

final

Engenharia Natural na Estabilização de Taludes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ricardo Jorge Cardoso Simão

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

outubro | 2013

T/M UHA
624
SIM Eng
Ex.2

73286
KOHHA

Engenharia Natural na Estabilização de Taludes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ricardo Jorge Cardoso Simão

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

UNIVERSIDADE DA MADEIRA
SECTOR DE DOCUMENTAÇÃO
E ARQUIVO

ORIENTAÇÃO
Domingos Manuel Martins Rodrigues



ENGENHARIA NATURAL NA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

Ricardo Jorge Cardoso Simão

Dissertação apresentada à Universidade da Madeira para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em **Engenharia Civil**

Funchal, Setembro de 2013



ENGENHARIA NATURAL NA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

Ricardo Jorge Cardoso Simão

Licenciado em Engenharia Civil

Orientador:

Prof.º Doutor Domingos Manuel Martins Rodrigues

Dissertação apresentada à Universidade da Madeira para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em **Engenharia Civil**

Funchal, Setembro de 2013

“...sub domínio da Engenharia Civil, que prossegue objetivos técnicos, ecológicos, criativos, construtivos e económicos, sobretudo através da utilização de materiais construtivos vivos, ou seja, sementes, plantas, partes de plantas e associações vegetais. É utilizada por vezes como substituto, mas principalmente como complemento útil e necessário das técnicas clássicas de Engenharia Civil.”

H.M. Schiechl

Índice Geral

AGRADECIMENTOS	IX
RESUMO	XI
ABSTRACT	XIII
PALAVRAS CHAVE	XV
KEY WORDS	XV
ÍNDICE DE TEXTO	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS	XXIV
ÍNDICE DE QUADROS	XXVIII
CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2	
A IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS NA ENGENHARIA NATURAL	4
CAPÍTULO 3	
CONSIDERAÇÕES SOBRE OS SOLOS	13
CAPÍTULO 4	
MOVIMENTOS DE VERTENTES	24
CAPÍTULO 5	
A ENGENHARIA NATURAL	36
CAPÍTULO 6	
OS PRINCIPAIS TIPOS DE TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL NA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES	45
CAPÍTULO 7	
ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA ILHA DA MADEIRA	81
CAPÍTULO 8	
CASOS DE ESTUDO	85

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES FINAIS.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXO I.....	105
ANEXO II	153
ANEXO III.....	201

Agradecimentos

Agradeço, mais que tudo, à minha esposa e filhota pelo amor com que me apoiaram, estimularam e, principalmente, pela paciência ao longo do meu percurso académico.

Aos meus familiares próximos que sempre me protegeram nas minhas decisões mais importantes.

Ao Professor Domingos Rodrigues agradeço pela sua orientação atenciosa, pela disponibilidade de ajuda nos objetivos, pela partilha de experiência e transmissão de conhecimentos.

Ao Engenheiro César Pestana e à Engenheira Cristina Medeiros, por todo o apoio prestado e bibliografia sugerida.

Agradeço à Câmara Municipal de São Vicente, pela mão do Engenheiro Sílvio Fernandes, todo o apoio e disponibilidade prestada.

Também agradeço ao Laboratório Regional de Engenharia Civil, pela pessoa do Engenheiro Fernando Vieira e pela Engenheira Délia Sousa, por todo o apoio prestado na realização de ensaios geotécnicos.

Aos meus amigos e colegas que me acompanharam durante toda a minha formação, que com o seu companheirismo, colaboração e perseverança contribuíram fortemente para minha formação.

Por fim, agradeço a todos os professores que ao longo do meu percurso académico, se empenharam e sacrificaram para que sempre obtivesse os melhores resultados, não deixando que ficasse perdido no meio do longo e penoso caminho.

Resumo

Na presente dissertação é feita uma abordagem da problemática associada à instabilidade de taludes, destacando-se as técnicas de engenharia natural usadas para o controlo de situações de instabilidade e de movimentos de vertentes. A ilha da Madeira, devido à sua morfologia, características geológicas e episódios de precipitação intensa, revela uma enorme tendência à ocorrência destes movimentos.

Como prevenção à instabilidade de um talude é essencial proceder ao levantamento de vários métodos de monitorização e estabilização, assim como definir os riscos associados aos movimentos de vertentes, identificando os seus diferentes tipos e como se iniciam.

O trabalho apresentado nesta dissertação tem como objetivos: identificar e tipificar os principais problemas dos taludes e encostas; identificar os aspetos mais importantes do conhecimento das técnicas de reabilitação de taludes e encostas; propor uma metodologia geral de intervenção na reabilitação dos taludes; propor medidas de intervenção e melhoria dos taludes e encostas e, por fim, verificar a aplicabilidade das medidas e metodologias propostas em estudos de casos.

No que concerne aos estudos de caso, estes englobaram três ocorrências de deslizamento em áreas distintas do concelho de São Vicente. Procedeu-se ao levantamento da caracterização geral de campo, estudos prévios e projeto de execução de cada uma das áreas a intervir.

Procurou-se uma técnica de engenharia natural que fosse ao encontro das necessidades dos terrenos em questão, tentando sempre enquadrar as soluções paisagísticas no meio envolvente. Os sistemas vivos a aplicar nas diferentes áreas de estudo, tiveram em conta a localização de São Vicente em plena Floresta Laurissilva tendo-se, ainda, especial cuidado na seleção de espécies endémicas da região.

Abstract

In the following essay we approach to several problems associated with slope instability, including natural engineering techniques used to monitoring situations of instability and movements of sheds. Madeira Island, due to its morphology, geological features and episodes of intense precipitation, reveals a huge trend in the occurrence of these movements.

To prevent slope instability, the gathering of several procedures and methods of monitoring and stabilization is essential, as well as define the risks associated with movements of sheds, identifying their different types and how they used to initiate.

The work presented in this dissertation aims to: identify and typify the main problems of the embankments and slopes; identify the most important aspects and knowledge of techniques for rehabilitation of embankments and slopes; propose a general methodology of intervention on rehabilitation of embankments; propose intervention measures and improvement of slopes and hillsides and, finally, verify the applicability of the measures and proposed methodologies in case studies.

Regarding the case studies, these encompassed three occurrences in different sliding areas of the municipality of São Vicente. We proceeded to the gathering of information about the general characterizations of the areas, prior studies and execution project of each area that needed intervention.

I tried to use a natural engineering technique to assure that it was the most reliable for that kind of land, always trying to enclose the landscape solutions in the surrounding areas. The living systems used and applied in the different areas of study were selected according to the location of São Vicente in the Laurissilva forest and yet, we took special attention and care in the selection of endemic species of the region.

Palavras-chave

Engenharia Natural, Sustentabilidade, Erosão, Movimentos de Vertente, Estabilização de Taludes, Vegetação.

Keywords

Natural Engineering, Sustainability, Erosion, Movements Strand, Slope Stabilization, Vegetation.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONTEXTO E ASPETOS GERAIS.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	2
CAPÍTULO 2.....	4
A IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS NA ENGENHARIA NATURAL.....	4
2.1 SELEÇÃO DAS SEMENTES.....	5
2.2 EFEITO DAS RAÍZES.....	7
2.3 EFEITO HIDROLÓGICO.....	9
2.4 EFEITO POSITIVO DAS PLANTAS.....	11
2.5 EFEITO NEGATIVO DAS PLANTAS.....	12
CAPÍTULO 3.....	13
CONSIDERAÇÕES SOBRE OS SOLOS.....	13
3.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA.....	14
3.1.1 <i>Preparação das Amostras.....</i>	<i>14</i>
3.1.1.1 <i>Peneiração de Solo Grosso.....</i>	<i>15</i>
3.1.1.2 <i>Peneiração de Solo Fino.....</i>	<i>16</i>
3.1.1.3 <i>Sedimentação.....</i>	<i>17</i>
3.2 LIMITES DE CONSISTÊNCIA.....	18
3.2.1 <i>Concha de Casagrande.....</i>	<i>20</i>
3.2.1.1 <i>Limite de Liquidez.....</i>	<i>20</i>
3.2.1.2 <i>Limite de Plasticidade.....</i>	<i>22</i>
CAPÍTULO 4.....	24
MOVIMENTOS DE VERTENTES.....	24
CAPÍTULO 5.....	36
A ENGENHARIA NATURAL.....	36
CAPÍTULO 6.....	45
OS PRINCIPAIS TIPOS DE TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL NA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES.....	45
6.1 ESTACAS VIVAS.....	45
6.1.1 <i>Descrição.....</i>	<i>45</i>
6.1.2 <i>Objetivo e Âmbito da Intervenção.....</i>	<i>46</i>
6.1.3 <i>Materiais.....</i>	<i>46</i>
6.1.4 <i>Período de Execução.....</i>	<i>46</i>

6.1.5	<i>Vantagens</i>	46
6.1.6	<i>Desvantagens</i>	47
6.1.7	<i>Manutenção</i>	47
6.1.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	47
6.2	MURO VIVO TIPO “CRIBWALL”	47
6.2.1	<i>Descrição</i>	47
6.2.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	49
6.2.3	<i>Materiais</i>	54
6.2.4	<i>Período de execução</i>	55
6.2.5	<i>Vantagens</i>	55
6.2.6	<i>Desvantagens</i>	55
6.2.7	<i>Manutenção</i>	55
6.2.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	55
6.3	GRADE VIVA.....	56
6.3.1	<i>Descrição</i>	56
6.3.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	57
6.3.3	<i>Materiais</i>	58
6.3.4	<i>Período de execução</i>	58
6.3.5	<i>Vantagens</i>	58
6.3.6	<i>Desvantagens</i>	58
6.3.7	<i>Manutenção</i>	58
6.3.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	59
6.4	TERRA REFORÇADA	59
6.4.1	<i>Descrição</i>	59
6.4.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	60
6.4.3	<i>Materiais</i>	60
6.4.4	<i>Período de execução</i>	60
6.4.5	<i>Vantagens</i>	60
6.4.6	<i>Desvantagens</i>	60
6.4.7	<i>Manutenção</i>	61
6.4.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	61
6.5	PALIÇADA VIVA.....	61
6.5.1	<i>Descrição</i>	61
6.5.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	62
6.5.3	<i>Materiais</i>	63
6.5.4	<i>Período de execução</i>	63
6.5.5	<i>Vantagens</i>	63
6.5.6	<i>Desvantagens</i>	64
6.5.7	<i>Manutenção</i>	64

6.5.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	64
6.6	MUROS DE PEDRA COM VEGETAÇÃO	65
6.6.1	<i>Descrição</i>	65
6.6.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	65
6.6.3	<i>Materiais</i>	65
6.6.4	<i>Período de execução</i>	65
6.6.5	<i>Vantagens</i>	66
6.6.6	<i>Desvantagens</i>	66
6.6.7	<i>Manutenção</i>	66
6.6.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	66
6.7	GABIÕES VIVOS	67
6.7.1	<i>Descrição</i>	67
6.7.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	67
6.7.3	<i>Materiais</i>	68
6.7.4	<i>Período de execução</i>	68
6.7.5	<i>Vantagens</i>	68
6.7.6	<i>Desvantagens</i>	68
6.7.7	<i>Manutenção</i>	68
6.7.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	69
6.8	GEOTÊXTIS E GEOMALHAS VIVAS	69
6.8.1	<i>Descrição</i>	69
6.8.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	70
6.8.3	<i>Materiais</i>	70
6.8.4	<i>Período de execução</i>	70
6.8.5	<i>Vantagens</i>	70
6.8.6	<i>Desvantagens</i>	70
6.8.7	<i>Manutenção</i>	70
6.8.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	71
6.9	LEITO DE VEGETAÇÃO OU DE RAMAGEM	71
6.9.1	<i>Descrição</i>	71
6.9.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	71
6.9.3	<i>Materiais</i>	72
6.9.4	<i>Período de execução</i>	72
6.9.5	<i>Vantagens</i>	72
6.9.6	<i>Desvantagens</i>	72
6.9.7	<i>Manutenção</i>	72
6.9.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	72
6.10	FAXINAS VIVAS	73
6.10.1	<i>Descrição</i>	73
6.10.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	73

6.10.3	<i>Materiais</i>	74
6.10.4	<i>Período de Execução</i>	74
6.10.5	<i>Vantagens</i>	74
6.10.6	<i>Desvantagens</i>	74
6.10.7	<i>Manutenção</i>	74
6.10.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	75
6.11	BARREIRAS DE CONTENÇÃO DE SOLO	75
6.11.1	<i>Descrição</i>	75
6.11.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	76
6.11.3	<i>Materiais</i>	76
6.11.4	<i>Período de execução</i>	76
6.11.5	<i>Vantagens</i>	76
6.11.6	<i>Desvantagens</i>	76
6.11.7	<i>Manutenção</i>	76
6.11.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	76
6.12	SEMENTEIRA	77
6.12.1	<i>Descrição</i>	77
6.12.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	77
6.12.3	<i>Materiais</i>	77
6.12.4	<i>Período de execução</i>	77
6.12.5	<i>Vantagens</i>	77
6.12.6	<i>Desvantagens</i>	78
6.12.7	<i>Manutenção</i>	78
6.12.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	78
6.13	HIDROSSEMENTEIRA	79
6.13.1	<i>Descrição</i>	79
6.13.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	79
6.13.3	<i>Materiais</i>	79
6.13.4	<i>Período de execução</i>	80
6.13.5	<i>Vantagens</i>	80
6.13.6	<i>Desvantagens</i>	80
6.13.7	<i>Manutenção</i>	80
6.13.8	<i>Exemplos de Aplicação</i>	80
CAPÍTULO 7	.....	81
ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA ILHA DA MADEIRA	.....	81
CAPÍTULO 8	.....	85
CASOS DE ESTUDO	.....	85
8.1 SÍTIO DO POISO	.....	88

8.1.1	<i>Descrição</i>	88
8.1.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	88
8.1.3	<i>Eficiência Técnica e Ecológica</i>	88
8.1.4	<i>Vantagens</i>	89
8.1.5	<i>Materiais de Construção e as suas Características</i>	89
8.1.6	<i>Ensaio</i>	89
8.1.7	<i>Método Construtivo</i>	90
8.1.8	<i>Pormenores de Construção</i>	90
8.1.9	<i>Dimensionamento</i>	91
8.1.10	<i>Manutenção</i>	91
8.2	SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS	92
8.2.1	<i>Descrição</i>	92
8.2.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	92
8.2.3	<i>Eficiência Técnica e Ecológica</i>	92
8.2.4	<i>Vantagens</i>	93
8.2.5	<i>Materiais de Construção e as suas Características</i>	93
8.2.6	<i>Ensaio</i>	93
8.2.7	<i>Método Construtivo</i>	94
8.2.8	<i>Pormenores de Construção</i>	94
8.2.9	<i>Dimensionamento</i>	94
8.2.10	<i>Manutenção</i>	94
8.3	SÍTIO DOS CARDAIS	96
8.3.1	<i>Descrição</i>	96
8.3.2	<i>Objetivo e Âmbito da Intervenção</i>	96
8.3.3	<i>Eficiência Técnica e Ecológica</i>	96
8.3.4	<i>Vantagens</i>	97
8.3.5	<i>Materiais de Construção e as suas Características</i>	97
8.3.6	<i>Ensaio</i>	97
8.3.7	<i>Método Construtivo</i>	98
8.3.8	<i>Pormenores de Construção</i>	99
8.3.9	<i>Dimensionamento</i>	99
8.2.10	<i>Manutenção</i>	99
CAPÍTULO 9	.....	100
CONCLUSÕES FINAIS	.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	101

ANEXO I	105
ANEXO II	153
ANEXO III	201

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do efeito das raízes em taludes.	7
Figura 2 – Tipos de reforços de taludes por raízes.	8
Figura 3 – Fluxograma do ciclo hidrológico de um solo sem vegetação.	10
Figura 4 – Fluxograma do ciclo hidrológico de um solo com vegetação.	10
Figura 5 – Interações vegetação-água-solo.	11
Figura 6 – Processo de formação do solo.	13
Figura 7 – Preparação das amostras.	15
Figura 8 – Série de peneiros grossos.	16
Figura 9 – Série de peneiros finos	16
Figura 10 – Processo de aquecimento da amostra.	17
Figura 11 – Agitador elétrico.	17
Figura 12 – Passagem da amostra pelo peneiro nº 200.	17
Figura 13 – Medição com o densímetro.	18
Figura 14 – Leitura da temperatura da amostra.	18
Figura 15 – Amostra ao fim de 24 horas.	18
Figura 16 – Comportamento dos solos com a variação do teor em água.	19
Figura 17 – Aparelho de Concha de Casagrande manual, ensaio do Limite de Liquidez.	20
Figura 18 – Aparelho de Concha de Casagrande automático, ensaio do Limite de Liquidez.	20
Figura 19 – Ensaio do limite de liquidez, passagem do cinzel.	21
Figura 20 – Método do ensaio Concha de Casagrande.	21
Figura 21 – Cápsulas de Vidro.	21
Figura 22 – Gráfico de um ensaio do limite de liquidez.	22
Figura 23 - Movimento rotacional com as posições.	24
Figura 24 - Esquema ilustrativo de queda de rocha.	26
Figura 25 – Queda de rocha, Ribeira da Janela - Madeira.	26
Figura 26 – Queda de rocha, Caminho da Fajã, São Vicente/Porto Moniz - Madeira.	26
Figura 27 - Esquema ilustrativo de um tombamento.	27
Figura 28 – Tombamento, Saint Jouin Breneval na Normandia - França.	27
Figura 29 – Tombamento.	27
Figura 30 - Esquema ilustrativo de um Escorregamento Rotacional.	28
Figura 31 – Escorregamento Rotacional, Holbech Hall, North Yorkshire - Inglaterra.	28
Figura 32 – Escorregamento Rotacional, La Conchita, Estados Unidos da América.	28
Figura 33 - Esquema ilustrativo de um Escorregamento Translacional.	29
Figura 34 – Escorregamento Translacional, praia do Bananal, Ilha Grande - Brasil.	29
Figura 35 – Escorregamento Translacional, Condado de Lewis, Estado de Washington – EUA.	29
Figura 36 - Esquema ilustrativo de um Espalhamento Lateral.	30
Figura 37 – Espalhamento Lateral, Loma Prieta, Califórnia - EUA.	30
Figura 38 - Esquema ilustrativo de um Fluxo de Detritos.	32
Figura 39 – Fluxo de Detritos.	32

Figura 40 - Esquema ilustrativo de uma Avalanche de Detritos.	33
Figura 41 – Avalanche de Detritos.	33
Figura 42 - Esquema ilustrativo de um Fluxo de Terra.	34
Figura 43 – Fluxo de Terra, Chalet Du Fer, Leysin – Suíça.	34
Figura 44 - Esquema ilustrativo de um Fluxo Lento de Terra.	35
Figura 45 - Esquema ilustrativo de um Fluxo Lento de Terra.	35
Figura 46 – Fluxo Lento de Terra, Chalk Grasslands, East Sussex– UK.	35
Figura 47 – Esquema de ilustra a Lei do mínimo.	40
Figura 48 – Exemplo de arbustos e sementes.	42
Figura 49 – Exemplo de madeiras, pedras, metais e geossintéticos.	42
Figura 50 – Esquema ilustrativo da aplicação de estacaria viva.	46
Figura 51 – Aplicação de estacaria viva.	47
Figura 52 – Aplicação de estacaria viva após três meses.	47
Figura 53 – Esquema ilustrativo da aplicação de um muro vivo.	48
Figura 54 - Exemplo do muro de suporte vivo duplo.	49
Figura 55 - Critério de cálculo simplificado.	49
Figura 56 – Fase de modelação prévia para a aplicação do Muro Vivo em Vila Nova de Gaia.	55
Figura 57 – Fase inicial de execução do Muro vivo. Aplicação da primeira fila de troncos.	55
Figura 58 – Após a conclusão do Muro Vivo. Acima do talude a aplicação de uma biomanta em rede de coco.	56
Figura 59 – 3 meses após a conclusão. O crescimento da vegetação.	56
Figura 60 – Esquema ilustrativo da aplicação de uma grade viva simples, dupla e tripla.	57
Figura 61 – Esquema ilustrativo da interação entre os troncos longitudinais da grade viva simples.	57
Figura 62 – Montagem de uma grade viva.	59
Figura 63 – Aplicação de uma grade viva no Parco del Secchia - Emilia-Romagna, Itália.	59
Figura 64 – Esquema ilustrativo da terra reforçada com vegetação.	59
Figura 65 – Início da obra com execução da base drenante.	61
Figura 66 – Compactação das camadas de solo do Muro Verde.	61
Figura 67 – Após a conclusão do Muro.	61
Figura 68 – Um mês após a execução da hidrossemeadura na face do Muro.	61
Figura 69 – Esquema ilustrativo de uma paliçada viva.	62
Figura 70 – Diagrama simplificado das deformações no caso de uma paliçada.	62
Figura 71 – Paliçada viva na Republica di San Marino, Itália.	64
Figura 72 – Aplicação de uma paliçada viva em caminhos pedestres.	64
Figura 73 – Aplicação de paliçada viva contenção de linha de água.	64
Figura 74 – Esquema ilustrativo da aplicação de muro de pedra com vegetação.	65
Figura 75 – Esquema ilustrativo da aplicação de um enrocamento com vegetação nas margens fluviais de linhas de água.	65
Figura 76 – Vegetação em Muros de Pedra.	66
Figura 77 – Enrocamento Vivo na margem de um rio.	66
Figura 78 – Esquema ilustrativo de gabiões vivos.	67
Figura 79 – Esquema ilustrativo de gabiões cilíndricos com vegetação.	67

Figura 80 – Gabião Vivo aplicado num talude.	69
Figura 81 – Gabião Vivo aplicado na margem de um rio.	69
Figura 82 – Esquema ilustrativo de geotexteis e geomalhas vivas.	69
Figura 83 – Esquema ilustrativo de geotexteis e geomalhas vivas.	71
Figura 84 – Esquema ilustrativo dum leito de vegetação e de ramagem.	71
Figura 85 – Esquema ilustrativo de um leito de vegetação e de ramagem.	72
Figura 86 – Esquema ilustrativo da aplicação de faxinas vivas.	73
Figura 87 – Esquema ilustrativo da aplicação de faxinas vivas em encostas.	73
Figura 88 – Faxinas vivas aplicadas em encostas.	75
Figura 89 – Aplicação das faxinas vivas em encostas.	75
Figura 90 – Esquema ilustrativo de uma barreira de contenção de solo.	75
Figura 91 – Esquema ilustrativo de uma barreira de contenção de solo com vegetação.	75
Figura 92 – Aplicações de barreiras de contenção de solo.	76
Figura 93 – Aplicações de barreiras de contenção de solo.	76
Figura 94 – Esquema ilustrativo da aplicação da sementeira a lanço.	77
Figura 95 – Aplicação de sementeira por lanço.	78
Figura 96 – Esquema ilustrativo da aplicação da hidrossementeira.	79
Figura 97 – Aplicação de hidrossementeira em taludes.	80
Figura 98 – Resultado final do semeio por hidrossementeira.	80
Figura 99 – Ilha da Madeira.	81
Figura 100 – Hipsometria da ilha da Madeira.	81
Figura 101 – Precipitação anual média da ilha da Madeira.	82
Figura 102 – Temperatura média do Ar da ilha da Madeira.	83
Figura 103 – Esboço Cartográfico dos Andares Bioclimáticos da ilha da Madeira.	84
Figura 104 – Derrocada no Sítio do Poiso, São Vicente.	86
Figura 105 – Derrocada no Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente.	86
Figura 106 – Derrocada no Sítio dos Cardais, São Vicente.	86
Figura 107 – Carta de solos da RAM.	87
Figura 108 – Carta de solos de São Vicente com local de recolha das amostras.	87
Figura 109 – Talude do Sítio do Poiso, São Vicente - Madeira.	88
Figura 110 – Pontos de recolha das amostras do talude do Sítio do Poiso, São Vicente - Madeira.	90
Figura 118 – Talude do Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente.	92
Figura 119 – Pontos de recolha das amostras no talude do Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente.	94
Figura 126 – Talude do Sítio dos Cardais, São Vicente.	96
Figura 127 – Pontos de recolha das amostras do talude do Sítio dos Cardais, São Vicente.	98

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Variáveis básicas para a seleção de mistura de espécies para.....	7
Quadro 2 – Influência dos efeitos hidrológicos da vegetação no solo.....	9
Quadro 3 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Queda Rochosa	26
Quadro 4 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Tombamento	27
Quadro 5 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Escorregamento Rotacional	29
Quadro 6 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Escorregamento Translacional.....	30
Quadro 7 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Espalhamento Lateral.....	31
Quadro 8 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Fluxo de Detritos	32
Quadro 9 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Avalanche de Detritos.....	33
Quadro 10 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Fluxo de Terra.....	34
Quadro 11 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Fluxo Lento de Terra.	35
Quadro 12 - Coeficientes Globais e parciais de segurança (NP, 2010).	53

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E ASPETOS GERAIS

Num mundo cada vez mais globalizado e centrado em desenvolvimentos económicos que possam render milhões, independentemente dos danos que possam causar ao meio ambiente, existe a necessidade de recorrer a novas tecnologias para colmatar esse tipo de problemas, mesmo que estas sejam adaptações de práticas já há muito tempo conhecidas.

A engenharia natural usa técnicas promissoras e consideradas alternativas viáveis para a resolução de casos de deterioração ambiental, particularmente aqueles que provêm do processo erosivo natural.

As técnicas de engenharia natural apresentam vantagens quanto à aplicabilidade económica e ambiental. Também fornecem condições favoráveis para o desenvolvimento vegetativo, custos reduzidos, utilização de materiais renováveis, dispensa de mão-de-obra especializada e ausência de maquinaria pesada, dependendo do tipo de obra a realizar.

Enquanto tecnologia, a engenharia natural pode ser vista como uma solução eficaz quando comparada com os convencionais métodos de engenharia civil, embora não solucione todos os problemas de instabilização de solos, taludes, controlo de erosão, entre outros. Como vantagens e limitações é necessário ter em conta vários fatores condicionantes dos quais se destacam, o solo, a hidrografia, o clima e a vegetação. Outros fatores também importantes são, o vento, a água, a temperatura e o próprio ser humano.

No que concerne ao êxito das obras de engenharia natural na estabilização de áreas com necessidades de intervenção, principalmente as de origem erosiva, dependerão de uma maior perceção das técnicas e das propriedades da vegetação.

O uso de vegetação como material de construção vivo é uma das principais razões para que os projetos nesta área de estudo estabeleçam uma elevada compatibilidade na integração ambiental.

1.2 OBJETIVOS

O trabalho apresentado nesta dissertação tem como principal objetivo a aplicabilidade da engenharia natural na estabilização de taludes. Desta forma, é necessário criar medidas de estabilização e de controlo para que, assim, seja possível criar um ambiente humano e ecologicamente equilibrado, com a reconstrução de novos ecossistemas autossustentáveis positivos para o ambiente.

Com base nos métodos de estabilização através da engenharia natural procura-se, ao longo desta dissertação, identificar e tipificar os principais problemas de instabilidade dos taludes e encostas, assim como identificar os aspetos a realçar no conhecimento das técnicas de intervenção.

A metodologia geral de intervenção e melhoria da reabilitação dos taludes e o impacto paisagístico destas estruturas são alguns dos objetivos a serem considerados ao longo deste trabalho.

Por fim, salienta-se a importância de outro dos objetivos principais que se baseia na aplicabilidade das medidas e metodologias propostas em estudos de casos. Estes casos promovem propostas de desenvolvimento, projeção e aplicação das técnicas de engenharia natural que mais se adequem às características gerais de São Vicente.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em nove capítulos, sendo que no capítulo um se apresenta uma breve introdução sobre o tema, os objetivos do trabalho e por fim, os sumários do conteúdo de cada capítulo.

No capítulo dois realça-se a importância das plantas no contexto da engenharia natural ao serviço da restauração ecológica e paisagística abordando-se, resumidamente, aspetos relacionados com a vegetação, com a sua importância na recuperação ambiental e no controlo da erosão.

No capítulo três salienta-se a importância da análise da composição dos solos em obras de engenharia. Para isso, é pertinente referir os tipos de solos existentes nas zonas de intervenção, a sua constituição, a sua granulometria e os resultados obtidos através de ensaios.

No capítulo quatro destacam-se vários métodos de monitorização e inclinações para que seja possível estimar os riscos inerentes a movimentos de vertentes, assim como a sua origem, diferentes tipos e a forma como podem atuar em situações reais de risco.

No capítulo cinco descreve-se a evolução da engenharia natural ao longo dos tempos, fazendo-se referência ao seu impulsionador, aos países que mais contribuíram para o seu desenvolvimento, datas marcantes e associações existentes. Também se descrevem as várias funções desempenhadas pela engenharia natural, os âmbitos de intervenção e os materiais a aplicar.

No capítulo seis apresenta-se as principais técnicas da engenharia natural na estabilização de taludes, assim como as características principais, os objetivos, os âmbitos de aplicação, as vantagens e desvantagens, a manutenção, os materiais e o período de execução de cada uma delas.

No capítulo sete é feita uma abordagem ao enquadramento geológico da ilha da Madeira, assim como às características gerais de São Vicente.

No capítulo oito é feita uma descrição pormenorizada das técnicas de intervenção possíveis de aplicar em cada um dos casos de estudos selecionados. Também se faz referência aos projetos de execução elaborados, ensaios geotécnicos e mapa de quantidades.

No capítulo nove é feita uma reflexão da aplicação da engenharia natural como solução no combate à instabilidade de taludes e controlo da erosão, tal como são descritas conclusões retiradas durante a realização do presente trabalho científico. Também são referidas sugestões para a probabilidade de uma futura aplicação das propostas apresentadas nos casos de estudo.

Capítulo 2

A IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS NA ENGENHARIA NATURAL

Ao longo dos tempos, o Homem foi constatando que a vegetação assumia um papel importante no controlo da erosão em diferentes superfícies e que a Engenharia Natural era uma excelente ferramenta para a estabilização de áreas instáveis. Assim, as áreas degradadas e com vestígios de erosão necessitam de uma série de cuidados especiais no que diz respeito a: drenagem, estabilidade geotécnica e coberto vegetal para que seja possível obter o sucesso dos trabalhos e a melhoria do aspeto paisagístico.

Para Pereira (2006) a escolha adequada das espécies e respetivas quantidades é fator decisivo no estabelecimento da vegetação e proteção contra os processos erosivos sendo, portanto, necessários conhecimentos técnicos que abranjam os aspetos climáticos, edáficos, fisiológicos e ambientais.

Contudo, antes de se iniciar um projeto, é necessário um conhecimento prévio das características dos diferentes tipos de solo onde se pretende trabalhar para que a vegetação cresça de forma positiva.

Em obras de engenharia natural, a vegetação exerce efeitos positivos e negativos nos taludes. Como efeitos positivos destacam-se (Lemes, 2001 *apud* Pinto, 2009: 18):

“ (...) a diminuição da quantidade de água que alcança o solo, provocada pela interceção da chuva por parte da folhagem: a remoção da humidade do solo pela evaporação e transpiração das plantas, tendo como consequência, a diminuição da poro-pressão positiva ou a elevação da sucção, o que acarreta um aumento da resistência ao cisalhamento do solo; o aumento da coesão do conjunto solo-raiz provocado pela resistência do sistema de raízes da vegetação, que aumenta substancialmente o coeficiente de segurança do talude e leva a um incremento de resistência ao cisalhamento disponível.”

Pereira (2006) também referencia como efeitos positivos o aumento da infiltração do solo, o controlo de erosão e a redução de transporte de sedimentos. Porém, como efeitos negativos destaca a redução da humidade do solo, o peso das árvores, a ação do vento nas árvores, os danos causados ao sistema de drenagem e a concentração do fluxo de água pluvial, através das raízes, assim como a erosão causada por plantas altas.

A aplicação de técnicas de engenharia natural, enquanto o problema erosivo ainda se encontra em fase inicial, revela uma economia significativa e minimiza o impacto no local e nas áreas adjacentes. Assim, a aplicação de vegetação nos projetos de engenharia natural, apresenta vantagens das quais se destacam:

- Uso de equipamentos de escavação mais leves o que leva a um reduzido custo e a um menor impacto ambiental;
- Maior facilidade de trabalho em terrenos onde é difícil o acesso com equipamentos pesados;
- Uso de plantas nativas que já estão adaptadas ao clima e às condições do solo do local a trabalhar.

Após longos anos de investigação constatou-se que, no início da construção, os troncos aplicados apresentavam estruturas bastantes firmes e que, ao longo do tempo, com o crescimento do sistema radicular da vegetação, apresentou um aumento na estabilização. Assim, uma vez que as plantas estão estabelecidas, o sistema de raízes fortalece o manto do solo e extrai o excesso de humidade o que contribui para a estabilidade da solução (Pinto, 2009).

Para Lemes (2001:3) o sucesso de um projeto de engenharia natural depende de uma importante seleção da vegetação a utilizar pois *“As superfícies de solo expostas ao intemperismo, formadas por trabalhos de terraplanagem, estão sujeitas a processos erosivos com consequências danosas, tanto para a obra em si, como para toda a região onde ela se localiza”*.

Também Pereira (2006) realça a necessidade de selecionar a vegetação que permite uma maior infiltração, menor escoamento superficial e proteção contra a erosão laminar. Assim, é essencial que se dê uma maior importância à seleção das sementes, ao efeito hidrológico e à eficácia das raízes quando se faz a escolha da vegetação a aplicar.

2.1 Seleção das sementes

Os fatores que influenciam a seleção das sementes para a proteção e recuperação ambiental são referenciados por Pereira (2006) dos quais se destacam:

- Edáficos: integração das espécies ao lugar onde será efetuada a recuperação ambiental sendo necessário ter em conta o pH, a fertilidade natural, a salinidade, a toxidez, a textura, a drenagem e a matéria orgânica.

- Climáticos: é o fator mais importante, porque tem origem natural e não podem ser reproduzidos. Deve-se ter em conta a tolerância à seca, às geadas, à precipitação anual, às temperaturas médias anuais, à humidade relativa e, por último, ao défice hídrico da região.
- Ambientais: têm como base a função do tempo de espera para o seu crescimento e na estabilidade no antes e após recuperação. Assim destacam-se:
 - Longevidade: consoante o objetivo da proteção do solo, se é temporário ou definitivo, deverão ser escolhidas espécies diferentes: anuais, bianuais, de ciclo curto ou de ciclo longo.
 - Produção de biomassa: deve ter-se em consideração o nível de matéria orgânica presente no solo, o nível de recobrimento pretendido e a profundidade necessária das raízes para a correta estabilidade do talude.
 - Crescimento e efeitos paisagísticos: dependendo do tipo de vegetação selecionada e da obrigatoriedade, ao longo do tempo, de manutenção;
 - Infertilidade dos solos: as zonas afetadas por erosão carecem, muitas vezes, de cuidados especiais. Como, em muitos casos, apresentam solos inférteis, é necessário melhorar os seus níveis de infertilidade, recorrendo a fertilizantes e adubos sintéticos.
 - Biodiversidade: é necessária a aplicação de um elevado número de espécies porque irá cooperar para o aumento da biodiversidade, com a atração de pássaros e animais.

Para Pereira (2006) é de salientar que o sucesso do plantio depende das características das sementes sendo, para isso, essencial que se analise a sua capacidade evolutiva através da germinação, estado de pureza e eficácia inicial das sementes. É de salientar que as taxas mínimas de semeio devem ser suficientes para que, em condições ideais de plantio, exponham elevadas taxas de recobrimento do solo em um determinado período de tempo.

Para a seleção dos tipos de espécies que podem se misturar aquando da sua plantação, Pereira (2006) faz referência às variáveis que devem ser tidas em conta, para que seja possível garantir a recuperação do solo, a proteção da erosão e a estabilidade dos taludes.

Quadro 1 – Variáveis básicas para a seleção de mistura de espécies para controle de erosão e áreas degradadas

Fonte: (Pereira, 2006)

ITEM	VARIÁVEIS	NÍVEIS		
		A	B	C
1	Objetivo	Segurança	Revegetar	Estético
2	Longevidade	Anual	Bianual	Perene
3	Proteção Requerida	Pequena	Parcial	Total
4	Tipo de Impacto	Desnuda	Degradada	Erodida
5	Tipo de Área	Alagada	Estável	Instável
6	Topografia	Plana	Inclinada	Muito Inclinada
7	Fertilidade Natural	Baixa	Média	Estéril
8	Produção de Biomassa	Baixa	Média	Alta
9	Biodiversidade do Local	Não há	Baixa	Alta
10	Formação (tempo)	Curto	Médio	Longo prazo
11	Tolerância ao Clima	Seca	Fogo	Alagamento
12	Tolerância Edáfica	Acidez	Salinidade	Sombra
13	Toxidez do solo	Baixa	Média	Alta
14	Porte da Planta	Rasteiro	Média	Alto
15	Raízes (profundidade)	Rasa	Média	Profunda

2.2 Efeito das Raízes

A fixação da vegetação ao solo é da responsabilidade das raízes que, além de absorverem a água, servem de reservatório aos nutrientes importantes para o desenvolvimento da vegetação. A quantidade de nutrientes absorvidos e reservados depende de propriedades das raízes tais como o diâmetro e a profundidade em que se encontra (Pinto, 2009).



Figura 1 – Ilustração do efeito das raízes em taludes.

Fonte: (Zeh, 2007)

Segundo Pinto (2009) em tempos de seca é criado, através do enraizamento profundo, um sistema auxiliar de raízes de absorção, o qual permanece no solo até que a chuva atinja a superfície. Quando os níveis de seca atingem um patamar mais elevado, as raízes intermediárias também podem produzir, elas próprias, um sistema auxiliar de raízes.

Assim, no que concerne ao controle de escorregamentos, o comportamento das raízes é bastante satisfatório, aquando da sua penetração através da superfície de rutura. Para verificarmos a influência do reforço de raízes em taludes, sobre diferentes condições de subsolo, é apresentado na figura 2 um esquema onde demonstra alguns tipos de taludes reforçados por raízes, podendo mesmo serem considerados para estudos onde se apliquem raízes para o reforço do solo (Pinto, 2009)

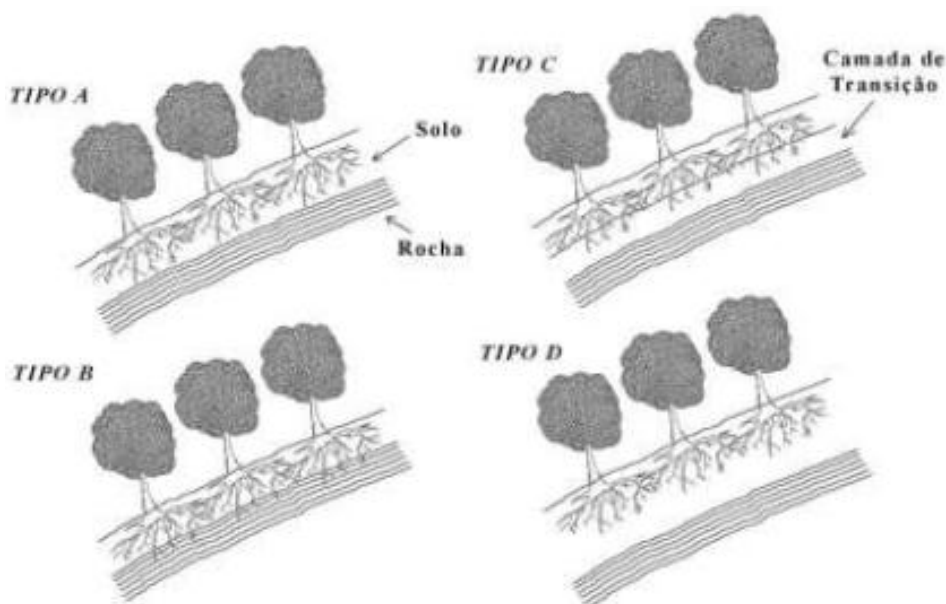


Figura 2 – Tipos de reforços de taludes por raízes.
Fonte: (Pinto, 2009)

Analisando os esquemas apresentados na figura 2, constata-se que no tipo A, a manta de solo é totalmente reforçada com raízes, mas não consegue penetrar na rocha, tornando a superfície frágil. No tipo B, as raízes conseguem penetrar nas fraturas da rocha, fixando desta forma grandes quantidades de camadas de solo. No caso do tipo C, as raízes conseguem transpor uma camada de transição, onde a resistência às tensões tangenciais e a densidade se vão desenvolvendo com a profundidade. Por último, no tipo D, a solidez do talude encontra-se ameaçada, fazendo com que o reforço mecânico para a sua estabilização não seja o suficiente, pois se houvesse movimentos estes ocorreriam abaixo da espessa camada de solo (Pinto, 2009).

2.3 Efeito Hidrológico

O comportamento do solo é, muitas vezes, alterado por diversos fatores no qual se inclui a vegetação. Devido à forma como a vegetação é distribuída pelo espaço, o efeito hidrológico consegue influenciar a forma como a água chega, entra e é retirada do solo. No que concerne ao efeito hidrológico, podemos observar no quadro 2 as suas consequências quando este se encontra diretamente em contato com o solo.

Quadro 2 – Influência dos efeitos hidrológicos da vegetação no solo

Fonte: (Lemes, 2001 *apud* Pinto, 2009)

EFEITO HIDROLÓGICO	INFLUÊNCIA
A interseção das chuvas pelas folhas resulta:	
Absorção e Evaporação reduzindo a água disponível para a infiltração.	Benéfico
Redução da energia das gotas da chuva e consequentemente da erosão.	Benéfico
Aumento no tamanho das gotas que caem, aumentando assim a chuva localizada.	Adverso
Os caules e folhas, ao interagirem com o fluxo de superfície, resultam:	
Maior armazenamento e maior volume de água armazenada.	Adverso/Benéfico
Grande irregularidade no fluxo de água, reduzindo a sua velocidade.	Benéfico
As raízes provocam no solo:	
Aberturas na superfície permitindo a infiltração.	Adverso
Absorção da humidade, a qual é perdida na atmosfera por transpiração.	Benéfico
Redução da poro-pressão, aumento da sucção e, consequentemente, da resistência do solo.	Benéfico
Aumento da quantidade de canalículos no solo, resultando em aumentos da permeabilidade.	Adverso

O ciclo hidrológico é muito complexo, pois quando estamos na presença de solo sem vegetação, a água chega na sua totalidade ao solo sendo que uma parte é absorvida por ele e a outra, que está em excesso, escorre superficialmente. Contudo, quando estamos na presença de um solo com vegetação, o cenário é outro, pois a vegetação vai reter uma porção de água. Essa quantidade absorvida pode dividir-se em três: uma é sugada pela planta, outra evapora dos caules e das folhas e a última chega ao solo. Esta, por sua vez, também se reparte em três: uma é infiltrada no terreno, a outra escoar superficialmente e a última parte evapora-se. Nas figuras 3 e 4, é explicado em fluxograma o ciclo hidrológico de um solo sem vegetação e outro com vegetação (Pinto, 2009).

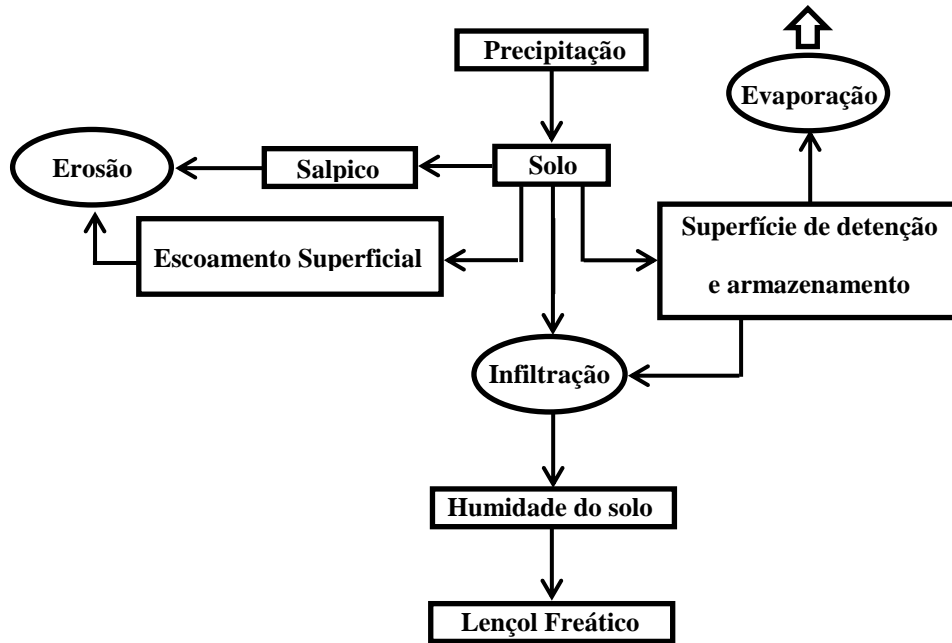


Figura 3 – Fluxograma do ciclo hidrológico de um solo sem vegetação.

Fonte: (Pinto, 2009)

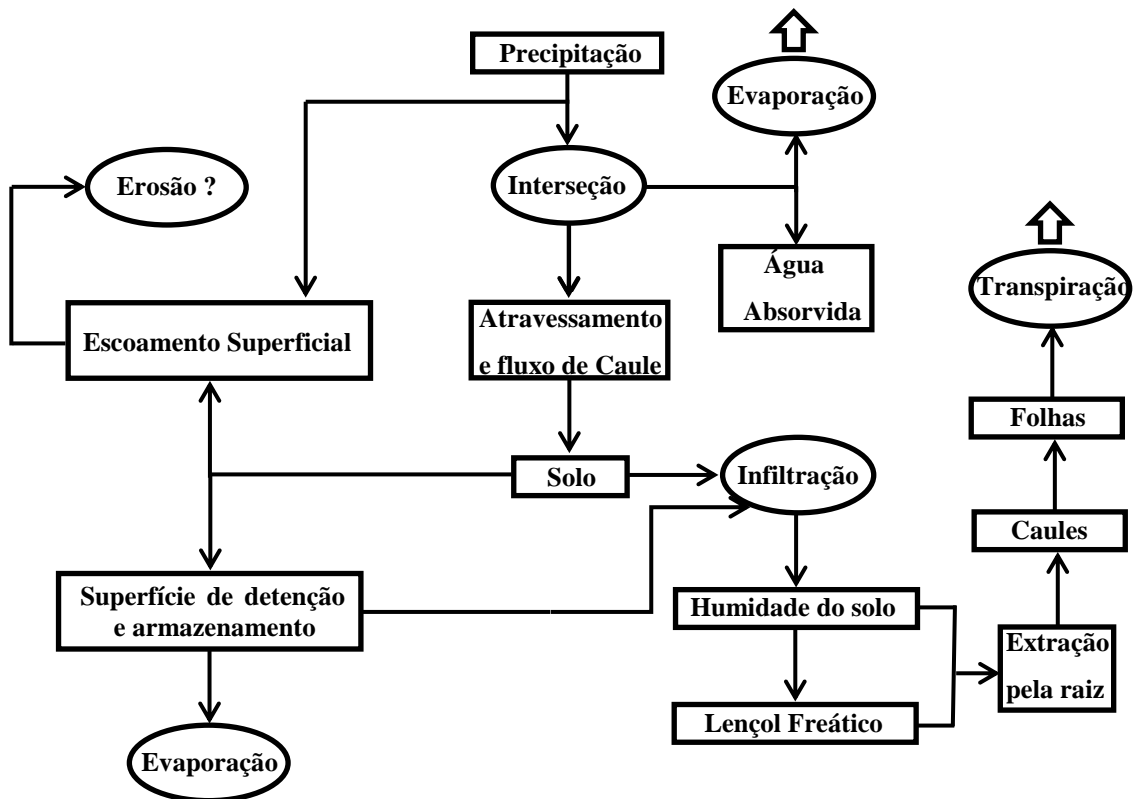


Figura 4 – Fluxograma do ciclo hidrológico de um solo com vegetação.

