

A ENGENHARIA NATURAL NO TALUDE DO NÓ DE MALVEIRA NA A21, UM ANO DEPOIS DA SUA RENOVACÃO. QUESTÕES OPERACIONAIS, RESULTADOS E SUCESSOS

Carlo Bifulco¹, Anabela Marcos Pereira¹, Vera Calado Ferreira², Ana Pinto Mota², Lara Rodrigues Martins², Francisco Castro Rego¹

¹ Centro de Ecologia Aplicada Prof. Baeta Neves, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal,

email: carlo.bifulco@gmail.com <http://www.isa.utl.pt/ceabn/membro/1/53/carlo-bifulco>

² Infraestruturas de Portugal S.A., Praça da Portagem, 2809-013 Almada, Portugal,

Sumário

Em 2014 foi implementado um Projeto-Piloto pela Infraestruturas de Portugal S.A. (IP) para a estabilização do talude de escavação rodoviário do Nó da Malveira da A21, utilizando técnicas convencionais e de Engenharia Natural (EN). O talude construído em 2009, com 400 m de extensão e 40 m (altura máxima), fora submetido a processos de erosão, pondo em risco a segurança na circulação rodoviária. A obra foi realizada sobre um solo estéril e desprovido de húmus e num período adverso para as técnicas de EN. Os resultados dos trabalhos efetuados podem ser considerados, na generalidade, positivos e algumas situações muito positivos.

Palavras-chave: Taludes rodoviários; engenharia natural; resultados técnicos; resultados económicos; resultados ecológicos.

1 INTRODUÇÃO

O talude de escavação do Nó da Malveira desenvolve-se em concordância longitudinal de um ramo de saída da Autoestrada A21 (sentido A8 – Malveira) sito no concelho de Mafra, distrito de Lisboa. Tendo a exploração desta autoestrada ficado sob responsabilidade da Infraestruturas de Portugal S.A. (IP) cerca de 2 anos após a sua construção.

Este talude apresentava um historial de instabilizações desde a fase final dos trabalhos de construção (2009), as quais motivam a realização de pequenas obras de reparação/reabilitação. Ainda antes da IP S.A. assumir a gestão integral desta autoestrada (2011) foram detetadas graves e diversas instabilidades no talude de escavação que comprometiam a segurança rodoviária e constituíam também um encargo com mobilização de meios e de recursos com caráter de emergência, nomeadamente na sequência de períodos de pluviosidade intensa.

Das instabilidades referidas mereceram relevância os escorregamentos de solos nos panos superiores do talude e o arrastamento de materiais (areias e argilas) para a plataforma rodoviária, numa zona em que esta se desenvolve num alinhamento curvo.

A constatação de um processo de erosão avançado no talude conjugada com a sua geometria, manifestamente agressiva face ao cenário geológico e geotécnico existente, e ao qual acrescia a ausência de vegetação e o insuficiente encaminhamento das águas, resultaram na necessidade de intervenção premente no talude com vista à minimização da influência destes fenómenos na plataforma rodoviária.

Concomitantemente, o Centro de Ecologia Aplicada Prof. Baeta Neves (CEABN), do Instituto Superior de Agronomia, como uma entidade nacional de referência com domínio na requalificação ambiental e estrutural do território através de obras de engenharia natural (EN), propôs a realização de um projeto-piloto através destas técnicas, pouco exploradas em obras na IP, e que permitissem aprofundar novas metodologias aliadas aos benefícios paisagísticos e económicos.

Assim, foi elaborado um projeto interno pela IP para a reabilitação do talude em apreço, em parceria estratégica com CEABN, ISA ao abrigo de um protocolo para a execução de um Projeto-Piloto em Integração Paisagística com técnicas de EN, pretendendo-se por um lado investigar e implementar, assumindo-se porém o risco de qualquer outro projeto-piloto que se implementa; e por outro alcançar os benefícios expectáveis (integração paisagística e económicos) aliados à necessidade de desenvolver e aperfeiçoar em eventuais contextos posteriores de utilização.

