

# A IMPORTÂNCIA DA CARATERIZAÇÃO DE ESTABILIDADE NA GESTÃO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

Paulo Barreto<sup>1</sup>, Luís da Silva<sup>2</sup> e André Sarmiento<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Egis Road Operation Portugal, Departamento do Património, Quinta de Calvilhe, 5100-038 Lamego, Portugal  
email: [paulo.barreto@egisportugal.pt](mailto:paulo.barreto@egisportugal.pt)

<sup>2</sup> Egis Road Operation Portugal, Departamento do Património, Quinta de Calvilhe, 5100-038 Lamego, Portugal

---

## Sumário

*As inspeções visuais periódicas às estruturas geotécnicas são uma forma de caraterizar o seu estado de conservação, identificando eventuais anomalias e trabalhos necessários para a sua resolução, durante o ciclo de vida. No entanto, podem ocorrer nestes ativos, movimentos impercetíveis ao olho humano, tornando-se importante implementar um sistema que permita detetar precocemente possíveis instabilizações. Neste documento apresenta-se a adoção de um sistema misto de gestão de ativos, assente na realização de inspeções visuais periódicas e de monitorizações de diversos tipos, para a obtenção também de uma caraterização de estabilidade, possibilitando intervenções em estados iniciais de instabilizações.*

---

**Palavras-chave:** Gestão de ativos; ciclo de vida; estruturas geotécnicas; caraterização de estabilidade.

## 1 INTRODUÇÃO

A realização de inspeções visuais periódicas aos diferentes ativos rodoviários, que permitem caraterizar o seu estado de conservação, identificando eventuais anomalias existentes e trabalhos necessários para a sua resolução, durante o seu ciclo de vida, é cada vez mais relevante para garantir um adequado desempenho das infraestruturas, nomeadamente estruturas geotécnicas. Contudo, podem ocorrer movimentos nestes ativos que sejam impercetíveis ao olho humano, tornando-se relevante a implementação de um sistema que permita detetar precocemente possíveis instabilizações.

A Egis Road Operation Portugal é responsável pela operação e manutenção da autoestrada A24, autoestrada que percorre montanhas e vales, incluindo o Douro Vinhateiro. Deste modo, foram adotadas diversas soluções de engenharia para superar o relevo existente, existindo diversas estruturas geotécnicas, nomeadamente 145 muros de suporte das mais variadas tipologias, incluindo diversas estruturas de grandes dimensões, bem como imponentes taludes, muitos destes com pregagens, redes de contenção e revestimentos de betão projetado. A necessidade de realizar uma gestão e acompanhamento adequados ao longo do ciclo de vida destes importantes ativos, levou a que fosse desenvolvido um sistema misto assente na realização de inspeções visuais periódicas e de monitorizações de diversos tipos, nomeadamente topográficas e inclinométricas.

Neste contexto, ao longo deste documento será apresentado todo o sistema de acompanhamento de estruturas geotécnicas realizado na autoestrada A24 pela Egis Road Operation Portugal, com enfoque nos muros de suporte, sendo descritas as diferentes tipologias e periodicidades de inspeções visuais realizadas, as metodologias utilizadas para a obtenção de um estado de conservação, bem como o sistema complementar de monitorização e instrumentação utilizado para a obtenção de uma caraterização de estabilidade destes ativos. Será ainda demonstrada, através da apresentação de um exemplo, a importância desta caraterização de estabilidade na identificação precoce de eventuais instabilizações.

## 2 GESTÃO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

Podem ocorrer mecanismos de instabilidade em maciços por diversos fatores, nomeadamente devido ao estado dos taludes sujeitos a determinadas condições naturais, à aplicação de carga e à realização de obras nas suas proximidades, levando a movimentos de massas de terras ou rocha. Estes fenómenos têm custos para sociedade,

tanto diretos como indiretos. Os custos diretos envolvem a reparação dos danos causados, incluindo a reposição ou instalação de estruturas de contenção. Os custos indiretos são geralmente superiores aos custos diretos. Estes podem levar à perda de produtividade industrial, agrícola e florestal, redução do potencial turístico, perda de valores de propriedades, e por último e mais importante, à perda de vidas humanas, invalidez física ou trauma psicológico das pessoas dos locais afetados [1].