Fonte: (Pinto, 2009)

Os mecanismos das interações da vegetação com os solos e os efeitos hidrológicos, podem ser observados na figura 5.

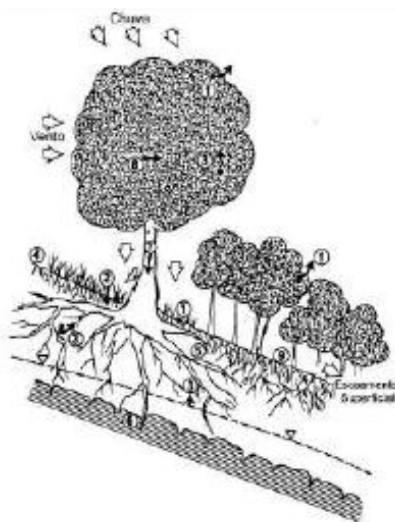


Figura 5 – Interações vegetação-água-solo.

Fonte: (Pinto, 2009)

Conforme a figura 5, os acontecimentos relativos ao efeito hidrológico revelam interações das quais se destacam:

- (1) Retenção, através das folhas e dos galhos, da precipitação;
- (2) Absorção da água proveniente da chuva feita pelo solo;
- (3) Abandono, através das raízes, da umidade do solo;
- (4) Redução, através de fendas de tração, da umidade.

2.4 Efeito positivo das plantas

Segundo Pereira (2006) a correta seleção das plantas para aplicação em áreas degradadas, erosões e zonas instáveis, possibilita ter sucesso na revegetação e estabilização de zonas instáveis. De seguida, destacam-se alguns dos principais efeitos positivos das plantas:

- Redução do transporte de sedimentos: ao aglomerarem partículas, as raízes aumentam a resistência do solo enquanto os caules aumentam a rugosidade diminuindo, assim, a energia potencial da água.
- Redução do *run-off*: a taxa de infiltração da água no solo, a porosidade, os canais de sucção assim como o tempo de infiltração são aumentados devido às raízes.
- Redução da erosão pelo efeito splash: as plantas ajudam na diminuição da erosão ao impedirem a chuva de chegar ao solo.

- As plantas mais eficazes no controlo da erosão são as que têm as folhas curtas e espessas, raízes profundas, com grandes níveis de tolerância e que aumentem os efeitos de ancoragem do solo.
- Ao estarem em contato direto com o solo as plantas rasteiras fazem com que se verifique uma cobertura do solo mais eficiente.
- Quanto maior for a variedade de espécies de plantas utilizadas, maior será a capacidade de resistência às mudanças que possam surgir.

2.5 Efeito negativo das plantas

Ao ser aplicada indevidamente a vegetação, esta pode causar instabilidade em áreas estáveis tal como, originar erosões. Assim, com base em Pereira (2006), destacam-se alguns dos principais efeitos negativos das plantas:

- Redução da humidade no solo: ao serem utilizadas espécies que necessitem de um elevado consumo de água, estas podem originar fendas e pequenas valas, sobretudo em solos expansivos.
- As árvores, devido ao seu peso, podem aumentar as forças atuantes, estimulando deslizamentos.
- Ao atingirem as árvores, os ventos exercem forças sobre as massas de solo, podendo incitar deslizamentos.
- As estruturas cimentadas tais como passeios, canais e sistemas de drenagem podem ser danificadas pelas raízes.
- As raízes e árvores secas podem contribuir para a acumulação do fluxo de água pluvial provocando deslizamentos.
- As plantas que possuam raízes finas e superficiais impossibilitam a infiltração e desagregam as partículas do solo.
- As plantas altas e de folhas largas, ao concentrarem a água nas suas folhas, levam a que estas sejam maiores que as próprias gotas das chuvas que, ao entrarem em contacto com o solo, podem causar erosão.

Capítulo 3

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS SOLOS

Entende-se por solo a camada superficial constituída por partículas minerais e orgânicas distribuídas em camadas com uma profundidade variável. Forma-se, sobretudo, pela decomposição de rochas, destruídas por diversos fatores que estão, constantemente, a exercer a sua influência sobre a rocha original sendo os principais responsáveis pelas transformações que ocorrem na rocha até a formação do solo. Entre eles destacam-se: o clima (impacto da chuva, congelamento, temperatura), a erosão (chuva, vento, drenagem da água) e, por último, os seres vivos (raízes, bactérias).

Assim, a rocha encontra-se exposta a fatores diversos tais como a chuva, o vento e o sol, e vai sendo desgastada formando fendas e buracos que, com a passagem do tempo, levam ao seu esfarelamento transformando, assim, a rocha inicial em partículas mais pequenas tais como a areia (grossa e fina), siltes e argila. Posteriormente, microrganismos, como bactérias e algas assentam nestes espaços ajudando a decompor a rocha através das substâncias produzidas. De seguida, acumula-se água e microrganismos começando, também, a desenvolver-se outros organismos um pouco maiores tais como fungos e musgos. Por fim, o solo vai ficando mais espesso e outros vegetais e animais vão surgindo. O processo continua até atingir o equilíbrio, determinando, assim, a paisagem de um lugar (figura 6).

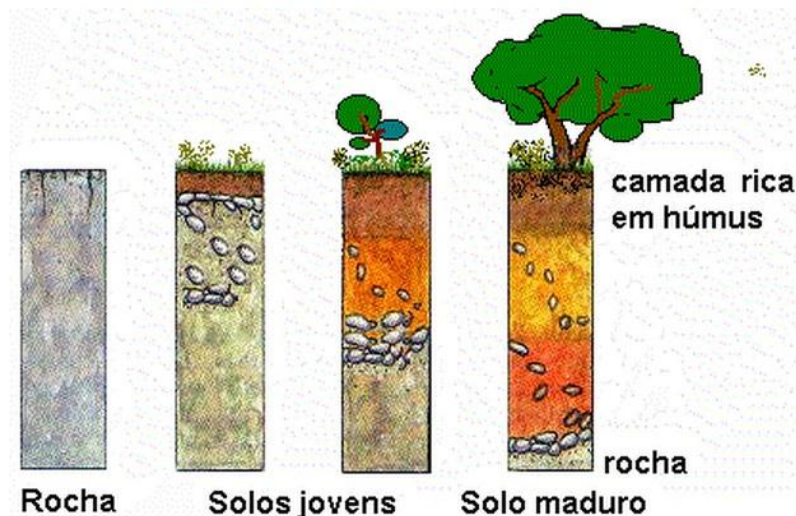


Figura 6 – Processo de formação do solo.
Fonte: <http://educar.sc.usp.br/ciencias/recursos/solo.html>

Assim, a produção e deposição de matéria orgânica pelos seres vivos, assim como a água que se infiltra neste material, pode alterar a sua natureza trazendo ou levando substâncias, diversificando, desta forma, os vários tipos de solo existentes.

Assim, existe a necessidade de se proceder à sua análise antes de se realizar um projeto de engenharia natural. Para se ter um conhecimento base do tipo de solo existente na área a intervencionar, é necessário recorrer a ensaios de campo ou proceder à recolha de amostras para posteriores estudos em laboratório.

3.1 Composição Granulométrica

A granulometria de um solo é o estudo da distribuição das partículas por tamanho. O processo de separação da massa em frações, cada uma tendo na sua constituição grãos de uma certa variedade de tamanho, é conhecida por análise que não depende da humidade do solo, composição mineralógica, densidade e forma dos grãos mas sim do seu tamanho.

Com base na Especificação LNEC E 196:1966 o ensaio de granulometria consiste em fazer passar, através da agitação, uma determinada massa de solo sobre uma série padronizada de peneiros com uma rede progressivamente mais apertada. Este método procura determinar a percentagem ponderal das partículas com diferentes gamas de dimensões. Determina-se, ainda, o peso do solo retido em cada peneiro.

Através dos resultados obtidos desse ensaio é possível a construção da curva de distribuição granulométrica. Os resultados são apresentados num gráfico em escala semi-logarítmica, onde o eixo das abcissas representa, em escala logarítmica, os diâmetros equivalentes das partículas, com a respetiva malha dos peneiros. Por sua vez o eixo das ordenadas representa, em escala decimal, a percentagem acumulada de material que passa, em relação à massa total da amostra. A junção dos vários pontos através de linhas retas constitui, assim, a curva granulométrica.

3.1.1 Preparação das Amostras

A Especificação LNEC E 195:1966 assinala o modo de preparação das amostras de solo, recolhidas no terreno, para determinação da análise granulométrica, limites de consistência e a determinação do equivalente centrífugo de humidade.

A amostra do solo, tal como é recebida da recolha efetuada no local, deve ser muito bem seca ao ar. Os torrões devem ser fragmentados através de um dispositivo manual ou mecânico, de modo a não minorar o tamanho individual das partículas.

De seguida, escolhe-se, através da utilização de um repartidor, uma quantidade de amostra necessária para se efetuar os ensaios pretendidos, obtendo-se assim uma amostra de solo com o peso essencial para se efetuar os ensaios, conforme a figura 7.

Efetua-se a pesagem de uma fração de amostra selecionada e passa-se o material no peneiro de 2,00mm (n.º 10), apontando-se o valor obtido como a massa total da amostra.

Deve-se tomar o cuidado de desmanchar os possíveis torrões que ainda possam existir no solo, de modo a assegurar que fiquem retidos no peneiro n.º10 apenas os grãos maiores que a abertura da malha.

O material retido no peneiro de 2,00mm (n.º 10) é utilizado na peneiração do material do solo grosso. Do material que passa no peneiro de 2,00mm (n.º 10) retiram-se as quantidades suficientes de solo para a realização da peneiração do solo fino e do ensaio de sedimentação.



Figura 7 – Preparação das amostras.
Fonte: Autor

3.1.1.1 Peneiração de Solo Grosso

A peneiração do solo grosso é efetuada através da utilização de uma fração de solo que fica retido no peneiro de 2,00mm (n.º 10), conforme figura 8.

De seguida, coloca-se o material no peneiro de 2,00mm (n.º 10) lavando-o e colocando-o na estufa. Empilham-se os peneiros de aberturas compreendidas entre 75,00mm (n.º 3'') e 2,00mm (n.º 10) e, por baixo do peneiro de menor abertura, será colocado o prato que recolherá os grãos que por ele irão passar. Depois, coloca-se o material seco nesse conjunto de peneiros agitando-se mecânica ou manualmente (tomando-se todos os cuidados necessários para que não haja extravio de partículas). Finalmente, pesa-se a fração de solo retida em cada peneiro e registam-se os valores obtidos.



Figura 8 – Série de peneiros grossos.
Fonte: Autor

3.1.1.2 Peneiração de Solo Fino

A peneiração do solo fino é efetuada através da utilização de uma fração de solo que passa no peneiro de 2,00mm (n.º 10).

De seguida, coloca-se o material no peneiro de 0,075mm (n.º 200), lavando-o e colocando-o na estufa. Empilham-se os peneiros de aberturas compreendidas entre 0,85mm (n.º 20) e 0,075mm (n.º 200) colocando-se, logo depois, o material seco nesse conjunto de peneiros agitando-se mecânica ou manualmente (tomando-se todos os cuidados necessários para que não haja extravio de partículas), conforme a figura 9.. Finalmente, pesa-se a fração de solo retida em cada peneiro e registam-se os valores obtidos.



Figura 9 – Série de peneiros finos
Fonte: Autor

3.1.1.3 Sedimentação

Para a realização do ensaio de sedimentação, utiliza-se a amostra, obtida conforme descrito anteriormente.

Coloca-se a amostra em imersão de antifloculante, com o auxílio duma pipeta, e aquece-se a mistura durante cerca de 10min (figura 10).



Figura 10 – Processo de aquecimento da amostra.
Fonte: Autor

De seguida, coloca-se a mistura no recipiente do agitador elétrico (figura 11) deixando-se agitar a amostra até um período de 15min. Depois, transfere-se a mistura para o peneiro 0,075mm (n.º 200) e a quantidade que passou é imediatamente colocada na proveta graduada, finalizando-se com o enchimento da proveta até ao 1000cm³ com água destilada (figura 12). O material retido desta operação é guardado numa cápsula e posta a secar numa estufa de temperatura entre os 105-110 °C até massa constante.



Figura 11 – Agitador elétrico.
Fonte: Autor



Figura 12 – Passagem da amostra pelo peneiro n.º 200.
Fonte: Autor

A proveta é tapada com uma borracha adequada e, com a mão, agita-se vigorosamente com sucessivas inversões da posição da proveta (figura 13). Em seguida, coloca-se a

proveta numa banca e inicia-se o ensaio com a ligação de um cronómetro. Introduce-se o densímetro dentro da proveta (figura 14) até uma profundidade ligeiramente superior à posição de flutuação e deixa-se a flutuar livremente. Inicia-se o registo dos valores ao 1min, 2min e 5min, onde se remove o densímetro lentamente. Posteriormente, fazem-se registos aos minutos 15, 30, 60, 250, 1440 e 2880 (24 e 48 horas), conforme a figura 15. O registo da temperatura também deve ser realizado a cada registo com o densímetro.



Figura 13 – Medição com o densímetro.
Fonte: Autor



Figura 14 – Leitura da temperatura da amostra.
Fonte: Autor



Figura 15 – Amostra ao fim de 24 horas.
Fonte: Autor

3.2 Limites de Consistência

Quando nos deparamos com solos siltosos e argilosos, o teor em água é um parâmetro essencial para que seja possível analisar e prever o seu comportamento pois, dependendo da sua variação, estes podem apresentar diferentes estados. Contudo, é de salientar que num solo granular o índice de vazios (e) não depende do teor em água (w) enquanto num solo coesivo saturado este índice revela-se consequência do mesmo (Sousa, 2011).

No que concerne aos solos referidos anteriormente, pode constatar-se que o seu comportamento depende das relações entre as diferentes fases: sólida, líquida e gasosa sendo que, as duas primeiras, se destacam por apresentarem mais peso que a última.

Segundo Pedro Sousa, “*Na variação da proporcionalidade entre a fase sólida e líquida, representada pela variação de distâncias entre partículas, o solo passa por diferentes estados físicos desde o sólido até ao líquido*” (2011:23).

Assim, o teor em água serve de medida à relação entre as duas fases. Contudo, na fase líquida recorre-se a uma estufa, com temperaturas a variar os 100°C, a fim de secar a amostra até que esta atinga o seu peso constante, sendo o teor de água a diferença entre os valores obtidos. É essencial estabelecer limites e identificar os valores característicos de cada um dos estados físicos pois estes possuem diferentes comportamentos.

Para Sousa, “*Dado que as mudanças de estado se fazem progressivamente e não de forma abrupta, então a essas transições correspondem faixas de valores do teor em água que podem ter, em determinados solos, extensões relativamente elevadas*” (2011:23). Na figura 16 pode observar-se o comportamento dos solos consoante o teor de água.

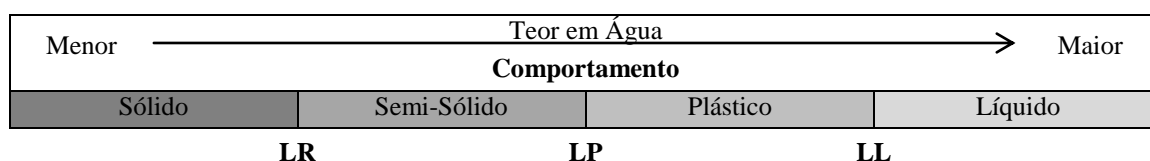


Figura 16 – Comportamento dos solos com a variação do teor em água.

Fonte: (adaptado de Sousa, 2011).

No que concerne ao comportamento do solo, os limites de consistência podem dividir-se em:

Limite de liquidez (LL ou WL) é o teor em água que serve de fronteira entre o comportamento fluido e o moldável, permitindo classificar os solos finos quanto à plasticidade.

Limite de plasticidade (LP ou Wp) é o teor em água que define a fronteira entre o comportamento moldável e o friável. Dado o apertado intervalo de variação na generalidade dos solos finos, este índice não é tão representativo das características dos solos como o limite de liquidez.

Limite de retração (LR ou WR) é o teor em água que define a fronteira abaixo da qual a secagem do solo se processa a volume constante. Abaixo do limite de retração o solo é

considerado como sólido onde as partículas se encontram arrançadas de forma a conferir uma maior densidade.

Assim, existem dois métodos distintos para se determinarem os limites de liquidez: o cone penetrómetro e a concha de Casagrande. No contexto nacional a mais usada é a concha de Casagrande que está definida na Norma Portuguesa NP 143: 1969.

3.2.1 Concha de Casagrande

Com base na norma portuguesa NP 143: 1969 a concha Casagrande determina o limite de liquidez e é um aparelho particularmente constituído por uma calote esférica de latão, com uma espessura de 2 mm e um dispositivo mecânico que possibilita levantar a calote que, logo de seguida cai, de uma altura regulável, sobre uma base de madeira, de borracha dura ou de outro material com características idênticas (figura 17 e 18).



Figura 17 – Aparelho de Concha de Casagrande manual, ensaio do Limite de Liquidez.

Fonte: Autor



Figura 18 – Aparelho de Concha de Casagrande automático, ensaio do Limite de Liquidez.

Fonte: Autor

3.2.1.1 Limite de Liquidez

No que concerne ao ensaio, e após a recolha das amostras de solo nas zonas a intervir, passa-se o material recolhido pelo peneiro #40 e, no final, utiliza-se a quantidade de material resultante da passagem da amostra pelo peneiro.

Coloca-se uma quantidade considerável de material peneirado numa taça de porcelana e vai-se adicionando água destilada, de forma a obter uma maior homogeneidade da humidade do solo. Esta deve ser próxima do limite de plasticidade, sendo estimada através da experiência do técnico de laboratório.

Retira-se um bocado de material para a concha de Casagrande, preenchendo-a até 10 mm da sua superfície.

Com uma espátula alisa-se o solo, retirando-lhe o excesso, até se obter uma espessura de aproximadamente 10mm na parte central da concha (a espessura é confirmada pelo gabarito do riscador).

Seguidamente, faz-se uma ranhura no solo com o riscador no sentido longitudinal do aparelho, conforme a figura 19 e 20.



Figura 19 – Ensaio do limite de liquidez, passagem do cinzel.
Fonte: Autor

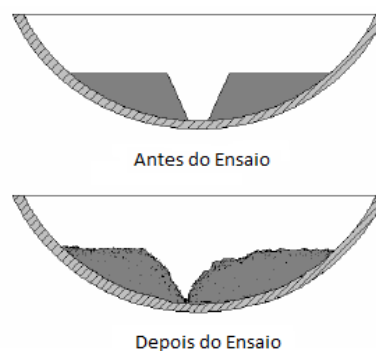


Figura 20 – Método do ensaio Concha de Casagrande.
Fonte: Autor

Gira-se a manivela com velocidade constante, duas voltas por segundo, contando o número de golpes até o lado direito da ranhura encostar ao lado esquerdo, numa extensão de 1cm.

Retira-se uma pequena quantidade de material do local onde ocorreu o fechamento (cerca de 20 g) e coloca-se numa cápsula (figura 21) para não perder humidade para o ambiente e faz-se a pesagem. Ao fim de 24h de repouso da amostra, volta-se a pesar e é onde se determina o seu teor em água.



Figura 21 – Cápsulas de Vidro.
Fonte: Autor

Coloca-se novamente o material na taça de porcelana, adicionando-se mais água destilada, e repetindo todo o processo por mais quatro vezes.

O limite de liquidez é o teor em água no qual o solo fecha a ranhura com o impacto de 25 golpes. Como não se consegue esse limite com precisão através de tentativas, colocam-se

os pontos obtidos num gráfico, onde o eixo das abscissas corresponde ao logaritmo do nº de golpes e o eixo da ordenada ao teor de água em percentagem. De seguida determina-se, graficamente, o limite de liquidez conforme consta no gráfico da figura 22.

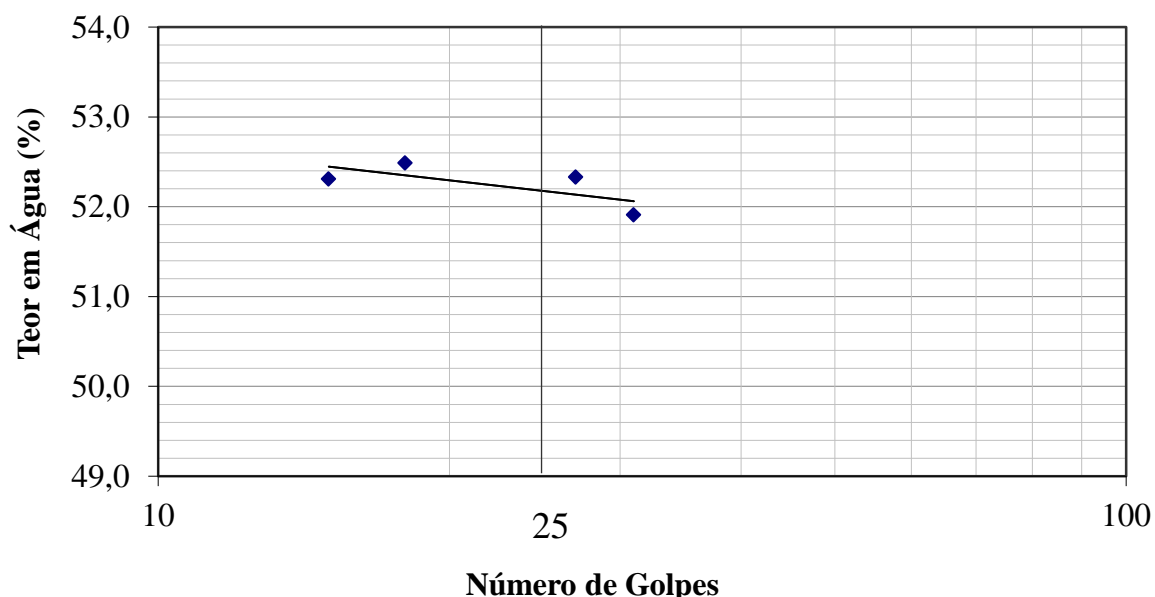


Figura 22 – Gráfico de um ensaio do limite de liquidez.
Fonte: Autor

3.2.1.2 Limite de Plasticidade

Relativamente ao ensaio, e após ter sido feita a colheita das amostras de solo, passa-se o material recolhido pelo peneiro #40 e, no final, utiliza-se a quantidade daí resultante.

Posteriormente, coloca-se uma quantidade de material peneirado numa taça de porcelana e vai-se adicionando água destilada para que seja possível obter uma maior homogeneidade da humidade do solo.

De seguida, retira-se uma pequena quantidade e molda-se, até obter uma pequena bola. Depois coloca-se em cima de uma placa de vidro onde se vai enrolando, com a palma da mão, até se obter um cilindro com comprimento aproximado de 8cm e diâmetro de 3mm.

Constatar-se-á que o solo se encontra no limite de plasticidade quando o cilindro quebrar em bocados de aproximadamente 1cm e diâmetro de 3mm. Se o solo fissurar antes, o teor em água estará abaixo do limite de plasticidade. Caso não fissure com as dimensões citadas anteriormente, o teor em água estará acima do limite.

Se o solo se encontrar abaixo do limite estipulado deve ser remodelado adicionando-se-lhe mais água destilada. Se a humidade se encontrar acima molda-se, mais uma vez, o solo em forma de bola e repetindo-se, assim, o procedimento. De seguida coloca-se na estufa a 100° e aguarda-se 24h pela secagem.

Como não se consegue o limite estabelecido com precisão através de tentativas, o procedimento deve ser realizado mais quatro vezes, para que seja possível a obtenção da média a ter em conta.

Capítulo 4

MOVIMENTOS DE VERTENTES

As características geológicas e climáticas de algumas regiões do globo terrestre, como por exemplo a Ilha da Madeira, são favoráveis à ocorrência de movimentos de vertentes.

Por movimentos de vertentes entende-se a deslocação de material terroso ou rochoso situado em zonas de maior ou menor declive e expostos a fenómenos erosivos podendo apresentar variadas velocidades dependendo da topografia, clima e litologia, entre outros (figura23). O conhecimento das características geológicas e geotécnicas do local assume, portanto, grande importância.

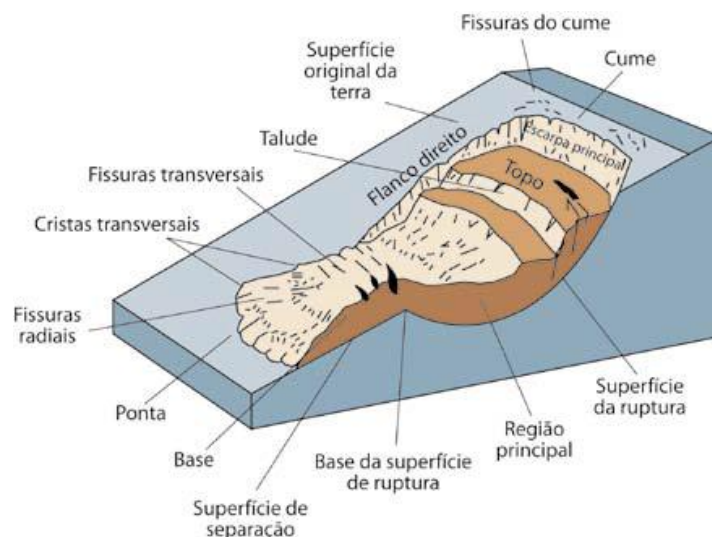


Figura 23 - Movimento rotacional com as posições.
Fonte: (Varnes apud Pestana, 2012)

Segundo Highland, L. et Bobrowsky, P.,

“um movimento de descida de rocha, solo, ou ambos, em declive, que ocorre na ruptura de uma superfície (...) na qual a maior parte do material move-se, como uma massa coerente ou semicoerente, com pequena deformação interna. Deve-se observar que, em alguns casos, os deslizamentos podem desenvolver outros tipos de movimentos, tanto no desencadeamento da ruptura ou posterior a ele, se as propriedades são alteradas durante o movimento do material” (2008:7).

Assim, pode dizer-se que existem vários tipos de movimentos com variadas classificações dependendo do tipo de matéria abrangida (solos e maciços rochosos). Varnes, em 1978, introduziu um sistema de classificação, ainda hoje adotado pela Comissão para os

Movimentos de Terrenos da Associação Internacional de Geologia de Engenharia conforme se pode verificar na tabela 1 e 2.

Tabela 1 – Classificação de Movimentos de Vertente.

Fonte: Varnes (1978) *apud* Silva (2012)

Tipo de Movimento			Tipo de Material		
			Maciço Rochoso	Solos	
				Predominantemente Grosseiros	Predominantemente Finos
Queda (“Fall”)			De rochas	De detritos	De terra
Tombamento (“Topple”)			De rochas	De detritos	De terra
Escorregamento (“Slide”)	Rotacional	Poucas unidades	Singular de rochas	Singular de detritos	Singular de terra
			De rochas em blocos	De detritos em blocos	De terra em blocos
	Translacional	Muitas unidades	De rochas	De detritos	De terra
Extensão lateral (“Lateral Spread”)			De rochas	De detritos	De terra
Fluência (“Flow”)			De rochas (fluência profunda)	De detritos (fluência de solo)	De terra (fluxo de solo)
Movimentos Complexos: Combinação de dois ou mais tipos de movimentos					

Tabela 2 – Classificação da Velocidade de Movimento de Vertente.

Fonte: Varnes (1978) *apud* Silva (2012)

Classificação	Velocidade	Tipo de movimento
Extremamente rápido	3 m/s	Desmoronamentos
Muito rápido	0,3 m/min	
Rápido	1,5 m/dia	Escorregamentos
Moderado	1,5 m/mês	
Lento	1,5 m/ano	
Muito lento	0,3 m/5 anos	Fluência

4.1 - Tipos de Movimentos

4.1.1 - Queda (“Fall”) -

É o movimento de todo o tipo de solos, rochas ou detritos que se desprendem de taludes inclinados, em forma de queda livre ou de rolamento, podendo atingir velocidades variadas dependendo da altura em que se soltam (figura 24, 25 e 26). Em muitos casos, com o aumento da velocidade e com o choque nas paredes do talude, a fração solta vai-se desfragmentando ao longo da queda até atingir o ponto mais baixo do terreno, conforme o quadro 3 (Highland e Bobrowsky, 2008).

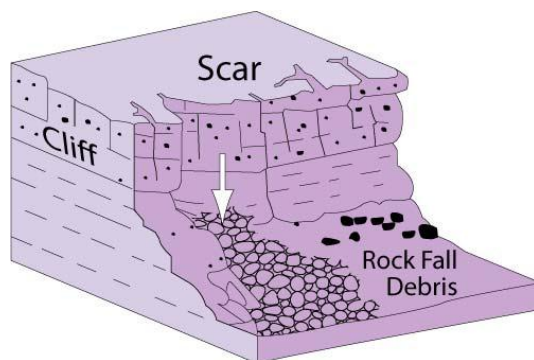


Figura 24 - Esquema ilustrativo de queda de rocha.

Fonte: <http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/hazards/landslides/images/rockFall.jpg>



Figura 25 – Queda de rocha, Ribeira da Janela - Madeira.

Fonte:

<http://fotos.sapo.pt/nifertini/fotos/?uid=f29:cABMILITgej2O2zp#grande>



Figura 26 – Queda de rocha, Caminho da Fajã, São Vicente/Porto Moniz - Madeira

Fonte:

<http://fotos.sapo.pt/nifertini/fotos/?uid=IFuDL5eUB5OjCzGc0N5F#grande>

Quadro 3 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Queda Rochosa

Fonte: (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Designação	Descrição
Ocorrência	O volume de queda varia desde pequenas rochas até blocos maciços e verifica-se em taludes íngremes, em áreas litorais e ao longo de rios e ribeiras.
Velocidade de deslocamento	Dependendo da inclinação do talude pode ser rápida ou extremamente rápida, em queda livre; salto e até rolamento.
Mecanismo de desencadeamento	Erosão do talude por causas naturais, tais como as diferentes condições climáticas, terremotos e ação humana devido a escavações para a construção.
Efeitos (diretos/indiretos)	Podem provocar danos variados, desde meros danos materiais, até vidas humanas.
Medidas de correção	Estabilização dos taludes recorrendo a: muros de contenção, ancoragens, explosão de áreas de risco, remoção de rochas em risco de queda e sinalização de alerta, entre outras.
Previsibilidade	Elaboração de mapas das áreas de risco e registo de possíveis acontecimentos nessas zonas.

4.1.2 - Tombamento (“Topple”)

Entende-se por tombamento o desprendimento de blocos, situados na parte frontal do maciço rochoso, para fora do talude (figura 27, 28 e 29). Este descolamento deve-se à existência de fendas que, ao permitirem a infiltração de água, irão provocar pressões hidrostáticas no interior do maciço. Também as tenções de tração poderão originar o tombamento devido à diferença da resistência de materiais presentes ao longo da altura da escarpa, conforme o quadro 4. (Highland e Bobrowsky, 2008).

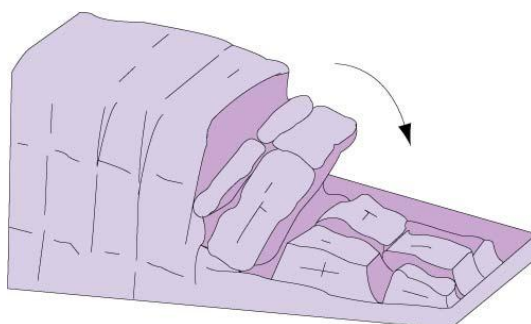


Figura 27 - Esquema ilustrativo de um tombamento.

Fonte: <http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/hazards/landslides/topples.html>



Figura 28 – Tombamento, Saint Jouin Breneval na Normandia - França.

Fonte: <http://blogs.agu.org/landslideblog/2013/07/23/rock-topple-france/>



Figura 29 – Tombamento.

Fonte: <http://www.ukgeohazards.info/images/Landslides/Rocktopple%20gallery/P1010004.JPG>

Quadro 4 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Tombamento

Fonte: (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Designação	Descrição
Ocorrência	Predomina em terrenos de estrutura colunar vulcânica ou rocha sedimentar que apresente fissuras ao longo de cortes.
Velocidade de deslocamento	A sua velocidade pode variar de lenta a extremamente rápida, dependendo da distância do deslocamento podendo, também, suscitar aceleração durante o movimento.
Mecanismo de desencadeamento	Pode desencadear-se devido à presença de água ou gelo existente nas fissuras no interior da massa, à erosão regressiva, às condições climáticas diversas e a escavações.
Efeitos (diretos/indiretos)	Dependendo da velocidade e da rapidez com que se dá a rutura, o efeito pode ser bastante destrutivo.

Medidas de correção	Drenagens adequadas a cada situação, ancoragens rochosas e mecânicas.
Previsibilidade	Monitoramento das áreas suscetíveis e sinais de alerta, com base no registo dos movimentos obtidos através do uso de inclinómetros.

4.1.3 - Escorregamento (“Landslide”)

É um movimento de deslizamento do solo em declive que ocorre em superfícies finas ou que expõem ruturas com grande deformação por tração de uma massa de solo ou rocha em declive. Quando as forças atuantes são superiores às forças resistentes verifica-se um desequilíbrio que vai originar o movimento do solo. Estes movimentos podem ser definidos como: translacional e rotacional (Highland e Bobrowsky, 2008).

4.1.3.1 - Escorregamento Rotacional

Para Highland e Bobrowsky (2008), o escorregamento rotacional observa-se quando estamos perante uma superfície de rutura côncava e a direção do movimento de queda é giratório em torno da área circundante do talude, conforme se pode observar na figura 30, 31, 32 e quadro 5.

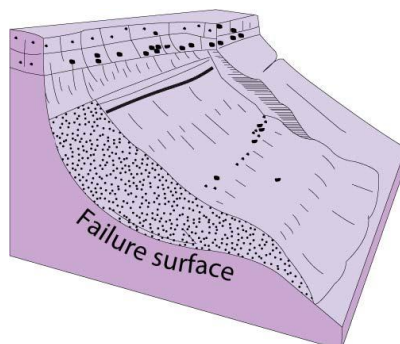


Figura 30 - Esquema ilustrativo de um Escorregamento Rotacional.
 Fonte: <http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/hazards/landslides/rotationalSlides.html>

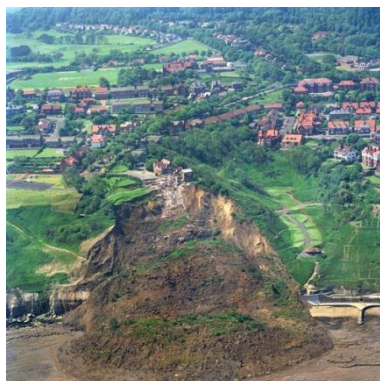


Figura 31 – Escorregamento Rotacional, Holbech Hall, North Yorkshire - Inglaterra.

Fonte: <http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/hazards/landslides/rotationalSlides.html>



Figura 32 – Escorregamento Rotacional, La Conchita, Estados Unidos da América.

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inte r09c.html>

Quadro 5 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Escorregamento Rotacional

Fonte: (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Designação	Descrição
Ocorrência	É o mais comum em aterros e, geralmente, ocorre em materiais homogêneos.
Velocidade de deslocamento	Varia de extremamente vagarosa, a moderadamente rápida e a rápida.
Mecanismo de desencadeamento	Saturação dos taludes, escoamento rápido depois de enchentes, erosão na base do talude devido ao aumento do nível da água e terremotos.
Efeitos (diretos/indiretos)	Se o movimento for lento, não é considerado prejudicial a vidas humanas, embora possa ser extremamente danoso para estruturas, rodovias, redes de abastecimento e rios, podendo causar inundações.
Medidas de correção	São: monitoramento instrumental, drenagem adequada, reajustamento do talude e construção de muros de contenção.
Previsibilidade	A constatação de fissuras nos topos do talude prevê o acontecimento.

4.1.3.2 - Escorregamento Translacional

É a forma mais comum entre os diversos tipos de movimentos de massa. Neste tipo de cedência verifica-se o deslizamento, mais ou menos rápido, de rocha ou de detritos ao longo de um plano pré-existente (figura 33, 34 e 35). As diferenças comparativamente aos movimentos rotacionais prendem-se com o fato da superfície de deslocamento não ser curva mas sim plana (quadro 6). Salienta-se que a maioria dos deslizamentos ocorrem porque a pressão tangencial da gravidade e a inclinação dos planos de ruptura estrutural da rocha têm o mesmo sentido e são, em geral, compridos e rasos (Highland e Bobrowsky, 2008).

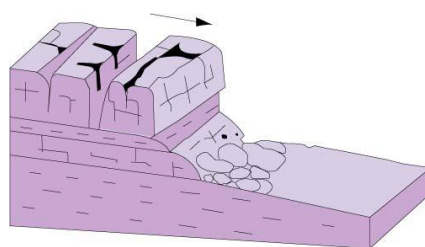


Figura 33 - Esquema ilustrativo de um Escorregamento Translacional.

Fonte: <http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/hazards/landslides/translationalSlides.html>



Figura 34 – Escorregamento Translacional, praia do Bananal, Ilha Grande - Brasil.

Fonte: <http://aquafluxus.com.br/?p=3315>



Figura 35 – Escorregamento Translacional, Condado de Lewis, Estado de Washington – EUA.

Fonte: <http://slidingthought.files.wordpress.com/2009/07/pe-ell-landslide.jpg>

Quadro 6 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Escorregamento Translacional

Fonte: (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Designação	Descrição
Ocorrência	É um dos mais comuns em todos os tipos de ambientes e condições.
Velocidade de deslocamento	Podem ser vagarosos, moderados ou extremamente rápidos e à medida que a velocidade aumenta as ruturas translacionais fragmentam-se formando-se um fluxo de detritos.
Mecanismo de desencadeamento	Chuva intensa, saturação do solo, aumento do nível da água e terremotos.
Efeitos (diretos/indiretos)	Pode provocar danos materiais e até se podem perder vidas humanas dependendo da velocidade com que acontece.
Medidas de correção	Drenagem adequada, nivelamento do solo, terraplenagem e muros de contenção. Ações mais sofisticadas em rochas incluem ancoragem, tirantes e grampos.
Previsibilidade	É provável que ocorram com mais frequência em zonas com histórico destes acontecimentos. O fissuramento no topo ou na base de um talude indica um estado de rutura eminente.

4.1.4 - Extensão Lateral (“Lateral Spread”)

É caracterizado pela rutura e espalhamento lateral de solos e rochas que se encontram por cima de materiais que sofreram perda de resistência, originando uma quebra na resistência da área que se encontra em contato com os materiais conforme se pode observar nas figuras 36, 37 e quadro 7.

Para Highland, L. et Bobrowsky, P.,

“Em espalhamentos de terra, a camada superior estável estende-se ao longo da camada inferior mais fraca que flui, após uma liquefação ou deformação plástica. Se a camada inferior for relativamente grossa, o bloco partido da camada superior poderá afundar, virar, girar, desintegrar, liquefazer ou até mesmo flui” (2008:19).

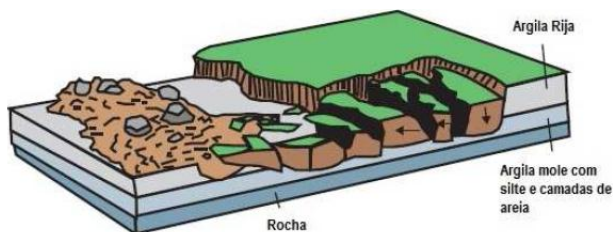


Figura 36 - Esquema ilustrativo de um Espalhamento Lateral.

Fonte: (Trevisan, 2013)



Figura 37 – Espalhamento Lateral, Loma Prieta, Califórnia - EUA.

Fonte: http://geomaps.wr.usgs.gov/sfgeo/images/lateral20_big.jpg

Quadro 7 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Espalhamento Lateral

Fonte: (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Designação	Descrição
Ocorrência	Sobretudo em locais onde o solo é suscetível de liquefação, em áreas com ou sem atividade sísmica.
Velocidade de deslocamento	Movimentos lentos a moderados. Por vezes tornam-se rápidos após certos mecanismos de desencadeamento, como por exemplo terremotos. Assim, o solo pode espalhar-se lentamente ao longo do tempo ou, através de movimentos rápidos, passar de poucos milímetros a dezenas de metros quadrados.
Mecanismo de desencadeamento	Liquefação da camada inferior mais fraca devido à agitação por terremoto; sobrecarga do solo acima do terreno instável por causas naturais; saturação de uma camada subterrânea mais mole devido a precipitações, degelos e/ou modificações nos níveis de água presentes no solo.
Efeitos (diretos/indiretos)	Pode causar extensos danos a variados bens materiais assim como danificar vias de comunicação.
Medidas de correção	Devem ser evitadas construções em áreas que possuam terrenos liquefeitos, especialmente em regiões suscetíveis a terremotos. Solos com um nível de água elevado deverão ser alvo de uma drenagem adequada ou de outras medidas de remoção ou deslocamento de água.
Previsibilidade	Probabilidade bastante elevada da ocorrência sucessiva em áreas já antes atingidas. Predominante em regiões que apresentem um elevado perigo de terremoto.

4.1.5 - Escoamento ou Fluxo (“Flow”)

Este mecanismo pode atingir diferentes níveis de velocidade, podendo ser excessivamente lentos ou muito rápidos. Também varia em relação ao teor em água apresentado nos diferentes tipos de escoamentos. Este movimento de massa surge habitualmente em materiais misturados fazendo com que, na definição de escoamento ou fluxos, se encaixem outros tipos de escoamentos tais como: rastejos (*creep*), corridas, fluxos e avalanches (Silva, 2012).

Para Varnes (1978) *apud* Trevisan (2013), os escoamentos podem dividir-se em dois grupos: escoamentos em substratos rochosos e escoamento em misturas de materiais.

Assim, os movimentos distinguem-se, particularmente, pela velocidade do fluxo e a quantidade de finos presentes. O escoamento em substrato rochoso parece-se com o movimento de rastejo, pela velocidade pois é extremamente lento. Por sua vez, o escoamento em materiais desfragmentados é um movimento bastante rápido e que contém água. Dificilmente se consegue observar a superfície do deslizamento pois o material desliza sobre a camada de material local, o que dificulta a observação da superfície de rutura.

4.1.5.1 - Fluxo de detritos

É um movimento de massa muito rápido que tem na sua constituição fragmentos de rocha, solo solto e, algumas vezes, matéria orgânica que, quando em contato com a água, se transformam em lama e escorrem pelo talude, conforme se pode observar nas figuras 38, 39 e quadro 8.

Como Highland, L. et Bobrowsky, P., salientam *“Ocasionalmente, quando um escorregamento rotacional ou translacional ganha velocidade, e a massa interna perde a coesão ou ganha água, esse fenômeno pode mudar para um fluxo de detritos”* (2008:22).

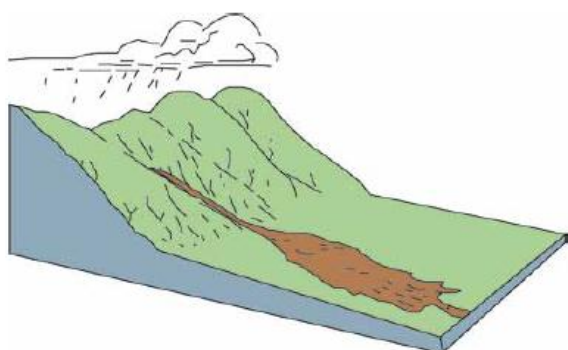


Figura 38 - Esquema ilustrativo de um Fluxo de Detritos.

Fonte: (Highland e Bobrowsky, 2008)

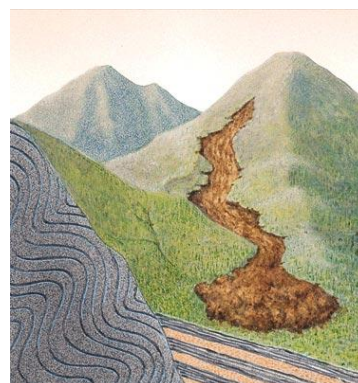


Figura 39 – Fluxo de Detritos.

Fonte:

http://geodinamica.no.sapo.pt/html/pagesgex/imagensgravidade/image3_13.htm

Quadro 8 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Fluxo de Detritos

Fonte: (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Designação	Descrição
Ocorrência	Ocorre frequentemente em áreas vulcânicas de solo frágil e é mais intenso em taludes ou ravinas nas quais a vegetação tenha sido destruída por queimadas ou extração de madeiras.
Velocidade de deslocamento	Pode ser rápido a excessivamente rápido consoante a estabilidade e o ângulo de inclinação.
Mecanismo de desencadeamento	Os fluxos de detritos são, geralmente, separados pela excessiva quantidade de água presente na superfície que origina erosão e movimenta rochas e solo solto nas regiões mais íngremes.
Efeitos (diretos/indiretos)	Podem mover objetos do tamanho de residências, afetar a qualidade da água ao colocar-lhe fragmentos e siltes e enterrar estruturas devido ao rápido enchimento de sedimentos e materiais orgânicos.
Medidas de correção	Não devem ser feitas quaisquer tipos de construções em zonas que possuam antecedentes de fluxos de detritos ou que sejam propícias a esse movimento. Devem ser feitos desvios dos “novos fluxos”; devem ser criadas bacias de contenção e devem desenvolver-se sistemas de alerta.
Previsibilidade	Criar mapas de risco efetivo de fluxo de detritos.

4.1.5.2 Avalanche de Detritos (“Debris Avalanche”)

Quando uma encosta se torna insegura os fragmentos daí resultantes são rapidamente transportados para longe. As avalanches são grandes, extraordinariamente rápidas e, muitas vezes, formam escoamentos em taludes abertos (figuras 40 e 41).

Contudo, é de salientar que existem dois tipos de avalanches: as quentes e as frias. Relativamente às primeiras, estas resultam da atividade vulcânica, que é induzida por sismos associados ao vulcanismo, explosões vulcânicas ou por qualquer outro tipo de perturbação. Quanto às frias ocorrem em regiões não vulcânicas e resultam da instabilidade de um talude durante uma rutura devido à ação do tempo em terrenos íngremes ou pela desintegração de uma camada rochosa, conforme o quadro 9 (Highland e Bobrowsky, 2008).

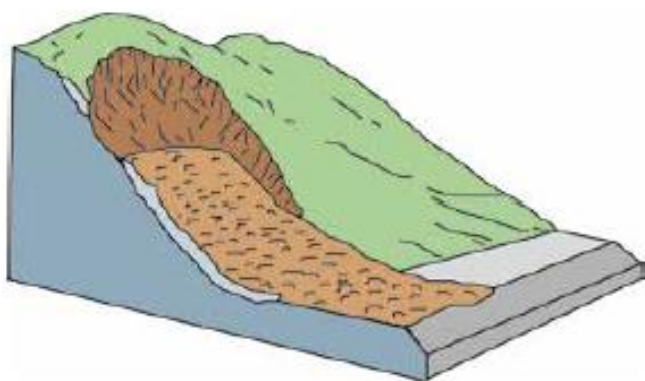


Figura 40 - Esquema ilustrativo de uma Avalanche de Detritos.

