

APLICAÇÃO DE GEOSSINTÉTICOS NA MODERNIZAÇÃO E REABILITAÇÃO DE VIAS-FÉRREAS: CASOS DE OBRA

APPLICATION OF GEOSYNTHETICS IN RAILWAY REHABILITATION: CASE STUDIES

Pascoal, Nelson; afaplan, Vila Nova de Gaia, Portugal, nelson.pascoal@afaplan.com
Barroso, Madalena; LNEC, Lisboa, Portugal, mbarroso@lnec.pt

RESUMO

Os geossintéticos têm sido aplicados em vias-férreas com diferentes funções, tanto na construção de novas linhas, como na reabilitação das linhas existentes. Têm sido usados para separar materiais com granulometrias diferentes, para drenar, filtrar, reforçar ou estabilizar as diferentes camadas que constituem a superestrutura e a subestrutura da via-férrea, no controlo de erosão em taludes, etc. Neste artigo, apresentam-se três casos de obra em Portugal, desenvolvidos no âmbito do projeto de modernização da Linha da Beira Baixa, decorrido entre 2018 e 2021, em que foram usados geossintéticos com diferentes funções. O primeiro centra-se na aplicação de geotêxtil na parte inferior dos aterros construídos em zonas inundáveis, no troço denominado por Concordância das Beiras. O segundo e o terceiro casos de obra dizem respeito à aplicação de diferentes tipos de geossintéticos nos aterros dos encontros das pontes de Maçainhas e de Gogos, reconstruídos no âmbito da reabilitação das obras de arte.

ABSTRACT

The use of geosynthetics to reduce or replace traditional layers is nowadays an accepted part of track-bed construction and rehabilitation around the world. Geosynthetics have mainly been used for separation, filtration, drainage, reinforcement and stabilization. In this paper three case studies are presented, where the geosynthetics were used with different functions. These case studies were developed as part of the modernization of the Beira Baixa's railway, in Portugal, between 2018 and 2021. The first one addresses the application of geotextiles at the base of embankments built in flood areas, on soft soils, in a railway section known as Concordância das Beiras. The second and third cases concern the application of different types of geosynthetics at embankments on bridge abutments of the Maçainhas and Gogos bridges.

1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura ferroviária nacional remonta ao século XIX, tendo desde sempre assumido um papel preponderante no desenvolvimento do país. O incremento das necessidades tem-se refletido, pelo atravessar dos séculos, na evolução tecnológica e nas soluções construtivas que asseguraram a sustentabilidade da via-férrea. As exigências de qualidade do serviço, segurança e sustentabilidade são cada vez maiores. A maximização do desempenho do serviço ferroviário passa pelo aumento da capacidade de carga e da velocidade de circulação dos comboios. No entanto, este

incremento no serviço prestado só é possível com o correspondente incremento na capacidade de resposta da infraestrutura ferroviária perante as novas solicitações.

O importante conjunto de investimentos em curso para a consolidação da interoperabilidade ferroviária, no âmbito do programa Ferrovia 2020, veio trazer um novo ciclo de desafios, potenciando novas abordagens, entre as quais a utilização de geossintéticos.

Efetivamente, verifica-se uma crescente aplicação de geossintéticos em vias-férreas em Portugal, essencialmente na subestrutura, designadamente na camada de sub-balastro e na fundação da via.

O incremento da aplicação de geossintéticos deve-se, sobretudo, às vantagens que apresentam, comparativamente aos materiais tradicionais, destacando-se a versatilidade de funções que podem desempenhar, a rapidez com que se processa a sua aplicação e os benefícios económicos que apresentam.

