

APLICAÇÃO DO FMEA NA AVALIAÇÃO DE RISCO DE TALUDES E MUROS DE CONTENÇÃO TRADICIONAIS EM ALVENARIA DE PEDRA

Relatório de Estágio desenvolvido na Câmara Municipal de Amarante

Ramo de Gestão da Construção

Por:

Tiago Manuel da Silva Ribeiro

Orientador:

Professor Doutor Jorge José de Magalhães Mendes

Supervisor:

Engenheiro Miguel Jorge Barbosa Gomes

Outubro de 2015

Relatório de estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em
Engenharia Civil, ramo de Gestão da Construção.

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Abstract	v
Agradecimentos	vii
Índice de Texto	ix
Índice de Figuras	xv
Índice de Quadros	xix
Abreviaturas	xxi
1 Introdução	1
2 Município de Amarante	7
3 Estabilidade de taludes	18
4 Estabilidade de muros de contenção em alvenaria de pedra	40
5 FMEA, “Failure Modes and Effects Analysis”	49
6 CS-FMEA, “Conservation State, Failure Mode and Effects Analysis”	63
7 Avaliação e Priorização	89
8 Conclusões	102
9 Bibliografia	106
10 Anexos	108

RESUMO

Ao longo das últimas décadas o município de Amarante tem-se deparado com inúmeros problemas de instabilidade de estruturas de suporte de terras, maioritariamente instabilidade de taludes artificiais, (escavação e/ou aterro) e muros de contenção tradicionais em alvenaria de pedra. A unidade técnica de projeto, ou UTP da Câmara Municipal de Amarante tem vindo a elaborar estudos, projetos e adjudicar as obras para repor a normalidade após a instabilização desses elementos, contudo a frequência de ocorrência destes fenómenos e os recursos necessários para a sua resolução ultrapassam a capacidade desta unidade, levando a que muitos destes casos se arrastem durante anos antes de ser reposta a sua normalidade.

Perante este panorama revelou-se necessário efetuar um estudo de forma a listar, avaliar e priorizar os vários casos de instabilidade existentes, para uma eficiente alocação dos recursos disponíveis. Esta análise pretende ainda identificar as principais causas de instabilidade destas estruturas, de forma a eliminar ou mitigar a ocorrência de futuros problemas semelhantes.

Para o estudo destes elementos de contenção de terras adotou-se o método de análise de risco conhecido como FMEA, "*Failure Modes and Effects Analysis*" ou Análise dos Modos de Falha e Efeitos, com as adaptações necessárias de forma a maximizar a confiabilidade das avaliações mediante a especificidade dos casos a avaliar e realidade da instituição.

ABSTRACT

Over the last decades Amarante has encountered numerous problems of earth retaining structures stability, mainly of artificial embankments, (excavation and/or fill) and traditional retaining walls in stone. The UTP, "*unidade técnica de projeto*" or project technical unit, in the Town Hall has produced studies, designs and tenders to restore normalcy after the instability of these elements, however the frequency of occurrence of these phenomena and the resources needed for their resolution are beyond the capacity and budget of this unit, leading in some cases to years of delays before being restored the normality.

With this background has been proved necessary to carry out a study to list, assess and prioritize the various cases of instability for an efficient allocation of the available resources. This analysis also intends to identify the main causes of instability of these structures, to eliminate or mitigate the occurrence of future similar problems.

To study these earth retaining elements it was adopted the risk analysis method known as FMEA, failure modes and effects analysis, with the necessary adjustments in order to maximize the reliability of the data, considering the reality of the institution and the specificity of the elements under evaluation.

AGRADECIMENTOS

O apoio da minha família foi essencial para todo o meu percurso académico que culmina com o estágio desenvolvido na Câmara Municipal de Amarante e o presente relatório. Como tal em primeiro lugar tenho a agradecer o apoio incondicional da minha mãe, Lina Jesus Ribeiro; a compreensão do meu pai, José Pinheiro Ribeiro e a força do meu irmão, Daniel António Pinheiro Ribeiro. Um muito obrigado aos três, porque sem eles este trabalho não seria possível.

Em segundo lugar fica o agradecimento ao Professor Doutor Jorge José de Magalhães Mendes, pela orientação e interesse no trabalho desenvolvido. Apesar da sua apertada agenda, ao acumular as funções de professor coordenador no departamento de Engenharia Civil, do Instituto Superior de Engenharia do Porto e a Vice-Presidência da Câmara Municipal de Amarante, sempre conseguiu disponibilizar algum do seu tempo para apontar o caminho certo no desenvolvimento deste trabalho.

Fica também um sentido agradecimento ao Engenheiro Miguel Jorge Barbosa Gomes, pela supervisão e aconselhamentos dos trabalhos desenvolvidos na Unidade Técnica de Projeto, da qual é chefe de divisão e pela abertura e disponibilidade que demonstrou durante o decorrer do estágio.

Não podia deixar um comentário especial ao Engenheiro José Adão Almeida Cardoso, pela partilha de informação, disponibilidade e abertura demonstrada do primeiro ao último dia do estágio, um muito obrigado porque sem a sua contribuição o trabalho seria certamente mais complicado.

Por fim e porque não posso enumerar todas as pessoas que contribuíram de alguma forma neste trabalho, fica um agradecimento geral a todo o pessoal da Unidade Técnica de Projeto, pelos vários momentos de aprendizagem que proporcionaram no decorrer deste estágio.

ÍNDICE DE TEXTO

Índice Geral	iii
Resumo.....	iv
Abstract	v
Agradecimentos	vii
Índice de Texto	ix
Índice de Figuras	xv
Índice de Quadros	xix
Abreviaturas.....	xxi
1 Introdução.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Objetivos do estágio e Relatório.....	1
1.2.1 Programa de trabalhos:.....	2
1.2.2 Observações	5
2 Município de Amarante	7
2.1 Generalidades.....	7
2.2 Panorama paisagístico do município	9
2.2.1 Erros do século XX	10
2.3 Geologia e hidrologia.....	11

2.3.1	Unidades Geológicas.....	13
2.4	Análise da densidade populacional.....	14
2.4.1	Reorganização das Freguesias de Amarante:	17
3	Estabilidade de taludes	18
3.1	Generalidades	18
3.2	Deslizamentos de taludes	19
3.2.1	Escorregamentos	20
3.2.2	Quedas.....	22
3.2.3	Tombamentos.....	24
3.2.4	Espalhamento	25
3.2.5	Escoamento	27
3.3	Inspeções a taludes.....	28
3.3.1	A existência de um sistema de drenagem eficiente das águas pluviais [12].....	29
3.3.2	Dimensionamento dos sistemas de drenagens	33
3.3.3	Inclinação aconselhada dos taludes	34
3.3.4	Consolidação dos taludes	35
3.3.5	Anomalias visíveis no talude.....	37
4	Estabilidade de muros de contenção em alvenaria de pedra	40
4.1	Generalidades	40
4.2	Constituição de um muro de contenção em alvenaria de pedra.....	41
4.3	Inspeção a muros de contenção de alvenaria de pedra	44
4.3.1	As características constituintes do muro e envolvente.....	45
4.3.2	Vegetação	46
4.3.3	Deformação horizontal.....	47
4.4	Comentários sobre a estabilidade de taludes e muros de contenção.....	48

5	FMEA, “Failure Modes and Effects Analysis”	49
5.1	Generalidades.....	49
5.2	Descrição do FMEA	50
5.3	Fases de desenvolvimento do FMEA	51
5.3.1	Hierarquizar o problema	51
5.3.2	Identificar o objeto em estudo.....	52
5.3.3	Identificar os potenciais modos de falha	52
5.3.4	Identificar as potenciais consequências dos modos de falha	52
5.3.5	Identificar as potenciais causas dos modos de falha	53
5.3.6	Identificar as medidas de controlo aplicadas.....	53
5.4	Fases de determinação da criticidade, FMECA.....	54
5.4.1	Estimar a severidade do modo de falha, (S).....	54
5.4.2	Estimar a probabilidade de ocorrência do modo de falha, (O).....	55
5.4.3	Estimar a probabilidade de deteção do modo de falha (D)	56
5.4.4	Análise crítica do modo de falha	57
5.4.5	Estabelecer Prioridades.....	58
5.4.6	Identificar as ações a tomar	59
5.4.7	Identificar o responsável pelas ações a tomar.....	59
5.5	Resumo do faseamento do FME(C)A.....	60
5.5.1	Comentários sobre a elaboração do FME(C)A	61
5.6	Apresentação de um FME(C)A.....	62
5.7	Normas aplicadas ao FME(C)A.....	62
6	CS-FMEA, “Conservation State, Failure Mode and Effects Analysis”	63
6.1	Generalidades.....	63
6.2	Descrição do CS-FMEA.....	65
6.2.1	Identificar o objeto em estudo.....	66

6.2.2	Identificar as anomalias	67
6.2.3	Identificação das potenciais falhas, efeitos e medidas de controlo	68
6.2.4	Definição do estado de conservação	70
6.2.5	Definição da severidade dos potenciais modos de falha	72
6.2.6	Definir a prioridade de intervenção em cada elemento em estudo	74
6.2.7	Definir as ações a tomar e os responsáveis	75
6.3	Ficha de inspeção	76
6.3.1	Considerações Preliminares	76
6.3.2	Folha Geral	77
6.3.3	Folha de Anomalias	80
6.3.4	Folha dos modos de falha	83
6.4	Base de dados	87
6.5	Comentários sobre o método de avaliação proposto	88
7	Avaliação e priorização	89
7.1	Generalidades	89
7.2	Identificação dos locais de interesse	89
7.2.1	Locais previamente identificados	90
7.2.2	Identificação durante o decorrer do estágio	90
7.2.3	Colaboração das juntas de freguesia	90
7.3	Inspeção, avaliação e priorização dos casos	91
7.3.1	Listagem dos casos de interesse avaliados	93
7.3.2	Resultados das avaliações e priorização dos elementos	95
7.3.3	Análise dos resultados das avaliações	98
7.4	Comentários sobre a estabilidade de taludes e muros de contenção	101
8	Conclusões	102

8.1	Identificação, avaliação e priorização dos casos	102
8.2	Estabilidade de taludes e muros de contenção.....	103
8.3	Desenvolvimentos Futuros	104
8.4	Observações finais	105
9	Bibliografia	106
10	Anexos.....	108
	Anexo 1	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 – Município de Amarante, (Fonte: http://www.ine.pt).....	7
Figura 2-2 – Igreja e ponte de S. Gonçalo	8
Figura 2-3 – Linhas de água de Amarante, (fonte: Carta Geológica do Município).....	12
Figura 2-4 – Unidades Geológicas, (fonte: Carta geológica do município)	13
Figura 2-5 – Análise da densidade populacional e enquadramento das freguesias no município, (alterado da fonte: http://www.ine.pt).....	16
Figura 3-1 – Esquema de um talude.....	18
Figura 3-2 – Esquema de um escorregamento rotacional. (Obtido a partir da referência 11).....	20
Figura 3-3 – Esquema de um escorregamento translacional. (Obtido a partir da referência 11)	20
Figura 3-4 – Elementos inclinados no corpo do talude evidenciando um escorregamento lento, Rua das Macieiras, Fregim (Caso 12.01)	21
Figura 3-5 – Exemplo de um corte do pé do talude, Rua de Gavim, Bustelo (Caso 05.01).....	22
Figura 3-6 - Esquema de queda de rochas. (Obtido a partir da referência 11).....	22
Figura 3-7 – Local propício a quedas de rochas, Rua Central de Ansiães (Caso 03.03)	23
Figura 3-8 – Esquema de um tombamento. (Obtido a partir da referência 11)	24
Figura 3-9 – Instabilização do talude provocada pela desumidificação do maciço argiloso, Rua Central de Canadelo, Talude da Charola (Caso 06.01)	25
Figura 3-10 – Esquema de um Espalhamento Lateral. (Obtido a partir da referência 11)	26
Figura 3-11 – Espalhamento lateral ocorrido em Loma Prieta, em 1989, na Califórnia, EUA. (Fotografia por Steve Ellen, U.S. Geological Survey). Em consequência de um terramoto. (Obtido a partir da referência 11).....	27
Figura 3-12 – Esquema de um Escoamento. (Obtido a partir da referência 11)	28

Figura 3-13 – Esquema de um perfil misto (escavação e aterro) e das drenagens longitudinais numa via de comunicação terrestre.....	30
Figura 3-14 – Exemplo de um bom encaminhamento das águas pluviais, com dissipadores da velocidade das águas. Talude entre a A4 e a N15, Várzea – Amarante.....	32
Figura 3-15 – Exemplo de um erro de conceção, descarga da valeta sob o talude. Rua das Golas, Amarante – S. Gonçalo, (Caso33.01).....	33
Figura 3-16 – Talude terroso com inclinação quase vertical. Rua Marquês de Pombal, Carneiro. (Caso 08.01)	35
Figura 3-17 – Utilização de geocoleção para consolidação do talude. Rua do Mosteiro, Freixo de Baixo. (Caso 13.01)	36
Figura 3-18 – Fissuração e abatimento do pavimento, indiciando um deslizamento do talude a jusante da via. Rua de Manhufe, Mancelos. (Caso 23.01)	38
Figura 3-19 – Identificação de porções do maciço que podem sofrer quedas ou tombamentos. M574 (Acesso a Covelo do Monte), Aboadela. (Caso 01.01)	39
Figura 4-1 – Esquema de um muro de contenção gravítico.....	41
Figura 4-2 – Muro de contenção em alvenaria de pedra granítica. Rua de Gavim, Bustelo. (Caso 05.01)	42
Figura 4-3 – Muro de contenção em alvenaria de pedra xistosa. Rua da Portela, Rebordelo. (Caso 28.02)	43
Figura 4-4 – Muro com 4m de altura, espessura constante e insuficiente encorpamento na base. Rua Padre Álvaro Morais Ferreira, Amarante (S. Gonçalo). (Caso 33.02), Obtido a partir do Google Maps. 2009.....	44
Figura 4-5 – Esquema de bom e mau emparelhamento	45
Figura 4-6 – Crescimento de um sobreiro sobre o topo de um muro de alvenaria em pedra xistosa. Rua Nossa Sra das Neves, Rebordelo. (Caso 28.01)	46
Figura 4-7 – Abertura de juntas devido a deformação horizontal do muro. Rua de Lamelas, Rebordelo. (Caso 28.12).....	47

Figura 4-8 - Fissuração e abatimento do pavimento a montante de um muro de suporte. Rua da Eira de Covelo, Aboadela. (Caso 01.08)	48
Figura 5-1 – Exemplo de um WBS para a tarefa de pintar uma divisão.....	51
Figura 5-2 – Exemplo da apresentação de um FME(C)A através de uma tabela, (fonte: [5]).....	62
Figura 6-1 – Esquema resumo do CS-FMEA	65
Figura 6-2 – CS-FMEA, identificação do objeto em estudo.....	66
Figura 6-3 - CS-FMEA – Identificar as anomalias (1)	67
Figura 6-4 – CS-FMEA – Identificar as anomalias (2).....	68
Figura 6-5 – CS-FMEA, Identificar as potenciais falhas, efeitos e medidas de controlo	69
Figura 6-6 – CS-FMEA, definição do estado de conservação	70
Figura 6-7 – Definição do estado de conservação global do elemento	71
Figura 6-8 – Definição da severidade de cada modo de falha	72
Figura 6-9 – Definição da severidade global do elemento.....	73
Figura 6-10 – Definição da prioridade de intervenção para cada elemento	74
Figura 6-11 – Primeira parte da folha geral	77
Figura 6-12 – Segunda parte da folha geral	78
Figura 6-13 – Exemplo de uma folha geral preenchida	79
Figura 6-14 – Enquadramento de uma folha de anomalias.....	80
Figura 6-15 – Registo das anomalias identificadas	80
Figura 6-16 – Quantificação das anomalias	81
Figura 6-17 – Mau preenchimento da folha de quantificação de anomalias	81
Figura 6-18 – Exemplo de uma folha de anomalias preenchida	82
Figura 6-19 – Enquadramento de uma folha de modos de falha	83
Figura 6-20 – Identificação dos modos de falha	83
Figura 6-21 – Quantificação da severidade de um modo de falha	84
Figura 6-22 – Exemplo de uma quantificação de um modo de falha	84

Figura 6-23 – Exemplo de uma priorização parcial de um modo de falha	84
Figura 6-24 – Observações quanto ao modo de falha.....	85
Figura 6-25 – Exemplo de uma folha de modos de falha preenchida	86
Figura 6-26 - Base de dados criada para a avaliação dos casos identificados durante o decorrer do estágio	87
Figura 6-27 - Exemplo da organização por ano de toda a informação recolhida.....	88
Figura 7-1 – Rocha em potencial risco de queda. Lugar da Povia, Anciães. (Obtido através da junta de freguesia de Anciães)	91
Figura 7-2 – Exemplo da apresentação da avaliação e priorização dos casos apresentada no anexo 1	92
Figura 7-3 – Avaliação e priorização dos elementos em estudo	95
Figura 7-4 – Análise geral das qualificações	96
Figura 7-5 – Matiz de Risco.....	97

ÍNDICE DE QUADROS

Tabela 1-1 – Programa de trabalhos previamente definido	2
Tabela 1-2 – Programa de trabalhos efetivo	3
Tabela 2-1 – Legenda da carta geológica, (fonte: Carta geológica do município)	14
Tabela 2-2 – Densidade Populacional de Amarante, por Freguesias.....	15
Tabela 2-3 – Densidade Populacional de Amarante, Após a reorganização de freguesias	17
Tabela 5-1 – Exemplo de padronização dos critérios de severidade para obras de construção civil...	54
Tabela 5-2 – Exemplo 1, classificação da probabilidade de ocorrência	55
Tabela 5-3 – Exemplo 2, classificação da probabilidade de ocorrência	56
Tabela 7-1 – Listagem e priorização dos casos identificados.....	93
Tabela 7-2 – Legenda da priorização.....	94
Tabela 7-3 – Listagem e análise das anomalias.....	98

ABREVIATURAS

CMA – Câmara Municipal de Amarante

UTP – Unidade Técnica de Projeto

EP – Estradas de Portugal, atual Infraestruturas de Portugal

FMEA – “Failure Modes and Effects Analysis” ou análise dos modos de falha e efeitos

FMECA – “*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*” ou análise da criticidade dos modos de falha e efeitos

CS-FMEA – “*Conservation state, failure mode and effects analysis*” ou Análise do Estado de conservação, modos de falha e efeitos

RPN – “*Risk Priority Number*” ou número de prioridade de risco

WBS – “*Work Breakdown Structure*” ou estrutura de divisão de trabalho

GSE – Gestão e Seguimento Expediente

SCS – “*Soil Conserveitoin Service*” ou serviço de conservação de solo

1 INTRODUÇÃO

1.1 GENERALIDADES

O município de Amarante, fortemente demarcado pela sua geografia, apresenta uma grande quantidade de sistemas de contenção de terras essenciais à construção de edifícios, vias de comunicação rodoviária e ferroviária ou simplesmente para a criação de socalcos para o cultivo de terras agrícolas. Devido a inúmeros fenómenos de instabilização dos sistemas de contenção de terras verificados no município nas últimas duas décadas, a Câmara Municipal vê-se obrigada a praticamente todos os anos efetuar obras para repor a normalidade destes sistemas de contenção. Devido à quantidade de casos identificados o orçamento anual para a reposição da normalidade destas estruturas não é suficiente para a resolução de todos os problemas, vindo muitos destes a arrastarem-se há alguns anos.

Perante a complexidade e essencialmente quantidade de casos de instabilização de sistemas de contenção de terras verificados no município, a Câmara Municipal de Amarante (CMA) tem adotado uma forma reativa de lidar com estes problemas, ou seja a CMA limita-se a realizar as obras necessárias para repor a normalidade dos elementos após o desencadeamento de um fenómeno de instabilidade que inutilize ou condicione gravemente a função do elemento.

1.2 OBJETIVOS DO ESTÁGIO E RELATÓRIO

O presente relatório, relativo ao estágio curricular desenvolvido entre 1 de fevereiro de 2015 a 31 de julho do mesmo ano, na unidade técnica de projeto (UTP) da Câmara Municipal de Amarante, teve inicialmente como objetivo principal avaliar os casos de instabilização de taludes previamente identificados através do método FMEA, de modo a classifica-los segundo uma escala de risco e efetuar uma priorização entre os diversos casos para futuras intervenções. Constava ainda parte dos objetivos a criação de uma base de dados com os taludes à data identificados, bem como identificar

o maior número possível de outros casos de instabilidade que à data não fossem do conhecimento da UTP e avalia-los segundo o mesmo método.

1.2.1 Programa de trabalhos:

A sequência dos trabalhos prevista inicialmente para o estágio seria a apresentada na tabela 1-1.

Tabela 1-1 – Programa de trabalhos previamente definido

	Descrição	Tempo Previsto
1.º	Conhecer o município de Amarante, bem como uma caracterização dos tipos de taludes a serem avaliados e elaboração de relatórios ilustrados dos mesmos.	(2semanas)
2.º	Tratamento da informação adquirida, definir os requisitos funcionais dos taludes e os critérios de aceitabilidade.	(3semanas);
3.º	Identificar as falhas que possam colocar em causa a estabilidade dos taludes ou outro requisito funcional.	(3 semanas)
4.º	Identificar os potenciais efeitos que poderão decorrer de cada uma das falhas.	(3 semanas)
5.º	Identificar as causas de cada uma das falhas.	(3 semanas)
6.º	Identificar os mecanismos de controlo a colocar em prática para prevenir ou mitigar a probabilidade de ocorrência de cada uma das falhas.	(3 semanas)
7.º	Estabelecer prioridades de intervenção de cada talude e por sua vez a prioridade de cada uma das ações corretivas que possam ser necessárias.	(4 semanas)
8.º	Participação em reuniões de coordenação com os diferentes	(2 semanas)

	técnicos envolvidos na avaliação e escrita final do relatório.	
--	--	--

Contudo, devido à disponibilidade do pessoal da UTP, e a protocolos internos de gestão de recursos, nomeadamente os veículos para as deslocações aos locais de interesse, bem como na realidade alguns dos pontos descritos anteriormente poderiam ser efetuados em paralelo, o programa foi modificado para uma eficaz concretização dos objetivos.

Tabela 1-2 – Programa de trabalhos efetivo

Descrição	Tempo	Observações
Conhecer a realidade do estado geral dos sistemas de contenção das estradas e terrenos públicos do município e as características dos elementos a serem futuramente avaliados.	Três primeiras semanas	<p>Neste período tornou-se claro a necessidade de alargar o âmbito do trabalho a muros tradicionais de alvenaria em pedra, devido ao elevado número de casos de instabilidade verificados neste sistema de contenção.</p> <p>Foram também visitados locais onde se realizaram obras para restabelecer a estabilidade estrutural tanto de muros de alvenaria em pedra como de taludes.</p> <p>Nos períodos em que não se tornou possível uma saída de campo, recorreu-se a mapas de cartografia, geologia e toponímia para melhor compreender a realidade do município.</p>
Descrição	Tempo	Observações

<p>Inspecionar os casos de instabilização de taludes e muros tradicionais de alvenaria em pedra previamente identificados e elaboração de relatórios ilustrados do estado dos mesmos.</p>	<p>Quatro primeiros meses</p>	<p>As inspeções foram efetuadas atendendo à experiência dos técnicos responsáveis pela elaboração dos projetos da UTP e o manual de Inspeções Principais, especificações e técnicas da Estradas de Portugal, [4].</p> <p>O material utilizado nas inspeções, limitou-se a uma máquina fotográfica, uma fita métrica e um martelo, sempre que disponíveis recorreu-se a levantamentos topográficos ou prospeções geológicas para análise dos casos.</p>
<p>Identificar outros casos de instabilidade estrutural em elementos de suporte de estradas, caminhos ou terrenos públicos.</p>		<p>Durante as deslocações pelo município, foram identificados vários casos de instabilidade de elementos de contenção das vias.</p> <p>Foi elaborado e enviado um ofício pedindo a colaboração das juntas de freguesia para a identificação de casos de instabilidade.</p>
<p>Criar um modelo de inspeção e avaliação dos sistemas de contenção.</p>		<p>Nos períodos em que não se tornou possível uma saída de campo, foram estudados diferentes métodos de avaliação e inspeção, uma vez que se tornou claro que aplicar o FMEA tradicional não seria aconselhável.</p> <p>Foram testados diferentes modelos de inspeção e avaliação com uma amostra dos casos já inspecionados, optando-se no final pelo mais funcional.</p>

Descrição	Tempo	Observações
Avaliar todos os casos segundo o modelo criado.	5.º Mês	Recorreu-se à ferramenta Microsoft Excel para criar uma folha de inspeção de preenchimento rápido para simplificar o processo de avaliação dos diferentes casos.
Efetuar uma análise estatística dos dados recolhidos.	6.º Mês	Mais uma vez recorreu-se ao Microsoft Excel para o tratamento estatístico dos dados recolhidos.
Elaborar o relatório de estágio.		O relatório de estágio foi elaborado recorrendo à larga recolha de dados e anotações durante os trabalhos, com recurso à ferramenta Microsoft Word e Microsoft Visio.

Atendendo ao programa de trabalhos aqui descrito, torna-se pertinente referir que todos os pontos relevantes para o trabalho desenvolvido no decorrer do estágio serão sucintamente explicados no decorrer do presente relatório.

1.2.2 Observações

O trabalho desenvolvido no decorrer do estágio incidiu exclusivamente na criação de um modelo de avaliação de taludes e muros tradicionais de alvenaria de pedra que servisse as necessidades da instituição tendo em conta o elevado número de casos a avaliar e as limitações de recursos disponíveis para esse efeito.

Tendo em atenção que em estudo estão taludes de escavação, aterro e naturais em unidades geológicas distintas bem como muros tradicionais de alvenaria em pedra xistosa ou granítica, seria necessária uma enormidade de prospeções e ensaios laboratoriais para poder qualificar quantitativamente cada um dos elementos em estudo, tornando economicamente inviável o estudo.

O método FMEA permitiu elaborar um modelo de avaliação único para todos os casos em estudo através de uma avaliação em primeiro lugar qualitativa dos elementos em estudo, baseada na experiência dos técnicos que lidam com estes casos, alguns há mais de duas décadas, e em segundo lugar por uma avaliação quantitativa apenas para os casos que se achem convenientes. Contudo, como será abordado em maior pormenor neste relatório, a aplicação do FMEA implica reuniões entre os vários técnicos envolvidos, de modo a chegar a um consenso nas avaliações dos vários elementos em estudo. Atendendo ao elevado número de casos e à reduzida disponibilidade das pessoas envolvidas para avaliar individualmente cada caso, mostrou-se impossível aplicar o método do FMEA tradicional sem que com isso se perdesse a confiabilidade das avaliações.

2 MUNICÍPIO DE AMARANTE

2.1 GENERALIDADES

Localizado no Distrito do Porto, delimitado a norte pelo município de Celorico de Basto, a nordeste por Mondim de Basto, a leste por Vila Real e por Santa Marta de Penaguião, a sul por Baião, Marco de Canaveses e Penafiel, a oeste por Lousada e a nordeste por Felgueiras. Amarante é sede de um município com 301,35 km² de área e 56 264 habitantes.

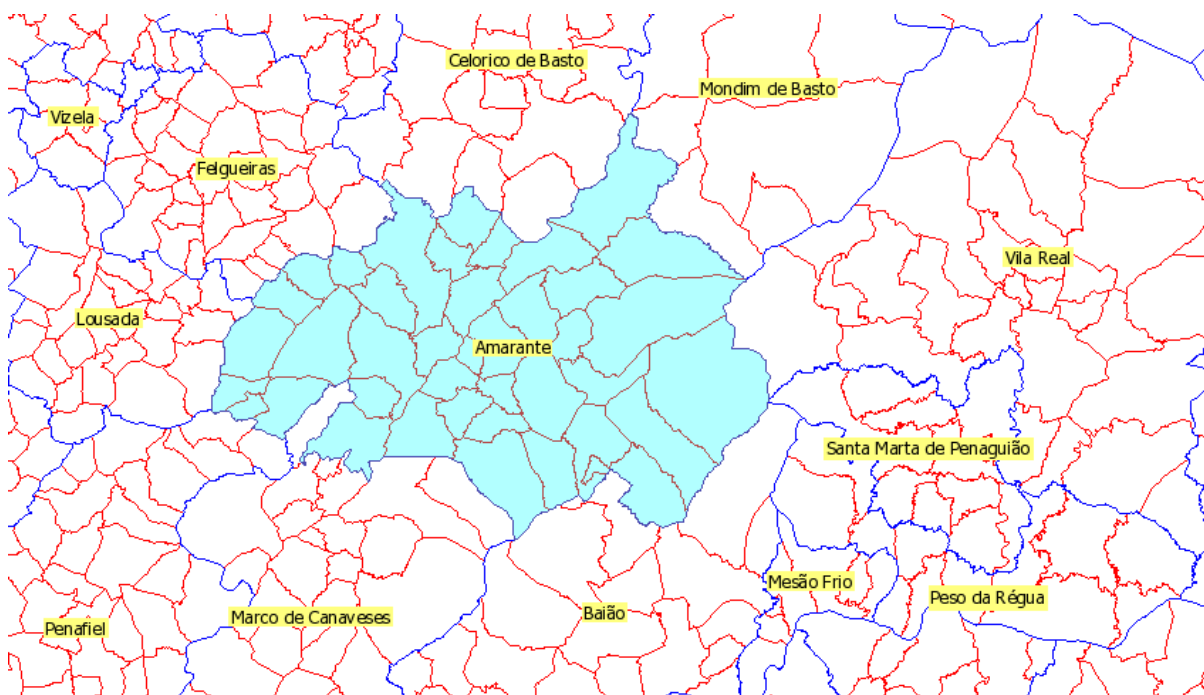


Figura 2-1 – Município de Amarante, (Fonte: <http://www.ine.pt>)

A cidade de Amarante inevitavelmente é um marco no interior norte de Portugal, pelas paisagens, gastronomia, mas principalmente pela sua história. Os primeiros povos de que há registo na região datam da idade na pedra, nomeadamente da Serra da Aboboreira. Contudo apenas no século XIII com a chegada de S. Gonçalo, um pregador com a fama de santo, é que a urbe começou a ganhar importância e dimensão.

A ponte de S. Gonçalo, supostamente construída por volta de 1250, após a chegada do santo à cidade no local de uma antiga ponte romana é um monumento icónico da cidade. Em 1763 a ponte ruiu devido a uma cheia do rio Tâmega, tendo sido novamente reconstruída e aberta ao trânsito apenas em 1790.

A igreja de S. Gonçalo, tal como a ponte com o mesmo nome, é uma das imagens da cidade. Foi deliberada a sua construção e a do convento anexo em 1540 por D. João III estando finalizada apenas por volta de 1600 no reinado de Filipe II de Espanha.



Figura 2-2 – Igreja e ponte de S. Gonçalo

Ao relatar a história de Amarante é incontornável a referência às invasões Francesas e à defesa da ponte de S. Gonçalo liderada pelo General Silveira, mais tarde condecorado com o título de Conde de Amarante por ter obrigado o exército francês a retirar-se para Trás-os-Montes. Sem contudo evitar a destruição provocada pelas pilhagens e incêndios incitados pelo exército napoleónico.

Além dos monumentos referidos, no centro histórico da cidade merecem referência as Igrejas de S. Pedro e S. Domingos, a Casa da Cera e o solar dos Magalhães. Menos conhecidos, por se

encontrarem fora da urbe da cidade, mas com igual valor histórico destacam-se os Paços do Concelho de Santa Cruz de Ribatâmega, o Mosteiro de Travanca e as Igrejas românicas de Mancelos, Jazente, Freixo de Baixo, Gatão ou Gondar.

2.2 PANORAMA PAISAGÍSTICO DO MUNICÍPIO

Simplificadamente pode-se afirmar que o rio Tâmega divide o concelho em duas áreas distintas. A sueste um panorama de montanha, onde encontramos as serras do Marão e Aboboreira com grandes variações de altitude e paisagens verdejantes rurais. A região a nordeste, apesar de demarcada pela característica geografia acentuada do norte de Portugal apresenta variações de altitude mais amenas, levando ao desenvolvimento de áreas fortemente urbanizadas como é o caso da freguesia de Real, Ataíde e Oliveira; Figueiró (Sta. Cristina e S. Tiago); Freixo de Baixo e de Cima e claro a sede do município a freguesia de S. Gonçalo, Madalena, Cepelos e Gatão.

A paisagem do município apesar de claramente condicionada pelas características geológicas do território foi moldada pelos seus habitantes ao longo dos vários anos da sua história. Para verdadeiramente compreender a paisagem temos de recuar até à idade do Ferro e do Bronze, aos inícios da atividade agro-pastoril. A necessidade de terras férteis para a agricultura e pastagens para os animais levou os povos a concentrarem-se em áreas fortemente irrigadas por pontos de água ,naturais como rios e ribeiros, que por sua vez existem em maior quantidade em áreas montanhosas. Os primeiros povos concentravam-se em áreas altas facilmente defendidas, cultivando as terras a meia encosta da montanha.

Para obter o rendimento desejado das terras de cultivo foi necessária a construção de inúmeros sistemas de regadio e proceder ao nivelamento dos terrenos, em grande parte dos casos tornou-se necessária a construção de muros de suporte para os campos de cultivo para a criação de socalcos cultiváveis nas encostas.

A passagem dos anos com várias invasões que a península ibérica foi alvo na antiguidade, como as romanas e posteriormente as árabes, trouxeram estradas e novas técnicas de construção que permitiram os povos afastarem-se cada vez mais das zonas altas, alargando sucessivamente a área de cultivo e modificando radicalmente a paisagem original.

A presença romana na região deixou como herança um sistema de estradas que em muito beneficiou a expansão das povoações, facilitando o transporte não só de pessoas como de recursos. Contudo,

em especial nas zonas de montanha mas não só, foi necessário recorrer à construção de muros, pontes e pontões em pedra para suporte das estradas, não só nas vias romanas mas como naquelas construídas posteriormente.

Com o nascimento de Portugal, e a reconquista do território após a invasão árabe, deu-se o início de um novo capítulo da história da região, todavia a agricultura e a criação de animais continuou a ser o principal meio de subsistência da população até à segunda metade do século XX. Nesse período continuou-se a verificar uma expansão e manutenção dos campos de cultivo e pastagem, isto sem que as técnicas de construção de muros e sistemas de regadio sofressem alterações significativas ao longo de mais de 800 anos. A edificação destas estruturas esteve sempre limitada à proximidade dos recursos necessários para a sua construção e a capacidade de os transportar.

Nos dias de hoje, mesmo próximo das zonas mais urbanizadas ainda podemos encontrar várias explorações agrícolas, restringindo-se a grande maioria a pequenos quintais para consumo próprio. As zonas rurais continuam a distinguir-se pelos socalcos dos campos agrícolas nivelados noutros tempos com recurso a muros de pedra tradicionais.