2 PRESSUPOSTOS DO PROJETO

O Nó da Malveira, do ponto de vista climático, encontra-se inserido na região termo-mediterrânica da costa Luso-Andalusa [1]. Na Tapada Nacional de Mafra, a 5,5 km de distância deste local, a média anual de precipitação varia entre 850 e 950 mm, e os meses mais secos são junho, julho e agosto com apenas 3% da sua ocorrência. A temperatura média anual varia entre os 13 e 15 °C e a humidade relativa varia entre 75 a 80% [2].

A construção do Nó de Malveira da A21 criou um talude de escavação rodoviário com uma dimensão considerável (altura máxima de 40 m e extensão de cerca de 400 m), apresentando duas banquetas de estabilização aos 8 e 16 metros de altura, e geometrias variáveis entre os 2/1 e 1/1.5 (V/H). Na zona de maior altura o pano superior do talude chegava a atingir 14 metros de altura com inclinações próximas de 1/1 (V/H).

A intervenção prevista em projeto teve como principais condicionantes o facto de ser dificilmente praticável impedir ou condicionar a circulação rodoviária nos ramos do nó situados na base do talude, bem como cingir a área de intervenção ao limite da área pertencente à infraestrutura rodoviária e à localização das instabilizações reconhecidas que pudessem afetar a segurança rodoviária. Outras condicionantes foram a existência de aterros indiferenciados e de um poste de média tensão, assim como a proximidade a um antigo areiro.

Neste contexto, foram concebidas soluções a implementar em cerca de 260 m de extensão de talude, soluções essas que de algum modo minimizassem a influência dos tipos e mecanismos de instabilizações identificados, e se adequassem a geometria do talude e a inexistência de húmus.

Foram combinadas em projeto soluções geotécnicas tradicionais, nomeadamente a modelação geométrica do talude com recurso a terraplenagens, condicionada à área da infraestrutura rodoviária, bem como o reforço e a drenagem do talude, conjugadas com técnicas de EN, possibilitando compensação da degradação ecológica e paisagística do local.

Assim, no Projeto-Piloto foram planeadas e implementadas diferentes técnicas de EN com o objectivo de:

- Proteger o talude da erosão superficial,
- Estabilizar a superfície do talude com os sistemas radiculares das plantas,
- Eliminar o impacte visual do terreno sem vegetação,
- Proteger taludes da erosão provocada por escoamentos de água.

No Quadro 1 encontra-se um resumo as técnicas de EN usadas.

As espécies, sob a forma de sementes, estacas ou plantas inteiras, foram escolhidas tendo por base a investigação feita no CEABN sobre a Flora de Portugal continental [3].

3 CONSTRANGIMENTOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Estava previsto que a implementação do projeto se iniciasse em setembro de 2013 de modo a garantir uma época viável para execução dos trabalhos de EN. Contudo, o início efetivo processou-se em fevereiro 2014 devido a constrangimentos contractuais pelo que, o plano de trabalhos teve de ser redefinido considerando este atraso.

Os trabalhos de terraplenagem e reperfilamento do talude decorreram nos meses entre fevereiro e maio e as técnicas de EN foram implantadas de maio a julho de 2014. No período menos favorável para a execução dos trabalhos de EN, sendo que o mais adequado teria sido entre os meses de dezembro e março, correspondente ao período de repouso vegetativo das plantas.