Neste artigo, apresentam-se três casos de obra executados recentemente em Portugal no âmbito do projeto de modernização da Linha da Beira Baixa, cuja solução de projeto incluiu a aplicação de geossintéticos com diferentes funções. Os casos de obra localizam-se todos no troço Covilhã-Guarda. O primeiro refere-se à aplicação de geotêxtil na parte inferior dos aterros construídos em zonas inundáveis, na denominada Concordância das Beiras. O segundo e o terceiro casos de obra centram-se na aplicação de diferentes tipos de geossintéticos nos aterros dos encontros das pontes de Maçainhas e de Gogos, reconstruídos no âmbito da reabilitação das obras de arte.

2. CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS

2.1. Concordância das Beiras

2.1.1. Enquadramento

A denominada Concordância das Beiras diz respeito a um troço totalmente novo com 1,5 km de extensão, localizado junto à Guarda. Este troço foi construído com vista a efetuar a ligação entre as linhas da Beira Alta e da Beira Baixa, possibilitando a circulação direta de comboios internacionais pela segunda (sem necessidade das atuais manobras de troca de locomotiva na estação da Guarda), constituindo assim, uma alternativa viável para o tráfego ferroviário internacional à linha da Beira Alta.

Neste troço, a fundação da via-férrea é realizada em aterros. De acordo com as características geológico-geotécnico reconhecidas, os aterros interessam maioritariamente o maciço granítico, que se apresenta de muito alterado (W4) a decomposto (W5). Os aterros interessam também depósitos aluvio-coluvionares presentes na proximidade das principais linhas de água. Para além destes materiais, os aterros intercetam igualmente uma camada superficial, constituída por terra vegetal.

2.1.2. Projeto de execução

No caso dos aterros localizados sobre o maciço granítico, o projeto preconizava que, após decapagem da camada de terra vegetal, se procedesse à escarificação do solo, e posterior compactação, em duas camadas, com espessura final de 0,6 m. Esta

medida era particularmente pertinente no caso dos aterros de pequena altura (1 a 2 m) e dos aterros técnicos (nas cunhas de transição). Se, após a decapagem, o maciço rochoso ficasse exposto, as medidas mencionadas eram dispensadas uma vez que a formação geológica ocorrente apresentava características de resistência e de deformabilidade adequadas para suportar os aterros. Os locais onde havia maior afluência de água foram também alvo de tratamento, designadamente o saneamento parcial dos solos.

No caso dos aterros localizados sobre os depósitos aluvio-coluvionares, em geral, constituídos por solos areno-silto-argilosos, o projeto antecipava a possível ocorrência de assentamentos, preconizando o recurso ao tratamento da fundação nesses locais. Tendo em conta a importância da via-férrea em apreço, a informação geotécnica reunida e a reduzida espessura das aluviões, a opção recaiu sobre o saneamento integral dos solos ocorrentes, sempre que a sua espessura não ultrapasse os 2 m, e posterior reposição com materiais granular selecionado, proveniente de áreas de empréstimo.

No troço de via em apreço, os volumes deixados pelos solos saneados foram preenchidos de forma distinta, consoante se localizavam em zonas não inundáveis, ou em zonas inundáveis:

- zonas não inundáveis – preenchimento com material granular selecionado, proveniente de áreas de empréstimo;
- zonas inundáveis – a parte inferior do aterro (PIA) foi construída com enrocamento, até à profundidade máxima de 2 m abaixo do terreno natural, constituindo assim um pedrapleno, envolto em geotêxtil; no caso das zonas suscetíveis à inundaçã, foi adicionada uma zona de transição entre a PIA e o núcleo do aterro; a proteção foi executada até à altura mínima de 2 m, acima do terreno natural.

Na Figura 1 resumem-se, em planta, as diferentes soluções de projeto implementadas no troço da via-férrea da Concordância das Beiras, identificadas com diferentes cores.