Fonte: (Highland e Bobrowsky, 2008)

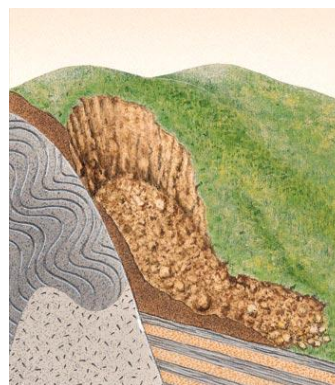


Figura 41 – Avalanche de Detritos.

Fonte:

http://geodinamica.no.sapo.pt/html/pagesgex/imagensgravidade/image3_9.htm

Quadro 9 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Avalanche de Detritos

Fonte: (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Designação	Descrição
Ocorrência	É comum em terrenos íngremes e também em vulcões com caminhos de drenagem.
Velocidade de deslocamento	Movimentos rápidos e/ou muito rápidos.
Mecanismo de desencadeamento	As avalanches frias resultam da instabilidade decorrente de um talude e as avalanches quentes da atividade sísmica e/ou vulcânica.
Efeitos (diretos/indiretos)	Podem inundar cidades ou vilas bem como deteriorar a qualidade da água. Movem-se com muita velocidade podendo trazer consequências fatais visto ser reduzido o tempo de reação ou de alerta à ocorrência.
Medidas de correção	Como ainda não é possível prever e impedir as avalanches com meios de engenharia a prevenção passa por evitar as construções em zonas de risco como vales, vulcões ou montanhas íngremes.
Previsibilidade	Registo de avalanches anteriores para ser possível criar um modelo de probabilidade de ocorrência.

4.1.5.3 - Fluxo de Terra (“Earthflow”)

Num fluxo de terra a massa move-se como um fluido plástico e viscoso, com intensa deformação interna podendo ser de muito vagaroso a rápido e até catastrófico (figuras 42 e 43). Ocorre, muitas vezes, em ligeiras ou moderadas inclinações, geralmente em solos finos, tais como as argilas ou os siltes, mas também em solos em que a camada de rocha argilosa está sujeita à ação do tempo, conforme o quadro 10 (Highland e Bobrowsky, 2008).

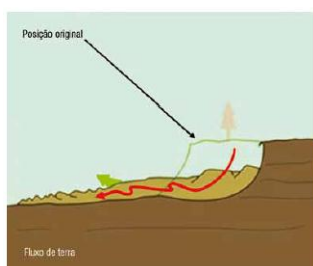


Figura 42 - Esquema ilustrativo de um Fluxo de Terra.



Figura 43 – Fluxo de Terra, Chalet Du Fer, Leysin – Suíça.

Fonte: (Highland e Bobrowsky, 2008)

Fonte: <http://www.ngdc.noaa.gov/hazardimages/picture/show/1539>

Quadro 10 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Fluxo de Terra.

Fonte: (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Designação	Descrição
Ocorrência	Verificam-se em regiões com camadas subterrâneas de solo fino ou camadas rochosas, em áreas com solos argilosos e argiloarenosos profundos de áreas tropicais. Variam de pequenos (100 m ²) a grandes (vários km ²) e aumentam com frequência a regressão do talude.
Velocidade de deslocamento	De muito lento a muito rápido.
Mecanismo de desencadeamento	Saturação do solo; rebaixamento rápido do nível do lençol freático; erosão; carga excessiva no barranco; escavações e construções; terremotos ou vibrações.
Efeitos (diretos/indiretos)	Devastação de áreas planas na zona superior do talude, destruição de edifícios, fatalidades diversificadas represando rios e gerando inundações nas margens. Os fluxos mais lentos podem danificar todo o tipo de infraestruturas.
Medidas de correção	Melhoria da drenagem, nivelamento do talude e proteção das suas bases de erosão ou escavação.
Previsibilidade	Registo de ocorrências anteriores com indicadores de vulnerabilidade.

4.1.5.4 - Fluxo Lentos de Terra (“Creep”)

É um movimento lento, subtil e contínuo do solo constituinte de um talude. A tensão de tração interna provoca deformações não conseguindo, contudo, atingir o ponto de rutura (figuras 44, 45 e 46). Considera-se que existem três tipos de fluxos lentos de terra: sazonal, no qual a movimentação dá-se no interior do solo e é atingida por variações

sazonais da humidade e da temperatura; contínua, em que as forças tangenciais excedem constantemente as da resistência do material e, por último, a progressiva em que as vertentes estão sucessivamente a atingir o ponto de rutura, conforme o quadro 11 (Highland e Bobrowsky, 2008).

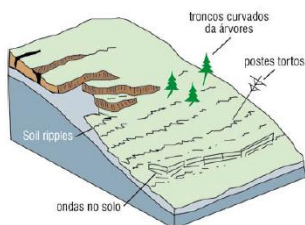


Figura 44 - Esquema ilustrativo de um Fluxo Lento de Terra.

Fonte: (Highland e Bobrowsky, 2008)

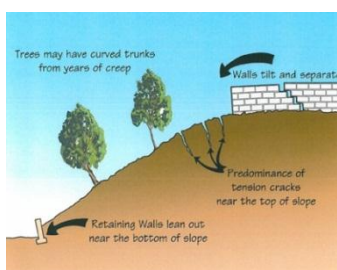


Figura 45 - Esquema ilustrativo de um Fluxo Lento de Terra.

Fonte: <http://www.davis-stirling.com/tabid/3437/Default.aspx#axzz2gH0UxZGy>



Figura 46 – Fluxo Lento de Terra, Chalk Grasslands, East Sussex– UK.

Fonte: (Highland e Bobrowsky, 2008)

Quadro 11 – Esquema descritivo de movimentos tipo – Fluxo Lento de Terra.

Fonte: (adaptado de Highland e Bobrowsky, 2008)

Designação	Descrição
Ocorrência	São os movimentos mais comuns e geralmente antecedem outros tipos mais rápidos e danosos. Dificilmente se conseguem definir as áreas afetadas por serem bastante lentos e por, muitas vezes, não apresentarem deformações à superfície.
Velocidade de deslocamento	De extremamente lento a muito veloz.
Mecanismo de desencadeamento	Condições climáticas, químicas ou físicas; drenagens insuficientes; tipos de construções desestabilizadoras. Contudo, nos fluxos lentos de terra sazonais os mecanismos de desencadeamento típicos são a chuva e o degelo.
Efeitos (diretos/indiretos)	Como não é facilmente detetável devido à lentidão de movimento, pode ser devastador e causar danos catastróficos sem que se consiga fazer uma previsão antecipada.
Medidas de correção	Ajustamento dos taludes com a construção de muros; remoção da massa do deslizamento e drenagem eficiente.
Previsibilidade	Quando a área afetada apresenta características de cedência por parte das árvores, muros e até construções é sinal que existe probabilidade de fluxos lentos de terra.

Capítulo 5

A ENGENHARIA NATURAL

Engenharia natural é um subdomínio da engenharia civil que teve origem como disciplina, no período compreendido entre o final do séc. XIX e início do séc. XX, na Europa central e alpina, sobretudo na Alemanha, Áustria e Suíça. São-lhe atribuídas diferentes designações consoante o país em questão: Ingegneria Naturalistica (Itália), Ingenieurbiologie (Alemanha e Áustria), Genie Biologique (França), Ingenieria del Paisaje (Espanha) e Biotechnical Stabilization e Soil Bioengineering (Reino Unido), (Bifulco, 2003).

O conceito de Ingenieurbiologie para H. M. Schiechtl, austríaco, considerado “pai” da Engenharia Natural moderna, baseia-se no estudo das propriedades das plantas e na avaliação do seu comportamento, quando utilizadas como material de construção vivo ou em combinação com outros materiais inertes na arquitetura da paisagem. Segundo ele “o seu domínio de aplicação são todos os domínios construtivos quer em trabalhos de terra quer em domínios fluviais e costeiros, com predominância particular na proteção das margens, taludes e encostas, assim como no controle da erosão” Zeh (1997).

Para a AIPIN- Associazione Italiana per Ingegneria Naturalística, (2002) a engenharia natural é definida como uma disciplina técnico-científica que usa métodos de engenharia e tem como suporte critérios mecânicos, biológicos e ecológicos. Como material de construção utiliza plantas vivas, ou partes destas, juntamente com materiais inertes tais como madeira, pedra, terra e geotêxtis, entre outros.

Utilizadas durante séculos, as técnicas de engenharia natural revelaram-se prática comum em várias partes do globo, caracterizando-se sempre pela utilização das plantas simultaneamente com outros materiais naturais no combate à erosão em escarpas, taludes e margens de rios e ribeiras. Têm como base, principalmente, material vegetal vivo para efeitos de construção, recorrendo às suas características biotécnicas, ações mecânicas do sistema radicular e da cobertura vegetal, e usando os seus componentes tais como raízes, estacas e caules, em intervenções anti erosivas e de estabilização combinando-os, assim, com outros materiais como madeira, pedra, palha, redes metálicas e mantas orgânicas.

Contudo, com o início da Revolução Industrial, deu-se um decréscimo na utilização destes materiais. A evolução tecnológica e a descoberta do aço e do cimento originou uma aposta forte em obras de engenharia uma vez que permitiu a construção de obras de grande durabilidade a baixo custo. De salientar, também, que o dimensionamento das estruturas lhes conferia um maior grau de segurança (Gray & Sotir, 1996).

Um pouco por todo o mundo, os países foram abandonando o método de utilização da vegetação. Assim, a aplicação de materiais naturais no combate ao controlo da erosão foi relativamente célere. Os fatores que contribuíram para o abandono da utilização de materiais naturais foram: os custos associados à produção de cimento e de aço e o baixo custo da energia. Porém, alguns profissionais insistiram em prosseguir com o estudo e com a utilização de metodologias de construção assentes na combinação de materiais vivos e inertes, tais como plantas, madeira, terra e pedra (Gray & Sotir, 1996).

Foi no século XVII que começaram a aparecer na Europa descrições técnicas de obras de engenharia natural assistindo-se ao sucesso de diversas técnicas, defendidas por Schiechtl, que se baseavam na utilização de troncos vivos de salgueiro, muros de pedra seca com estacas vivas e construção de muros de vegetação. Ele fez, também, uma descrição pormenorizada das técnicas e conseguiu que, mais uma vez, fosse dada a devida importância a estes métodos de estabilização.

O mais importante trabalho executado por Schiechtl foi na Áustria, seu país de origem, depois do fim da 2ª Guerra Mundial, e teve com objetivo provar a viabilidade técnica e ecológica das técnicas por si desenvolvidas. Os resultados obtidos pelo investigador revelaram-se essenciais no que diz respeito à viabilidade da articulação entre materiais de construção vivos e inertes, com o intuito de restaurar a paisagem restituindo-lhe, o mais possível, o seu aspeto original (Gray & Sotir, 1996).

Assim, salientam-se vários fatos marcantes:

- Em 1972, a International Erosion Control Association (IECA) começou a desenvolver a engenharia natural.
- No ano de 1978 fundou-se a Azienda Speciale Bacini Montano dell'Alto Adige em Itália pelas mãos de Florineth.
- Na Alemanha foi criada, em 1980, a Gesellschaft für Ingenieurbioogie (sociedade da bioengenharia) mas só em 1983 começaram a mostrar resultados com relatórios e conferências acerca da engenharia natural.
- No ano de 1984, em Itália, deram-se os primeiros passos na engenharia natural com a execução de intervenções em pedreiras, estradas e nos sopés das montanhas.
- Em 1988, também em Itália, foram publicadas normas ambientais sobre o impacto ambiental, assegurando alguns tipos de intervenções na área da engenharia natural.

- No ano de 1989, foi fundada a Associazione Italiana per la Ingegneria Naturalística (AIPIN) que foi notória pela qualidade das suas iniciativas na área.
- Em 1990 dá-se o primeiro congresso de engenharia natural em Turim onde foi criada uma definição para a engenharia natural assim como ficaram estabelecidas regras deontológicas; glossários; nomenclatura técnica entre outros.
- Foi criado, em 1996, o primeiro dicionário de engenharia natural, Soil Bioengineering, publicado em quatro línguas: inglês, alemão, francês e italiano. Incluía áreas como a hidráulica, construção de terra, geomorfologia e ecologia, entre outras.
- A partir do ano 2007 criou-se em Portugal a Associação Portuguesa de Engenharia Natural (APENA) filiada à Federação Europeia de Engenharia Natural (Europäische Föderation für Ingenieurbioogie - EFIB).

5.1 - Funções e efeitos das técnicas construtivas de Engenharia Natural

Segundo Zeh (1997) as medidas construtivas de engenharia natural têm como objetivo o preenchimento de alguns requisitos que se revelam importantes para atingir diversas funções, tais como:

5.1.1 - Funções técnicas

- Proteger a camada superficial do solo contra à ação erosiva do vento, da precipitação, do gelo e do escoamento hídrico;
- Proteger zonas intervencionadas contra a queda de pedras;
- Prevenir ou conter forças mecânicas danosas;
- Reduzir a velocidade de escoamento em zonas de margens fluviais;
- Agregar e consolidar superficialmente e/ou profundamente o solo;
- Drenar eficazmente o local;
- Criar soluções para o depósito de neve, areia e transporte sólido;
- Diminuir o perigo de avalanche através do aumento da rugosidade do solo.

5.1.2 - Funções ecológicas

- Melhorar os balanços hídricos, a capacidade de absorção e retenção do solo e a utilização da água pelas plantas;
- Drenagem do solo;
- Proteger contra a ação do vento;
- Defender contra os poluentes atmosféricos;

- Agregar mecanicamente os solos através do sistema radicular das plantas;
- Equilibrar as oscilações térmicas no solo e na camada de ar junto ao solo;
- Criar sombras;
- Aumentar o nível de nutrientes e a fertilidade dos solos;
- Melhorar a distribuição e depósito de neve;
- Proteger contra o ruído;
- Aumentar a produtividade das culturas das zonas envolventes.

5.1.3 - Funções estéticas

- Reparar os estragos causados na paisagem por catástrofes naturais ou pela ação do homem (extração de recursos, trabalhos de construção, aterros de todos os tipos);
- Integrar construções na paisagem;
- Alterar situações de construções desapropriadas no contexto ambiental;
- Enriquecer a paisagem através de situações pontuais onde sejam aplicadas novas estruturas, formas e cores da vegetação.

5.1.4 - Funções económicas

Não se pode garantir que as construções de engenharia natural sejam sempre mais baratas em relação à engenharia tradicional. Porém, devido ao tempo exigido de preparo, construção e manutenção tornam-se, frequentemente, mais económicas. Assim, destacam-se algumas vantagens:

- Redução de custos quando comparada com as construções tradicionais;
- Conceção de novas áreas verdes e florestais em terrenos baldios.

As construções de engenharia natural são resultantes de sistemas vivos que, através do crescimento natural e com a ausência de gastos energéticos artificiais, seguem o seu desenvolvimento num quadro de equilíbrio dinâmico. Com a seleção correta de materiais construtivos vivos e inertes e das técnicas de construção alcança-se uma elevada sustentabilidade sem recurso a grandes manutenções ou intervenções (Zeh, 1997).

5.2 - Planeamento e Intervenção

A construção de uma obra de engenharia natural requer a elaboração prévia de uma planificação. Assim, como em obras de engenharia convencionais, também neste tipo de intervenções é indispensável proceder a uma adequada projeção garantindo, desta forma, a eficaz execução das intervenções. Contudo é necessário, ainda, prevenir os possíveis

riscos associados, atenuar ao máximo o impacto na realização da obra e utilizar o mínimo de tecnologia necessária respeitando, assim, a lei do mínimo conforme se pode observar na figura 47 (Venti *et al.*, 2003).

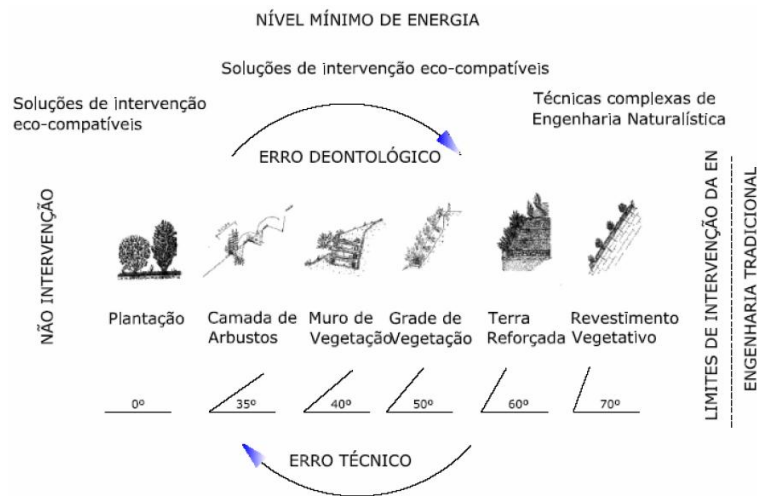


Figura 47 – Esquema de ilustra a Lei do mínimo.
 Fonte: (Venti, D., *et al.*, 2003)

A orientação do projeto deve ser o mais semelhante possível do estado natural da zona a interencionar integrando-se, assim, na paisagem e garantindo as funções ecológicas desse local. Contudo, é necessário fazer um adequado levantamento das condições e particularidades da zona, uma avaliação das características ecológicas e, por fim, avaliar as razões da ausência de vegetação assim como das situações erosivas registadas (Zeh, 1997).

Segundo Venti *et al.* (2003), existem diversos âmbitos onde se podem aplicar as técnicas de engenharia natural. Assim, através da sua utilização é possível:

- Preservar, reabilitar e reconstruir, ecologicamente, taludes naturais predispostos a acidentes hidrogeológicos;
- Consolidar e requalificar, ecologicamente, as margens fluviais assim como criar ecossistemas para habitar e reproduzir várias espécies animais;
- Estabilizar a orla costeira e reconstruir as margens nas lagoas;
- Planificar obras de acomodação provisória ou permanente da zona local;
- Estabilizar taludes rodoviários e ferroviários;
- Reconstruir novos habitats, estabilizando e requalificando ecologicamente taludes desnudos assim como os causados por projetos de infraestruturas;

- Construir ecossistemas capazes de aumentar a biodiversidade local ou territorial;
- Construir estruturas ambientais capazes de assegurar a permanência e a mobilidade da fauna;
- Recuperar áreas de pedreiras e de zonas de descargas.

Contudo, e com base em Venti *et al.* (2003), a engenharia natural apresenta algumas limitações. É assim necessário que, antecipadamente, se proceda ao reconhecimento do local a interencionar de forma a conhecer as condições físicas, técnicas e ambientais existentes. As limitações que podem ocorrer à implementação da engenharia natural prendem-se com vários fatores dos quais se destacam:

- Falta de formação de mão-de-obra;
- Sazonalidade dos trabalhos;
- Condições climáticas do local a interencionar;
- Necessidade de um constante controlo, verificação e manutenção das obras.

5.3 - Materiais

Ao serem aplicadas as técnicas de engenharia natural deve ter-se em conta o problema e as melhorias que se pretendem resolver num ecossistema para que não se verifique um desequilíbrio. Assim, devido à evolução verificada ao longo dos tempos, é possível utilizar um alargado leque de materiais que se podem dividir em orgânicos e inorgânicos. Contudo, os materiais orgânicos ainda se podem subdividir salientando-se o papel dos materiais vivos e dos materiais inertes (Venti *et al.*, 2003).

5.3.1 - Materiais vivos

Os materiais vivos caracterizam-se pela sua rápida capacidade de. As plantas, sementes, partes de plantas e estacas arbustivas conseguidas no local de construção ou na área envolvente são, habitualmente, as mais apropriadas visto já se encontrarem adaptadas às características do local. Assim, deve realizar-se um levantamento minucioso no local de construção, com a finalidade de identificar os materiais vivos mais adequados (figura 48). Porém, é importante definir, ao longo do processo construtivo, a parte da vegetação que pode ou não ser reaproveitada. Esta deve ser guardada em local apropriado para que permaneça nas condições pretendidas. Contudo, quando se adquire materiais vivos de

viveiros deve-se tentar garantir que a sua origem possui ecologicamente as mesmas características da zona a intervencionar respeitando, assim, as leis e regulamentos relativas à qualidade e sanidade do material (Zeh, 1997).



Figura 48 – Exemplo de arbustos e sementes.
Fonte: (Antonis e Molinari, 2007).

5.3.2 - Materiais inertes

Segundo Venti *et al.*, (2003) os materiais inertes podem ser de origem orgânica ou inorgânica mas não possuem capacidade vegetativa (figura 49). Os que mais se destacam são:

- Madeiras (troncos, estacas e ramos);
- Adubos orgânicos (se o substrato for pobre em nutrientes);
- Fibras (sintéticas ou naturais);
- Pedras;
- Metais (aço, pregos e arames);
- Geossintéticos.

Pode ser necessária a sua utilização concomitante quando se pretender uma intervenção imediata que não pode ser garantida pelas plantas devido à carência de tempo que estas necessitam para o seu correto desenvolvimento.



Figura 49 – Exemplo de madeiras, pedras, metais e geossintéticos.
Fonte: (Antonis e Molinari, 2007).

Em obras de engenharia natural a madeira é a mais utilizada pois, ao se conjugar com o sistema radicular da planta selecionada, entra em harmonia e cria com ela uma forte união. Contudo, durante período de crescimento do sistema radicular, a madeira vai apodrecendo sendo substituída pelas raízes, agora fortes da planta. Este processo de envelhecimento da madeira pode ser longo dependendo do tipo de tratamento que recebeu antes de ser aplicada. Assim, esta deve ser descascada em toda a sua extensão e linear, sempre que possível. Também deve ser tido em conta o estado de conservação da madeira pois não se devem utilizar troncos que apresentem vestígios de podridão ou outros que possam levar ao seu rápido apodrecimento.

Quando se procede à aplicação da pedra deixa-se, naturalmente, uma grande quantidade de vazios entre elas, o que permite a passagem de uma grande quantidade de água, possibilitando uma boa drenagem do local intervencionado. Porém, é necessário que se evite a utilização de pedras moles e excessivamente fraturadas pois apresentam um risco de uma drenagem ineficiente podendo originar uma instabilidade da estrutura.

Relativamente ao ferro e ao aço estes são aplicados na união de elementos estruturais. Assim, quando se constrói uma estrutura em madeira a união entre os troncos pode ser feita com o recurso a varões de aço ou a fio de arame. Em caso de taludes recorre-se a espigões para segurar a rede garantindo uma boa ancoragem (Antonis e Molinari, 2007).

No que concerne aos geossintéticos estes têm como principal função: filtrar, drenar, proteger contra a erosão e apoiar o desenvolvimento da vegetação. Segundo a sua estrutura e características podem dividir-se em: geotêxtis, geossintéticos para drenagem, geogrelhas e georedes, geomembranas e geossintéticos biológicos.

- Geotêxteis - são aplicados para o reforço e melhoria da capacidade de suportar cargas.
- Geossintéticos para drenagem - possuem umas ótimas características de filtragem.
- Geogrelhas e georedes – a sua disposição facilita o crescimento vegetativo.
- Geomembranas - utilizadas frequentemente na impermeabilização.
- Geossintéticos biológicos - desempenham uma função anti erosiva do solo apoiando o desenvolvimento da vegetação devido à sua constituição.

5.4 - Manutenção das construções de engenharia natural

Em engenharia natural só se atinge o sucesso pleno das suas construções quando o sistema radicular da vegetação aplicada se desenvolve corretamente, consolidando e

protegendo a estrutura construída. Contudo, para que isto seja possível, é necessária uma plena eficácia da intervenção através da aplicação de medidas de manutenção intensivas dependendo das condições em que a planta se desenvolve.

A responsabilidade da manutenção deve ser incluída no contrato de construção de forma a garantir que, durante o processo de desenvolvimento, se acompanhe com cuidado e de forma eficaz a estrutura em questão. Assim, é importante que fique definido de quem é a responsabilidade pela resolução das imperfeições que possam aparecer, pelas reparações necessárias, por novas sementeiras, plantações, podas, desbastes, ceifas, rega, adubamento ou cobertura (Zeh, 1997).

Relativamente aos cuidados a ter com as estruturas destacam-se:

- Prevenção dos danos causados pelo homem ou por animais;
- Ceifa e transporte do material ceifado;
- Pastoreio extensivo por espécies adequadas como por exemplo as ovelhas;
- Rega;
- Drenagem;
- Adubagem;
- Podas.

Em obras de engenharia natural é importante efetuar um projeto de manutenção abrangente, por um período mínimo de trinta anos, onde se saliente:

- O período de implementação;
- O período da realização das tarefas;
- Os trabalhos necessários para garantir a continuidade do seu bom funcionamento.

Capítulo 6

OS PRINCIPAIS TIPOS DE TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL NA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

No que concerne às técnicas de engenharia natural são inúmeras as possibilidades de escolha, combinações e suas aplicações. Contudo, neste capítulo, realçam-se as principais técnicas da engenharia natural na estabilização de taludes.

6.1 ESTACAS VIVAS

6.1.1 Descrição

É uma técnica utilizada nos taludes com o objetivo de estabilizar terrenos instáveis ou ancorar várias tipologias de estruturas (figura 50). Utiliza-se no terreno estacas vivas ou ramagens de espécies com uma elevada capacidade de propagação vegetativa e o efeito estabilizante desta técnica, em profundidade, aumenta consoante o comprimento da estaca colocada. Quanto maior for a estaca aplicada, maior a profundidade a que se desenvolvem as raízes e, portanto, maior a estabilidade em profundidade.

Esta técnica baseia-se na utilização de troncos ou ramos com mais de 3 anos, sem ramagem lateral e sem estrias mas que possuam casca fina. Devem ter comprimentos variáveis entre 40 e 100 cm, um diâmetro compreendido entre 2 e 8 cm, devem ser afiadas na parte inferior e cravadas no solo até que apenas cerca de 5 cm permaneçam de fora reduzindo, deste modo, os riscos de secagem. Consoante o comprimento da estaca aplicada o efeito estabilizante desta técnica em profundidade aumenta. Assim, quanto maior for a estaca utilizada, maior a profundidade a que se irão desenvolver e fortalecer as raízes e, portanto uma maior estabilidade em profundidade. Assim, é de destacar que as estacas ajustam-se muito bem à aplicação de vegetação em enrocamentos pois possibilitam uma instalação posterior à construção da mesma assegurando, desta forma, a sua revegetação sem necessidade de intervenções dispendiosas. Torna-se apenas necessário abrir buracos entre as rochas com uma barra de ferro, enchendo-os com solo e espetando uma nova estaca de forma a garantir que o seu comprimento lhe possibilite uma penetração até ao solo subjacente ao enrocamento (Fernandes e Freitas, 2011).



Figura 50 – Esquema ilustrativo da aplicação de estacaria viva.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.1.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Com base em Fernandes e Freitas (2011), a aplicação de estacas vivas é sugerida na reparação de pequenos escorregamentos e assentamentos de terra causados pelo excesso de humidade do solo em locais que não apresentem graves problemas de estabilidade particularmente em taludes e margens fluviais com pouca inclinação. Podem também ser usadas como elemento fixador na instalação de mantas orgânicas, fascinas, entrançados vivos, entre outros. Igualmente pode aplicar-se com mantas orgânicas pois ajuda a fixá-las permitindo um controle da erosão, conforme as figuras 51 e 52.

Relativamente ao controle da erosão fluvial as estacas vivas possibilitam a recuperação e a estabilização dos taludes das margens dos rios. Assim, quando as estacas estiverem firmes e as plantas já desenvolvidas consegue-se estabelecer, com uma maior facilidade, um coberto vegetal que atua nos caudais de cheia como proteção e permite a estabilização do talude.

6.1.3 Materiais

Estacas plurianuais de espécies lenhosas com capacidade de propagação vegetativa, afiados ou cortados em bissel na parte inferior. Geralmente utilizam-se estacas de salgueiro (*salix sp.*) e choupo (*popullus spp.*), entre outras (Zeh, 1997).

6.1.4 Período de Execução

Durante o repouso vegetativo.

6.1.5 Vantagens

Com base em Fernandes e Freitas (2011) a técnica da estacaria viva apresenta as seguintes vantagens:

- Custo reduzido;
- Prontidão de recolha de material (se existente na área envolvente);
- Fácil execução;

- Estabilização muito eficaz após o crescimento das estacas vivas (6 meses – 2 anos);
- Promove a evolução de ecossistemas;
- Quanto maior for a estaca viva maior será o efeito estabilizante em profundidade.

6.1.6 Desvantagens

A técnica da estacaria viva apresenta como desvantagens:

- A estabilidade dos taludes e a consolidação superficial estão limitados devido ao lento crescimento do sistema radicular;
- Não é garantido o enraizamento das estacas.

6.1.7 Manutenção

A manutenção das estacas é feita através da observação. Contudo, devem ser feitas podas nos primeiros tempos com vista a promover o desenvolvimento radicular das estacas. O desbaste também deve ser feito no caso de ser necessário garantir a elasticidade das plantas e controlar a sua excessiva evolução.

6.1.8 Exemplos de Aplicação



Figura 51 – Aplicação de estacaria viva.

Fonte:

[http://www.puricelliambiente.it/\(S\(2t1sis452kikeyiclnh4n3s\)\)/fotogallery.aspx?lcpag=_consolidamento&AspxAutoDetectCookieSupport=1](http://www.puricelliambiente.it/(S(2t1sis452kikeyiclnh4n3s))/fotogallery.aspx?lcpag=_consolidamento&AspxAutoDetectCookieSupport=1)

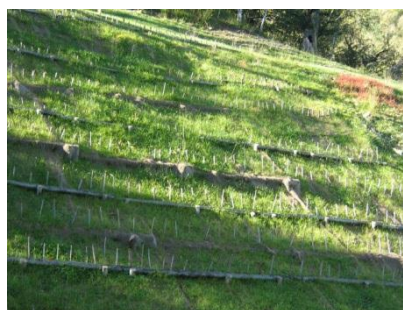


Figura 52 – Aplicação de estacaria viva após três meses.

Fonte:

[http://www.puricelliambiente.it/\(S\(2t1sis452kikeyiclnh4n3s\)\)/fotogallery.aspx?lcpag=_consolidamento](http://www.puricelliambiente.it/(S(2t1sis452kikeyiclnh4n3s))/fotogallery.aspx?lcpag=_consolidamento)

6.2 MURO VIVO TIPO “CRIBWALL”

6.2.1 Descrição

O muro de suporte vivo tipo “Cribwall” é um dos mais aplicados em projetos de engenharia natural e paisagística assim como na proteção do solo e em ecossistemas terrestres e aquáticos. Contudo, o seu êxito depende da correta avaliação do fenómeno erosivo, do dimensionamento válido da estrutura e do material vivo selecionado a utilizar.

Assim, esta técnica integra-se ambientalmente muito bem e tem grande valor estético devido à ancoragem profunda, ao crescimento do sistema radicular das plantas e à sua cobertura vegetal que, ao longo do tempo, vão substituir a função provisória da estrutura de madeira (figura 53).

Fernandes e Freitas (2011) definem muro vivo como sendo uma estrutura de madeira, em forma de caixa, formada por troncos de madeira dispostos perpendicularmente. O seu enchimento interior deverá ser feito na base com pedra até atingir o nível médio das águas. A restante área de enchimento poderá ser muito variada dependendo das necessidades da zona de intervenção. Contudo, deve-se utilizar como material para o enchimento, sempre que possível, terreno da zona intervencionada, espécies arbustivas autóctones em torrão ou raiz nua, estacas vivas ou fascinas.

De realçar que estas estruturas, devido a ações erosivas muito intensas, comportam-se bastante bem tanto no suporte de taludes ou encostas como na proteção e reconstrução de margens fluviais.

A estrutura dos muros vivos é constituída por troncos de diâmetro compreendido entre 10 e 40 cm, com camadas intercaladas e apresentado, habitualmente, uma inclinação estrutural compreendida entre 10-20% de forma a aumentar a massa de suporte efetiva e reduzir os riscos de movimentos de vertentes. A parede pode caracterizar-se de duas formas: pode ser simples ou dupla. A simples consiste em uma só parede longitudinal frontal enquanto a dupla é constituída por duas paredes longitudinais.

Contudo, os muros também podem ser ancorados com estacas em meios muito instáveis em profundidade e posteriormente preenchidos com solo. Este preenchimento pode ser parcial com pedra na base e estar associado a sistemas de drenagem nas aplicações como muro de suporte em encostas. De realçar que em cada nível são aplicados ramos com capacidade de crescimento de vegetação ou plantas já enraizadas, de modo a que estas atinjam o solo de fundação.



Figura 53 – Esquema ilustrativo da aplicação de um muro vivo.
Fonte: (Zeh, 1997).

6.2.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Os diferentes procedimentos e arquiteturas construtivas deste tipo de estruturas distinguem-se em função do meio, do tipo de aplicação e da intensidade dos fatores de tensão a que irão estar sujeitos. Esta técnica é utilizada como obra longitudinal de defesa de margens fluviais e, também, para a consolidação de taludes e encostas. Funcionam bastante bem em taludes e em margens fluviais com declives entre 40-50°.

Para o dimensionamento do muro de suporte vivo é usado o modelo de cálculo de um muro de gravidade. Nas figuras seguintes pode observar-se o critério de cálculo utilizado para o dimensionamento.

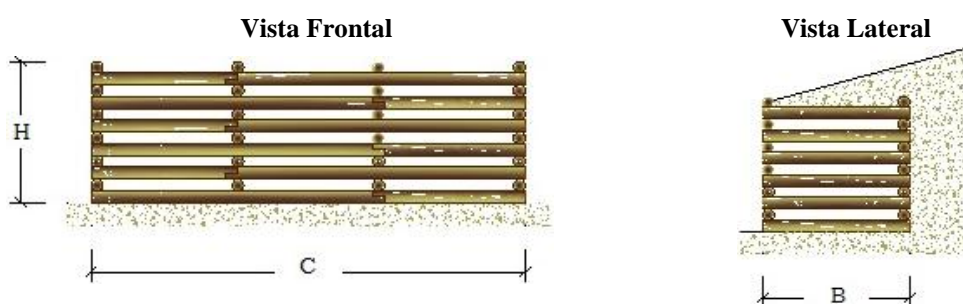


Figura 54 - Exemplo do muro de suporte vivo duplo.
Fonte: (Cornelini e Preti, 2000)

De modo a simplificar os cálculos, despreza-se a inclinação descendente para o solo do muro como podemos verificar na figura seguinte, pois essa mesma inclinação é a favor da estabilidade.

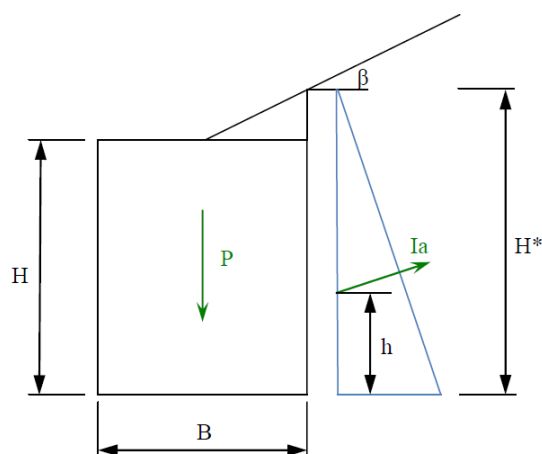


Figura 55 - Critério de cálculo simplificado.
Fonte: (Cornelini e Preti, 2000)

De forma a se poder calcular o peso do muro é necessário a contabilização do peso próprio da estrutura em madeira, assim como, do solo colocado no seu interior. Porém, é necessário calcular o volume dos troncos e do terreno por metro linear, para se fazer uma estimativa do peso total do muro vivo, utilizando as seguintes equações:

$$V_{\text{troncos}} = \pi \times r^2 \times \sum (n \times l) \quad (1)$$

$$P_{\text{troncos}} = \gamma \times V_{\text{troncos}}^* \quad (2)$$

$$V_{\text{solo}} = B \times H - V_{\text{troncos}}^* \quad (3)$$

$$P_{\text{solo}} = \gamma \times V_{\text{solo}} \quad (4)$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{troncos}} + P_{\text{solo}} \quad (5)$$

Sendo que,

V_{troncos} - Volume dos troncos [m³];

V_{troncos}^* - Volume dos troncos por metro linear [m³/m];

V_{solo} - Volume do solo [m³];

r - Raio do tronco [m];

n - Número de troncos [-];

l - Comprimento do tronco [m];

B - Espessura do muro [m];

H - Altura do muro [m];

γ - Peso volúmico [kN/m³];

P_{troncos} - Peso dos troncos [kN/m];

P_{solo} - Peso do solo [kN/m].

Usando a teoria de Rankine ou a teoria de Coulomb calcula-se o impulso ativo (I_a), exercido pelo terreno sobre a estrutura.

Impulso Ativo

$$I_a = \frac{1}{2} \gamma \times H^{*2} \times K_a - 2c \times H^* \times \sqrt{K_a} \quad (6)$$

onde,

γ - Peso volúmico [kN/m³];

c - Coesão do solo [kPa];

H^* - Altura do muro a tardoz [m];

Teoria de Rankine

Condições Drenadas

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} \quad (7)$$

Terrenos Inclinados

$$K_a = \cos(\beta) \frac{\cos(\beta) - \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \phi')}}{\cos(\beta) + \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \phi')}} \quad (8)$$

Sendo que,

ϕ' - Ângulo de atrito do solo [°];

β - Ângulo de inclinação da superfície do terreno com a horizontal [°].

Teoria de Coulomb

$$K_a = \frac{\cos^2 (\phi' - \lambda)}{\cos^2 \lambda \cdot \cos (\delta + \lambda) \cdot \left[1 + \left(\frac{\sin (\phi' + \delta) \cdot \sin (\phi' - \beta)}{\cos (\beta - \lambda) \cdot \cos (\delta + \lambda)} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^2} \quad (9)$$

Sendo que,

ϕ' - Ângulo de atrito do solo [°];

δ - Ângulo de atrito do solo-estrutura [°];

λ - Ângulo de inclinação do tardoz do muro com a vertical [°];

β - Ângulo de inclinação da superfície do terreno com a horizontal [°].

Ao calcular o impulso ativo, com base em uma das teorias anteriormente referidas, é necessário proceder às verificações de segurança em relação aos estados limites. Os estados limites últimos (ELU) referem-se à rutura estrutural, considerando-se quatro tipos

de estados que podem ocorrer. São os casos de derrubamento, de escorregamento pela base, de rutura do solo de fundação e de escorregamento global.

Os três primeiros estados limites últimos são geralmente os que necessitam de ser verificados na parte do projeto de execução. O valor dos fatores globais e parciais de 1,5 e 1, respetivamente, não podem ser excedidos na verificação ao derrubamento e deve ser calculada através das seguintes equações (Valente, 2011):

$$FS_d = \frac{\sum M_{est.}}{\sum M_{der.}} \quad (10)$$

$$M_{est.} = P_{total} \times B \quad (11)$$

$$M_{der.} = I_a \times \left(\frac{1}{3} H^* \right) \quad (12)$$

Sendo que,

Mest. - Momento estabilizador [kNm];

Mder. - Momento derrubador [kNm];

H* - Altura do muro a tardoz [m];

B - Espessura do muro [m].

A verificação do escorregamento também não pode exceder o valor dos fatores globais e parciais, de 1,5 e 1, respetivamente, e deve ser realizada através das seguintes equações (Valente, 2011):

$$FS_e = \frac{\sum F_{est.}}{\sum F_{der.}} \quad (13)$$

$$F_{est.} = P_{total} \times \tan \phi' \quad (14)$$

$$F_{der.} = I_a \quad (15)$$

Sendo que,

Fest. - Força estabilizadora [kN/m];

Fder. - Força derrubadora [kN/m];

Por último, na verificação por rutura da fundação, o valor da excentricidade terá que obedecer à regra de $e \leq B/6$, devendo ser realizado através das seguintes equações (Valente, 2011):

$$e_x = \frac{Md}{Vsd} \quad (16)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{Vsd}{B} + \frac{6 \times Vsd \times e_x}{B^2} \quad (17)$$

$$\tau_{m\acute{i}n} = \frac{Vsd}{B} - \frac{6 \times Vsd \times e_x}{B^2} \quad (18)$$

Sendo que,

e_x - excentricidade [m];

Md - Momento derrubador [kNm];

Vsd - Esforço transversal (Peso do Muro= P_{total}) [kN/m];

$\tau_{m\acute{a}x}$ -Tensão máxima na base do muro [kN/m²];

$\tau_{m\acute{i}n}$ -Tensão mínima na base do muro [kN/m²].

Com base na Norma Portuguesa (2010), o dimensionamento das estruturas de suporte obrigam à aplicação de coeficientes parciais de majoração das ações e minoração das propriedades e/ou resistências dos terrenos. O Eurocódigo 7 estabelece a adoção de três metodologias de análise, sendo que a abordagem de cálculo mais usual em Portugal é a abordagem tipo 1 (AC1). No quadro 12 são apresentados os coeficientes globais e parciais de segurança.

Quadro 12 - Coeficientes Globais e parciais de segurança (Norma Portuguesa, 2010).

Verificação à segurança por:	Materiais				Ações Permanentes		Resistência para estruturas de suporte		
	$\gamma_{c'}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{δ}	γ_{γ}	Favorável	Desfavorável	Vertical	Deslizamento	Terreno
Por Fatores Globais	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EC7-2010: AC1 - Comb.1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,00	1,00	1,00
EC7-2010: AC1 - Comb.2	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Obras de consolidação e suporte em encostas

Segundo Fernandes e Freitas (2011) neste tipo de obra é essencial que a estrutura distribua as tensões perpendiculares da forma mais homogênea possível pois, como as tensões são transversais ou perpendiculares a essa mesma estrutura, é aconselhável que seja feita uma distribuição alternada dos troncos transversais nas diferentes camadas. Este aspecto assume grande importância quando as estruturas são utilizadas como muro de suporte ou quando são usadas como componente estrutural de suporte de uma estrada.

Não existe necessidade de instalar filtros entre os troncos apesar do principal fator erosivo ser a chuva. Assim, é suficiente respeitar o ângulo de estabilidade do material de preenchimento para que seja possível garantir a consolidação da estrutura após a sua construção e o pleno crescimento da vegetação.

Obras fluviais

Para que seja possível garantir a integridade estrutural da construção causada pela forte ação erosiva longitudinal, é necessário garantir que as áreas abertas se encontrem protegidas contra a erosão através da aplicação de filtros de pedras, fascinas ou geotêxteis. Este tipo de obras podem dividir-se em: longitudinais e transversais.

As longitudinais caracterizam-se pela proteção ou reconstrução de margens. Assim, para que seja impedida a erosão do material de enchimento da estrutura, esta tem de ser fechada na parte frontal com pedras e fascinas pois pode ser danificada pela permanente ação erosiva da corrente de água.

As transversais são normalmente preenchidas com pedras e vegetação lenhosa e são frequentemente utilizadas para o efeito de retenção hídrica e dissipação energética (Fernandes e Freitas, 2011).

6.2.3 Materiais

- Troncos de madeira
- Pregos ou varão de ferro;
- Estacas vivas de espécies arbustivas autóctones;
- Plantas em torrão ou raiz nua;
- Terra vegetal local;
- Arame.

6.2.4 Período de execução

A construção deverá ser efetuada no período de repouso vegetativo das plantas, sendo que este é o período propício à plantação pois as raízes mantêm-se em atividade e propícias ao desenvolvimento do seu sistema radicular no solo.

6.2.5 Vantagens

Os muros vivos apresentam as seguintes vantagens:

- Estabilização forte e imediata;
- A vegetação aplicada absorve a água necessária ao seu desenvolvimento desenvolvendo uma ação drenante;
- Custos de manutenção moderados;
- Flexibilidade estrutural.

5.2.6 Desvantagens

Como desvantagens salientam-se:

- Altura da obra com desenvolvimento limitado;
- Possibilidade da necessidade da utilização de meios mecânicos para realizar as escavações.

6.2.7 Manutenção

- Vigilância, ao longo do primeiro ano de construção, de forma a evitar o descalçamento da estrutura;
- Substituição de estacas ou plantas que não tenham enraizado.

6.2.8 Exemplos de Aplicação



Figura 56 – Fase de modelação prévia para a aplicação do Muro Vivo em Vila Nova de Gaia.

Fonte:

<http://engnatsul.ning.com/photo/muro-de-suporte-vivo-2/next?context=latest>



Figura 57 – Fase inicial de execução do Muro vivo. Aplicação da primeira fila de troncos.

Fonte:

<http://engnatsul.ning.com/photo/muro-de-suporte-vivo-3/next?context=latest>



Figura 58 – Após a conclusão do Muro Vivo. Acima do talude a aplicação de uma biomanta em rede de coco.

Fonte:

<http://engnatsul.ning.com/photo/muro-de-suporte-vivo-4/next?context=latest>



Figura 59 – 3 meses após a conclusão. O crescimento da vegetação.

Fonte:

<http://engnatsul.ning.com/photo/muro-de-suporte-vivo-fluvial-com-prumo-frontal/next?context=latest>

6.3 GRADE VIVA

6.3.1 Descrição

Entende-se por grade viva uma estrutura em madeira obtida através da aplicação de troncos de madeira horizontais e verticais colocados perpendicularmente. Esta estrutura é suportada por troncos de madeira fixados no solo que servem de suporte a essa mesma estrutura. Seguidamente, procede-se à plantação de vegetação e, por fim, preenchem-se os favos da estrutura com terra vegetal local, conforme a figura 60.

Para Fernandes e Freitas (2011) este tipo de técnica serve para consolidar superficialmente taludes com uma altura máxima de 20 m e declives máximos de 55%. Tem como objetivo a estabilização das camadas superficiais de solo da encosta até uma profundidade de 30 – 40 cm dependendo da função do tipo de grade podendo estas serem simples ou duplas. As grades vivas são normalmente construídas através da aplicação de troncos com diâmetros compreendidos entre 10 e 30 cm numa estrutura em grade simples ou dupla. Em função do ângulo de estabilidade do solo é possível definir-se a distância vertical entre os diferentes níveis transversais de modo a garantir que não ocorram deslizamentos ou erosão do solo de enchimento. A aplicação da vegetação pode ser feita através da plantação ou da fixação de estacas após a construção da grade. Assim nas grades vivas, ao contrário da maioria dos sistemas construtivos descritos, pode afirmar-se que é possível construir a grade fora do período vegetativo.

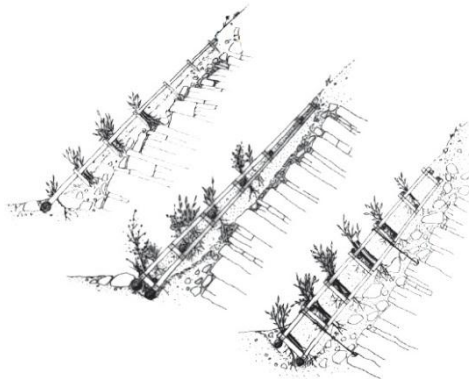


Figura 60 – Esquema ilustrativo da aplicação de uma grade viva simples, dupla e tripla.
 Fonte: (Zeh, 1997).