Quadro 1 – Técnicas de EN utilizadas no projeto do Nó da Malveira

Problema a resolver	Ângulo do talude	Técnicas de EN	Plantas usadas
Proteção da superfície do talude, sem cobertura vegetal, da erosão superficial	35°	Sementeira com cobertura de esteira de palha	Espécies anuais de gramíneas e leguminosas
	35°	Hidrossementeira	Espécies anuais de gramíneas e leguminosas
	<25°	Plantação de arbustos (associada a sementeira com cobertura de proteção de palha solta)	Arbustos com torrão, espécies anuais de gramíneas e leguminosas
Proteção da superfície do talude, sem cobertura vegetal, na interface entre arenitos e argila	35°/45°	Hidrossementeira sobre geogrelha	Espécies anuais de gramíneas e leguminosas
Estabilização superficial do talude, sem cobertura vegetal, em talude de argila	45°	Faixas de vegetação	Estacas de <i>Dittrichia</i> e arbustos com torrão, plantados na horizontal, com caule enterrado
Redução da erosão gerada pelos intensos fluxos de água e materiais, auxiliar a ancoragem dos gabiões e integração paisagística dos gabiões	35° e 45°	Gabiões vivos	Estacas de <i>Salix</i> e <i>Tamarix</i> .
Redução da erosão gerada pelos intensos fluxos de água e materiais	<35°	Degraus de pedra e madeira	Estacas de <i>Salix</i> e <i>Tamarix</i> .
Impermeabilização das banquetas	-	Banqueta viva “a Portuguesa”	Espécies anuais de gramíneas e leguminosas
Proteção do talude contra a erosão provocada por chuvas intensas, orientando o fluxo de água	<25°	Escovas vivas	Estacas de <i>Salix</i> , <i>Alnus</i> e <i>Tamarix</i>
Proteção contra quedas de água provocadas por chuvas intensas, reduzindo a velocidade e o transporte de sólidos	<25°	Colchões vivos	Estacas de <i>Salix</i> , <i>Alnus</i> e <i>Tamarix</i>

Acresce o facto de que nos meses subsequentes à implantação das plantas e se verificaram condições climáticas adversas com ocorrência de chuvas e secas severas.

Para demonstrar estas ocorrências apresenta-se na Figura 1 o *Standard Precipitation Index* acumulado por 3 meses (SPI3) [4] para a Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste [5], a bacia na qual se encontra incluída a área do projeto; o SPI3 descreve o desvio estandardizado das ocorrências de precipitação, relativo à média plurianual de cada período, durante o período de implementação do projeto, assim como durante o período de monitorização deste. O SPI3 é usado por avaliar as condições de precipitação a curto-médio prazo [6,7]. Valores positivos de SPI indicam um período mais húmido que o normal; um valor negativo indica um período mais seco, com menos precipitação que o normal [4,6]; valores do SPI igual a zero correspondem à mediana da

precipitação acumulada. A magnitude dos valores relativamente ao zero indica de igual modo a probabilidade de ocorrência dos episódios de seca ou de precipitação, facto que pode ser utilizado na avaliação do risco de cheias ou de secas extremas.

Analisando o diagrama da Figura 1 é possível afirmar que o período setembro-novembro 2014 foi um período com chuvas severas e que, ao contrário, desde fevereiro até junho 2015 as chuvas ficaram aquém do normal, sendo possível definir o período fevereiro-maio 2015 como um período de seca para a bacia hidrográfica das Ribeiras do Oeste.