Uma das formas de minimizar estes custos, e acima de tudo, procurar garantir a segurança e bem-estar das pessoas, é através da realização de obras destinadas à proteção das encostas, impedindo o movimento indesejável de massas terrosas e/ou rochosas [2], [3].

A escolha de uma solução para a proteção é um processo criterioso e individualizado, em função de diversos fatores, nomeadamente: físicos (altura da estrutura, espaço disponível para a sua implantação, dificuldade de acesso, sobrecargas), geotécnicos (tipo de solo a conter, presença de lençol freático, capacidade de carga do solo de fundação) e económicos (disponibilidade de materiais e de mão-de-obra qualificada para a construção da estrutura, tempo de execução, clima local e custo final da estrutura) [2], [3]. Esta pode passar pela execução de obras com e sem estrutura de suporte [4].

As obras sem estruturas de suporte têm como finalidade impedir ou minimizar o desenvolvimento de ações que possam por em causa a estabilidade do maciço. Estas podem ser efetuadas com modificação da geometria (obras que podem ser feitas através do corte e/ou aterro compactado dos taludes), com proteção superficial (aplicação de materiais naturais e/ou artificiais na superfície do talude para a sua proteção) e com obras de drenagem (através de um sistema de drenagem superficial, drenagem subterrânea e drenagem através da estrutura) [4].

As estruturas de suporte são paramentos destinados a receber o carregamento causado pelo maciço suportado e manter a inclinação necessária [5]. De acordo com o Eurocódigo 7 (EC7) [6], estas estruturas incluem todos os tipos de muros e de sistemas de sustimento nos quais existem elementos estruturais submetidos a esforços impostos pelo material suportado, podendo ser muros de gravidade, cortinas ou estruturas de suporte compósitas.

Os muros de gravidade são muros de pedra ou de betão simples ou armado, dotados de uma sapata na base com ou sem saliência inferior (posterior ou anterior) ou contraforte. O peso próprio do muro e, por vezes, o de massas estabilizantes de solo, de rocha ou de aterro de reenchimento, desempenha uma função significativa no suporte do material retido [5], [6].

As cortinas compreendem as estruturas relativamente delgadas de aço, de betão armado ou de madeira, suportadas por ancoragens, por escoras e/ou por pressões de terras de tipo passivo. A capacidade resistente à flexão destas estruturas desempenha uma função significativa no suporte do material retido, enquanto que a contribuição do seu peso é desprezável. São exemplos de estruturas deste tipo as cortinas autoportantes de estacas-pranchas de aço, as cortinas ancoradas ou escoradas de estacas-pranchas de aço ou de betão e as paredes moldadas no terreno [5], [6].

As estruturas de suporte compósitas são compostas por elementos de muros de gravidade e por elementos de cortinas. Neste tipo de obras incluem-se as ensecadeiras constituídas por duas cortinas de estacas-pranchas de aço, as obras reforçadas com armaduras, geotêxteis ou injeções de calda e as estruturas com vários níveis de ancoragens ou pregagens [5], [6].

É importante conhecer os estados limites que podem afetar estes ativos. Segundo o artigo 9.2 do EC7, no mínimo, devem ser considerados para todos os tipos de estruturas de suporte, os seguintes estados limites [6]:

- Perda de estabilidade global;
- Rotura de um elemento estrutural, tal como um muro ou cortina, uma ancoragem, uma viga de distribuição ou escora, ou rotura da ligação entre elementos estruturais;
- Rotura conjunta do terreno e de um elemento estrutural;
- Movimentos da estrutura de suporte que possam causar o colapso ou afetar a aparência ou a eficiência da utilização da própria estrutura ou de estruturas ou redes de serviços vizinhas dela dependentes;
- Repasses de água inadmissíveis sob ou através da estrutura de suporte;
- Transporte inadmissível de partículas de solo sob ou através da estrutura de suporte;
- Alteração inadmissível do regime hidrogeológico.

No caso específico das estruturas de suporte de gravidade e compósitas, devem ser considerados ainda os seguintes estados limites [6]:

- Rotura por insuficiência de capacidade resistente ao carregamento do solo subjacente à base;
- Rotura por deslizamento pela base;
- Rotura por derrubamento.