2.2.1 Erros do século XX

Durante o século XX, deu-se uma grande requalificação no sistema rodoviário nacional, por exemplo a N15, (Ermesinde – Amarante – Vila Real – Bragança) ainda hoje é uma referência na região ou a N101 continua a ser a principal ligação entre Amarante e a cidade de Peso da Régua. No entanto apenas com a queda do estado novo, na segunda metade desse século, é que se verificou a construção e requalificação de muitas estradas e estradões rurais, pavimentando e adaptando estas vias ao tráfego de veículos motorizados e fazendo uma ligação em tempo útil de várias aldeias à urbe do município.

A celeridade com que muitas destas obras foram efetuadas, e a falta de técnicos qualificados na elaboração das mesmas, levou a que se cometesse inúmeros erros construtivos. Em muitos casos as obras de requalificação limitavam-se a repavimentar a via com paralelo ou mais tarde betuminoso, sem serem salvaguardadas quaisquer condições de drenagem, ou verificada a capacidade resistente dos muros ou taludes preexistentes para suportarem as cargas do tráfego de veículos motorizados. As novas estradas municipais, construídas nesse período, além de repetirem os erros das vias requalificadas, foram edificadas sem atender à tipologia do terreno de fundação ou à qualidade dos

terrenos utilizados em aterro, algumas estruturas de contenção apresentam uma qualidade dúbia de execução e /ou dimensionamento.

É comum as vias do município serem delimitadas por campos de cultivo, a desistência gradual da agricultura por parte dos habitantes, levou a que muitos dos campos se encontrem hoje abandonados. Os sistemas de regadio que durante vários anos serviram os campos são encaminhados, de forma natural, para as vias. Os muros, que sustentam os campos, devido à vegetação que naturalmente tende a crescer instabilizam estes elementos estruturalmente.

Devido às características rochosas das serras, é comum encontrar taludes rochosos no leito das vias. Mais uma vez a falta de manutenção e a vegetação que brotam destes taludes tendem a instabilizar os maciços. De notar que simplifadamente podemos encontrar duas tipologias de maciços na região graníticos ou xistosos.

2.3 GEOLOGIA E HIDROLOGIA

O facto de o município estar limitado a Este pela serra do Marão e a Sul pela serra da Aboboreira, explica a sua acentuada geografia e os inúmeros ribeiros e rios que atravessam o concelho. O rio Tâmega é o mais imponente dos rios, mas destacam-se também o rio Olo, Marão, Ovelha e Odres.

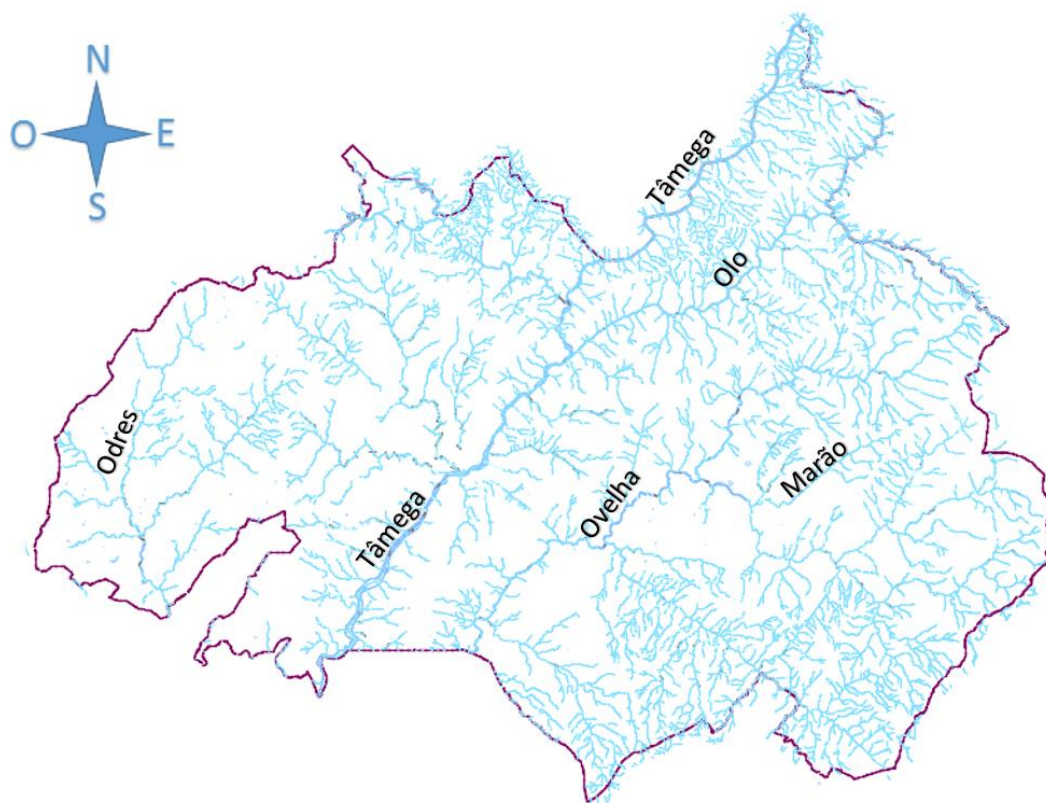


Figura 2-3 – Linhas de água de Amarante, (fonte: Carta Geológica do Município)

Fortemente marcado pelo seu relevo, sendo impossível a esta escala ter uma precessão deste facto das curvas de nível na carta geológica da região, fica a indicação que a sede do município, no edifício do antigo do mosteiro de S. Gonçalo, anexo à igreja com o mesmo nome, freguesia de Amarante (S. Gonçalo), nº33 na Figura 2-5, encontra-se a uma altitude próxima dos 80m enquanto o extremo Este (Marão) atinge os 1325m e o extremo Sul (Aboboreira) os 925m.

2.3.1 Unidades Geológicas

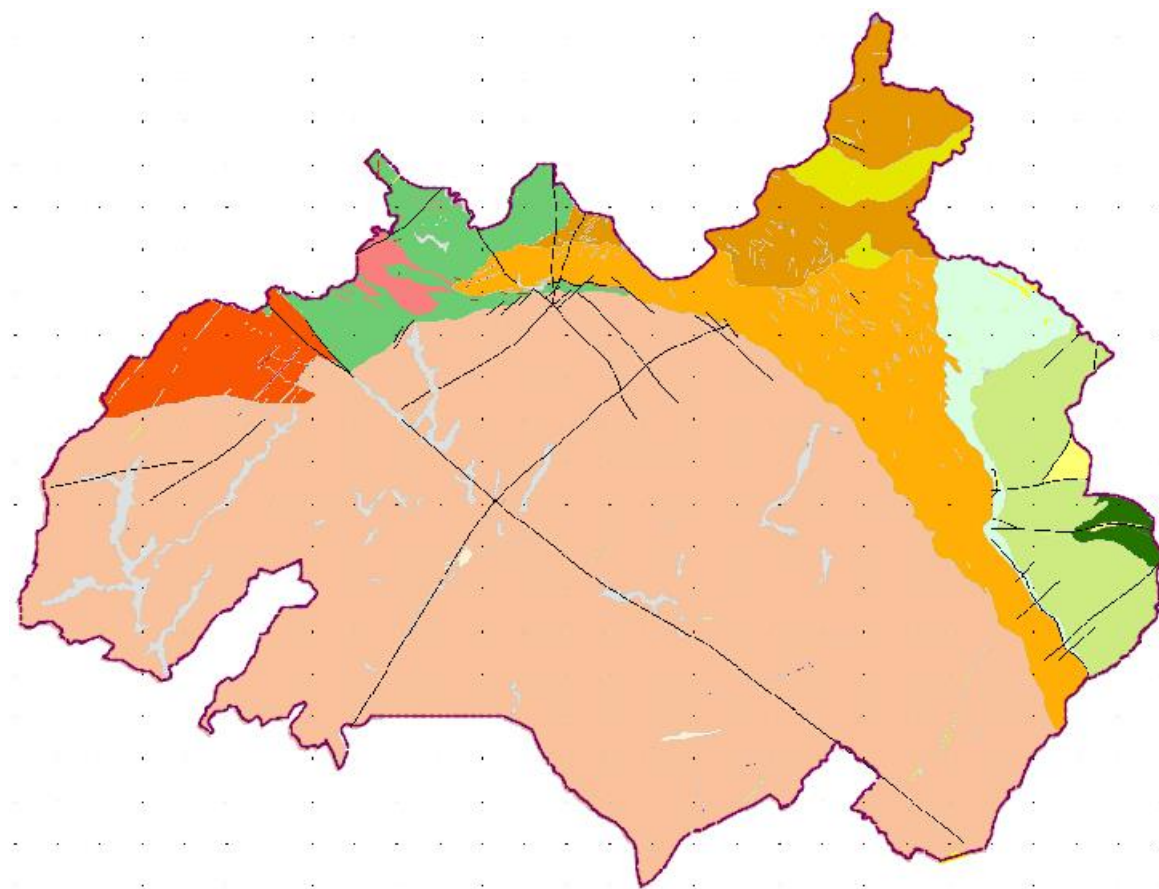



Figura 2-4 – Unidades Geológicas, (fonte: Carta geológica do município)

Tabela 2-1 – Legenda da carta geológica, (fonte: Carta geológica do município)

	aluviões actuais
	terraços fluviais indiferenciados
	xistos cinzentos, metassiltitos e metagrauvaques (Formação de Santos)
	xistos e metagrauvaques (Formações de Mouquim e Canadelo)
	xistos carbonosos (Formações de Mouquim e Canadelo)
	quartzitos, calcários cristalinos e xistos carbonosos (Formação de Campanhó)
	xistos e metagrauvaques
	filitos e metagrés (Unidade de Vila Nune)
	tufos vulcânicos (Unidade de Vila Nune)
	quartzitos
	xistos filitografíticos, xistos ardosíferos e xistos quiastolíticos (Formação de Pardelhas)
	alternância de quartzitos e metassiltitos (Formação do Quartzito Armoricano)
	filitos cloríticos (Formação de Desejosa)
	granitos porfiróides de grão grosseiro
	granito de grão fino
	granodiorito de Felgueiras
	filões de quartzo
	filões graníticos (pegmatíticos ou aplíticos)
	falhas geológicas

2.4 ANÁLISE DA DENSIDADE POPULACIONAL

Através dos dados dos censos de 2011, disponíveis no portal do instituto nacional de estatística, foi reunida a informação referente ao tamanho das freguesias do município de Amarante e os seus habitantes de forma a estudar a densidade populacional.

A análise foi efetuada recorrendo a uma formatação condicional de cores, com recurso à ferramenta Microsoft Excel, de modo a obter uma perceção das disparidades da densidade populacional entre as freguesias do município. As cores frias (azul) são indicativas de baixas densidades populacionais, enquanto as cores quentes (vermelho) representam altas densidades populacionais.

Tabela 2-2 – Densidade Populacional de Amarante, por Freguesias

Freguesia	População Residente (hab)	Área (km ²)	Densidade Populacional (hab/km ²)
1 Aboadela	783	21,26	36,8
2 Aboim	596	5,24	113,7
3 Ansiães	623	27,19	22,9
4 Ataíde	1002	1,61	622,4
5 Bustelo	521	7,69	67,8
6 Canadelo	121	12,92	9,4
7 Candemil	771	12,01	64,2
8 Carneiro	311	8,47	36,7
9 Carvalho de Rei	187	7,27	25,7
10 Cepelos	1758	3,65	481,6
11 Chapa	301	3,27	92,0
12 Fregim	2836	10,37	273,5
13 Freixo de Baixo	1434	5,86	244,7
14 Freixo de Cima	2203	2,96	744,3
15 Fridão	863	7,87	109,7
16 Gatão	1586	5,99	264,8
17 Gondar	1686	9,64	174,9
18 Jazente	542	3,35	161,8
19 Lomba	793	3,63	218,5
20 Louredo	638	3,60	177,2
21 Lufrei	1777	6,45	275,5
22 Madalena	1956	1,56	1253,8
23 Mancelos	3114	12,13	256,7
24 Oliveira	862	2,96	291,2
25 Olo	371	6,60	56,2
26 Padronelo	884	2,49	355,0
27 Real	3142	6,40	490,9
28 Rebordelo	365	15,66	23,3
29 Salvador do Monte	1066	7,48	142,5
30 Sanche	509	3,61	141,0
31 Figueiró (Sta Cristina)	1370	4,27	320,8
32 Figueiró (Santiago)	2458	3,85	638,4
33 S. Gonçalo (Amarante)	6540	4,01	1630,9
34 S. Simão (Gouveia)	633	12,49	50,7
35 Telões	4232	14,47	292,5
36 Travanca	2278	8,69	262,1
37 Varzea	383	5,58	68,6
38 Vila Caiz	3026	8,52	355,2
39 Vila Chã do Marão	940	6,71	140,1
40 Vila Garcia	803	3,57	224,9
Total (Amarante):	56264	301,35	186,7

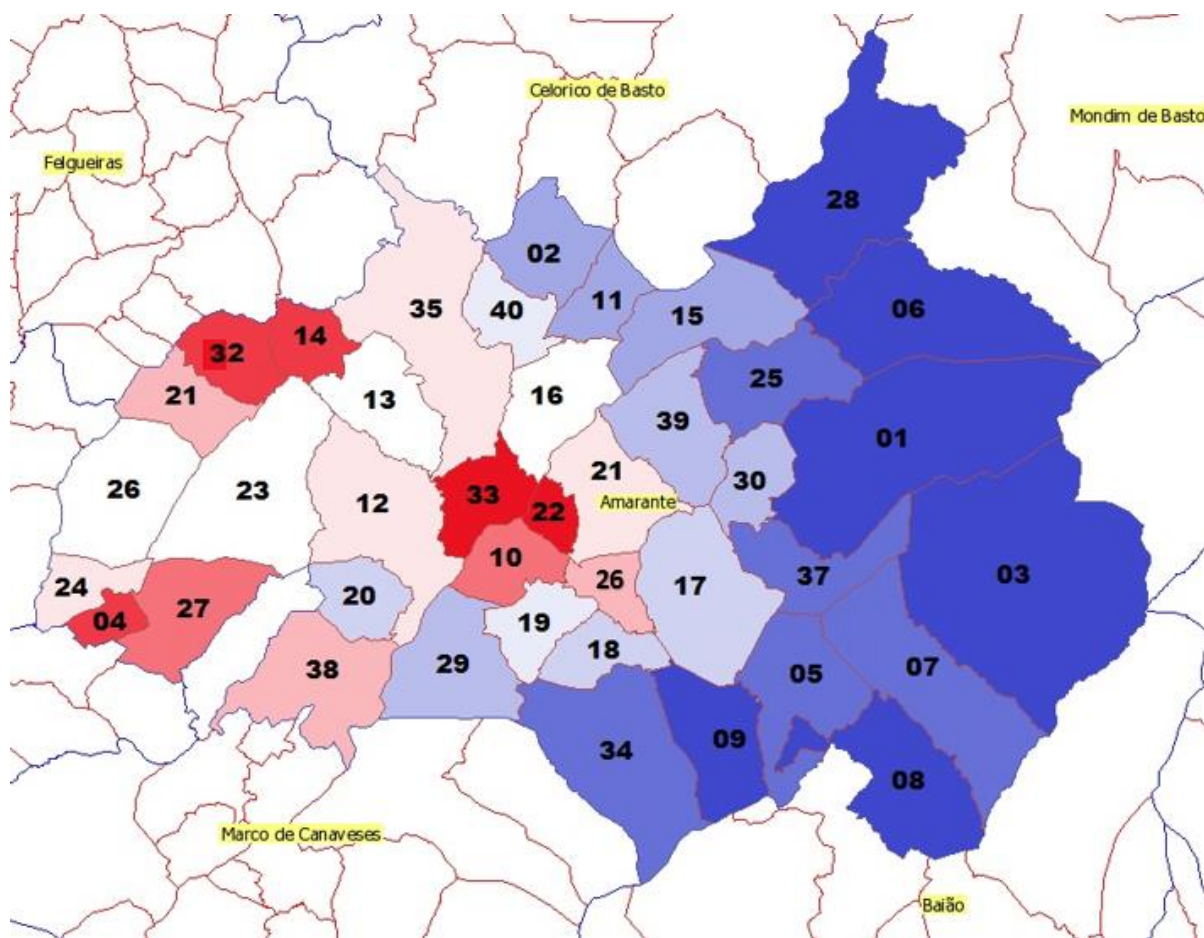


Figura 2-5 – Análise da densidade populacional e enquadramento das freguesias no município, (alterado da fonte: <http://www.ine.pt>)

Analisando a Tabela 2-2 e Figura 2-5, reconhecemos três centros urbanos com uma alta densidade populacional, enquanto as zonas montanhosas tem globalmente uma densidade populacional muito baixa. Este último facto pode em parte ser explicado pelo tamanho das freguesias, uma vez que grande parte da área das freguesias de montanha não é urbana. Por outro lado, esta densidade foi obtida utilizando os dados da população residente, que no geral é maior que a população presente em Amarante, esta diferença acentua-se mais uma vez nas freguesias de montanha, facto explicado pela grande imigração da população rural.

A Tabela 2-2 e Figura 2-5 além da análise populacional proporcionam um enquadramento das freguesias no município.

2.4.1 Reorganização das Freguesias de Amarante:

A divisão das freguesias exposta anteriormente antecede a reorganização de 2013, (Lei n.º 11-A/2013). Até esse ano, Amarante era constituído por 40 freguesias. Atualmente o município é dividido em 26.

Esta reorganização, efetuada com o objetivo de economizar os recursos necessários para gerir as freguesias trouxe alguns inconvenientes para a gestão da toponímia do município, uma vez que existem ruas com o mesmo nome dentro das recém-criadas uniões de freguesias. Por este fator e por se tratar de uma alteração recente, a Câmara Municipal continua nesta data a considerar 40 freguesias para a organização do trabalho. Consequentemente neste relatório faremos o mesmo.

Tabela 2-3 – Densidade Populacional de Amarante, Após a reorganização de freguesias

Freguesia (Lei n.º 11-A/2013)	População Residente (hab)	População Residente (hab)	Área (km ²)	Densidade Populacional (hab/km ²)	
1, 30, 37	Abobadela, Sanche e Várzea	1675	1675	30,45	55,0
2, 11, 40	Vila Garcia, Aboim e Chapa	1700	1700	12,08	140,7
3	Ansiães	623	623	27,19	22,9
4, 24, 27	Real, Ataíde e Oliveira	5006	5006	10,97	456,3
5, 8, 9	Bustelo, Carneiro e Carvalho de Rei	1019	1019	23,43	43,5
6, 25	Olo e Canadelo	492	492	19,52	25,2
7	Candemil	771	771	12,01	64,2
10, 16, 22, 33	Amarante (S. Gonçalo), Madalena, Cepelos e Gatão	11840	11840	15,21	778,4
12	Fregim	2836	2836	10,37	273,5
14, 14	Freixo de Cima e Baixo	3637	3637	8,82	412,4
15	Fridão	863	863	7,87	109,7
17	Gondar	1686	1686	9,64	174,9
18	Jazente	542	542	3,35	161,8
19	Lomba	793	793	3,63	218,5
20	Louredo	638	638	3,60	177,2
21	Lufrei	1777	1777	6,45	275,5
23	Mancelos	3114	3114	12,13	256,7
26	Padronelo	884	884	2,49	355,0
28	Rebordelo	365	365	15,66	23,3
29	Salvador do Monte	1066	1066	7,48	142,5
31, 32	Figueiró (Sta Cristina e Santiago)	3828	3828	8,12	471,4
34	S. Simão (Gouveia)	633	634	12,49	50,7
35	Telões	4232	4232	14,47	292,5
36	Travanca	2278	2278	8,69	262,1
38	Vila Caiz	3026	3026	8,52	355,2
39	Vila Chã do Marão	940	940	6,71	140,1
Total (Amarante):		56264	56265	301,35	186,7

A tabela 2-3 apresenta as atuais 26 freguesias do município de Amarante, as suas áreas, populações e densidades populacionais. Apesar de numa análise a 26 freguesias existir uma menor disparidade entre as densidades populacionais das novas freguesias, a realidade é exatamente a verificada anteriormente e apresentada na figura 2-5.

3 ESTABILIDADE DE TALUDES

3.1 GENERALIDADES

Entende-se como talude uma porção de terreno inclinado, que limita um maciço rochoso ou terroso, podendo ter origem natural, de escavação ou aterro.

Relativamente aos taludes de origem artificial, ou seja, os de escavação e aterro, existem várias metodologias para, em fase de projeto e atendendo às características do terreno envolvente garantir a sua estabilidade estrutural. Não sendo âmbito deste trabalho discutir essas metodologias, importa referir que resumidamente as características de estabilidade de um talude artificial são impostas através da definição da inclinação, características da drenagem e as medidas a implementar durante a compactação do terreno, no caso de um talude de aterro.

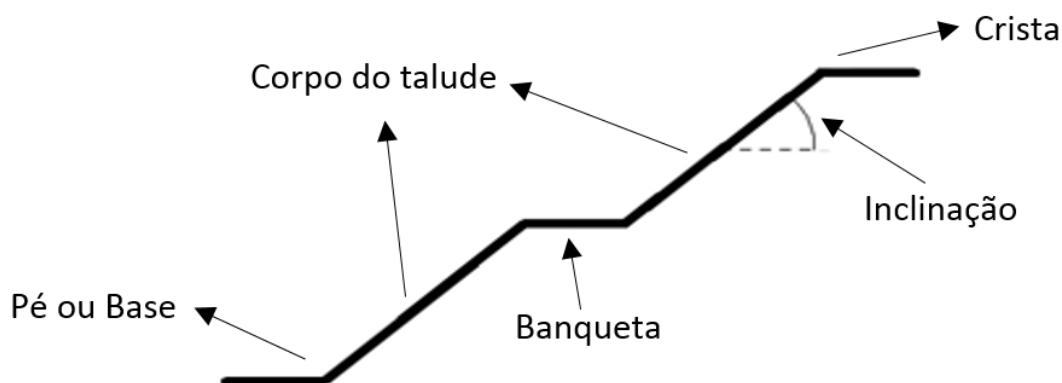


Figura 3-1 – Esquema de um talude

Relativamente aos taludes naturais, as grandes porções de terreno que lhes estão associados e a sua heterogeneidade fazem da determinação da segurança estrutural um processo largamente

complexo. Esta dificuldade estende-se aos taludes artificiais, edificados de forma dúbia há vários anos, e sobre os quais pouco se conhece.

Os métodos analíticos para a análise da estabilidade de taludes baseiam-se na hipótese do mesmo se comportar como um corpo rígido-plástico em equilíbrio. Desta forma, são analisadas as tensões atuantes, ou mobilizadoras (τ_{mob}), e a tensão mobilizável, ou resistente (τ_f); genericamente considera-se o talude estável quando: ($\tau_{mob} < \tau_f$), [10, pg. 3].

Por outro lado, a tensão estilizadora, ou seja, a resistência máxima que o talude suporta antes de se mobilizar, pode ser determinada através do critério de rutura de Mohr-Coulomb, segundo a qual os materiais cedem quando a tensão de corte (τ), função da tensão normal (σ), num determinado plano é igual ou superior a resistência ao corte do material, [10, pg. 3]:

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan(\varphi') \quad \text{Equação 3-1}$$

Sendo: c' a coesão, σ' a tensão efetiva atuante e φ' o ângulo de atrito.

Contudo, devido ao elevado número de casos a avaliar torna inconcebível, neste trabalho em específico, aplicar esta metodologia ou outro método analítico para determinar a estabilidade de taludes, uma vez que a CMA não tem meios próprios para obter valores como a coesão, ângulos de atrito, ou outros que necessitem de ensaios laboratoriais ou no terreno. De notar que quando a obtenção de ensaios ou estudos aprofundados é absolutamente necessário, estes trabalhos são adjudicados a empresas ou entidades especializadas, implicando isto um maior esforço financeiro por parte da CMA.

3.2 DESLIZAMENTOS DE TALUDES

Muito se tem estudado e escrito sobre o fenómeno de deslizamento de terras ou rochas nas duas últimas décadas, no entanto em alguns documentos o termo deslizamento nem sempre tem o mesmo significado. Isto deve-se em parte devido ao facto de fenómenos de instabilização de maciços terrosos ou rochosos acontecerem por todo o globo, sendo estes estudados por profissionais de áreas diferentes.

Neste documento, um deslizamento entende-se como um termo genérico para todos os fenómenos de instabilização de taludes, onde decorre um movimento descendente de terras e/ou rochas.

Tendo por base o terreno e as características particulares do movimento das terras, um deslizamento pode ser classificado em diferentes tipos [11]:

3.2.1 Escorregamentos

Um escorregamento é um movimento descendente de um aglomerado de solo, podendo adquirir uma superfície de ruptura parcialmente paralela ao corpo do talude, no caso de este ser composto por diferentes camadas de solo com características distintas, contendo o plano de ruptura na separação das diferentes camadas. Neste caso o fenómeno obtém a designação de escorregamento translacional.

Um outro tipo de escorregamento é o rotacional, apresentado uma superfície de ruptura curvada. Este tipo de ruptura é comum em casos de aterro, ou seja, em taludes compostos por terreno

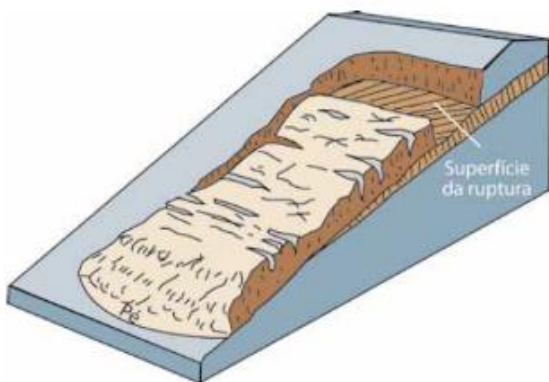


Figura 3-3 – Esquema de um escorregamento translacional. (Obtido a partir da referência 11)

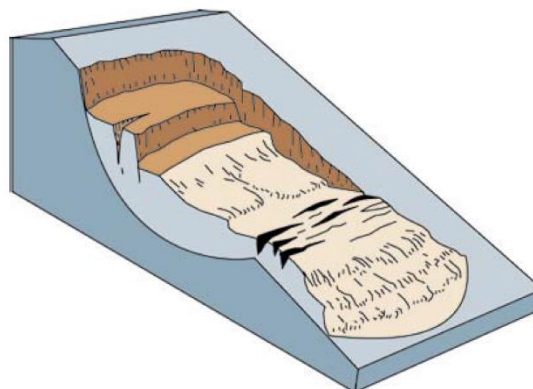


Figura 3-2 – Esquema de um escorregamento rotacional. (Obtido a partir da referência 11)

homogéneo.

As velocidades de um escorregamento variam entre o extremamente lento, sendo neste caso identificada a anomalia através da visualização de elementos verticais inclinados no corpo do talude, como árvores por exemplo. Ou podem ocorrer rapidamente, geralmente após períodos de longa precipitação.



Figura 3-4 – Elementos inclinados no corpo do talude evidenciando um escorregamento lento, Rua das Macieiras, Fregim (Caso 12.01)

Os mecanismos naturais que desencadeiam um escorregamento são, como já foi referido a chuva intensa e prolongada, um rápido degelo do talude, erosão na base, ou pé do talude provocado por um rio ou ribeiro, terremotos, etc. De notar que apesar da presença de vegetação no corpo do talude garantir uma maior consolidação do terreno, sendo portanto um fator favorável há estabilidade, em alguns casos a presença de árvores de grande porte podem induzir um efeito de alavanca no talude, em consequência de maiores rajadas de vento, iniciando o deslizamento do elemento.

O mau planeamento das intervenções humanas nestes elementos ou na envolvente pode desencadear a instabilização dos taludes, ou agravar algumas anomalias previamente existentes.

O aumento das áreas urbanizadas e a consequente impermeabilização dos solos geram maiores caudais das águas pluviais, levando a que os taludes a jusante sejam afetos a maiores erosões e a níveis de saturação mais elevados. Este fator faz com que a presença de um sistema eficaz da drenagem das águas pluviais seja fundamental para a estabilidade dos taludes. Recorrentemente o sistema de drenagem apresenta-se com erros de execução graves, inutilizado devido a falta de manutenção ou simplesmente é inexistente.

Outros erros humanos recorrentes que podem induzir escorregamentos são, por exemplo: o corte indevido do pé de um talude, fugas nos sistemas de abastecimento de água ou de saneamento, inclinações excessivas em taludes artificiais, etc.



Figura 3-5 – Exemplo de um corte do pé do talude, Rua de Gavim, Bustelo (Caso 05.01)

3.2.2 Quedas

Estes deslizamentos, geralmente associado a maciços rochosos, são movimentos repentinos de aglomerados de terra e rochas, ou simplesmente rochas que se desprendem de taludes com inclinações próximas da verticalidade.

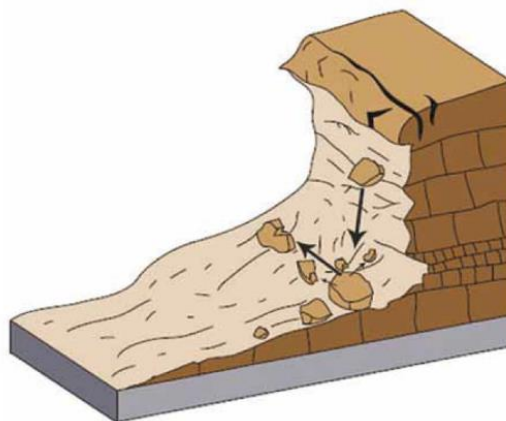


Figura 3-6 - Esquema de queda de rochas. (Obtido a partir da referência 11)

Geralmente, a porção de terreno deslizante rola ou bate em partes inferiores do talude, podendo quebrar no impacto ou não, levando o material solto a atingir grandes velocidades, dependendo da inclinação do talude, estabilizando apenas nos pontos de menor cota.

O desencadeamento desta classe de deslizamento pode ter origem natural, como erosão provocada por passagem de água, o ciclo de congelamento e degelo, terremotos, crescimento de vegetação de grande porte no corpo ou crista do talude, etc. Contudo no caso de um talude de escavação num maciço rochoso, a presença de vegetação deve ser considerada como uma origem humana, uma vez que é esperado que a manutenção do talude evite o crescimento de vegetação no mesmo.

Outros mecanismos de desencadeamento de origem humana são as vibrações provocadas por veículos e erros de execução do talude. Os erros de execução, entre eles a não execução de sistemas de drenagem na crista, inclinações excessivas para as características do maciço, a não remoção de todas as rochas soltas do talude, etc. embora só por si possam não instabilizar o talude, vão em larga escala agravar as anomalias previamente existentes.



Figura 3-7 – Local propício a quedas de rochas, Rua Central de Ansiães (Caso 03.03)

3.2.3 Tombamentos

Num tombamento o eixo de rotação da massa de terreno ou rocha descocada encontra-se a uma cota inferior ao seu centro de gravidade. Este fenómeno está associado a maciços, com uma inclinação próxima da verticalidade, rochosos ou maciços terrosos de granulação fina, como argilosos por exemplo.

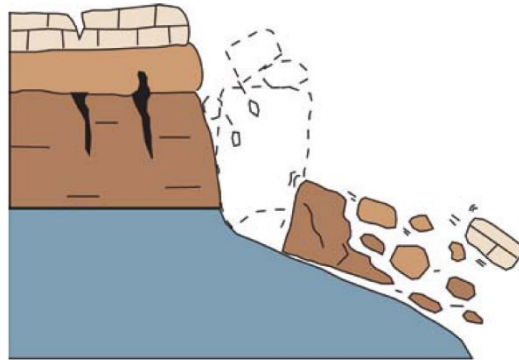


Figura 3-8 – Esquema de um tombamento. (Obtido a partir da referência 11)

A velocidade de um tombamento é variável, podendo ser repentino ou iniciar-se lentamente atingindo uma grande aceleração no final.

A ocorrência deste fenómeno deve-se essencialmente à gravidade, ou seja, ao peso da parte superior da massa deslocada. Fatores como a presença de água ou gelo em fissuras no interior do maciço, vibrações, escavações ou erosão podem desencadear o tombamento. Apesar da presença de água no elemento ser um fator instabilizador, no caso de um maciço argiloso a perda do teor de água pode levar à erosão do mesmo e conseqüentemente ao desencadeamento de um fenómeno de instabilidade do maciço.



Figura 3-9 – Instabilização do talude provocada pela desumidificação do maciço argiloso, Rua Central de Canadelo, Talude da Charola (Caso 06.01)

3.2.4 Espalhamento

Um espalhamento é um fenómeno que ocorre em taludes de pouca inclinação, próximos da horizontalidade em circunstâncias muito peculiares. Em casos de taludes compostos por camadas superiores rígidas e camadas inferiores ou intermédias menos rígidas que possam estar sujeitas a liquidificação, porções da camada rígida sofre um afundamento para as camadas mais fracas, menos rígidas. No caso da camada rígida superior ser maioritariamente rochosa, o afundamento dá-se vagarosamente sem que se identifique uma superfície de rotura, as camadas inferiores liquidificadas infiltram-se nas fissuras e vazios das rochas. Em maciços terrosos, a camada superior para além de se afundar estende-se lateralmente ao longo da camada inferior.

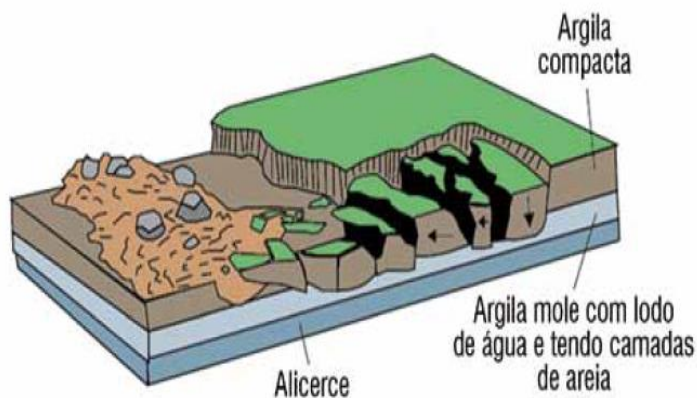


Figura 3-10 – Esquema de um Espalhamento Lateral. (Obtido a partir da referência 11)

A velocidade deste fenómeno, geralmente é lenta ou moderada, identificando-se pelas fissuras e deformações da camada superior. Em caso de tremor de terra o espalhamento pode desencadear-se rapidamente.

Os mecanismos que levam à liquidação das camadas inferiores do solo são por exemplo, o aumento da cota do nível freático, precipitações prolongadas, degelo do solo, etc. As sobrecargas mas principalmente os terremotos podem induzir ou agravar este fenómeno.



Figura 3-11 – Espalhamento lateral ocorrido em Loma Prieta, em 1989, na Califórnia, EUA. (Fotografia por Steve Ellen, U.S. Geological Survey). Em consequência de um terremoto. (Obtido a partir da referência 11)

3.2.5 Escoamento

Um escoamento trata-se de um fenômeno semelhante a um escorregamento, com a particularidade que o nível de saturação do terreno ou a falta de coesão do mesmo o faz comportar como um fluido viscoso. Ao contrário de um escorregamento, a massa de terreno movimentada não tende a estabilizar nos pontos de cota mais baixos do talude, podendo alongar-se por centenas ou milhares de metros, dependendo das características do talude e da envolvente.