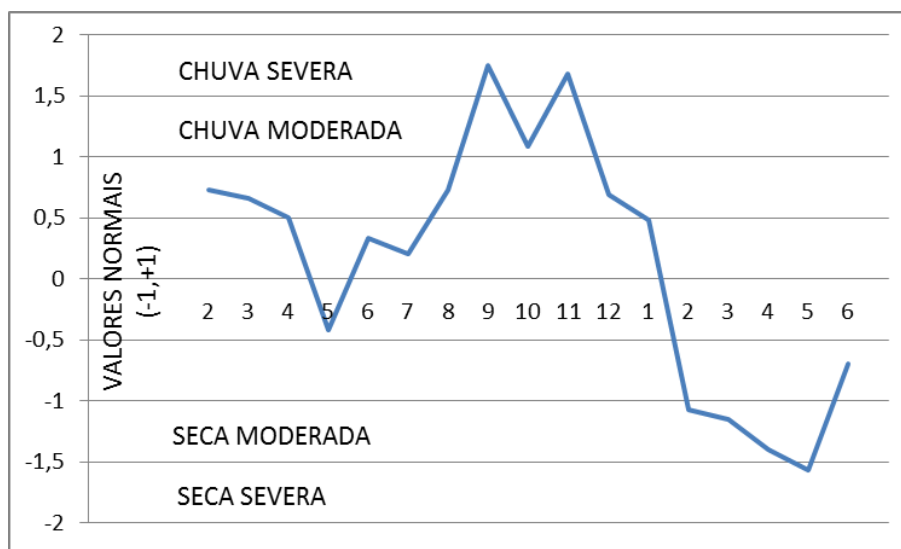


Fig. 1. *STANDARD PRECIPITATION INDEX* acumulado por três meses SPI3, da bacia hidrográfica Ribeiras do Oeste, onde se encontra a Serra de Malveira, desde fevereiro 2014 até junho 2015

4 PRIMEIRO ANO DE IMPLEMENTAÇÃO DOS TRABALHOS

Previamente à descrição do êxito das técnicas planeadas no projeto importa referir que para compensar a falta de humidade no período em que foram instaladas as plantas e estacas realizou-se em alguns locais específicos regas gota a gota, desde a instalação até setembro, de modo a assegurar a sua sobrevivência.

As estacas foram instaladas entre maio e julho, beneficiando de irrigação gota a gota, até ao mês de setembro; assim como as faixas de vegetação, plantadas em julho. As sementeiras com cobertura de esteira de palha e os colchões vivos foram realizadas entre junho e julho, nunca tendo sido irrigadas. As hidrossementeiras e hidrossementeiras sobre geogrelhas foram adiadas para o outubro seguinte e repetidas em dezembro.

Ainda observando o SPI3 (Figura 1), verificamos que a instalação de estacas e as sementeiras ocorreram nos meses com menor ocorrência de chuva, facto que não contribuiu para o desenvolvimento das plantas no curto prazo. Deste modo as chuvas severas que se fizeram sentir em setembro e novembro, provocaram diferentes impactos sobre as superfícies ainda desprovidas de proteção.

Ainda no que se refere a este contexto climático adverso, e embora as ações corretivas realizadas para melhorar a estabilidade do talude (modelação geométrica com adoçamento dos panos superiores, a implementação e reforço da drenagem interna e superficial, e as medidas de proteção e revestimento vegetal), foi detetado durante a monitorização, um escorregamento de solos localizado num dos panos superiores do talude. Consta-se que, os constrangimentos geológicos e hidrogeológicos intrínsecos ao local, nomeadamente as características geotécnicas dos materiais ocorrentes que se agravam na presença de água, com redução da coesão e subsequente diminuição da resistência ao corte do solo, induzem as ocorrências de instabilidade como a verificada.

O Quadro 2 sumariza os sucessos e as técnicas menos bem conseguidas, que serão analisadas em pormenor nos parágrafos seguintes.

Quadro 2. Resultados das técnicas. Legenda: ☺ resultados plenamente correspondentes aos planeados, ☹ resultados parcialmente correspondentes aos planeados, ☹ resultados não correspondentes aos planeados.

Técnicas de EN	Sucesso	Motivo de insatisfação
Sementeira com cobertura de esteira de palha	☹☹	No pano inferior, erosão local concentrada, provocada por chuva torrencial antes do crescimento das plantas. Dominância de gramíneas em algumas áreas
Hidrossementeira	☹☹	Erosão superficial do talude no hiato de tempo decorrido entre os trabalhos de reperfilamento e a colocação da hidrossementeira. Cobertura dispersa sobretudo com gramíneas.
Plantação de arbustos (associada a sementeira com cobertura de proteção de palha solta)	☺☺	
Hidrossementeira sobre geogrelha	☹☹	Erosão superficial do talude no hiato de tempo decorrido entre os trabalhos de reperfilamento e a colocação da hidrossementeira. Cobertura dispersa sobretudo com gramíneas.
Faixas de vegetação	☺☺	
Gabiões vivos	☺☺ ☹	As estacas instaladas aquando a construção dos gabiões enraizaram com enorme sucesso. A maioria das estacas instaladas nas laterais dos gabiões nos últimos dias de julho secou.
Degraus de pedra e madeira	☺☺	
Banqueta viva “a Portuguesa”	☺☺	
Escovas vivas	☹	A maioria das estacas instaladas nos últimos dias de julho secou.
Colchões vivos	☺ ☹	Algumas das estacas instaladas nos últimos dias de julho secaram.