Já para as cortinas, adicionalmente devem ser considerados os seguintes estados limites [6]:

- Rotura por rotação ou por translação da cortina ou de partes desta;
- Rotura por perda de equilíbrio vertical.

É também importante conhecer aspetos relevantes no projeto de estruturas de suporte. De acordo com o artigo 9.3.3. do EC7, deve-se considerar [6]:

- As variações no espaço das propriedades do terreno, dos níveis de água e das pressões na água dos poros;
- As variações previstas no tempo das propriedades do terreno, dos níveis da água e das pressões da água nos poros;
- As variações das ações e da forma como elas se combinam;
- A escavação, a infraescavação ou a erosão em frente da estrutura de suporte;
- Os efeitos da compactação do aterro de reenchimento atrás da estrutura de suporte;
- Os efeitos de futuras estruturas e de carregamentos ou descarregamentos previstos sobre o material suportado ou a sua vizinhança;
- Os movimentos previstos do terreno devidos, por exemplo, a subsidência ou à ação do gelo intersticial.

Deste modo, existem diversos riscos associados a obras geotécnicas nomeadamente em vias de comunicação, especialmente na fase de construção, associados à perturbação que as obras introduzem no meio envolvente e nas infraestruturas localizadas na sua área de influência, sendo essencial implementar um sistema de observação [7]. Este sistema pode ser definido como o conjunto de instrumentos e dispositivos destinados a medir grandezas (relativas às ações, a propriedades estruturais e às respostas das estruturas ou dos maciços que as suportam ou integram) que contribuam para o conhecimento do comportamento da obra ou dos seus elementos visando, no essencial, a avaliação da sua segurança e, na fase de serviço, também a sua funcionalidade (em determinados tipos de obras assume ainda particular relevo a aferição e adaptação, face às respetivas características, do projeto e dos métodos construtivos) [7].

Em fase de exploração é também muito importante realizar a observação destas obras, de modo a garantir as necessárias condições de segurança. Estas são verificadas a partir da interpretação dos resultados da observação com base no estabelecimento de correlações entre as ações, as propriedades estruturais (que incluem as propriedades dos materiais, a geometria, o zonamento dos diversos materiais, a definição e caracterização das principais discontinuidades, entre outros) e as respostas da estrutura. Estas respostas, expressas em termos de deslocamentos, tensões, caudais drenados, etc., são confrontadas com valores previstos por modelos de comportamento que têm em conta as ações observadas e as propriedades dos materiais estimadas ou caracterizadas durante o período construtivo [8].

Assim, o objetivo da observação de obras geotécnicas é monitorizar o comportamento e as características do terreno de modo a prever o seu comportamento quando este é sujeito a cargas, movimentos e outras ações que podem ter origem em fenómenos naturais ou originadas pela ação do Homem [9]. A sua eficiência e eficácia dependem do seu planeamento, especificando os dispositivos a serem utilizados, a aquisição de *hardware*, a recolha de informação, a análise e a interpretação dos resultados, a elaboração de relatórios e a definição das intervenções, em tempo útil, a adotar, em função das conclusões obtidas [10]. As suas principais atividades são a realização de inspeções visuais e de monitorizações.

As inspeções visuais são muito relevantes, especialmente quando realizadas em fase de exploração. Estas permitem detetar anomalias que possam afetar a segurança e a funcionalidade das obras geotécnicas [7].

É importante definir o tipo de inspeção visual (pode ser de rotina, de especialidade ou de carácter excecional, em função da fase de vida e importância da obra e de ocorrências excecionais), a sua periodicidade, a qualificação técnica dos responsáveis pela sua realização (devem ter a capacidade para interpretar as anomalias observadas) e as principais características destas estruturas. É fundamental a realização obrigatória de inspeções após a ocorrência de eventos excecionais, tais como eventos meteorológicos, sismos ou acidentes que possam interferir com a estrutura [11].

Por outro lado, as principais monitorizações nestes ativos podem consistir na medição de deslocamentos superficiais e deslocamentos internos, bem como na avaliação da pressão hidrostática e do nível de água subterrânea nos locais de estudo [12], [13].