Um escoamento seco pode ocorrer em taludes com areias não coesivas, podendo denominar-se de escoamento arenoso.

O escoamento mais comum, também designado de fluxo de detritos, trata-se de uma mistura de solo, rochas, material orgânico e outros resíduos misturados com água sob a forma de lama. A velocidade deste fenômeno pode ser extremamente elevada, com consequências devastadoras.

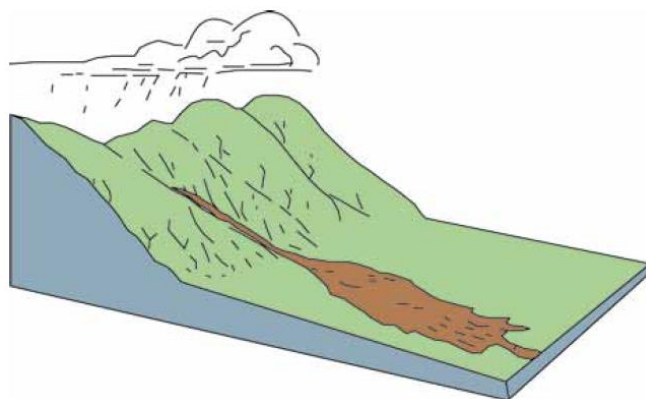


Figura 3-12 – Esquema de um Escoamento. (Obtido a partir da referência 11)

A ocorrência deste fenómeno geralmente é consequência de um vigoroso fluxo de água na superfície das encostas, desencadeado por fortes precipitações ou um rápido degelo. A ocorrência de um escorregamento de um talude completamente saturado pode provocar uma reação em cadeia levando a um fluxo de detritos por toda uma encosta.

As desmatamentos por exploração da madeira ou devido a incêndios deixam as encostas demasiado expostas a erosão provocada pelas correntes das águas pluviais, ao mesmo tempo que passam a suportar níveis de saturação mais reduzidos antes de entrar em instabilidade.

Em muitos casos as áreas urbanas e as suas infraestruturas são edificadas sobre linhas de água naturais, sem as devidas precauções no dimensionamento das drenagens pluviais, obrigando as águas da chuva a encontrar novos caminhos até os afluentes. Este facto leva a que taludes sejam expostos a um nível de erosão não habitual pela ação das águas da chuva, e também a um acréscimo anormal dos caudais de alguns ribeiros e rios.

3.3 INSPEÇÕES A TALUDES

Apesar da abordagem aqui realizada sobre a estabilidade de taludes ser superficial, uma vez que não é aprofundado o caráter geotécnico destes fenómenos ou debatidas as metodologias que existem para analiticamente quantificar o risco de falha de alguns tipos de taludes, como os rochosos por exemplo, considera-se que a descrição efetuada destes fenómenos é suficiente para genericamente compreender como a instabilização dos taludes ocorre e porquê.

Para a análise qualitativa ou semi-quantitativa do método aqui proposto para a avaliação de risco deste tipo de estruturas, é importante reconhecer os pontos-chave a ter em atenção durante as inspeções de taludes.

Desta forma deve ser verificado:

3.3.1 A existência de um sistema de drenagem eficiente das águas pluviais [12].

Praticamente todas as diferentes categorias de deslizamentos descritos anteriormente apresentam em comum a presença de água como um elemento instabilizador de taludes. Como tal é necessário inspecionar os elementos de drenagem presentes no talude, ou constatar a falta deles.

Sempre que para a construção de uma estrutura ou infraestrutura seja necessária uma modelação do terreno natural, implicitamente as condições de escoamento das águas superficiais e subterrâneas são alteradas. Nestas circunstâncias é necessário aplicar as drenagens necessárias para assegurar o restabelecimento das condições de drenagem das linhas de água naturais.

Todas as construções de vias de comunicação automóvel e ferroviárias, implicam largos movimentos de terras e conseqüentemente a concepção de taludes de escavação e aterro, para a criação das plataformas de circulação. A escala destes movimentos de terra varia com a geografia mais ou menos acentuada do território. Tendo em consideração este fator, a geografia do município de Amarante e o facto que a grande maioria das estradas e caminhos estão sob a jurisdição da CMA, torna-se obvio que a generalidade das inspeções a taludes ocorre em rodovias.

A drenagem das plataformas rodoviárias podem ser divididas em três tipologias: longitudinal, transversal e subterrânea.

Drenagem subterrânea

A drenagem subterrânea têm como objetivo diminuir o teor de água nos solos de fundação, através de desvios de águas subterrâneas ou rebaixamento do nível freático. Estes trabalhos evitam que os solos de fundação não percam a sua capacidade resistente, evitando fissurações e deformações no pavimento.

Como, em primeiro lugar, estes sistemas de drenagem não são utilizados para proteger a integridade dos taludes, e em segundo lugar, na grande maioria dos casos são impossíveis de inspecionar em período de utilização, estes sistemas não serão aqui aprofundados.

Drenagem longitudinal

A drenagem longitudinal são todos os sistemas de recolha de águas paralelos ao desenvolvimento da rasante de uma via. Inclui-se neste sistema as valas, valetas e drenos subterrâneos, bem como os dispositivos de entrada como sarjetas, sumidouros, caleiras, etc. Este sistema além de evitar a acumulação de água no pavimento, salvaguarda a integridade dos taludes de escavação e aterro, protegendo-os da erosão e das infiltrações que possam alterar a sua capacidade resistente.

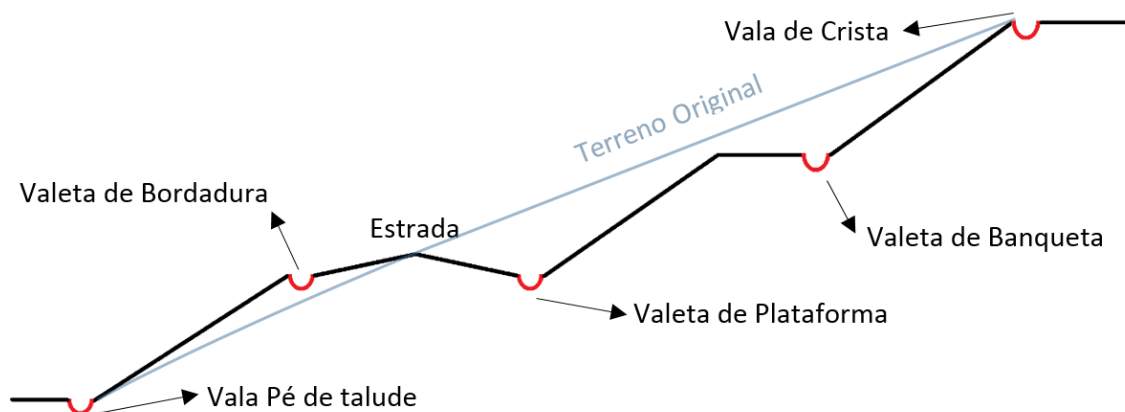


Figura 3-13 – Esquema de um perfil misto (escavação e aterro) e das drenagens longitudinais numa via de comunicação terrestre.

Estes sistemas devem ser aplicados sempre que um movimento de terras altere o curso normal das águas pluviais.

Deve-se limitar a influência de águas pluviais provenientes de bacias hidrográficas com incidência sobre os taludes de escavação ou aterro, através da aplicação de uma vala de crista. Um erro comum é considerar que no caso de uma escavação num maciço rochoso é suficiente aplicar uma valeta de plataforma na base do talude. As águas infiltradas a montante, nas fissuras ou descontinuidades naturais da rocha vão permitir o crescimento de vegetação, soltando porções do maciço ao longo do tempo, pelo efeito das raízes. Em zonas sujeitas a temperaturas negativas, o congelamento da água nas fissuras ou descontinuidades pode levar ao mesmo efeito.

Os taludes de escavação divididos por banquetas devem ainda conter uma valeta, para minimizar o caudal pluvial no talude e com isto diminuir a erosão no mesmo. De notar que a banqueta deve ter uma inclinação que permita o escoamento das águas aí captadas para a drenagem e não para o talude.

A valeta de plataforma recolhe as águas da via e do talude, contribuindo para a segurança da circulação rodoviária e evita a erosão da base do talude de escavação.

É aconselhado aplicar uma valeta de bordadura nos taludes de aterro ou escavação sempre que a via tenha para aí inclinação. No caso de taludes naturais esta valeta pode ser dispensada.

A valeta de pé de talude evita a erosão da base do talude.

Drenagem Transversal

As drenagens transversais permitem assegurar o escoamento das linhas de água naturais, ou efetuar a ligação das drenagens longitudinais às mesmas linhas. Entende-se como drenagem transversal: aquedutos, pontes, pontões, coletores transversais e todos os dispositivos de ligação e articulação dos diferentes elementos das drenagens longitudinais desde a captação aos pontos de descarga nas linhas de água naturais.

As águas captadas no sistema de drenagem longitudinal devem ser convenientemente encaminhadas para os cursos de água mais próximos. Nos casos em que devido à distância ao curso natural ou à insuficiente capacidade de vazão do recetor tornem inviável o normal encaminhamento das águas, devem ser previstas estruturas especiais, como bacias de infiltração ou retenção de forma a libertar gradualmente as águas pluviais.

Os sistemas de encaminhamento devem sempre salvaguardar a integridade dos taludes e estruturas adjacentes. O seu dimensionamento, em especial para taludes de grande desenvolvimento, deve ter em conta a velocidade e ressaltos das águas pluviais, com o objetivo de dissipar a energia das águas, minimizando desta forma a erosão e garantindo o encaminhamento correto das águas.



Figura 3-14 – Exemplo de um bom encaminhamento das águas pluviais, com dissipadores da velocidade das águas. Talude entre a A4 e a N15, Várzea – Amarante.



Figura 3-15 – Exemplo de um erro de conceção, descarga da valeta sob o talude. Rua das Golas, Amarante – S. Gonçalo, (Caso33.01)

Contrariamente às boas normas das drenagens pluviais é comum encontrar elementos de drenagem longitudinal a descarregar as águas sobre os taludes a jusante das vias sem qualquer sistema que os proteja da erosão, ou de níveis de saturação excessivos.

Relativamente aos coletores transversais ou pontões, o seu dimensionamento além de permitir o escoamento das linhas de água naturais, devem ter em consideração o fator de dissipação da energia, salvaguardando as condições de velocidade e ressalto das águas. As características das bocas de entrada e de saída destes elementos devem permitir um rápido escoamento e dispersão das águas, respetivamente, de forma a minimizar a concentração destas a montante. As bocas de entrada das passagens hidráulicas transversais devem ser concebidas de forma a minimizar a possibilidade de obstrução por detritos arrastados pelas águas.

3.3.2 Dimensionamento dos sistemas de drenagens

Para o dimensionamento destes sistemas de drenagem é essencial a obtenção de um caudal de projeto. Não sendo possível medir o caudal em condições normais, é necessário recorrer a métodos

de cálculo para o estimar. Existem vários métodos para esse fim, o mais utilizado é conhecido como o método racional. Este método representa a formação do caudal pluvial como um fenómeno linear, precipitações, velocidades e infiltrações constantes, o que torna o método desaconselhado para grandes bacias hidrográficas, devido à acumulação de erros. Não existindo um consenso quanto ao limite da dimensão das bacias para o método racional, em Portugal estudos apontam para a eficácia do método até valores da ordem dos 25 a 30 km², contudo manuais americanos aconselha a sua utilização para valores inferiores a 10 km², [12, pg. 20].

Para uma abrangência geral dos casos de drenagem, é necessário recorrer a outros métodos, como o SCS, "*Soil Conserveitoin Service*". Genericamente utiliza-se o método racional para drenagens longitudinais e o SCS para drenagens transversais.

3.3.3 Inclinação aconselhada dos taludes

A determinação da inclinação ótima pode ser obtida através de uma análise de equilíbrio limite do talude, porém tendo em atenção a complexidade desta análise, os dados que ela exige e os encargos que lhe está associada é aconselhável apenas, quando não for claro se o talude tem ou não a inclinação mínima necessária.

Estudos aprofundados sobre a inclinação de taludes devem ser requisitados apenas quando este apresentar sintomas de instabilidade e cumprir as boas normas de drenagem e consolidação.

A questão da inclinação dos taludes, na generalidade apenas se coloca em taludes de aterro ou escavação. Relativamente aos taludes em maciços terrosos, são frequentes as escavações com inclinações próximas da verticalidade, nestes casos a constatação do excesso de inclinação é puramente visual.



Figura 3-16 – Talude terroso com inclinação quase vertical. Rua Marquês de Pombal, Carneiro. (Caso 08.01)

Nos taludes de aterro, esta constatação não é tão simples. É certo que independentemente da tipologia do aterro, fenómenos como fissuração do terreno, escorregamentos, tombamentos, quedas de rochas, etc. podem estar relacionados com a inclinação. Todavia, a inclinação raramente é o único fator instabilizador dos taludes.

3.3.4 Consolidação dos taludes

Na execução dos taludes artificiais, nomeadamente os de aterro, é comum não serem seguidas as boas normas de compactação dos terrenos, contribuindo em larga escala para a instabilidade deles. Porém, é muito difícil constatar esta má prática após a finalização dos trabalhos.

Por outro lado, a consolidação da camada exterior dos taludes é relativamente simples de ser avaliada e é um fator importante para a sua estabilidade a longo prazo. A camada exterior está exposta aos efeitos do vento e da água, estando constantemente sujeita a fenómenos de erosão. A

presença de vegetação nos taludes terrosos contribui em larga escala para a sua consolidação, sendo sempre aconselhável a sua presença no corpo destes taludes. Como já foi dito anteriormente, a aplicação de árvores de grande porte nos taludes terrosos pode provocar um efeito de alavanca levando à sua instabilidade, o recobrimento nestes taludes deve restringir-se a vegetação rasteira.



Figura 3-17 – Utilização de geocoleção para consolidação do talude. Rua do Mosteiro, Freixo de Baixo. (Caso 13.01)

Os terrenos utilizados em aterros, atendendo às boas normas, não têm elementos orgânicos, sendo pouco propícios ao crescimento de vegetação. O mesmo acontece em taludes de escavação com alguma profundidade. Por estas razões, é aconselhável a aplicação de uma fina camada de terra vegetal sobre o corpo dos taludes para impulsionar o crescimento de vegetação rasteira. Sistemas como por exemplo o geocoleção, geogrelha ou mesmo enrocamento podem ser utilizados no revestimento do talude para conferir uma maior consolidação ao mesmo.

Ao contrário dos taludes terrosos, a presença de vegetação em maciços rochosos é extremamente prejudicial para a sua estabilidade. As raízes da vegetação vêm agravar as descontinuidades ou

fragmentações naturais do maciço. É corrente por todo o país, taludes de escavação em maciços rochosos, edificados para a passagem de vias de comunicação rodoviárias, cobertos de vegetação.

3.3.5 Anomalias visíveis no talude

Atendendo que a identificação de taludes em instabilidade estrutural e a sua inspeção será maioritariamente visual, acrescido da dificuldade de identificar visualmente se as características do terreno são as ideais, (compactação, inclinação, etc.), frequentemente à data da primeira inspeção o elemento já se encontra com algumas anomalias devido a inícios de instabilização.

Em grande parte dos casos, apesar de já apresentarem sintomas de instabilização estrutural, é possível tomar medidas que mitiguem ou eliminem as causas dessas anomalias, sem obrigar a uma intervenção profunda na estrutura. Visto isto é importante ter atenção, registar e quando possível quantificar essas anomalias. As mais comuns, em maciços terrosos são fissurações longitudinais do pavimento a montante do talude ou no seu próprio corpo, elementos verticais inclinados no corpo do talude, escavações no pé do talude sem as devidas precauções de contenção, etc. A experiência do avaliador, será fundamental para detetar e diagnosticar eficazmente as anomalias do talude.



Figura 3-18 – Fissuração e abatimento do pavimento, indiciando um deslizamento do talude a jusante da via. Rua de Manhufe, Mancelos. (Caso 23.01)

Relativamente a maciços rochosos, além das características de drenagem e vegetação já discutidas, é importante ter em atenção o estado de alteração e fracturação do talude. A quantificação das fissuras é essencial para constatar a evolução, ou não, das anomalias.

A identificação de rochas soltas, ou locais onde se possam soltar tendo em conta a fracturação e as descontinuidades naturais da rocha, é um ponto de interesse muito importante para uma correta avaliação destas estruturas.



Figura 3-19 – Identificação de porções do maciço que podem sofrer quedas ou tombamentos. M574 (Acesso a Covelo do Monte), Aboadela. (Caso 01.01)

Embora grande parte dos maciços rochosos possam assumir inclinações próximas da verticalidade, isto só deve acontecer em maciços que apresentem um estado de alteração são ou pouco alterado. O estado de alteração do maciço, representa a sua qualidade ou rigidez, a maior ou menor facilidade com que se efetua o desmonte do talude é proporcional ao maior ou menor estado de alteração do mesmo. Um maciço altamente alterado fratura-se facilmente com a utilização de um martelo, enquanto um maciço decomposto tem um comportamento semelhante a um solo.

4 ESTABILIDADE DE MUROS DE CONTENÇÃO EM ALVENARIA DE PEDRA

4.1 GENERALIDADES

Em circunstâncias que não se torne viável a aplicação de uma inclinação num talude de escavação ou aterro, de forma a manter a sua estabilidade estrutural são necessárias obras de contenção para estabilização dos terrenos. Atualmente existem várias técnicas para reduzir a inclinação de taludes, mais ou menos convencionais, contudo a construção de muros em pedra é uma técnica primordial.

Até ao século XX, o material para a construção dos muros de contenção estava limitado à proximidade para com a obra e as possibilidades de o transportar, por esta razão em unidades geológicas graníticas é comum encontrar muros em pedra granítica e muros de pedra xistosa em unidades geológicas xistosas. Atualmente, apesar das facilidades de transporte, continua a existir esta seleção, para manter o traço arquitetónico das regiões.

Especialmente na região de montanha, as aberturas de estradas e caminhos implicou em inúmeras situações a construção de muros desta tipologia. Com a necessidade de adaptar estas vias à circulação automóvel, as estradas e caminhos sofreram várias modernizações ao longo da segunda metade do século XX até a atualidade. As estradas e caminhos foram em grande parte repavimentadas, alargadas e instalados alguns sistemas de drenagem. No entanto em inúmeras ocasiões os muros de suporte tradicionais mantiveram-se inalterados, levando a fenómenos de instabilidade estrutural uma vez que a sua rudimentar conceção não previa as cargas e vibrações induzidas pelo tráfego automóvel.

Todo este panorama, agravado por algumas edificações de muros de suporte na atualidade com uma segurança estrutural duvidável, levam há existência de vários casos identificados com necessidade de intervenções mais ou menos profundas, para a reposição da segurança estrutural.

4.2 CONSTITUIÇÃO DE UM MURO DE CONTENÇÃO EM ALVENARIA DE PEDRA

Um muro de contenção de terras em alvenaria de pedra utiliza o seu peso próprio para suportar o impulso do terreno a montante. À imagem de outras tipologias de muros gravíticos, como os em betão ciclópico ou em gabião, os muros de contenção em pedra apresentam uma espessura variável, aumentando a espessura com a profundidade de modo a equilibrar as tensões induzidas pela massa de terreno suportada.

A base do muro deve sempre ser apoiada a uma cota inferior ao terreno, de forma a reduzir o risco de deslizamento. As características do terreno envolvente e de fundação devem ser conhecidas com algum rigor, de forma a garantir que este não é edificado sobre uma superfície de escorregamento, comprometendo a estabilidade estrutural e garantindo também que as deformações por assentamento da fundação encontram-se dentro dos limites aceitáveis.

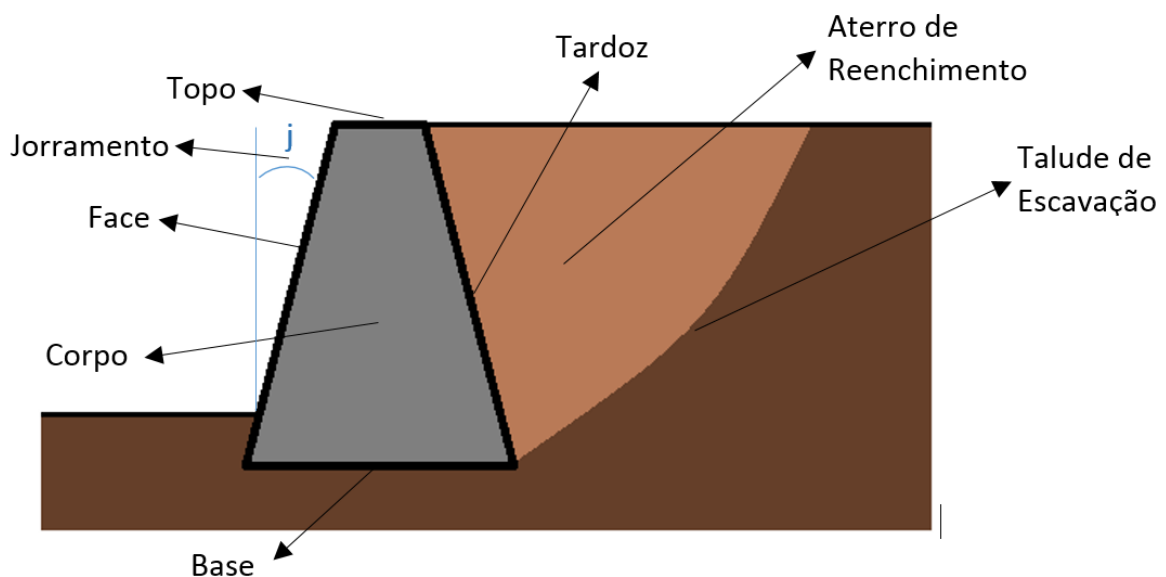


Figura 4-1 – Esquema de um muro de contenção gravítico

Por uma questão de economia, não é comum os muros de contenção de alvenaria em pedra apresentarem mais de 2m de altura, porém caso isto venha a acontecer deve efetuar-se um preenchimento dos vazios no interior do muro com betão.

Sendo estes muros constituídos pela interligação de blocos de pedra, em condições normais não é errado considerar que são naturalmente drenados, podendo dispensar os sistemas de drenagem no

tardoz. Naturalmente que o muro não se apresenta em condições drenadas se contiver os vazios preenchidos com betão, ou as juntas argamassadas.

Em condições não drenadas o muro terá de resistir ao impulso conjunto do terreno suportado e da água, sendo aconselhável aplicar um sistema de drenagem sempre que o elemento não se encontre em condições naturalmente drenadas.

A drenagem pode ser induzida através da aplicação de uma cortina impermeável e drenante no tardoz do muro que encaminhe a água para um dreno, ou pela aplicação de barbacãs no corpo do talude. Qualquer que seja o sistema de drenagem este deve reter o terreno e escoar a água. Naturalmente que por muito eficiente que seja o sistema de filtragem das partículas, com o passar do tempo a drenagem do muro pode ficar inutilizada devido à colmatação da área drenante do sistema com as partículas finas do terreno. Dizem as boas normas de dimensionamento que o projetista deve considerar a falha do sistema de drenagem, devendo especificar um programa de manutenção para este, ou demonstrar que o sistema de drenagem não necessita de manutenção.



Figura 4-2 – Muro de contenção em alvenaria de pedra granítica. Rua de Gavim, Bustelo. (Caso 05.01)



Figura 4-3 – Muro de contenção em alvenaria de pedra xistosa. Rua da Portela, Rebordelo. (Caso 28.02)

As características das pedras a utilizar para a edificação destes muros são elementos condicionais para sua estabilidade estrutural. A funcionalidade destes muros é-lhes concebida pela interligação de diferentes blocos de pedra. Naturalmente que um muro com blocos de pedra de pequenas dimensões, como é o caso da maioria dos muros de contenção em pedra xistosa, estará sujeito a maiores deslocamentos desses blocos, levando a maiores deformações no muro, é portanto aconselhado a utilização de blocos de grandes dimensões.

A forma dos blocos de pedra também é um elemento a ter em consideração, uma pedra de forma paralelepipedal é mais facilmente travada que uma arredondada.

É importante reter que apesar destes elementos serem constituídos por vários blocos de pedra individuais, posicionados e travados pelo efeito da gravidade, um muro de contenção de alvenaria de pedra comporta-se como um todo, ou seja, a sua estabilidade é-lhe conferida através do correto posicionamento, travamento e emparelhamento dos diferentes blocos de pedra.

4.3 INSPEÇÃO A MUROS DE CONTENÇÃO DE ALVENARIA DE PEDRA

Numa inspeção visual a um elemento desta natureza em fase de utilização, expeto raras exceções, apenas é visível a face e topo do muro, razão pela qual as dimensões reais do elemento são impossíveis de confirmar, nomeadamente a espessura da base.

Contudo os elementos visíveis no muro, a eventual existência de algumas anomalias e a experiência do técnico, são elementos suficientes para avaliar qualitativamente estas estruturas. Obviamente que caso o técnico considere insuficiente a inspeção visual deve pedir ou efetuar estudos e prospeções complementares.



Figura 4-4 – Muro com 4m de altura, espessura constante e insuficiente encorpamento na base. Rua Padre Álvaro Morais Ferreira, Amarante (S. Gonçalo). (Caso 33.02), Obtido a partir do Google Maps. 2009.

Tendo em consideração que na grande maioria de casos a avaliar não existem projetos ou peças desenhadas, que possa elucidar quanto às dimensões ou técnicas utilizadas para a construção destes muros, durante a visita e inspeção ao local, deve ser verificado:

4.3.1 As características constituintes do muro e envolvente

Na avaliação destes casos devem ser analisados fatores como:

- Dimensões médias da pedra constituinte do muro, (pequena ou grande dimensão);
- Tipologia da pedra, (granítica ou xistosa);
- A forma da pedra (paralelepipedal ou arredondada);
- O emparelhamento dos blocos;

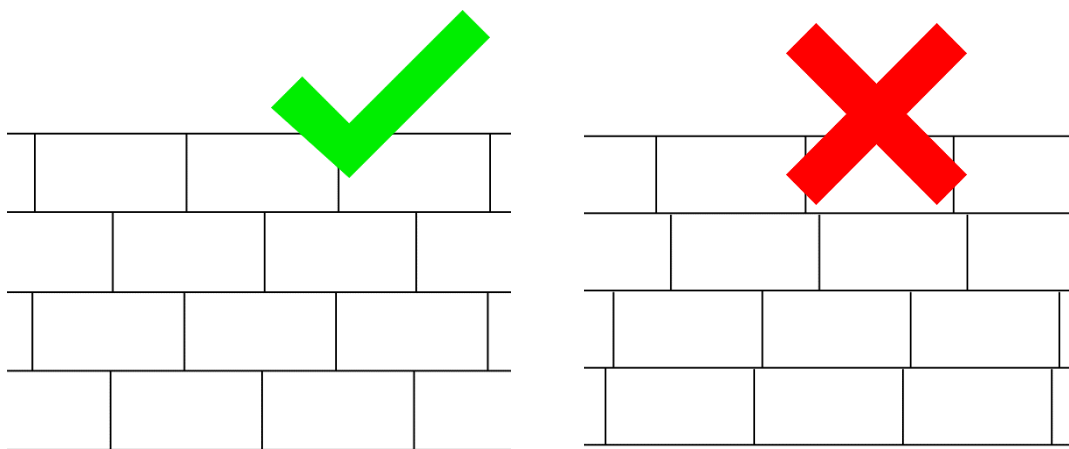


Figura 4-5 – Esquema de bom e mau emparelhamento

Um bom emparelhamento é essencial para um correto travamento dos blocos de pedra de modo ao muro se comportar como um todo.

Frequentemente os blocos de pedra apresentam formas irregulares, o emparelhamento deve ser efetuado entre os blocos de maior dimensão, utilizando pedras de menor dimensão para preencher os vazios e calçar os restantes de forma a atingir um travamento completo da alvenaria.

- O estado de alteração dos blocos de pedra; correntemente verifica-se muros constituídos por blocos de pedra altamente alterados, fraturando-se facilmente com um martelo;
- Condições de drenagem, (drenado ou não drenado); de realçar que independentemente das condições de drenagem do muro, os critérios dos sistemas de drenagem longitudinais e transversais descritos anteriormente para os taludes, continuam a aplicar-se para muros de alvenaria de pedra.

- O jorramento da face do muro, o muro nunca deverá ter uma inclinação inferior a 10:1 (V:H), ou seja aproximadamente 5.7% com a vertical.
- Identificar elementos externos que possam induzir sobrecargas no muro.

Embora estes fatores só por si não descrevam o estado de conservação da estrutura, são essenciais para a identificação e quantificação de várias anomalias e determinar a qualidade da construção do muro.

4.3.2 Vegetação

Frequentemente os muros desta tipologia estão cobertos de vegetação na face e topo, esta ocorrência é extremamente prejudicial para a segurança estrutural do elemento.

Uma das principais causas de instabilização estrutural destas estruturas é a presença de árvores de grande porte junto ao topo do muro. As raízes provocam deslocamentos nos blocos do muro, corrompendo o travamento do mesmo e por efeito de alavanca induzem tenções horizontais que em último caso levam ao derrube parcial ou total do muro.



Figura 4-6 – Crescimento de um sobreiro sobre o topo de um muro de alvenaria em pedra xistosa.

Rua Nossa Sra das Neves, Rebordelo. (Caso 28.01)

Mesmo a vegetação de pequeno porte na face dos muros, crescendo através das juntas dos blocos de pedra, podem colmatar os vazios de modo a parcialmente impermeabilizar as estruturas. Este fator leva a maiores cargas no muro devido ao acréscimo do impulso da água no tardo do muro.

4.3.3 Deformação horizontal

Exceto em casos extremos, a deformação de um muro não é perceptível a olho nu. Encostando um nível na vertical à face do muro, de uma forma simplificada é possível constatar esta anomalia, todavia seria necessário um nível de dimensões consideráveis de forma a minimizar os erros induzidos pelas irregularidades da face do muro. Uma forma de quantificar as deformações com um erro mínimo é recorrendo a um levantamento topográfico do mesmo. Obtendo o posicionamento de vários pontos na face do muro, junto à base e de igual forma no topo.

A deformação horizontal num muro é um indício grave do risco de derrube do muro, associadas a deformação horizontal estão anomalias como a fissuração e abatimentos do pavimento a montante do muro e também abertura das juntas de ligação dos blocos de pedra. A abertura de juntas ocorre com mais frequência em locais de mau emparelhamento dos blocos.



Figura 4-7 – Abertura de juntas devido a deformação horizontal do muro. Rua de Lamelas, Rebordelo. (Caso 28.12)



Figura 4-8 - Fissuração e abatimento do pavimento a montante de um muro de suporte. Rua da Eira de Covelo, Aboadela. (Caso 01.08)

4.4 COMENTÁRIOS SOBRE A ESTABILIDADE DE TALUDES E MUROS DE CONTENÇÃO

As definições, modos de falha e principais elementos instabilizadores de taludes e muros de contenção em alvenaria de pedra aqui descritas, tiveram por base também uma pesquisa bibliográfica, mas principalmente a análise efetuada aos vários locais visitados e inspecionados no decorrer do estágio. A experiência e as indicações dos técnicos da unidade técnica de projeto foram essenciais para a compreensão destes fenómenos de instabilização estrutural.

A manutenção de muros e taludes artificiais, apesar de não ser aqui aprofundada, é um fator essencial para garantir a longevidade esperada para as estruturas. A falta de manutenção destas estruturas tem um grande impacto na funcionalidade dos sistemas de drenagem e como foi demonstrado, estes sistemas são essenciais para a longevidade da segurança estrutural destas estruturas. O crescimento de vegetação em algumas estruturas também pode ter consequências graves e em muitas ocasiões irreversíveis, sendo a falta de manutenção a principal causa desta anomalia. Visto isto, o estado de manutenção das estruturas deve também ser analisado, registado e quantificado tal como todas as restantes anomalias.

5 FMEA, “FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS”

5.1 GENERALIDADES

O FMEA, que pode ser traduzido em análise dos modos de falha e efeitos é um método de análise de risco com mais de 50 anos. Uma das primeiras referências é o procedimento militar US MIL-P-1629 intitulado “*Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*”, este método foi criado pelo exército dos Estados Unidos da América em 1949 com o âmbito de analisar os seus métodos de ataque e equipamentos, identificando as potenciais falhas e classificando-as mediante o seu impacto no sucesso das missões e a segurança do seu pessoal [5].

Apesar das aplicações para fins militares e posteriormente na década de 60 na exploração espacial, foi com a sua utilização na indústria automóvel que este método tomou outra dimensão. Na década de setenta a “*Ford Motor Company*” aplicou o FMEA para a deteção de falhas quer ao nível da produção como na aquisição de materiais de fornecedores externos. No final da década de oitenta, em parceria com várias companhias automóveis, foi desenvolvida a QS 9000, norma americana que define o sistema da qualidade exigido para a produção e fornecimento de materiais e componentes automóveis [5].

Com a utilização, por parte da indústria automóvel e devido à sua versatilidade, o FMEA transcendeu para outras indústrias, entre elas a da construção civil. Um dos fatores que contribuiu para esta expansão foi o facto de ser mencionado no PMBOK “*A guide to the Project Management Body Of Knowledge*”, um manual que adquiriu uma grande importância internacional e que descreve vários métodos para gestão de projetos.

Na ISO 9001, Norma para os Sistemas de Gestão da Qualidade e Requisitos é mencionado que uma organização deve empreender ações para eliminar as causas das não conformidades com o fim de evitar repetições. As ações corretivas devem ser apropriadas aos efeitos das não conformidades encontradas, (ISO 9001,2008, p. 23) [6]. Esta afirmação é realizada no âmbito da melhoria contínua

de uma organização e apesar de não ser efetuada uma referência direta ao FMEA, este método aplica-se integralmente na doutrina da norma.

A divulgação do FMEA e a necessidade das organizações do setor da construção em melhorarem os seus processos, seja por iniciativa própria ou pela necessidade de se tornarem competitivos num mercado que tem vindo a enfrentar claras dificuldades, levou na opinião do autor a uma crescente utilização deste método em vários setores da construção civil.

5.2 DESCRIÇÃO DO FMEA

O FMEA é um método de análise de risco em que uma equipa de técnicos de áreas distintas da conceção e produção de um produto ou serviço define os potenciais modos de falha desse produto ou serviço, antes de ocorrerem, identificando as causas dos potenciais modos de falha e definindo medidas para eliminar ou mitigar os modos de falha.

Numa abordagem mais abrangente do método, conhecido como FMECA "*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*" é previsto ainda a quantificação da probabilidade de ocorrência dos modos de falha, severidade das consequências do modo de falha e a possibilidade de detetar o modo de falha. Através destes coeficientes, (probabilidade de ocorrência, severidade e deteção) são definidos os modos de falha críticos a intervir, ou seja, é efetuada uma priorização nas intervenções.

Existe entre alguns autores uma discordância em definir o FMEA como um método quantitativo ou qualitativo. Este método, ao contrário de outros métodos de análise de risco, não é necessariamente fundamentado em ensaios laboratoriais, estudos estatísticos ou análises aprofundadas do produto ou serviço em estudo, mas sim na opinião das pessoas envolvidas na conceção e produção, ou seja, é fundamentado na experiência e conhecimentos das pessoas. Por estas razões não existem dúvidas em qualificar o FMEA como um método qualitativo.