6.3.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Para Zeh (1997) as grades vivas aplicam-se em taludes com declives íngremes compreendidos entre 40-60° e, eventualmente, em margens fluviais.

No que concerne à obtenção da distância entre os troncos longitudinais pode utilizar-se as leis que regulam a trigonometria, usando a fórmula da tangente.

$$\tan \alpha = \frac{\text{Cateto Oposto}}{\text{Cateto Adjacente}} \quad (19)$$

Ao colocar o diâmetro do tronco como cateto oposto e sendo o ângulo do triângulo equivalente à diferença entre os ângulos de projeto e de atrito interno, fica como incógnita o cateto adjacente que é a distância de interação entre elementos longitudinais.

Assim, passamos a ter como fórmula:

$$\text{Distância} = \frac{\text{Diâmetro do tronco}}{\tan (\text{ângulo Projecto} - \text{ângulo Atrito})} \quad (20)$$

Para melhor compreender a alteração efetuada na fórmula deve observar-se a figura 61:

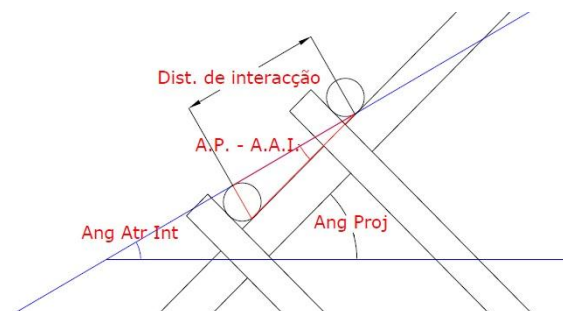


Figura 61 – Esquema ilustrativo da interação entre os troncos longitudinais da grade viva simples.
 Fonte: (Pires, 2009)

6.3.3 Materiais

- Troncos de madeira;
- Pregos ou varão de ferro;
- Terra vegetal local;
- Arame;
- Redes para reforçar ou geotêxteis;
- Estacas vivas de espécies arbustivas autóctones;
- Plantas e sementes.

6.3.4 Período de execução

A construção da estrutura em madeira poderá ser executada em qualquer altura do ano.

As estacas vivas e as plantações só poderão ser aplicadas durante o período de repouso vegetativo.

6.3.5 Vantagens

As grades vivas apresentam as seguintes vantagens:

- Estabilização imediata;
- A vegetação exerce uma ação drenante pois absorve a água necessária ao seu desenvolvimento;
- Pouca ou nenhuma escavação;
- Crescimento da vegetação em declives muito acentuados não sendo necessário recorrer ao nivelamento;
- Efeito estabilizante assegurado pela estrutura em madeira e pelo sistema radicular da vegetação à posteriori.

6.3.6 Desvantagens

Como desvantagens da aplicação das grades vivas realçam-se:

- Intenso método de construção;
- Dificuldade de aplicação em substratos rochosos.

6.3.7 Manutenção

A manutenção das grades vivas é feita através da observação e da substituição de estacas ou plantas que não tenham enraizado.

6.3.8 Exemplos de Aplicação



Figura 62 – Montagem de uma grade viva.

Fonte:

<http://www.agriforest.org/ingegno.html>



Figura 63 – Aplicação de uma grade viva no Parco del Secchia - Emilia-Romagna, Itália.

Fonte:

<http://www.conipiediperterra.com/nel-parco-del-secchia-ingegneria-naturalistica-per-riqualificare-le-zone-umide-1031.html>

6.4 TERRA REFORÇADA

6.4.1 Descrição

Este tipo de técnica é utilizada para a construção de taludes ou muros muito inclinados sendo por isso uma solução alternativa a todos os outros tipos de muros de contenção presentes no mercado. É adaptável a qualquer tipo de solo sendo utilizada essencialmente como reforço em obras geotécnicas e de proteção ambiental, conforme a figura 64.

Com base em Fernandes e Freitas (2011) terra reforçada é uma obra de sustentação, usada na reconstrução de taludes muito íngremes. Baseia-se na estratificação reforçada de várias parcelas de terra vegetal local estabilizadas, interiormente, pelo peso da terra vegetal enquanto, na parte frontal, a contenção do terreno é feita através de uma proteção com diversos tipos de materiais inertes (mantas de geotêxtil orgânico, reforçadas ou não com redes de aço ou plástico e cheias com uns 50 cm de terra vegetal). Ao terminar uma camada procede-se à plantação de espécies enraizadas ou à distribuição de ramos com capacidade de enraizamento de forma idêntica à construção de um leito de ramagens.

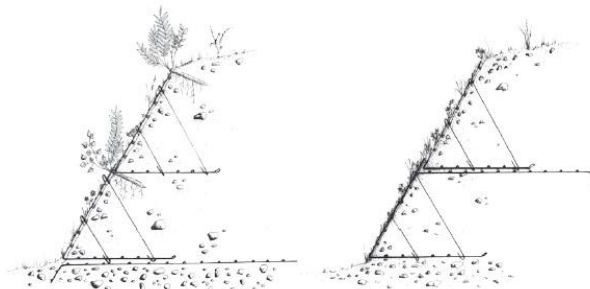


Figura 64 – Esquema ilustrativo da terra reforçada com vegetação.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.4.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Esta técnica adapta-se muito bem à construção de muros de suporte ou a muros verdes de proteção contra o ruído assim como a taludes e margens fluviais de elevada inclinação.

6.4.3 Materiais

Segundo Zeh (1997) os materiais mais comuns são:

- Rede sintética ou metálica zincada e plastificada;
- Geotêxtil orgânico ou sintético;
- Geogrelhas de reforço;
- Solo virgem;
- Estacas vivas de espécies de propagação vegetativa;
- Hidrossementeira;
- Painéis em rede metálica electrossoldada;
- Mistura de sementes.

6.4.4 Período de execução

A construção da estrutura poderá ser executada em qualquer altura do ano.

As estacas vivas e as plantações só poderão ser aplicadas durante o período de repouso vegetativo.

6.4.5 Vantagens

A terra reforçada apresenta as seguintes vantagens:

- Elevada duração;
- A construção por módulos possibilita inúmeras formas adaptadas às condições do terreno local;
- De todas as estruturas artificiais é a que apresenta melhores condições para o crescimento da vegetação;
- Aplica-se em locais com grande inclinação e espaços limitados;
- Deformáveis e permeáveis.

6.4.6 Desvantagens

Como desvantagens realçam-se:

- Custo elevado;
- Os materiais de reforço não são biodegradáveis;

- Colheita de material de enchimento com características geotécnicas idóneas.

6.4.7 Manutenção

Não são necessárias tarefas de manutenção específicas. Deve ter-se apenas alguma vigilância pois podem surgir danos na estrutura.

6.4.8 Exemplos de Aplicação



Figura 65 – Início da obra com execução da base drenante.

Fonte:
<http://engnatsul.ning.com/photo/gabi-o-vivo/prev?context=latest> por Rita Sousa



Figura 66 – Compactação das camadas de solo do Muro Verde.

Fonte:
<http://engnatsul.ning.com/photo/muro-verde-solo-refor-ado/prev?context=latest> por Rita Sousa



Figura 67 – Após a conclusão do Muro.

Fonte:
<http://engnatsul.ning.com/photo/muro-verde-solo-refor-ado-1/prev?context=latest> por Rita Sousa



Figura 68 – Um mês após a execução da hidrossemeadura na face do Muro.

Fonte:
<http://engnatsul.ning.com/photo/muro-verde-solo-refor-ado-2/prev?context=latest> por Rita Sousa

6.5 PALIÇADA VIVA

6.5.1 Descrição

Esta técnica consiste na aplicação de troncos de madeira em taludes de substratos argilosos ou/e arenosos. São cravadas no terreno estacas vivas colocadas na vertical, distanciadas entre si por distâncias definidas em projeto. Cada estaca deve ser enterrada no solo com uma profundidade mínima de 1/3 do seu comprimento e a sua ligação é feita por estacas colocadas e presas horizontalmente às outras estacas já aplicadas (figura 69).

É uma estrutura linear, aplicável quando se pretende obter a consolidação superficial de taludes com declives suaves.

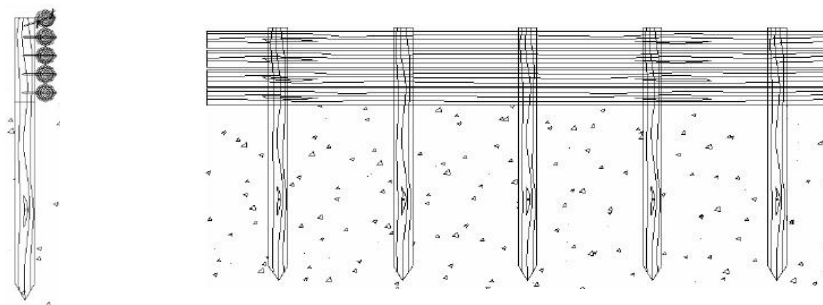


Figura 69 – Esquema ilustrativo de uma paliçada viva.
Fonte: (Zeh, 1997).

6.5.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Tem um método construtivo bastante simples que se baseia na sobreposição de vários troncos de madeira por trás de fortes estacas verticais previamente cravadas no terreno. A ordenação em socalcos reduz a inclinação do talude e diminui a erosão provocada pelas águas superficiais reduzindo a tendência para se verificarem movimentos de vertentes. O material vivo, uma vez enraizado e desenvolvido, vai possibilitar a consolidação do terreno.

Para se proceder ao dimensionamento da paliçada deve ter-se em conta as ações dos impulsos ativos e passivos exercidos sobre a estrutura, como se pode observar no diagrama seguinte:

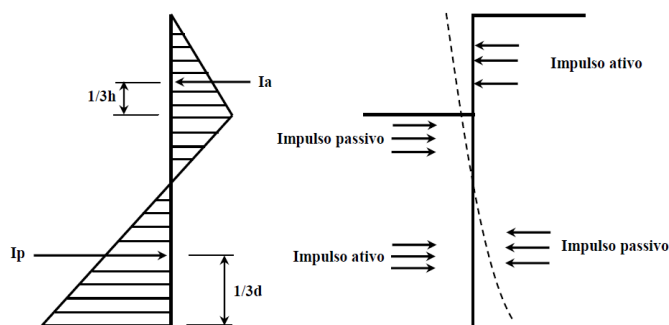


Figura 70 – Diagrama simplificado das deformações no caso de uma paliçada
Fonte: (Cornelini e Preti, 2000)

Usando a teoria de Rankine calcula-se o impulso ativo (I_a) e o impulso passivo (I_p), exercido pelo terreno sobre a estrutura.

Impulso Ativo

$$I_a = \frac{1}{2} \gamma \times d^2 \times K_a \times L \quad (21)$$

Impulso Passivo

$$I_p = \frac{1}{2} \gamma \times d^2 \times K_p \times \emptyset \quad (22)$$

onde,

γ - Peso volúmico [kN/m³];

\emptyset - Diâmetro da estaca vertical [m];

d - Altura da paliçada no tardo [m];

L - Distância entre postes [kN/m];

Teoria de Rankine

Condições Drenadas

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} \quad (23)$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \quad (24)$$

onde,

K_a - Coeficiente de impulso ativo [-];

K_p - Coeficiente de impulso passivo [-];

ϕ' - Ângulo de atrito do solo [°];

6.5.3 Materiais

- Troncos de madeira;
- Pregos ou varão de ferro;
- Terra vegetal local;
- Arame;
- Estacas vivas de espécies arbustivas autóctones;
- Plantas e sementes.

6.5.4 Período de execução

Esta técnica deve ser efetuada durante a época de repouso vegetativo.

6.5.5 Vantagens

A paliçada viva apresenta as seguintes vantagens:

- Simples execução;
- Custo reduzido;
- Excelente eficácia estabilizante;
- Abundância de recolha de material.

6.5.6 Desvantagens

Como desvantagens salientam-se:

- Impossibilidade de construção em terrenos rochosos.

6.5.7 Manutenção

Deve proceder-se à manutenção da paliçada através da observação, sendo necessário garantir que não se constatem danos na estrutura causados pela má aplicação dos troncos. Também é essencial garantir que, na fase inicial, não se verifiquem atos de vandalismo sobre a estrutura que poderão dar origem a danos que possam originar a rutura ou o derrubamento.

6.5.8 Exemplos de Aplicação



Figura 71 – Paliçada viva na República di San Marino, Itália.

Fonte:

http://www.aipinmarche.it/images/Ingegneria%20Naturalistica%20%20Calanchi%20San%20Marino%2014_06_03%2009.jpg

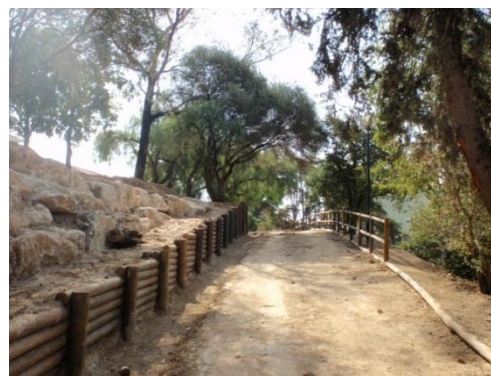


Figura 72 – Aplicação de uma paliçada viva em caminhos pedestres.

Fonte:

http://www.flickr.com/photos/album_obras_en/5574385560/in/set-721576262153929/lightbox/ por Vaso Rocha

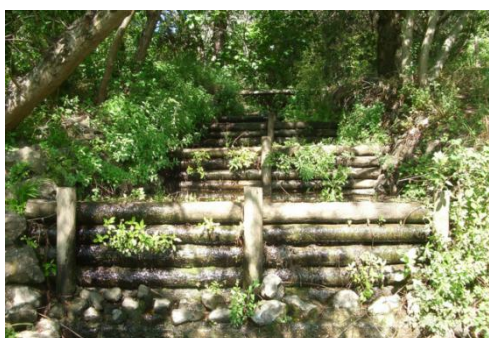


Figura 73 – Aplicação de paliçada viva contenção de linha de água.

Fonte:

http://www.flickr.com/photos/album_obras_en/5574385560/in/set-721576262153929/lightbox/ por Vaso Rocha

6.6 MUROS DE PEDRA COM VEGETAÇÃO

6.6.1 Descrição

Esta técnica baseia-se na construção de muros com recurso a pedras empilhadas e justapostas sem a necessidade de argamassa, cimento ou reboco. Consiste na colocação de pedras de grandes dimensões sobre os taludes, e nos espaços vazios entre as pedras, são aplicadas estacas vivas. As pedras são encaixadas, usando-se as menores para encher e calçar os espaços entre as maiores, de forma que se obtenha uma estrutura rígida com a colocação de material vivo (figuras 74 e 75). Contudo, as pedras tanto podem ser irregulares como regulares e bem aparadas, pois tanto num como no outro caso a rigidez da estrutura é dada pelo "amarrar" das pedras (Fernandes e Freitas, 2011).

Segundo Zeh (1997) é uma técnica de proteção durável e resistente para estabilização da base de taludes, encostas, margens de rios e, principalmente onde houver uma grande disponibilidade de pedra.

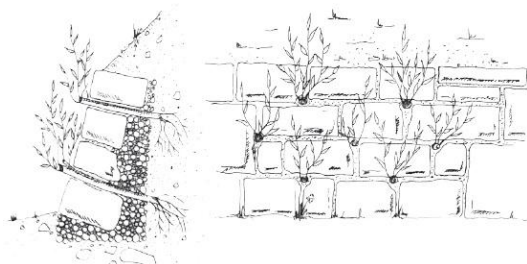


Figura 74 – Esquema ilustrativo da aplicação de muro de pedra com vegetação.

Fonte: (Zeh, 1997).



Figura 75 – Esquema ilustrativo da aplicação de um enrocamento com vegetação nas margens fluviais de linhas de água.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.6.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Pode aplicar-se em áreas onde a vegetação não oferece uma proteção adequada, em locais onde seja evidente a necessidade imediata de combate à erosão e em margens fluviais de linhas de água com notável transporte sólido e elevada velocidade de corrente.

6.6.3 Materiais

- Pedra natural de vários tamanhos;
- Terra vegetal adaptada para o desenvolvimento vegetativo;
- Estacas vivas de espécies com capacidade de reprodução vegetativa.

6.6.4 Período de execução

A construção da estrutura poderá ser executada em qualquer altura do ano.

As estacas vivas e as plantações só poderão ser aplicadas durante o período de repouso vegetativo.

6.6.5 Vantagens

Esta técnica apresenta as seguintes vantagens:

- Proteção imediata;
- Aumento do efeito estabilizador do solo, assim que as estacas vivas desenvolvam o seu sistema radicular;
- Boa capacidade drenante;
- Manutenção reduzida.

6.6.6 Desvantagens

Como desvantagens salientam-se:

- Apresenta uma difícil aplicação em locais com pouca acessibilidade a maquinaria adequada para a realização dos trabalhos;
- Estão sujeitas a uma escavação na base em zonas de linhas de água de regime torrencial.

6.6.7 Manutenção

- Periodicidade no controlo de pelo menos duas ou três estações vegetativas;
- Substituição de estacas vivas que não tenham enraizado.

6.6.8 Exemplos de Aplicação



Figura 76 – Vegetação em Muros de Pedra.

Fonte: (Zeh, 2007)

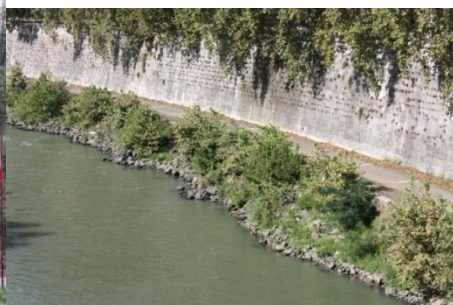


Figura 77 – Enrocamento Vivo na margem de um rio.

Fonte:
<http://www.laresengenharia.com.br/engenharia-natural/enrocamento-vivo/>

6.7 GABIÕES VIVOS

6.7.1 Descrição

Para Fernandes e Freitas, gabiões vivos é uma “*estrutura em forma de caixa retangular, feita com rede de malha hexagonal em arame galvanizado reforçado, e o seu interior é preenchida com pedra não friável*” (2011:84).

São inseridas no interior dos gabiões estacas vivas com uma organização irregular ou em filas na primeira malha do gabião superior. São estruturas com elevada flexibilidade e permeabilidade, desempenham funções de proteção contra a erosão fluvial e servem de suporte à margem em caso de instabilidade gravítica.

Os gabiões são formados por uma caixa pré fabricada de contenção rígida metálica em rede de arame ou grade de aço preenchida, ordenadamente, com pedras. Para que seja possível aplicar vegetação durante o processo de enchimento são colocadas camadas de terra vegetal e dispostos ramos com capacidade vegetativa ou plantas enraizadas com um comprimento necessário para que atinjam plenamente o solo no tardo do gabião e assim maximizar as hipóteses de sucesso, conforme se pode observar nas figuras 78 e 79.

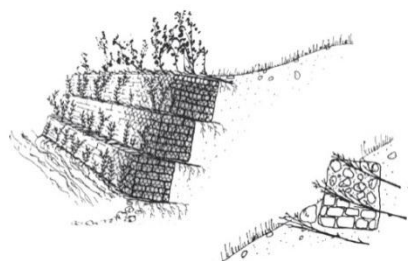


Figura 78 – Esquema ilustrativo de gabiões vivos

Fonte: (Zeh, 1997).

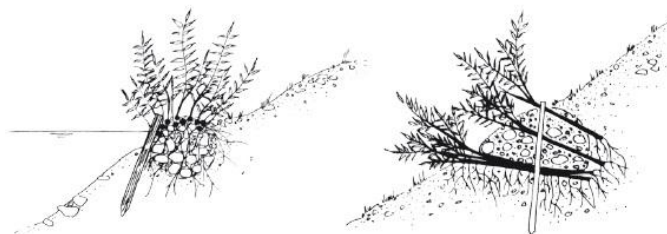


Figura 79 – Esquema ilustrativo de gabiões cilíndricos com vegetação.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.7.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Esta técnica tem como objetivo a evolução das raízes de forma a conseguirem ajudar a fixar a estrutura ao talude e, assim, melhorar a sua integração paisagística. São frequentemente utilizados como estruturas de suporte de taludes com inclinações muito íngremes ou, também, na proteção longitudinal de margens fluviais.

Com base em Fernandes e Freitas (2011) é de salientar que, contrariamente às restantes técnicas descritas, os gabiões plantados não constituem, na sua essência, uma técnica de engenharia natural já que a vegetação nunca substituirá plenamente as funções de suporte do gabião.

6.7.3 Materiais

- Blocos de pedra;
- Estacas e plantas enraizadas;
- Arame galvanizado reforçado pré-fabricado;
- Arame para ligação.

6.7.4 Período de execução

A construção da estrutura poderá ser executada em qualquer altura do ano.

As estacas vivas e as plantações só poderão ser aplicadas durante o período de repouso vegetativo.

6.7.5 Vantagens

A técnica dos gabiões vivos apresenta as seguintes vantagens:

- Rápida e simples execução;
- Contenção imediata;
- Aproveitamento dos materiais locais;
- Flexíveis e permeáveis;
- Sistematização de margens muito inclinadas ou em áreas com reduzido espaço de intervenção;
- Aumento da estabilidade da estrutura com o desenvolvimento radicular dos salgueiros.

6.7.6 Desvantagens

Como desvantagens salientam-se:

- Aumento dos custos se existir necessidade de recorrer à aplicação de material pedregoso não característico do local;
- Artificialidade da estrutura.

6.7.7 Manutenção

Deve proceder-se à manutenção dos gabiões através da observação, sendo necessário garantir que não se constatem danos na estrutura causados pela má aplicação dos materiais dentro das caixas. Também é essencial garantir que, na fase inicial, não se verifiquem atos de vandalismo sobre a estrutura que poderão dar origem a danos que possam originar a rutura ou o derrubamento.

6.7.8 Exemplos de Aplicação



Figura 80 – Gabiões Vivo aplicado num talude.

Fonte:

<http://www.laresengenharia.com.br/muros-de-suporte/gabiao/> por Rita Sousa



Figura 81 – Gabiões Vivo aplicado na margem de um rio.

Fonte:

<http://engnatsul.ning.com/photo/bioretentor-pr-plantado/prev?context=latest> por Rita Sousa

6.8 GEOTÊXTIS E GEOMALHAS VIVAS

6.8.1 Descrição

Esta técnica abrange os geotêxtis, as mantas orgânicas e as redes metálicas quando usados como sistema de cobertura superficial permitindo, assim, o desenvolvimento de uma sementeira, de uma estacaria ou de plantações de plantas enraizadas (figura 82). Regulam a temperatura do solo pois criam um microclima mais temperado e húmido.

Com base em Fernandes e Freitas (2011) ao garantirem uma cobertura do solo que evite a ação direta dos agentes erosivos e diminua as perdas de água por evaporação, possibilitam um crescimento mais simples das plantas. Assim, a correta seleção das mantas mais adequadas a cada situação e a garantia que se adequam à instalação dos propágulos utilizados (sementes, estacas, plantas enraizadas) é fundamental para o sucesso da instalação.

As geomalhas adquirem também grande importância ao garantir uma percentagem significativa de sobreposição entre mantas consecutivas, uma pregagem adequada e uma fixação superior e inferior resistente. Adaptam-se muito bem a métodos combinados.



Figura 82 – Esquema ilustrativo de geotêxtis e geomalhas vivas.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.8.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Aplicam-se em variadas situações: ocorrência de erosão laminar; correção de ravinamento; consolidação de linhas de drenagem; margens de linhas de água e taludes com declives compreendidos entre 25° e 45°.

6.8.3 Materiais

Destacam-se três grupos principais de geotêxteis:

- Biomantas - onde as fibras se encontram desagregadas mas acondicionadas por um material estruturante (vulgarmente rede ou outro material de tecido possivelmente degradável), pressionada para que seja possível formar um todo homogéneo.
- Biotecidos - nos quais as fibras estão entrançadas.
- Bioredes - onde as fibras individuais estão unidas por nós ou por agrafes nas zonas de contacto.

Para Fernandes e Freitas (2011) existe uma grande variedade de mantas tais como: fibra de coco, juta, palha, esparto, entre outras, combinadas ou não, com redes ou malhas estruturais sintéticas em geral polipropileno ou metálicas.

6.8.4 Período de execução

Durante todo o ano. Contudo, no caso de ser em combinação com sementeira ou plantação deverá ser aplicada durante o período de repouso vegetativo.

6.8.5 Vantagens

Esta técnica apresenta as seguintes vantagens:

- Rápida e simples execução;
- Ação de proteção imediata;
- Eficaz ação filtrante;
- Elasticidade e permeabilidade.

6.8.6 Desvantagens

Como desvantagens realça-se o fato do tempo de durabilidade ser limitado.

6.8.7 Manutenção

Deve ser feita uma vigilância, durante o primeiro ano, para que seja possível fazer o controlo da estabilidade da estrutura e da pregagem.

6.8.8 Exemplos de Aplicação



Figura 83 – Esquema ilustrativo de geotexteis e geomalhas vivas.

Fonte:

<http://www.tdmbrasil.com.br/listaproductos/mantas-para-o-controle-de-erosao/>

6.9 LEITO DE VEGETAÇÃO OU DE RAMAGEM

6.9.1 Descrição

Esta técnica pode ser realizada simplesmente com a aplicação de ramos de plantas que através do seu sistema radicular ou em combinação com plantas enraizadas de viveiro se irão estabelecer e consolidar (figura 84). Pode ser aplicada em encostas com solo nu ou integrar-se em muros de terra armada com mantas orgânicas.

Segundo Fernandes e Freitas (2011) este é um sistema clássico e muito eficaz de consolidação de taludes e encostas que tem a vantagem de assegurar imediatamente uma estruturação da encosta até uma profundidade de 1.5 m. Contudo, a maior limitação desta técnica está relacionada com a dificuldade em garantir o crescimento da vegetação em climas mais secos onde, dadas as condições de reduzida humidade dos taludes e encostas, existem poucas ou nenhuma espécies capazes desse tipo de desenvolvimento vegetativo.



Figura 84 – Esquema ilustrativo dum leito de vegetação e de ramagem.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.9.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Os leitos de vegetação ou de ramagens, além de serem extraordinariamente eficazes na estabilização e consolidação de encostas, adaptam-se também a sistemas construtivos

combinados tais como os muros verdes armados de mantas orgânicas, onde se utilizam entre as "almofadas" de solo envolvido pela manta. Estes muros além de constituírem sistemas de suporte também podem ser eficazes barreiras sonoras.

6.9.3 Materiais

- Ramagem viva ou estacas de espécies com capacidade de propagação vegetativa.

6.9.4 Período de execução

Durante o início do período vegetativo.

6.9.5 Vantagens

As vantagens desta técnica são as seguintes:

- Imediata estruturação da encosta até uma profundidade de 1.5 m;
- Em caso de existir uma boa germinação e crescimento vegetativo obtêm-se uma rápida cobertura vegetal.

6.9.6 Desvantagens

As desvantagens desta técnica são as seguintes:

- Em locais áridos com períodos secos obtêm-se resultados pouco eficazes;
- Em situações edafoclimáticas mediterrânicas existem poucas espécies com capacidade de crescimento vegetativo

6.9.7 Manutenção

Procede-se a regas, podas e cortes sempre que se verifique a sua necessidade.

6.9.8 Exemplos de Aplicação



Figura 85 – Esquema ilustrativo de um leito de vegetação e de ramagem.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.10 FAXINAS VIVAS

6.10.1 Descrição

Entende-se por faxinas feixes de ramas, vivas e mortas, que apresentem um diâmetro de entre 15 e 20 cm e um comprimento ajustado às necessidades do projeto, mas que varia geralmente entre 2 e 4 metros. Estão ligadas entre si por corda de sisal ou arame e são fixadas ao terreno através de troncos de madeira vivos ou mortos, conforme as figuras 86 e 87.

Para garantir o crescimento da vegetação utilizada é necessário proporcionar o máximo contato possível com o solo húmido e, em taludes, é essencial tapar a faxina com solo de forma a impedir as perdas de água por evaporação e a consequente morte por seca. O uso desta técnica destina-se essencialmente a zonas onde o clima ou a disponibilidade hídrica possibilite o crescimento de novas raízes e ramos.

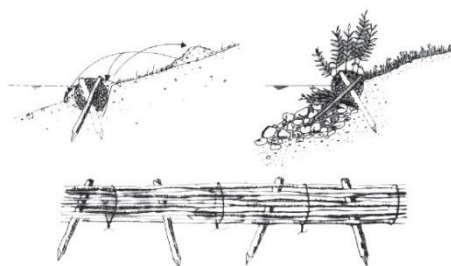


Figura 86 – Esquema ilustrativo da aplicação de faxinas vivas.

Fonte: (Zeh, 1997).

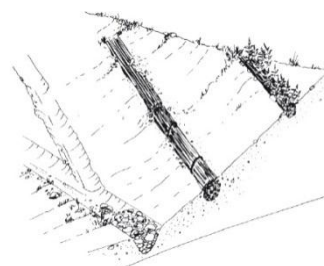


Figura 87 – Esquema ilustrativo da aplicação de faxinas vivas em encostas.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.10.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

As estruturas de drenagem, segmentação de taludes e estruturas de proteção de margens são muitas das aplicações possíveis da técnica das faxinas vivas. Estas colaboram também em taludes com declives inferiores a 35° pois favorecem o sucesso do crescimento da vegetação.

Para se conseguir um sistema eficiente de prevenção da erosão e do risco de movimento de vertentes procede-se à abertura de valas afastadas entre si de 1m a 1,5m e à aplicação, horizontal, de faxinas. Este procedimento possibilita a interrupção das linhas de escoamento pois reduz a sua energia e capacidade erosiva.

Caso se verifique que as condições do terreno não são favoráveis ao crescimento da vegetação podem continuar-se a usar drenos de faxinas mortas para este fim, desde que sejam complementadas com a plantação e a sementeira de espécies lenhosas. De salientar

que estas intervenções são sempre de grande relevância pois evitam a formação de ravinas nos taludes e encostas.

6.10.3 Materiais

Estacas vivas de espécies lenhosas com grande capacidade de propagação vegetativa, com diâmetros que variam entre 0.5 e 2 cm e que devem ser flexíveis, compridas e direitas tais como salgueiros e tamargueiras entre outras. Também se utilizam troncos de madeira vivos/mortos, ou varão roscado, para grampeamento ao solo, assim como arame ou corda de sisal.

6.10.4 Período de Execução

Período de repouso vegetativo.

6.10.5 Vantagens

A técnica da faxina viva apresenta as seguintes vantagens:

- Simples execução;
- Custo reduzido;
- Excelente eficácia estabilizante;
- Abundância de recolha de material;
- O efeito evapotranspirante das plantas melhora a ação drenante no imediato;
- Redireciona o sentido natural do escoamento, guiando as águas para longe das áreas instáveis;
- Produtora de material vivo.

6.10.6 Desvantagens

As desvantagens desta técnica são:

- Regularidade das podas;
- Excessiva quantidade de material vivo e mão-de-obra.

6.10.7 Manutenção

Periodicidade das podas.

6.10.8 Exemplos de Aplicação



Figura 88 – Faxinas vivas aplicadas em encostas.

Fonte: (Zeh, 1997)



Figura 89 – Aplicação das faxinas vivas em encostas.

Fonte: (Zeh, 1997)

6.11 BARREIRAS DE CONTENÇÃO DE SOLO

6.11.1 Descrição

Zeh (1997) define barreiras de contenção de solos como a utilização de troncos de árvores, que são aplicados horizontalmente sobre o terreno e apoiados em estacas, fixas no solo, ou nas toiças resultantes do corte de árvores (figuras 90 e 91). Contribuem para a sedimentação do solo erodido que, devido à ausência de proteção dada pela vegetação, é facilmente arrastado. É uma técnica simples de consolidação superficial de taludes inclinados e de diminuição da energia do escoamento devido à redução do trajeto linear da água na encosta. Serve também de excelente suporte para a vegetação devido à retenção de partículas finas, assim como facilita a restauração da vegetação ao preservar o solo e a sua humidade acima desses troncos criando, futuramente, melhores condições para uma plantação de sucesso.

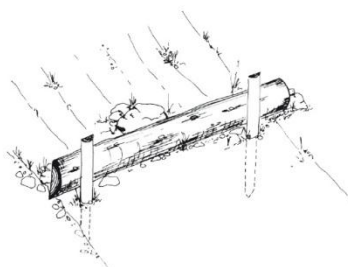


Figura 90 – Esquema ilustrativo de uma barreira de contenção de solo.

Fonte: (Zeh, 1997).

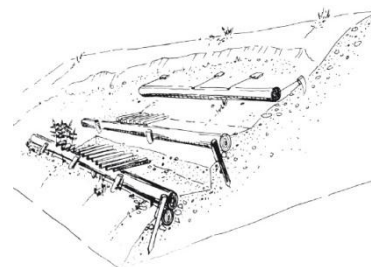


Figura 91 – Esquema ilustrativo de uma barreira de contenção de solo com vegetação.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.11.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

A construção de barreiras de contenção de solos tem como objetivo a sedimentação do solo erodido de forma a estimular o crescimento da vegetação. Este processo faz-se enterrando estacas na encosta, colocando um ou dois troncos na horizontal, que irão servir de base à construção de leitos de ramos ou a plantações lenhosas. Também facilitam o sucesso de sementeiras entre as linhas de degraus que se vão aplicando ao longo da encosta ajudando a reduzir a energia do escoamento e a consequente erosão superficial.

6.11.3 Materiais

Troncos e estacas de madeira e, casualmente, também pregos; varões de ferro e arame.

6.11.4 Período de execução

Logo após a ocorrência do fogo.

6.11.5 Vantagens

As barreiras de contenção de solos apresentam as seguintes vantagens:

- Imediata contenção e sedimentação do solo erodido;
- Aproveitamento de material existente no local.

6.11.6 Desvantagens

A elevada quantidade de material e mão-de-obra a utilizar é a grande desvantagem desta técnica.

6.11.7 Manutenção

Esta técnica tem poucas necessidades de manutenção.

6.11.8 Exemplos de Aplicação



Figura 92 – Aplicações de barreiras de contenção de solo.

Fonte:
<http://www.verticalgreen.com.br/tecnologias/tecnicas-engenharia-naturalistica/palicasasimples>



Figura 93 – Aplicações de barreiras de contenção de solo.

Fonte:
<http://tecper.com.br/obras-executadas.html>

6.12 SEMENTEIRA

6.12.1 Descrição

A técnica da sementeira caracteriza-se por semear, a lanço ou com máquinas adequadas, uma mistura de sementes de espécies herbáceas apropriadas à área de intervenção (figura 94). Pode ser aplicada em superfícies planas (sementeira standard), em pequenas covas ou em sulcos. A sementeira de gramíneas deve incluir unicamente espécies anuais e de rápido desenvolvimento, funcionando como cobertura orgânica do terreno. Também se pode aplicar em terrenos naturais estáveis ou com alguma rugosidade (Zeh, 2007).



Figura 94 – Esquema ilustrativo da aplicação da sementeira a lanço.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.12.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

É aplicada em áreas onde é necessária uma rápida proteção do terreno contra os fenómenos erosivos. A presença de uma cobertura herbácea contínua sobre taludes em perigo de deslizamento pode contribuir para limitar a infiltração da água no solo, e assim reduzir um possível aumento das pressões neutras.

6.12.3 Materiais

- Sementes comerciais, se possível autóctones 5-20 g/m²;
- Aplicação de adubo na fase inicial.

6.12.4 Período de execução

Inicialmente e durante a época vegetativa.

6.12.5 Vantagens

Esta técnica apresenta as seguintes vantagens:

- É possível semear em qualquer situação, independentemente das irregularidades do solo e do perímetro das áreas;
- Proporciona um efeito imediato no controle da erosão do solo e arrastamento das sementes;

- Acelera o estabelecimento e a obtenção de uma cobertura verdejante, com taxas elevadas de homogeneidade na germinação (90%= e crescimento das plantas, pois diminui as amplitudes térmicas e os fenómenos de evaporação ao nível das sementes;
- Realiza várias operações numa só, aplicando vários produtos de uma só vez;
- Realiza outras operações combinadas: fertilizações, tratamentos fitossanitários e regas, entre outros;
- Produz uma sementeira económica;
- Reduz a necessidade de muita mão-de-obra;
- Elevado rendimento de trabalho;
- Permite semear em qualquer época do ano e em qualquer local, independentemente da geometria do terreno;
- Possibilidade de voltar a semear, caso não se obtenha o sucesso esperado do último lanço.

6.12.6 Desvantagens

Para que a estabilização do solo se dê em profundidade é necessário proceder a uma combinação entres sementes herbáceas, arbustivas e arbóreas. Se apenas forem utilizadas espécies herbáceas, a função de proteção ao solo será apenas superficial.

6.12.7 Manutenção

Procede-se a regas, podas e cortes sempre que se verifique a sua necessidade.

6.12.8 Exemplos de Aplicação



Figura 95 – Aplicação de sementeira por lanço.

Fonte:

http://chamadocarmo.blogspot.pt/2010_11_01_archive.html

6.13 HIDROSSEMENTEIRA

6.13.1 Descrição

A hidrossementeira consiste numa mistura homogénea de sementes, fibras e fertilizantes posteriormente lançados no terreno a revestir. Os materiais deverão ser misturados e aplicados de acordo com as proporções definidas. Na hidrossementeira a cobertura protetora, formada com *mulch* de fibra de celulose ou madeira, permite a penetração de ar e solo. Porém, vai fixar firmemente as sementes e criar um ambiente favorável à germinação nas condições climatéricas mais adversas. Absorve o impacto erosivo dos pingos da chuva e do tráfego assim como protege também o solo, sementes e fertilizantes. A semente, através do processo de hidrossementeira, não é asfixiada o que lhe permite reter mais de 10 vezes o seu peso em água e reduzir a evaporação criando um microambiente que ajuda a nutrição durante o crescimento da planta, conforme a figura 96.

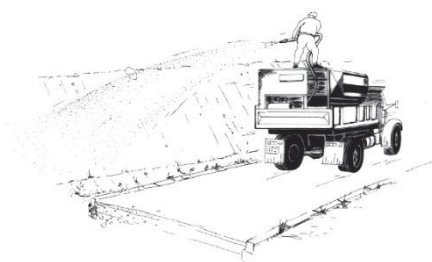


Figura 96 – Esquema ilustrativo da aplicação da hidrossementeira.

Fonte: (Zeh, 1997).

6.13.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

Taludes e margens fluviais, que necessitem de uma rápida proteção ao solo contra a erosão.

6.13.3 Materiais

- Água;
- Sementes de espécies herbáceas, arbustivas ou arbóreas, em quantidade variável;
- Fertilizantes;
- Bioestimulantes;
- Fixadores;
- Corretivos/Aditivos biológicos do solo.

6.13.4 Período de execução

Derivado ao necessário raio de ação da maquinaria pesada utilizada para o espalhamento das sementes, a obra deve ter boas condições de acesso na área de intervenção. O semeio pode ser durante todo o período vegetativo.

6.13.5 Vantagens

Esta técnica apresenta as seguintes vantagens:

- Taxa de germinação elevada;
- Cobertura homogénea;
- Elevada força de tensão; absorvem mais a energia dos impactos;
- Processo rápido e bastante eficaz, reduzindo a necessidade de muita mão-de-obra;
- Bastante poder de absorção de água;
- Execução de semeio em áreas de difícil acesso.

6.13.6 Desvantagens

As desvantagens desta técnica são as seguintes:

- Em áreas áridas e com períodos secos apresenta resultados pouco eficazes;
- Período de execução;

6.13.7 Manutenção

Procede-se a regas, podas e cortes sempre que se verifique a sua necessidade.

6.13.8 Exemplos de Aplicação



Figura 97 – Aplicação de hidrossementeira em taludes.

Fonte:
[http://www.projar.com.br/o-grupo/#prettyPhoto\[this_page\]/7/](http://www.projar.com.br/o-grupo/#prettyPhoto[this_page]/7/)



Figura 98 – Resultado final do semeio por hidrossementeira.

Fonte:
<http://www.jarpeL.pt/Hidrossementeiras/Hidrossementeiras.htm>

Capítulo 7

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA ILHA DA MADEIRA

O Arquipélago da Madeira localiza-se a 978 km a sudoeste de Lisboa, a cerca de 700 quilómetros da costa africana situando-se já na plataforma continental de África. A ilha da Madeira é a principal e a maior ilha do arquipélago, possuindo 740,7Km², que se situa em pleno Oceano Atlântico, a sudoeste da costa portuguesa. Apresenta, no geral, uma forma alongada, com cerca de 58 km de comprimento máximo, segundo a direção E-W, e 23 km de largura máxima, segundo a direção N-S.(Prada *et al.*, 2003).



Figura 99 – Ilha da Madeira.

Fonte: http://2.bp.blogspot.com/_4XfeFRMbMg/SMby7Ot9TmI/AAAAAAAABWI/NbyNmkOOMgY/s1600-h/Ilha_da_madeira.png

Ao analisarmos o perfil da ilha da Madeira constatamos uma dissimetria bem evidenciada (figura 100) onde o relevo da costa Norte é visivelmente mais escarpado do que quando confrontado com a maior suavidade do relevo da costa Sul. É na zona central e oriental que se encontram os pontos mais elevados que são: Pico do Areeiro com 1810 m e Pico Ruivo com 1860 m. Na zona oeste imperam os planaltos onde se destaca a Bica da Cana com 1620 m.

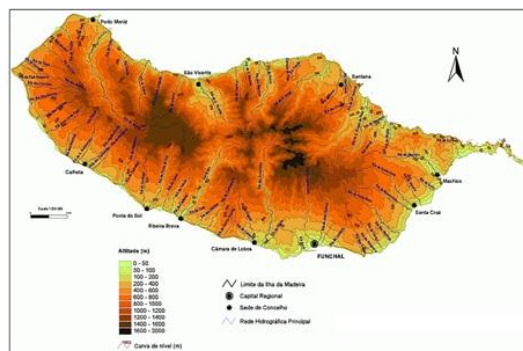


Figura 100 – Hipsometria da ilha da Madeira.

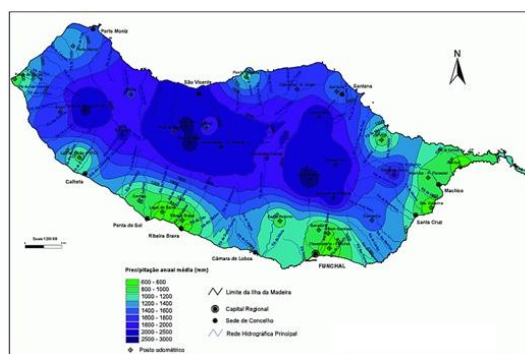
Fonte: http://1.bp.blogspot.com/_ZU6VB2RVm7s/SI5Mgl_m8eI/AAAAAAAFAF0/kPs57taSdKo/s1600-h/hipsometria.gif

A sua morfologia revela uma influência das estruturas vulcânicas que estiveram na sua origem há 5,2 milhões de anos. O seu relevo é muito acentuado, sendo ¼ da sua

superfície acima dos 1400m de altitude. Os declives são muito elevados e as áreas planas ou relativamente planas são escassas sendo vulgar, ao longo de todo o contorno da ilha, a observação de arribas com algumas centenas de metros, sendo a ilha quase desprovida de costas baixas. As suas montanhas formam dois maciços separados pelos vales de São Vicente e da Ribeira Brava e unidos pela Encumeada (Prada *et al.*, 2003).

Com base em Prada *et al.*, (2003) pode destacar-se que o clima da região é influenciado pela localização geográfica e a orografia do Arquipélago da Madeira que se encontra no mediterrâneo, sob a influência direta do anticiclone subtropical dos Açores, que a protege dos ventos alísios e das depressões do Atlântico Norte, e que gera o ar húmido e fresco que chega à costa Norte. Revela traços característicos de um típico clima mediterrâneo, com verões secos e quentes e Invernos húmidos e agradáveis.

Assim, no Inverno, alguns sistemas depressionários que atravessam o Atlântico, influenciados pelo anticiclone da Europa Ocidental ou pela Frente Polar, descem até à latitude da Madeira, formando-se depressões entre o arquipélago e Portugal Continental, que podem estimular a precipitação (figura 101). Assim, quando esta se instala num curto espaço de tempo, poderá ser de alto risco para a ocorrência de movimentos de vertente e de aluviões



Fonte: http://4.bp.blogspot.com/_4XfeFrRMbMg/SMbx6LxX0-I/AAAAAAAAABVw/Bf3wBCLISLg/s1600-h/precip_madeira.gif

No entanto, denota-se que a distribuição da precipitação é variável ao longo dos meses do ano sendo, na média dos anos, mais intensa de Outubro a Maio e o menos chuvoso de Julho a Setembro. Porém, verifica-se uma grande inconstância da precipitação, especifica do próprio clima, mas também das junções orográficas, dado que quando uma massa de ar encontra uma encosta, sobe a elevação, arrefece e condensa, causando chuvas de relevo. Os valores anuais médios da precipitação aumentam com a altitude, sendo em regra maiores na encosta norte do que na encosta sul, para a mesma altitude

O relevo, para Prada *et al.* (2003), além do efeito da altitude tem um efeito de diferenciação climática local, sobretudo por estar orientado perpendicularmente à direção

predominante do vento, resultando daí uma diferenciação entre a temperatura do ar e a quantidade de precipitação quando estamos à mesma cota e em encostas com diferentes exposições aos ventos predominantes.

Relativamente aos valores médios anuais da temperatura do ar (figura 102), constata-se que dependem da altitude do local, pois diminuem quando a altitude aumenta, e da sua exposição. Quanto à humidade relativa do ar, o correspondente valor anual médio está compreendido entre 75 e 90%, classificando-se como húmido para quase a toda a ilha.

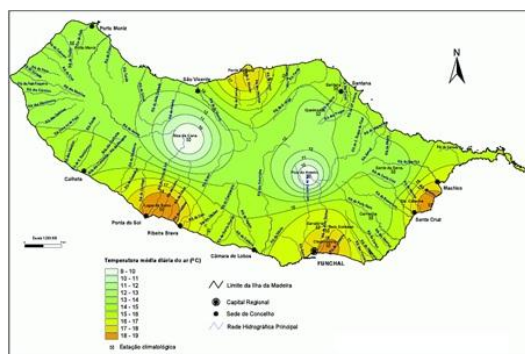


Figura 102 – Temperatura média do Ar da ilha da Madeira.

Fonte: http://l.bp.blogspot.com/_4XfeFRMbMg/SMbypZ57GoI/AAAAAAAAABWA/7HxotXayNKA/s1600-h/C%C3%83%C2%B3pia+de+temp-media.gif

Os ventos dominantes na Madeira são os de nordeste, ocorrendo 56 a 58% das vezes de Abril a Setembro. Aos ventos de oeste, com uma ocorrência de 20 a 22%, está associada abundante queda de precipitação. O vento de norte, que sopra essencialmente no Inverno (10 a 12%), é extremamente tempestuoso, provocando neve nas terras altas. Os ventos de sul e de leste são mais raros e de pouca duração, fazendo subir a temperatura acima de 30°, principalmente nas terras altas. Os ventos frios e húmidos geram a cobertura de nuvens que se baseiam em nevoeiros de origem orográfica e que se produzem pela subida das massas de ar carregadas de humidade nas encostas viradas a Norte.