4.1 Sementeira com cobertura de esteira de palha

A sementeira com esteira de palha, apesar do atraso relativamente à época favorável, teve capacidade de produzir plântulas logo em julho. Com as chuvas do Outono, as sementeiras produziram uma densa cobertura de herbáceas na maior parte do talude, atingindo o seu aspecto mais luxuriante no período entre novembro de 2014 e maio 2015 (Figura 2). A cobertura vegetal não foi homogénea devido a:

- Diferentes épocas na implementação,
- Diferentes condições de humidade do solo,
- Início tardio do desenvolvimento das plantas que acabaram por não atingir a produção de sementes, e

- Numa área limitada, ocorrência de erosão da camada superficial do solo, mesmo sob a esteira de palha, pelas chuvas excepcionais ocorridas em setembro.

Estes problemas conduziram a uma colonização dispersa dominada por espécies de gramíneas, em 40% da área de superfície intervencionada. Os outros 60% da área foram cobertos por vegetação muito densa composta quer por espécies de leguminosas quer de gramíneas.



Fig. 2. Sementeira com palha e cobertura de esteira de palha, 4º e 5º panos de talude, janeiro de 2015

4.2 Hidrossementeira e hidrossementeira sobre geogrelha

No período decorrido entre o reperfilamento do talude (abril e maio) e a realização da hidrossementeira (dezembro), as chuvas do Outono ravinaram a superfície do talude, desprovida de vegetação. A primeira hidrossementeira, em outubro de 2014, não teve sucesso algum devido às chuvas intensas ocorridas imediatamente após a sua execução, que lavaram as fibras de suporte bem como as sementes. A segunda hidrossementeira, realizada em dezembro de 2014, produziu desde março uma cobertura herbácea significativa (Figura 3) composta na sua maioria por espécies de gramíneas, apesar das espécies de leguminosas constituírem 60% da mistura semeada. Admite-se que as fibras e os adesivos usados não foram suficientes para fixar as sementes de leguminosas ao solo do talude.



Fig. 3. Panorâmica da hidrossementeira, 2º e 3º panos de talude, maio de 2015

4.3 Faixas de vegetação

As Faixas de vegetação compostas por estacas de *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter e arbustos com torrão, plantados com os caules enterrados, criaram uma densa barreira de arbustos verdes. Nas faixas entre as linhas de arbustos, foi implementada a hidrossementeira. As sementes que não permaneceram agarradas ao solo ficaram

presas na linha de arbustos e contribuíram neste sentido para criar densas barreiras verdes (Figura 4). A aplicação desta técnica foi muito satisfatória. A plantação, realizada em julho, num solo desprovido de húmus, provou a sua efetividade e capacidade de “reciclar” as sementes da hidrossementeira entre as faixas. Com esta técnica obteve-se um dos melhores resultados do projeto.



Fig. 4. Faixas de vegetação, maio de 2015

4.4 Plantação de arbustos (associados a sementeira com cobertura de palha solta)

Nas áreas superiores do talude, com menor pendente, a reconstrução da cobertura vegetal com a plantação de arbustos e sementeira com cobertura de palha foi um sucesso (Figura 5). O tapete denso de herbáceas e arbustos emoldura o talude. Observando o estado das herbáceas, deduz-se que a “poda” realizada pelos coelhos-bravos, que ali pastam, estimulou a produção de maior quantidade de raízes e de rebentos; os excrementos de coelho contribuem de igual modo para o aumento de matéria orgânica do solo. À semelhança do anterior, com esta técnica obteve-se um dos resultados melhores do projeto.



