aplicada no reforço de pavimentos, foram realizados no LNEC ensaios laboratoriais, tendo por base os documentos normativos aplicáveis.

Foram efetuados ensaios sobre amostras entregues no LNEC, bem como sobre amostras colhidas após a aplicação *in situ* da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G, nomeadamente carotes e lajetas com incorporação da grelha de fibra de carbono. A colheita de amostras foi efetuada por técnicos do LNEC ou na sua presença.

Adicionalmente, o LNEC realizou, nas referidas obras, a inspeção visual da superfície dos pavimentos e ensaios de carga com deflectómetro de impacto.

7.2 Ensaios realizados

Os ensaios laboratoriais realizados foram os seguintes:

- Ensaio de Leutner modificado para caracterização da interface.
- Ensaio de flexão com quatro pontos de apoio (4PBT) para determinação do módulo de rigidez.
- Ensaio de flexão com três pontos de apoio (3PBT) para avaliação do fendilhamento.

Os ensaios realizados *in situ* sobre camadas compactadas, foram os seguintes:

- Inspeção visual da superfície do pavimento.
- Ensaio de carga com deflectómetro de impacto (FWD).

7.3 Resultados dos ensaios

Os resultados dos ensaios realizados pelo LNEC foram, globalmente, satisfatórios. Os resultados destes ensaios, as técnicas utilizadas para a realização dos mesmos e a apreciação dos resultados obtidos constam dos relatórios LNEC "Estudo para emissão de documentos de aplicação (DA) relativos a grelhas de fibra de vidro S&P GLASPHALT® G e de fibra de carbono S&P CARBOPHALT® G. Fase 1 – Avaliação das características das grelhas", de 2016, e "Estudo para emissão de documento de aplicação (DA) relativo à grelha de fibra de carbono

S&P CARBOPHAT® G. Fase 2 – Avaliação do desempenho da grelha após aplicação”, de 2018.

Os ensaios de Leutner modificado realizados sobre provetes colhidos em pavimentos reabilitados com a introdução da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHAT® G, aplicada com meios mecânicos, nas condições expressas no ponto 5, sobre camadas betuminosas fresadas, permitiram obter valores médios da força de corte máxima entre as camadas superiores a 21 kN.

Os ensaios laboratoriais realizados sobre provetes prismáticos colhidos de pavimentos reabilitados com a introdução da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHAT® G aplicada sobre camadas betuminosas fresadas, para avaliação do comportamento mecânico, evidenciaram um melhor comportamento à fadiga, quando comparado com o usualmente obtido em provetes betuminosos não reforçados.

Os ensaios laboratoriais realizados sobre provetes prismáticos obtidos a partir de lajetas compactadas em laboratório com a introdução da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHAT® G evidenciaram uma maior capacidade de absorção da energia aplicada, promovendo o atraso na propagação do fendilhamento, em comparação com os provetes sem inclusão de grelha de reforço.

Na inspeção visual do trecho experimental acompanhado (em itinerário principal – IP), não foi observada, após 12 e 24 meses de entrada em serviço, a presença de fendilhamento à superfície.

Os resultados dos ensaios de carga com deflectómetro de impacto (FWD) realizados sobre as camadas construídas com a introdução da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHAT® G, nos pavimentos acompanhados, evidenciam uma maior homogeneidade do comportamento das camadas, expressa nos valores dos módulos de deformabilidade respetivos, sendo que os valores obtidos são superiores aos apresentados para a solução sem reforço.

8 VISITAS A OBRAS

Realizaram-se visitas a obras onde se verificou a aplicação da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHAT® G que permitiram avaliar a viabilidade de utilização em camadas de pavimentos rodoviários e aeroportuários e observar um comportamento satisfatório dos pavimentos, não tendo sido detetada, nas inspeções visuais realizadas, qualquer anomalia significativa, nomeadamente o aparecimento de fendilhamento à superfície.

Foram ainda acompanhadas duas obras de reabilitação de pavimentos com a aplicação da grelha S&P CARBOPHAT® G, uma em pavimentos rodoviários (itinerário principal – IP) e outra em pavimento aeroportuário (caminho de circulação). Esta grelha foi aplicada sob diferentes condições (aplicação mecânica e manual) e sobre camada previamente fresada ou sobre camada recém-construída, tendo sido observada e validada a metodologia de aplicação, colhidas amostras para caracterização laboratorial e realizados ensaios *in situ* para avaliação do desempenho dos pavimentos reabilitados, após entrada em serviço.

9 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Em face dos resultados dos ensaios e das visitas a obras realizados no âmbito do presente estudo, considera-se que a grelha de fibra

de carbono S&P CARBOPHAT® G, destinada a ser utilizada na reabilitação de pavimentos com a função de reforço, apresentou um comportamento que permite contribuir para a limitação da propagação de fendas às camadas subjacentes, bem como para o reforço estrutural do pavimento.

Para pavimentos corretamente dimensionados e construídos, desde que a grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHAT® G seja aplicada nas condições definidas no presente Documento de Aplicação, pode estimar-se que o pavimento executado com a grelha S&P CARBOPHAT® G apresente um período de vida útil de 20 anos.

A indicação acerca da força de corte na interface das camadas betuminosas dos pavimentos onde se verificou a aplicação da S&P CARBOPHAT® G 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 e dimensionamento do pavimento, a uma deficiente construção, ou a condições de utilização distintas das previstas, podem conduzir a anomalias no funcionamento das camadas do pavimento e reduzir significativamente a sua durabilidade.

10 ENSAIOS DE RECEÇÃO

Os ensaios de receção em obra do produto fornecido e objeto de avaliação neste Documento de Aplicação, nomeadamente a realização do ensaio de Leutner modificado ou do ensaio de carga com deflectómetro de impacto (FWD), justificar-se-ão para confirmar quer a aderência da grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHAT® G às camadas adjacentes do produto fornecido relativamente ao que foi objeto do Documento de Aplicação quer o reforço estrutural. Sobre o produto, poderão ser realizados ensaios que permitam validar os valores apresentados no Quadro 1. Compete à fiscalização tomar essa decisão, se a considerar necessária.

11 REFERÊNCIAS

A grelha de fibra de carbono S&P CARBOPHAT® G é utilizada em Portugal desde 2007, tendo sido já aplicada uma área superior a 210 000 m² em intervenções de reforço de pavimentos, segundo os dados fornecidos pela empresa Clever Reinforcement Ibérica, Lda.

Indicam-se seguidamente algumas das obras executadas com a aplicação da grelha de fibra de carbono, segundo dados fornecidos pela empresa:

- EN(R) 207 – Beneficiação entre a EN105 e Felgueiras (km 0 + 000 a km 4 + 980) e (km 16 + 908 a km 28 + 930);
- Remodelação da Plataforma 80, Aeroporto de Lisboa;
- A7 – Beneficiação do Troço Fafe/Basto;
- A28 – Beneficiação do Pavimento do km 6 + 050 ao km 7 + 650;
- Reabilitação dos Taxiway RSW, Aeroporto de Lisboa;
- Repavimentação da Cruz da Picada à Estrada de Alcáçovas, Évora;
- Execução de Empreitada de Obra Pública para requalificação do Cais do Sodré/ Corpo Santo, em Lisboa;

Descritores: Reforço de pavimento / Pavimento rodoviário / Pavimento de aeroporto / Camada do pavimento / Grelha / Fibras de carbono / Betume / Documento de aplicação

Descriptors: Pavement reinforcement / Road pavement / Airport pavement / Pavement layer / Grid / Carbon fibres / Bitume / Application document