Por outro lado, numa abordagem pelo FMECA é efetuada uma quantificação dos níveis de probabilidade de ocorrência, severidade e deteção dos modos de falha, sendo este um método quantitativo ou semi-quantitativo. A confusão gerada em torno deste assunto é explicada pelo facto de em vários documentos científicos não ser efetuada uma distinção entre FMEA e FMECA.

É da opinião do autor, que apesar de efetivamente ser efetuada uma análise quantitativa dos modos de falha no caso do FMECA, este deve ser qualificado como qualitativo no caso de os coeficientes serem determinados com recurso à opinião das pessoas envolvidas e não recorrendo a estudos estatísticos ou ensaios laboratoriais. Naturalmente no caso de esses estudos existirem devem ser tomados em consideração, resultando numa análise semi-quantitativa.

5.3 FASES DE DESENVOLVIMENTO DO FMEA

5.3.1 Hierarquizar o problema

Na grande maioria dos casos, para uma eficaz análise do elemento em estudo será necessário decompô-lo e avaliar individualmente os processos e subprocessos que o constituem.

A forma de hierarquização, naturalmente dependerá do objeto em estudo, no caso de um produto poderá dividir-se nos diferentes componentes que o constitui, no caso de um serviço é divisível nos diferentes processos que se tomam para a sua finalização. É conveniente representar o caso em estudo sob a forma de um esquema de diagramas simples, um exemplo de um sistema de divisão eficaz é um WBS "Work Breakdown Structure".

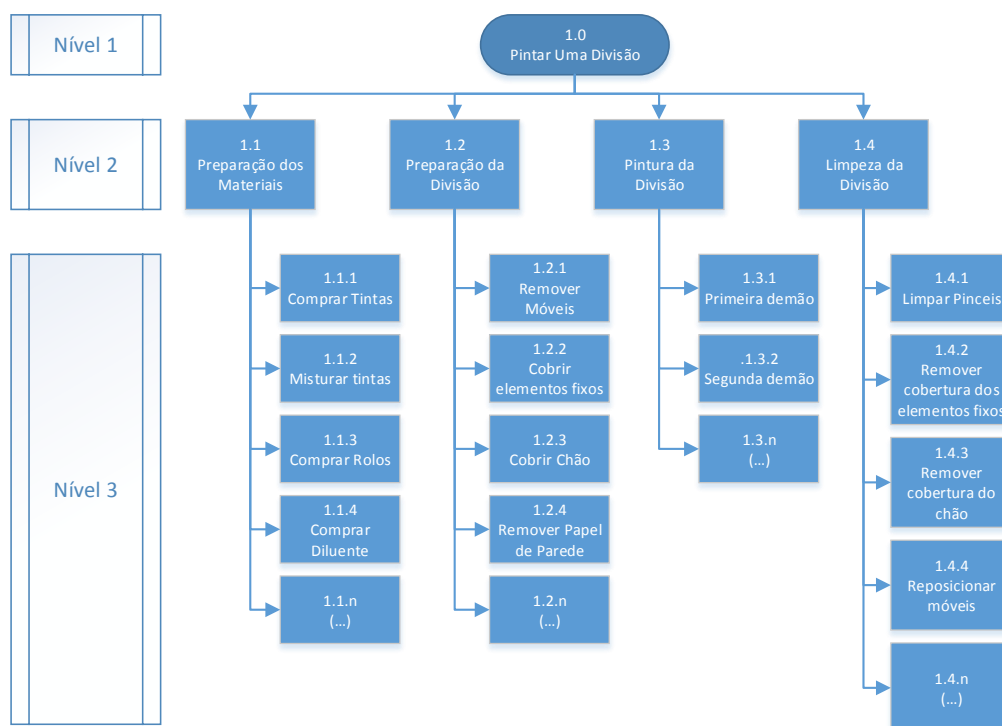


Figura 5-1 – Exemplo de um WBS para a tarefa de pintar uma divisão

Na figura 3-1 é apresentado um exemplo de um WBS, no caso trata-se de um serviço de pintar uma divisão. Este esquema permite dividir um processo de alguma forma complexo em sucessivos níveis de subprocessos de compreensão simplificada.

5.3.2 Identificar o objeto em estudo

Quer se analise um produto ou um processo, é essencial identificar antes de mais a função do objeto em estudo. O avaliador ou grupo de avaliadores devem efetuar a pergunta:

Qual é o propósito deste produto ou processo?

Deve ainda identificar e registar os limites de aceitação do elemento em estudo, ou seja, definir parâmetros de conformidade.

5.3.3 Identificar os potenciais modos de falha

O grupo de trabalho deve efetuar a pergunta:

O que pode correr mal?

Os avaliadores nesta fase devem reger-se pela conhecida lei de Murphy “Se algo puder correr mal, correrá...”. O registo de falhas anteriores é importante, mas não é necessariamente suficiente. Os maiores problemas que podem ocorrer numa organização são os que nunca ocorreram antes, [7]. A opinião das pessoas diretamente envolvidas nos processos ou componentes em estudo é um importante elemento a ter em consideração.

5.3.4 Identificar as potenciais consequências dos modos de falha

O grupo de trabalho deve efetuar a pergunta:

Qual a consequência caso se verifique o modo de falha?

Deve efetuar-se uma listagem de todos possíveis efeitos negativos do modo de falha. Dependendo do elemento em estudo serão obtidos efeitos distintos, mas geralmente as consequências influem sobre: a funcionalidade do elemento, consequências para outros elementos, custos para a reposição da normalidade, segurança para os utilizadores, satisfação do cliente, etc.

Mais uma vez a experiência das pessoas diretamente envolvidas nos processos ou componentes em estudo é essencial.

5.3.5 Identificar as potenciais causas dos modos de falha

O grupo de trabalho deve efetuar a pergunta:

O que pode causar o modo de falha?

É essencial que as causas dos potenciais modos de falha sejam identificadas, para uma futura eficaz aplicação das medidas corretivas. Em grande parte dos casos o modo de falha é provocado por um encadeamento ou sequência de acontecimentos, nestes casos devem ser identificadas individualmente as diferentes causas do modo de falha.

Se a causa da falha não for aparente, o avaliador pode colocar a pergunta de outra forma: O que tem de acontecer para que a função do elemento em estudo seja desempenhada corretamente, [8]? Ao responder a esta pergunta é feita uma listagem e encadeamento de todas as atividades ou processos que podem correr mal.

5.3.6 Identificar as medidas de controlo aplicadas

Em muitos casos, porque existiu anteriormente uma análise de risco, foi aplicado um plano de qualidade, ou simplesmente porque os responsáveis assim o entenderam, foram aplicadas medidas para monitorizar ou controlar o processo ou componente em estudo. Estas medidas devem ser identificadas, devidamente registadas e tomadas em consideração na avaliação do elemento.

O modo como o responsável pode identificar *à priori* os modos de falha, se tal for possível, deve ficar registado.

Em alguns casos, o elemento identificado é defeituoso, mas por algum motivo continua em utilização com a aplicação de algumas medidas mitigadoras. Estas medidas devem ser devidamente identificadas.

5.4 FASES DE DETERMINAÇÃO DA CRITICIDADE, FMECA

5.4.1 Estimar a severidade do modo de falha, (S)

A severidade ou gravidade dos modos de falha está diretamente associada às potenciais consequências do modo de falha. A sua quantificação deve ser efetuada após a determinação de todas as potenciais consequências da falha e mediante a ponderação do grupo de avaliação. É aconselhado um consenso quanto à quantificação deste fator.

Esta quantificação é efetuada atribuindo um valor, normalmente de uma escala de 1 a 10 a um índice de severidade (S), em que 1 corresponde um modo de falha sem consequências e 10 um modo de falha grave, com consequências extremas para o serviço ou produto final.

Para uma homogeneização deste índice nos diferentes modos de falha deve, com antecedência, padronizar os diferentes níveis de severidade, como o exemplo apresentado na tabela 5-1.

Tabela 5-1- Exemplo de padronização dos critérios de severidade para obras de construção civil

Severidade (S)	Efeito	Consequências
9/10	Graves Problemas para do elemento. Necessidade de reparações profundas com elevados custos associados.	O elemento não cumpre a função para que foi concebido
7/8	Falha num elemento, Necessidade de intervenção profunda.	
4/5/6	Falha condicionante, afeta a durabilidade do elemento, elevados custos de manutenção.	O elemento cumpre condicionadamente a função para que foi concebido
2/3	Pequena falha, afeta a aparência do elemento.	
1	Falha não Significativa Para o Cliente	Não tem consequências funcionais

Esta padronização deve ser específica para a tipologia do elemento sob avaliação, e atendendo aos critérios de aceitabilidade que a organização tem para o elemento em estudo.

5.4.2 Estimar a probabilidade de ocorrência do modo de falha, (O)

O índice de ocorrência (O) traduz numa escala normalmente de 1 a 10 a probabilidade de um determinado modo de falha ocorrer, em que 1 representa uma probabilidade muito remota e 10 uma ocorrência quase certa.

Para a deliberação deste índice é importante a análise do registo de falhas, ensaios ou estudos que possam existir sobre o elemento, contudo frequentemente não existe um modo de quantificar este fator com base neste tipo de análise, devido à não existência desses dados. Esta situação verifica-se numa organização que começou recentemente a "produzir" o elemento em análise, ou simplesmente os estudos da probabilidade das falhas são economicamente inviáveis.

Uma segunda abordagem para quantificar este coeficiente é através da análise das causas das falhas previamente identificadas. Como referido anteriormente, frequentemente o modo de falha é provocado por um encadeamento de acontecimentos, a análise da frequência das repetições e peso de cada um desses acontecimentos para a ocorrência da falha deve ser tida em consideração. Mais uma vez a experiência e conhecimento das pessoas envolvidas é essencial, devendo chegar-se a um consenso dentro a equipa do FME(C)A, na quantificação do fator probabilidade de ocorrência.

Tal como no fator severidade, a padronização dos coeficientes de probabilidade de ocorrência é importante para uma avaliação homogénea dos modos de falha.

Tabela 5-2 – Exemplo 1, classificação da probabilidade de ocorrência

Ocorrência (O)	Probabilidade
1	Remota
2/3	Muito Baixa
4/5	Baixa
6/7	Moderada

8/9	Alta
10	Muito Alta

A tabela 5-2 é um exemplo genérico de como pode ser efetuada uma padronização deste coeficiente, contudo num caso prático a descrição da probabilidade deve ser o mais específico possível, atendendo à tipologia do elemento em estudo.

Em algumas bibliografias os diferentes coeficientes da Ocorrência (O) são escalados mediante probabilidades específicas, por exemplo:

Tabela 5-3 - Exemplo 2, classificação da probabilidade de ocorrência

Ocorrência (O)	Probabilidade	
1	Remota	1 em 10000 (0,01%)
2/3	Muito Baixa	1 em 1000 (0,1%)
4/5	Baixa	1 em 100 (1%)
6/7	Moderada	1 em 50 (2%)
8/9	Alta	1 em 20 (5%)
10	Muito Alta	1 em 4 (25%)

Este segundo exemplo é aconselhado apenas no caso de existirem dados específicos para determinar, ou auxiliar a determinação da probabilidade de ocorrência, ou seja, no caso de uma análise quantitativa da probabilidade.

5.4.3 Estimar a probabilidade de deteção do modo de falha (D)

Dos três fatores utilizados para a análise crítica este é o mais controverso. Este fator quantifica a probabilidade da falha ou a causa da falha ser detetada antes do serviço ou produto ser finalizado

(entregue ao cliente). Tal como os dois fatores descritos anteriormente, o coeficiente detecção (D) é quantificado numa escala de 1 a 10, em que 1 existe, com quase toda a certeza, a probabilidade de detetar a falha e 10 a falha é praticamente indetetável.

A utilização deste fator torna-se controverso porque não existe um consenso em como este deve ser obtido. Na generalidade dos casos todas as falhas são possíveis de identificar, e como tal classificadas como 1, a pergunta que se deve efetuar é se são identificadas a tempo de prevenir ou mitigar a falha para níveis aceitáveis para a organização.

Tomando como exemplo a atividade corrente na construção civil de efetuar obras de arte em betão à vista: Após a descofragem facilmente se identificam zonas de segregação ou ocorrência de vespeiros com uma simples inspeção visual, ou seja, a anomalia é detetável antes da entrega do produto final ao cliente, mas sem que com isto se evitem consequências no prazo e orçamento para a finalização da obra.

Visto isto, torna-se claro que existe uma correlação entre o fator detecção (D) e o de probabilidade de ocorrência (O). Por estas razões, vários autores defendem que a utilização deste fator falseia os resultados da análise crítica, aconselhando a sua não utilização.

5.4.4 Análise crítica do modo de falha

O método mais comum para determinar a criticidade de um modo de falha é o RPN ou "*Risk Priority Number*" que pode ser traduzido como número de prioridade do risco. Este é simplesmente calculado através do produto dos fatores: Probabilidade de Ocorrência, Severidade e Detecção.

$$RPN = S \times O \times D \quad \text{Equação 5-1}$$

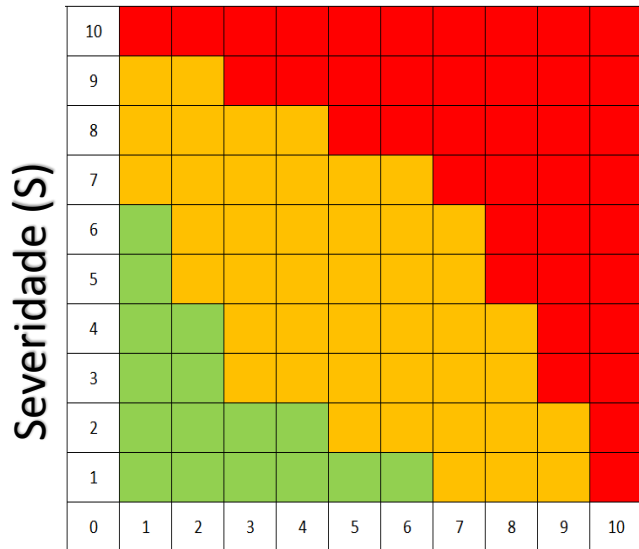
Numa abordagem mais recente, devido à controvérsia do fator detecção são privilegiados os fatores Severidade e Probabilidade de Ocorrência, sendo descartado a Detecção da equação.

$$RPN = S \times O \quad \text{Equação 5-3}$$

Com o valor do RPN e os índices parciais, é efetuada a priorização do risco dos modos de falha. De notar que não deve ser efetuada uma priorização tendo unicamente como base o RPN, tendencialmente os modos de falha prioritários estão associados a valores elevados de RPN, contudo é importante considerar os coeficientes dos índices parciais para uma consistente tomada de decisão.

Um outro método para definir a criticidade dos modos de falha é através de uma matriz de risco. De notar, que não é considerado o fator deteção.

Neste método é efetuado um cruzamento entre os fatores severidade e probabilidade de ocorrência dos vários modos de falha, numa matriz com zonas de prioridade previamente definidas. Normalmente o vermelho representa a zona de risco elevado, amarelo o risco médio e o verde o risco baixo.



Probabilidade de Ocorrência (O)

Este zoneamento deverá ser definido previamente pelo grupo de trabalho responsável pela

elaboração do FME(C)A, normalmente organizações com um sistema de gestão da qualidade funcional, com pessoal experiente privilegiam zonas de menor risco na matriz, enquanto organizações inexperientes a desenvolver um serviço ou produto pela primeira vez geram matrizes mais rigorosas privilegiando zonas de risco elevado. A elaboração deste zoneamento deve ser objeto de grande ponderação pela equipa de trabalho.

5.4.5 Estabelecer Prioridades

A análise crítica é efetuada no sentido qualificar os diferentes modos de falha quanto ao risco que apresentam para a organização. Uma forma corrente de o fazer é qualificar os modos de falha quanto ao nível de risco; Risco Baixo, Risco Médio e Risco Elevado.

No caso da utilização da matriz de risco esta qualificação pode ser automática mediante a cor da célula onde o cruzamento dos indicadores resultar.

Ao utilizar o método do número de prioridade de risco ou RPN, é necessário avaliar cada modo de falha utilizando os valores do RPN, S, O e D para auxiliar a decisão, algumas bibliografias aconselha utilizar apenas o RPS e a Severidade (S) para uma melhor consistência na tomada de decisão, [5].

5.4.6 Identificar as ações a tomar

Correntemente o grupo de trabalho responsável pela elaboração do FME(C)A não tem autoridade dentro da organização para implementar todas medidas necessárias para corrigir ou mitigar os modos de falha, contudo cabe ao grupo indicar as medidas que acham convenientes para esse efeito, e tal como o restante processo deve ficar convenientemente registado para a análise e aprovação da gestão de topo.

Naturalmente que os modos de falha classificados com maior nível de risco são de intervenção prioritária, mas devem-se analisar e propor medidas para todas as falhas identificadas.

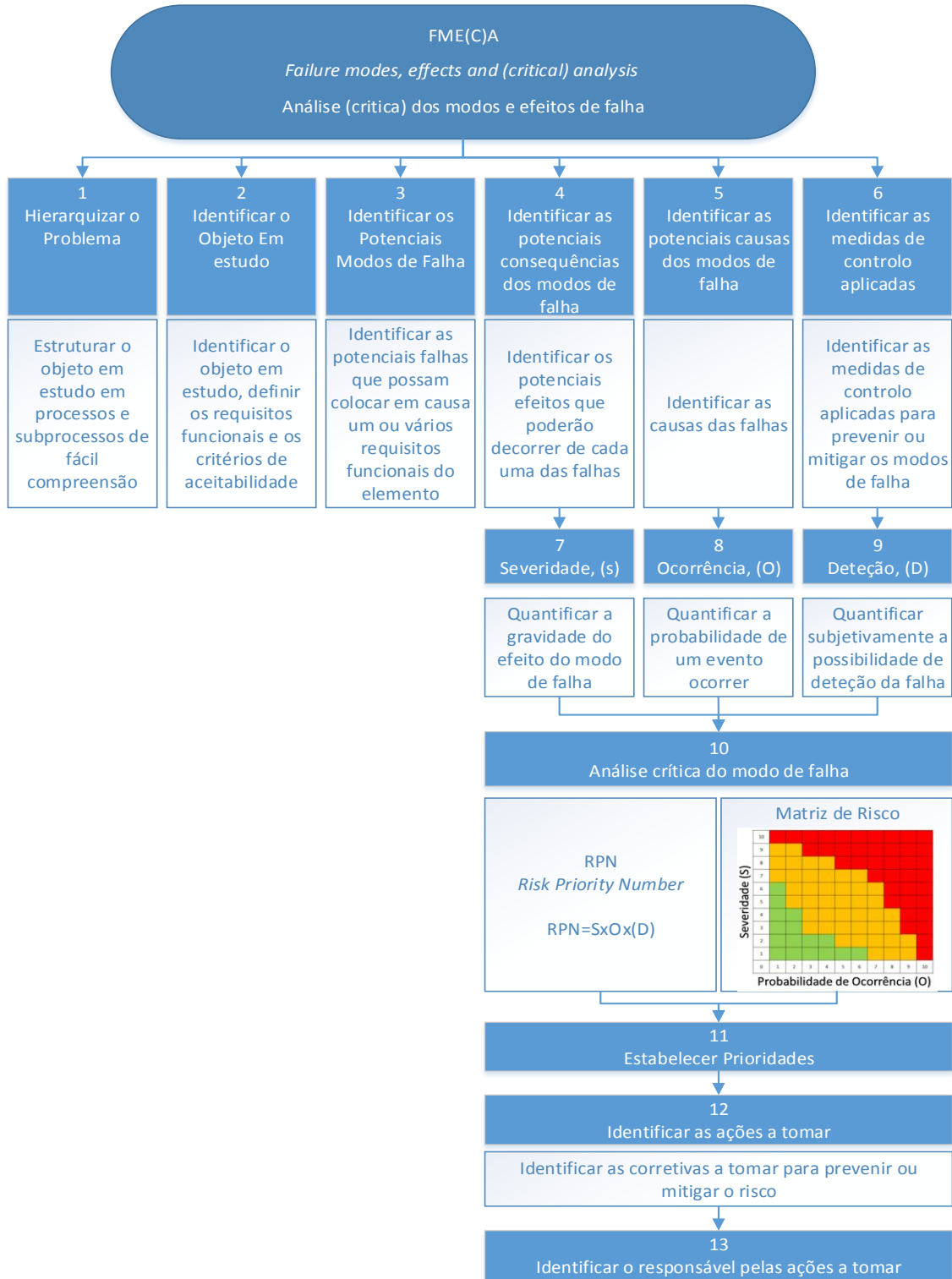
O objetivo será naturalmente a eliminação do risco de ocorrência das falhas, mas frequentemente isso não é possível, nestes casos devem-se atribuir medidas para mitigar o efeito da falha ou reduzir a probabilidade de ocorrência da mesma.

5.4.7 Identificar o responsável pelas ações a tomar

A identificação dos responsáveis pelas medidas a aplicar muitas vezes é intrínseco à identificação das medidas e caso a organização tenha um sistema de gestão da qualidade funcional este será um passo redundante. No entanto é importante no protocolo de elaboração do FME(C)A prever esta identificação, frequentemente as medidas de eliminação ou mitigação do risco não são aplicadas por caírem sob a jurisdição de ninguém.

5.5 RESUMO DO FASEAMENTO DO FME(C)A

De forma simplificada, este método segue os procedimentos indicados na figura 5-3.



5.5.1 Comentários sobre a elaboração do FME(C)A

A eficácia do método é maior quanto maior for a sinergia conseguida entre a equipa que desenvolve o estudo. Naturalmente a responsabilidade da elaboração dos relatórios e outros elementos necessários para o FME(C)A cai sob um único técnico, mas por mais informado que esse técnico se encontre sobre os vários processos e subprocessos inerentes à conceção e execução do produto ou serviço, a quantidade e sobretudo a qualidade dos dados recolhidos será inevitavelmente inferior aos conseguidos com o contributo das várias pessoas envolvidas na conceção e produção.

A quantidade das pessoas envolvidas no FME(C)A, como foi referido, é um dos pontos fortes do método, porém é também um ponto fraco. A elaboração de uma análise de risco desta forma implica várias reuniões com as várias pessoas envolvidas no produto ou serviço em análise. O responsável pelo FME(C)A terá à partida de organizar e gerir as reuniões, sendo o seu primeiro problema a calendarização das mesmas e o segundo geri-las de uma forma eficiente.

O contributo de técnicos de áreas diferentes na elaboração do FME(C)A trará à partida a informação necessária para a elaboração do estudo, porém é improvável que as pessoas envolvidas tenham em consideração um conhecimento geral do elemento em estudo, tendendo a dar mais peso aos processos em que estão diretamente envolvidos. Este facto e a tendência natural para em reuniões do género "*brainstorming*" ser debatido exaustivamente um assunto perdendo o foco da questão e negligenciando outros, exige ao responsável pelo FME(C)A uma boa preparação das reuniões e algumas habilidades de moderador.

É importante chegar-se a um consenso entre a equipa, relativamente aos coeficientes a atribuir aos fatores de severidade, probabilidade de ocorrência e deteção dos vários modos de falha.

5.6 APRESENTAÇÃO DE UM FME(C)A

Devido ao carácter repetitivo e exaustivo deste método é comum a apresentação de um relatório FME(C)A através de uma tabela.

Processo: Ref./Modelo: _____ Fornecedores _____ Empresas afectadas:			Responsáveis pela equipa de trabalho		Área / Nome		Rubrica			Data do FMEA: _____ Data de revisão: _____ Data de lançamento: _____			
Elemento	Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Gravidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Medidas de controlo	Deteção	NPR	Acções recomendadas	Pessoa responsável Data de conclusão	Resultados das acções Acções tomadas	

Figura 5-2 – Exemplo da apresentação de um FME(C)A através de uma tabela, (fonte: [5])

A apresentação da análise de risco desta forma permite às pessoas interessadas verificarem e compararem rapidamente a qualificação e priorização do risco dos vários serviços, processos ou subprocessos em análise.

5.7 NORMAS APLICADAS AO FME(C)A

Apesar de não ser parte da consulta bibliográfica deste relatório, é importante referir que existe uma norma internacional sobre os procedimentos de um FMEA, a IEC 60812 – “*Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effects analysis*” (FMEA), publicada em Maio de 2006. Esta norma pode ser adquirida na loja *on-line* do IEC, “*International Electrotechnical Commission*”, por 230 CHF (aproximadamente 220€).

Em prol desta norma, faz parte da pesquisa bibliográfica um artigo científico onde é explorado o método do FME(C)A baseado na dita norma, [5].

6 CS-FMEA, “CONSERVATION STATE, FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS”

6.1 GENERALIDADES

Parte essencial do trabalho efetuado na Câmara Municipal de Amarante passou por desenvolver um método de avaliação de risco para taludes e muros tradicionais de alvenaria em pedra, com o intuito pré definido de aplicar o método FME(C)A neste processo. Tendo em conta as necessidades e condicionalismos da instituição, bem como a especificidade dos elementos a avaliar, foi necessário rever este método de modo ao modelo de avaliação corresponder funcionalmente ao propósito para que foi criado.

A alteração substancial aplicada ao método convencional do FME(C)A passou pela substituição do parâmetro Probabilidade de Ocorrência por um parâmetro de Estado de Conservação, de onde advém a designação CS-FMEA, “*Conservation state, failure mode and effects analysis*” ou, Análise do Estado de Conservação, Modos de Falha e Efeitos.

Esta alteração acontece para eliminar dois problemas na aplicação do método convencional do FME(C)A no caso desta avaliação de risco em específico, sendo eles:

- 1.º - Como determinar a probabilidade de ocorrência de um modo de falha de um talude ou muro de contenção, sem dados para análises estatísticas ou, na grande maioria dos casos, sem ensaios ou prospeções ao terreno?

A resposta poderia ser encontrada dentro das muitas versatilidades do FME(C)A, ou seja, através de uma análise puramente qualitativa dos casos. Aqui nasce o segundo problema, uma vez que se mostrou impossível criar um grupo de trabalho para avaliar individualmente todos os casos, então:

2.º - Como manter a confiabilidade da avaliação, pelo método do FME(C)A, sendo esta efetuada por uma ou duas pessoas?

A solução encontrada foi aplicar um método de avaliação, cujo as especificações técnicas e procedimentos a aplicar pelos avaliadores possa garantir a qualidade das avaliações. Para este fim recorreu-se a uma adaptação do método de classificação das anomalias, definida no manual de especificações técnicas para inspeções principais da Estradas de Portugal, (EP).

A aplicação do critério estado de conservação no FME(C)A em prol do critério probabilidade de ocorrência, foi efetuado considerando que existe uma correlação direta entre o estado efetivo de conservação de uma estrutura e a probabilidade de ocorrência de um potencial modo de falha.

Resumindo, o CS-FMEA é o método criado para a avaliação de risco de taludes e muros de contenção em alvenaria de pedra no município de Amarante, tem por base os métodos do FMEA e de classificação de anomalias para inspeções principais da EP.

6.2 DESCRIÇÃO DO CS-FMEA

De forma simplificada, este método segue os procedimentos indicados na figura 6-1.

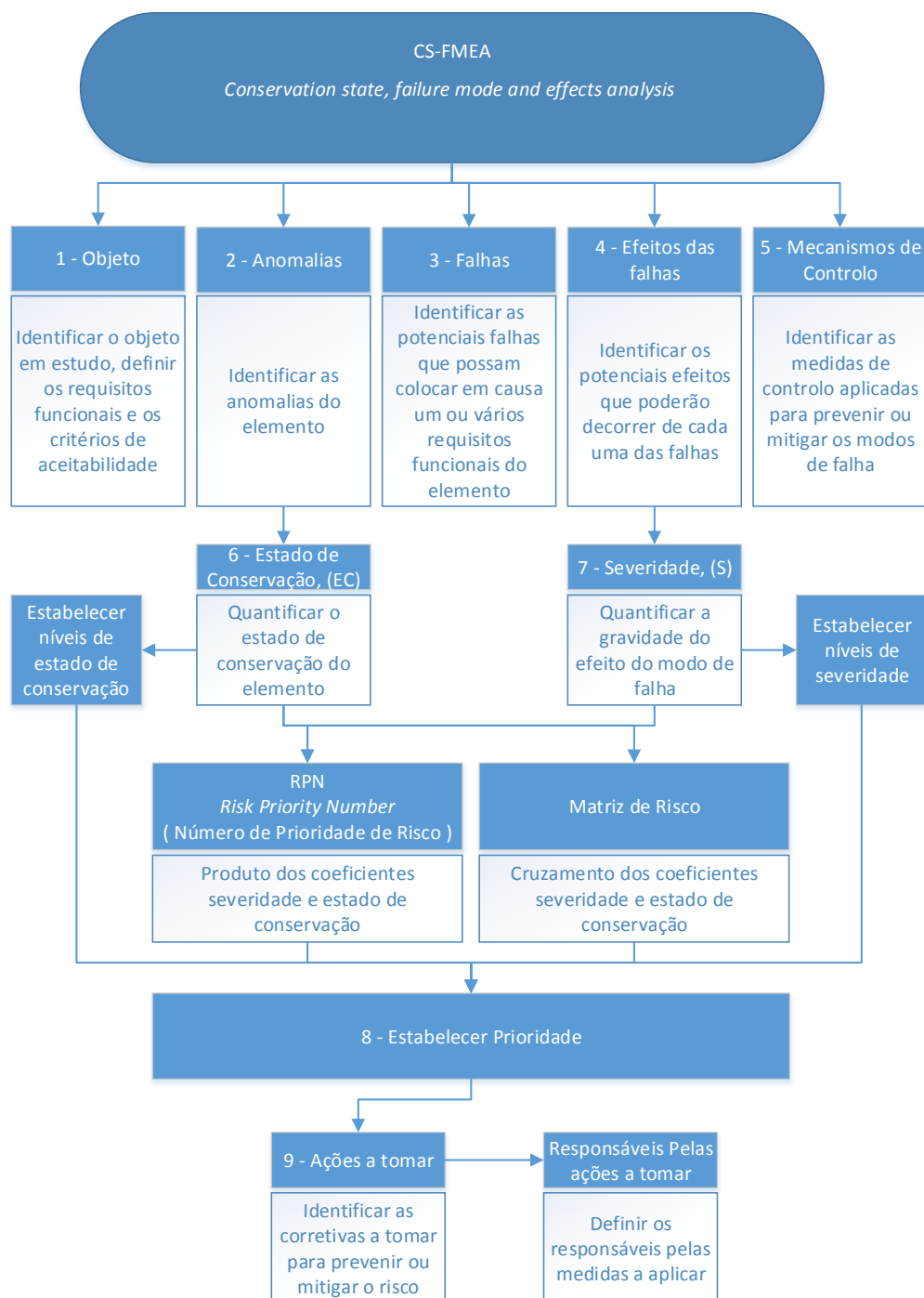


Figura 6-1 – Esquema resumo do CS-FMEA

6.2.1 Identificar o objeto em estudo

No caso específico desta avaliação, considerou-se redundante proceder a uma hierarquização do modo de funcionamento dos elementos em estudo, devido à especificidade dos casos a avaliar.

A primeira fase da avaliação implica uma identificação do elemento em estudo, atribuindo-lhe um código de identificação único e identificando geograficamente a sua localização, bem como as características geológicas do terreno.

Objeto																																											
Identificação (ID)	<p>Cada elemento em estudo deve ter uma identificação única, definida através da freguesia onde se encontra e a ordem pela qual foi identificado, exemplo: 01.01 (Aboadela) . (Primeiro Caso)</p> <p style="text-align: center;">Numeração das freguesias: (Idêntica à utilizada na toponímia do município)</p> <table border="0" style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td>Aboadela – 01</td> <td>Aboim – 02</td> <td>Ansiães – 03</td> </tr> <tr> <td>Ataide – 04</td> <td>Bustelo – 05</td> <td>Canadelo – 06</td> </tr> <tr> <td>Candemil – 07</td> <td>Carneiro – 08</td> <td>Carvalho de Rei – 09</td> </tr> <tr> <td>Cepelos – 10</td> <td>Chapa – 11</td> <td>Fregim – 12</td> </tr> <tr> <td>Freixo de Baixo – 13</td> <td>Freixo de Cima – 14</td> <td>Fridão – 15</td> </tr> <tr> <td>Gatão – 16</td> <td>Gondar – 17</td> <td>Jazente – 18</td> </tr> <tr> <td>Lomba – 19</td> <td>Louredo – 20</td> <td>Lufrei – 21</td> </tr> <tr> <td>Madalena – 22</td> <td>Mancelos – 23</td> <td>Oliveira – 24</td> </tr> <tr> <td>Olo – 25</td> <td>Padronelo – 26</td> <td>Real – 27</td> </tr> <tr> <td>Rebordelo – 28</td> <td>Salvador do Monte – 29</td> <td>Sanche – 30</td> </tr> <tr> <td>Figueiró (Santa Cristina) – 31</td> <td>Figueiró (Santiago) – 32</td> <td>Amarante (S. Gonçalo) – 33</td> </tr> <tr> <td>Gouveia (S. Simão) – 34</td> <td>Telões – 35</td> <td>Travanca – 36</td> </tr> <tr> <td>Várzea – 37</td> <td>Vila Caiz – 38</td> <td>Vila Chã do Marão – 39</td> </tr> <tr> <td>Vila Garcia – 40</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Aboadela – 01	Aboim – 02	Ansiães – 03	Ataide – 04	Bustelo – 05	Canadelo – 06	Candemil – 07	Carneiro – 08	Carvalho de Rei – 09	Cepelos – 10	Chapa – 11	Fregim – 12	Freixo de Baixo – 13	Freixo de Cima – 14	Fridão – 15	Gatão – 16	Gondar – 17	Jazente – 18	Lomba – 19	Louredo – 20	Lufrei – 21	Madalena – 22	Mancelos – 23	Oliveira – 24	Olo – 25	Padronelo – 26	Real – 27	Rebordelo – 28	Salvador do Monte – 29	Sanche – 30	Figueiró (Santa Cristina) – 31	Figueiró (Santiago) – 32	Amarante (S. Gonçalo) – 33	Gouveia (S. Simão) – 34	Telões – 35	Travanca – 36	Várzea – 37	Vila Caiz – 38	Vila Chã do Marão – 39	Vila Garcia – 40		
Aboadela – 01	Aboim – 02	Ansiães – 03																																									
Ataide – 04	Bustelo – 05	Canadelo – 06																																									
Candemil – 07	Carneiro – 08	Carvalho de Rei – 09																																									
Cepelos – 10	Chapa – 11	Fregim – 12																																									
Freixo de Baixo – 13	Freixo de Cima – 14	Fridão – 15																																									
Gatão – 16	Gondar – 17	Jazente – 18																																									
Lomba – 19	Louredo – 20	Lufrei – 21																																									
Madalena – 22	Mancelos – 23	Oliveira – 24																																									
Olo – 25	Padronelo – 26	Real – 27																																									
Rebordelo – 28	Salvador do Monte – 29	Sanche – 30																																									
Figueiró (Santa Cristina) – 31	Figueiró (Santiago) – 32	Amarante (S. Gonçalo) – 33																																									
Gouveia (S. Simão) – 34	Telões – 35	Travanca – 36																																									
Várzea – 37	Vila Caiz – 38	Vila Chã do Marão – 39																																									
Vila Garcia – 40																																											
Freguesia	Tal como na identificação, devido à organização existente da toponímia são consideradas 40 freguesias, (anterior à reorganização das freguesias de 2013).																																										
Vía	Via na qual se encontra o elemento em estudo																																										
Rua	Rua na qual se encontra o elemento em estudo																																										
Coordenadas	As coordenadas (latitude / longitude) são facilmente obtidas com recurso à ferramenta da Google Maps, na falta de outro equipamento.																																										
Elemento em Estudo	Deve ser identificado sucintamente o elemento em estudo.																																										
Geologia Envolvente	Unidade Geológica	O elemento em estudo deve ser localizado na carta geológica do território e com isto identificada a unidade geológica onde se insere. Se visualmente for detetado uma tipologia do terreno distinta da aqui identificada, tal deve ser referido na ficha de inspeção.																																									
	Prospecção Geológica	No caso de existir uma prospecção geológica no local, tal deve ser referido na ficha de inspeção e anexado o boletim das sondagens á mesma ficha.																																									

Figura 6-2 – CS-FMEA, identificação do objeto em estudo

Na identificação do elemento deve ser descrito sucintamente o elemento em estudo. Por exemplo, no caso de um talude deve ser indicado se é de aterro, escavação ou natural, bem como a sua funcionalidade, ou seja, se é de suporte da via, suporte de terreno a montante da via, etc.