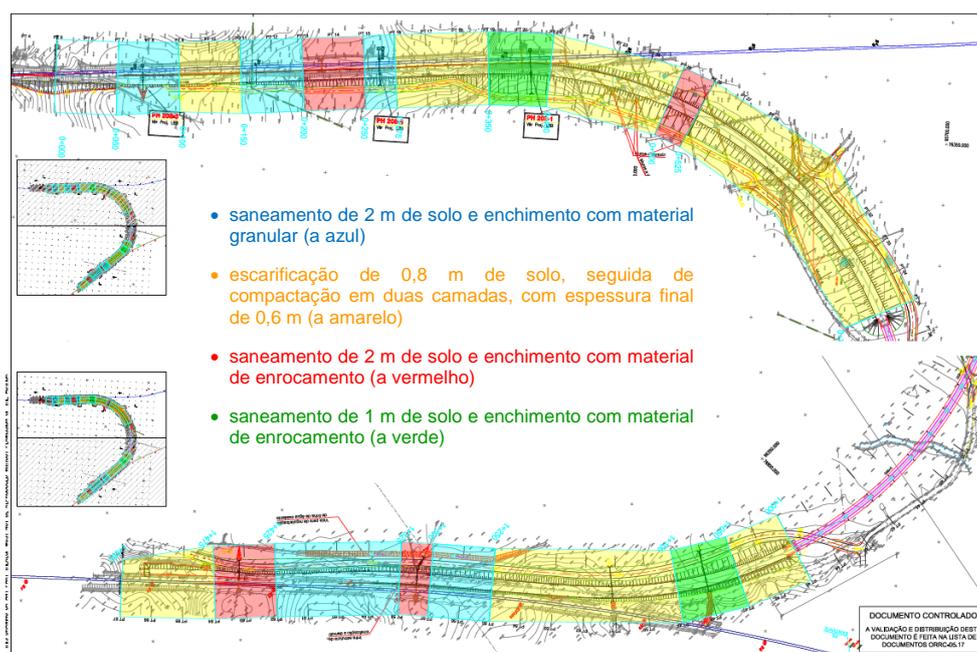


Figura 1 - Solução de projeto implementada (Profico/Fulcrum/Geoárea, 2016)

Na Figura 2 apresenta-se, a título de exemplo, um corte transversal de um perfil tipo com as diferentes soluções implementadas.

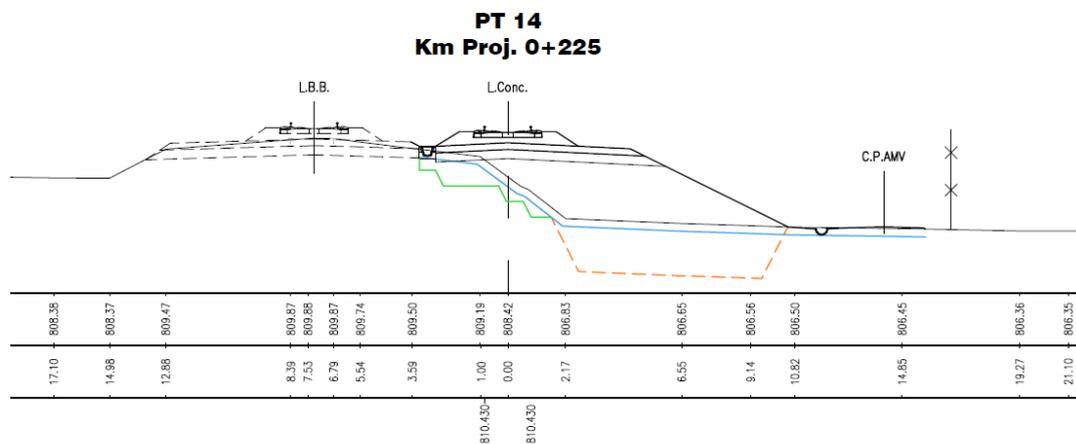


Figura 2 - Corte transversal de um perfil ao km 0+225 (Profico/Fulcrum/Geoárea, 2016)

2.1.3. Geotêxtil na parte inferior dos aterros construídos em zonas inundáveis

Conforme mencionado na secção anterior, nas zonas inundáveis, a parte inferior dos aterros foi construída com enrocamento envolto em geotêxtil. A função principal deste geossintético foi a separação entre o solo da camada de fundação e o enrocamento da camada sobrejacente, com vista a impedir a mistura destes materiais sob o efeito de solicitações mecânicas. Efetivamente, sob a ação da passagem dos comboios, o solo fino da camada de fundação pode migrar para a camada superior de enrocamento, diminuindo a capacidade de drenagem desta. Também o material da camada de enrocamento pode penetrar na camada subjacente, diminuindo a sua resistência.