Fig. 5. Sementeira com cobertura de proteção de palha e plantação de arbustos, pormenor do lado Norte, maio de 2015

4.5 Gabiões vivos

O objetivo de dotar a descida de degraus com estacas de plantas ribeirinhas, para além de dissimular o impacto da sua estrutura, pretendeu aumentar, de forma distribuída, a ancoragem da estrutura drenante, e simultaneamente contribuir para a redução da velocidade da água e favorecer assim o depósito do transporte de sólidos. As estacas que foram instaladas em maio e junho enraizaram com grande sucesso (Figura 6). No

entanto, as estacas instaladas nas laterais dos gabiões no final de julho morreram (em cerca de 95%), mesmo com o suporte de rega gota-a-gota durante o período mais seco.



Fig. 6. Gabiões vivos do 3º pano de talude, maio de 2015

4.6 Degraus de pedra e madeira

Com um objetivo semelhante ao da técnica de gabiões vivos, mas numa localização de declive menos acentuado utilizaram-se os degraus em pedra e madeira, constituindo uma estrutura com menos impacto e permitindo uma melhor integração na envolvente, devido aos materiais utilizados.

Esta técnica foi instalada em julho, verificando-se a sua eficiência técnica e o enraizamento das estacas (Figura 7), na consolidação das estruturas e na consolidação do canal de escoamento.



Fig. 7. Degraus de pedra e madeira, maio de 2015

4.7 Banqueta viva “a Portuguesa”

A aplicação desta técnica, especificamente projetada nesta ocasião para impermeabilizar as banquetas entre os panos de talude, apresentou resultados muito satisfatórios. Em novembro (Figura 8) o aspeto exuberante da vegetação das banquetas, semeada em terra viva, apresentava bem o contraste com a vegetação do talude ainda esparsa, semeada num terreno sem húmus. Sobre esta técnica inovadora encontra-se em preparação uma comunicação pormenorizada.



Fig. 8. Banqueta viva “a Portuguesa” novembro 2014

4.8 Escovas vivas e colchões vivos

Nestas técnicas foram colocadas estacas, com o objetivo de facilitar o reencaminhamento das águas e proporcionar a consolidação do terreno, através do crescimento das raízes infiltradas por baixo dos colchões. Contudo estas implementações ocorreram no final de julho, e tal como as estacas nas laterais dos gabiões, ainda que regadas até setembro, morreram na sua maioria (Figura 9). Apenas algumas estacas se mantiveram vivas até ao final da época de crescimento, provavelmente devido à presença de água suspensa nos estratos geológicos que ocorrem.



Fig. 9. Pentes vivos e colchão vivo, junho de 2015

5 PROPOSTAS DE TRABALHOS DE MANUTENÇÃO

Como já referido, a combinação do atraso no início das obras de implementação das técnicas de EN, das condições meteorológicas sentidas nos meses da realização da obra e nos meses subsequentes, tiveram o seu impacto em alguns locais do talude. A fim de solucionar os problemas descritos, foi proposto um programa de trabalhos de manutenção, através de três ações principais:

- (i) Substituição das estacas instaladas no final de julho e que não sobreviveram, na época do inverno, o período mais favorável para estas enraizarem;
- (ii) Reforço da cobertura herbácea, com sementeiras manuais de espécies de leguminosas, nas áreas onde a sementeira com cobertura de esteira de palha não produziu uma cobertura

uniformemente densa e onde a hidrossementeira produziu uma cobertura dominada por espécies de gramíneas. O período melhor por este reforço será o mês de fevereiro.

- (iii) Execução de medidas mitigadoras que auxiliem o reforço e drenagem da zona de talude onde se verifica o escorregamento localizado. Para tal recorrer-se-á à colocação de materiais pétreos, com maior resistência ao corte, insensíveis à variação do estado hídrico e com coeficiente de permeabilidade superior, combinados com a colocação de estacas que desenvolvam raízes profundas para consolidação dos materiais e extração de água por evapotranspiração.