6.2.2 Identificar as anomalias

Nunca é demais referir a importância destas avaliações serem efetuadas por um técnico com experiência e de preferência com formação profissional nesta área. Na grande maioria dos casos as inspeções são meramente visuais e atendendo que muitas das anomalias são imperceptíveis a olho nu, é imperativo que o técnico responsável tenha o discernimento de reconhecer indiretamente muitas dessas anomalias.

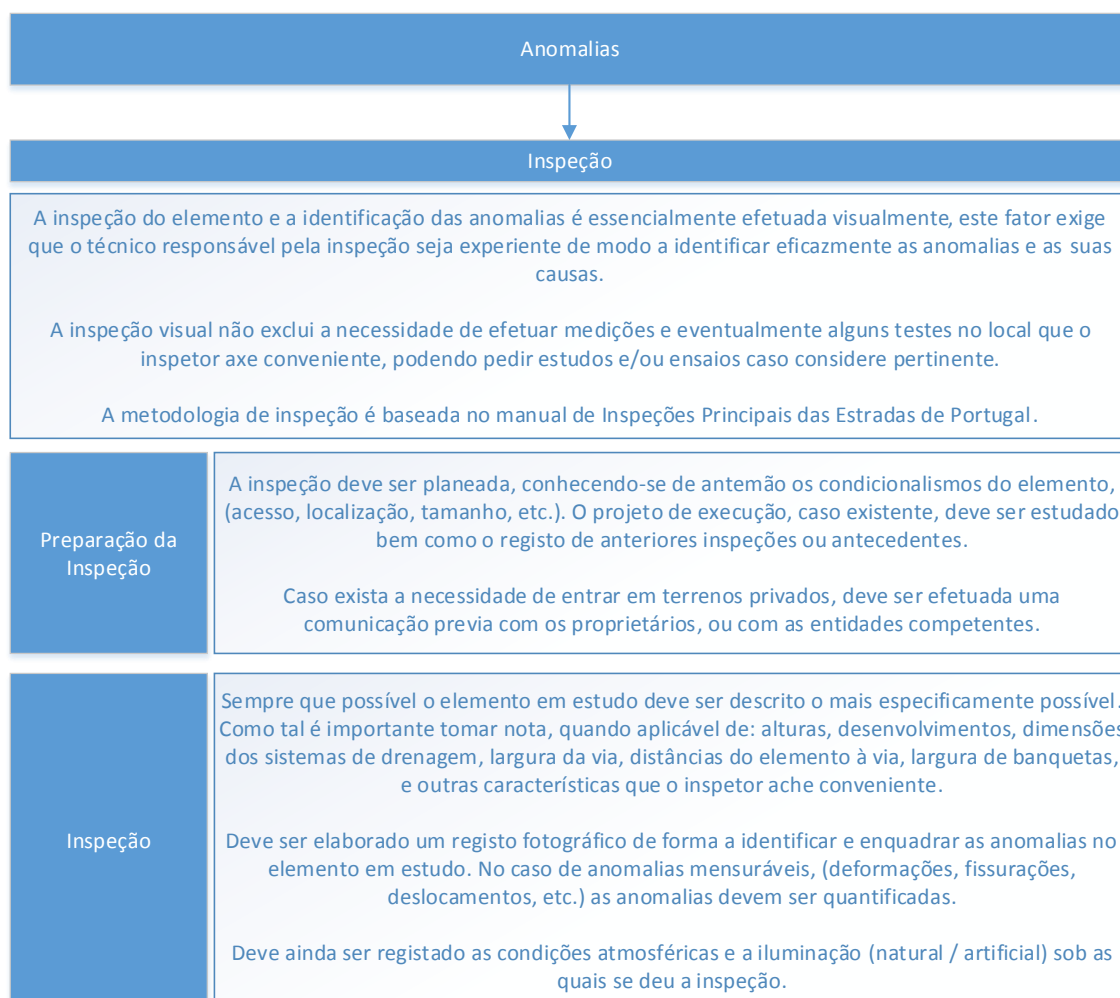


Figura 6-3 - CS-FMEA – Identificar as anomalias (1)

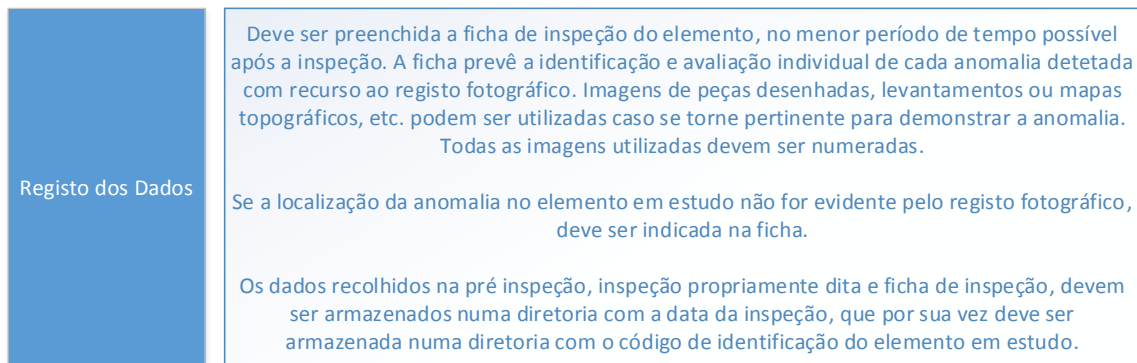


Figura 6-4 – CS-FMEA – Identificar as anomalias (2)

6.2.3 Identificação das potenciais falhas, efeitos e medidas de controlo

Mais uma vez, na identificação dos potenciais modos de falha e os seus efeitos a experiência do técnico avaliador também é importante para reconhecer de forma eficiente os modos de falha realistas. Por exemplo, o derrube de um elemento estrutural é sempre um modo de falha grave, mas o avaliador deve ter a sensibilidade para reconhecer, com base nas anomalias identificadas, se é ou não espectável o derrube do elemento. Caso existam dúvidas na identificação de um modo de falha, ou na extensão de alguma anomalia deve efetuar os testes necessários para tomar uma decisão informada.

Pode existir alguma confusão entre a distinção de anomalias e modos de falha. Tomemos como exemplo um talude terroso de suporte de uma via em que lhe é diagnosticado um deslizamento lento. Uma anomalia deste caso poderia ser: fissuração e abatimento do pavimento da via, se na data da inspeção isto tiver sido constatado. Contudo se durante a inspeção a via não apresentar fissurações ou abatimentos, este pode ser um modo de falha espectável. A diferença entre uma anomalia e um modo de falha é temporal, ou seja, a anomalia é constatada durante a inspeção, enquanto um modo de falha é previsível que venha a decorrer face ao estado do elemento em estudo. Um agravamento substancial de uma anomalia constatada durante uma inspeção pode ser considerado um modo de falha.

Falhas	Efeitos das Falhas	Medidas de controlo
<p>Um modo de falha é uma potencial anomalia, ou agravamento significativo de uma já existente que face às já identificadas é espectável que venha a decorrer.</p> <p>Os modos de falha são identificados avaliando o estado atual do elemento e com base nas anomalias direta ou indiretamente visíveis.</p>	<p>Os modos de falha inevitavelmente terão consequências para o elemento, mas o avaliador deve focar-se nas consequências externas ao elemento.</p> <p>Para cada modo de falha deve questionar-se nos seguintes pontos:</p> <p>Quais as potenciais consequências para os utilizadores, existe risco pela sua integridade física?</p> <p>Qual a consequência para a via, é possível manter o trânsito?</p> <p>Após o modo de falha é possível restabelecer as condições mínimas da via rapidamente?</p> <p>O potencial modo de falha pode afetar outros elementos estruturais adjacentes?</p> <p>São necessárias obras para repor a normalidade do elemento, se sim, qual a sua complexidade?</p>	<p>Devem ser identificadas todas as ações tomadas no elemento que permitam minimizar as consequências das anomalias ou mitigar os efeitos dos modos de falha.</p>

Figura 6-5 – CS-FMEA, Identificar as potenciais falhas, efeitos e medidas de controlo

6.2.4 Definição do estado de conservação

A quantificação de um valor de estado de conservação para cada anomalia, tem como objetivo permitir ao avaliado, numa fase posterior, avaliar o estado de conservação global do elemento de uma forma ponderada e objetiva. É importante que o avaliador tenha sempre a noção que um objetivo final é a comparação dos diferentes casos para efetuar uma priorização nas intervenções, como tal, as avaliações das várias anomalias dos vários casos devem ser efetuados de forma coerente.

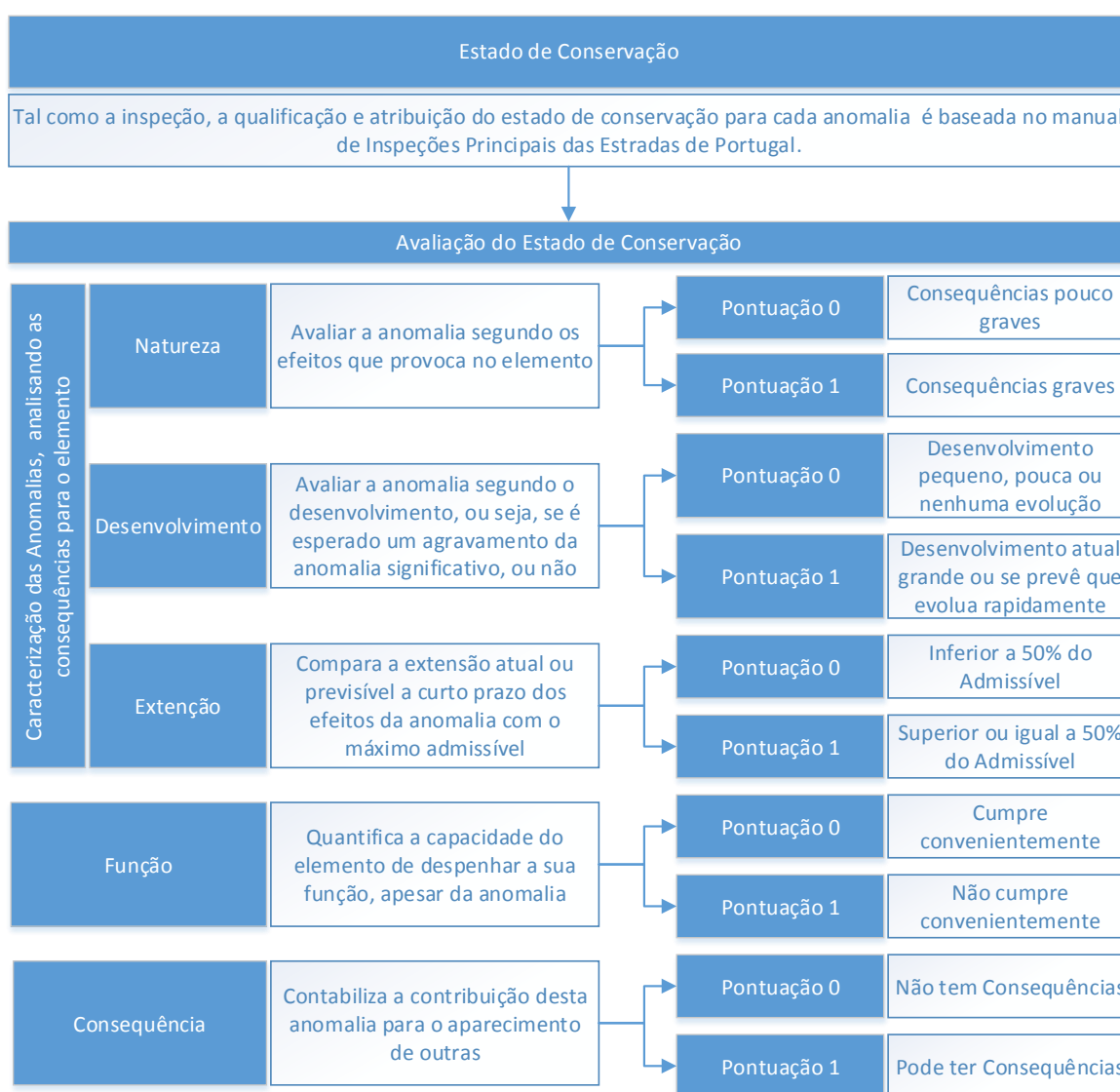


Figura 6-6 – CS-FMEA, definição do estado de conservação

6.2.4.1 Estado de conservação global do elemento

Após a identificação de todas as anomalias e preenchimento das respetivas fichas, o avaliador deve quantificar o estado de conservação global do elemento. Nesta qualificação o avaliador deve ponderar os coeficientes parciais obtidos na análise das anomalias.

Tal como na avaliação parcial, o estado de conservação global do elemento varia numa escala de 0 a 5 segundo a qualificação aqui apresentada, de estado de conservação ótimo a mau. Esta qualificação, tal como a descrição dos diferentes níveis do estado de conservação global são reproduções de um relatório de inspeção estrutural, desenvolvido para um muro do município [9], no qual é determinado o estado de conservação da estrutura por uma adaptação do método do manual de inspeções principais da EP – Estradas de Portugal [4].

Estabelecer Nível do Estado de Conservação do Elemento			
Atribuição do nível de Estado de Conservação Global	0	Qualidade do material e da execução perfeitas.	Estado de conservação ótimo
	1	Qualidade do material e da execução boas. Alguns defeitos sem importância no comportamento e na durabilidade da obra.	Estado de conservação bom
	2	Qualidade do material ou da execução defeituosas. Podem ser detetados defeitos com alguma importância no comportamento e na durabilidade da obra.	Estado de conservação razoável
	3	Qualidade do material e da execução más. Funcionamento defeituoso com importância, em especial, na durabilidade da obra.	Estado de conservação deficiente
	4	Qualidade do material e da execução más. Funcionamento defeituoso com importância na durabilidade e no comportamento da obra. O componente com esta classificação não cumpre os requisitos mínimos para desempenhar a função para a qual foi concebido. Pode ser especificada a necessidade de um Projeto de Reparação.	Estado de conservação muito deficiente
	5	Poderá estar em causa a segurança estrutural do componente. Poderão ser especificadas reparações altamente prioritárias ou simplesmente pode ser requisitada a sua substituição. Em geral, a atribuição deste nível é seguida da especificação da necessidade de realização de um Projeto de Reparação para o Componente.	Estado de conservação mau

Figura 6-7 – Definição do estado de conservação global do elemento

6.2.5 Definição da severidade dos potenciais modos de falha

Na quantificação do fator severidade, o avaliador deve ter em conta as potenciais consequências do modo de falha. Por exemplo, no caso do elemento em estudo se tratar de um maciço rochoso granítico a montante da via, com um potencial modo de falha de queda de rochas; fatores como o estado de fraturação do maciço, descontinuidades, presença de vegetação, drenagens, etc. são considerados na análise do estado de conservação, e quanto muito contribuíram para determinar o potencial modo de falha. Nesta análise o avaliador deve ter em conta fatores como a integridade física dos utilizadores, elementos adjacentes, funcionalidade da via, complexidade das obras para repor a normalidade, etc. Tudo sob o pressuposto que se verifica o modo de falha.

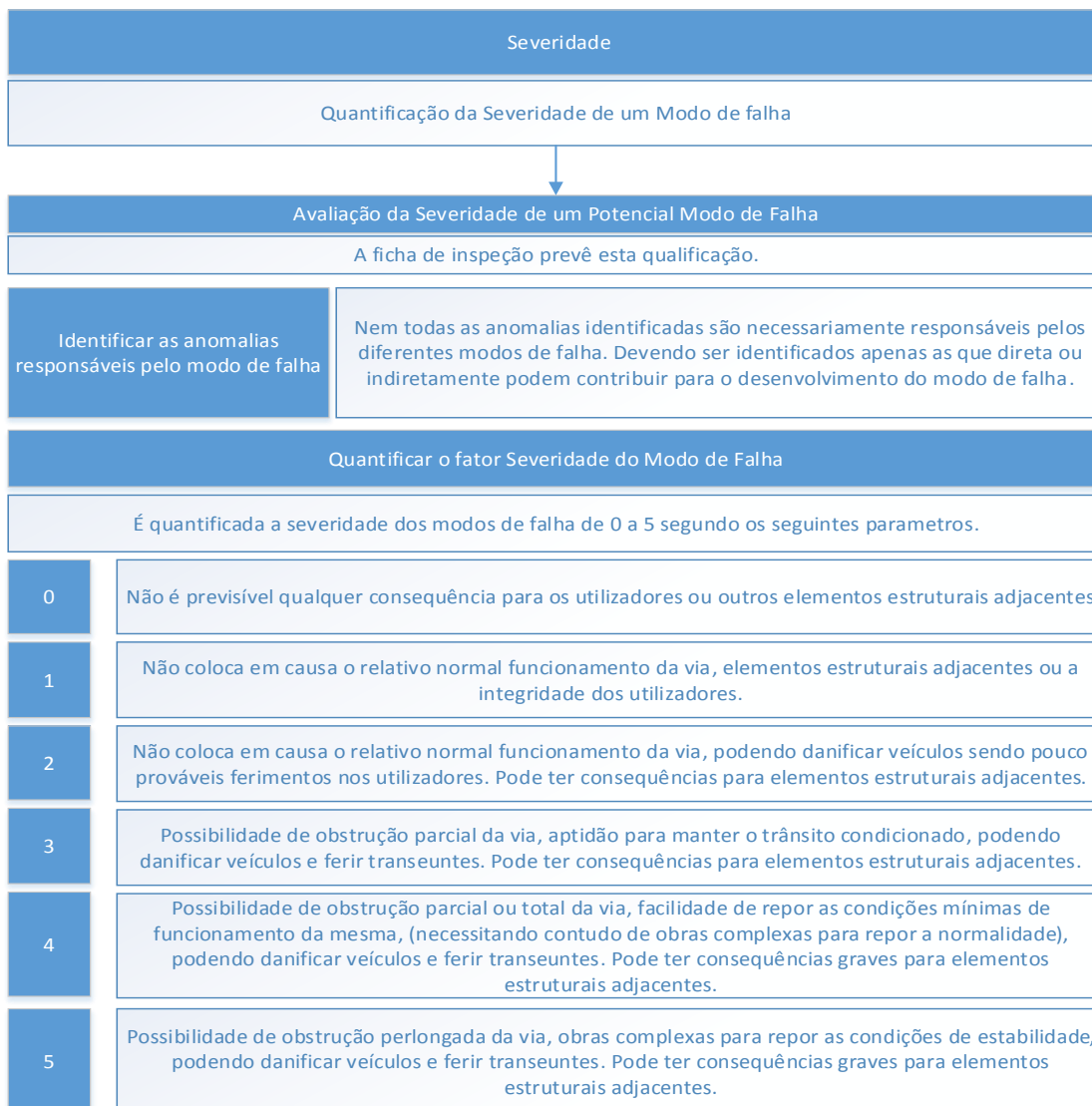


Figura 6-8 – Definição da severidade de cada modo de falha

Ainda sobre o mesmo exemplo do maciço rochoso a montante da via, para uma correta qualificação deste fator o avaliador deverá ter informação da largura transversal da via, distância da via ao maciço, tamanho dos blocos de rocha soltos no talude, possibilidade de desviar o trânsito, entre outros, ou seja, toda a informação possível que permita quantificar as consequências do modo de falha.

6.2.5.1 Severidade global do elemento

Após a identificação de todos os modos de falha e preenchimento das respectivas fichas, o avaliador deve quantificar globalmente a severidade do elemento. Deve ter-se em conta os coeficientes parciais obtidos na análise dos modos de falha, ainda assim o avaliador pode optar por uma direção diferente se assim o justificar.

A qualificação da severidade dos modos de falha variam de Sem Consequências a Crítico segundo a figura 6-9.

Estabelecer Nível de Severidade Geral do Elemento			
Atribuição do nível de Severidade Global	0	Não é previsível qualquer consequência para os utilizadores ou outros elementos estruturais adjacentes	Sem Consequências
	1	Não coloca em causa o relativo normal funcionamento da via, elementos estruturais adjacentes ou a integridade dos utilizadores.	Aceitável
	2	Não coloca em causa o relativo normal funcionamento da via, podendo danificar veículos sendo pouco prováveis ferimentos nos utilizadores. Pode ter consequências para elementos estruturais adjacentes.	Condicionante
	3	Possibilidade de obstrução parcial da via, aptidão para manter o trânsito condicionado, podendo danificar veículos e ferir transeuntes. Pode ter consequências para elementos estruturais adjacentes.	Grave
	4	Possibilidade de obstrução parcial ou total da via, facilidade de repor as condições mínimas de funcionamento da mesma, (necessitando contudo de obras complexas para repor a normalidade), podendo danificar veículos e ferir transeuntes. Pode ter consequências graves para elementos estruturais adjacentes.	Muito Grave
	5	Possibilidade de obstrução prolongada da via, obras complexas para repor as condições de estabilidade, podendo danificar veículos e ferir transeuntes. Pode ter consequências graves para elementos estruturais adjacentes.	Crítico

Figura 6-9 – Definição da severidade global do elemento

6.2.6 Definir a prioridade de intervenção em cada elemento em estudo

A priorização é efetuada através do cruzamento dos fatores globais de estado de conservação e severidade. Ao contrário do que é usual encontrar numa matriz de risco tradicional do FME(C)A, esta é dividida em cinco níveis de prioridade, como é indicado através do esquema de cores e descrição de cada um dos níveis na figura 6-10.

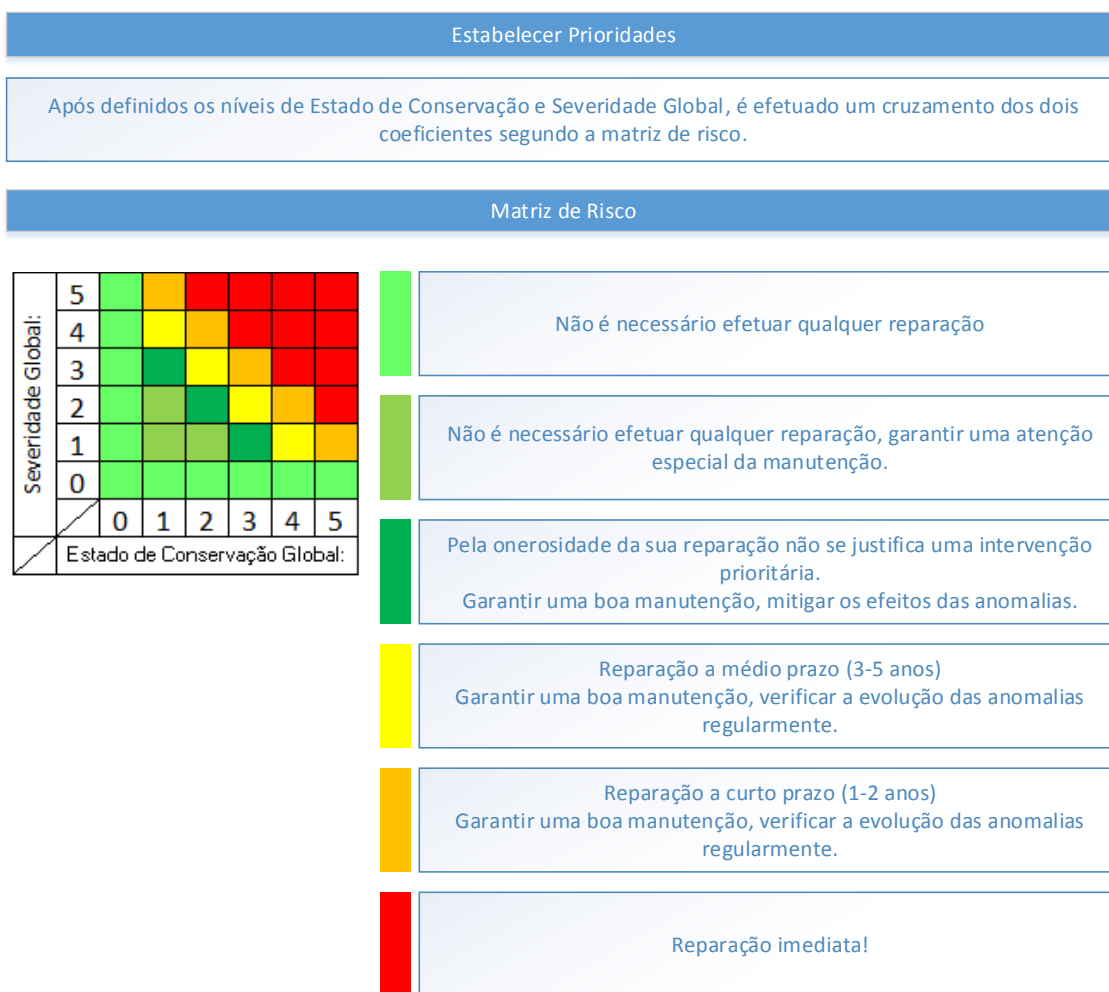


Figura 6-10 – Definição da prioridade de intervenção para cada elemento

Os três primeiros níveis de prioridade, representados pelas diferentes tonalidades de verde, apresentam os casos que não necessitam de intervenções profundas para repor a normalidade do elemento, caindo sob a jurisdição das unidades orgânicas responsáveis pela conservação e

manutenção das estruturas no município. Obviamente, que os casos representados pela tonalidade de verde mais escuro devem ter uma prioridade de intervenção sob os restantes.

Os níveis de prioridade representados por amarelo, cor de laranja e vermelho representam os casos que face ao estado de conservação do elemento e consequências dos modos de falha necessitam da elaboração de um estudo, projeto e adjudicação das obras para repor a normalidade do elemento, caindo sob a jurisdição da unidade técnica de projeto do município, UTP. Ao contrário dos níveis representados a verde, estes contêm na descrição um prazo máximo aconselhado para uma intervenção ao elemento. Estes prazos e descrições são os mesmos indicados pelas Estradas de Portugal no manual de inspeções principais com a particularidade de a sua determinação ser influenciada, para além do fator Estado de Conservação, por um fator Severidade através da matriz de risco.

Ainda relativamente aos últimos três níveis de prioridade, (amarelo, cor de laranja e vermelho), na eventualidade de num ou mais casos não ser possível realizar as intervenções necessárias de imediato, as unidades responsáveis pela manutenção e conservação das estruturas devem ser avisadas desse facto, sendo da responsabilidade destas aplicar as possíveis medidas de mitigação no elemento e caso se verifique uma evolução das anomalias elaborar uma nova avaliação do elemento através do presente método, fazendo chegar os novos dados à unidade técnica de projeto.

A priorização definida através deste modelo para cada elemento em estudo deve ser encarada como uma orientação para definir uma prioridade de alocação dos recursos da instituição, podendo seguir outra ordem se o responsável assim o justificar.

6.2.7 Definir as ações a tomar e os responsáveis

O modelo prevê que para cada caso o avaliador possa indicar as medidas que no seu entender são necessárias para corrigir o problema e restabelecer a normalidade ao elemento. Porém cabe aos técnicos responsáveis pelo estudo e projeto para restabelecer a conformidade de cada caso definir as medidas e trabalhos necessários para restabelecer a conformidade dos diferentes elementos.

A alocação dos trabalhos e responsáveis pela sua elaboração cabe ao diretor de cada departamento. Este processo é efetuado recorrendo a um protocolo de comunicação de gestão documental já implementado na instituição, o GSE, Gestão e Seguimento Expediente. Esta ferramenta de

comunicação eletrónica permite, entre outros assuntos, identificar os trabalhos, prazos e responsáveis pelas ações a desenvolver.

6.3 FICHA DE INSPEÇÃO

6.3.1 Considerações Preliminares

Para facilitar a aplicação do presente método de avaliação e priorização dos diferentes casos em estudo, foi criada uma ficha de inspeção com recurso à ferramenta Microsoft Excel. Esta ficha é dividida em três tipologias de folhas de cálculo distintas:

1.º - Folha Geral; onde é identificado geograficamente o elemento, efetuada a avaliação global do elemento e definida a priorização do caso.

2.º - Folha de Anomalias; onde são identificadas, registadas e quantificado o nível de estado de conservação das mesmas.

3.º - Folha dos Modos de Falha; onde são identificados os modos de falha espectáveis, as potenciais consequências, medidas de controlo implementadas, anomalias responsáveis pelos diferentes modos de falha e quantificada a severidade dos modos de falha.

Em todas as folhas é dado espaço para o avaliador registar quaisquer observações que considere pertinente.

6.3.2 Folha Geral

Esta folha é subdividida em duas partes, a primeira de enquadramento geográfico e geológico do elemento:

Enquadramento:	
Planta de Localização	ID:
	Freguesia:
	Rua:
	Via:
	Coordenadas (Latitude / Longitude):
	Elemento em Estudo :
	Observações:
Geologia Envolvente:	
Unidade Geológica	
<small>Identificar a tipologia do terreno através do mapa geológico</small>	
Prospecção Geológica	
<small>Identificar a prospecção e ensaios efetuados, anexar uma cópia do relatório de prospecção a esta ficha . Caso Existente</small>	

Figura 6-11 – Primeira parte da folha geral

Todas as células devem ser preenchidas pelo avaliador. À falta de outro equipamento ou mapa, a planta de localização e coordenadas podem ser obtidas com recurso à ferramenta grátis Google Maps, on-line em: www.google.pt/maps.

Os dados relativos à unidade geológica estão disponíveis na Câmara Municipal de Amarante, através dos mapas geológicos do município.

Sendo esta a primeira folha da ficha de avaliação, ou seja, a folha de capa, achou-se prudente acrescentar aqui a avaliação global do elemento em estudo e a sua priorização, tornando a folha geral a folha resumo da avaliação. Contudo, esta segunda parte da folha geral só poderá ser preenchida após o preenchimento de todas as folhas de anomalias e modos de falha.

Estado de Conservação Global:		Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA):																																																																				
		Severidade Global:		Coeficientes de Decisão:																																																																		
Média dos Estados de Conservação Parciais	0,0	Média da severidade dos modos de falha	0	<div style="text-align: center;"> <p>Matriz de Risco Global</p> <table border="1"> <tr><td>Severidade Global:</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td></tr> <tr><td>4</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td></tr> <tr><td>3</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td></tr> <tr><td>2</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td></tr> <tr><td>1</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td></tr> <tr><td>0</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td><td>Red</td></tr> <tr><td>0</td><td>X</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table> <p>Estado de Conservação Global:</p> </div>		Severidade Global:	5	4	3	2	1	0	5	Red	Red	Red	Red	Red	Red	4	Red	Red	Red	Red	Red	Red	3	Red	Red	Red	Red	Red	Red	2	Red	Red	Red	Red	Red	Red	1	Red	Red	Red	Red	Red	Red	0	Red	Red	Red	Red	Red	Red	0	X	0	1	2	3	4	5			0	1	2	3	4	5
Severidade Global:	5	4	3			2	1	0																																																														
5	Red	Red	Red			Red	Red	Red																																																														
4	Red	Red	Red	Red	Red	Red																																																																
3	Red	Red	Red	Red	Red	Red																																																																
2	Red	Red	Red	Red	Red	Red																																																																
1	Red	Red	Red	Red	Red	Red																																																																
0	Red	Red	Red	Red	Red	Red																																																																
0	X	0	1	2	3	4	5																																																															
		0	1	2	3	4	5																																																															
Estado de Conservação Parcial Máximo	0,0	Severidade dos modos de falha máxima	0																																																																			
Estado de Conservação Global		Severidade Global																																																																				
Inserir na célula a verde um valor entre 0 e 5		Inserir na célula a verde um valor entre 0 e 5		<table border="1"> <tr><td>RPN Global</td></tr> <tr><td>0</td></tr> </table>		RPN Global	0																																																															
RPN Global																																																																						
0																																																																						
Preencher em primeiro lugar as fichas de anomalias e modos de falha																																																																						
Priorização:																																																																						
Não é necessário efetuar qualquer reparação																																																																						
Observações:																																																																						
Responsável:																																																																						
Preenchido Por: <input type="text"/>		Revisto Por: <input type="text"/>																																																																				
Data do Preenchimento: / /		Data da Revisão: / /																																																																				

Figura 6-12 – Segunda parte da folha geral

Cabe ao avaliador preencher as células de estado de conservação global e severidade global, ponderando os valores parciais de estado de conservação de todas as anomalias e severidade de todos os modos de falha. Para auxílio de decisão, a folha automaticamente indica os valores médios e máximos dos coeficientes parciais. Caso as folhas de anomalias e modos de falha não se encontrem preenchidas, é indicado a vermelho a necessidade de as preencher em primeiro lugar.

Cabe também ao avaliador indicar as medidas que considera necessárias implementar para resolução ou mitigação do problema, bem como qualquer observação que ache pertinente na célula de observações.

Todos os outros campos, à exceção das datas e responsáveis são preenchidos automaticamente por formatação automática da folha, mediante as normas do método explicadas anteriormente.