Os deslocamentos de pontos superficiais podem ser definidos como sendo deslocamentos de referências visualmente acessíveis instaladas. Devem ser observados segundo as suas componentes verticais e horizontais, através de um sistema de pontos, materializados por marcas superficiais colocadas na zona da obra que interessa controlar e, eventualmente na sua vizinhança [14]. Os métodos de observação de deslocamento de pontos superficiais mais comuns podem ser topográficos (quando apenas se pretende precisões na ordem dos centímetros), geodésicos (quando a precisão pretendida é da ordem milímetros), poligonação (método de determinação de ângulos azimutais e distâncias cartográficas), *Global Navigation Satellite System* (sistema de posicionamento e navegação que recorre à constelação de satélites), varrimento laser (permite observar deformações com um grau de incerteza que pode atingir os poucos milímetros, com aplicação mais recente) e fotogrametria (através da medição, análise e interpretação de fotogramas) [12], [15], [16].

A medição dos deslocamentos internos, compreende a medição de deslocamentos de referências visualmente inacessíveis, colocadas por exemplo no interior de taludes, podendo ser de dois tipos, verticais e horizontais. Esta medição pode ser realizada através da utilização de equipamentos tais como inclinómetros, *Incremental Extensometer (INCREX)*, extensómetros, sensores de fibra ótica e fio-de-prumo. Os inclinómetros permitem a medição de deslocamentos que se verificam na direção perpendicular ao eixo do aparelho. O *Incremental Extensometer* é um sistema de medições extensométricas de alta precisão, com leituras da compressão e extensão metro a metro. Os extensómetros permitem medir deslocamentos relativos entre dois pontos pré-definidos que estão localizados no interior de aterros ou em furos de sondagens. Os sensores de fibra ótica baseiam-se na separação da luz num sensor de fibra e numa fibra de referência, permitindo diversas aplicações, nomeadamente para medição de deslocamentos. Por último, o fio-de-prumo é utilizado para a medição de deslocamentos horizontais, nomeadamente em paramentos de muros de suporte altos [12].

A avaliação da pressão hidrostática e do nível de água subterrânea (parâmetros com influência direta no estado de tensão dos maciços), pode ser efetuada com recurso a piezómetros. Esta avaliação é condicionante para a verificação da estabilidade de taludes, elaboração de projetos de execução, bem como para o acompanhamento de trabalhos [13].

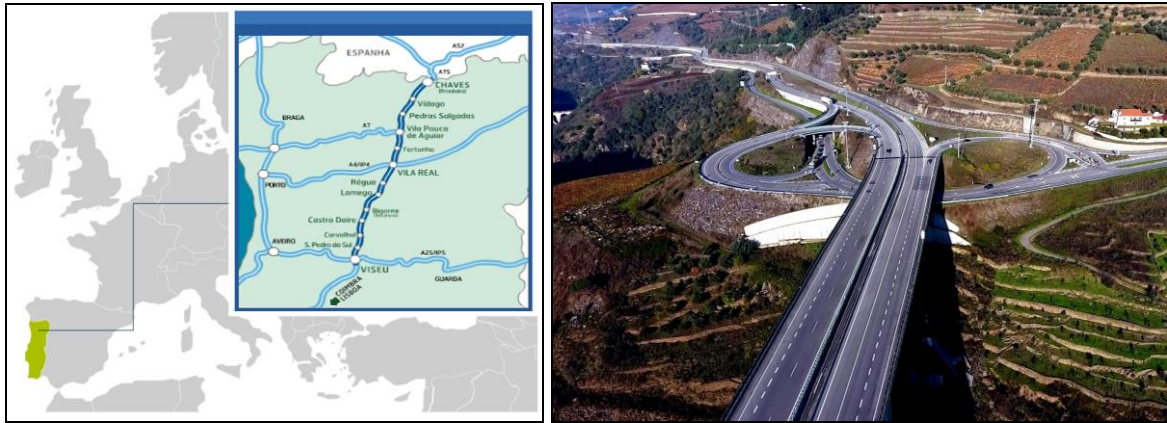
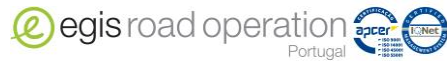
Em suma, a realização de uma adequada e eficiente gestão de estruturas de contenção ao longo do seu ciclo de vida, assume um papel cada vez mais relevante nas infraestruturas. Deste modo, procura-se cada vez mais encontrar formas de atingir este objetivo, considerando as diversas variáveis envolvidas nomeadamente o custo, o risco, as oportunidades e os benefícios de desempenho. Ao longo dos anos, as organizações responsáveis pela gestão, operação e manutenção de infraestruturas rodoviárias têm procurado reduzir as despesas de capital (CAPEX) e os custos operacionais (OPEX) associados à sua atividade, garantindo um adequado nível de serviço das infraestruturas ao longo do seu ciclo de vida e permitindo às organizações atingir os seus objetivos estratégicos.