Para além da função de separação, o geotêxtil facilitou a operação de colocação da camada de enrocamento e pode contribuir para melhorar o comportamento estrutural do solo de fundação, bem como servir de filtro entre as duas camadas.

Para desempenhar adequadamente a função de separação, o geotêxtil deve conseguir sobreviver às solicitações a que está sujeito durante a construção e durante o tempo de serviço. Para o efeito, foram definidos valores mínimos para as principais propriedades, nomeadamente, a resistência à perfuração dinâmica, a resistência à tração e correspondente deformação, a resistência ao punçoamento estático e a dimensão dos poros correspondente à dimensão das partículas que podem atravessar o geotêxtil.

Foi selecionado um geotêxtil de polipropileno, não tecido, agulhado, cujas principais características se apresentam no Quadro 1.

O geotêxtil foi colocado sobre o terreno natural, após o saneamento de 2 m de solos de alteração do maciço granítico. A superfície de apoio foi limpa, tendo sido removidos os fragmentos rochosos que poderiam danificar o geotêxtil.

A instalação do geotêxtil foi efetuada segundo a direção de fabrico. A união dos painéis adjacentes foi realizada por sobreposição. A largura da faixa de sobreposição foi realizada de acordo com as recomendações do fabricante.

Quadro 1 – Principais características do geotêxtil usado nos aterros construídos nas zonas inundáveis

Propriedade	Norma de ensaio	Unidades	Valor
Resistência à tração (DT/DPF)	EN ISO 10319	kN/m	31,0/31,6
Deformação (carga máxima) (DF/DPF)		%	61,0/67,0
Resistência ao punçoamento estático	EN ISO 12236	kN	5,26
Resistência à perfuração dinâmica	EN ISO 13433	mm	8,5
Dimensão dos poros	EN ISO 12956	μm	66,0
Massa por unidade de área	EN ISO 9864	g/m ²	400
Espessura (2kPa)	EN ISO 9863-1	mm	3,06

DT = Direção de fabrico

DPF = Direção perpendicular ao fabrico

Segundo a Declaração de Desempenho (DoP) do geotêxtil providenciada pelo fabricante no âmbito da marcação CE, este devia ser coberto no prazo máximo de duas apenas após colocação, para evitar a sua deterioração, sobretudo, devido à ação dos raios UV. A cobertura do geotêxtil com a camada de enrocamento ocorreu sempre dentro do tempo mencionado.

Conforme pode ver-se na Figura 3, a colocação do enrocamento sobre o geotêxtil iniciou-se numa extremidade, por forma a evitar a circulação de equipamentos pesados diretamente sobre o mesmo. Numa fase inicial, o material de enrocamento foi empurrado e espalhado sobre o geotêxtil com o braço da retroescavadora. Quando a espessura da camada de enrocamento foi superior à profundidade dos rodados da retroescavadora, foi permitida a sua circulação sobre esta camada, para espalhar o material.



Figura 3 – Vista geral da colocação da camada de enrocamento sobre o geotêxtil

Para além do manuseamento, também o armazenamento e transporte do geotêxtil decorreram de forma adequada, de acordo com as recomendações do fabricante/especificações de projeto/caderno de encargos.

2.2. Pontes de Maçainhas e de Gogos

2.2.1. Enquadramento

As pontes de Maçainhas e de Gogos (Figura 4) foram construídas no ano 1890, têm ambas um comprimento total de 130 m (3 vãos) e alturas máximas de 18m e 30 m, respetivamente.