Enquadramento:																																																										
 <p>Planta de Localização</p>	ID:	21.02																																																								
	Freguesia:	Lufrei																																																								
	Rua:	Rua de Pepim																																																								
	Via:	N573																																																								
	Coordenadas (Latitude / Longitude):			41.277333, -8.044720																																																						
	Elemento em Estudo :			Talude de suporte de via (Aterro)																																																						
	Observações:																																																									
Geologia Envolvente:																																																										
Unidade Geológica																																																										
Granitos porfíroides de grão grosseiro																																																										
<small>Identificar a tipologia do terreno através do mapa geológico</small>																																																										
Prospecção Geológica																																																										
Em Janeiro de 2015 foi realizada uma prospeção geológica com perfuração a trado oco, até 9m de profundidade, com trados de 160mm de diâmetro exterior e 60mm de diâmetro interno.																																																										
<small>Identificar a prospeção e ensaios efetuados, anexar uma cópia do relatório de prospeção a esta ficha. Caso Existente</small>																																																										
Estado de Conservação Global:		Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA):																																																								
Média dos Estados de Conservação Parciais 4,0		Severidade Global:																																																								
Estado de Conservação Parcial Máximo 4,0		Média da severidade dos modos de falha 5																																																								
Estado de Conservação Parcial Máximo 4,0		Severidade dos modos de falha máxima 5																																																								
Estado de Conservação Global 4	Severidade Global 5	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Matriz de Risco Global</th> </tr> <tr> <th>Severidade Global:</th> <th>5</th> <th>4</th> <th>3</th> <th>2</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>5</th> <td style="background-color: red;">X</td> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: green;"></td> </tr> <tr> <th>4</th> <td style="background-color: red;"></td> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> </tr> <tr> <th>3</th> <td style="background-color: orange;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> </tr> <tr> <th>2</th> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> </tr> <tr> <th>1</th> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> </tr> <tr> <th>0</th> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> <td style="background-color: green;"></td> </tr> <tr> <th>Estado de Conservação Global:</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </tbody> </table>		Matriz de Risco Global						Severidade Global:	5	4	3	2	1	5	X					4						3						2						1						0						Estado de Conservação Global:	0	1	2	3	4	5
Matriz de Risco Global																																																										
Severidade Global:	5	4	3	2	1																																																					
5	X																																																									
4																																																										
3																																																										
2																																																										
1																																																										
0																																																										
Estado de Conservação Global:	0	1	2	3	4	5																																																				
Qualidade do material e da execução más. Funcionamento defeituoso com importância na durabilidade e no comportamento da obra. O componente com esta classificação não cumpre os requisitos mínimos para desempenhar a função para a qual foi concebido. Pode ser especificada a necessidade de um Projeto de Reparação.		Possibilidade de obstrução prolongada da via, obras complexas para repor as condições de estabilidade, podendo danificar veículos e ferir transeuntes. Poder ter consequências graves para elementos estruturais adjacentes.																																																								
Estado de conservação muito deficiente	Crítico.	<table border="1"> <tr> <td>RPN Global</td> </tr> <tr> <td>20</td> </tr> </table>		RPN Global	20																																																					
RPN Global																																																										
20																																																										
Priorização:																																																										
Reparação imediata!																																																										
Observações:																																																										
Elaboração de estudo e posteriormente projeto para repor as condições de estabilidade do talude, salvaguardando as condições de <u>drenagem</u> .																																																										
Inevitavelmente todo o terreno orgânico do talude terá de ser substituído por terra de empréstimo.																																																										
Responsável:																																																										
Preenchido Por: _____		Revisto Por: _____																																																								
Data do Preenchimento: / /		Data da Revisão: / /																																																								

Figura 6-13 – Exemplo de uma folha geral preenchida

6.3.3 Folha de Anomalias

Esta avaliação é efetuada por anomalia, ou seja, as folhas de anomalias terão tantas páginas como o número de anomalias identificadas.

Enquadramento

Estes campos são preenchidos automaticamente por formatação automática, mediante o preenchimento da primeira parte da folha geral.

Enquadramento:				
ID:	Elemento em Estudo	Ficha:	1	de 1

Figura 6-14 – Enquadramento de uma folha de anomalias

Inspeção

Cada anomalia é identificada, tal como a causa provável para a anomalia, sendo efetuado um registo fotográfico que elucide a amplitude da anomalia ou os indícios que levaram à sua identificação.

FICHA DE INSPEÇÃO (POR ANOMALIA)				
Anomalia:				
Causa provável:				
Registo Fotográfico:				
Localização:	Imagem(s):		a	
	Data:			
Observações:	Condições da Inspeção			
	Condições Atmosféricas		Iluminação	
	Seco	Natural		
	Molhado	Artificial		

Figura 6-15 – Registo das anomalias identificadas

As fotografias para este registo devem ser tiradas de modo a justificar a anomalia identificada, sendo que para este efeito se possa recorrer também a peças desenhadas. Preferencialmente o registo

fotográfico deverá facilitar a localização da anomalia no elemento em estudo. Todas as imagens utilizadas devem ser legendadas e indicada a data da sua aquisição. Quando a localização da anomalia não é evidente, esta deve ser indicada na célula para esse efeito.

Qualquer justificação, quantificação da anomalia ou outro conteúdo que o avaliador ache necessário, deve ser inserido na célula para observações.

Devem ser indicadas as condições atmosféricas e de iluminação aquando da inspeção.

Quantificação das anomalias

Para esta quantificação, o avaliador limita-se a inserir um "X" nas células indicadas mediante a avaliação que este fizer da anomalia, segundo o método de avaliação indicado no manual de inspeções principais das Estradas de Portugal. O estado de conservação parcial é obtido automaticamente, por formatação automática da folha.

Quantificação da Anomalia						
Caracterização da anomalia			Função	Consequência	Estado de Conservação Parcial	
Natureza	Desenvolvimento	Extensão				
Pouco Grave	Desenvolvimento pequeno, pouca ou nenhuma evolução	Inferior a 50 %	Cumpre Convenientemente	Não tem consequências	0	0
Grave	Desenvolvimento atual grande ou se prevê que evolua rapidamente	Superior a 50 %	Não Cumpre	Pode ter consequências	1	
Selecionar com X células a verde	Selecionar com X células a verde	Selecionar com X células a verde	Selecionar com X células a verde	Selecionar com X células a verde		

Figura 6-16 – Quantificação das anomalias

No caso do não preenchimento ou preenchimento errado das células a verde, o utilizador é alertado desse efeito segundo o exemplo da figura 6-17.

Quantificação da Anomalia						
Caracterização da anomalia			Função	Consequência	Estado de Conservação Parcial	
Natureza	Desenvolvimento	Extensão				
Pouco Grave	X Desenvolvimento pequeno, pouca ou nenhuma evolução X	Inferior a 50 %	Cumpre Convenientemente	Não tem consequências	0	2
Grave	X Desenvolvimento atual grande ou se prevê que evolua rapidamente	Superior a 50 %	Não Cumpre	X Pode ter consequências X	1	
Selecionar apenas uma opção		Selecionar com X células a verde				

Figura 6-17 – Mau preenchimento da folha de quantificação de anomalias

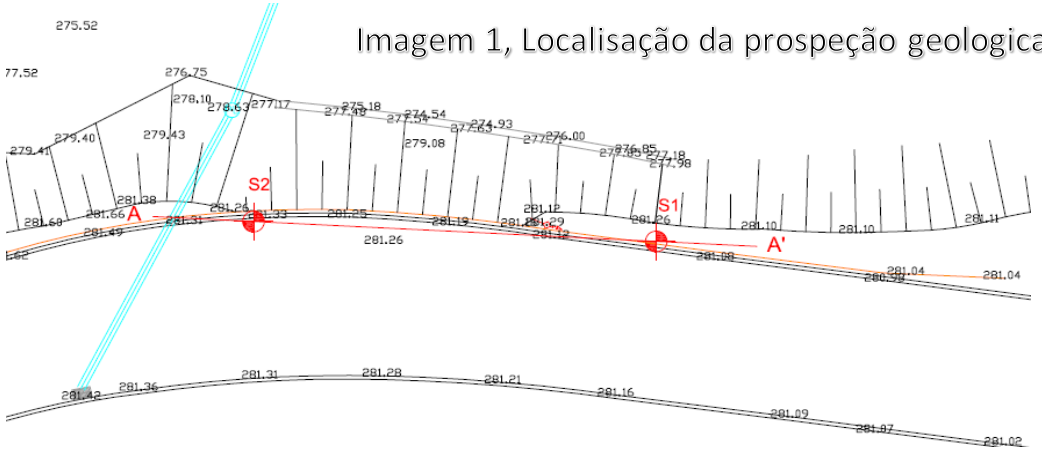
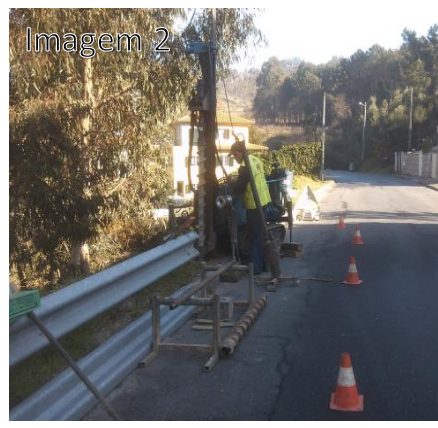
Enquadramento:							
ID:	21.02	Elemento em Estudo	Talude de suporte de via (Aterro)	Ficha:	1 de 3		
FICHA DE INSPEÇÃO (POR ANOMALIA)							
Anomalia:	Talude de aterro em terreno orgânico						
Causa provável:	Erro de conceção						
Registo Fotográfico:							
<p>Imagem 1, Localização da prospeção geologica</p> 							
<p>Imagem 2</p> 							
Localização:				Imagem(s):	1 a 2		
				Data:	12/01/2015		
Observações: S1: Sondagem até 7.5 m de profundidade: (3.5 m: Solo areno-siltoso com conteúdo organico e pequenos fragmentos rochosos (Aterro); 3.5 a 5.5 m: Solo siltoso orgânico; 5.5 a 6.5 m: Solo residual granítico, areno-siltoso; 6.5 a 7.5 m: Maciço granítico) S2: Sondagem até 9 m de profundidade: (3.5 m: Solo areno-siltoso com conteúdo organico e pequenos fragmentos rochosos (Aterro); 3.5 a 5 m: Solo siltoso orgânico; 5 a 9 m: Solo residual granítico.				Condições da Inspeção			
				Condições Atmosféricas		Iluminação	
				Seco	X	Natural	X
Molhado		Artificial					
Quantificação da Anomalia							
Caracterização da anomalia				Função	Consequência	Estado de Conservação Parcial	
Natureza	Desenvolvimento	Extensão					
Pouco Grave	Desenvolvimento pequeno, pouca ou nenhuma evolução	X	Inferior a 50 %	Cumpr. Convenientemente	Não tem consequências	0	4
Grave	Desenvolvimento atual grande ou se prevê que evolua rapidamente	X	Superior a 50 %	Não Cumpr. X	Pode ter consequências X	1	
Responsável:							
Preenchido Por:		Revisto Por:					
Data do Preenchimento: / /		Data da Revisão: / /					

Figura 6-18 – Exemplo de uma folha de anomalias preenchida

6.3.4 Folha dos modos de falha

Esta avaliação é efetuada por modo de falha, ou seja, esta folha terá tantas páginas como o número de modos de falha identificados.

Enquadramento

Tal como na folha anterior, estes campos são preenchidos automaticamente por formatação automática, mediante o preenchimento da primeira parte da folha geral.

Enquadramento:				
ID:	Elemento em Estudo	Ficha:	1	de 1

Figura 6-19 – Enquadramento de uma folha de modos de falha

Identificação dos modos de falha, consequências e medidas de controlo

Cabe ao avaliador nos respetivos campos, identificar um espectável modo de falha, as consequências do respetivo modo de falha e as eventuais medidas de controlo à data aplicadas que direta ou indiretamente auxiliem a prevenir ou mitigar o modo de falha.


Análise das Consequências da Falha :				
Modo de Falha Espectável		Consequências de Falha		Medidas de Controlo Aplicadas
				
Anomalias Responsáveis Pelo Modo de Falha:				
Anomalias:	1	de	1	0
	2	de	-	0
	3	de	-	0
	4	de	-	0
	5	de	-	0
	6	de	-	0
	7	de	-	0
	8	de	-	0
	9	de	-	0
	10	de	-	0
Selecionar com um X as prováveis anomalias responsáveis pelo modo de falha				

Figura 6-20 – Identificação dos modos de falha

Todas as anomalias identificadas previamente nas respetivas folhas serão aqui apresentadas por formatação automática, cabendo ao avaliador identificar com um "X" apenas aquelas que possam contribuir para este modo de falha em específico.

Quantificação dos modos de falha

O avaliador terá de quantificar a gravidade da anomalia segundo os parâmetros estabelecidos para este método, para esse efeito basta inserir um valor entre 0 e 5 na respetiva célula. Para uma avaliação regular dos vários modos de falha é apresentado ao utilizador, por formatação automática, a descrição de cada nível de severidade.

Severidade do Modo de Falha:	
	Inserir na célula a verde um valor entre 0 e 5

Figura 6-21 – Quantificação da severidade de um modo de falha

Severidade do Modo de Falha:	
4	Possibilidade de obstrução parcial ou total da via, facilidade de repor as condições mínimas de funcionamento da mesma, (necessitando contudo de obras complexas para repor a normalidade), podendo danificar veículos e ferir transeuntes. Pode ter consequências graves para elementos estruturais adjacentes.

Figura 6-22 – Exemplo de uma quantificação de um modo de falha

Análise de risco parcial

Pelos mesmos critérios da definição da prioridade de cada elemento, é efetuado para cada modo de falha o cruzamento do valor da severidade com o maior valor de estado de conservação das anomalias identificadas como responsáveis pelo modo de falha em estudo.

Análise de Risco :									
Matriz de Risco							Severidade	Estado de Conservação Parcial	RPN
Severidade	5						4	2	8
	4			X					
	3								
	2								
	1								
	0								
		0	1	2	3	4	5	Reparação a curto prazo (1-2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	
Estado de Conservação Parcial									

Figura 6-23 – Exemplo de uma priorização parcial de um modo de falha

Esta análise resulta numa priorização parcial para cada modo de falha, contudo é meramente um mecanismo para auxiliar o avaliador numa fase posterior a definir o Estado de Conservação e Severidades globais do elemento.

Observações

Tal como nas restantes folhas, também aqui é dado espaço ao avaliador para justificar, quantificar ou definir qualquer outra observação sobre o modo de falha em avaliação.

Observações:

Figura 6-24 – Observações quanto ao modo de falha

Enquadramento:							
ID:	21.02	Elemento em Estudo	Talude de suporte de via (Aterro)			Ficha:	1 de 1
Análise das Consequências da Falha :							
Modo de Falha Espectável	Consequências de Falha	Medidas de Controlo Aplicadas					
Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial ou total da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir gravemente transeuntes	Sobreposição de uma lona (plástico preto) na crista do talude (2013). Com efeito da radiação solar esta tela encontra-se inutilizada					
Anomalias Responsáveis Pelo Modo de Falha:							
Anomalias:	1 de 3	Talude de aterro em terreno orgânico				4	x
	2 de 3	Abatimento e fissuração do pavimento				4	x
	3 de 3	Deficiente drenagem das águas pluviais				4	x
	4 de -					0	
	5 de -					0	
	6 de -					0	
	7 de -					0	
	8 de -					0	
	9 de -					0	
	10 de -					0	
Severidade do Modo de Falha:							
5	Possibilidade de obstrução perlongada da via, obras complexas para repor as condições de estabilidade, podendo danificar veículos e ferir transeuntes. Pode ter consequências graves para elementos estruturais adjacentes.						
Análise de Risco :							
Matriz de Risco					Severidade	Estado de Conservação Parcial	RPN
Severidade	5				X		Reparação imediata!
	4						
	3						
	2						
	1						
	0						
	0	1	2	3	4	5	
Estado de Conservação Parcial					5	4	20
Observações:							
Responsável:							
Preenchido Por: _____				Revisto Por: _____			
Data do Preenchimento: ____/____/____				Data da Revisão: ____/____/____			

Figura 6-25 – Exemplo de uma folha de modos de falha preenchida

6.4 BASE DE DADOS

Esta avaliação deve ser efetuada individualmente para todos os casos identificados de instabilização de taludes ou muros de contenção. Devido ao elevado número de ocorrências, alguns destes casos arrastam-se durante alguns anos antes que sejam tomadas medidas para restabelecer a sua normalidade. Para uma eficiente gestão da priorização e estudo destes casos é aconselhado que seja criada uma base de dados organizada em primeiro lugar pelo código de identificação único de cada caso, e em segundo lugar pela data da inspeção. Desta forma os interessados podem rapidamente consultar as fichas de inspeção, registo fotográfico, estudos, etc. de cada caso.

CM Amarante ▶ 3 - Base de Dados	
01.01 Aboadela - M574 (Acesso a Covelo do Monte)	20.03 Louredo - Rua das Casas Novas
01.02 Aboadela - M574 (Acesso a Covelo do Monte)	20.05 Louredo - Rua da Portela
01.03 Aboadela - M574 (Acesso a Covelo do Monte)	20.06 Louredo - Rua dos Pousadouros
01.08 Aboadela - M574 (Rua da Eira de Covelo)	21.01 Lufrei - EM573 (Rua da Pena - Rua de Sabugueiros)
02.01 Aboim - Rua de Regadas	21.02 Lufrei - EM573 (Rua de Pepim)
02.02 Aboim - Rua da Ponte Nova	23.01 Mancelos - N211-1 (Rua de Manhufe)
03.03 Ansiães - N15 (Rua Central de Ansiães)	25.02 Olo - M573 (Rua Central de Olo)
03.04 Ansiães - CM1219 (Rua de Fervença)	27.02 Real (Fronteira com Mancelos) - (Rua Nossa Senhora de Fátima)
03.05 Ansiães - M575 (Rua Na Sra de Moreira)	28.01 Rebordelo - CM1208 (Rua Nossa Sra das Neves)
03.06 Ansiães - (Rua do Seixêdo)	28.02 Rebordelo - Rua da Portela
05.01 Bustelo - EM557 (Rua de S. Mamede - Rua de Gavim)	28.03 Rebordelo - Travessa da Portelinha
06.01 Canadelo (Talude da Charola) - (Rua Central de Canadelo)	28.04 Rebordelo - Rua Amtónio Maria dos Santos
06.02 Canadelo - M573 (Rua de Rebeijado)	28.05 Rebordelo - Rua Amtónio Maria dos Santos
07.01 Candemil - (Rua de Murgido, Vários Casos) - (Não identificado no mapa)	28.06 Rebordelo - Rua Central de Mouquim
07.04 Candemil (Murgido) - (Rua de Murgido)	28.07 Rebordelo - Rua das Cortinhas
07.05 Candemil - M575 (Rua Central de Gião)	28.08 Rebordelo - Travessa da Portelinha
07.06 Candemil - M575 (Rua Central de Gião)	28.09 Rebordelo - Rua de Vieiras
07.07 Candemil - M575 (Rua Central de Gião)	28.10 Rebordelo - Rua de Soutelo
07.08 Candemil - M575 (Rua Central de Gião - Travessa de Santo Ovídeo)	28.11 Rebordelo - Rua Central de Mouquim
07.09 Candemil - M575 (Rua Central de Gião)	28.12 Rebordelo - Rua de Lamelas
07.10 Candemil - M575 (Rua de Galegos)	33.01 Amarante (S. Gonsalo) - N211-1 (Rua das Golas)
07.11 Candemil - (Rua de Granja)	33.02 Amarante (S. Gonsalo) - Rua Padre Álvaro Morais Ferreira
07.12 Candemil - (Rua da Granja)	34.01 Gouveia (S. Simão) - Travessa do Casal
07.13 Candemil - Rua da Granja	36.01 Travanca (Muro do Arquitecto Brochado) - CM 1197 4 (Rua de Pousada)
08.01 Carneiro (Rua Marquês de Pombal) - CM1218	38.01 Vila Caiz - M569 (Rua da Igreja)
10.01 Cepelos (Via H) - Av. 25 de Abril	38.02 Vila Caiz - (Rua do Carvalhal)
12.01 Fregim - (Rua das Macieiras)	38.03 Vila Caiz - (Rua Dna Maria Guedes)
13.01 Freixo de Baixo - (Rua do Mosteiro) - CM1202	39.01 Vila Chã do Marão - N312 (Rua do Borrallheiro)
13.02 Freixo de Baixo - CM1202 (Rua da Corojeira)	39.03 Vila Chã do Marão - (Rua do Burgo)
16.02 Gatão - CM1206 (Avenida Padre João Marques)	39.04 Vila Chã do Marão - (Rua da Ribeira)
16.03 Gatão (Ecopista) - (Rua da Plana)	39.05 Vila Chã do Marão - (Rua da Pedra)
17.01 Gondar - N101 (Cavalinho)	40.01 Vila Garcia - CM1206 (Rua do Alambique)
20.01 Louredo - N312 (Rua de S. João)	40.02 Vila Garcia (Esteriz) - CM1206 (Rua de Vales)
20.02 Louredo - N312 (Rua de S. João)	Outros

Figura 6-26 - Base de dados criada para a avaliação dos casos identificados durante o decorrer do estágio

Devido ao tempo decorrido entre a identificação, e a reposição da normalidade de alguns casos, é importante armazenar a informação recolhida por data, desta forma facilmente se pode ter uma precessão da evolução do estado de conservação de cada elemento em estudo.

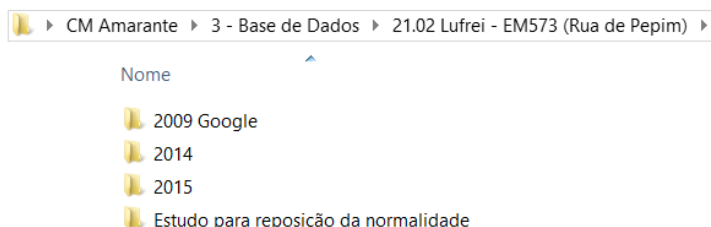


Figura 6-27 - Exemplo da organização por ano de toda a informação recolhida

6.5 COMENTÁRIOS SOBRE O MÉTODO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO

O estágio e o desenvolvimento deste método decorreu na unidade técnica de projeto (UTP), com a informação e recursos que esta unidade tem disponível. Contudo a responsabilidade da identificação e avaliação destas estruturas deverá cair sobre as unidades orgânicas responsáveis pela conservação destas estruturas, sendo encaminhado para a UTP apenas os casos que necessitem de intervenções profundas.

Naturalmente que este método poderá e deverá ser revista tendo em conta a realidade das unidades de conservação e manutenção das estruturas, de forma a maximizar a eficiência do método

7 AVALIAÇÃO E PRIORIZAÇÃO

7.1 GENERALIDADES

No decorrer do estágio com o objetivo de compreender o fenómeno de instabilização destas estruturas foram visitados vários locais previamente identificados como de interesse. Compreendem-se como pontos de interesse, locais onde ocorreram deslizamentos, derrubes ou deformações substanciais de muros que necessitem de obras profundas para repor a normalidade. Em alguns desses casos, há data das visitas, as obras para a reposição da segurança estrutural das estruturas já se encontravam finalizadas, outros continuam à espera de orçamento ou finalização dos respetivos projetos para dar seguimento as intervenções.

São ainda locais de interesse aqueles que devido à sua constituição ou sintomas visíveis, indiciem algum risco de rutura estrutural futura. Por exemplo taludes terrosos com inclinações próximas da vertical; fissuras e abatimentos do pavimento a montante dos elementos; maciços rochosos com grande quantidade de descontinuidades ou fissuras; rochas soltas em taludes; etc. São também locais de interesse todos aqueles que as juntas de freguesia ou municípios comuniquem à Câmara Municipal como locais de risco.

Importa realçar que o âmbito destas avaliações incide apenas sob muros e taludes de suporte ou constituintes de vias de comunicação rodoviárias, caminhos ou terrenos públicos no município de Amarante.

7.2 IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE INTERESSE

A identificação dos locais de interesse deu-se de três formas distintas.

7.2.1 Locais previamente identificados

Devido ao historial de instabilização e restituição da normalidade destas estruturas no município, a CMA tem o registo das obras de estabilização de taludes e muros efetuadas. Existem registos também dos elementos em fase de projeto e alguns casos com sintomas de instabilização que se encontram sobre vigilâncias das unidades orgânicas responsáveis pela manutenção das estruturas.

7.2.2 Identificação durante o decorrer do estágio

Devido ao registo pré-existente de anteriores instabilizações, foram identificados as estradas e caminhos municipais em zona de montanha, ou seja, na serra do Marão ou Aboboreira como potenciais zonas de interesse. Com isto e tendo em mente a informação adquirida sobre os sintomas comuns destas instabilizações foram percorridos estas estradas e caminhos identificando todos os locais de interesse encontrados.

Nas deslocações aos locais previamente identificados ou identificados pelas juntas de freguesias, foram também reconhecidos vários locais de interesse.

7.2.3 Colaboração das juntas de freguesia

Com o intuito de identificar o maior número possível de situações de risco foi pedida a colaboração das juntas de freguesia na identificação destes elementos. Este pedido, efetuado através de um ofício enviado para todas as juntas de freguesia do município, pedia uma lista de todos os problemas identificados na mesma referentes a instabilização de taludes e muros de contenção em estradas, caminhos ou terrenos públicos, acompanhado de um registo fotográfico e respetivas localizações.

Apesar de apenas 7 das 26 atuais freguesias responderem a este apelo, a colaboração das que responderam aumentou em mais de três dezenas os locais de interesse identificados.

Responderam ao pedido de colaboração, em tempo útil, as freguesias de Ansiães, Candemil, Louredo, Rebordelo, Vila Caiz, Vila Chã do Marão e a união de freguesias de Vila Garcia, Aboim e Chapa.

De notar que devido à falta de disponibilidade conjunta do pessoal da UTP e da junta de freguesia de Ansiães, no decorrer do estágio não foi possível identificar o local de um potencial risco de queda de

uma rocha de grandes dimensões, num maciço rochoso na localidade da Póvoa, Ancião. Identificado através da colaboração com a junta de freguesia de Ancião, o maciço rochoso encontra-se num terreno baldio e segundo a comunicação efetuada apresenta um grave risco para as habitações a jusante do talude. Na mesma comunicação não está explícita a sua localização.



Figura 7-1 – Rocha em potencial risco de queda. Lugar da Povoia, Ancião. (Obtido através da junta de freguesia de Ancião)

7.3 INSPEÇÃO, AVALIAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS CASOS

Todos os locais de interesse identificados que não sofreram obras de reabilitação ou reconstrução para reposição da normalidade foram inspecionados e avaliados recorrendo ao método anteriormente descrito do CS-FMEA.

O âmbito destas avaliações restringia-se a taludes ou muros de contenção em alvenaria de pedra, contudo foram também identificados muros em betão armado e betão ciclónico com indícios de instabilização estrutural (fissuras, deslocamentos, etc.). Estes elementos não foram inspecionados ou avaliados na sequência dos trabalhos aqui descritos.

Devido ao caráter exaustivo de análise e registo de todas as anomalias por página do método adotado, as fichas de avaliação dos casos avaliados perfazem 355 páginas. Para uma fácil consulta dos resultados obtidos nas fichas, avaliação e priorização de todos os casos inspecionados é apresentado o anexo 1, sobe a forma de uma tabela semelhante ao que seria usual numa análise de risco convencional através do FMEA.

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas Elemento em Estudo	Anomalias identificadas	Estado de Conservação		Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade		RPN	
						Parcial	Global			Parcial	Global		
01.01	Abadefela	M 575		41.286029, -7.973694	Pontão e talude de escavação (Maciço Xistoso)	Passagem hidráulica parcialmente obstruída	3	4	Perda da estabilidade do pontão e consequente desmoronamento do mesmo	Obstrução completa da única via pavimentada de acesso a Covelo do Monte Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir gravemente transeuntes	5	5	20
						Viga (padieira em pedra da passagem hidráulica) com fissura vertical no apoio	4						
						Guardas metálicas danificadas com apoio suspenso	4						
						Queda de blocos de pedra do pontão no intradorso da curva	5						
						Deslocamento de blocos de pedra no extradorso	4						
						Rochas soltas a montante da via	4						

ID	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar
01.01	Nenhuma medida aplicada	Reparação imediata!	Atendendo ao estado de conservação do pontão e potenciais consequências dos modos de falha é aconselhável uma inspeção aprofundada da estrutura, com recurso a equipamento especializado. É necessário perceber a capacidade resistente da estrutura e com isto a dimensão da intervenção necessária para restabelecer a segurança estrutural do pontão.	Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)

Figura 7-2 – Exemplo da apresentação da avaliação e priorização dos casos apresentada no anexo 1

A apresentação dos resultados desta forma permite aos interessados visualizar grande parte da informação disponível nas fichas de avaliação de cada elemento avaliado, contudo na prática esta tabela resumo não dispensa as fichas individuais de cada caso devido ao registo das imagens que justificam as anomalias identificadas e avaliadas.

Na tabela do anexo 1 acrescentaram-se duas colunas para a identificação das medidas a aplicar e os responsáveis pelas mesmas, de notar que o preenchimento destas colunas neste trabalho foi efetuado a título de exemplo. As medidas identificadas não foram definidas nem aprovadas pelos responsáveis dos departamentos.

7.3.1 Listagem dos casos de interesse avaliados







Foram avaliados 67 casos pelo método CS-FMEA, o esquema de cores apresentado na coluna da identificação da tabela 7-1 representa a priorização de intervenções indicada pelo método.

Tabela 7-1 – Listagem e priorização dos casos identificados

CI	Freguesia	Descrição	
01.01	Aboadela	Pontão e talude de escavação (Maciço Xistoso)	
01.02		Talude de suporte de via (Solo Residual)	
01.03		Muro de suporte da via em pedra xistosa	
01.08		Muro de suporte da via em pedra xistosa	
02.01	Aboim	Caminho em terra batida e talude de aterro	
02.02		Talude de escavação (Maciço Xistoso)	
03.03	Ansiães	Talude de escavação (Maciço Granítico)	
03.04		Talude de suporte de via (Solo Residual)	
03.05		Muro anexo à ponte romana sobre o Rio Marão	
03.06		Talude de suporte da via (Aterro / Sedimentar)	
05.01	Bustelo	Talude de suporte da via (Solo Residual)	
06.01	Canadelo	Talude de escavação (Solo Residual Argiloso)	
06.02		Talude de suporte da via (Aterro / Sedimentar)	
07.01	Candemil	Vários taludes de suporte da via (Rua de Murgido)	
07.04		Talude de aterro e muro de contenção em pedra granítica	
07.05		Talude de suporte de via (Aterro)	
07.06		Talude de suporte de via (Aterro)	
07.07		Talude de escavação (Aglomerado de solo e rochas graníticas)	
07.08		Muro de suporte da via em pedra granítica	
07.09		Talude de suporte de via (Aterro)	
07.10		Talude de suporte de via (Aterro)	
07.11		Talude de suporte de via (Aterro)	
07.12		Muro de suporte da via em pedra granítica	
07.13		Talude de suporte de via (Aterro)	
08.01		Carneiro	Talude de suporte da via (Solo Residual)
10.01		Cepelos	Muro de suporte de terreno / maciço granítico pobre
12.01	Fregim	Talude de suporte da via (Aterro)	
13.01	Freixo de Baixo	Talude de suporte de terreno (aterro)	
13.02		Talude de suporte de via (Solo Residual / Aterro)	
16.02	Gatão	Taludes de escavação (Avenida Padre João Marques)	
16.03		Talude de suporte de terreno (Solo Residual)	
17.01	Gondar	Muro de suporte de terreno / maciço granítico pobre	
20.01	Louredo	Talude de suporte de via (Solo Residual / Aterro)	
20.02		Talude de escavação (Maciço granítico pobre)	
20.03		Talude de escavação (Maciço granítico pobre) / Muro Ciclópico	
20.05		Muro de suporte de terreno em pedra granítica	
20.06		Muro de pequenas dimensões de suporte da via em pedra granítica	
21.01		Lufrei	Talude de suporte de terreno (Maciço Granítico Pobre)
21.02	Talude de suporte de via (Aterro)		
23.01	Mancelos	Talude de suporte de via (Aterro)	
25.02	Olo	Muro de pedra xistosa / talude de escavação de suporte de terreno	
27.02	Real	Muro de gabião e taludes de suporte da via (Aterro)	

CI	Freguesia	Descrição
28.01	Rebordelo	Muro de suporte da via em pedra xistosa
28.02		Muro de suporte da via em pedra xistosa
28.03		Muro de suporte da via em pedra xistosa
28.04		Passagem hidráulica transversal
28.05		Talude de suporte da via (Aterro)
28.06		Talude de suporte da via (Aterro)
28.07		Muro de suporte da via em pedra xistosa
28.08		Talude de suporte de via (Aterro / Solo Residual)
28.09		Talude de suporte da via de aglomerado de terreno argiloso e rochas
28.10		Passagem hidráulica transversal
28.11		Talude de escavação (Aglomerado de solo e rochas xistosas)
28.12		Muro de suporte de terreno em pedra xistosa
33.01	Amarante (S. Gonçalo)	Talude de suporte de via (Aterro)
33.02	Amarante (S. Gonçalo)	Muro de suporte da via em pedra granítica
34.01	Gouveia (S. Simão)	Talude natural rochoso
36.01	Travanca	Muro de pedra granítica / Talude de suporte de via (Aterro)
38.01	Vila Caiz	Muro de suporte da via em pedra granítica
38.02		Muro de suporte da via em pedra granítica
38.03		Muro de suporte da via em pedra granítica
39.01	Vila Chã do Marão	Talude de escavação (Maciço Granítico)
39.03		Muro de suporte da via em pedra granítica
39.04		Talude de suporte da via (Aterro)
39.05		Talude de suporte da via (Aterro)
40.01	Vila Garcia	Talude de suporte da via (Sedimentar)
40.02		Muro em pedra granítica de suporte da via em fase de construção

Tabela 7-2 – Legenda da priorização

Prioridade	Descrição
0	 Não é necessário efetuar qualquer reparação
1	 Não é necessário efetuar qualquer reparação, garantir uma atenção especial da manutenção.
2	 Pela onerosidade da sua reparação não se justifica uma intervenção prioritária. Garantir uma boa manutenção, mitigar os efeitos das anomalias.
3	 Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.
4	 Reparação a curto prazo (1-2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.
5	 Reparação imediata!