De seguida será apresentado o sistema de acompanhamento destas estruturas efetuado pela Egis Road Operation Portugal na autoestrada A24.

### **3 CASO DE ESTUDO: EGIS ROAD OPERATION PORTUGAL**

A Egis Road Operation Portugal é responsável pela operação e manutenção da autoestrada 24 (A24), uma autoestrada com aproximadamente 157 km, com duas vias em cada sentido de circulação, localizada numa região de montanhas e vales no norte de Portugal, entre a fronteira com Espanha (Chaves) e Viseu, passando

pelo Douro Vinhateiro (Figura 1). Foi pioneira em Portugal na obtenção da certificação segundo a norma ISO 55001 – Gestão de Ativos [17].



**Fig.1. Localização e imagem da autoestrada 24**

A A24 inclui diversos ativos, destacando a existência de vários tipos de estruturas geotécnicas, nomeadamente 145 muros de suporte de variadas tipologias (Quadro 1), alturas e extensões, bem como diversos taludes de grandes dimensões, muitos destes reforçados, nomeadamente, com pregagens, betão projetado e redes de contenção.

**Quadro 1. Tipologias de muros de suporte na A24**

Tipologia	Quantidade
Betão armado	22
Colchão reno	4
Gabião	83
Panogrill	2
Pedra arrumada	2
Terra armada	24
Terramesh	5
Terratrel	3

A A24 é também uma autoestrada que apresenta uma extensão considerável com sentidos de circulação desnivelados, fator que obriga ao recurso de diversas obras geotécnicas que dão suporte à via. Na Figura 2 encontram-se alguns exemplos de muros de suporte existentes ao longo da A24.



**Fig.2. Muros de suporte da A24 (exemplos: muros MAE 862\_177 e MC 880\_191)**

Deste modo, as estruturas geotécnicas foram alvo de particular atenção desde a fase de construção. De seguida apresenta-se o sistema de acompanhamento de estruturas geotécnicas realizado na A24 pela Egis Road Operation Portugal, sendo descritas as diferentes tipologias e periodicidades de inspeções visuais realizadas, as metodologias utilizadas para a obtenção de um estado de conservação, bem como o sistema complementar de monitorização e instrumentação utilizado para a obtenção de uma caracterização de estabilidade destes ativos. Será ainda demonstrada, através da apresentação de um exemplo, a importância desta caracterização de estabilidade na identificação precoce de eventuais instabilizações.

### 3.1 Sistema de acompanhamento de estruturas geotécnicas

O sistema de acompanhamento de estruturas geotécnicas realizado na A24 pela Egis Road Operation Portugal está integrado no sistema de gestão de ativos da organização. Sendo a Egis Road Operation Portugal, uma organização certificada em gestão de ativos, todo o acompanhamento é efetuado de acordo com os requisitos da norma ISO 55001 – Gestão de ativos [17]. Como duas principais atividades de acompanhamento identificam-se as inspeções e as monitorizações. Estas são programadas anualmente, de acordo com os resultados obtidos em campanhas anteriores.

Começando por abordar as inspeções, estas têm como principais objetivos:

- Verificar se os elementos da infraestrutura estão em condições adequadas para que a estrada possa ser utilizada em segurança e nas condições para que foi projetada;

- Observar e fornecer informação sobre o estado de manutenção/conservação do elemento inspecionado e zona de influência, assim como avaliar o desempenho funcional e a durabilidade do mesmo, permitindo planejar intervenções sempre que as condições existentes não cumpram o estabelecido no projeto, nas especificações do fabricante, ou nas condições contratuais.

As inspeções podem ter diferentes tipos e periodicidades, encontrando-se resumidas no Quadro 2 uma listagem dos tipos de inspeções, com a respetiva descrição e indicação da frequência / periodicidade das mesmas.