No que concerne especificamente ao concelho de São Vicente este tem um clima oceânico, com uma temperatura média que ronda os 24°C no Verão e os 17 °C no Inverno. No que diz respeito ao relevo a sua morfologia é bastante acidentada, tendo algumas elevações com altitudes superiores a 1000 m, tais como: a Bica da Cana com 1620 m, o Paul da Serra com 1445 m, o Pico do Cedro com 1026 m, a Rocha Negra com 1299 m, o Estreitinho com 1094 m e o Casado com 1725 m. Quanto aos recursos hídricos são de destacar a ribeira de São Vicente e a Ribeira Grande.

A existência de nevoeiros constantes a partir do Litoral durante grande parte do ano tem influência decisiva na origem do crescimento e desenvolvimento da floresta. O vapor de água dos nevoeiros ao condensar dá origem à chamada precipitação oculta que,

lentamente, vai alimentar os aquíferos. Assim, a vegetação presente na floresta tem um papel determinante na infiltração das águas evitando a erosão dos solos. Por esta razão, a Laurissilva é conhecida como a “floresta produtora de água”. Realça-se, porém, que a quantidade de água captada pela vegetação a partir destes nevoeiros e posteriormente infiltrada no solo seja superior à resultante de precipitação real (Prada *et al.*, 2003).

Vegetação

Como refere Mesquita *et al.*, (2004) a originalidade da flora e dos ecossistemas da Madeira foi, em grande parte, condicionada pela sua posição geográfica e apresenta vestígios da vegetação boreo-tropical terciária que predominou na bacia ocidental do oceano arcaico Tethys, onde atualmente se situa o mar mediterrâneo. Contudo, também se caracteriza por uma flora neo-endémica que provém de acontecimentos de colonização.

Esta ilha apresenta vários macrobioclimas e, de acordo com as condições climáticas existentes, a vegetação encontra-se dividida em andares, nos quais, a sua variação vai depender da altitude e a da exposição a sul ou a norte (figura 103). Assim, desde o nível do mar até ao Pico Ruivo (1861 m) verificam-se vários andares bioclimáticos, estando cada um deles associado a um tipo de vegetação. A floresta Laurissilva encontra se predominantemente entre os 800 – 1450 m de altitude na vertente sul, e os 300- 1400 m de altitude na vertente norte da ilha da Madeira (Mesquita *et al.*, 2004).

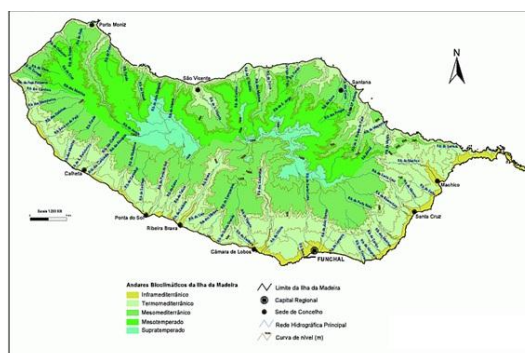


Figura 103 – Esboço Cartográfico dos Andares Bioclimáticos da ilha da Madeira.

Fonte: http://2.bp.blogspot.com/_ZU6VB2RVm7s/SI4ck63uhHI/AAAAAAAAAE0/M0uw3p0ewsE/s1600-h/Bioclimas_madeira.gif

No que concerne aos casos de estudo, destaca-se que São Vicente se encontra situado no coração da Laurissilva, estando as áreas a intervencionar distribuídas por vários pontos.

Capítulo 8

CASOS DE ESTUDO

Os casos de estudo incidiram sobre a vila de São Vicente, que recentemente (6 de Novembro de 2012) foi fustigada por uma grande tempestade que lhe esventrou encostas e arrasou tudo o que outrora nem parecia tão vulnerável. Devido à quantidade de precipitação que ocorreu, tudo ficou sujeito a deslizamentos de terrenos e a um ribeiro em fúria que transbordou e alagou tudo com água, lama e troncos de árvores.

Devido a este facto está a dar-se enorme importância por parte das entidades competentes aos perigos existentes no concelho, pois há situações que necessitam de profundas intervenções. Para o facto podemos pôr várias técnicas de engenharia natural ao serviço das populações. Como as técnicas de engenharia natural são relativamente baratas, podemos conjugar os materiais existentes na área e utilizá-los em prol da estabilidade e segurança das encostas.

São Vicente é um município da Região Autónoma da Madeira com 78,70 km² de área e 5723 habitantes (2011), subdividido em 3 freguesias. O município é limitado a leste pelo município de Santana, a sul pelo município de Câmara de Lobos, Ribeira Brava e Ponta do Sol, a oeste pelo município de Porto Moniz e a norte tem o litoral no oceano Atlântico.

A freguesia de São Vicente tem 43,70 km² de área e 3139 habitantes (2011). A sua densidade populacional é de 76,3 hab/km² localizando-se a uma latitude 32° 48' Norte e uma longitude 17° 3' Oeste e estando a uma altitude de 271 metros.

Das várias encostas com necessidades de intervenção, escolheram-se três para ficarem como exemplo (figuras 104, 105 e 106), das possíveis técnicas a aplicar, evidenciando desta forma as vantagens em relação às tradicionais técnicas de engenharia civil. De realçar a importância ao nível da sustentabilidade e da paisagem pois, com a aplicação destas técnicas de engenharia os recursos utilizados causarão pouco impacto na natureza, porque são utilizados troncos de vários tipos de árvores que, posteriormente, serão repostos para reflorestação. Na estrutura também se irão aplicar plantas que em conjunto com os troncos utilizados, irão aumentar a área verde do concelho.

No que concerne ao conhecimento deste tipo de técnicas, pode-se afirmar que na Região Autónoma da Madeira ainda existe um grande desconhecimento e descrença por parte das

entidades oficiais, assim como por parte das populações em acreditar no real valor destas técnicas de engenharia natural.

Os taludes definidos para a intervenção localizam-se em três áreas distintas, sendo que o primeiro se encontra no Sítio do Poiso, o segundo no Sítio da Achada dos Judeus e o terceiro no Sítio dos Cardais.



Figura 104 – Derrocada no Sítio do Poiso, São Vicente

Fonte: Autor



Figura 105 – Derrocada no Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente.

Fonte: Autor



Figura 106 – Derrocada no Sítio dos Cardais, São Vicente.

Fonte: Autor

Os solos predominantes no vale de São Vicente são os Phaeozems os Andosols (Umbric Andosols) e os Fluvisols.

Na zona de amostragem e de implementação do projeto os solos existentes são solos exclusivamente do tipo Phaeozems, que são solos que derivam principalmente das rochas vulcânicas basálticas.

Ocupam as zonas de altitude até aos 600m e em climas que vão do sub-húmido a húmido. Tem espessuras que variam entre os 50 cm e os 100 cm.

O conteúdo em matéria orgânica é médio (menor do que 5%) podendo tornar-se baixo nos níveis inferiores. Apresentam cor em geral pardo escuro, textura predominantemente fina com elevada proporção de limo. Agregação forte e compacidade pequena ou média superiormente e média nos níveis subsuperficiais, agregados duros ou muito duros e firmes ou muito firmes, elevada plasticidade e adesividade. A fração argilosa é constituída predominantemente por caulinite/haloisite que por vezes evidencia uma certa expansibilidade (figuras 107 e 108).

Apresentam frequentemente movimentos de massa.

8.1 Sítio do Poiso

8.1.1 Descrição

Com as coordenadas de localização, latitude 32°48'10.23"N, longitude 17° 2'51.82"W e altitude de 79m, conforme a figura 109.



Figura 109 – Talude do Sítio do Poiso, São Vicente - Madeira
Fonte: Google Earth

8.1.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

A escolha da técnica a aplicar recaiu sobre a grade viva pois o objetivo principal consistia na estabilização do talude em erosão que apresentava um declive muito acentuado. Observando a área em questão constatou-se uma grande dificuldade no crescimento e desenvolvimento da vegetação devido à ausência de uma base de sustentação. Outro dos aspetos observados foi a constante presença de humidade no solo.

8.1.3 Eficiência Técnica e Ecológica

Ao proceder à aplicação da grade viva, a área intervencionada vai ganhar sustentabilidade. A maior eficiência ecológica obtém-se na aplicação de troncos vivos com casca pois, desta forma, toda a estrutura de sustentação da grade resulta viva.

Contudo, a grade projetada para a área selecionada irá ter como base a aplicação de troncos mortos. Desta forma, o revestimento dos favos assumirá a função dos troncos vivos, ainda que de forma diversa, sendo necessário plantar plantas ou arbustos em torrão e raiz nua, nos espaços entre estes, para desenvolver o enraizamento em profundidade e a consequente drenagem do terreno. As intervenções de cobertura funcionam, acima de tudo, como revestimento superficial.

A escolha da vegetação a aplicar na área a intervencionar teve como base os seguintes critérios:

- Características do solo;
- Características das plantas;

- Formas de propagação;
- Crescimento das plantas;
- Disponibilidade de material vegetal na área envolvente.

8.1.4 Vantagens

- Estabilização imediata do talude;
- Pouca escavação e intervenção na base do talude;
- Custo Reduzido;
- Pouca mão-de-obra;
- Muito pouca importação de terra vegetal;
- Melhoria paisagística.

8.1.5 Materiais de Construção e as suas Características

Os materiais utilizados na construção da grade viva são:

- Troncos horizontais enterrados ($\varnothing 15$ cm e L = 1 m).
- Troncos horizontais ($\varnothing 15$ cm e L = 4,5 m).
- Troncos verticais/guias ($\varnothing 20$ cm e L = 6 m).
- Troncos de suporte ($\varnothing 25$ cm e L = 4,5 m).
- Estacas de fixação ao substrato ($\varnothing 10$ cm e L = 2 m).
- Estacas de fixação ($\varnothing 15$ cm e L = 2 m).
- Estacas de segurança à passagem ($\varnothing 15$ cm e L = 4,5 m).
- Estacas de fixação à grade ($\varnothing 15$ cm e L = 2 m).
- Varões de Ferro.
- Arame de aço.
- Terra vegetal local.
- Clepta arbórea, Erica scoparia, Axonopus Compressus.

8.1.6 Ensaios

Relativamente à classificação do solo foi feita a recolha de amostras em vários pontos da área a intervencionar para se proceder à sua análise e ficar a conhecer a sua granulometria (figura 110). A partir da Especificação LNEC E 196: 1966 irá determinar-se a curva granulométrica do solo, bem como classifica-lo através da classificação unificada.

Contudo, para chegarmos a esta classificação, torna-se necessário estabelecer alguns valores de extrema relevância, com base na NP-143, 1969 que são: o teor em água, *W*; o limite de plasticidade, *LP*; o limite de liquidez, *LL* e o índice de plasticidade, *IP*.

Após os resultados obtidos nos ensaios foi possível caracterizar o solo da área a intervir de acordo com a classificação unificada.



Figura 110 – Pontos de recolha das amostras do talude do Sítio do Poiso, São Vicente - Madeira
Fonte: Google Earth

8.1.7 Método Construtivo

8.1.7.1 Preparação da Intervenção

A preparação da intervenção foi feita antecipadamente, através do levantamento de toda a informação e das características da área a intervir, de forma a não atrasar o tempo de obra, isto é, com um planeamento bem definido e organizado os trabalhos serão realizados nos prazos estipulados e sem atrasos.

Relativamente à obra em questão, esta requer a interrupção de um dos sentidos da via de comunicação. A programação das fases construtivas foi elaborada com o intuito de causar o menor impacto possível na vida da população, assim como assegurar a segurança de toda a zona afetada aos trabalhos.

Os operários deverão executar todas as tarefas em segurança, cumprindo um plano de segurança e saúde da obra.

8.1.7.2 Processo de construção

O processo construtivo da grade viva inicia-se por fases, de forma a tornar o processo simples e eficaz, conforme em Anexo I.

8.1.8 Pormenores de Construção

Os pormenores de construção da obra constam no projeto, que se encontra no Anexo I.

8.1.9 Dimensionamento

No dimensionamento da grade a definição da distância de interação foi definida segundo a equação (21) e substituindo os valores da obra, obteve-se:

Diâmetro do tronco (m)	0,20
Ângulo de Projeto (°)	60
Ângulo de Atrito Interno (°)	55
Distância (m)	2,29

A opção de distanciar os troncos longitudinais de metro a metro torna-se assim uma escolha viável e segura, pois para o diâmetro e ângulo de projeto optado e com o ângulo de atrito interno existente no local, cumprimos os requisitos mínimos exigidos e ainda mantemos uma margem bastante alargada de segurança.

8.1.10 Manutenção

A manutenção da grade viva consiste na realização de monitorizações frequentes nos primeiros meses após a sua construção. Este é o período em que a técnica se encontra mais suscetível à ação dos agentes erosivos, visto que a vegetação se encontra em fase de adaptação ao local e pouco desenvolvida, sendo a estabilização do talude garantida apenas pela estrutura morta. Após o primeiro ano, com a vegetação bem desenvolvida e adaptada às novas condições, a manutenção passa pela substituição de plantas mortas por plantas vivas, pela plantação se necessário, de mais alguns arbustos em torrão ou raiz nua e pela realização de sementeira em zonas onde esta não tenha tido o sucesso germinativo esperado. Se se verificar algum tipo de crescimento exagerado na vegetação, que ponha em causa a estabilidade da estrutura, deve proceder-se ao seu controle por desbaste.

8.2 SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS

8.2.1 Descrição

Com as coordenadas de localização, latitude 32°47'4.92"N, longitude 17° 1'21.06"W e altitude de 362m, conforme a figura 111.



Figura 111 – Talude do Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente.
Fonte: Google Earth

8.2.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

A escolha da técnica a aplicar recaiu sobre a paliçada viva pois o objetivo principal consistia na estabilização do talude em erosão que apresentava um declive muito acentuado. Observando a área em questão constatou-se uma grande dificuldade no crescimento e desenvolvimento da vegetação devido à ausência de uma base de sustentação. Outro dos aspetos observados foi a constatação de rastros de linhas de água que demarcavam o solo.

8.2.3 Eficiência Técnica e Ecológica

Ao proceder à aplicação da paliçada, a área intervencionada vai ganhar sustentabilidade. A maior eficiência ecológica obtém-se na aplicação de troncos vivos com casca pois, desta forma, toda a estrutura de sustentação da paliçada resulta viva.

Contudo, a paliçada projetada para a área selecionada irá ter como base a aplicação de troncos mortos. Desta forma, o preenchimento dos espaços entre paliçadas assumirá a função dos troncos vivos, ainda que de forma diversa, sendo necessário plantar arbustos vivos e outras plantas, em torrão ou raiz nua, nos espaços entre estes, para desenvolver o enraizamento em profundidade e a consequente drenagem do terreno. As intervenções de cobertura funcionam, acima de tudo, como revestimento superficial.

A escolha da vegetação a aplicar na área a intervencionar teve como base os seguintes critérios:

- Características do solo;

- Características das plantas;
- Formas de propagação;
- Crescimento das plantas;
- Disponibilidade de material vegetal na área envolvente.

8.2.4 Vantagens

- Estabilização imediata do talude;
- Pouca escavação e intervenção na base do talude;
- Custo reduzido;
- Pouca mão-de-obra;
- Muito pouca importação de terra vegetal;
- Melhoria paisagística.

8.2.5 Materiais de Construção e as suas Características

Os materiais utilizados na construção da paliçada viva são:

- Troncos verticais ($\varnothing 25$ cm e $L = 4$ m).
- Troncos horizontais ($\varnothing 25$ cm e $L = 8$ m).
- Troncos de fixação ao substrato ($\varnothing 25$ cm e $L = 4$ m).
- Varões de Ferro.
- Arame de aço.
- Terra vegetal local.
- Erica Scoparia, Pteridium Aquilinum, Axonopus Compressus.

8.2.6 Ensaios

Relativamente à classificação do solo foi feita a recolha de amostras em vários pontos da área a intervir para se proceder à sua análise e ficar a conhecer a sua granulometria (figura 112). A partir da Especificação LNEC E 196: 1966 irá determinar-se a curva granulométrica do solo, bem como classifica-lo através da classificação unificada.

Contudo, para chegarmos a esta classificação, torna-se necessário estabelecer alguns valores de extrema relevância, com base na Norma Portuguesa NP – 143: 1969 que são: o teor em água, W ; o limite de plasticidade, LP ; o limite de liquidez, LL e o índice de plasticidade, IP .

Após os resultados obtidos nos ensaios foi possível caracterizar o solo da área a intervir de acordo com a classificação unificada.



Figura 112 – Pontos de recolha das amostras no talude do Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente.
Fonte: Google Earth

8.2.7 Método Construtivo

8.2.7.1 Preparação da Intervenção

A preparação da intervenção foi feita antecipadamente, através do levantamento de toda a informação e das características da área a intervencionar, de forma a não atrasar o tempo de obra, isto é, com um planeamento bem definido e organizado, os trabalhos serão realizados nos prazos estipulados e sem atrasos.

A programação das fases construtivas foram elaboradas com o intuito de causar o menor impacto possível na vida da população, assim como assegurar a segurança de toda a zona afeta aos trabalhos.

Os operários deverão executar todas as tarefas em segurança, cumprindo o plano de segurança e saúde da obra.

8.2.7.2 Processo de construção

O processo construtivo da paliçada viva inicia-se por fases, de forma a tornar o processo simples e eficaz, conforme em Anexo II.

8.2.8 Pormenores de Construção

Os pormenores de construção da obra constam no projeto, que se encontra no anexo II.

8.2.9 Dimensionamento

O dimensionamento da paliçada para a verificação de segurança encontra-se no Anexo II.

8.2.10 Manutenção

A manutenção da paliçada viva consiste na realização de monitorizações frequentes nos primeiros meses após a sua construção. Este é o período em que a técnica se encontra mais suscetível à ação dos agentes erosivos, visto que a vegetação se encontra em fase de

adaptação ao local e pouco desenvolvida, sendo a estabilização do talude garantida apenas pela estrutura de troncos aplicada. Após o primeiro ano, com a vegetação bem desenvolvida e adaptada às novas condições, a manutenção passa pela substituição de plantas secas por plantas novas, pela plantação se necessário, de mais alguns arbustos em torrão ou raiz nua e pela realização de sementeira em zonas onde esta não tenha tido o sucesso germinativo esperado. Se se verificar algum tipo de crescimento exagerado na vegetação, que ponha em causa a estabilidade da estrutura, deve proceder-se ao seu controle por desbaste.

8.3 Sítio dos Cardais

8.3.1 Descrição

Com as coordenadas de localização, latitude 32°48'9.22"N, longitude 17° 2'32.54"W e altitude de 81m, conforme a figura 113.



Figura 113 – Talude do Sítio dos Cardais, São Vicente.
Fonte: Google Earth

8.3.2 Objetivo e Âmbito da Intervenção

A escolha da técnica a aplicar recaiu sobre a combinação entre o muro vivo e a grade viva pois o objetivo principal consistia na estabilização do talude em erosão que apresentava um declive muito acentuado. Observando a área em questão constatou-se uma grande dificuldade no crescimento e desenvolvimento da vegetação devido à ausência de uma base de sustentação.

8.3.3 Eficiência Técnica e Ecológica

Ao proceder à aplicação do muro e da grade, a área intervencionada vai ganhar estabilidade. A maior eficiência ecológica obtém-se na aplicação de troncos vivos com casca pois, desta forma, toda a estrutura de sustentação da grade e do muro resulta viva. Contudo, a combinação projetada para a área selecionada irá ter como base a aplicação de troncos mortos. Desta forma, o enchimento das caixas do muro e o revestimento dos favos da grade assumirão a função dos troncos vivos, ainda que de forma diversa, sendo necessário plantar plantas vivas ou arbustos em torrão ou de raiz nua, nos espaços entre estes, para desenvolver o enraizamento em profundidade e a consequente drenagem do terreno. As intervenções de cobertura funcionam, acima de tudo, como revestimento superficial.

A escolha da vegetação e do enchimento das caixas do muro a aplicar na área a intervencionar teve como base os seguintes critérios:

- Características do solo;

- Características das plantas;
- Formas de propagação;
- Crescimento das plantas;
- Disponibilidade de material rochoso;
- Disponibilidade de material vegetal na área envolvente.

8.3.4 Vantagens

- Estabilização imediata do talude;
- Pouca escavação e intervenção na base do talude;
- Custo Reduzido;
- Pouca mão-de-obra;
- Muito pouca importação de rochas;
- Muito pouca importação de terra vegetal;
- Melhoria paisagística.

8.3.5 Materiais de Construção e as suas Características

Os materiais utilizados na construção da grade viva e do muro vivo são:

- Troncos verticais ($\varnothing 20$ cm e L = 21, 20, 17, 14 e 12m).
- Troncos longitudinais ($\varnothing 15$ cm e L = 12 m).
- Troncos horizontais ($\varnothing 25$ cm e L = 12 m).
- Troncos transversais ($\varnothing 25$ cm e L = 9 e 6 m).
- Estacas de fixação ao Substrato ($\varnothing 25$ cm e L = 3 m) e ($\varnothing 10$ cm e L = 2 m).
- Estacas verticais de suporte ($\varnothing 15$ cm e L = 2 m).
- Troncos segurança à passagem ($\varnothing 15$ cm e L = 12 m).
- Troncos para fixação ao solo ($\varnothing 15$ cm e L = 2 m).
- Varões de Ferro;
- Arame de aço;
- Terra vegetal local;
- Myrica Faia, Echium Candicans, Axonopus Compressus;

8.3.6 Ensaios

Relativamente à classificação do solo foi feita a recolha de amostras em vários pontos da área a intervencionar para se proceder à sua análise e ficar a conhecer a sua granulometria

(figura 114). A partir da Norma Portuguesa LNEC E 196: 1966 irá determinar-se a curva granulométrica do solo, bem como classifica-lo através da classificação unificada.

Contudo, para chegarmos a esta classificação, torna-se necessário estabelecer alguns valores de extrema relevância, com base na Norma Portuguesa NP - 143: 1969 que são: o teor em água, *W*; o limite de plasticidade, *LP*; o limite de liquidez, *LL* e o índice de plasticidade, *IP*.

Após os resultados obtidos nos ensaios foi possível caracterizar o solo da área a intervir de acordo com a classificação unificada.



Figura 114 – Pontos de recolha das amostras do talude do Sítio dos Cardais, São Vicente.
Fonte: Google Earth

8.3.7 Método Construtivo

8.3.7.1 Preparação da Intervenção

A preparação da intervenção foi feita antecipadamente, através do levantamento de toda a informação e das características da área a intervir, de forma a não atrasar o tempo de obra, isto é, com um planeamento bem definido e organizado, os trabalhos serão realizados nos prazos estipulados e sem atrasos.

Relativamente à obra em questão, esta requer a interrupção de um dos sentidos da via de comunicação. A programação das fases construtivas foram elaboradas com o intuito de causar o menor impacto possível na vida da população, assim como assegurar a segurança de toda a zona afeta aos trabalhos.

Os operários deverão executar todas as tarefas em segurança, cumprindo o plano de segurança e saúde da obra.

8.3.7.2 Processo de construção

O processo construtivo do muro vivo e da grade viva inicia-se por fases, de forma a tornar o processo simples e eficaz, conforme em Anexo III.

8.3.8 Pormenores de Construção

Os pormenores de construção da obra constam no projeto, que se encontra em anexo III.

8.3.9 Dimensionamento

Muro Vivo

O dimensionamento do muro encontra-se no Anexo III.

Grade Viva

No dimensionamento da grade a definição da distância de interação foi definida segundo a equação 21 e substituindo os valores a obra, obteve-se:

COTA	75	78	82	85	87
Diâmetro do tronco (m)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Ângulo de Projeto (°)	60	50	50	50	60
Ângulo de Atrito Interno (°)	55	45	45	45	55
Distância (m)	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29

A opção de distanciar os troncos verticais (guias) de dois em dois metros torna-se assim uma escolha viável e segura, pois para o diâmetro e ângulo de projeto optado e com o ângulo de atrito interno existente no local, cumprimos os requisitos mínimos exigidos e ainda mantemos uma margem bastante alargada de segurança.

8.2.10 Manutenção

A manutenção dos muros vivos e das grades vivas consiste na realização de monitorizações frequentes nos primeiros meses após a sua construção. Este é o período em que as técnicas se encontram mais suscetíveis à ação dos agentes erosivos, visto que a vegetação se encontra em fase de adaptação ao local e pouco desenvolvida, sendo a estabilização do talude garantida apenas pela estrutura morta. Após o primeiro ano, com a vegetação bem desenvolvida e adaptada às novas condições, a manutenção passa pela substituição de estacas mortas por estacas vivas, pela plantação se necessário, de mais alguns arbustos em torrão ou raiz nua e pela realização de sementeira em zonas onde esta não tenha tido o sucesso germinativo esperado. Se se verificar algum tipo de crescimento exagerado na vegetação, que ponha em causa a estabilidade da estrutura, deve proceder-se ao seu controle por desbaste.

Capítulo 9

Conclusões Finais

O uso de estratégias para proteger o solo da erosão causada pelos agentes erosivos atravessa os tempos. Contudo, é no início do século XX, que se começa a dar mais ênfase às técnicas de engenharia natural, que se revelam uma alternativa a técnicas clássicas assim como uma solução viável e ecológica a obras de engenharia tradicional.

Na presente dissertação pretendeu-se fazer uma abordagem à engenharia natural na sustentação de taludes, assim como uma descrição pormenorizada dos tipos de movimentos, características dos solos, vários métodos de estabilização, vegetação adequada, manutenção e monitorização mostrando que as suas técnicas, devido aos seus variadíssimos fatores, são uma excelente solução na recuperação de áreas de risco.

Também foram analisadas as características morfológicas e geológicas da ilha da Madeira que devido ao seu clima ameno e riqueza em água é uma grande impulsionadora do desenvolvimento vegetativo. Contudo, como nos últimos tempos tem sido fortemente fustigada por episódios de precipitação intensa revela uma enorme tendência à ocorrência de movimentos de vertentes.

Assim, os casos de estudos incidiram sobre o concelho de São Vicente, que por se encontrar localizado na zona norte da ilha, possui uma orografia propícia à ocorrência de deslizamentos. O seu histórico de derrocadas, a precipitação muito frequente e o fato de estar inserido na Floresta Laurissilva também fazem de São Vicente uma zona favorável à aplicação de técnicas de engenharia natural.

Os projetos elaborados foram de encontro a um histórico pré-existente de derrocadas nos locais a intervir, assim como as técnicas e o tipo de vegetação selecionadas para a sustentação dos taludes foram escolhidas com base na inclinação do talude, nas características dos solos existentes e no enquadramento paisagístico.

A impossibilidade de concretização dos projetos deveu-se a alguns fatores burocráticos que, devido à aproximação do ato eleitoral, viu-se a braços com dificuldades intransponíveis. Contudo, o trabalho de investigação fica apresentado, assim como a base de sustentação para uma possível e futura concretização.

Uma vez concluído o trabalho, é importante referir que Portugal ainda apresenta algumas carências ao nível da investigação e da aposta neste tipo de alternativas aos métodos convencionais de engenharia civil, sendo de extrema importância promover medidas de divulgação deste tipo de técnicas no sentido de potenciar a viabilidade da sua utilização como método construtivo.

Assim, é importante salientar que ao longo desta dissertação foi possível aplicar um vasto leque de conhecimentos adquiridos ao longo do curso assim como adquirir outros também de grande importância para o futuro.

Referências Bibliográficas

- Aguiar, M. e Martins, J. (2005), *Contenção lateral de solos*. Apoio a Unidade Curricular de Estruturas. Universidade Fernando Pessoa. Porto.
- Antonis, L. e Molinari, V. (2007), *Ingegneria naturalista - nozioni e tecniche di base*. Regione Piemont, Itália.
- Bifulco C. (2001), *Interventi di ingegneria naturalistica nel parco nazionale del Vesúvio*, San Sebastiano al Vesúvio, Nápoles, Itália.
- Bifulco C. (2003), *Naturalistic Restoration and Management Systems: Experiences from Mediterranean Conditions*, Castellabate, Itália.
- Bifulco, C. (2003), *Problematiche della Foresta Mediterranea*, Ente Parco Nazionale del Vesúvio, San Sebastiano al Vesúvio, Nápoles, Itália.
- Cornelini, P. e Preti, F. (2005), *Manuale di I.N. della Regione Lazio – Vol. 2 – Capitolo 10*. Regione Lazio, Italia.
- Durlo, M. e Sutili, F. (2012), *Bioengenharia - Manejo Biotécnico de Cursos de Água*. 2.^a Edição. Santa Maria.
- E 195. 1966, *SOLOS: Preparação por via seca de amostras para ensaios de identificação*. LNEC. Lisboa.
- E 196. 1966, *SOLOS: Análise granulométrica*. LNEC. Lisboa.
- E 239. 1970, *SOLOS: Análise granulométrica por peneiração húmida*. LNEC. Lisboa.
- EITG - Espanha Instituto Tecnológico Geominero (1991), *Manual de Ingeniería de Taludes*. Madrid: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Secretaria General de la Energia y Recursos Minerales.
- Fernandes, J. e Freitas, A. (2011), *Introdução a Engenharia Natural - volume II*. Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A (EPAL).
- Florineth, F. e Molon, M. (2004), *Dispensa di Ingegneria Naturalistica 2004/2005*, Universidade de Bodenkultur, Viena.

- Freitas, A. (2006). *Proposta de Requalificação Biofísica e Paisagística de um Talude num Percurso do Parque Nacional do Vesúvio com Técnicas de Engenharia Biofísica*. Trabalho de fim de Curso em Engenharia Biofísica. Universidade de Évora. Évora.
- Gray, D. e Sotir, R. (1996), *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization*, John Wiley & Sons Inc., Nova Iorque.
- Highland, L. e Bobrowsky, P. (2008). *O manual de deslizamento: um guia para a compreensão de deslizamentos*. USA: USGS. Virginia.
- IICT/UTL/CPUTL/DRAM. (1992), *Carta de Solos da Ilha da Madeira*. Lisboa.
- IST/UMa/LREC/IPRAM. (2010), *Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira*. Madeira.
- Lemes, M. (2001), *Revisão dos Efeitos da Vegetação em Taludes*. Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Lewis, L., Salisbury, S. e Hagen, S. (2001), *Soil Bioengineering for Upland Slope Stabilization*, University of Washington, Washington.
- Martinho, P. (2005), *Contribuição para o Estudo de Técnicas de Engenharia Biofísica: Grade de Vegetação e Grade de Vegetação Vesúvio*. Trabalho de fim de curso em Engenharia Biofísica. Universidade de Évora. Évora.
- Matos, L. (2008), *Estabilidade de Taludes em Rochas Silto-Argilosas: Técnicas de Remediação para Ruturas Superficiais*. Dissertação de Mestrado em Geologia. Universidade de Lisboa.
- Mesquita, S., Capelo, J. & Sousa, J. (2004) *Bioclimatologia da Ilha da Madeira: abordagem numérica*. In Capelo, J., A paisagem vegetal da Ilha da Madeira. Quercetea.
- Nogueira, N. (2010), *Análise de estabilidade de taludes artificiais - técnicas e métodos para avaliação da estabilidade*. Dissertação de Mestrado em Geologia Aplicada. Universidade de Lisboa.

- NP 83. 1965, *SOLOS: Determinação da Densidade das Partículas*. IGPAI, Lisboa.
- NP 143. 1969, *SOLOS: Determinação dos Limites de Consistência*. IGPAI, Lisboa.
- NP - Norma Portuguesa (2010), *Eurocódigo 7: Projecto Geotécnico - Parte 1: Regras gerais*. IPQ, CEN.
- Pereira, A. (2006), *Como seleccionar plantas para áreas degradadas e Controlo de Erosão*. CREA – MG 13.183/D, Belo Horizonte.
- Pestana, C. (2012), *Aplicação de Engenharia Natural na Estabilização de Taludes no Âmbito de um Parque Natural*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade da Madeira. Madeira.
- Pinto, G. (2009), *Bioengenharia dos Solos na Estabilidade de Taludes: Comparação com uma Solução Tradicional*. Dissertação para a obtenção do título de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Pires, H. (2009), *Contributo para a otimização das grades de vegetação simples e Vesúvio – definição de distância de interação*. Trabalho de fim de curso em Engenharia Biofísica. Universidade de Évora. Évora.
- Prada, S., Gaspar, M.A., Silva, M.O., Cruz, J.V., Portela, M.M., Hora, G.R. (2003) – *Recursos Hídricos da Ilha da Madeira*. Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, Tomo 90.
- Schiechl H. M. (1991), *Bioingegneria Forestale Biotecnica Naturalistica*, Castaldi, Feltre, Itália.
- Schiechl H. M. e Stern, R. (1996), *Ground Bioengineering Techniques for Slope Protection and Erosion Control*, Blackwell Science Ltd, Reino Unido.
- Silva, R. (2012), *Aplicação de Engenharia Natural na Estabilização de Taludes*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade da Madeira. Madeira.
- Sousa, P. (2011), *Limites de Liquidez – Correlações e Comparações entre os Métodos de Fall Cone e da Concha de Casagrande*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Geológica. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.

- Trevisan, F. (2013), *Análise de Estabilidade Geotécnica de uma Encosta na Cidade de Dois Vizinhos - PR*. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia. Instituto de Engenharia do Paraná. Curitiba.
- USGS - U.S. Geological Survey. (2004), *Landslide types and processes*. U.S. Geological Survey Fact Sheet 2004-3072.
- Valente, B. (2011), *Contenções*. Apoio a Unidade Curricular de Fundações. Universidade da Madeira. Madeira.
- Varnes, D. J. (1978), *Slope Movement Types and Processes*. Washington .
- Venti, D., Bazzurro, F., Palmeri, F., Uffreduzzi, T., Venanzoni, F., Gibelli, G. (2003), *Manuale técnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni*, Provincia di Terni, Terni, Itália.
- Venti, D., Viali, S., Vitale, V., Conticelli, M., Schiaroli, P., Rinaldi, P., Banella, S., Benedetti, G. P., Conelini, P., Uffreduzzi, T., Palmeri, F., Spinsanti, R. (2003), *Manuale Técnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni - Applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni*. Servizio Assetto del Territorio - Ufficio Urbanistica, Itália.
- Zeh, H. (1997), *Tecniche di inegegneria naturalistica*, Il Verde Editoriale S.r.l., Milão, Itália.

Anexo I

PEÇAS DESENHADAS

	ESCALA
• Desenho 01 – Vista Aérea de Localização	s/escala
• Desenho 02 – Planta de Localização	s/escala
• Desenho 03 – Planta de Enquadramento	s/escala
• Desenho 04 - Alçado Frontal da Grade Viva	1/100
• Desenho 05 – Perfil da Grade Viva	1/100
• Desenho 06 – Pormenorização	1/100
• Desenho 07 – Pormenorização	1/100
• Desenho 08 - Pormenorização (Ligações)	1/100
• Desenho 09 - Pormenorização (Alçado e Corte de Ligação)	1/50
• Desenho 10 - Pormenorização (Tipo de Corte)	1/50
• Desenho 11 - Pormenorização (Tipo de Ligações)	1/50

PEÇAS ESCRITAS

	PÁGINAS
• Ficha técnica de plantas (Clethra Arborea)	1/1
• Ficha técnica de plantas (Erica Scoparia)	1/1
• Ficha técnica de gramíneas (Axonopus Compressus)	1/1
• Mapa de Quantidades	1/1
• Relatório do Limite de Consistência	1/1
• LREC – Determinação da Densidade de Partículas	1/1
• LREC – Análise Granulométrica	1/3
• Classificação Unificada do Solo	1/1
• Processo Construtivo da “Grade Viva”	1/5

Anexo II

PEÇAS DESENHADAS

	ESCALA
• Desenho 01 – Vista Aérea de Localização	s/escala
• Desenho 02 – Planta de Localização	s/escala
• Desenho 03 – Planta de Enquadramento	s/escala
• Desenho 04 - Alçado Frontal da Paliçada Viva	1/200
• Desenho 05 – Perfil da Paliçada Viva	1/200
• Desenho 06 – Pormenorização;	1/200
• Desenho 07 – Pormenorização;	1/200
• Desenho 08 - Pormenorização (Ligações);	1/50 1/200
• Desenho 09 - Pormenorização (Alçado e Corte de Ligação);	1/100 1/200
• Desenho 10 - Pormenorização (Tipo de Corte);	1/50
• Desenho 11 - Pormenorização (Tipo de Ligações);	1/50

PEÇAS ESCRITAS

	PÁGINAS
• Ficha técnica de plantas (Erica Scoparia)	1/1
• Ficha técnica de plantas (Pteridium Aquilinum)	1/1
• Ficha técnica de gramíneas (Axonopus Compressus)	1/1
• Dimensionamento da Paliçada Viva	1/1
• Mapa de Quantidades	1/1
• Relatório do Limite de Consistência	1/1
• LREC – Determinação da Densidade de Partículas	1/1
• LREC – Análise Granulométrica	1/3
• Classificação Unificada do Solo	1/1
• Processo Construtivo da “Paliçada Viva”	1/3

Anexo III

PEÇAS DESENHADAS



	ESCALA
• Desenho 01 – Vista Aérea de Localização;	s/escala
• Desenho 02 – Planta de Localização;	s/escala
• Desenho 03 – Planta de Enquadramento;	s/escala
• Desenho 04 - Alçado Frontal do Combinado;	1/200
• Desenho 05 – Perfil da Parede Dupla + Grade Viva	1/200
• Desenho 06 – Perfil da Parede Simples + Grade Viva	1/100
• Desenho 07 – Pormenorização;	1/200
• Desenho 08 – Pormenorização;	1/200
• Desenho 09 - Pormenorização (Ligações Parede Dupla/Grade Viva)	1/50 1/200
• Desenho 10 - Pormenorização (Ligações Parede Simples/Grade Viva)	1/50 1/200
• Desenho 11 - Pormenorização (Montagem);	1/100 1/200
• Desenho 12 - Pormenorização (Tipo de Corte);	1/50
• Desenho 13 - Pormenorização (Tipo de Ligações);	1/50

PEÇAS ESCRITAS

	PÁGINAS
• Ficha técnica de plantas (Myrica Faya)	1/1
• Ficha técnica de plantas (Echium Candicans)	1/1
• Ficha técnica de gramíneas (Axonopus Compressus)	1/1
• Dimensionamento da Parede Dupla à cota 78	1/1
• Dimensionamento da Parede Dupla à cota 82	1/1
• Dimensionamento da Parede Dupla à cota 85	1/1
• Mapa de Quantidades à cota 75	1/1
• Mapa de Quantidades à cota 78	1/1
• Mapa de Quantidades à cota 82	1/1
• Mapa de Quantidades à cota 85	1/1
• Mapa de Quantidades à cota 87	1/1
• Relatório do Limite de Consistência	1/1
• LREC – Determinação da Densidade de Partículas	1/1
• LREC – Análise Granulométrica	1/3
• Classificação Unificada do Solo	1/1
• Processo Construtivo Combinado “Muro Vivo vs Grade Viva”	1/4

Vista Aérea de Localização



Designação	Talude do Sítio do Poiso	Limites de Intervenção
Simbologia		



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
s/escala

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

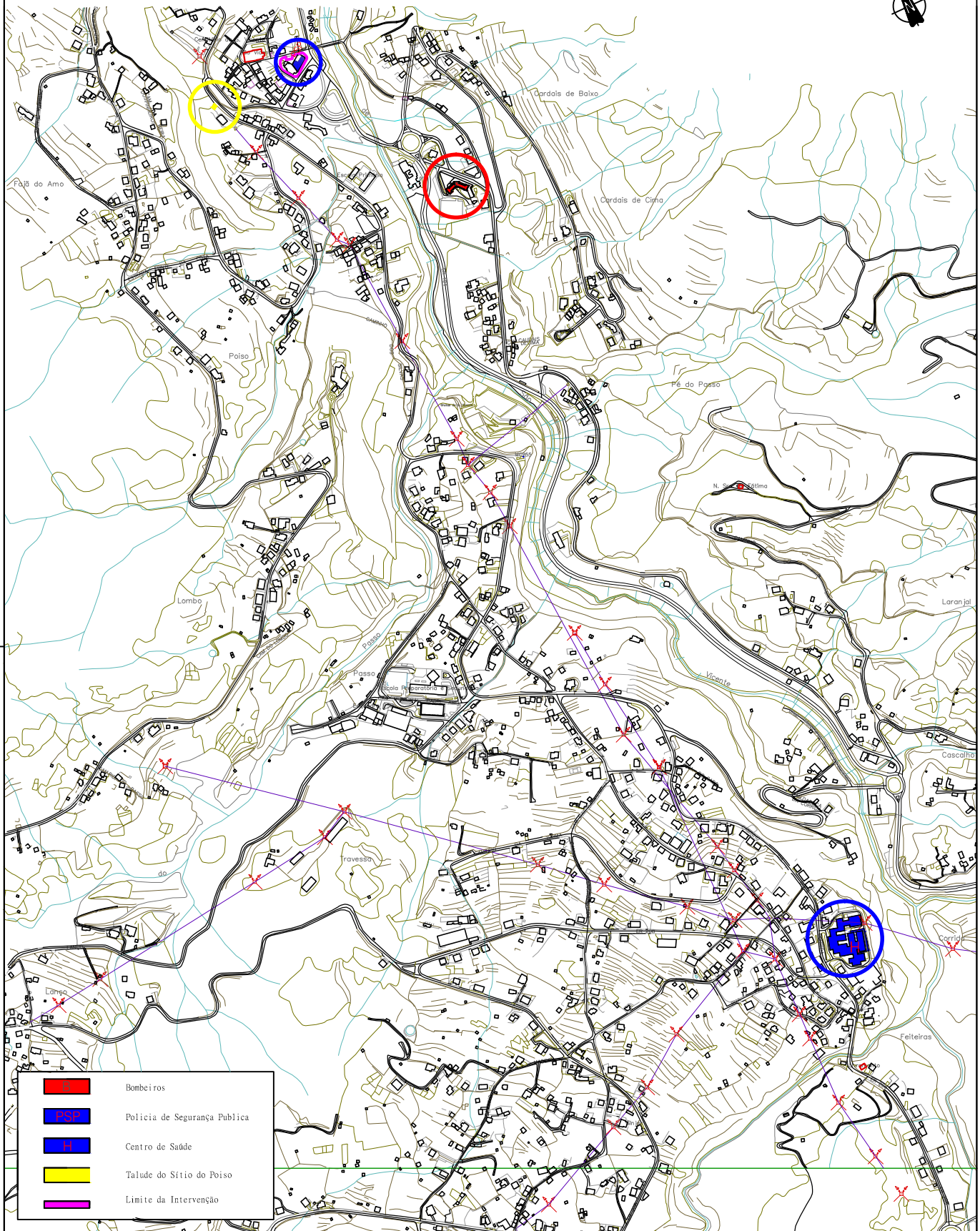
Projetista:
Ricardo Simão






São Vicente

Data:
Abril de 2013

01

Planta de Localização



	Bombeiros
	Policia de Segurança Publica
	Centro de Saúde
	Talude do Sítio do Poiso
	Limite da Intervenção



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
s/escala

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

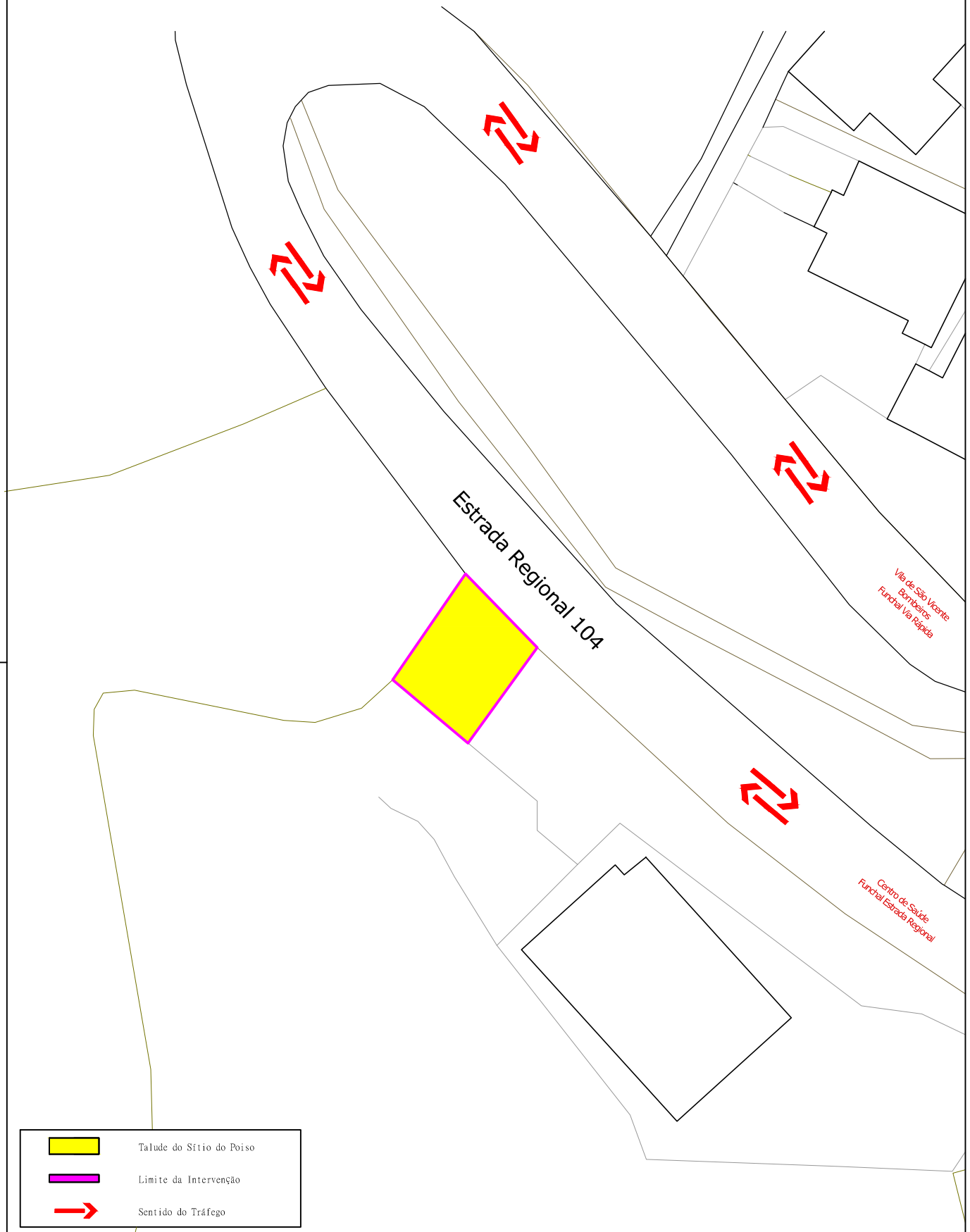
São Vicente




Data:

Abril de 2013

02

Planta de Enquadramento



	Talude do Sítio do Poiso
	Limite da Intervenção
	Sentido do Tráfego



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
s/escala

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

03

Projetista:

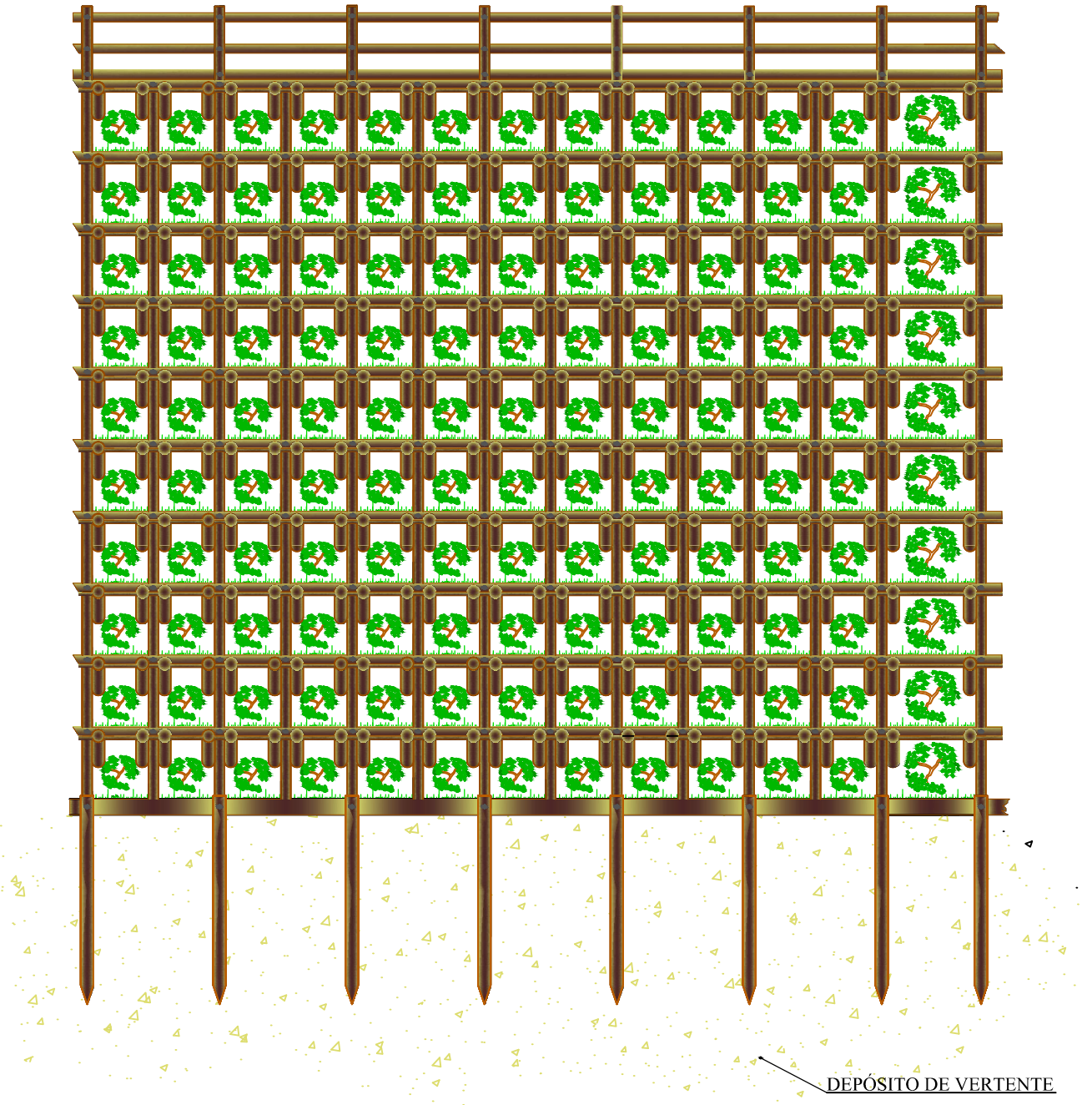
Ricardo Simão

São Vicente

Data:

Abril de 2013

Alçado Frontal da Grade Viva



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
1/100

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

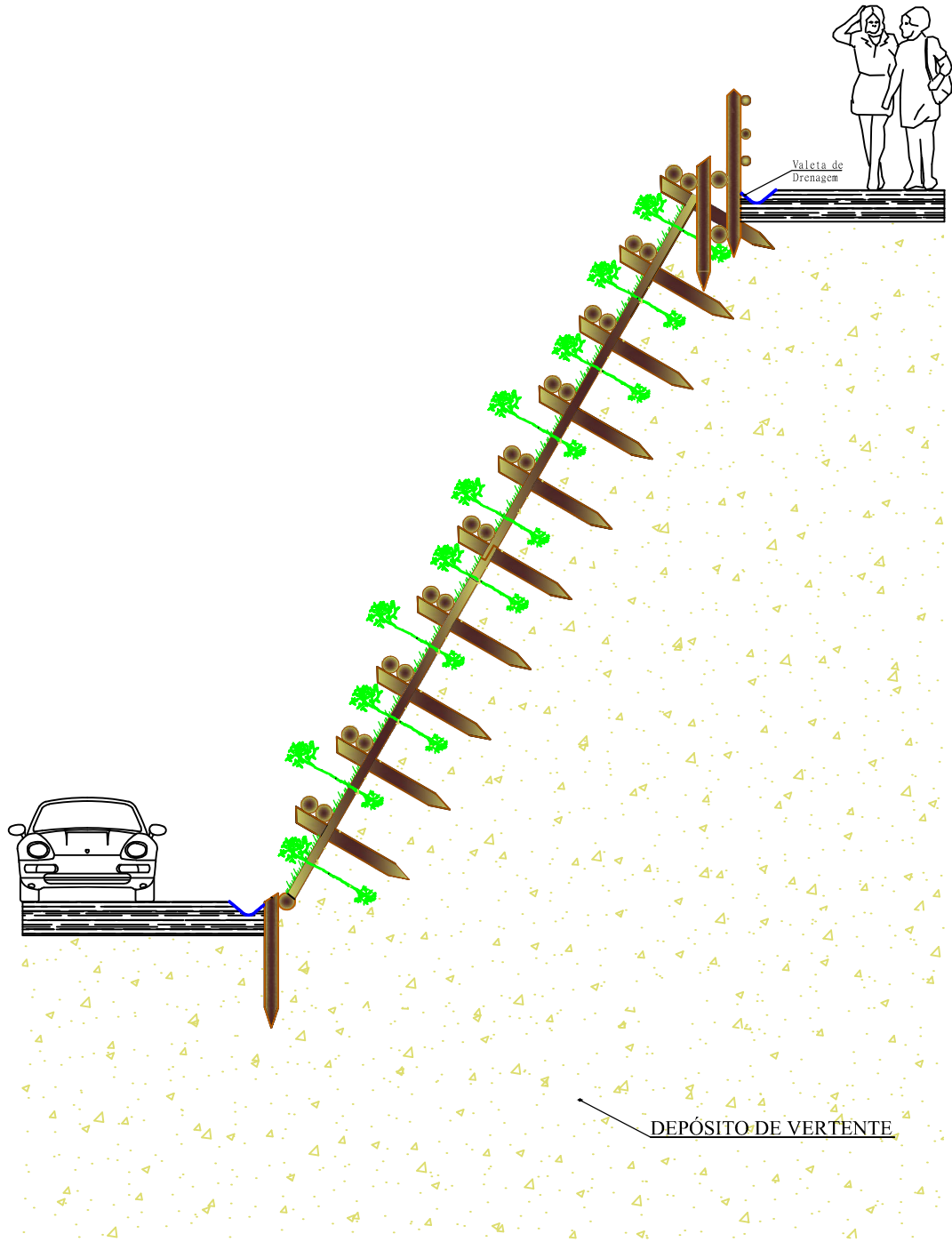
São Vicente

Data:

Abril de 2013

04

Perfil da Grade Viva



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:

1/100

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

05

Projetista:

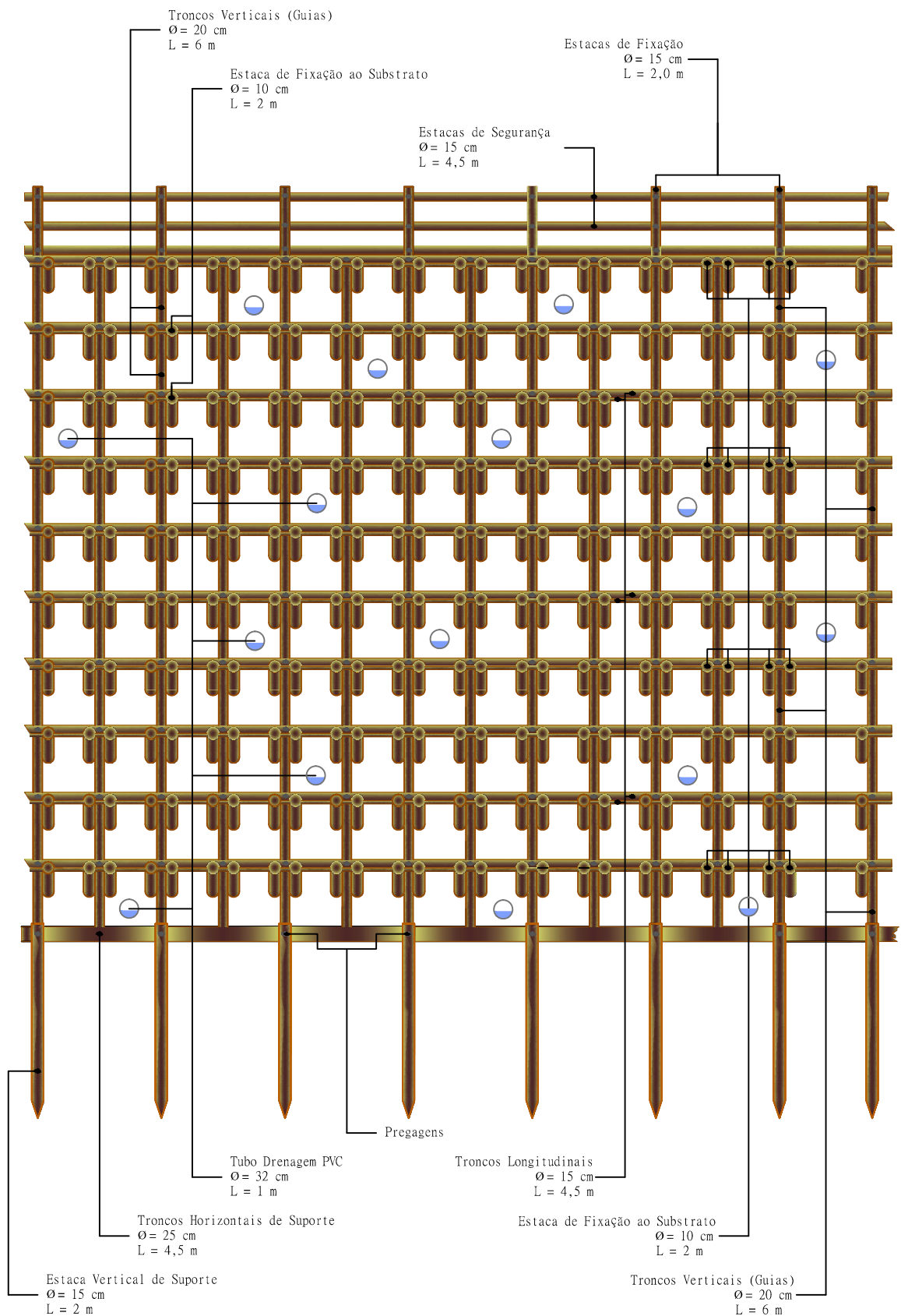
Ricardo Simão

São Vicente

Data:

Abril de 2013

Pormenorização



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:

1/100

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

06

Projetista:

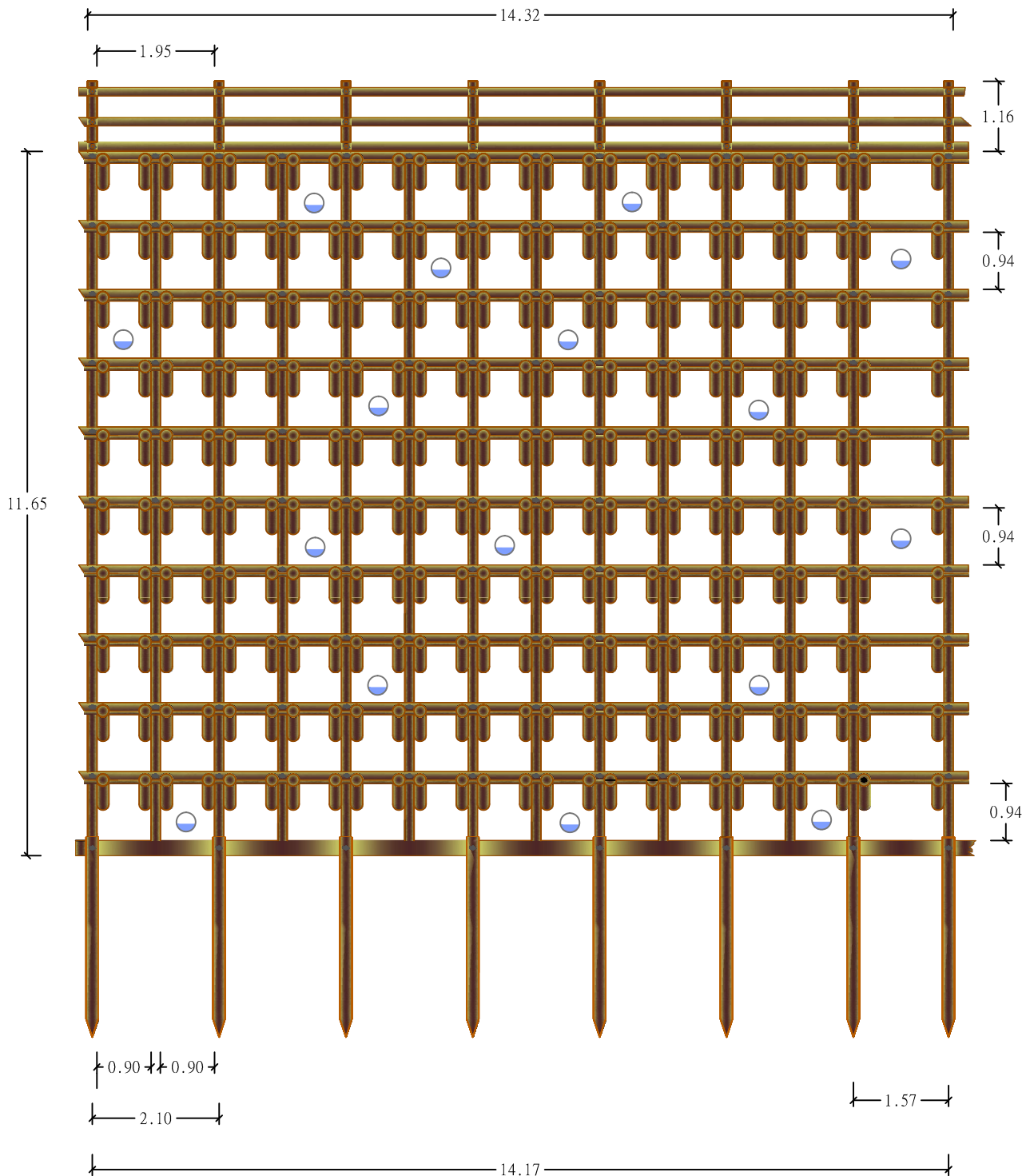
Ricardo Simão

São Vicente

Data:

Abril de 2013

Pormenorização



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
1/100

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

São Vicente

Data:

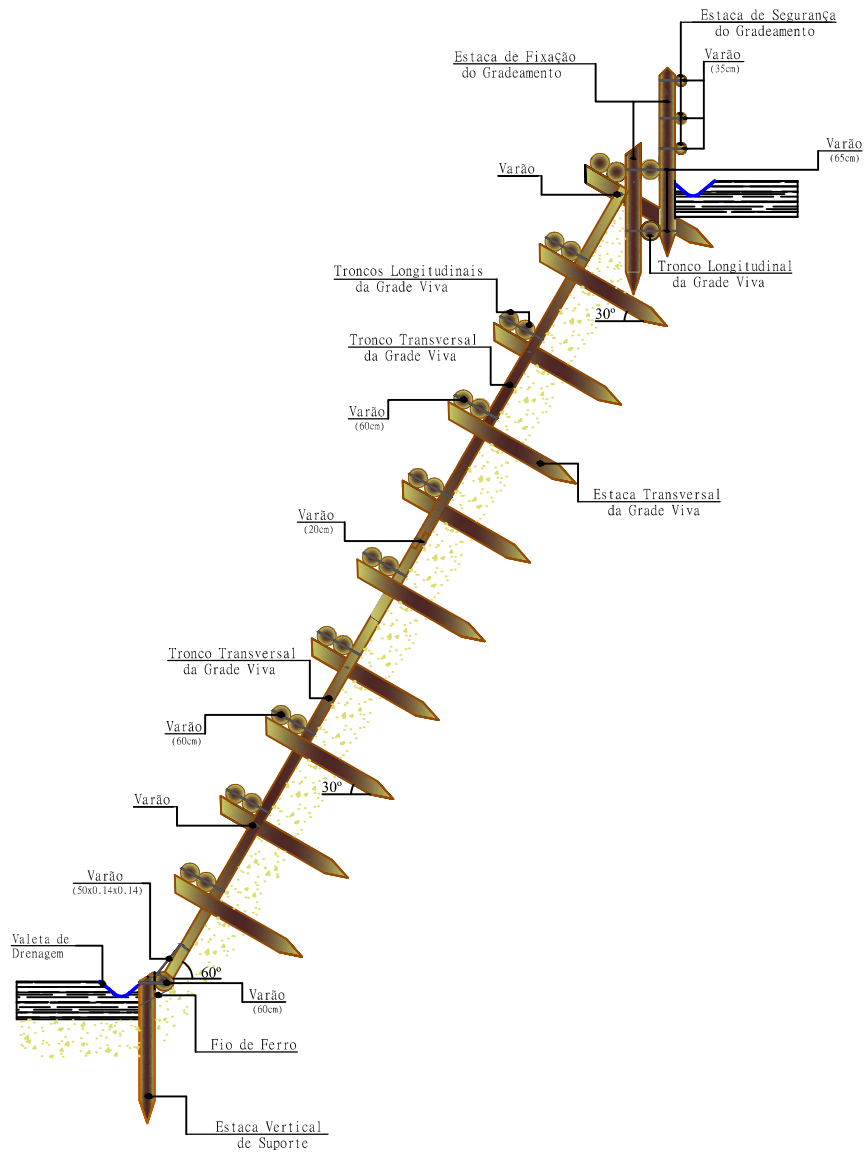
Abril de 2013

07

Pormenorização

Pormenorização das Ligações Perfil Transversal Tipo

(Escala 1/100)



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
1/100

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

São Vicente

Data:

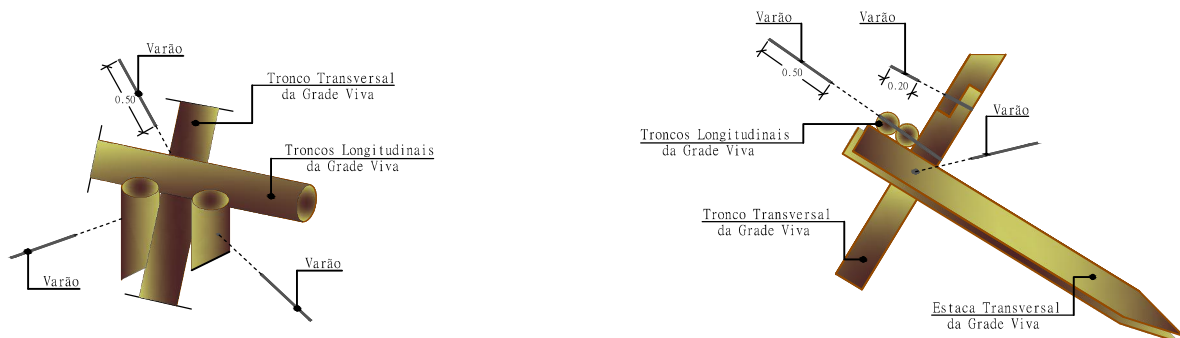
Abril de 2013

08

Pormenorização

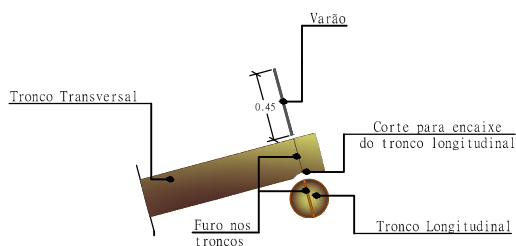
Alçado de Ligação da Grade Viva

(Escala 1/50)



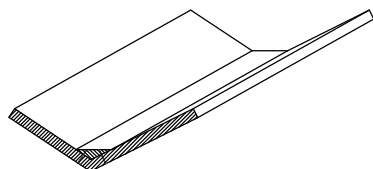
Corte de Ligação da Grade Viva

(Escala 1/50)

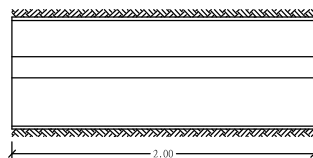


Pormenorização da Valeta

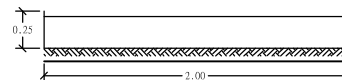
(Escala 1/50)



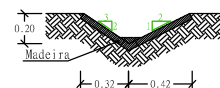
Planta Tipo



Corte Tipo Longitudinal



Corte Tipo Transversal



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:

1/50

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

09

Projetista:

Ricardo Simão

São Vicente

Data:

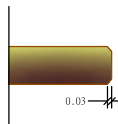
Abril de 2013

Pormenorização

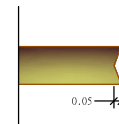
Tipo de Cortes

(Escala 1/50)

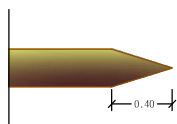
Tipo A



Tipo B



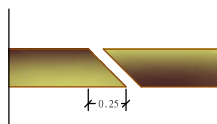
Tipo C



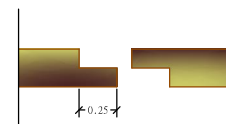
Tipo D



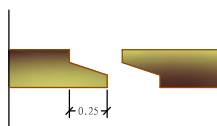
Tipo E



Tipo F



Tipo G



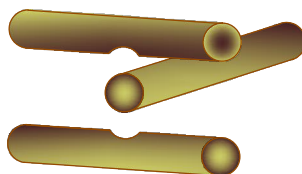
Tipo G.1



Tipo H



Tipo H.1



A - Alisamento das arestas dos troncos transversais do muro.

B - Corte em V dos troncos transversais da grade (para melhor encaixe nos troncos longitudinais do muro).

C - Corte da ponta das estacas.

D - Corte Recto.

E - Corte Oblíquo.

F - Corte em escada.

G - Corte em escada com inclinação.

G.1 - Divisão para o corte em escada com inclinação-

H - Alisamento das zonas de intersecção dos troncos (para melhor encaixe nos troncos longitudinais e transversais do muro).

H.1 - Vista em perspectiva do Corte H.



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:

1/50

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

10

Projetista:

Ricardo Simão

São Vicente

Data:

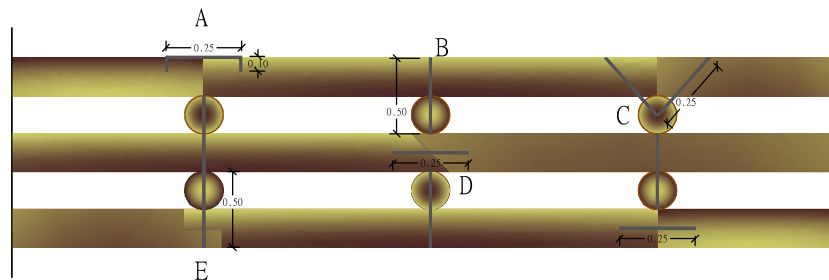
Abril de 2013

Pormenorização

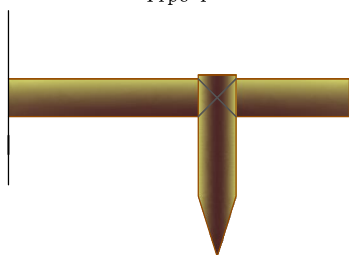
Tipo de Ligações

(Escala 1/50)

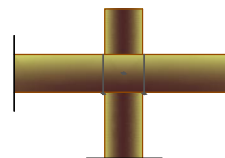
Tipo



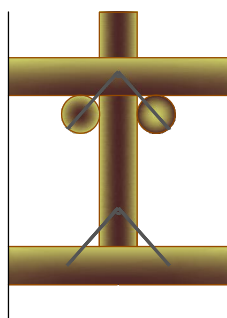
Tipo F



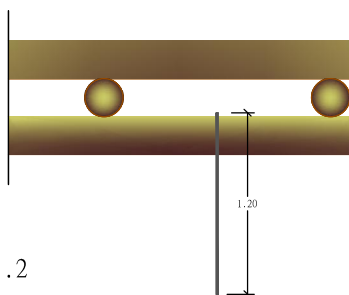
Tipo G



Tipo H



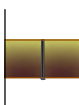
Tipo I



I.2



I.2



A - Grampo na Junção Longitudinal de corte recto.

B - Varão Vertical na Junção Longitudinal com a transversal.

C - Varões Oblíquos (Inclinação $45/50^\circ$) na junção longitudinal com a transversal.

D - Grampo na junção longitudinal de corte oblíquo.

E - Varão Vertical na Junção Longitudinal com a transversal de corte em degrau.

F - Ligação das estacas de ancoragem de Madeira com os troncos longitudinais do muro, com o auxílio de fio de ferro galvanizado.

G - Estacas de ancoragem do em Ferro com fio de ferro galvanizado. Ligação tronco longitudinal com transversal da grade com varão.

H - Ligação das estacas de ancoragem com varões. Ligação tronco longitudinal com transversal da grade com varão. Ligação tronco longitudinal do muro com transversal da grade com grampos. Ligação tronco longitudinal e transversal do muro com varões.

I - Alternativa mais usual: Ligação das estacas de ancoragem de ferro com os troncos longitudinais do muro, com o auxílio de fio de ferro galvanizado.

I.1 - Perfil Transversal da Ligação G.

I.2 - Perfil Longitudinal da Ligação G.



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:

1/50

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DO POISO

Desenho Nº:

11

Projetista:

Ricardo Simão

São Vicente

Data:

Abril de 2013

CLETHRA ARBOREA

Requerente:

Obra: UMA - Sítio do Poiso, São Vicente

Ficha Técnica

Designação: Arbusto ou pequena árvore perene de até 8m, de folhas aglomeradas nas extremidades dos ramos, flores brancas, aromáticas, pendentes e dispostas em cachos. Tem ritidoma liso, acastanhado ou acizentado.

Nome científico: *Clethra Arborea* Aiton

Nomes vulgares: Folhadeiro;
Folhado;
Verdenaz;
Verde-nasce;
Árvore-dos-lírios-do-vale.

Família: *Clethraceae*



*Clethra Arborea*¹

Folhas: Opostas, oblanceoladas, com 9-12 x 4-5 cm, acuminadas, lustrosas, serradas, verde pálido e glabras na página superior, pubescentes na página inferior, de pecíolo curto, avermelhado e pubescente.

Flores: Brancas, pendentes, muito aromáticas, com 1-2 cm de diâmetro, hermafroditas, dispostas em cachos simples ou ramificados.

Frutos: Cápsulas acastanhadas, muito pequenas (3,5mm), densamente felpudas.

Floração: Agosto a Outubro



Pormento das Flores¹

Área de distribuição nativa: Portugal (arquipélago da Madeira).

Distribuição em Portugal: Arquipélago dos Açores (ilha de São Miguel).

Utilidade: Para fins ornamentais.

Ambientes preferenciais: Ravinas, margens de linhas de água e de vias de comunicação. Também invade áreas naturais.



Origem e Distribuição²

IMPACTE NOS ECOSISTEMAS

O crescimento rápido leva à formação de áreas densas impenetráveis que podem impedir o desenvolvimento da vegetação nativa.

MANUTENÇÃO

A manutenção passa por uma gestão bem planeada, que inclua a determinação da área plantada, avaliação dos impactos, definição das prioridades de intervenção, seleção das metodologias de controlo adequadas e sua aplicação.

Posteriormente, será fundamental a monitorização da eficácia das metodologias e da recuperação da área intervencionada, de forma a realizar, sempre que necessário, o controlo de seguimento.

Fonte: adaptado de <http://invasoras.uc.pt/gallery/clethra-arborea/>

¹ Fonte: <http://invasoras.uc.pt/gallery/clethra-arborea/>

² Fonte: <http://www.traveltag.pt/pag.asp?c=9&sc=16>

Erica Scoparia

Requerente:

Obra: UMA - Sítio do Poiso, São Vicente

Ficha Técnica

Designação: Arbusto direito, muito ramificado, com ramos erguidos de cor branco e cinzento, podendo alcançar até 2m de altura.

Nome científico: *Erica Scoparica L.*

Nomes vulgares: Moita-alvarinha;
Urze-das-vassouras;
Urze-durázia;
Vassoura.

Família: *Ericaceae*



*Erica Scoparia*¹

Folhas: Resistentes, pequenas, lineares, muito estreitas, brilhantes e em forma de agulhas, com 4-6mm.

Flores: Brancas com interior vermelho/acastanhado. Têm forma de sino e estão dispostas em cachos nos galhos.

Frutos:

Floração: Abril a Junho



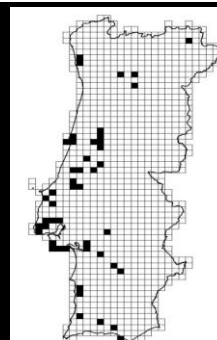
Pormenor das Flores²

Área de distribuição nativa: Macaronésia (Açores, Madeira e Canárias).

Distribuição em Portugal: Portugal;
Arquipélago da Madeira;
Arquipélago dos Açores.

Utilidade: Fabrico de vassouras, troncos para carvão e os ramos para combustível.

Ambientes preferenciais: Matos, pinhais, urzais e outeiros.



Origem e Distribuição²

IMPACTE NOS ECOSISTEMAS

MANUTENÇÃO

A manutenção passa por uma gestão bem planeada, que inclua a determinação da área plantada, avaliação dos impactes, definição das prioridades de intervenção, seleção das metodologias de controlo adequadas e sua aplicação.

Posteriormente, será fundamental a monitorização da eficácia das metodologias e da recuperação da área intervencionada, de forma a realizar, sempre que necessário, o controlo de seguimento.

Fonte: adaptado de http://jb.utad.pt/especie/myrica_faya

¹Fonte: http://www.horta.uac.pt/species/plantae/Erica_scoparia_azorica/Erica_scoparia_azorica.htm

²Fonte: <http://www.flora-on.pt/#/Ierica+scoparia>

AXONOPUS COMPRESSUS

Requerente:

Obra: UMA - Sítio do Poiso, São Vicente

Ficha Técnica

Designação: É uma espécie vegetal, muito resistente e com propriedades que a tornam indicada para jardins ou zonas públicas em que não é possível realizar um trabalho de manutenção muito cuidado

Nome científico: *Axonopus Compressus*

Nomes vulgares: Graminha;
Grama-são-carlos;
Escalracho;
Grama-sempre-verde-curitibiana;
Graminia.

Família: *Poaceae*



*Axonopus Compressus*¹

Folhas: Desenvolve-se através de guias das próprias folhas que nos nós criam raízes que rapidamente crescem e que fixam a planta ao solo. Folhas largas, lisas sem serrilha.

Flores: Não dão flores.

Frutos: Não dão frutos.

Floração: Nos meses mais frios entra como que em hibernação, crescendo pouco mas mantendo habitualmente a cor verde. Nos meses mais quentes em que haja falta de rega tem tendência a secar e a desenvolver-se menos, mas quando é regado de novo recupera rapidamente.



Pormenor das Folhas¹

Área de distribuição nativa: Sul do Brasil

Distribuição em Portugal: Por todo o país.

Utilização: Controla todo o tipo de ervas infestantes.
Baixa manutenção e fácil de cuidar.

Ambientes preferenciais: Jardins públicos;
Áreas industriais;
Residências.



Origem³

IMPACTE NOS ECOSISTEMAS

Tem um crescimento acentuado nos meses mais quentes e que pode ser potencializado com a rega, alastrando rapidamente e com uma boa capacidade de enchimento das zonas a cobrir. Crescimento em altura pouco intenso, resistente a pragas e ervas daninhas.

MANUTENÇÃO

O seu grande crescimento em certas alturas do ano exige um corte regular para se manter agradável e controlado. A sua plantação é feita com o enterrar de pequenas estacas deste tipo de relva no solo, normalmente a uma distância sempre regular para facilitar o crescimento e uniformizar o aspecto do tapete. É fundamental regar bastante nos primeiros dias após a plantação para garantir a pega.

Fonte: adaptado de <http://www.custojusto.pt/Viana+do+Castelo/Jardim-Bricolage/Grama+brasileira+gramigreen-10165873.htm>

¹ Fonte: <http://www.custojusto.pt/Viana+do+Castelo/Jardim-Bricolage/Grama+brasileira+gramigreen-10165873.htm>

² Fonte: <http://www.mapasparacolorir.com.br/mapa/brasil/brasil-regioes-nomes.png>

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

Requerente:

Amostra: UMA_16.A - Sítio do Poiso, São Vicente

LIMITE DE LIQUIDEZ

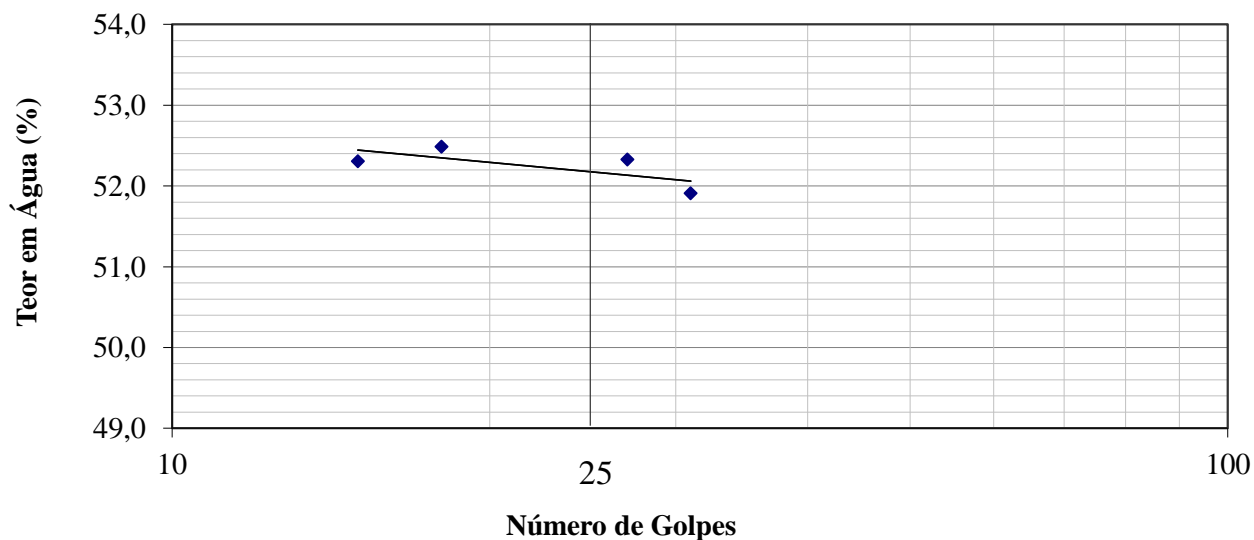
Cápsula N°	1	2	3	4	5				
Capsula + Solo Humido (g)	27,43	37,16	33,37	28,31					
Capsula + Solo Seco (g)	26,07	36,00	31,91	26,68					
Peso da Água (g)	1,36	1,16	1,46	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Peso do Solo Seco (g)	2,60	2,21	2,79	3,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Peso da Cápsula (g)	23,47	33,79	29,12	23,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Humidade %	52,3	52,5	52,3	51,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Número de Golpes	15	18	27	31					

LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula N°	A	B	C	D	E
Capsula + Solo Humido (g)	49,95	33,86	47,57	32,02	33,53
Capsula + Solo Seco (g)	49,21	32,73	46,46	31,01	32,56
Peso da Água (g)	0,74	1,13	1,11	1,01	0,97
Peso do Solo Seco (g)	1,59	2,30	2,24	2,10	1,99
Peso da Cápsula (g)	47,62	30,43	44,22	28,91	30,57
Humidade %	46,5	49,1	49,6	48,1	48,7

RESULTADOS

LIMITE DE LIQUIDEZ	52,2
LIMITE DE PLASTICIDADE	48,4
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	3,8



Data:
Técnico:
Assinatura:

30 de Julho de 2013
Ricardo Simão

O DIRECTOR DO LREC

ENG.º PAULO FRANÇA

Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B107/13

LEEC - LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE ENGENHARIA CIVIL
UNIDADE LABORATORIAL DE GEOTECNIA

Pág. 1/1

Requerente: LREC - DG
Endereço: RUA AGOSTINHO PEREIRA DE OLIVEIRA, S. MARTINHO, 9000-264 FUNCHAL
Obra: UMA - TESE DE Mestrado Data do pedido: 22/10/2013

SOLOS. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DAS PARTÍCULAS
Norma Portuguesa NP 83: 1965

Referências da amostra		Designação da amostra	Datas do ensaio	
Interna	Externa		Início	Conclusão
128/13-1	16 Poiso	Solo	24/10/2013	29/10/2013

Modo de realização do ensaio: Sem secagem prévia do provete

Fracção granulométrica do ensaio: Passada no peneiro de 4,75 mm

Número do Provete		1	2
m ₃	Massa do picnómetro+água destilada (g)	149,075	147,730
m ₄	Massa do provete seco (g)	29,407	29,776
m ₅	Massa do picnómetro + água destilada + provete (g)	168,240	167,135
t _x	Temperatura do ensaio (°C)	22,2	22,0
K	Razão entre as densidades da água à temperatura do ensaio e a 20 °C	1,000	1,000
$d = K \frac{m_4}{m_3 - (m_5 - m_4)}$	Densidade das partículas	2,87	2,87
Média das densidades das partículas		2,87	

Observações:

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

FUNCHAL, 29 DE OUTUBRO DE 2013

ENG.º DÉLIA SOUSA

O DIRECTOR DO LREC

ENGº PAULO FRANÇA

Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B110/13

LEEC - LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE ENGENHARIA CIVIL
UNIDADE LABORATORIAL DE GEOTECNIA

Pág. 1/3

Requerente: LREC - DG

Endereço: RUA AGOSTINHO PEREIRA DE OLIVEIRA, S. MARTINHO, 9000-264 FUNCHAL

Obra: UMA - TESE DE MESTRADO

Data do pedido: 22/10/2013

SOLOS. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
Especificação LNEC E 196: 1966

Referências da amostra		Designação da amostra	Datas do ensaio		
Interna	Externa		Início	Conclusão	
128/13-1	16 Poiso	Solo		23/10/2013	30/10/2013

Massa total do provete $m_t = \frac{2581,9}{g}$
 Massa total da fracção retida no peneiro de 2,00 mm (nº 10) $m_{10} = \frac{1288,5}{g}$
 % do material retido no peneiro de 2,00 mm (nº 10) $N'_{10} = (m_{10}/m_t) \times 100 = \frac{49,9}{\%}$

FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2,00 mm (nº 10)	Peneiros	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada Retida	% Acumulada que Passa (Total)
	Aberturas (mm)	m_x	$N_x = (m_x/m_t) \times 100$	N'_x	$N''_x = 100 - N'_x$
	75,0				
	50,0				
	37,5	0,0	0,0	0,0	100
	25,0	96,0	3,7	3,7	96
	19,0	138,6	5,4	9,1	91
	9,50	344,2	13,3	22,4	78
	4,75	389,1	15,1	37,5	63
	2,00	320,7	12,4	49,9	50
	< 2,00	1293,5			
	Total	2582,0			

Massa de solo após pré-tratamento

 $m_b = \frac{56,50}{g}$

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2,00 mm (nº 10)	Peneiros	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulada	% Acumulada que Passa	% Acumulada que Passa (Total)
	Aberturas (mm)	m_x	$N_x = m_x/m_b \times 100$	n'_x	$n''_x = 100 - n'_x$	$N''_x = n''_x(100 - N'_{10})/100$
	0,850	8,05	14,2	14,2	85,8	43
	0,425	5,21	9,2	23,5	76,5	38
	0,250	3,08	5,5	28,9	71,1	36
	0,106	5,06	9,0	37,9	62,1	31
	0,075	1,89	3,3	41,2	58,8	30
	< 0,075	33,21				
	Total	56,50				

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

ENGª DELIA SOUSA

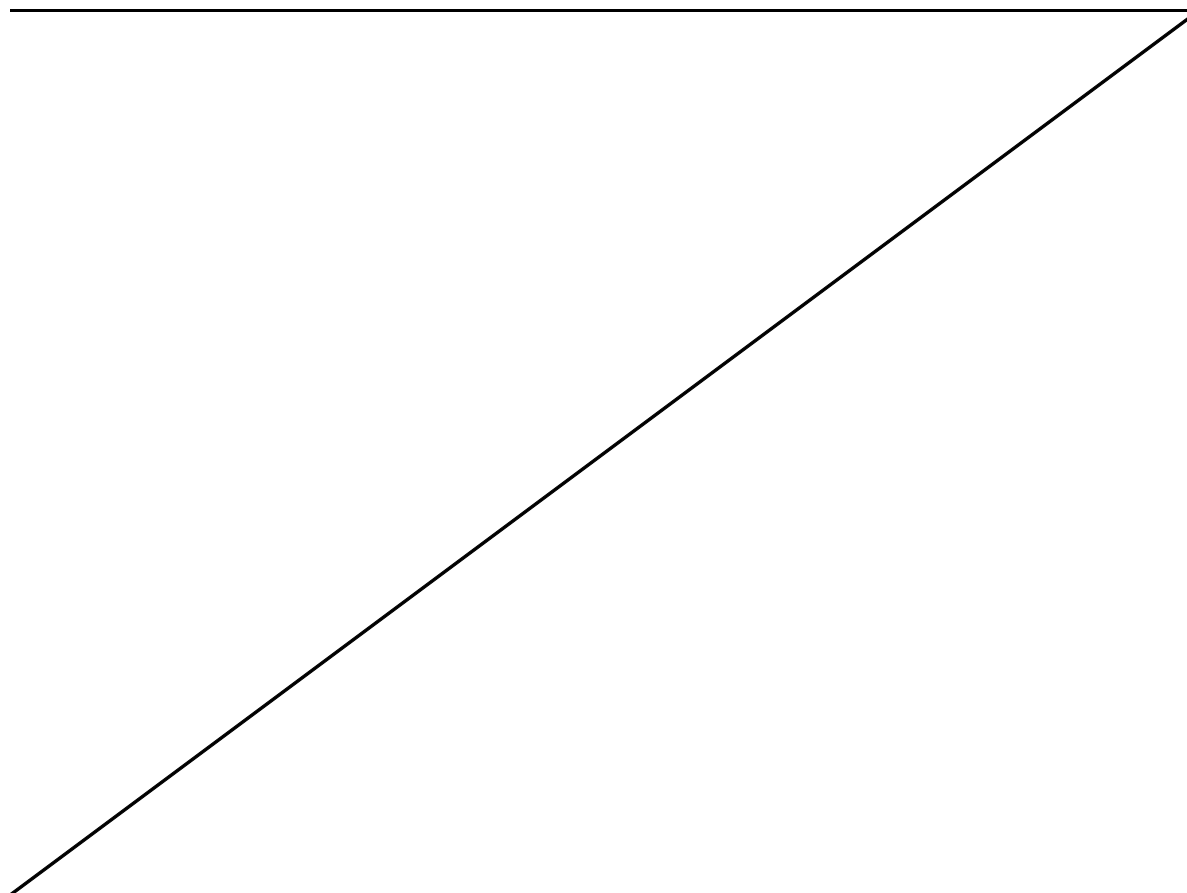
Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B110/13

Pág. 2/3

SEDIMENTAÇÃO	Diâmetro das partículas (mm)	% de partículas de diâmetro inferior a D (%)	% de partículas de diâmetro inferior a D referida à massa total da amostra (%)
	D	n_D	$N_D = n_D \times (100 - N'_{10})/100$
	0,0409	55,8	28
	0,0297	50,3	25
	0,0192	44,9	23
	0,0113	39,4	20
	0,0083	31,0	16
	0,0060	25,3	13
	0,0030	19,3	10
	0,0013	10,9	6
	0,0009	8,2	4

Observações:

Por não haver amostra suficiente, não foi cumprido o requisito da especificação LNEC E 195 - 1966 no que diz respeito à massa mínima aproximada da fração retida no peneiro nº 10.



O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

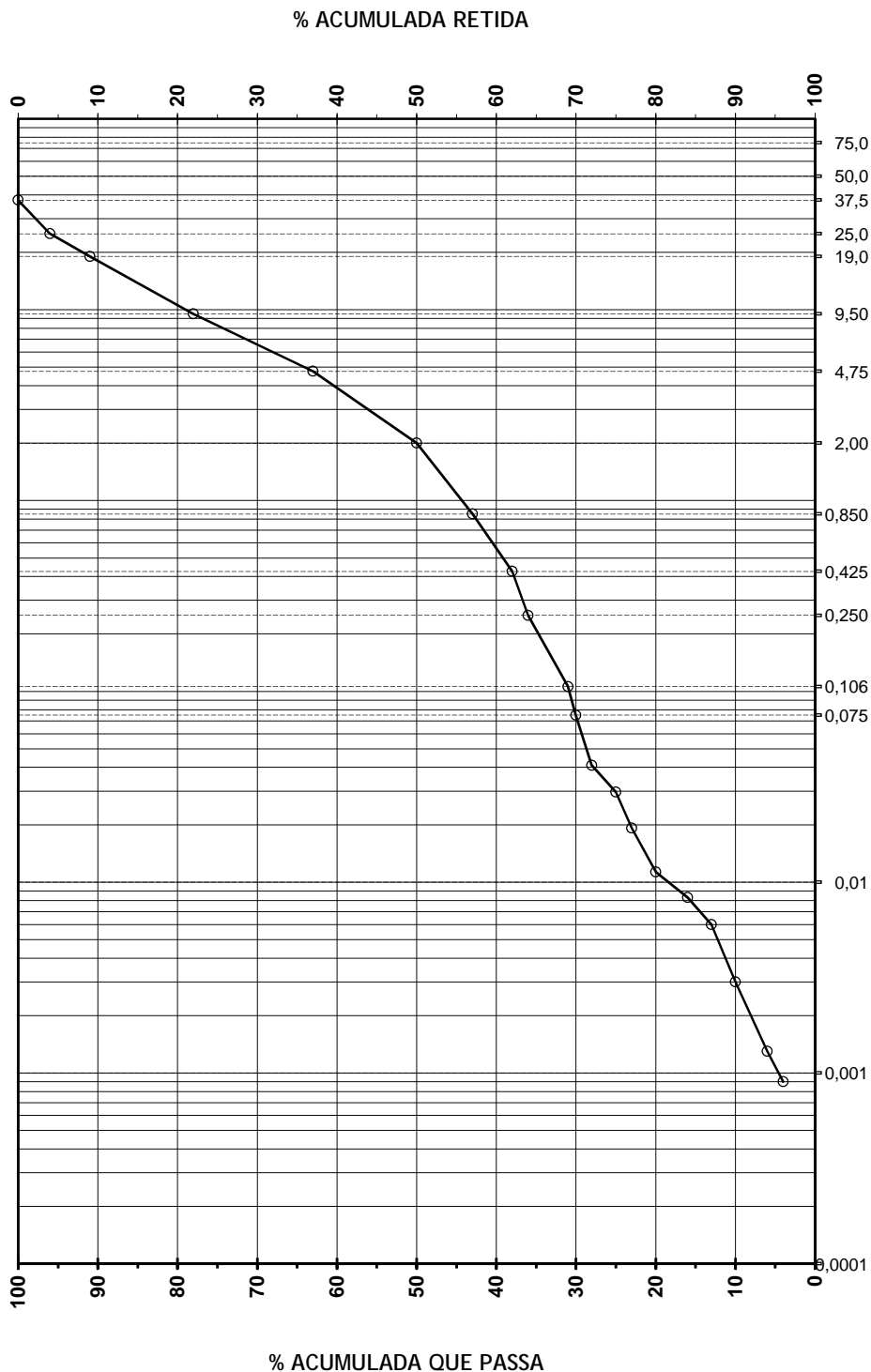
ENG.ª DÉLIA SOUSA

Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B110/13

Pág. 3/3

Não é permitida a divulgação parcial dos resultados constantes deste boletim na qual se faça referência ao LREC, a não ser que seja obtida expressa autorização. Salvo indicação em contrário, os elementos identificadores das amostras ensaiadas são simples transcrição de informações recebidas ou de anotações apostas nas próprias amostras enviadas, não sendo por isso da responsabilidade do Laboratório. Os resultados só são válidos para os itens ensaiados.