Figura 4 – Pontes de Maçainhas (à direita) e de Gogos (à esquerda) antes da intervenção

2.2.2. Projeto de execução

As exigências de segurança e fiabilidade associadas à modernização do troço Covilhã-Guarda tornaram imprescindível a reabilitação das pontes referidas. No Quadro 2 sintetizam-se as principais intervenções realizadas.

Quadro 2 – Principais intervenções realizadas (TALprojecto, 2017)

PONTE DE MAÇAINHAS	PONTE DE GOGOS
<ul style="list-style-type: none"> – Substituição do tabuleiro existente por um novo tabuleiro misto; – Reforço das fundações de ambos os encontros mediante microestacas; – Execução de novas mesas dos encontros, envolvendo as mesas existente; – Reabilitação das obras de arte (no caso do encontro do lado da Covilhã, os lintéis laterais prolongaram-se até ao tardo do encontro onde se ligam a maciços de encabeçamento de microestacas); – Reforço das fundações dos pilares, mediante o alargamento das sapatas de cantaria existentes, através do seu encamisamento com um anel de betão armado; – Execução dos capitéis em betão armado no topo dos pilares, com vista a assegurar uma distribuição mais uniforme das forças transmitidas pelos aparelhos de apoio. 	<ul style="list-style-type: none"> – Substituição do tabuleiro existente por um novo tabuleiro misto; – Reforço das fundações de ambos os encontros mediante microestacas; – Execução de novas mesas dos encontros, envolvendo as mesas existentes; – Reabilitação das obras de arte (no caso do encontro do lado da Guarda, os lintéis laterais prolongaram-se até ao tardo do encontro onde se ligam a maciços de encabeçamento de microestacas); – Reforço das fundações dos pilares (execução de um lintel de betão armado em forma um quadro pousado sobre as sapatas de cantaria existentes); – Execução de novos pilares metálicos que substituem os pilares existentes que serão desmontados; – Reforço do viaduto de acesso, mediante o enchimento do espaço delimitado pelos arcos e pelas cantarias laterais com betão devidamente armado.

A reabilitação das obras de arte nas pontes de Maçainhas e de Gogos teve um impacto muito significativo nos aterros nas envolventes aos respetivos encontros. Foi necessário definir uma solução para reconstrução dos aterros dos encontros que fosse, por um lado, tecnicamente eficaz em termos de reforço e proteção lateral (caracterizada por uma inclinação muito acentuada), e, por outro, que fosse executada num período tempo curto, uma vez que se tratava de uma solução de reforço não prevista e, por conseguinte, não poderia criar constrangimentos ao normal andamento dos trabalhos de montagem da via, que já decorriam.

A solução encontrada para reconstrução dos aterros dos encontros em ambas as pontes foi semelhante, integrando dois tipos de geossintéticos, nomeadamente uma geogrelha e dois geotêxteis.

A geogrelha foi colocada no corpo dos aterros, em três níveis (três camadas) afastadas 0,8 m, e visou o reforço do aterro. Os geotêxteis foram usados sob o sub-balastro, para aumentar a capacidade de carga da fundação subjacente e de confinamento, e nos taludes, sob o as máscaras drenantes/gabiões, com as funções de separação e de filtro.

Nas figuras 5 e 6 apresentam-se os cortes transversais referentes às soluções de reconstrução dos aterros dos encontros das Pontes de Maçainhas e de Gogos, respetivamente.