**Quadro 2. Tipos, frequência e descrição de inspeções na A24**

<b>Tipo de inspeção</b>	<b>Frequência</b>	<b>Descrição</b>
Diária ou permanente	Que permita identificar atempadamente defeitos que ponham em causa a segurança, dependendo da importância das vias envolvidas, ou do elemento em questão.	Inspeção rápida realizada a partir de um veículo em movimento lento; em certos casos podem ser necessárias deslocações a pé.
Rotina	1 a 2 anos	Inspeção visual a partir do terreno e locais acessíveis a pé. Relatório das condições físicas de todos os elementos estruturais visíveis do nível do terreno.
Detalhada	1 a 5 anos	Exame visual feito por perito, a uma distância que permita tocar no elemento, e utilizando as técnicas de inspeção adequadas. Relatório das condições físicas de todos os elementos estruturais inspecionáveis.
Extraordinária / especial	Programada ou quando necessário	Investigação detalhada feita por perito (incluindo inspeção se requerido, ensaios e/ou monitorização) numa zona específica sensível, ou após eventos imprevistos (ex.: acidente, catástrofe natural)
Receção	Quando necessário	Procedimento formal para registo das condições da infraestrutura, que antecede normalmente uma troca de responsabilidades pela mesma.
Avaliação	Quando necessário	Inspeção realizada para fornecer a informação requerida para uma avaliação estrutural.



É essencial que previamente à inspeção sejam analisadas todas as anomalias detetadas em inspeções anteriores. Só assim se garante o necessário acompanhamento de todas as anomalias anteriormente detetadas. Deverão também ser analisados os projetos destas estruturas, bem como eventuais condicionalismos para a realização da inspeção (exemplo: necessidade de meios de acesso especiais).

Para garantir a necessária uniformização de critérios, e para que possa ser avaliada e classificada de forma concisa e clara, o ativo muro de suporte é subdividido em componentes e subcomponentes, sendo os principais paramentos, taludes, órgãos de ancoragem/pregagem, drenagem e área de influência.

Este processo é feito de um modo sistemático, sendo atribuído a cada componente o seu estado de conservação numa escala de 0 (Excelente) a 5 (Muito Mau), em função da sua importância e da gravidade das anomalias detetadas. São ainda definidos e priorizados todos os trabalhos de manutenção corrente e de reparação considerados necessários para a resolução das anomalias identificadas. Podem ainda ser recomendados estudos adicionais ou acompanhamentos específicos.

A par com as inspeções, podem ainda ser realizadas diversas monitorizações, nomeadamente com recurso a equipamentos topográficos, inclinómetros, piezómetros e varrimentos laser. Podem ainda ser realizadas monitorizações específicas como por exemplo a medição de fissuras (Figura 3). Estas monitorizações são especialmente importantes para detetar eventuais instabilizações num estado inicial.



**Fig.3. Monitorizações específicas em muros de suporte da A24**

Pela sua simplicidade e precisão, o acompanhamento com recurso a equipamentos topográficos tem tido primazia sobre os restantes métodos, desde a fase de construção (Figura 4). Em 2018 foram monitorizadas 107 estruturas geotécnicas, tendo sido efetuadas 204 campanhas de monitorização com recurso a equipamentos topográficos, num total de 1661 alvos topográficos instalados. Os resultados obtidos são sempre comparados com a leitura de referência e com a leitura anterior. Reforça-se a importância da existência de histórico para que os resultados obtidos tenham utilidade. Sempre que possível, deve-se manter o equipamento de medição e a pessoa que a executa ao longo dos anos, de modo a garantir a comparabilidade direta dos resultados obtidos.



**Fig.4. Monitorizações com equipamentos topográficos em muros de suporte da A24**

Para ajudar a interpretar os resultados obtidos de forma expedita, foram definidos limites de alerta para todas as estruturas. Estes tiveram origem nos limites de alerta-tipo que foram definidos de acordo com a experiência

internacional do grupo Egis, para cada tipo de estrutura geotécnica (Quadro 3): Ao longo do seu ciclo de vida, estes são adaptados de acordo com eventuais ocorrências (exemplo: intervenções de reforço).