CALHAU		GROSSO		MÉDIO		FINO		GROSSA		MÉDIA		FINA		GROSSO		MÉDIO		FINO		ARGILA



ABERTURA DAS MALHAS (mm)

BOLETIM DE ENSAIO

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

FUNCHAL, 30 DE OUTUBRO DE 2013

ENGª DÉLIA SOUSA

CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA DE SOLOS

Requerente:

Amostra: UMA_16.A - Sítio do Poiso, São Vicente

Resultados

Siltes e Argilas $W_L < 50\%$	Siltes e Argilas $W_L \geq 50\%$	Resultado	Tipo de Solo
FALSO	FRACO	MH	Silte Elástico Arenoso
FALSO	FALSO		
FALSO	MH		

Características Geotécnicas

Face aos resultados obtidos na peneiração e quando confrontados com o resultado do limite de liquidez e com o índice de plasticidade, obtivemos uma **Silte Elástico Arenoso**.

Assim, conclui-se que: Semi-Permeável a impermeável quando compactado;

Razoável a má em relação à resistência ao corte, quando compactado e saturado;

Alta compressibilidade, quando compactado e saturado;

Mau, em termos de trabalhabilidade como material de construção.

Peneiração

Massa total do Provete	Massa total retida no peneiro nº 10	% Retida no peneiro nº 10	Massa se solo após pré-tratamento
m_t	m_{10}	N'_{10}	m_b
2582,1	1288,6	49,9	56,5
(g)	(g)	(%)	(g)

Limites de Consistência

Limite de Liquidez	Limite de Plasticidade	Índice de Plasticidade	Índice de Plasticidade da Recta
LL	LP	IP	$IP_{(Recta)}$
52,2	48,4	3,8	23,5
(g)	(g)	(%)	(g)

Data:

20 de Outubro de 2013

Técnico:

Ricardo Simão

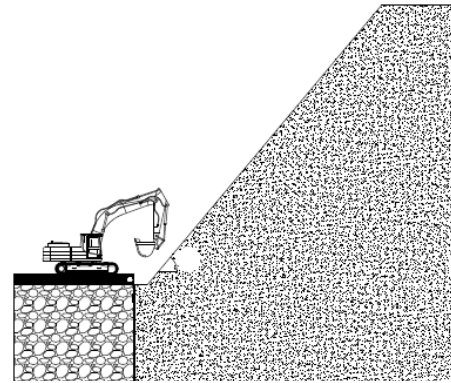
Assinatura: _____

Processo Construtivo da “Grade Viva”

O processo construtivo da grade viva inicia-se por fases, de forma a tornar o processo simples e eficaz.

1ª Fase

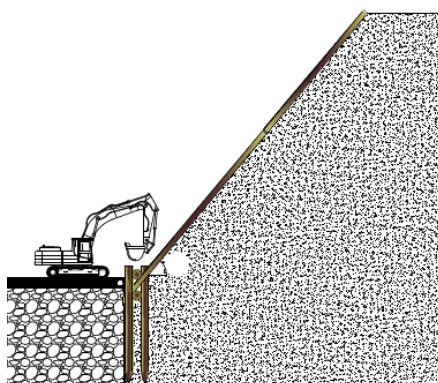
Remoção do coberto vegetal de forma a atingir a uniformização de todo o talude. A terra retirada nesta fase deve ser mantida em local próximo, de forma a garantir que não haja necessidade de importar terra de outro local para colmatar a falta que poderá existir. Abre-se uma pequena vala no fundo do talude de forma a aplicar-se os primeiros troncos, que irão suportar a estrutura.



Remoção do coberto vegetal e uniformização do talude.

O recurso a maquinaria pesada para a remoção do coberto vegetal e uniformização do talude, deve-se ao fato de se querer imprimir uma maior rapidez aos trabalhos.

De salientar que existem regiões do mundo onde o uso deste tipo de máquinas é proibido em obras de engenharia natural, fazendo com que toda esta fase seja garantida por esforço humano.



Aplicação de troncos verticais, troncos horizontais e troncos verticais inclinados (troncos guias).

2ª Fase

Aplicação de estacas verticais, espaçadas de metro a metro, de forma a garantir um bom encaixe dos troncos suporte que se aplicam em seguida. As estacas verticais e os troncos de suporte irão servir de apoio para os troncos verticais inclinados, fazendo com que, desta maneira, a estrutura fique toda ligada entre si e desta forma garantida a segurança. Amarrando-se bem as estacas verticais com os troncos de

suporte no fundo do talude, encaixam-se os troncos verticais inclinados que serviram de guias para toda a grade.

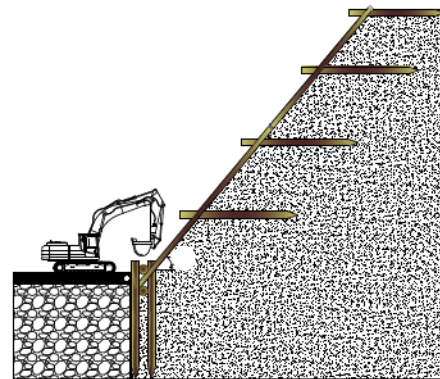
Materiais utilizados:

- Estacas de fixação ($\varnothing 15$ cm e $L = 2$ m).
- Troncos de suporte ($\varnothing 25$ cm e $L = 4,5$ m).
- Troncos verticais/guias ($\varnothing 20$ cm e $L = 6$ m).
- Arame de aço.
- Varões de ferro.

Nesta fase o recurso à utilização de máquinas pesadas foi uma opção tática para que a introdução dos troncos verticais no solo se torne menos difícil. Sem esta possibilidade teria que ser a força humana a garantir esse trabalho, fazendo com que, se demorasse mais tempo para a conclusão da obra, o que implicaria um acréscimo do desgaste humano e, por último, os troncos pudessem ficar bastante danificados, perdendo assim algumas valências.

3ª Fase

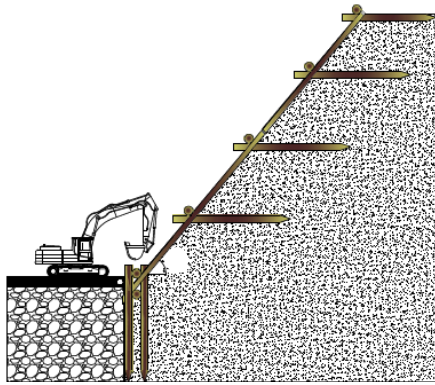
Introduzem-se no talude as estacas de fixação ao substrato, devidamente organizadas. A aplicação destas estacas deve ser feita intervalada com a fase 4, e sempre do fundo do talude para o topo.



Aplicação de troncos de fixação ao substrato.

Materiais utilizados:

- Estacas de fixação ao substrato ($\varnothing 10$ cm e $L = 2$ m).
- Varões de Ferro.



Aplicação dos troncos horizontais à superfície.

4ª Fase

Aplicam-se no talude troncos horizontais enterrados, devidamente encostados à parte superior das estacas de fixação ao substrato e encostados pela parte interior dos troncos verticais (guias). Criam-se furos nos troncos com a finalidade de ficarem bem amarrados uns aos outros.

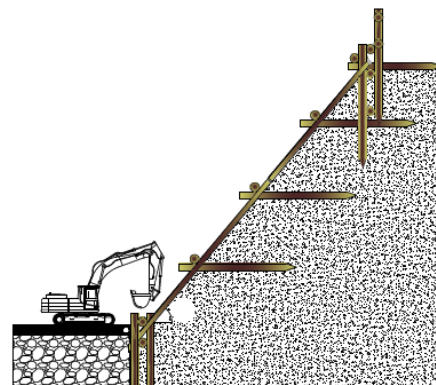
Materiais utilizados:

- Troncos horizontais enterrados ($\phi 15$ cm e $L = 1$ m).
- Varões de Ferro.

Nesta fase a mão humana é muito importante, de forma a garantir uma boa amarração de toda a grade.

5ª Fase

Aplicam-se no talude troncos horizontais, devidamente encostados à parte superior das estacas de fixação ao substrato e encostados pela parte exterior aos troncos verticais (guias). Criam-se furos nos troncos, com a finalidade de ficarem bem amarrados uns aos outros.



Aplicação de grades em madeira no topo da estrutura.

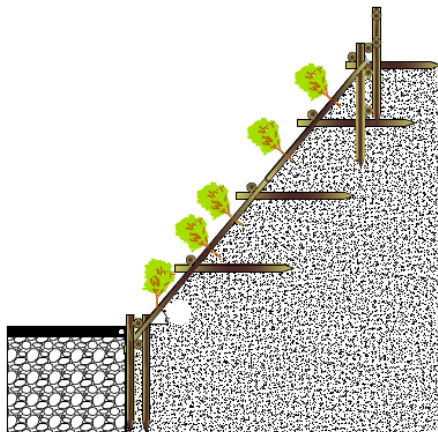
Materiais utilizados:

- Troncos horizontais da 1ª fiada da superfície ($\phi 15$ cm e $L = 4,5$ m).
- Troncos horizontais da 2ª fiada da superfície ($\phi 15$ cm e $L = 4,5$ m).
- Varões de Ferro.
- Estacas de segurança à passagem ($\phi 15$ cm e $L = 4,5$ m).
- Estacas de fixação à grade ($\phi 15$ cm e $L = 2$ m).

A aplicação de troncos de madeira no topo da estrutura prende-se por múltiplos fatores, dos quais se realça, como principal, a segurança à passagem de pessoas no topo do

talude. Proporcionar-se-á um aumento da estabilidade no topo da estrutura, uma vez que aumentam as ligações entre os troncos verticais inclinados com os troncos que irão servir de gradeamento pedonal.

Este trabalho deve ser feito por meio de força humana de forma a facilitar a aplicação e distribuição dos troncos verticais por toda a parte superior da estrutura garantindo, assim, uma boa amarração de todos os elementos.



Revegetação dos favos da grade viva.

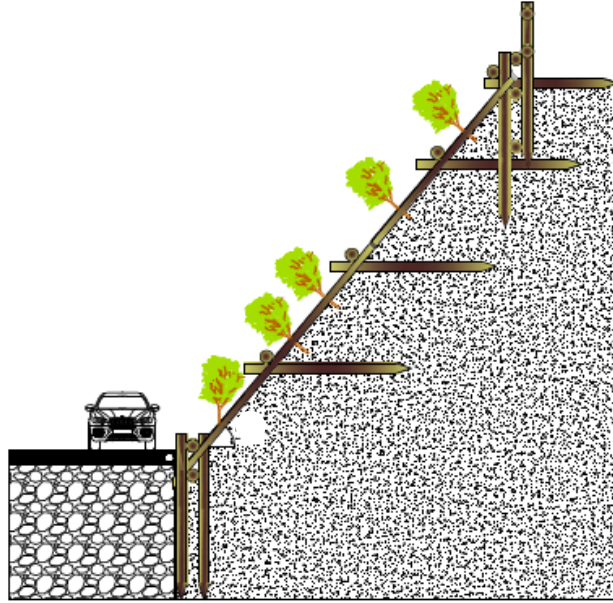
6ª Fase

Inicia-se o enchimento dos favos que não tenham terra suficiente, de forma a nivelar a estrutura e regularizar o talude. Em seguida, inicia-se o processo de revegetação do talude introduzindo as espécies, previamente definidas nos favos da estrutura, de forma a garantir que o sistema radicular das espécies interaja com os troncos utilizados para a formação de grade viva.

Materiais utilizados:

- Clepta arbórea.
- Erica scoparia.
- Axonopus Compressus.



A revegetação do talude deve feita com recurso a mão-de-obra especializada, devido ao facto de se garantir um elevado índice de sucesso na plantação das espécies escolhidas. A intenção da introdução de plantas nestas técnicas prende-se com o facto do sistema radicular das mesmas se interligar com a estrutura para que seja possível aumentar o nível de estabilidade do talude.



Resultado final da estabilização do talude.

Vista Aérea de Localização



Designação	Talude do Sítio do Poiso	Limites de Intervenção
Simbologia		



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
s/escala

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

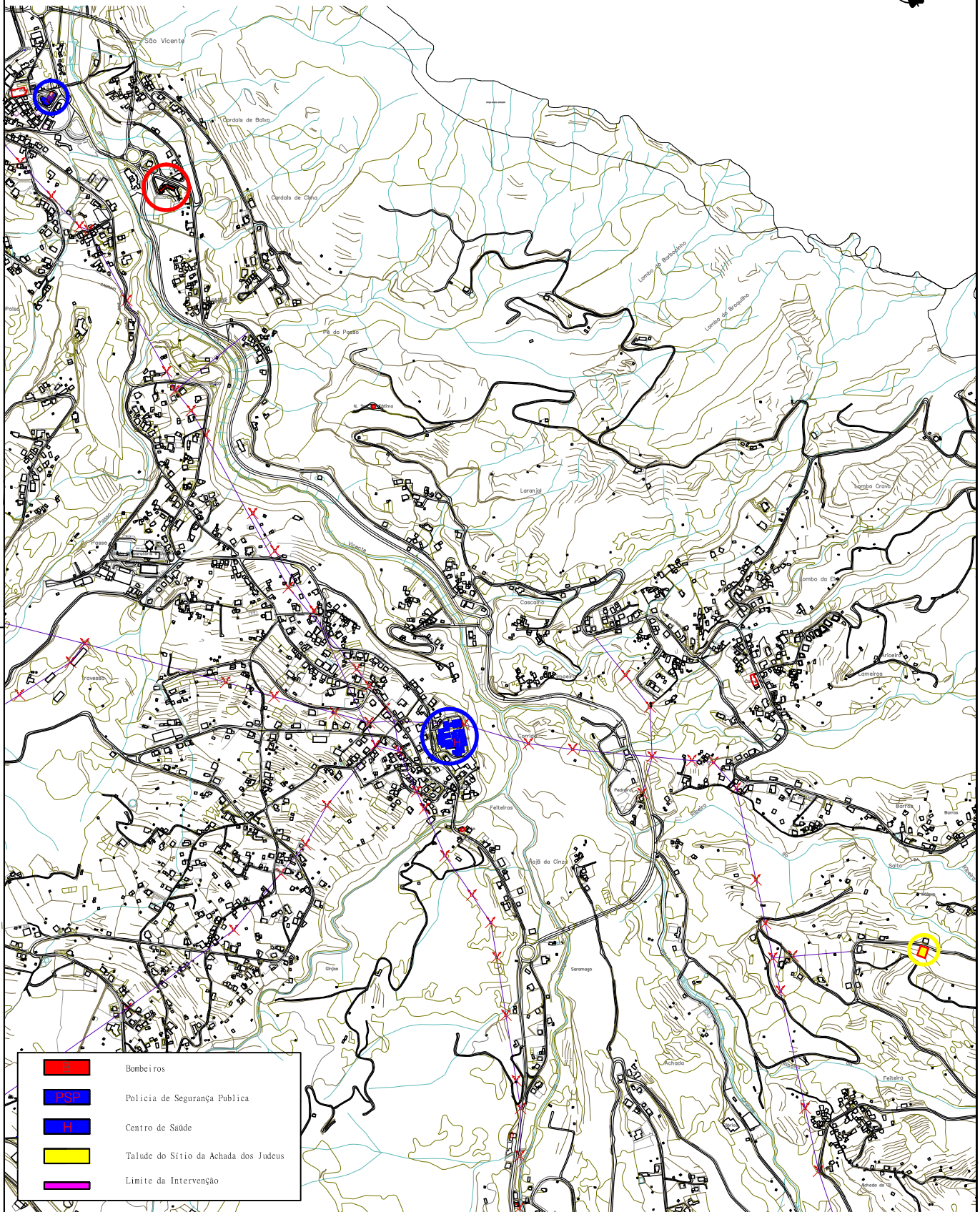
São Vicente

Data:

Mai de 2013

01

Planta de Localização



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
s/escala

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

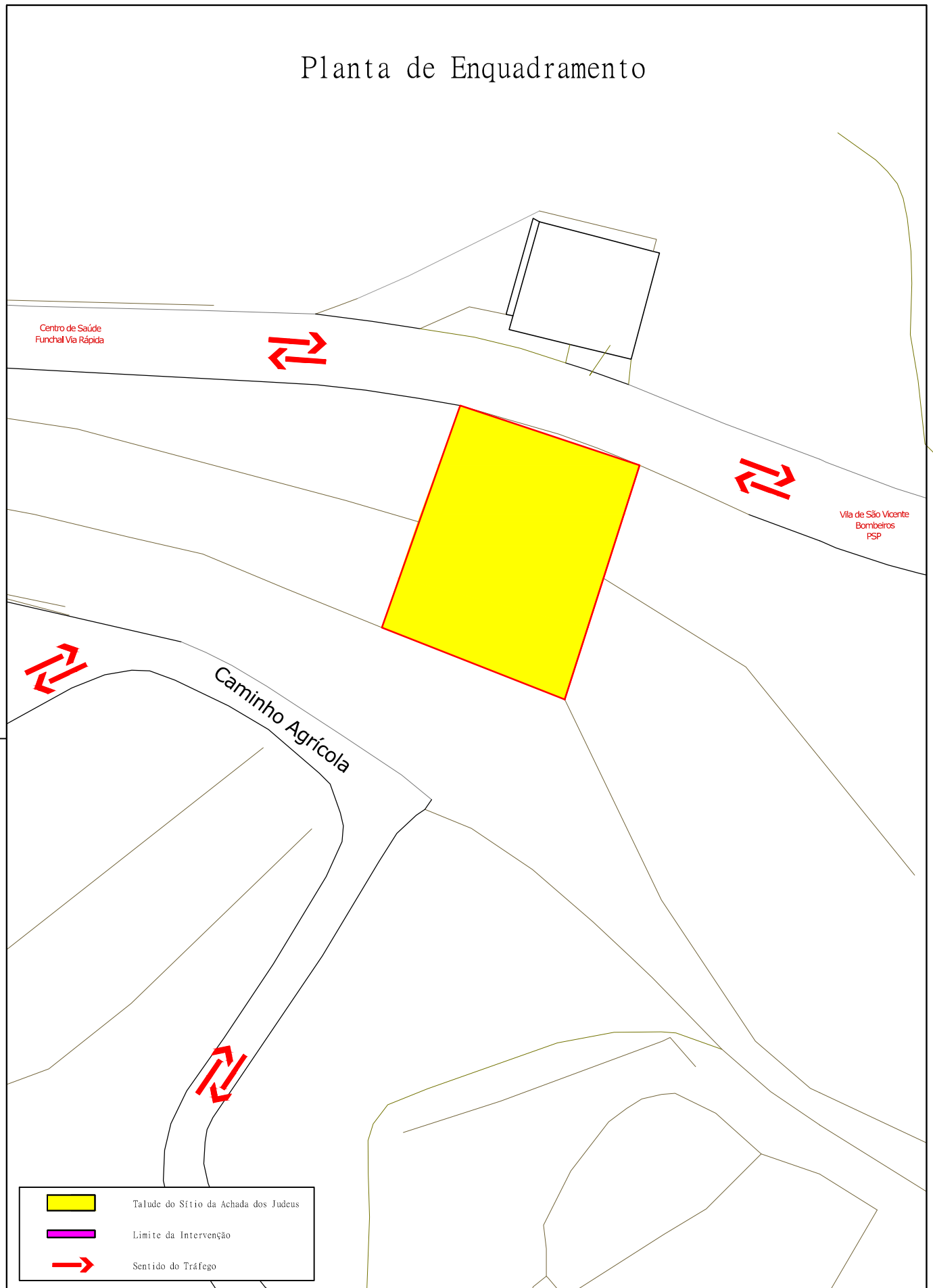
São Vicente




Data:

Maio de 2013

02

Planta de Enquadramento



-  Talude do Sítio da Achada dos Judeus
-  Limite da Intervenção
-  Sentido do Tráfego



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
s/escala

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS

Desenho Nº:

03

Projetista:

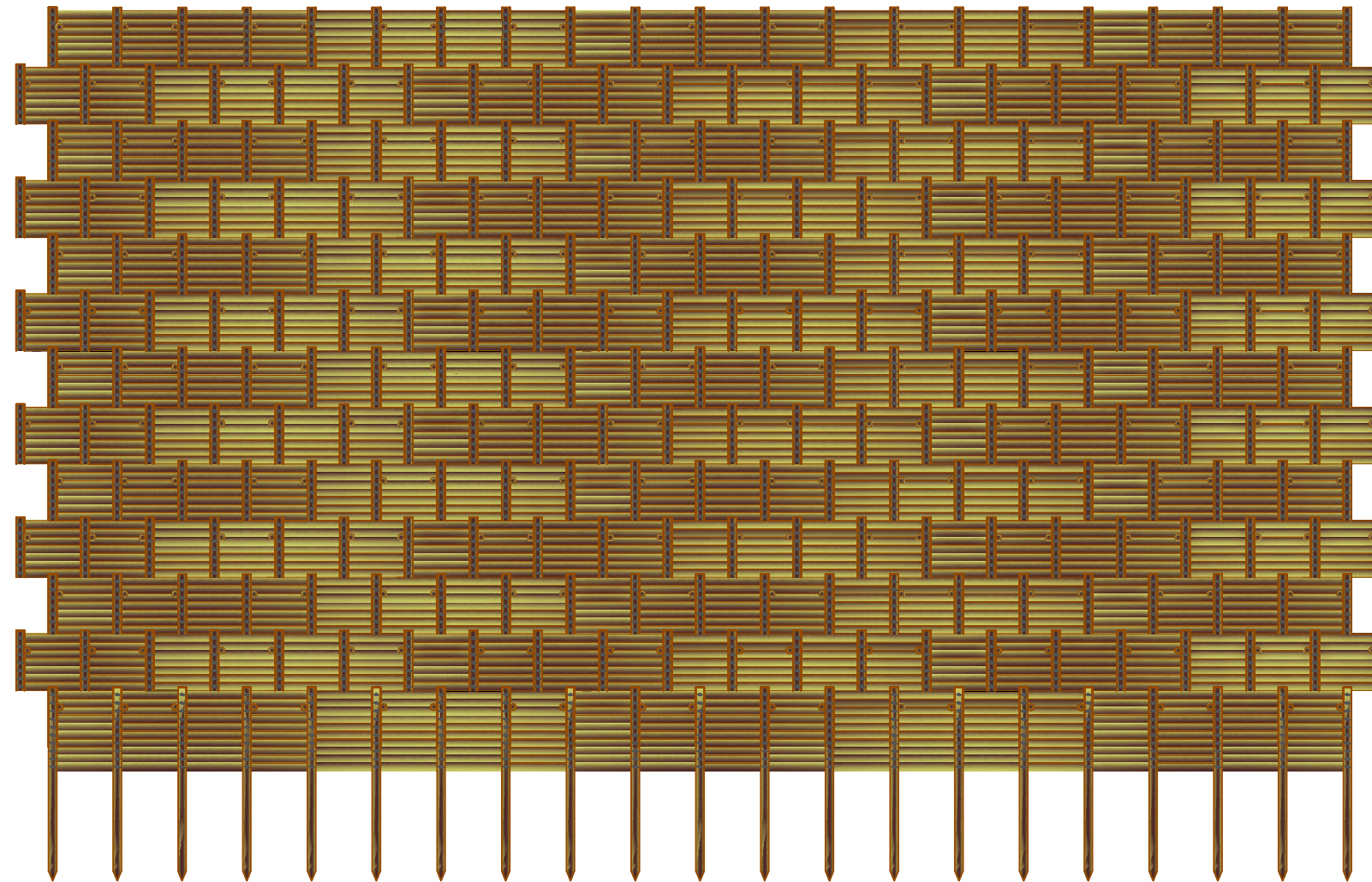
Ricardo Simão


São Vicente

Data:

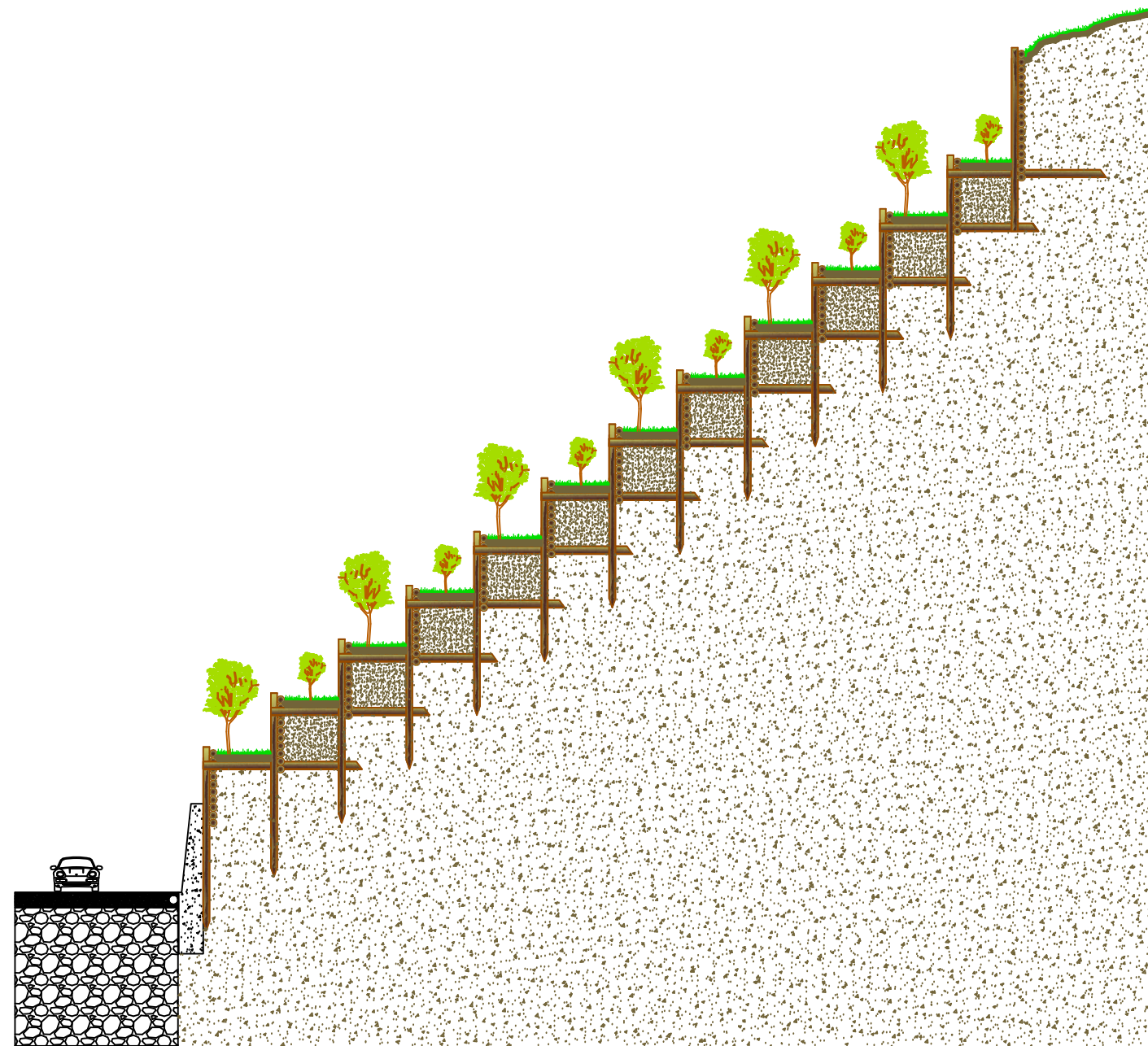
Mai de 2013


Alçado Frontal da Paliçada Viva



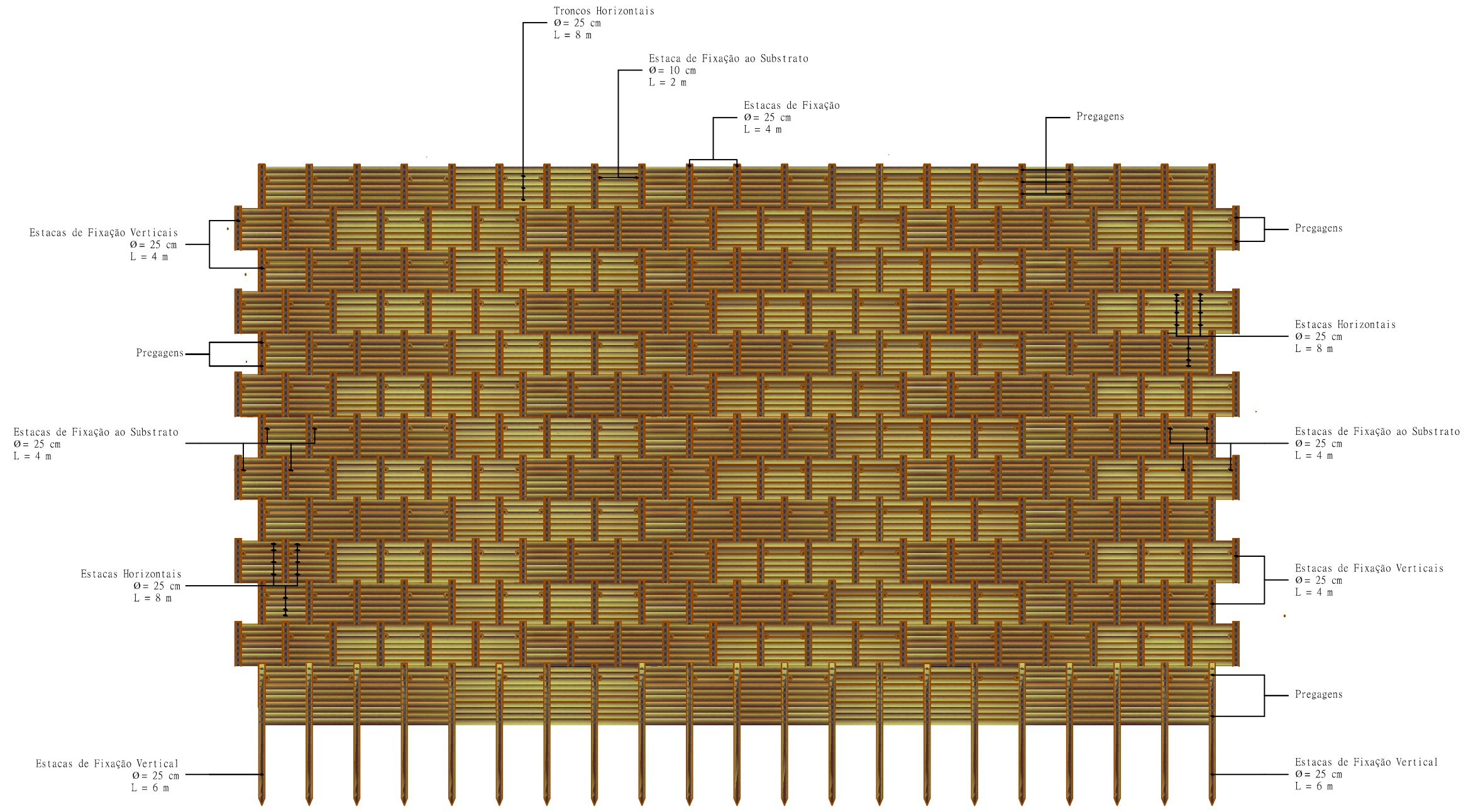
 UNIVERSIDADE da MADEIRA	UNIVERSIDADE DA MADEIRA	Escala: 1/200	
Designação:	TALUDE DO SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS		Desenho Nº:
Projetista: Ricardo Simão	São Vicente	Data: Maio de 2013	04


Perfil da Paliçada Viva



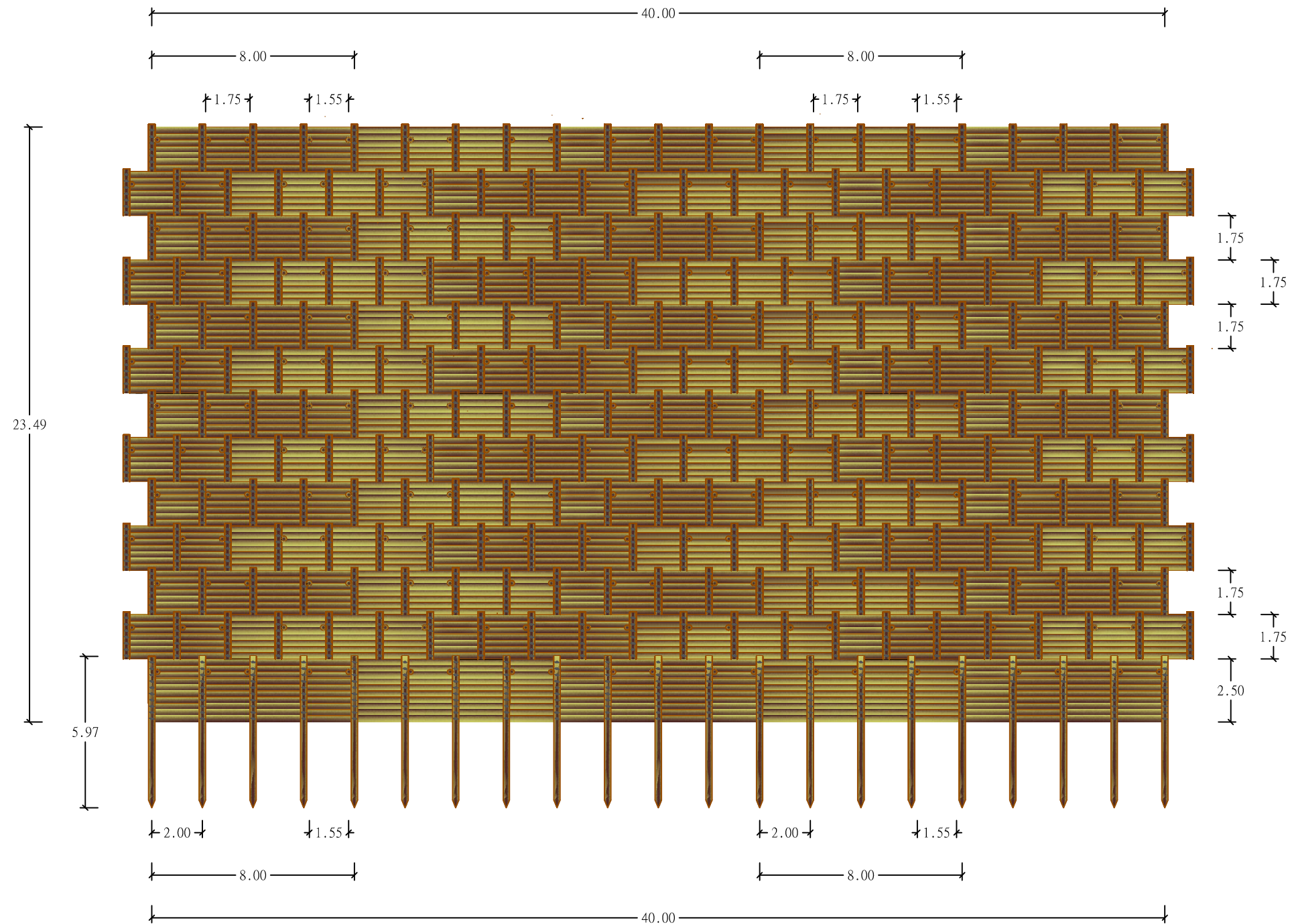
 UNIVERSIDADE da MADEIRA	UNIVERSIDADE DA MADEIRA	Escola: 1/200
Designação:	TALUDE DO SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS	Desenho Nº: 05
Projetista: Ricardo Simão	São Vicente	Data: Maio de 2013


Pormenorização



	UNIVERSIDADE DA MADEIRA		Escala: 1/200
	Designação: TALUDE DO SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS			Desenho Nº: 06
Projetista: Ricardo Simão	São Vicente		Data: Maio de 2013

Pormenorização

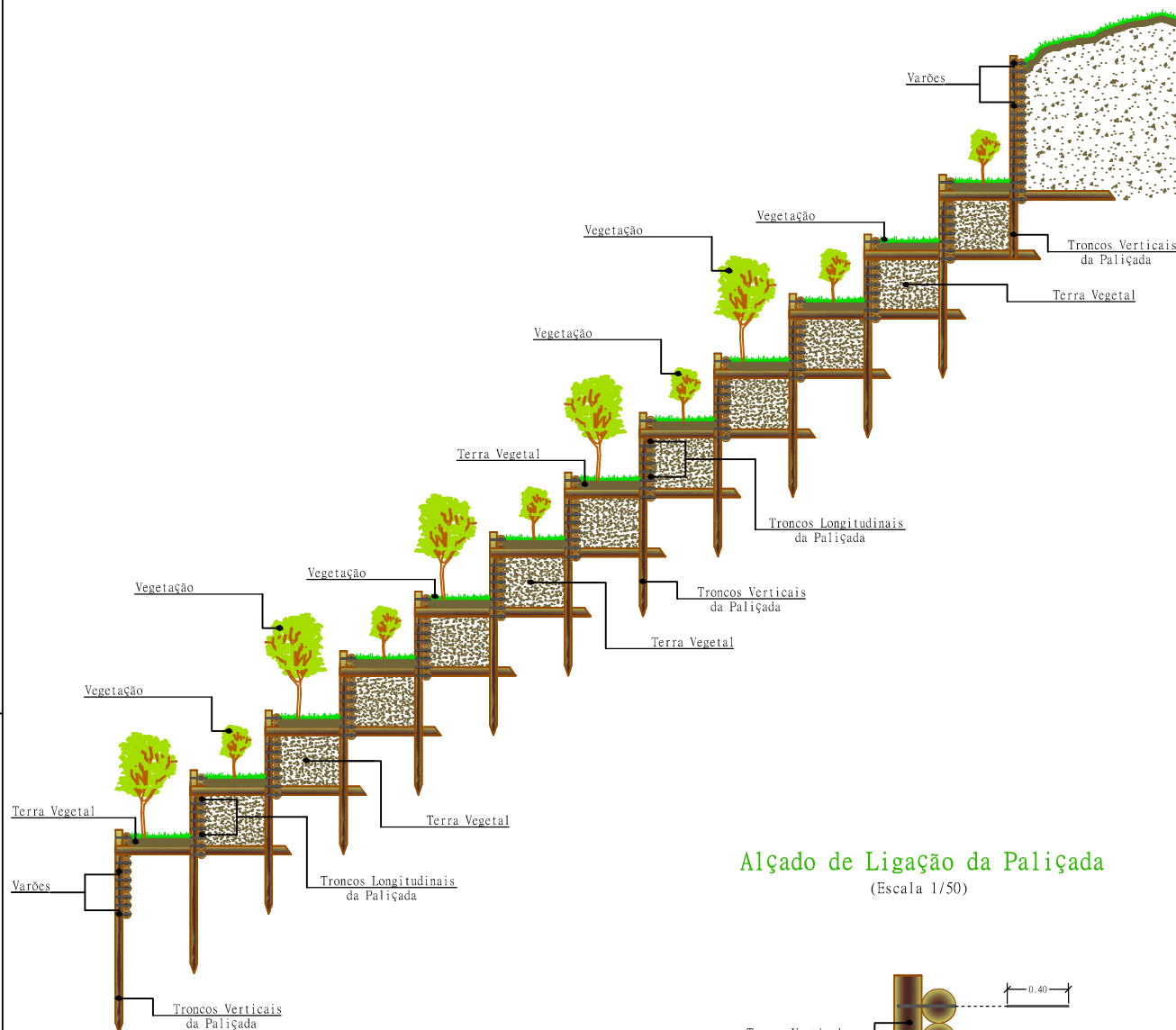


	<p>UNIVERSIDADE DA MADEIRA</p>	<p>Escala: 1/200</p>
<p>Designação: TALUDE DO SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS</p>		<p>Desenho Nº: 07</p>
<p>Projetista: Ricardo Simão</p>	<p>São Vicente</p>	<p>Data: Maio de 2013</p>

Pormenorização

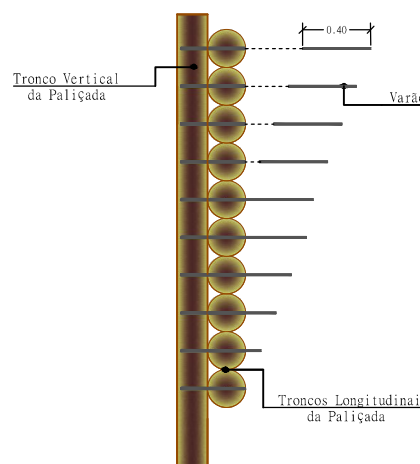
Pormenor Ligações Parede Dupla/Grade Viva Perfil Transversal Tipo

(Escala 1/200)



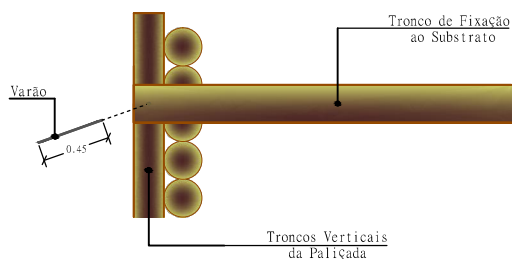
Alçado de Ligação da Paliçada

(Escala 1/50)



Corte de Ligação da Paliçada/Substrato

(Escala 1/50)



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
1/50
1/200

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DA ACHADA DOS JUDEUS

Desenho Nº:

08

Projetista:

Ricardo Simão

São Vicente

Data:

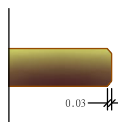
Maio de 2013

Pormenorização

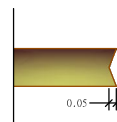
Tipo de Cortes

(Escala 1/50)

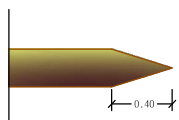
Tipo A



Tipo B



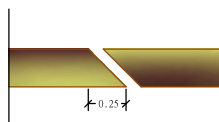
Tipo C



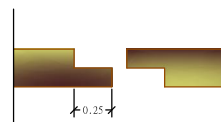
Tipo D



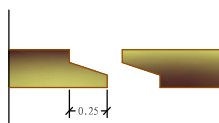
Tipo E



Tipo F



Tipo G



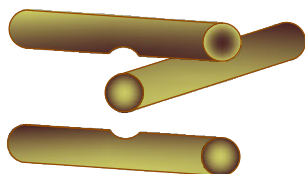
Tipo G.1



Tipo H



Tipo H.1



A - Alisamento das arestas dos troncos transversais do muro.

B - Corte em V dos troncos transversais da grade (para melhor encaixe nos troncos longitudinais do muro).

C - Corte da ponta das estacas.

D - Corte Recto.

E - Corte Oblíquo.

F - Corte em escada.

G - Corte em escada com inclinação.

G.1 - Divisão para o corte em escada com inclinação.

H - Alisamento das zonas de intersecção dos troncos (para melhor encaixe nos troncos longitudinais e transversais do muro).

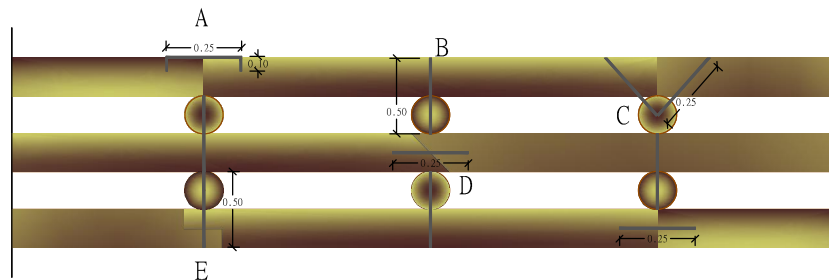
H.1 - Vista em perspectiva do Corte H.

Pormenorização

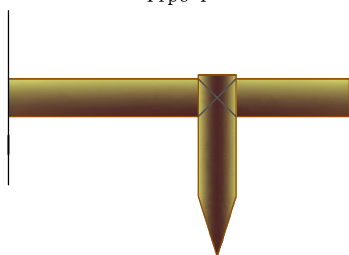
Tipo de Ligações

(Escala 1/50)

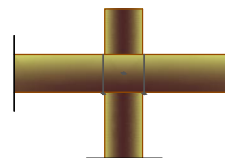
Tipo



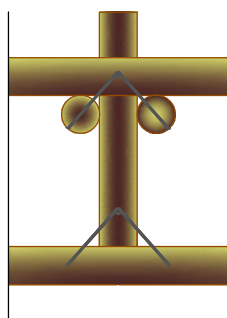
Tipo F



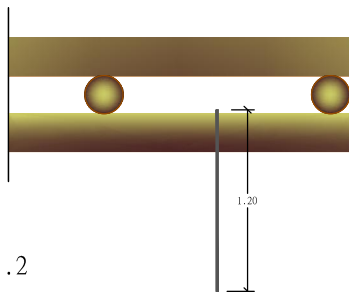
Tipo G



Tipo H



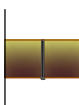
Tipo I



I.2



I.2



A - Grampo na Junção Longitudinal de corte recto.

B - Varão Vertical na Junção Longitudinal com a transversal.

C - Varões Oblíquos (Inclinação $45/50^\circ$) na junção longitudinal com a transversal.

D - Grampo na junção longitudinal de corte oblíquo.

E - Varão Vertical na Junção Longitudinal com a transversal de corte em degrau.

F - Ligação das estacas de ancoragem de Madeira com os troncos longitudinais do muro, com o auxílio de fio de ferro galvanizado.

G - Estacas de ancoragem do em Ferro com fio de ferro galvanizado. Ligação tronco longitudinal com transversal da grade com varão.

H - Ligação das estacas de ancoragem com varões. Ligação tronco longitudinal com transversal da grade com varão. Ligação tronco longitudinal do muro com transversal da grade com grampos. Ligação tronco longitudinal e transversal do muro com varões.

I - Alternativa mais usual: Ligação das estacas de ancoragem de ferro com os troncos longitudinais do muro, com o auxílio de fio de ferro galvanizado.

I.1 - Perfil Transversal da Ligação G.