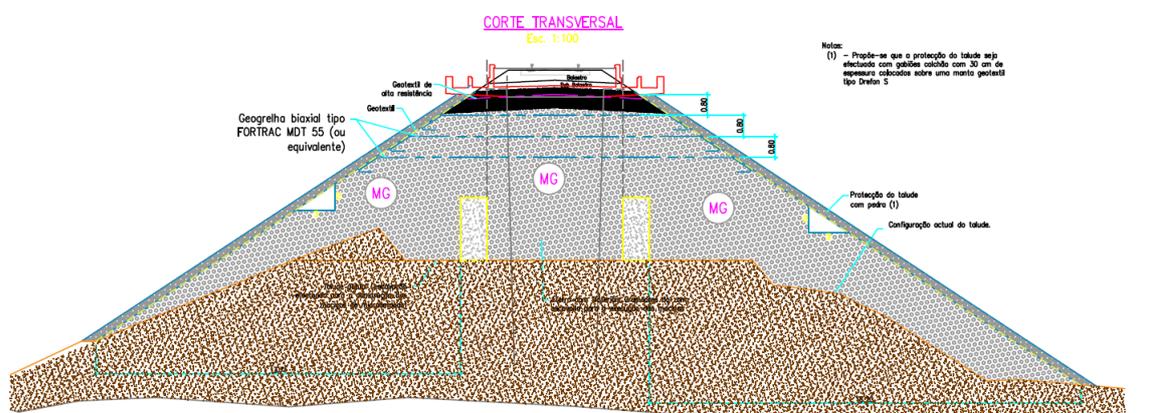


Figura 5 – Ponte de Maçainhas: corte transversal da solução de reconstrução do aterro do encontro (TALprojecto, 2020)

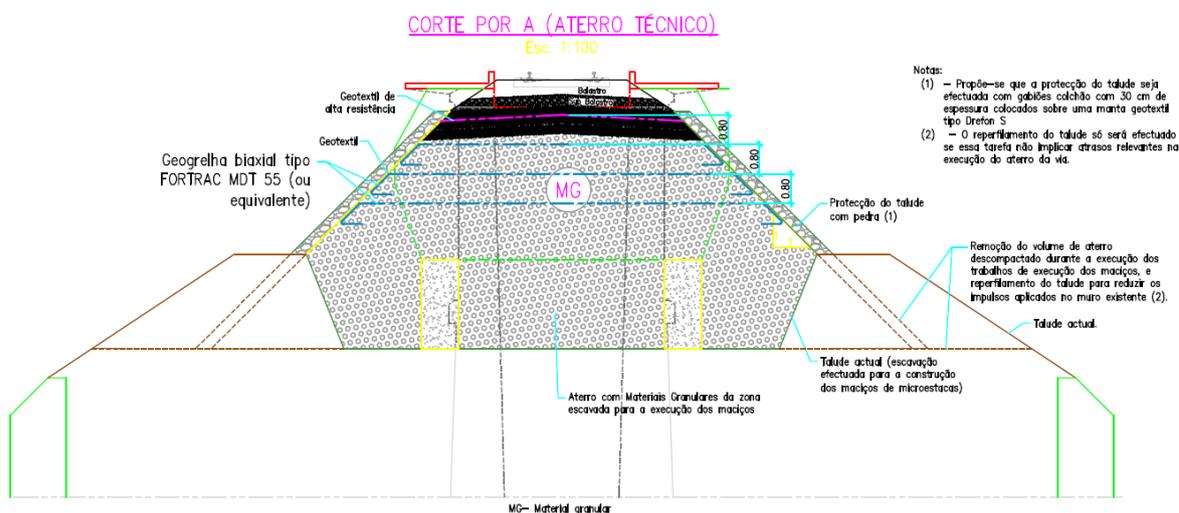


Figura 6 – Ponte de Gogos: corte transversal da solução de reconstrução do aterro do encontro (TALprojecto, 2020)

2.2.3. Geossintéticos nos aterros dos encontros das pontes de Maçainhas e de Gogos

Foi usada uma geogrelha biaxial constituída por fibras álcool polivinílico (PVA), de alta tenacidade, unidas por agulhagem, com abertura de 40mm × 40mm e com resistência à tração, segundo a norma EN ISO 10319, de 50 kN/m.

Relativamente aos geotêxteis, sob o sub-balastro, foi usado um produto de alta resistência à tração, tecido, fabricado em poliéster, cujas principais características se apresentam no Quadro 3.