**Quadro 3. Limites de alerta tipo por estrutura geotécnica**

Estrutura geotécnica	Deslocamento horizontal (mm)	Deslocamento vertical (mm)
Betão armado	30	20
Gabião	25	30
Terra armada	25	30
Terramesh	25	30
Terratrel	25	30
Panogril	25	30

Todas as monitorizações anualmente efetuadas são analisadas por especialistas geotécnicos, tendo como objetivo obter a caracterização de estabilidade (entre verde e vermelho) de cada uma das estruturas geotécnicas. No Quadro 4 encontra-se descrito o significado de cada uma destas classificações, bem como ações a tomar. É ainda importante referir que algumas das estruturas devem ser analisadas em conjunto (exemplo: locais com perfis mistos, em que simultaneamente devem ser analisados os resultados das estruturas na zona de aterro e de escavação). Para além disso, a caracterização de estabilidade deve ser avaliada de forma conservadora, ou seja, não deve existir a variação de mais do que um nível no sentido positivo entre duas análises de monitorizações (exemplo: de vermelho para amarelo), podendo, no entanto, ocorrer a variação de mais do que um nível no sentido negativo (exemplo: de amarelo para vermelho).

**Quadro 4. Caracterização de estabilidade**

Caraterização de estabilidade	Descrição
Verde	Nenhuma evolução de deformações significativa (após a construção). Obra estável. Inspeção Detalhada a cada 5 anos.
Amarelo	Ligeira evolução de deformações ou anomalias que o possam indicar. Evolução ligeira nas medições topográficas ou incerteza na sua variação. Obra em princípio estável. Inspeção Detalhada a cada 5 anos. Visitas anuais.
Laranja	Medições não estabilizadas com deformações moderadas no sentido da instabilização ou anomalias que correspondem inequivocamente a uma obra instável. Inspeções Detalhadas anuais.
Vermelho	Deformações importantes no sentido da instabilização e/ou anomalias que o corroborem. Obra com movimentações muito relevantes recomendando-se uma inspeção detalhada anualmente.

### 3.2 Exemplo de aplicação

Para demonstrar a importância da caracterização de estabilidade na identificação precoce de eventuais instabilizações, apresenta-se o caso do muro MAE 885\_201 (Figura 6), muro em Terra Armada localizado ao PK 88+500 da A24, junto ao encontro de uma obra de arte.



**Fig.6. Vista geral do muro MAE 885\_201 e área de influência (PK 88+500 da A24)**



Este muro tem vindo a ser monitorizado desde a fase de construção, sendo que até ao final de 2018 já haviam sido efetuadas mais de 130 monitorizações topográficas. É ainda importante que os resultados das monitorizações efetuadas a este muro sejam analisados em conjunto com os resultados do muro existente no separador central (vias desniveladas), bem como do talude em escavação reforçado existente no sentido contrário de circulação.

Os estados de conservação atribuídos ao longo das inspeções realizadas até 2011, indicavam a existência de anomalias, no entanto, não evidenciavam a urgência do seu reforço. Só através da caracterização de estabilidade foi possível evidenciar a sua instabilização (Quadro 5).

**Quadro 5. Evolução da caracterização de estabilidade do muro MAE 885\_201**

<b>Estrutura geotécnica</b>	<b>Caraterização de estabilidade</b>
2011	Vermelho
2012	Trabalhos (garantia)
2013	Laranja
2014	Amarelo
2015	Verde

Assim, ocorreu ao longo do ano de 2012 um reforço desta estrutura geotécnica (trabalhos efetuados no âmbito da garantia). Nos anos seguintes, e conforme se pode verificar no Quadro 5, a caracterização de estabilidade foi melhorando um nível, até se atingir a classificação verde (obra estável), no ano de 2015.

## **4 CONCLUSÕES**

Ao longo deste documento foi apresentado o sistema de acompanhamento de estruturas geotécnicas realizado na autoestrada A24 pela Egis Road Operation Portugal, verificando-se a importância da realização tanto de inspeções como de monitorizações periódicas.

Através da realização de inspeções periódicas, é obtido o estado de conservação dos ativos numa escala de 0 (Excelente) a 5 (Muito Mau), por componente e global, em função das anomalias detetadas. São ainda definidos e priorizados todos os trabalhos de manutenção corrente e de reparação considerados necessários para a resolução das anomalias identificadas. Podem ainda ser recomendados estudos adicionais ou acompanhamentos específicos.