7.3.2 Resultados das avaliações e priorização dos elementos

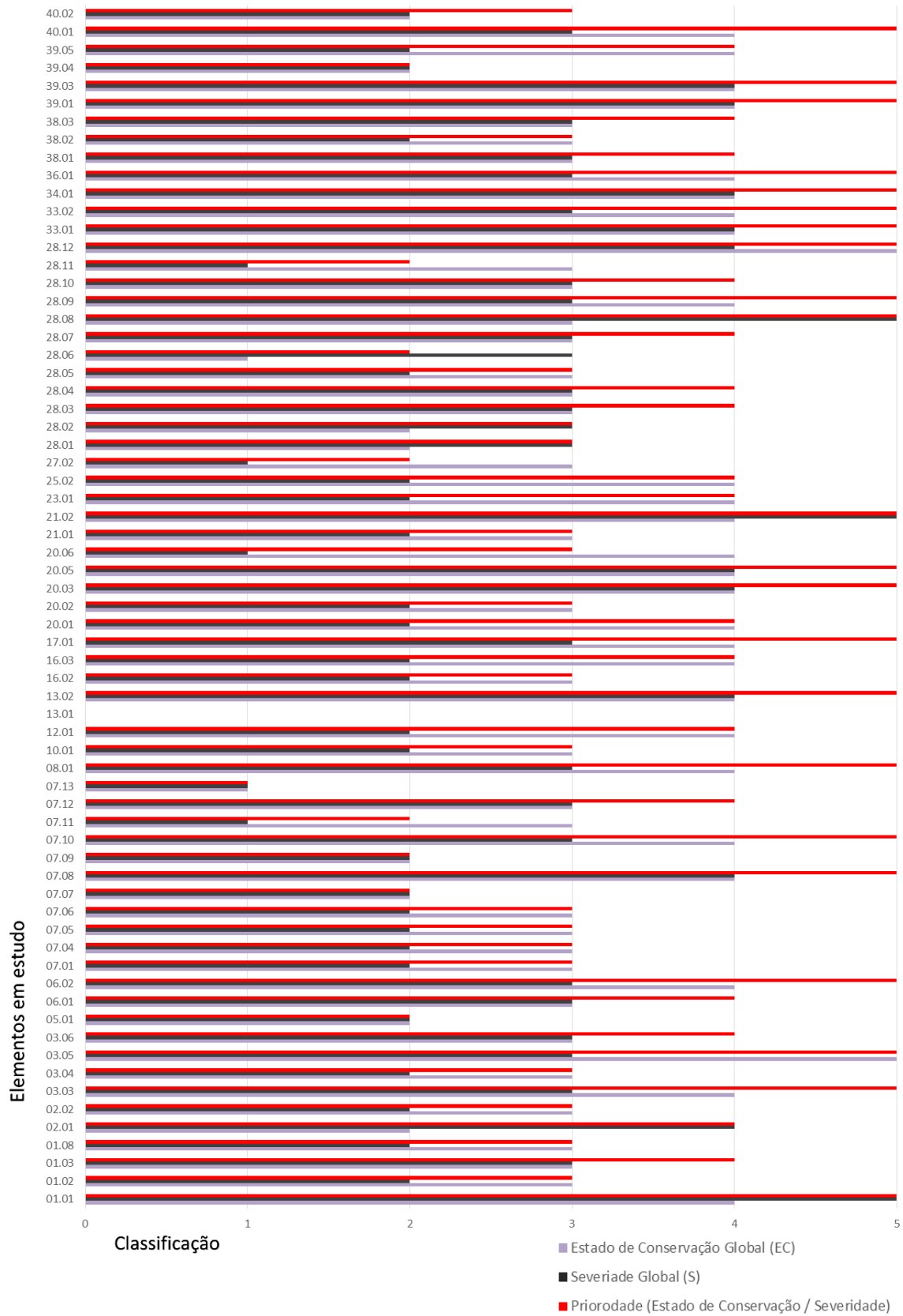


Figura 7-3 – Avaliação e priorização dos elementos em estudo

Frequência das classificações

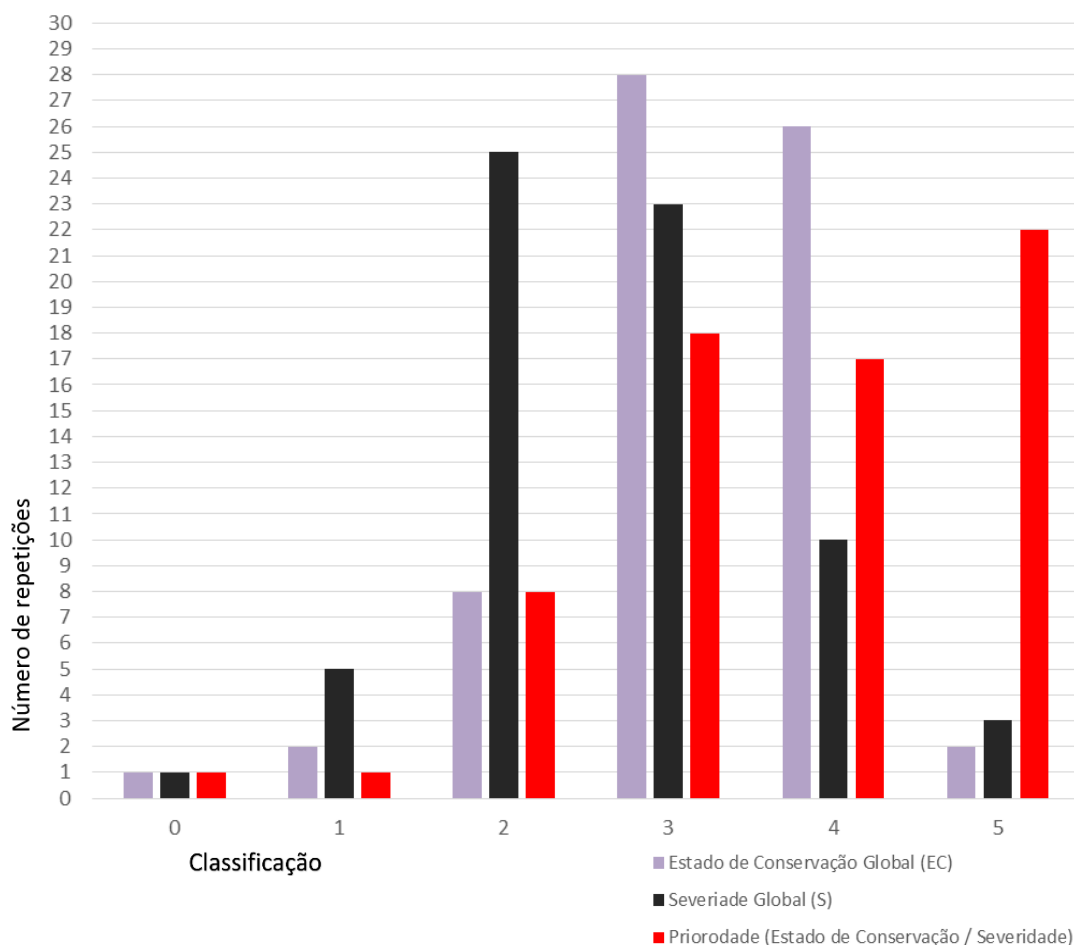


Figura 7-4 – Análise geral das qualificações

Analisando o gráfico, pode-se constatar que a grande maioria dos casos avaliados incidiram sob um grau de priorização elevado, exigindo obras profundas para repor a normalidade dos elementos, (18 a médio prazo, 17 a curto prazo e 22 para reparação imediata). Enquanto apenas 10 casos podem ser resolvidos pelas unidades orgânicas de conservação e manutenção das estruturas.

Tendo em conta que a identificação destes casos foi maioritariamente através da constatação de anomalias como abatimentos, fissurações ou deformações, grande parte das ocasiões correspondendo anomalias estruturais, seria compreensível que a maioria das estruturas se apresentem com um grau de prioridade elevado. Porém as anomalias que resultam na identificação da maioria dos casos servem apenas para quantificar um dos fatores que determinam a priorização do elemento, o estado de conservação das estruturas e como podemos observar na figura 7-4, esta qualificação tem maior incidência em níveis 3 e 4.

De igual forma o segundo fator para a determinação da priorização, a severidade global dos modos de falha, tem maior incidência em níveis de 2 e 3.

Esta discrepância entre as qualificações e a prioridade deve-se à forma de determinar o grau de prioridade dos diferentes casos, ou seja, através do cruzamento entre os dois fatores. Sendo o cruzamento efetuado através da matriz de risco, naturalmente que o ajustamento das zonas de prioridade da matriz, ou seja, o zoneamento das cores, é determinante para o resultado da priorização.

Severidade Global:	5	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red
	4	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	3	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
	2	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
	1	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
	0	Green	Green	Green	Green	Green	Green
		0	1	2	3	4	5
		Estado de Conservação Global:					

Figura 7-5 – Matiz de Risco

Como se pode constatar na figura 7-4, o cruzamento dos fatores de estado de conservação e severidade globais da maioria dos casos avaliados, incidiu sobre níveis altos de priorização, segundo o zoneamento da matriz identificada na figura 7-5.

A necessidade da existência de um nível zero do estado de conservação ou severidade advém da possibilidade de inspecionar casos com um estado de conservação ótimo ou cujos modos de falha não têm consequências. Tomando por exemplo um elemento em que a perda de funcionalidade não tem qualquer consequência para os munícipes ou elementos adjacentes, o risco de derrube de um pequeno muro numa via cuja distância do muro à via não encarga consequências, por exemplo. Independentemente do estado de conservação atribuído ao elemento, este caso não será prioritário a partir do momento em que existam outros elementos com necessidade de intervenção. De forma inversa, não faz sentido estar sequer a analisar as consequências de perda de funcionalidade de um elemento, se este apresentar um excelente estado de conservação. É devido a estas hipóteses extremas que existe um nível zero dos dois fatores, ou seja, um elemento absorvente para a prioridade.

7.3.3 Análise dos resultados das avaliações

Interpretando os 67 casos avaliados como uma amostra do universo de instabilização deste género de estruturas no município de Amarante, podemos compreender os motivos que levam à existência deste problema no município e com isto traçar medidas a implementar para mudar este panorama no futuro.

Tabela 7-3 – Listagem e análise das anomalias

Género da anomalia		Número de repetições da anomalia		Anomalia	
Degradação / Danos nas estruturas	Elementos Estruturais	21,72%	43	1	Abertura de juntas
				3	Vazios na alvenaria
				1	Deslocação de blocos de pedra do muro
				1	Deslocamento de blocos de pedra no extradorso
				1	Queda de blocos de pedra do pontão no intradorso da curva
				1	Pedra constituinte do muro pobre, facilmente fracionada com um martelo
				4	Deslocamento horizontal do muro
				1	Deslocamento horizontal de parte do muro adjacente ao talude / fissuração vertical
				1	Fissuração da alvenaria do muro
				3	Derrube parcial do muro
				1	Derrube parcial do muro de contenção adjacente à ponte (Erosão do leito do rio)
				7	Tombamento de uma porção do talude
				6	Escorregamento do talude
				1	Escorregamento lento do talude
				2	Tombamento do talude / derrube muro
				2	Deslizamento anterior do talude de aterro
				3	Erosão do talude
				1	Erosão da via (intradorso / jusante)
				1	Viga (padieira em pedra da passagem hidráulica) com fissura vertical no apoio
				2	Desprendimento de rochas no talude
				Elementos não estruturais	18,18%
	1	Colunas de vedação inclinadas			
	1	Deformação de muro de blocos de betão			
	14	Abatimento do pavimento			
	10	Abatimento e fissuração do pavimento			
	1	Abatimento e fissuração do pavimento ao longo da rede de saneamento			
	1	Guardas de proteção oxidadas com apoios danificados			
	2	Guardas metálicas danificadas com apoio suspenso			
	1	Rotura de canalização de sistema de regadio			
	1	Esmagamento e obstrução do coletor pluvial			
	1	Drenagem longitudinal degradada / fissurada			

Gênero da anomalia		Número de repetições da anomalia		Anomalia	
Erros Humanos de Execução / Conceção	Drenagem de águas pluviais	26,26%	52	13	Deficiente drenagem das águas pluviais
				17	Inexistência de drenagem das águas pluviais na via
				10	Inexistência de drenagem na crista do talude
				1	Afunilamento da drenagem longitudinal a montante da via
				6	Deficiente conceção da drenagem transversal
				1	Drenagem longitudinal a descarregar sobre o talude de aterro
				1	Vala de recolha de águas pluviais interrompida com o corte do talude
				3	Passagem Hidráulica parcialmente obstruída
	Outros Erros	14,65%	29	6	Inclinação excessiva (Corte do talude próximo da verticalidade)
				2	Inclinação excessiva (Corte do pé do talude)
				3	Inclinação excessiva (Grande inclinação do talude de aterro)
				1	Caminho particular no pé do talude, limitando a inclinação que o aterro pode assumir
				1	Boca de saída de passagem hidráulica no pé, limitando a inclinação que o aterro pode assumir
				2	Via com pequena dimensão transversal
				1	Reduzida variação da espessura do muro no desenvolvimento vertical
				9	Muro de suporte composto por pedra xistosa de pequena dimensão
				1	Talude de aterro em terreno orgânico
				1	Cargas aplicadas próximo da crista do talude
				1	Habitações em linha de colisão com as rochas do talude
	Desprendimentos / Rochas soltas	2,02%	4	1	Talude de aterro não compactado
				3	Rochas soltas a montante da via
	Características naturais do terreno	5,56%	11	1	Recente queda de rochas
				1	Perda de consistência do terreno
				2	Descontinuidades e Fragmentação do maciço rochoso
				3	Fragmentação do maciço rochoso
				2	Maciço alterado
				1	Descontinuidade da tipologia de terreno
				1	Talude de solo residual de elevada inclinação
	Vegetação prejudicial ao elemento	8,59%	17	1	Ponto de água no pé do talude
1				Árvore de grande porte (Sobreiro) sobre o muro	
2				Árvores de grande porte (Sobreiros) no talude	
5				Vegetação de pequeno, medio e grande porte	
8				Vegetação de pequeno e medio porte	
Outras Anomalias	3,03%	6	1	Vegetação de pequeno porte	
			1	Geocoleção sem recobrimento	
			1	Instabilização estrutural da mina sob o talude	
			1	Alagamento da berma da via	
			1	Existência de ponto de água a montante da via	
			1	Linha de água não encaminhada, a descarregar sobre a via	
			1	Inexistência de guardas de proteção laterais	

No total foram identificadas 71 diferentes anomalias nos vários casos em análise, muitas delas repetindo-se várias vezes, perfazendo no total 198. Devido à especificidade de muitas das anomalias, estas foram divididas por grupos para uma análise mais querente.

i - Degradação / danos nas estruturas:

Estas anomalias podem e devem ser evitadas. A sua ocorrência é em grande parte devida a defeitos do elemento ou características naturais do terreno que durante um determinado período de tempo levaram ao seu desencadeamento.

Contudo estas perfazem 39.9% de todas as anomalias identificadas, das quais 54.4% representam danos em elementos estruturais. Ou seja, 21.7% de todas as anomalias são referentes a danos estruturais. Na generalidade dos casos, estas anomalias obrigam a obras profundas para restabelecer a normalidade.

A quantidade deste género de anomalias, em parte, pode ser justificada pela complexidade de identificar os casos de instabilidade antes da sua ocorrência. A grande maioria dos casos apenas é identificada após a constatação de uma ou várias destas anomalias.

ii - Erros humanos de execução / conceção

Estas representam 40.9% de todas as anomalias identificadas. Dos erros cometidos na execução e conceção, 64.2% estão relacionadas com sistemas de drenagem deficiente, ou seja, 26.3% de todas as anomalias identificadas.

iii - Desprendimentos / Rochas soltas

Estas apenas representam 2,0% de todas as anomalias reconhecidas. No entanto, devido às consequências materiais e humanas que uma queda de rochas pode incorrer, é aconselhável não menosprezar esta categoria.

iv - Características naturais do terreno

Representam 5,6% de todas as anomalias. Não é de esperar que estas, possam individualmente desencadear um fenómeno de instabilização, mas contribuem em larga escala para agravar outras anomalias presentes no elemento.

v - Vegetação prejudicial ao elemento

Representando 8.6% de todas as anomalias, estas podem ser evitadas através de uma boa manutenção das estruturas.

vi - Outras anomalias

Representam apenas 3.0% das anomalias identificadas.

7.4 COMENTÁRIOS SOBRE A ESTABILIDADE DE TALUDES E MUROS DE CONTENÇÃO

Analisando a frequência das anomalias nos vários casos estudados, as que mais se repetem são as identificadas como de degradação ou danos nas estruturas, mas como foi dito anteriormente, estas anomalias são justificadas com a grande dificuldade de identificar os potenciais casos de instabilidade previamente a estas anomalias ocorrerem.

Embora seja importante uma identificação destes casos, o mais cedo possível, em grande parte das situações isso apenas seria possível através de inúmeros estudos, prospeções e ensaios de tal forma dispendiosos que torna inviável esta abordagem. Tendo em conta estes fatores, naturalmente que a atenção do município deve privilegiar uma política de prevenção para diminuir a ocorrência de casos de instabilidade como os aqui estudados.

O segundo grupo de anomalias com mais frequência é o identificado como de erros de execução e conceção e como foi demonstrado, mais de 60% destas anomalias estão associadas a sistemas de drenagem mal ou não edificadas. Como se pode observar ao longo das fichas de avaliação, este grupo de anomalias acaba por ser responsável por desencadear ou agravar vários fenómenos de instabilidade como as anomalias identificadas por degradação e danos nas estruturas. Com tudo isto, facilmente se conclui que um fator essencial para futuramente mudar o panorama do número de casos de instabilidade de estruturas de suporte de terras no município, será garantindo que as futuras obras são planeadas e executadas salvaguardando as boas normas aplicáveis, especialmente as relativas às drenagens das águas pluviais.

8 CONCLUSÕES

8.1 IDENTIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS CASOS

A identificação do maior número possível de casos de instabilidade de estruturas de contenção de terras é essencial para uma resposta adequada por parte do município, é da opinião do autor que apesar do esforço para identificar o maior número possível de locais de interesse para a avaliação de risco durante o decorrer do estágio, o número de casos identificados neste trabalho encontra-se aquém da realidade. O facto de apenas 7 das 26 freguesias responderem, em tempo útil, ao pedido de colaboração, na identificação destes locais, e que apesar disto serem identificados 33 novos casos, leva a presumir a existência de vários casos de instabilidade ainda não identificados, tendo em conta que muitas freguesias de áreas montanhosas não responderam em tempo útil ao ofício. Por este motivo é importante insistir na colaboração dessas instituições para a identificação dos locais de risco.

Ainda relativamente à identificação destes casos de risco, será importante a criação de uma base de dados, no município, onde as unidades responsáveis pela manutenção, conservação e projeto das estruturas possam reunir e partilhar a informação das inspeções e avaliação destas estruturas, de modo a monitorizar a evolução dos vários casos em análise. Tendo em conta que para reunir toda a informação dos 71 casos aqui avaliados, (registo fotográfico, fichas de inspeção, estudos, etc.) são necessários aproximadamente 9Gb em disco rígido, para este efeito seria essencial aumentar a capacidade de armazenamento interno de informação em rede da CMA.

A cooperação e partilha de informação em tempo útil entre os departamentos é importante uma vez que a restituição da normalidade dos diferentes casos será efetuada por diferentes departamentos, dependendo das necessidades de cada elemento em análise. Devido ao elevado número de casos

necessitados de intervenção profunda, ou seja, da responsabilidade da unidade de projeto, não será possível a resolução de todos eles em simultâneo, sendo necessário implementar as medidas possíveis para a atenuação das anomalias, durante o período de espera, antes da reposição da normalidade.

O método desenvolvido para a avaliação e priorização dos casos de instabilidade de estruturas de contenção de terras, apelidado de CS-FMEA, foi pensado de forma a abranger todas as estruturas de contenção. No trabalho aqui desenvolvido, o estudo limitou-se a aplicar este método a taludes e muros de contenção em alvenaria de pedra, contudo este método pode e deve ser aplicado a outros sistemas de contenção que indiquem problemas de instabilidade, como muros em betão armado, betão ciclópico, em gabião, etc. O carácter de avaliação qualitativa, no qual se baseia o CS-FMEA, confere ao método uma grande abrangência, no entanto a sua eficácia da avaliação é proporcional à experiência e conhecimentos técnicos que o avaliador tenha sobre a tipologia do elemento específico em avaliação.

O CS-FMEA, apesar de ser fundamentado em dois métodos conceituados de análise de risco e avaliação de estruturas, o FMEA e o manual de inspeções principais das Estradas de Portugal, é um método inovador para a avaliação de estruturas de contenção de terras, sendo até à data unicamente aplicado neste estudo. Contudo os resultados obtidos na avaliação e priorização dos casos, na generalidade vão de encontro com os estudos e avaliações preliminares desenvolvidas pela unidade técnica de projeto da CMA, efetuados previamente aos trabalhos aqui descritos. Recordando que alguns casos avaliados pelo método do CS-FMEA encontravam-se previamente identificados e estudados pela UTP.

8.2 ESTABILIDADE DE TALUDES E MUROS DE CONTENÇÃO

A identificação, avaliação e priorização dos diferentes casos de instabilidade é importante hoje para definir a alocação de recursos das unidades de conservação, manutenção e projeto da CMA, de forma a possibilitar a resolução dos problemas estruturais existentes do modo mais eficiente possível. Ainda assim é essencial que se tomem medidas para mitigar a ocorrência de novos casos de instabilidade no futuro.

Grande parte dos casos avaliados resulta de erros cometido há vários anos ou mesmo décadas. O corte de taludes de escavação, sem ter em conta as características do terreno, taludes de aterro com

terra impropria parra esse efeito, má compactação de taludes, pavimentações e requalificações de caminhos e estradões sem analisar a capacidade resistente dos muros em alvenaria de pedra tradicionais existentes, não dimensionar os sistemas de drenagem pluvial a aplicar nas vias ou simplesmente não aplicar sistemas de drenagem, etc. tudo isto não são apenas erros do passado, são erros que se continuam a cometer levando a uma perpetuação dos problemas de instabilidade de taludes e muros de contenção no município.

O método proposto neste trabalho é uma ferramenta para analisar e gerir a resolução dos problemas de instabilidade actual do município, mas não é suficiente para a longo prazo inverter o panorama de ocorrência de instabilidade destas estruturas.

8.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo em atenção que o método aqui proposto, o CS-FMEA até à data, apenas foi implementado na Câmara Municipal de Amarante a título experimental, será de todo natural que este possa sofrer pequenas alterações, conforme o potencial acréscimo da sua utilização de forma a maximizar os seus resultados. Contudo, é da opinião do autor que, desde já, existe espaço para melhorar os processos de identificar os modos de falha e qualificar o fator severidade de forma a maximizar a confiabilidade dos resultados finais.

Se tomarmos como exemplo a identificação das anomalias e qualificação do fator de estado de conservação, estes são obtidos utilizando um processo cujas especificações técnicas podem garantir com algum conforto uma homogeneidade e confiabilidade da avaliação do estado de conservação global das estruturas. Por outro lado, o peso da identificação dos modos de falha e qualificação do fator severidade, cai em grande parte na experiencia do avaliador, podendo a qualificação da severidade do elemento ser alvo de alguma subjetividade.

Futuramente é aconselhado desenvolver ou adaptar algum processo que permita, de uma forma global, e para vários sistemas de suporte de terras, qualificar o fator severidade do elemento de uma forma relativamente simples e que garanta uma maior confiança nas avaliações.

8.4 OBSERVAÇÕES FINAIS

Face aos resultados obtidos, pode-se afirmar que foram atingidos todos os objetivos inicialmente propostos.

9 BIBLIOGRAFIA

- [1] Conhecer Amarante [internet]. Portal do município de Amarante. Disponível em: <http://www.cm-amarante.pt> [acedido em Julho 20, 2015]
- [2] Turismo em Amarante [internet]. Portal do turismo em Amarante. Disponível em: <http://www.amarante.pt/turismo> [acedido em Julho 20, 2015]
- [3] Informação Geográfica [internet]. Instituto nacional de estatística. Disponível em: <http://www.ine.pt> [acedido em Julho 30, 2015]
- [4] Estradas de Portugal, S.A. Sistema de Gestão de Construção de Obras de Arte, Inspeções Principais Especificações Técnicas.
- [5] Silva, C.; Fonseca, M.; Brito, J. Metodologia FMEA e sua aplicação à construção de edifícios
- [6] CT 80 (APQ). Norma Portuguesa, Sistemas de Gestão da Qualidade Requisitos (ISO 9001:2008). 3ª Edição, Novembro de 2008
- [7] Warwick Manufacturing Group. Failure Modes, Effects & Criticality Analysis.
- [8] Rodrigues, O. Análise de Risco Em Projetos de Construção. Junho de 2009
- [9] Trigo, J., Inspeção Estrutural, Avaliação de Segurança e Proposta de Solução de reforço e Plano de Instrumentação dos Muros da Rampa Alta. Fevereiro de 2015
- [10] Silva, M. Análise de Estabilidade de Taludes Pelo Método de Equilíbrio Limite Geral. Outubro de 2013
- [11] Highland, L.; Bobrowsky, P., Tradução de: Rogério, P.; Aumond, J. O Manual de Deslizamento – Um guia para a Compreensão de Deslizamentos. U.S. Geological Survey. 2008

- [12] Moreira, M., Manual de Drenagem Superficial, Apontamentos da unidade curricular de Infraestruturas de Transportes do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)
- [13] CT 115 (LNEC). Norma Portuguesa, Eurocódigo 7 – Projecto Geotécnico Parte 1: Regras Gerais. Março de 2010

Elementos disponibilizados pela Câmara Municipal de Amarante

10 ANEXOS

ANEXO 1

Resumo de todas as avaliações sob a forma de uma tabela simplificada.

ID	Freguesia	Via	Coordenadas	Elemento em Estudo	Estado de Conservação		Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade		PPN	Medidas de Controle Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar
					Parcial	Global			Parcial	Global							
01.01	Aboadela	M 575	41.286029, -7.973694	Pontão e talude de escavação (Maciço Xistoso)	Passagem hidráulica parcialmente obstruída	3	Perda da estabilidade do pontão e consequente desmoronamento do mesmo	Obstrução completa da única via pavimentada de acesso a Covelo do Monte	Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferr. transuntes e obstruir as passagens hidráulicas transversais.	5	20	Nenhuma medida aplicada	Reparação imediata	Atendendo ao estado de conservação do pontão e potenciais consequências dos modos de falha é aconselhável uma inspeção aprofundada da estrutura, com recurso a equipamento especializado. É necessário perceber a capacidade resistente da estrutura e com isto a dimensão da intervenção necessária para restabelecer a segurança estrutural do pontão.		Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)
					Viga (paralela em pedra de passagem hidráulica) com fissura vertical no apoio	4											
					Guardas metálicas danificadas com apoio suspenso	4											
					Queda de blocos de pedra do pontão no intradorso da curva	5											
					Deslocamento de blocos de pedra no extradorso	4											
Rochas soltas a montante da via	4																
01.02	Aboadela	M 574	41.286029, -7.973693	Talude de suporte de via (Solo Residual)	Abatimento do pavimento	3	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial da única via pavimentada de acesso a Covelo do Monte	Passagem das águas do ribeiro sobre a estrada e talude, agravando a erosão da via e talude	3	6	Nenhuma medida aplicada	Reparação a médio prazo (3-5 anos)	A vegetação no leito do talude torna impossível uma eficiente avaliação do seu estado de conservação, contudo o abatimento na via indica um pequeno deslizamento.		Desmatar o talude no intradorso da curva	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
					Deficiente concepção da drenagem transversal	2											
					Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	3											
					Obstrução da passagem hidráulica transversal	3											
					Obstrução da passagem hidráulica transversal	2											
01.03	Aboadela	M 574	41.290346, -7.973367	Muro de suporte da via em pedra xistosa	Muro composto por pedra xistosa de pequena dimensão	2	Derrube de muro de suporte da via	Obstrução parcial da única via pavimentada de acesso a Covelo do Monte	Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferr. transuntes	4	9	Efetuada uma reargaz de pavimento sob o muro, local onde se deu o abatimento	Reparação a curto prazo (1-2 anos)	A deformação da via e a tipologia do muro levam a prevenir deformações horizontais no mesmo, como tal é aconselhável efetuar um levantamento topográfico para averiguar e quantificar as deformações.		Reavaliar a prioridade da intervenção estrutural	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
					Abatimento do pavimento	4											
					Deficiente concepção da drenagem transversal	3											
					Obstrução da passagem hidráulica transversal	1											
					Obstrução da passagem hidráulica transversal	3											
01.08	Aboadela	M 574	41.299874, -7.954224	Muro de contenção da via em pedra xistosa	Muro composto por pedra xistosa de pequena dimensão	2	Derrube de muro de suporte da via	Obstrução parcial da única via pavimentada de acesso a Covelo do Monte	Possibilidade de danificar veículos motorizados	2	6	Alertada a empresa que provisoramente faz movimentos de terras naquele local para evitar aplicar cargas excessivas intradorso da curva (sob o muro)	Reparação a médio prazo (3-5 anos)	A deformação da via e a tipologia do muro levam a prevenir deformações horizontais no mesmo, como tal é aconselhável efetuar uma desmatização e posteriormente um levantamento topográfico para averiguar e quantificar as deformações.		Reavaliar a prioridade da intervenção estrutural	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
					Abatimento e fissuração do pavimento	4											
					Deficiente concepção da drenagem transversal	3											
					Deficiente drenagem das águas pluviais	3											
					Vegetação de pequeno e médio porte	3											

CAPÍTULO 10

ID	Freguesia	Via	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar
						Parcial			Parcial							
						Global			Global							
02.01	Aboim	Rua de Regadas	41.317167, -8.065638	Caminho em terra batida e talude de aterro	Via com pequena dimensão transversal Inexistência de guardas de proteção laterais no caminho Deslizamento anterior do talude de aterro Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	2 2 2 3	Deslizamento do talude de suporte da via Queda de veículos motorizados para jusante da via	Obstrução completa da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir transeuntes Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir transeuntes	5 3	4 8	Nenhuma medida aplicada	Reparação a curto prazo (1-2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Salvaguardar as condições de drenagem num futuro projeto para restabelecer a estabilidade da estrutura.		Elaboração de estudo e posteriormente projeto Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidade Técnica de projeto (UTP) Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
02.02	Aboim	Rua da Ponte Nova	41.318312, -8.065481	Talude de escavação (Maciço Xistoso)	Tombaramento de uma porção do talude Fragmentação do maciço rochoso Vegetação de pequeno e médio porte Inexistência de drenagem na crista do talude	3 4 4 3	Quedas ou Tombaramentos de massa de solo e/ou rochas	Obstrução parcial da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir transeuntes	2 2	6	Nenhuma medida aplicada	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	É aconselhável remover as rochas soltas do talude e aplicar-lhe uma menor inclinação, salvaguardando as condições de drenagem na crista do talude.		Estudo da viabilidade de aplicar uma menor inclinação ao talude e um sistema de drenagem das águas pluviais na crista. Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidade Técnica de projeto (UTP) Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
03.03	Anciães	N 15 Rua Central de Ansiães	41.240002, -7.952654	Talude de escavação (Maciço Granítico)	Recente queda de rochas Descontinuidades e Fragmentação do maciço rochoso Vegetação de pequeno, média e grande porte Inexistência de drenagem na crista do talude	3 5 4 3	Queda de rochas de pequena, média e grande dimensão	Obstrução parcial da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir gravemente transeuntes	3 3	12	Nenhuma medida aplicada	Reparação imediata	É aconselhável desmatar o talude rochoso e remover as rochas soltas, salvaguardando as condições de drenagem.		Comunicação à Ep	
03.04	Anciães	CM 1219 Rua de Ferwença	41.242852, -7.943773	Talude de suporte de via (Solo Residual)	Fissuração e abatemento do pavimento Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	3 3	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir transeuntes	2 2	6	Nenhuma medida aplicada	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	É aconselhado um estudo do caudal das águas pluviais afluente a este local ao ponto de água. Dimensionamento de um sistema de drenagem eficiente para a via.		Estudo do caudal afluente de águas pluviais na via e dimensionamento de um sistema de drenagem. Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidade Técnica de Projeto (UTP) Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar
							Parcial Global			Parcial Global							
03.05	Anciães	M575	Rua Na Sra de Moreira	41.250391, -7.953893	Ponte Romana sobre o Rio Marão	Derrube parcial do muro de contenção adjacente à ponte (erosão do leito do rio)	5	Derrube de mais porções do muro de suporte de terreno	Agravamento da situação, possibilidade de instabilizar estruturalmente as fundações da ponte	3	3	Nenhuma medida aplicada	Reparação imediata I	Elaboração de estudo e posteriormente projeto para reconstruir o muro.		Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)
03.06	Anciães		Rua do Seixêdo	41.236538, -7.936941	Talude de Aterro	Tombaramento do talude / derrube muro	5	Deslizamento de partes do talude de suporte da via que não sofreram deslizamentos significativos	Agravamento da situação	2	3	Aplicado um zoneamento em torno da área onde decorreu o deslizamento, para afastar o tráfego da crista do talude.	Reparação a curto prazo (1-2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)	
						Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	3	Novo deslizamento do talude de suporte da via (mesmo local onde se verificou o deslize anterior)	Obstrução parcial da via	4	9						
05.01	Bustelo	EM 557	Rua de S. Mamede / Rua de Gavim	41.243552, -7.995295	Talude de suporte da via (Solo Residual)	Erosão do talude de aterro entre o muro de contenção e a Rua de S. Mamede	2	Deslizamento do talude de aterro sobre o muro recém-construído (Agravamento da erosão)	Fissuração do sistema de drenagem longitudinal aplicado na crista do talude e no pavimento.	1	2	Nenhuma medida aplicada	pela onerosidade da sua reparação não se justifica uma intervenção prioritária	Garantir uma boa manutenção, mitigar os efeitos das anomalias.		Remover os sobretiros do talude e plantar vegetação de pequeno e médio porte para a consolidação do mesmo	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
						Inclinação excessiva (Corte do pé do talude)	3				4						
						Árvores de grande porte (Sobretiros) no talude	2	Deslizamento do talude de escavação (talude aeneo ao muro recém construído)	Obstrução parcial da via, possibilidade de queda de árvores.	3						Mantiver o elemento sob vigilância	

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar
							Parcial Global			Parcial Global							
06.01	Canadelo		Rua Central de Canadelo	41.325471, -7.975973	Talude de escavação (Solo Residual Argiloso)	Perda de consistência do terreno Tombaramento de uma porção do talude Inclinação excessiva (Corte do talude próximo da verticalidade) Cargas aplicadas próximo da crista do talude Inexistência de drenagem na crista do talude	3 3 3 1 3	Quedas ou Tombaramentos de massa de solo e/ou rochas	Ostrução total da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferrir transeuntes	3 3	9	Nenhuma medida aplicada	Reparação a curto prazo (1-2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	E aconselhável remover as rochas soltas do talude e aplicar-lhe uma menor inclinação, salvaguardando as condições de drenagem na crista. Estas obras necessariamente implicam retirar o muro em pedra próximo da crista do talude.		Estudo da viabilidade de aplicar uma menor inclinação ao talude e um sistema de drenagem das águas pluviais na crista.	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
06.02	Canadelo	EM 573	Rua de Rebeição	41.319320, -7.977243	Talude de suporte da via (Aterro / Sedimentar)	Inclinação excessiva (Corte do talude próximo da verticalidade) Escorregamento do talude Elementos inclinados no talude	5 5 4	Deslizamento de partes do talude de suporte da via que não sofreram deslizes significativos Novo deslizamento do talude de suporte da via (mesmo local onde se verificou o deslize anterior)	Agramento da situação Obstrução parcial da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferrir transeuntes	2 3	12	Aplicado um zoneamento em torno da área onde decorreu o deslizamento, para afastar o tráfego da crista do talude. Reparação imediata	Elaboração de estudo e posteriormente estabilidade do talude, salvaguardando as condições de drenagem futuras da via. Averiguar a responsabilidade pelo corte do pé do talude.		Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)	
07.01	Candmil		Rua de Murgido	41.239329, -7.952868	Vários taludes de suporte da via (Rua de Murgido)	Fissuração e abatimento no pavimento Deficiente drenagem das águas pluviais	3 3	Deslizamento dos taludes de suporte da via	Obstrução parcial da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferrir transeuntes	2 2	6	Nenhuma medida aplicada	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Devido aos inúmeros casos semelhantes de instabilização de taludes, esta rua é identificada na sua totalidade como um elemento em estudo. É aconselhado um estudo do caudal das águas pluviais afluentes à via, tendo em conta a área de influência das bacias hidrográficas e os diversos pontos de água e passagens transversais. Dimensionamento de um sistema de drenagem eficiente para a via.	Estudo do caudal afluente de águas pluviais em toda a via. Verificação ao dimensionamento das várias passagens hidráulicas transversais. Dimensionamento de um sistema de drenagem eficaz para a via.	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)	