Quadro 3 – Principais características do geotêxtil usado nos aterros associados à reabilitação das obras de arte

Propriedade	Norma de ensaio	Unidades	Valor
Resistência à tração (DT/DPF)	EN ISO 10319	kN/m	200/50
Deformação (carga máxima) (DF/DPF)		%	18,9/16,0
Dimensão dos poros	-	μm	140
Massa por unidade de área	EN ISO 9864	g/m ²	600
Espessura (2kPa)	EN ISO 9863-1	mm	1,0

DT = Direção de fabrico

DPF = Direção perpendicular ao fabrico

Relativamente à instalação, foram adotados procedimentos semelhantes aos descritos na seção 2.1.3 a propósito da instalação do geotêxtil nos aterros construídos nas zonas inundáveis da Concordância das Beiras. O manuseamento, armazenamento e colocação, de um modo geral, decorreram de forma apropriada, respeitando as recomendações do fabricante.

Nas figuras 7 a 11 apresentam-se alguns exemplos da instalação destes materiais nas obras referidas.



Figura 7 – Instalação da geogrelha no aterro do encontro da Ponte de Maçainhas



Figura 8 – Instalação do geotêxtil no talude do aterro do encontro da Ponte de Maçainhas



Figura 9 – Instalação da geogrelha no aterro do encontro da Ponte de Gogos



Figura 10 – Instalação do geotêxtil sob camada de sub-balastro



Figura 11 – Instalação do geotêxtil no talude do aterro do encontro da Ponte de Gogos

3. CONCLUSÕES

Neste artigo descreveram-se sumariamente três casos de obra, desenvolvidos no âmbito do projeto de modernização da Linha da Beira Baixa, no Troço Covilhã-Guarda,

concluído no ano de 2021, em que foram usados geossintéticos com diferentes funções.

O primeiro caso de obra diz respeito a um novo troço de via-férrea, denominado por Concordância das Beiras, onde foi aplicado um geotêxtil na parte inferior dos aterros construídos em zonas inundáveis. A função principal deste material é evitar a mistura de materiais com diferentes granulometrias, sob efeito das solicitações mecânicas decorrentes da circulação dos comboios.

O segundo e o terceiro casos de obras referem-se à reabilitação de obras de arte nas pontes de Maçainhas e de Gogos, nomeadamente à reconstrução dos aterros dos encontros. Em ambos os casos, no corpo do aterro foram aplicadas várias camadas de geogrelha, a diferentes profundidades, com função de reforço, bem como dois geotêxteis, um sob o sub-balastro, para aumentar a capacidade de carga da fundação subjacente, e outro nos taludes, sob as máscaras drenantes/gabiões, com as funções de separação e de filtro.

A utilização dos geossintéticos nas obras referidas revelou-se uma solução eficaz, constituindo uma mais valia tanto do ponto de vista técnico como económico, em grande parte devido à facilidade e rapidez de instalação, mesmo em condições físicas adversas e com prazos muito apertados, como é comum em obras de reabilitação ferroviária.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Infraestruturas de Portugal por permitirem a divulgação dos casos de obra expostos no presente artigo, nomeadamente na sua componente técnica e fotográfica.

REFERÊNCIAS

- Infraestruturas de Portugal (2004). Instrução Técnica IT.GER.004 “Perfis transversais tipo de plena via, para via larga”, Versão 01.
- Profico/Fulcrum/Geoárea (2016). Projeto de Execução modernização da Linha da Beira Baixa troço Covilhã/Guarda – Concordância das Beiras.
- TALprojecto (2017). Projeto de Execução modernização da Linha da Beira Baixa troço Covilhã/Guarda – Ponte de Maçainhas e Ponte de Gogos.
- TALprojecto (2020). Projeto de Execução modernização da Linha da Beira Baixa troço Covilhã/Guarda – Ponte de Maçainhas e Ponte de Gogos.