A par com inspeções, podem ainda ser realizadas diversas monitorizações, nomeadamente topográficas, inclinométricas, piezométricas, varrimentos laser ou específicas como por exemplo a medição de fissuras. Estas monitorizações são especialmente importantes para detetar eventuais instabilizações num estado inicial. Todas as monitorizações anualmente efetuadas são analisadas por especialistas geotécnicos, tendo como objetivo obter a caracterização de estabilidade (entre verde, obra estável, e vermelho, obra instável) de cada uma das estruturas geotécnicas.

É ainda importante referir que algumas das estruturas devem ser analisadas em conjunto (exemplo: locais com perfis mistos, em que simultaneamente devem ser analisados os resultados das estruturas na zona de aterro e de escavação). Para além disso, a caracterização de estabilidade deve ser avaliada de forma conservadora, ou seja, não deve existir a variação de mais do que um nível no sentido positivo entre duas análises de monitorizações (exemplo: de vermelho para amarelo), podendo, no entanto, ocorrer a variação de mais do que um nível no sentido negativo (exemplo: de amarelo para vermelho).

Para ajudar a interpretar os resultados obtidos de forma expedita, foram definidos limites de alerta para todas as estruturas. Estes tiveram origem nos limites de alerta-tipo definidos por tipo de estrutura geotécnica, sendo adaptados ao longo do seu ciclo de vida de acordo com eventuais ocorrências (exemplo: intervenções de reforço que possam ter ocorrido).

## **5 AGRADECIMENTOS**

A toda a equipa da Egis Road Operation Portugal.

## 6 REFERÊNCIAS

1. A. S. Dyminski, “Noções de Estabilidade de Taludes e Contenções - Estabilidade de Taludes,” Curitiba, Brasil, 2006.
2. P. Barros, *Manual técnico de obras de contenção*. São Paulo, Brasil: Maccaferri, 2005.
3. T. Magalhães and C. Azevedo, “Análise Técnica e Econômica de Estruturas de Contenção de Taludes,” in *XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, 2016.
4. Quintino Jackson Vinevala, “Programa de cálculo de muros de suporte de terras em betão armado,” Universidade de Aveiro, Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, 2011.
5. M. de M. Fernandes, *Mecânica dos Solos - Conceitos e Princípios Fundamentais*, 4th ed. Porto, Portugal: FEUP Edições, 2016.
6. IPQ, “Eurocódigo 7: Projecto geotécnico - Parte 1: Regras gerais. NP-EN-1997-1: 2010,” Instituto Português da Qualidade, 2010.
7. A. Silva Gomes, “Sistemas de observação em obras geotécnicas. Planeamento, instalação e exploração,” in *VIII Congresso Nacional de Geotecnia*, 2002.
8. A. T. Castro, “Exploração dos sistemas de observação e interpretação dos resultados de observação,” in *VIII Congresso Nacional de Geotecnia*, 2002.
9. L. G. de Vallejo, *Ingeniería geológica*, 1st ed. ALHAMBRA, 2002.
10. A. W. Marr, “Why monitoring geotechnical performance?,” in *49th Geotechnical Conference in Minnesota*, 2001.
11. P. S. Sêco e Pinto, “Algumas reflexões sobre instrumentação de estruturas geotécnicas,” in *VII Congresso Nacional de Geotecnia*, 2000.
12. E. M. S. Raposo, “Observação de deslocamentos em obras geotécnicas,” Universidade Nova de Lisboa, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Geológica, 2011.
13. S. Lach, “An analysis of the dynamics of changes to water levels in the open piezometers of the Pieczyska dam in the study period between January 2016 and April 2017,” *E3S Web Conf.*, vol. 45, p. 44, 2018.
14. I. Caspurro, “Observação do comportamento de obras geotécnicas rodoviárias,” Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Dissertação de mestrado para a obtenção de mestre em geotecnia, 1999.
15. N. Lima, M. Henriques, and J. Casaca, “A utilização do GNSS na medição de deslocamentos em barragens de aterro,” in *XI Congresso Nacional de Geotecnia*, 2008.
16. J. Casaca, M. Baio, and J. Matos, *Topografia Geral*, 5th ed. Lisboa, Portugal: Lidel, 2005.
17. ISO, “Asset management - Management systems - Requirements. ISO 55001:2014,” International Organization for Standardization, 2014.