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar
							Parcial Global			Parcial Global							
07.05	Candmil	EM 575	Rua Central	41.251389, -7.978862	Talude de suporte de via (Aterro)	Escorregamento do talude	2	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial ou total da via	3	3	Recarga de terreno no talude e aplicada uma pequena fração de betuminoso no intradorso da curva	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Esta via é utilizada pelo consórcio adjudicatário das obras da autoestrada do Marão para acesso ao seu estaleiro, como tal tem um elevado tráfego de veículos pesados. O que em parte explica o estado de degradação do pavimento. Com a recarga efetuada o talude aparenta estar estável desde 2013. Todavia, eventualmente será necessário a elaboração de estudo e posteriormente projeto para repor as condições de estabilidade do talude, salvaguardando as condições de drenagem futuras da via. Contudo será prudente esperar pela finalização das obras da autoestrada antes de intervir na estrutura, caso não se verifiquem evoluções das anomalias.		Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidade Técnica de Projeto (UTP)
						Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	3										
07.04	Candemil		Rua de Murgido	41.226577, -7.947093	Talude de aterro e muro de contenção em pedra granítica	Sistema de drenagem do talude com erros grosseiros de execução	3	Deslizamento do talude de suporte da via	Instabilização da via, muro de contenção e taludes de aterro adjacentes	2	2	Nenhuma medida aplicada	Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Este elemento encontra-se indiretamente incluído no caso 07.01, onde toda a rua é avaliada essencialmente e devido à deficiente drenagem. Contudo, considerando o deslizamento que ocorreu neste local e as consequências obras para restabelecer a estabilidade da via que se desenvolveram, é conveniente individualizar este caso.		Estudo do caudal afluentes de águas pluviais	Unidade Técnica de Projeto (UTP)
						Deficiente drenagem das águas pluviais	3							Como tal, é aconselhável aplicar um sistema de drenagem eficaz que encaminhe a água pluvial para o ponto de água mais próximo à jusante.		Dimensioamento de um sistema de drenagem eficaz	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias identificadas	Estado de Conservação		Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade		RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar								
							Parcial	Global			Parcial	Global															
08.01	Carneiro	CM1218	Rua Marquês de Pombal	41.209355,-	Talude de suporte da via (Solo Residual)	Inclinação excessiva (Corte do talude próximo da verticalidade)	Tombarmento recente de uma porção do talude	4	4	Pequenos tombarmentos no talude	Abatimentos e fissuração da via a montante	1	3	Aplicado um zoneamento na berna da via (crista do talude).	Reparação imediata!	Até à data não são visíveis fissuras ou abatimentos na via a montante do talude, contudo atendendo ao estado de conservação deste elemento é aconselhável um estudo e posteriormente projeto para repor as condições de estabilidade, salvaguardando as condições de drenagem futuras da via.	Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)									
																			Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	3	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial da via	3				
																								Via de recolha de águas interrompida com o corte do talude	3	Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir transeuntes	3
07.13	Candemil		Rua de	41.231792,-	Talude de suporte de via (Aterro)	Abatimento do pavimento	2	1	Deslizamento do talude de suporte da via	Abatimento do pavimento junto à berna.	1	1	Nenhuma medida aplicada	Não é necessário efetuar qualquer reparação, garantir uma atenção especial da manutenção.	Verificar a evolução das anomalias regularmente.	Efetuar os normais trabalhos de manutenção	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)										
																		Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	1	Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir transeuntes	3						
																						Vegetação de médio e pequeno porte no muro	3	Derrube de muro de suporte da via	Obstrução parcial ou total da via	3	
																											4
07.12	Candemil		Rua de Granja	41.228389,-7.943495	Muro de suporte da via em pedra granítica	Abatimento do pavimento	4	3	Derrube de muro de suporte da via	Obstrução parcial ou total da via	3	9	Reparação a curto prazo (1-2 anos) / Garanti uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	É aconselhado uma desmatização / limpeza e posterior levantamento topográfico, para analisar e quantificar as potenciais deformações do muro. Após estes trabalhos o caso deverá ser reavaliado	Limpeza / Desmatização do muro	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)											
																	Vegetação de médio e pequeno porte no muro	3	Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir transeuntes	3							
																					3	3	Derrube de muro de suporte da via	Obstrução parcial ou total da via	3		
																										3	3
07.11	Candemil		Rua de	41.227680,-7.944607	Talude de suporte de via (Aterro)	Abatimento do pavimento	3	3	Deslizamento do talude de suporte da via	Abatimento do pavimento da via	1	3	Nenhuma medida aplicada	Pela onerosidade da sua reparação não se justifica uma intervenção prioritária	Vigiar a evolução das anomalias regularmente, numa eventual intervenção futura na via é necessário salvaguardar as condições de drenagem.	Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)										
																		Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	3	Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir transeuntes	3						
																						3	3	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial ou total da via	3	
																											3
07.10	Candemil	EM 575	Rua de Galegos	41.252737,-7.967351	Talude de Aterro	Escorregamento do talude	4	4	Novo deslizamento do talude de suporte da via (mesmo local onde se verificou o desliz anterior)	Obstrução parcial da via	3	12	Nenhuma medida aplicada	Reparação imediata!	Visivelmente a rotura do sistema de regadio está a instabilizar estruturalmente o talude em estudo. Relativamente ao alargamento da berna da via, devido à sua localização não é claro a origem da água.	Elaborar estudo e posteriormente projeto	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)										
																		Possível fuga na rede de abastecimento de água	4	Possibilidade de danificar veículos	3						
																						Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	3	Necessidade de reparação de um elemento estrutural	2		
																										4	4

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias Identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar			
							Parcial / Global			Parcial / Global										
17.01	Gondar	N 101	41.245455, -8.037272	Muro de suporte de terreno / maciço granítico pobre	Vegetação de pequeno e médio porte	Registo de tombamento do talude / derrube muro	5	Deficiente drenagem das águas pluviais	3	4	Novo deslizamento do talude de escavação	Danos na estrutura (pavimento e vedação) da feira do cavallinho	2	3	12	Ferantes alertados para não estacionarem os carros, ou apliquem cargas excessivas sob o talude	Reparação imediata	É aconselhável a elaboração de um estudo e posteriormente projeto para repor as condições de estabilidade do talude, salvaguardando as condições de drenagem.	Comunicação à EP	
16.03	Gatão	Rua da Plana	41.297623,	Talude de suporte de terreno (Solo Residual)	Inexistência de drenagem na crista do talude	Escorregamento do talude	5	Descontinuidade da tipologia de terreno	1	4	Novo deslizamento do talude de escavação (mesmo local onde se verificou o deslize anterior)	Perda da estabilidade estrutural da habitação a montante do talude	2	2	8	Nenhuma medida aplicada	Reparação a curto prazo (1, 2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Contudo o continuar deste deslizamento pode colocar em risco estrutural a habitação a montante, como tal é aconselhável a elaboração de um estudo e projeto para restabelecer a segurança estrutural ao talude.	Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
16.02	Gatão	CM 1206	Avenida Padre João Marques	41.294971, -8.065277	Talude de escavação	Inexistência de drenagem na crista do talude	3	Obstrução parcial ou total da via	2	2	6	Nenhuma medida aplicada	Pela onerosidade da sua reparação não se justifica uma intervenção prioritária Garantir uma boa manutenção, mitigar os efeitos das anomalias.	É aconselhado uma limpeza dos taludes de escavação da rua, substituindo as árvores de grande porte por vegetação rasteira ou arbustos. Bem como aplicar uma menor inclinação nos taludes com erosão visível.	Recomendável aplicação de um sistema de drenagem eficiente na via e crista dos taludes de escavação.	Dimensionar um sistema de drenagem para a crista e banqueta do(s) talude(s) de escavação	Unidade Técnica de Projeto (UTP)			
						Árvores de grande porte (Sobretiros) no talude	2	Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferir gravemente transeuntes	2	2		Aplicar uma menor inclinação nos taludes com uma visível erosão	Remover os sobretiros inclinados sobre a via	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)						

ID	Freguesia	Via	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias Identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar
						Parcial Global			Parcial Global							
20.01	Louredo	N 312	Rua de	41.251385, -8.121264	Talude de suporte de via (Solo Residual / Aterro)	Deficiente drenagem das águas pluviais Escorregamento do talude	3 4	4	2	8	Nenhuma medida aplicada	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Até à data não é visível qualquer fissuração ou abatimento na via. Contudo devido ao tamanho, inclinação e características perspectivas do terreno será aconselhado uma prospeção geológica no local para compreender com exatidão a tipologia do terreno do talude e a partir desses dados desenvolver um estudo e consequente projeto para estabelecer a estabilidade ao elemento estrutural.		Prospeção Geológica Elaboração de estudo e posteriormente projeto Inspeção ao ramal de saneamento para identificar ligações clandestinas de drenagens pluviais	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
20.02	Louredo	N 312	Rua de	41.248678, -8.122255	Talude de escavação (Maciço granítico pobre)	Vegetação de pequeno e médio porte Descontinuidades e Fragmentação do maciço rochoso	2 4	3	2	6	Nenhuma medida aplicada	Pela onerosidade não se justifica uma intervenção prioritária Garantir uma boa manutenção, mitigar os efeitos das anomalias.	Vigiar a evolução das anomalias, é aconselhado desmarcar o talude.		Elaboração de estudo e posteriormente projeto Limpeza / Desmarcação do talude Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
20.03	Louredo	Rua das Casas Novas	41.248678, -8.122255	Maciço granítico pobre / muro de betão ciclópico	Vegetação de pequeno, médio e grande porte Deslocamento horizontal de parte do muro adjacente ao talude / fissuração Inexistência de drenagem na crista do talude Erosão do talude	5 5 4 3	4	4	4	16	Nenhuma medida aplicada Recair de terreno, para sobreelevar a crista e desviar as águas pluviais do leito do talude.	Reparação imediata	Elaboração de estudo e posteriormente projeto para repor as condições de estabilidade do talude, salvaguardando as condições de drenagem a montante do talude.	Desmarcamento Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade e Técnica de Projeto (UTP)	

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável pelas Medidas a Aplicar
							Parcial Global			Parcial Global							
23.01	Mancelos	N211-1	Rua de Manhufe	41.261979, -8.164237	Talude de suporte da via (Aterro)	Elementos inclinados no talude Inclinação excessiva (Grande inclinação do talude de aterro) Guardas metálicas danificadas com apoio suspenso Fissuração e abatimento do pavimento	4 3 2 4	Deslizamento do talude de suporte da via	Deterioração do pavimento da via (maiores fissuras e assentamentos) Possibilidade de derrube dos postes de electricidade	2 2	8	Nenhuma medida aplicada	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente	Elaboração de estudo e posteriormente projeto para repor as condições de estabilidade do talude.		Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP) Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
21.02	Lufrei	EM 573	Rua de Pepim	41.277333, -8.044720	Talude de suporte de via (Aterro)	Abatimento e fissuração do pavimento Deficiente drenagem das águas pluviais	4 4	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial ou total da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferr. gravemente transeuntes	5 5	20	Sobreposição de uma lona (plástico preto) na crista do talude (2013). Com efeito da radiação solar esta tela encontra-se inutilizada	Reparação imediata	Inevitavelmente todo o terreno orgânico do talude terá de ser substituído por terra de empréstimo.		Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)
21.01	Lufrei	EM 573	Rua da Pena / Rua de	41.276048, -8.046567	Talude de suporte de terreno (Maçãoço Granítico Pobre)	Tombamento de uma porção do talude Maçãoço alterado	3 4	Novo deslizamento do talude de escavação (mesmo local onde se verificou o desliz anterior)	Obstrução parcial da via Possibilidade dos desprendimentos danificar algum veículo ou ferr. pedestres	2 2	6	Nenhuma medida aplicada	Pela omissão de uma reparação não se justifica uma intervenção prioritária Garantir uma boa manutenção, mitigar os efeitos das anomalias.	É aconselhado aplicar uma menor inclinação ao talude. Estas obras, de baixo orçamento, podem ser anexadas ao programa de trabalhos para a reposição da estabilidade do caso 21.02. (Rua de Pepim)		Estudo da viabilidade de aplicar uma menor inclinação ao talude Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidade Técnica de Projeto (UTP) Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas
20.06	Louredo		Rua dos Pousadouros	41.258863, -8.118396	Muro de pequenas dimensões de suporte da via em pedra granítica	Derrube parcial do muro (grandes deformações)	4 4	Derrube de muro de suporte da via (Agravamento do situação)	Agravamento do estado de conservação do pavimento da via Arrasamento de culturas (vinha) privada	1 1	4	Nenhuma medida aplicada	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Elaboração de estudo e posteriormente projeto para repor as condições de estabilidade do muro, salvaguardando as condições de drenagem da via.		Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
20.05	Louredo		Rua da	41.250680, -8.122235	Muro de suporte de terreno em pedra granítica	Deslocamento horizontal Vazios na alvenaria	5 3	Derrube de muro de suporte de terreno	Obstrução total da via a jusante do muro Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferr. gravemente transeuntes	4 4	16	Nenhuma medida aplicada	Reparação imediata	Visualmente é perceptível uma deformação horizontal do muro, como tal é aconselhável efetuar um levantamento topográfico para averiguar e quantificar as deformações. Após estes trabalhos a estrutura deve ser reavaliada.		Quantificar as deformações do muro Reavaliar a prioridade da intervenção estrutural	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias Identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável Pelas Medidas a Aplicar
							Parcial Global			Parcial Global							
28.06	Rebordelo		Rua Central de Mouquim		Talude de suporte da via (Aterro)	Deficiente drenagem das águas pluviais	2	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial da via	3	3	Nenhuma medida aplicada	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Devido às características do muro são levantadas dúvidas relativamente a possíveis deformações. É aconselhado efetuar um levantamento topográfico do muro e reavaliar o caso.		Quantificar as deformações do muro Reavaliar a prioridade da intervenção estrutural	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
						Abatimento do pavimento	2										
						Instabilização estrutural da mina sob o talude	0	Deslizamento do talude de suporte da via									
						Deficiente drenagem das águas pluviais	2										
28.05	Rebordelo		Rua António Maria dos Santos	41.338596, -7.993835	Talude de suporte da via (Aterro)	Linha de água não encaminhada, a descarregar sobre a via	2	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial da via	2	6	Nenhuma medida aplicada	Reparação a curto prazo (1-2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Apesar de atualmente não existirem indícios de deslizeamento, a falta de drenagem na via e a saturação desta devido ao ponto de água, são fatores claros de instabilização do talude. A aplicação de drenagem na via e o consequente encaminhamento da água para o ponto de água mais próximo resolve o problema. Caso o talude entre em rotura, devido ao caminho a jusante, os custos de reparação serão naturalmente mais elevados.		Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
						Existência de drenagem das águas pluviais na via	3										
						Caminho particular no pé do talude, limitando a inclinação que este pode assumir	1										
28.04	Rebordelo		Rua António Maria dos Santos	41.337500, -7.992966	Passagem hidráulica transversal	Deficiente conceção da drenagem transversal	3	Derrube de muro de suporte da via	Obstrução parcial da via	3	9	Nenhuma medida aplicada	Reparação a curto prazo (1-2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	É necessário um estudo do caudal afluente da bacia hidrográfica para perceber se a passagem hidráulica se encontra de facto subdimensionada ou se o transbordio do ponto de água pode ser explicado pelas características da boca de entrada.		Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas
						Erosão da via (intradorso / Jusante)	3										
						Passagem hidráulica parcialmente obstruída	3										
28.03	Rebordelo		Travessa da Portelinha	41.346176, -7.984658	Muro de contenção em pedra xistosa	Muro de suporte composto por pedra xistosa de pequena dimensão	2	Derrube de muro de suporte da via	Obstrução parcial da via	3	9	Nenhuma medida aplicada	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Devido às características do muro são levantadas dúvidas relativamente a possíveis deformações. É aconselhado efetuar um levantamento topográfico do muro e reavaliar o caso.		Quantificar as deformações do muro Reavaliar a prioridade da intervenção estrutural	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)
						Deficiente drenagem das águas pluviais	3										

ID	Freguesia	Via	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias identificadas	Estado de Conservação		Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade		RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável pelas Medidas a Aplicar					
						Parcial	Global			Parcial	Global												
28.10	Rebordelo	Rua de Soutelo	41.342528, -7.988334	Passagem hidráulica transversal	Deficiente concepção da drenagem transversal	3	3	Obstrução da passagem hidráulica transversal	Transbordamento das águas pluviais sobre a via	2	3	9	Nenhuma medida aplicada	Reparação a curto prazo (1-2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	É necessário um estudo do caudal afluente da bacia hidrográfica para perceber se a passagem hidráulica se encontra de facto subdimensionada É aconselhado uma limpeza/desmatagem do muro e posterior levantamento topográfico para quantificar as possíveis deformações.		Estudo do caudal afluente à passagem hidráulica Limpeza / Desmatagem do muro Quantificar as deformações do muro Reavaliar a prioridade da intervenção estrutural	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)					
																			Muro de suporte composto por pedra xistosa de pequena dimensão	2	5	3	Reavaliar a prioridade da intervenção estrutural
																			Abatimento do pavimento	4			
28.11	Rebordelo	Rua Central de Mouquim	41.342199, -7.969218	Talude de escavação (Aglomerado de solo e rochas xistosas)	Tombamento de uma porção do talude	3	3	Deslizamento do talude de escavação	Obstrução parcial da via	1	1	3	Nenhuma medida aplicada	Pela onerosidade da sua reparação não se justifica uma intervenção prioritária Garantir uma boa manutenção, mitigar os efeitos das anomalias.	O talude é constituído por rochas xistosas de relativa pequena dimensão e aglomerados de argila. Tendo em consideração os possíveis modos de falha e características da via, em caso de novo deslizamento não são de esperar consequências físicas para os utilizadores nem a interrupção da via. Sendo um talude de um terreno privado, é aconselhado uma comunicação ao proprietário alertando-o para a necessidade de restabelecer a estabilidade estrutural deste elemento.		Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias Comunicação ao proprietário	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas					
																			Vegetação de pequeno e médio porte	3			
																			Inexistência de drenagem na crista do talude	3			
28.12	Rebordelo	Rua de Lamelas	Muro de suporte de terreno em pedra xistosa	Deslocamento horizontal no muro	5	5	Derrube de muro de suporte de terreno	Obstrução total da via	4	4	20	Nenhuma medida aplicada	Reparação imediata!	Tratando-se de um muro de um terreno privado, cabe ao proprietário efetuar as reparações necessárias para restabelecer a segurança ao muro.		Projeto para demolição do muro e nivelamento do terreno	Unidade Técnica de Projeto (UTP)						
																		Abertura de juntas	5				
																		Inexistência de drenagem a montante do muro	3				
																		Muro composto por pedra xistosa de pequena dimensão	2				
33.01	Amarante (S. Gonsalo)	N 211-1	Rua das Golas	41.282111, -8.088005	Talude de suporte de via (Aterro)	Drenagem longitudinal degradada / fissurada	4	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial ou total da via	4	4	16	Solo/reposição de uma lona (plástico preto) na crista do talude (2014). Com efeito da radiação solar esta tela encontra-se inutilizada	Reparação imediata!	O talude encontra-se sobre a passagem transversal da Ribeira de São Lázaro. No ano de 2009 é visível através do registo fotográfico da Google uma recarga do pavimento no local onde hoje se verifica o abatimento, levando a concluir que este caso tem vindo a deteriorar-se pelo menos à 6 anos. Analisando o registo fotográfico de 2014, é perceptível uma grande evolução do abatimento, fissuração e deterioração da drenagem no intradorso da via.		Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)					
																			Afundiamento da drenagem longitudinal a montante da via	3			
																			Drenagem longitudinal a descarregar sobre o talude de aterro	3			
																			Inclinação excessiva (Grande inclinação do talude de aterro)	4			
																			Abatimento e fissuração do pavimento	4			

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias Identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável pelas Medidas a Aplicar					
						Parcial				Global												
39.01																						
Vila Chã do Marão																						
N 312																						
Rua do Borrallheiro																						
41.293590, -8.049096																						
Talude de escavação (Maciço Granítico)																						
Presença de vegetação de médio e grande porte							4		Derrube de muro de divisão de propriedade		Danos físicos na propriedade privada; Fissuração localizada no pavimento; inutilização do sistema de drenagem.		1		6		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Estado de conservação do muro em blocos de betão é mau, sendo muito provável uma deterioração que leve ao derrube a curto prazo. Contudo esta estrutura não é de suporte da via, mas de delimitação do terreno privado. Porém o abatimento e fissuração na via deve-se a uma possível deformação do muro de suporte em pedra granítica.	
							5						2									
Talude rochoso fragmentado							3		Derrube de muro de suporte da via (pedra granítica)		Obstrução parcial da via		2		9		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Em reação ao abatimento do pavimento e suposto deslocamento horizontal no muro foram aplicadas vigotas pré-esforçadas (V3) na face do muro, encastreadas na base, na tentativa de estabilizar o muro. É aconselhado um levantamento topográfico ao muro, averiguar as supostas deformações e a partir desses dados voltar a avaliar o caso.	
							4						3									
Vegetação de pequeno porte no muro							3		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução total ou parcial da via		3		16		Reparação imediata		Relativamente à zona fragmentada, será aconselhado remover as rochas soltas, ou caso esta opção não seja viável um estudo para repor a estabilidade estrutural do talude.			
							2						4									
Inexistência de drenagem na rua a montante e restante crista							2		Queda ou tombamento de rochas do talude		Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferrir transeuntes		4		Nenhuma medida aplicada		Reparação imediata		Devido à proximidade da ladeira da Curvaceira da crista do talude e inexistência de drenagem nessa rua e restante crista, será aconselhado desmatar o talude rochoso e avaliar o seu estado de conservação.			
							3						4									
38.02																						
Vila Caiz																						
Rua do Carvalho																						
41.231400, -8.151060																						
Muro de suporte da via em pedra granítica																						
Abatimento do pavimento							4		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução parcial da via		2		6		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Estado de conservação do muro em blocos de betão é mau, sendo muito provável uma deterioração que leve ao derrube a curto prazo. Contudo esta estrutura não é de suporte da via, mas de delimitação do terreno privado. Porém o abatimento e fissuração na via deve-se a uma possível deformação do muro de suporte em pedra granítica.			
							3						3									
Inexistência de drenagem das águas pluviais na via							3		Derrube de muro de suporte da via		Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferrir transeuntes		3		9		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Em reação ao abatimento do pavimento e suposto deslocamento horizontal no muro foram aplicadas vigotas pré-esforçadas (V3) na face do muro, encastreadas na base, na tentativa de estabilizar o muro. É aconselhado um levantamento topográfico ao muro, averiguar as supostas deformações e a partir desses dados voltar a avaliar o caso.			
							2						3									
Guardas de proteção oxidadas com apoios danificados							2		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução total ou parcial da via		3		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Devido à proximidade da ladeira da Curvaceira da crista do talude e inexistência de drenagem nessa rua e restante crista, será aconselhado desmatar o talude rochoso e avaliar o seu estado de conservação.			
							3						4									
Vegetação de pequeno porte no muro							3		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução total ou parcial da via		3		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Em reação ao abatimento do pavimento e suposto deslocamento horizontal no muro foram aplicadas vigotas pré-esforçadas (V3) na face do muro, encastreadas na base, na tentativa de estabilizar o muro. É aconselhado um levantamento topográfico ao muro, averiguar as supostas deformações e a partir desses dados voltar a avaliar o caso.			
							2						3									
38.03																						
Vila Caiz																						
Rua Dna Maria Guedes																						
41.229728, -8.124744																						
Muro de suporte da via em pedra granítica																						
Abatimento do pavimento							4		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução parcial da via		2		6		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Estado de conservação do muro em blocos de betão é mau, sendo muito provável uma deterioração que leve ao derrube a curto prazo. Contudo esta estrutura não é de suporte da via, mas de delimitação do terreno privado. Porém o abatimento e fissuração na via deve-se a uma possível deformação do muro de suporte em pedra granítica.			
							3						3									
Inexistência de drenagem das águas pluviais na via							3		Derrube de muro de suporte da via		Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferrir transeuntes		3		9		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Em reação ao abatimento do pavimento e suposto deslocamento horizontal no muro foram aplicadas vigotas pré-esforçadas (V3) na face do muro, encastreadas na base, na tentativa de estabilizar o muro. É aconselhado um levantamento topográfico ao muro, averiguar as supostas deformações e a partir desses dados voltar a avaliar o caso.			
							2						3									
Guardas de proteção oxidadas com apoios danificados							2		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução total ou parcial da via		3		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Devido à proximidade da ladeira da Curvaceira da crista do talude e inexistência de drenagem nessa rua e restante crista, será aconselhado desmatar o talude rochoso e avaliar o seu estado de conservação.			
							3						4									
Vegetação de pequeno porte no muro							3		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução total ou parcial da via		3		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Em reação ao abatimento do pavimento e suposto deslocamento horizontal no muro foram aplicadas vigotas pré-esforçadas (V3) na face do muro, encastreadas na base, na tentativa de estabilizar o muro. É aconselhado um levantamento topográfico ao muro, averiguar as supostas deformações e a partir desses dados voltar a avaliar o caso.			
							2						3									
39.01																						
Vila Chã do Marão																						
N 312																						
Rua do Borrallheiro																						
41.293590, -8.049096																						
Talude de escavação (Maciço Granítico)																						
Presença de vegetação de médio e grande porte							4		Derrube de muro de divisão de propriedade		Danos físicos na propriedade privada; Fissuração localizada no pavimento; inutilização do sistema de drenagem.		1		6		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Estado de conservação do muro em blocos de betão é mau, sendo muito provável uma deterioração que leve ao derrube a curto prazo. Contudo esta estrutura não é de suporte da via, mas de delimitação do terreno privado. Porém o abatimento e fissuração na via deve-se a uma possível deformação do muro de suporte em pedra granítica.			
							5						2									
Talude rochoso fragmentado							3		Derrube de muro de suporte da via (pedra granítica)		Obstrução parcial da via		2		9		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Em reação ao abatimento do pavimento e suposto deslocamento horizontal no muro foram aplicadas vigotas pré-esforçadas (V3) na face do muro, encastreadas na base, na tentativa de estabilizar o muro. É aconselhado um levantamento topográfico ao muro, averiguar as supostas deformações e a partir desses dados voltar a avaliar o caso.			
							4						3									
Vegetação de pequeno porte no muro							3		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução total ou parcial da via		3		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Devido à proximidade da ladeira da Curvaceira da crista do talude e inexistência de drenagem nessa rua e restante crista, será aconselhado desmatar o talude rochoso e avaliar o seu estado de conservação.			
							2						4									
Inexistência de drenagem na rua a montante e restante crista							2		Queda ou tombamento de rochas do talude		Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferrir transeuntes		4		Nenhuma medida aplicada		Reparação imediata		Relativamente à zona fragmentada, será aconselhado remover as rochas soltas, ou caso esta opção não seja viável um estudo para repor a estabilidade estrutural do talude.			
							3						4									
38.02																						
Vila Caiz																						
Rua do Carvalho																						
41.231400, -8.151060																						
Muro de suporte da via em pedra granítica																						
Abatimento do pavimento							4		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução parcial da via		2		6		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Estado de conservação do muro em blocos de betão é mau, sendo muito provável uma deterioração que leve ao derrube a curto prazo. Contudo esta estrutura não é de suporte da via, mas de delimitação do terreno privado. Porém o abatimento e fissuração na via deve-se a uma possível deformação do muro de suporte em pedra granítica.			
							3						3									
Inexistência de drenagem das águas pluviais na via							3		Derrube de muro de suporte da via		Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferrir transeuntes		3		9		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Em reação ao abatimento do pavimento e suposto deslocamento horizontal no muro foram aplicadas vigotas pré-esforçadas (V3) na face do muro, encastreadas na base, na tentativa de estabilizar o muro. É aconselhado um levantamento topográfico ao muro, averiguar as supostas deformações e a partir desses dados voltar a avaliar o caso.			
							2						3									
Guardas de proteção oxidadas com apoios danificados							2		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução total ou parcial da via		3		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Devido à proximidade da ladeira da Curvaceira da crista do talude e inexistência de drenagem nessa rua e restante crista, será aconselhado desmatar o talude rochoso e avaliar o seu estado de conservação.			
							3						4									
Vegetação de pequeno porte no muro							3		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução total ou parcial da via		3		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Em reação ao abatimento do pavimento e suposto deslocamento horizontal no muro foram aplicadas vigotas pré-esforçadas (V3) na face do muro, encastreadas na base, na tentativa de estabilizar o muro. É aconselhado um levantamento topográfico ao muro, averiguar as supostas deformações e a partir desses dados voltar a avaliar o caso.			
							2						3									
39.01																						
Vila Chã do Marão																						
N 312																						
Rua do Borrallheiro																						
41.293590, -8.049096																						
Talude de escavação (Maciço Granítico)																						
Presença de vegetação de médio e grande porte							4		Derrube de muro de divisão de propriedade		Danos físicos na propriedade privada; Fissuração localizada no pavimento; inutilização do sistema de drenagem.		1		6		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Estado de conservação do muro em blocos de betão é mau, sendo muito provável uma deterioração que leve ao derrube a curto prazo. Contudo esta estrutura não é de suporte da via, mas de delimitação do terreno privado. Porém o abatimento e fissuração na via deve-se a uma possível deformação do muro de suporte em pedra granítica.			
							5						2									
Talude rochoso fragmentado							3		Derrube de muro de suporte da via (pedra granítica)		Obstrução parcial da via		2		9		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Em reação ao abatimento do pavimento e suposto deslocamento horizontal no muro foram aplicadas vigotas pré-esforçadas (V3) na face do muro, encastreadas na base, na tentativa de estabilizar o muro. É aconselhado um levantamento topográfico ao muro, averiguar as supostas deformações e a partir desses dados voltar a avaliar o caso.			
							4						3									
Vegetação de pequeno porte no muro							3		Derrube de muro de suporte da via		Obstrução total ou parcial da via		3		Nenhuma medida aplicada		Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.		Devido à proximidade da ladeira da Curvaceira da crista do talude e inexistência de drenagem nessa rua e restante crista, será aconselhado desmatar o talude rochoso e avaliar o seu estado de conservação.			
							2						4									
Inexistência de drenagem na rua a montante e restante crista							2		Queda ou tombamento de rochas do talude		Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferrir transeuntes		4		Nenhuma medida aplicada		Reparação imediata		Relativamente à zona fragmentada, será aconselhado remover as rochas soltas, ou caso esta opção não seja viável um estudo para repor a estabilidade estrutural do talude.			
							3						4									

CAPÍTULO 10

ID	Freguesia	Via	Rua	Coordenadas	Elemento em Estudo	Anomalias Identificadas	Estado de Conservação	Potencial Modo de Falha	Potencial Consequências de Falha	Severidade	RPN	Medidas de Controlo Atuais	Priorização	Observações	Data	Medidas a Aplicar	Responsável pelas Medidas a Aplicar
							Parcial	Global			Parcial	Global					
40.02	Vila Garcia	CM 1206	Rua de Vales	41.317499, -8.083795	Muro em pedra granítica em fase de construção	Antecedente de deslizamento do talude Deficiente conceção da drenagem transversal Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	0 4 3	Ignorar as condições de drenagem, ou má conceção do sistema de drenagem.	Transbordio das águas sob a via, e consequente instabilização estrutural do muro e taludes adjacentes.	2 2	6	Reparação a médio prazo (3-5 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	Apesar do caso não ser considerado prioritário, devido à ténue severidade do modo de falha, é urgente fiscalizar o projeto e obras a decorrer para evitar erros de conceção.	Fiscalizar o projeto e obras	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)		
40.01	Vila Garcia	CM 1206	Rua do Alambique	41.313562, -8.090191	Talude de suporte da via (Sedimentar)	Tombamento de uma porção do talude Inexistência de drenagem na crista do talude Inclinação excessiva (Corte do talude próximo da verticalidade)	4 3 4	Novo deslizamento do talude de suporte da via (mesmo local onde se verificou o deslize anterior)	Obstrução parcial da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferris transeuntes Destrução de uma parcela de vinha a jusante do talude	3 3	12	Reparação imediata	É aconselhado prolongar o muro em pedra adjacente à área do talude que sofreu o tombamento e aplicar na crista de todo o talude e muro um sistema de drenagem eficaz.	Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)		
39.05	Vila Chã do Marão		Rua da Pedra	41.289165, -8.026505	Talude de suporte da via (Aterro)	Inclinação excessiva (Corte do talude próximo da verticalidade) Abatimento do pavimento Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	4 4 3	Novo deslizamento do talude de suporte da via (mesmo local onde se verificou o deslize anterior)	Obstrução parcial ou total da via	3 2	8	Reparação a curto prazo (1-2 anos) Garantir uma boa manutenção, verificar a evolução das anomalias regularmente.	É importante relembrar que em caso de interrupção da via devido a um deslizamento do talude de suporte, existem alternativas para os residentes terem acesso às suas propriedades. Bem como devido à redução dimensão vertical do talude, o deslizamento deste não apresenta um risco para os transeuntes.	Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)		
39.04	Vila Chã do Marão		Rua da Ribeira	41.300607, -8.031203	Talude de suporte da via (Aterro)	Talude não compactado Existência de ponto de água a montante da via Inexistência de drenagem das águas pluviais na via	2 1 1	Deslizamento do talude de suporte da via	Obstrução parcial da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferris transeuntes	2 2	4	Nenhuma medida aplicada Garantir uma boa manutenção, mitigar os efeitos das anomalias.	Devido à não compactação do talude, são esperados pequenos deslizamentos sem consequência para a via, de notar que é visível o crescimento de vegetação rasteira no talude, fato favorável à estabilidade da estrutura.	Manter o elemento sob vigilância / Mitigar o efeito das anomalias	Unidades orgânicas responsáveis pela conservação das estruturas (DCT / ETM)		
39.03	Vila Chã do Marão		Rua do Burgo	41.298677, -8.034754	Muro de suporte da via em pedra granítica	Abatimento do pavimento Deslocação de blocos de pedra do muro Pedra constituinte do muro porbre, facilmente fracionada com um martelo	4 5 3	Derrube de muro de suporte da via	Obstrução parcial ou total da via Possibilidade de danificar veículos motorizados e ferris transeuntes	4 4	16	Reparação imediata	É aconselhado a elaboração de um projeto para repor os requisitos de estabilidade da via, salvaguardando as condições de drenagem.	Elaboração de estudo e posteriormente projeto	Unidade Técnica de Projeto (UTP)		