6 CONCLUSÕES

O resultado dos trabalhos efetuados pode ser considerado no geral positivo e satisfatório, e muito satisfatório em algumas situações específicas, nomeadamente os casos das banquetas vivas, dos gabiões vivos e das faixas de vegetação, ainda que tenham sido realizadas na época do ano mais adversa para a realização das técnicas de engenharia natural.

Em todo o período de execução dos trabalhos, exceto em maio 2014, o SPI3 da bacia hidrográfica das ribeiras do Oeste, indica que as precipitações foram sempre superiores às médias dos anos precedentes. Em setembro e novembro 2014 as precipitações foram severas, por outro lado desde fevereiro até maio 2015 pode-se afirmar que se registaram condições de seca meteorológica, facto este consubstanciado pelo aspeto acastanhado das formações herbáceas a partir deste último mês. Deste modo presume-se que os sulcos de erosão nos taludes tiveram origem nas precipitações severas de setembro e novembro que ocorreram no hiato de tempo decorrido entre os trabalhos de reperfilamento e a colocação da hidrossementeira. Igualmente, os fluxos subterrâneos podem ter sido provocados pelas chuvas severas e quando conjugadas com as características geotécnicas dos materiais ocorrentes, devem ter sido a causa mais provável do deslizamento localizado ocorrido em novembro 2014 no 3º pano de talude.

A maioria das estacas instaladas no fim do mês de julho, presumivelmente cortadas pouco antes, no período menos indicado, não enraizou, mesmo com o suporte da rega gota a gota. Enraizaram apenas as estacas plantadas em condições de terreno naturalmente mais húmido por fluxos de água suspensos.

A necessidade de cumprimento dos prazos contratuais da obra motivou a ocorrência de algumas imperfeições na execução dos trabalhos, que não foram recuperados na época de execução dos trabalhos adiados para o Outono.

Na generalidade as soluções para obviar os efeitos considerados menos satisfatórios são de fácil aplicação e implicam na sua maioria meios e recursos de fácil manuseamento.

Importa realçar que, a quase totalidade das técnicas de EN implantadas foram colocadas num terreno mineral, obtido de escavações profundas e sem nenhum tipo de húmus, condições sobejamente difíceis para qualquer tipo de planta vingar. Estes resultados poderiam ser ultrapassados apenas com uso de terra viva, a misturar com o solo obtido das escavações, facto economicamente e tecnicamente pouco praticável em taludes. A vegetação das banquetas vivas, onde foi utilizado terra viva, mais luxuriante que a desenvolvida nos taludes é um claro testemunho da importância dos diferentes substratos.

Havendo a possibilidade de executar os trabalhos na estação oportuna o projeto teria tido seguramente um êxito ainda melhor.

7 REFERÊNCIAS

1. S. Rivas-Martínez, A. Penas, T.E. Díaz, *Bioclimatic Map of Europe – Bioclimates*. Cartographic Service University of León. 2004. <http://www.globalbioclimatics.org/form/maps.htm> (consultado em 02/01/2014)
2. F. Catry, M. Bugalho, J. Silva, *Recuperação da floresta após o fogo. O caso da tapada nacional de Mafra*. CEABN-ISA, Lisboa, 2007. p. 40.
3. C. Bifulco, F. Rego, Seleção de espécies lenhosas adequadas às técnicas de engenharia natural, *Silva Lusitana*, Vol. 20 (1/2), 15-38, 2013.

4. T.B. McKee, N.J. Doeskin, J. Kieist., The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proc. 8th Conf. on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Boston. 1993. p. 179-184.
5. IPMA. *Monitorização da Seca - Índice SPI – Evolução*. 2015.
<http://www.ipma.pt/pt/oclima/observatorio.secas/spi/monitorizacao/evolucao/> (consultado em 30/07/2015)
6. N.B. Guttman, Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35 (2), 311-322. 1999.
7. A. Zargar, R. Sadiq, B. Naser, F.I. Khan,. A review of drought índices. *Environmental Reviews*, 19, 333-349. 2011.