I.2 - Perfil Longitudinal da Ligação G.

Erica Scoparia

Requerente:

Obra: UMA - Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente

Ficha Técnica

Designação: Arbusto direito, muito ramificado, com ramos erguidos de cor branco e cinzento, podendo alcançar até 2m de altura.

Nome científico: *Erica Scoparica L.*

Nomes vulgares: Moita-alvarinha;
Urze-das-vassouras;
Urze-durázia;
Vassoura.

Família: *Ericaceae*



*Erica Scoparia*¹

Folhas: Resistentes, pequenas, lineares, muito estreitas, brilhantes e em forma de agulhas, com 4-6mm.

Flores: Brancas com interior vermelho/acastanhado. Têm forma de sino e estão dispostas em cachos nos galhos.

Frutos:

Floração: Abril a Junho



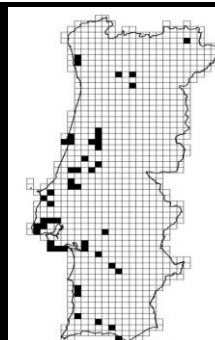
Pormenor das Flores²

Área de distribuição nativa: Macaronésia (Açores, Madeira e Canárias).

Distribuição em Portugal: Portugal;
Arquipélago da Madeira;
Arquipélago dos Açores.

Utilidade: Fabrico de vassouras, troncos para carvão e os ramos para combustível.

Ambientes preferenciais: Matos, pinhais, urzais e outeiros.



Origem e Distribuição²

IMPACTE NOS ECOSISTEMAS

MANUTENÇÃO

A manutenção passa por uma gestão bem planeada, que inclua a determinação da área plantada, avaliação dos impactes, definição das prioridades de intervenção, seleção das metodologias de controlo adequadas e sua aplicação.

Posteriormente, será fundamental a monitorização da eficácia das metodologias e da recuperação da área intervencionada, de forma a realizar, sempre que necessário, o controlo de seguimento.

Fonte: adaptado de http://jb.utad.pt/especie/myrica_faya

¹Fonte: http://www.horta.uac.pt/species/plantae/Erica_scoparia_azorica/Erica_scoparia_azorica.htm

²Fonte: <http://www.flora-on.pt/#/Ierica+scoparia>

PTERIDIUM AQUILINUM

Requerente:

Obra: UMA - Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente

Ficha Técnica

Designação: Planta rizomatosa, bipinada, com folhas de aspecto coriáceo. Os folíolos são lobados e sua parte ventral mostra coleções de esporos marrons arranjados linearmente. Os caules subterrâneos (rizomas) apresentam pêlos avermelhados. A largura da planta é de 60-120 cm e o altura de 60-180 cm.

Nome científico: *Pteridium aquilinum*(L.) Kuhn

Nomes vulgares: Feto-comum;
Feteira;
Feiteira;
Feto-dos-montes;
Feto-ordinário.

Família: *Dennstaedtiaceae*



*Pteridium Aquilinum*¹

Folhas: Folhagem verde claro.

Flores: Os fetos não dão flores.

Frutos: Os fetos não dão frutos.

Floração: Março a Setembro



Pormenor das Flores²

Área de distribuição nativa: Portugal (arquipélago da Madeira).

Distribuição em Portugal: Por todo o país.

Utilização: Antiemético, Anti-séptico, Antisséptico, Bactericida, Diurético, Emplastro, Reumatismo, Vômito.

Ambientes preferenciais: Matos;
Matagais;
Terrenos cultivados;
Terrenos incultos;
Ruderal.



Origem³

IMPACTE NOS ECOSISTEMAS

É uma planta inteiramente tóxica. A planta, mesmo quando dessecada, também conserva a toxidez por muito tempo. Por este motivo é utilizada para a produção de medicamentos e complexos químicos com utilização variada.

Esta planta é muito perigosa para a saúde e vida dos animais, nomeadamente os bovinos. Em princípio são-lhe indiferentes pois só em situações de grande fome a ingerem.

MANUTENÇÃO

A manutenção passa por uma gestão bem planeada, que inclua a determinação da área plantada, avaliação dos impactes, definição das prioridades de intervenção, seleção das metodologias de controlo adequadas e sua aplicação.

Posteriormente, será fundamental a monitorização da eficácia das metodologias e da recuperação da área intervencionada, de forma a realizar, sempre que necessário, o controlo de seguimento.

Fonte: adaptado de <http://www3.uma.pt/biopolis/planta.php?id=151>

¹ Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:DidzialapisSakys.JPG>

² Fonte: <http://www.swcoloradowildflowers.com/fern%20enlarged%20photo%20pages/pteridium%20aquilinum.htm>

³ Fonte: <http://www.traveltag.pt/pag.asp?c=9&sc=16>

AXONOPUS COMPRESSUS

Requerente:

Obra: UMA - Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente

Ficha Técnica

Designação: É uma espécie vegetal, muito resistente e com propriedades que a tornam indicada para jardins ou zonas públicas em que não é possível realizar um trabalho de manutenção muito cuidado

Nome científico: *Axonopus Compressus*

Nomes vulgares: Graminha;
Grama-são-carlos;
Escalracho;
Grama-sempre-verde-curitibiana;
Graminia.

Família: *Poaceae*



*Axonopus Compressus*¹

Folhas: Desenvolve-se através de guias das próprias folhas que nos nós criam raízes que rapidamente crescem e que fixam a planta ao solo. Folhas largas, lisas sem serrilha.

Flores: Não dão flores.

Frutos: Não dão frutos.

Floração: Nos meses mais frios entra como que em hibernação, crescendo pouco mas mantendo habitualmente a cor verde. Nos meses mais quentes em que haja falta de rega tem tendência a secar e a desenvolver-se menos, mas quando é regado de novo recupera rapidamente.



Pormenor das Folhas¹

Área de distribuição nativa: Sul do Brasil

Distribuição em Portugal: Por todo o país.

Utilização: Controla todo o tipo de ervas infestantes.
Baixa manutenção e fácil de cuidar.

Ambientes preferenciais: Jardins públicos;
Áreas industriais;
Residências.



Origem³

IMPACTE NOS ECOSISTEMAS

Tem um crescimento acentuado nos meses mais quentes e que pode ser potencializado com a rega, alastrando rapidamente e com uma boa capacidade de enchimento das zonas a cobrir. Crescimento em altura pouco intenso, resistente a pragas e ervas daninhas.

MANUTENÇÃO

O seu grande crescimento em certas alturas do ano exige um corte regular para se manter agradável e controlado. A sua plantação é feita com o enterrar de pequenas estacas deste tipo de relva no solo, normalmente a uma distância sempre regular para facilitar o crescimento e uniformizar o aspecto do tapete. É fundamental regar bastante nos primeiros dias após a plantação para garantir a pega.

Fonte: adaptado de <http://www.custojusto.pt/Viana+do+Castelo/Jardim-Bricolage/Grama+brasileira+gramigreen-10165873.htm>

¹ Fonte: <http://www.custojusto.pt/Viana+do+Castelo/Jardim-Bricolage/Grama+brasileira+gramigreen-10165873.htm>

² Fonte: <http://www.mapasparacolorir.com.br/mapa/brasil/brasil-regioes-nomes.png>

PALIÇADA VIVA

Requerente:

Amostra: UMA - Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente

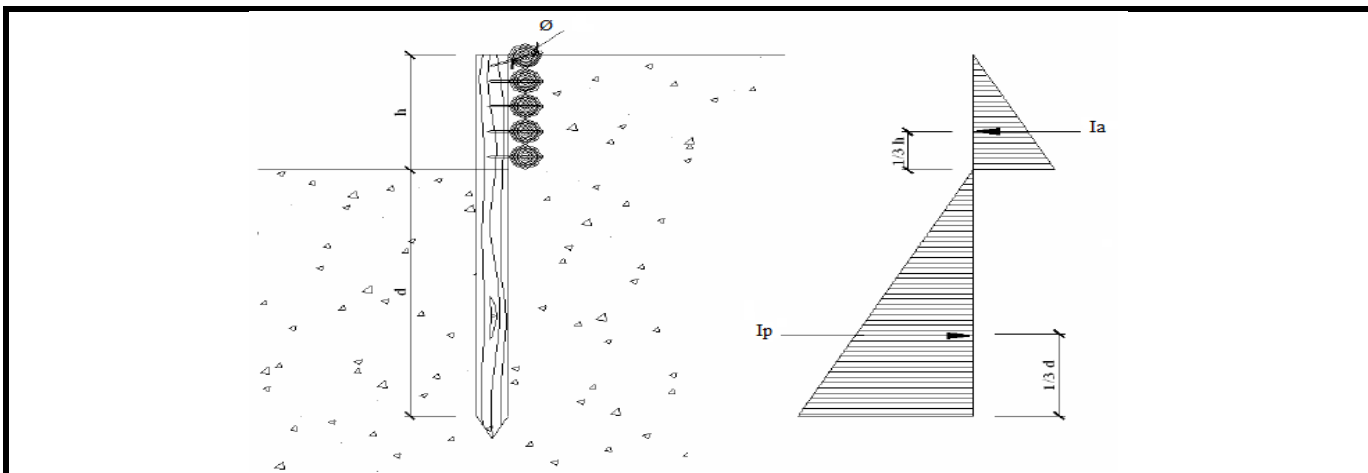
Dimensionamento

Parâmetros da estrutura	γ	h	d	ϕ	\emptyset	L
	(N/m ³)	(m)	(m)	(°)	(m)	(m)
	19,00	1,25	2,75	30,00	0,25	2,00

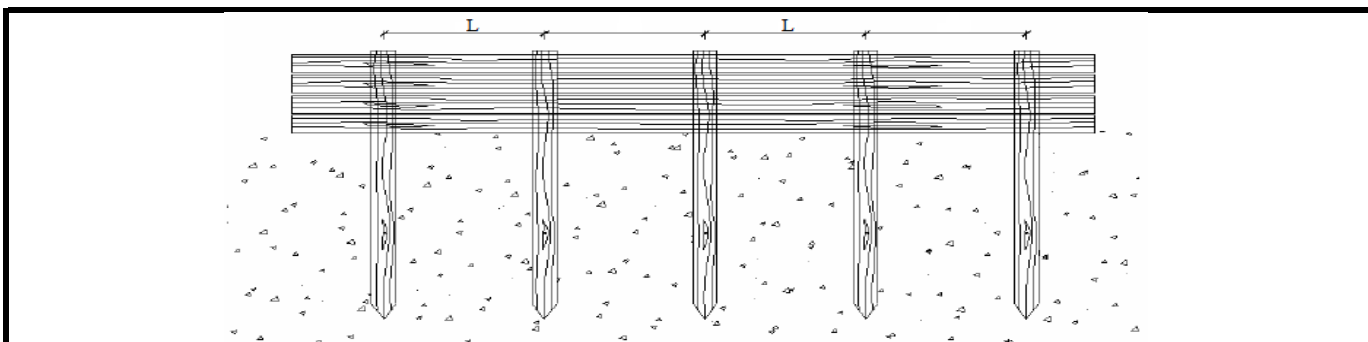
K_a	K_p	I_a	I_p	M_a	M_p	M_p/M_a
(-)	(-)	(kN/m)	(kN/m)	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)
0,33	3,00	9,90	53,88	31,34	49,39	1,58

Verificação de Segurança	1,58	>	1,50	OK
--------------------------	------	---	------	-----------

Distância entre postes verticais	(m)	2
----------------------------------	-----	----------



- γ Peso específico aparente do Solo
- ϕ Ângulo de Atrito
- h Altura do tronco acima do Solo
- d Altura do tronco abaixo do Solo
- \emptyset Diâmetro do poste vertical



L Distância entre os postes verticais

Data: 30 de Julho de 2013
 Técnico: Ricardo Simão
 Assinatura: _____

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

Requerente:

Amostra: UMA_21.A - Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente

LIMITE DE LIQUIDEZ

Cápsula N°	1	2	3	4	5				
Capsula + Solo Humido (g)	51,62	25,81	32,50	32,44	36,43				
Capsula + Solo Seco (g)	50,10	25,10	31,58	31,52	35,45				
Peso da Água (g)	1,52	0,71	0,92	0,92	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00
Peso do Solo Seco (g)	3,29	1,57	2,04	2,00	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00
Peso da Cápsula (g)	46,81	23,53	29,54	29,52	33,32	0,00	0,00	0,00	0,00
Humidade %	46,2	45,2	45,1	46,0	46,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Número de Golpes	35	42	23	29	21				

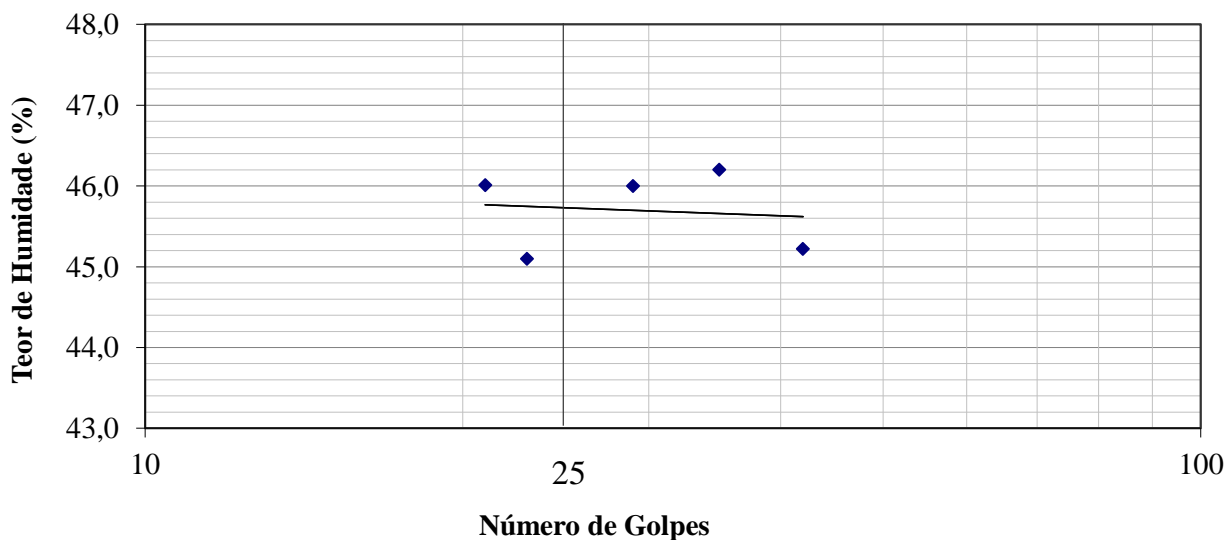
LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula N°	A	B	C	D	E
Capsula + Solo Humido (g)	32,05	52,74	22,86	50,16	34,53
Capsula + Solo Seco (g)	31,03	51,53	22,21	49,36	33,70
Peso da Água (g)	1,02	1,21	0,65	0,80	0,83
Peso do Solo Seco (g)	2,51	2,85	1,54	1,84	1,94
Peso da Cápsula (g)	28,52	48,68	20,67	47,52	31,76
Humidade %	40,6	42,5	42,2	43,5	42,8

RESULTADOS

LIMITE DE LIQUIDEZ	45,7
LIMITE DE PLASTICIDADE	42,3
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	3,4

LIMITE DE LIQUIDEZ



◆ Limite de Liquidez

Data:

30 de Julho de 2013

Técnico:

Ricardo Simão

Assinatura:

O DIRECTOR DO LREC

ENGº PAULO FRANÇA

Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B109/13

LEEC - LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE ENGENHARIA CIVIL
UNIDADE LABORATORIAL DE GEOTECNIA

Pág. 1/1

Requerente: LREC - DG

Endereço: RUA AGOSTINHO PEREIRA DE OLIVEIRA, S. MARTINHO, 9000-264 FUNCHAL

Obra: UMA - TESE DE Mestrado Data do pedido: 22/10/2013

SOLOS. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DAS PARTÍCULAS

Norma Portuguesa NP 83: 1965

Referências da amostra		Designação da amostra	Datas do ensaio	
Interna	Externa		Início	Conclusão
128/13-3	21 AJ b	SOLO	24/10/2013	29/10/2013

Modo de realização do ensaio: Sem secagem prévia do provete

Fracção granulométrica do ensaio: Passada no peneiro de 4,75 mm

Número do Provete		1	1
m ₃	Massa do picnómetro+água destilada (g)	147,747	147,955
m ₄	Massa do provete seco (g)	26,502	26,665
m ₅	Massa do picnómetro + água destilada + provete (g)	165,195	165,536
t _x	Temperatura do ensaio (°C)	21,5	21,5
K	Razão entre as densidades da água à temperatura do ensaio e a 20 °C	1,000	1,000
$d = K \frac{m_4}{m_3 - (m_5 - m_4)}$	Densidade das partículas	2,93	2,94
Média das densidades das partículas		2,94	

Observações:

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

FUNCHAL, 29 DE OUTUBRO DE 2013

ENGª DÉLIA SOUSA

O DIRECTOR DO LREC

ENGº PAULO FRANÇA

Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B112/13

LEEC - LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE ENGENHARIA CIVIL
UNIDADE LABORATORIAL DE GEOTECNIA

Pág. 1/3

Requerente: LREC - DG

Endereço: RUA AGOSTINHO PEREIRA DE OLIVEIRA, S. MARTINHO, 9000-264 FUNCHAL

Obra: UMA - TESE DE MESTRADO

Data do pedido: 22/10/2013

SOLOS. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
Especificação LNEC E 196: 1966

Referências da amostra		Designação da amostra	Datas do ensaio	
Interna	Externa		Início	Conclusão
128/13-3	21 AJ b	SOLO	23/10/2013	30/10/2013

Massa total do provete $m_t = \frac{4191,4}{g}$
 Massa total da fracção retida no peneiro de 2,00 mm (nº 10) $m_{10} = \frac{501,0}{g}$
 % do material retido no peneiro de 2,00 mm (nº 10) $N'_{10} = (m_{10}/m_t) \times 100 = \frac{12,0}{\%}$

FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2,00 mm (nº 10)	Peneiros	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada Retida	% Acumulada que Passa (Total)
	Aberturas (mm)	m_x	$N_x = (m_x/m_t) \times 100$	N'_x	$N''_x = 100 - N'_x$
	75,0				
	50,0				
	37,5				
	25,0				
	19,0	0,0	0,0	0,0	100
	9,50	60,0	1,4	1,4	99
	4,75	152,9	3,6	5,0	95
	2,00	288,1	6,9	11,9	88
	< 2,00	3690,4			
	Total	4191,4			

Massa de solo após pré-tratamento $m_b = \frac{62,03}{g}$						
FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2,00 mm (nº 10)	Peneiros	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulada	% Acumulada que Passa	% Acumulada que Passa (Total)
	Aberturas (mm)	m_x	$N_x = m_x/m_b \times 100$	n'_x	$n''_x = 100 - n'_x$	$N''_x = n''_x(100 - N'_{10})/100$
	0,850	7,28	11,7	11,7	88,3	78
	0,425	5,81	9,4	21,1	78,9	69
	0,250	3,64	5,9	27,0	73,0	64
	0,106	6,54	10,5	37,5	62,5	55
	0,075	3,23	5,2	42,7	57,3	50
	< 0,075	35,53				
	Total	62,03				

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

ENGº DELIA SOUSA

Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B112/13

Pág. 2/3

SEDIMENTAÇÃO	Diâmetro das partículas (mm)	% de partículas de diâmetro inferior a D (%)	% de partículas de diâmetro inferior a D referida à massa total da amostra (%)
	D	n_D	$N_D = n_D \times (100 - N'_{10})/100$
	0,0415	44,9	40
	0,0297	42,5	37
	0,0192	37,6	33
	0,0115	30,0	26
	0,0083	24,9	22
	0,0059	22,2	20
	0,0030	14,9	13
	0,0013	10,0	9
	0,0009	7,6	7

Observações:

Area for observations, currently blank.

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

ENG.ª DÉLIA SOUSA

CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA DE SOLOS

Requerente:

Amostra: UMA_21.A - Sítio da Achada dos Judeus, São Vicente

Resultados

Siltes e Argilas $W_L < 50\%$	Siltes e Argilas $W_L \geq 50\%$	Resultado	Tipo de Solo
FALSO	FALSO	ML	Silte Arenoso
FALSO	FALSO		
ML	FALSO		

Características Geotécnicas

Face aos resultados obtidos na peneiração e quando confrontados com o resultado do limite de liquidez e com o índice de plasticidade, obtivemos um **Silte Arenoso**.

Assim, conclui-se que: Semi-Permeável a impermeável quando compactado;

Razoável em relação à resistência ao corte, quando compactado e saturado;

Médio no que concerne à compressibilidade, quando compactado e saturado;

Razoável, em termos de trabalhabilidade como material de construção.

Peneiração

Massa total do Provete	Massa total retida no peneiro n° 10	% Retida no peneiro n° 10	Massa se solo após pré-tratamento
m_t	m_{10}	N'_{10}	m_b
4191,4	501,0	12,0	62,03
(g)	(g)	(%)	(g)

Limites de Consistência

Limite de Liquidez	Limite de Plasticidade	Índice de Plasticidade	Índice de Plasticidade da Recta
LL	LP	IP	$IP_{(Recta)}$
45,7	42,3	3,4	18,8
(g)	(g)	(%)	(g)

Data:

20 de Outubro de 2013

Técnico:

Ricardo Simão

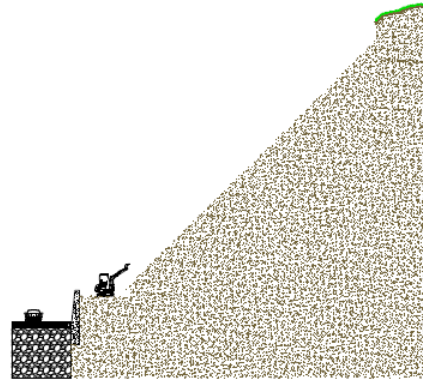
Assinatura:

Processo Construtivo da “Paliçada Viva”

O processo construtivo da paliçada viva inicia-se por fases, de forma a tornar o processo simples e eficaz.

1ª Fase

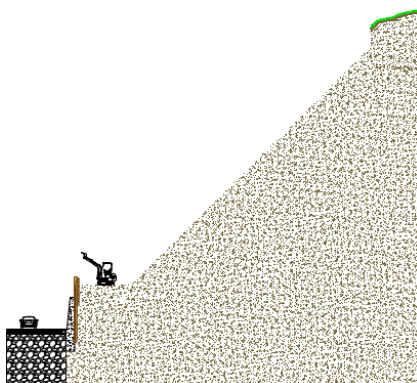
Remoção do coberto vegetal de forma a atingir a uniformização de todo o talude. A terra movimentada nesta fase deve ser mantida em local próximo, de forma a garantir que não haja necessidade de importar terra de outro local para colmatar a falta que poderá existir.



Remoção do coberto vegetal e uniformização do talude.

O recurso a maquinaria para o transporte do material vegetal e uniformização da primeira fiada de paliçada, deve-se ao fato de se querer imprimir uma maior rapidez aos trabalhos.

De salientar que existem regiões do mundo onde o uso deste tipo de máquinas é proibido em obras de engenharia natural, fazendo com que toda esta fase seja garantida por esforço humano.



Aplicação de troncos verticais de suporte e dos troncos horizontais.

2ª Fase

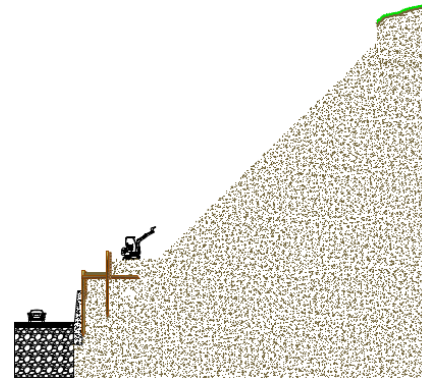
Aplicam-se os primeiros troncos verticais, espaçados de dois em dois metros, junto ao muro de betão existente no local.

Materiais utilizados:

- Troncos verticais ($\varnothing 25$ cm e $L = 4$ m).
- Varões de Ferro.

3ª Fase

De seguida colocam-se os troncos horizontais, fixando-os com varões de ferro aos troncos verticais introduzidos anteriormente, de forma a ficarem bem amarrados. Consoante se aplicam os troncos horizontais, vão-se aplicando os troncos de fixação ao substrato.

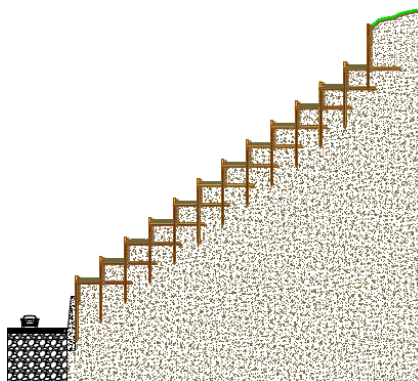


Aplicação de troncos de fixação ao substrato.

Materiais utilizados:

- Troncos horizontais ($\varnothing 25$ cm e $L = 4$ m).
- Troncos de fixação ao substrato ($\varnothing 25$ cm e $L = 4$ m).
- Varões de Ferro.

Conforme justificado na fase anterior, o uso de máquinas pesadas é uma mais-valia para este processo construtivo.



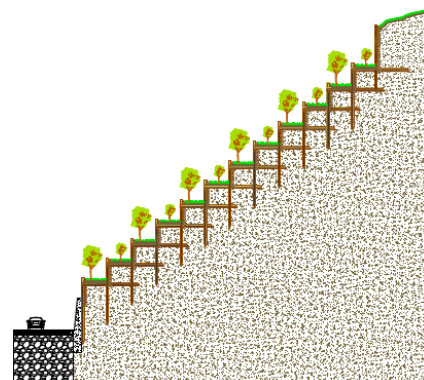
Aplicação de toda a estrutura.

4ª Fase

Repete-se todo o processo da primeira fase, até atingir o topo do talude.

5ª Fase

Inicia-se o enchimento dos espaçamentos que não tenham terra suficiente, de forma a nivelar a estrutura e regularizar a superfície plana. Em seguida, começa-se o processo de revegetação do talude introduzindo as espécies, previamente definidas, de forma a garantir que o sistema



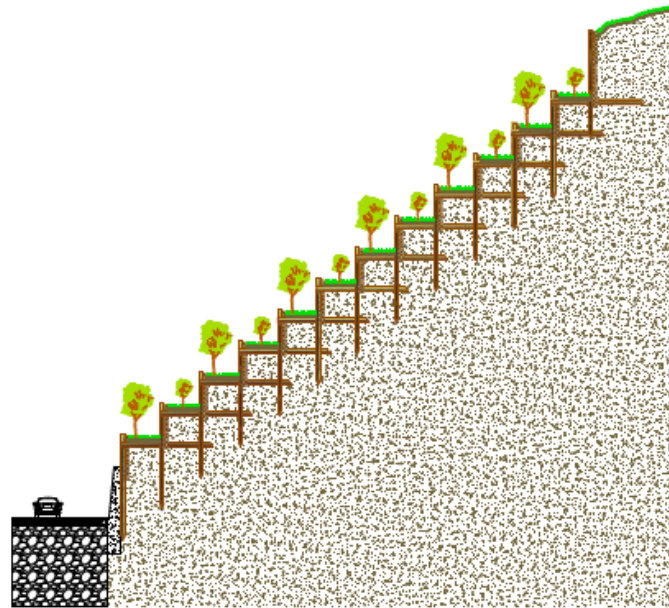
Revegetação da superfície plana da paliçada viva.

radicular das espécies interaja com os troncos utilizados para a formação da paliçada viva.

Materiais utilizados:

- Erica Scoparia.
- Pteridium Aquilinum.
- Axonopus Compressus.



A revegetação da superfície da paliçada deve feita com recurso a mão-de-obra especializada, pois deve-se garantir um elevado índice de sucesso na plantação das espécies escolhidas. A intenção da introdução de plantas nestas técnicas prende-se com o facto do sistema radicular das mesmas se interligar com a estrutura para que seja possível aumentar o nível de estabilidade do talude.



Resultado final.

Vista Aérea de Localização



Designação	Talude do Sítio do Poiso	Limites de Intervenção
Simbologia		



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
s/escala

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

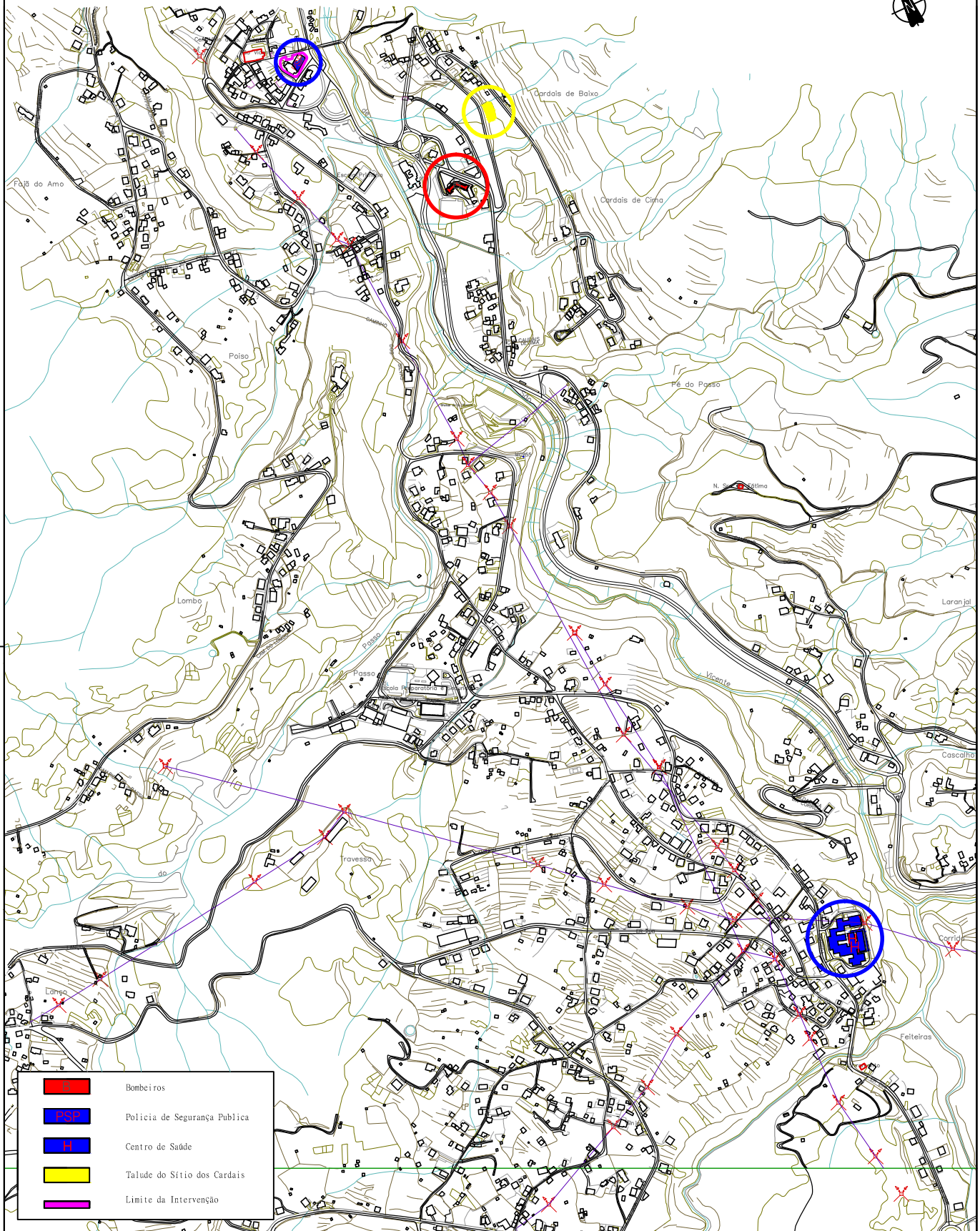
São Vicente

Data:

Junho de 2013

01

Planta de Localização



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
s/escala

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

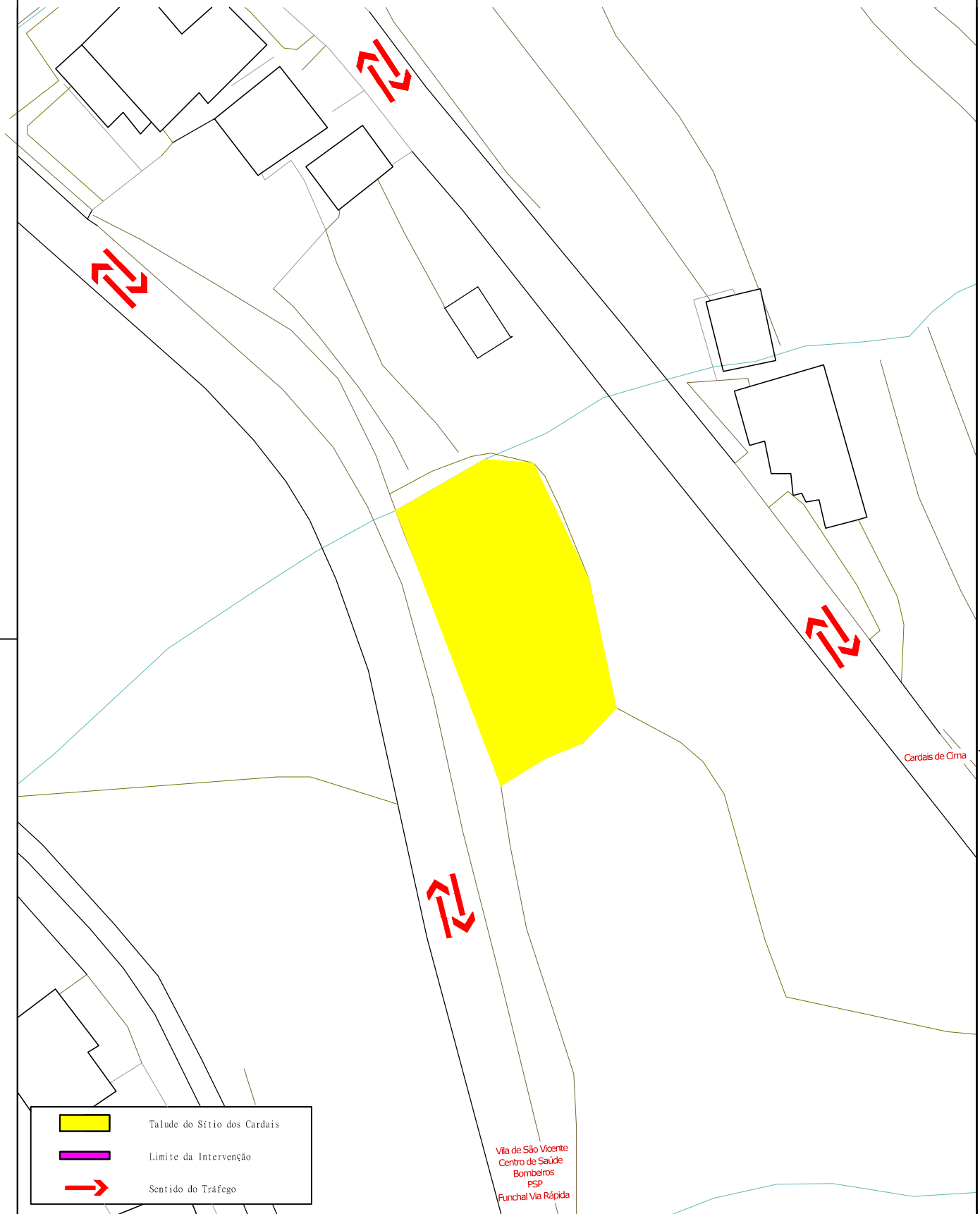
São Vicente

Data:

Junho de 2013

02

Planta de Enquadramento



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
s/escala

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

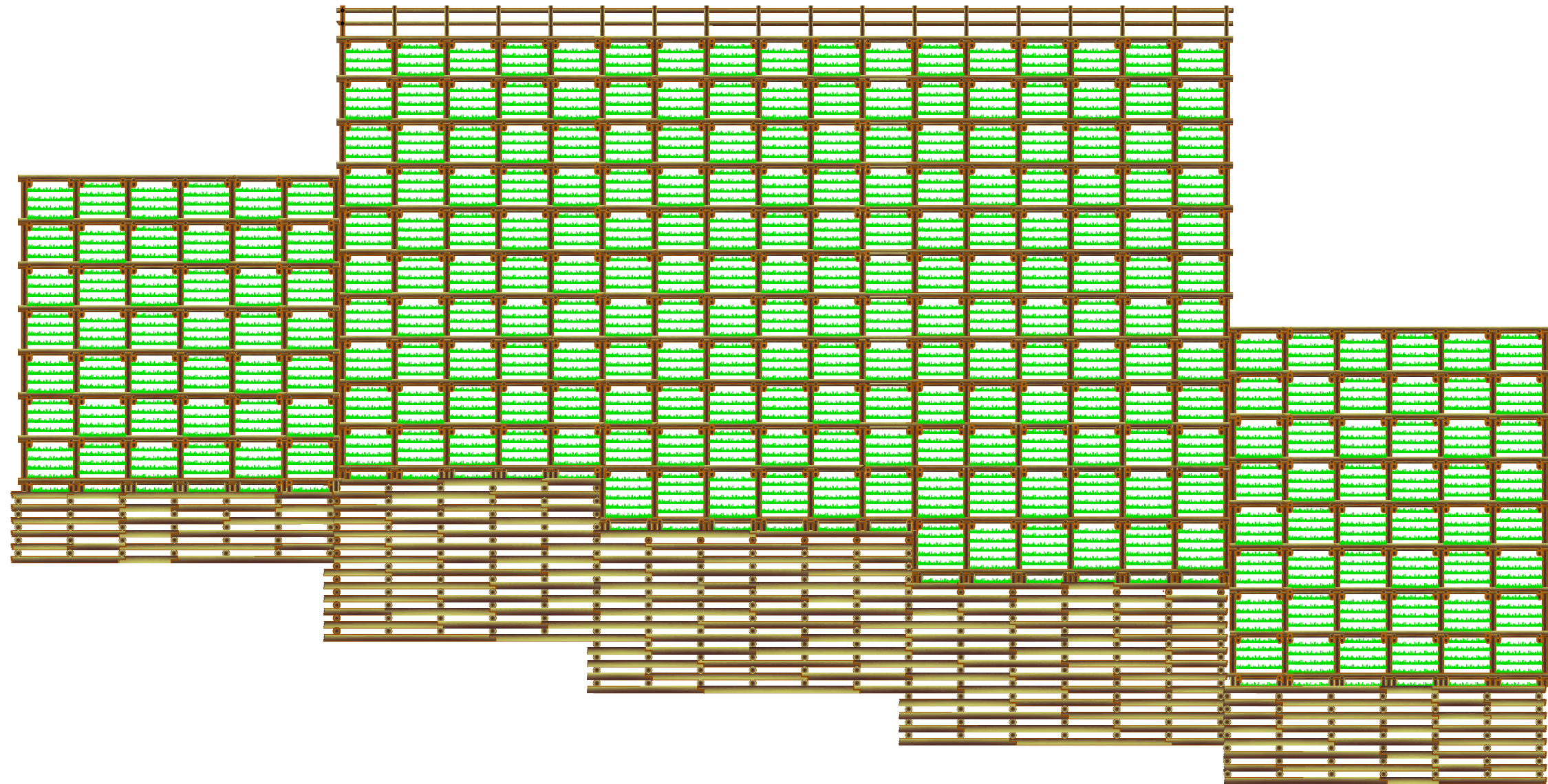
São Vicente


Data:

Junho de 2013

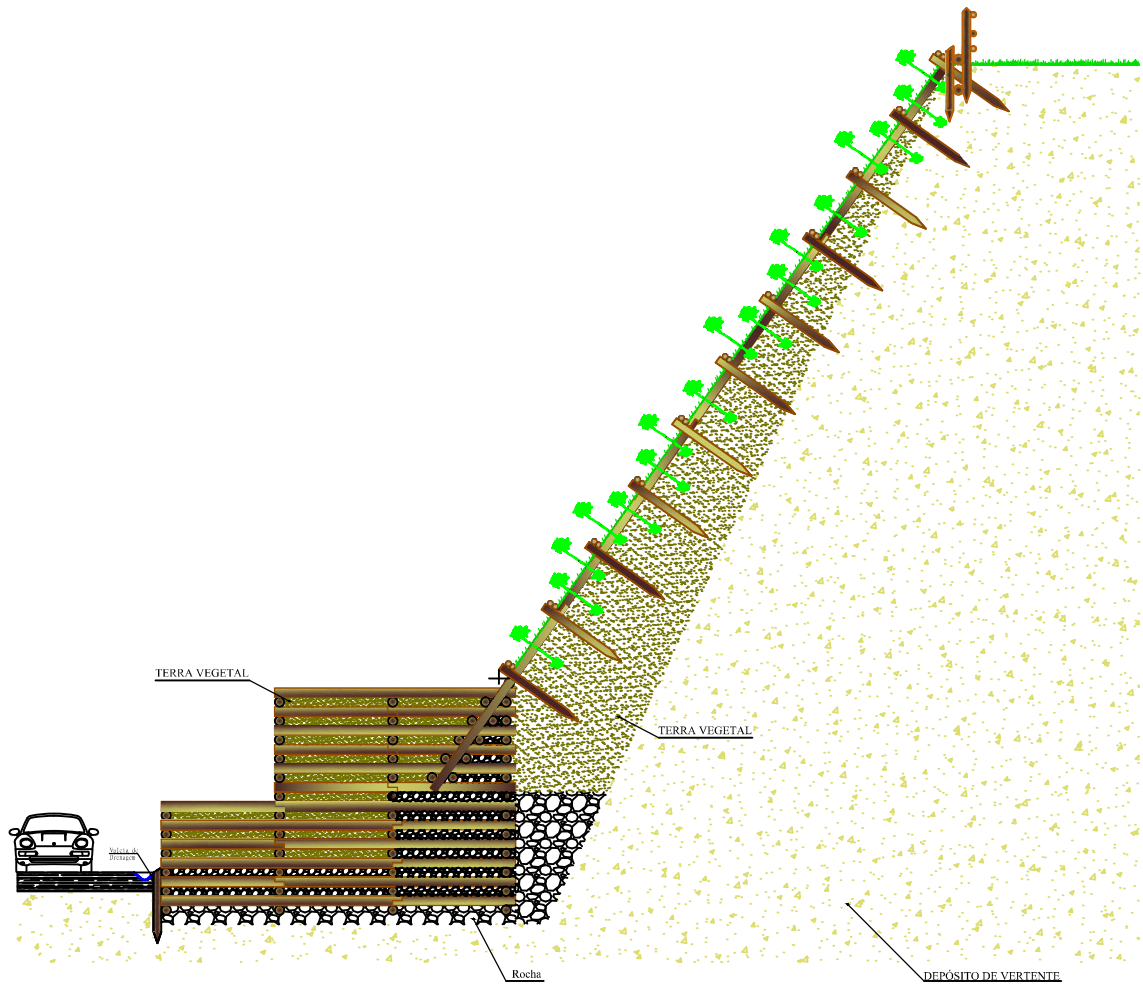
03

Alçado Frontal do Combinado



 UNIVERSIDADE da MADEIRA	UNIVERSIDADE DA MADEIRA	Escala: 1/200
Designação:	TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS	Desenho Nº: 04
Projetista: Ricardo Simão	São Vicente	Data: Junho de 2013

Perfil Parece Dupla + Grade Viva



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
1/200

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

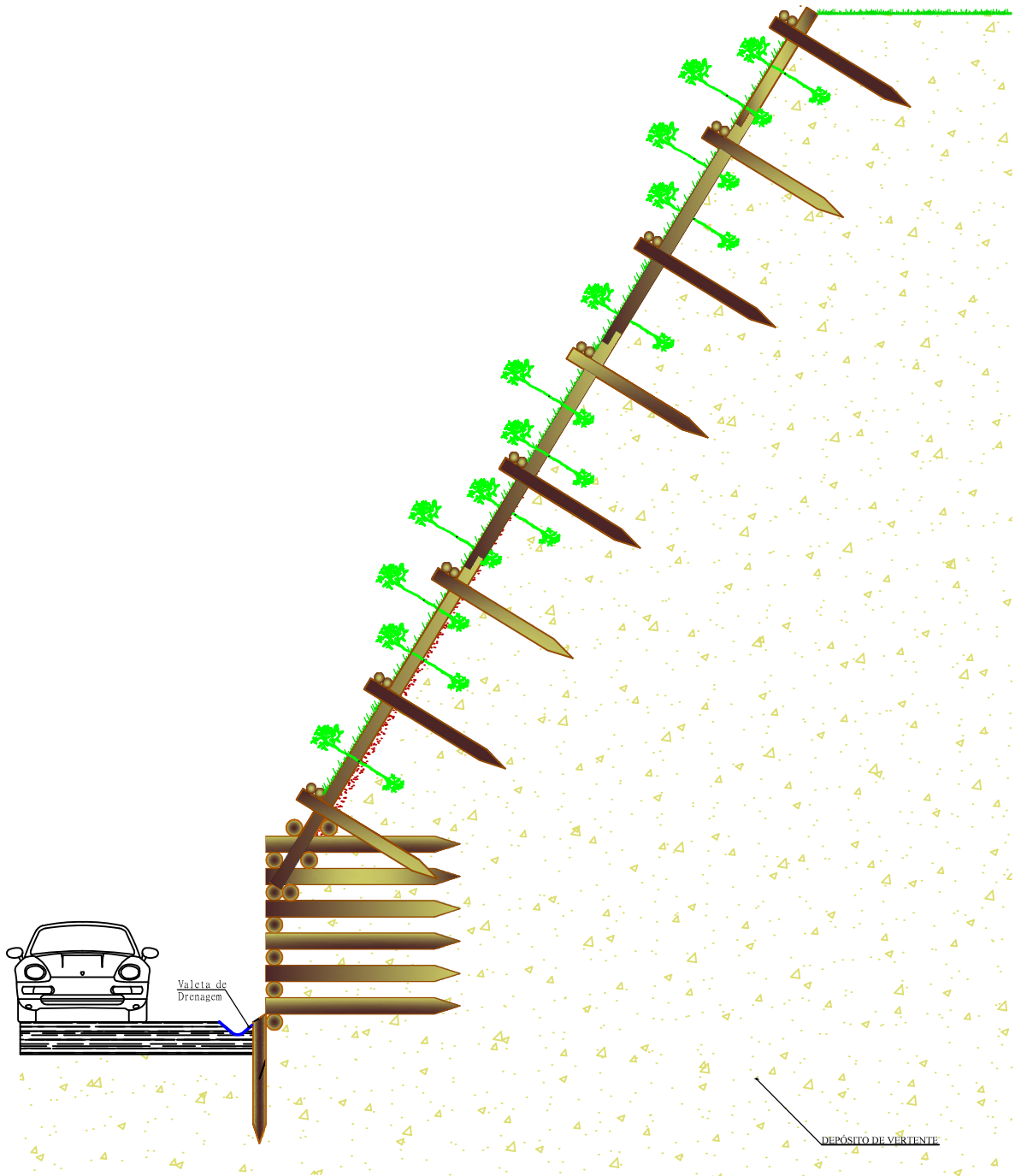
São Vicente

Data:

Junho de 2013

05

Perfil Parece Simples + Grade Viva



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
1/100

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS

Desenho Nº:

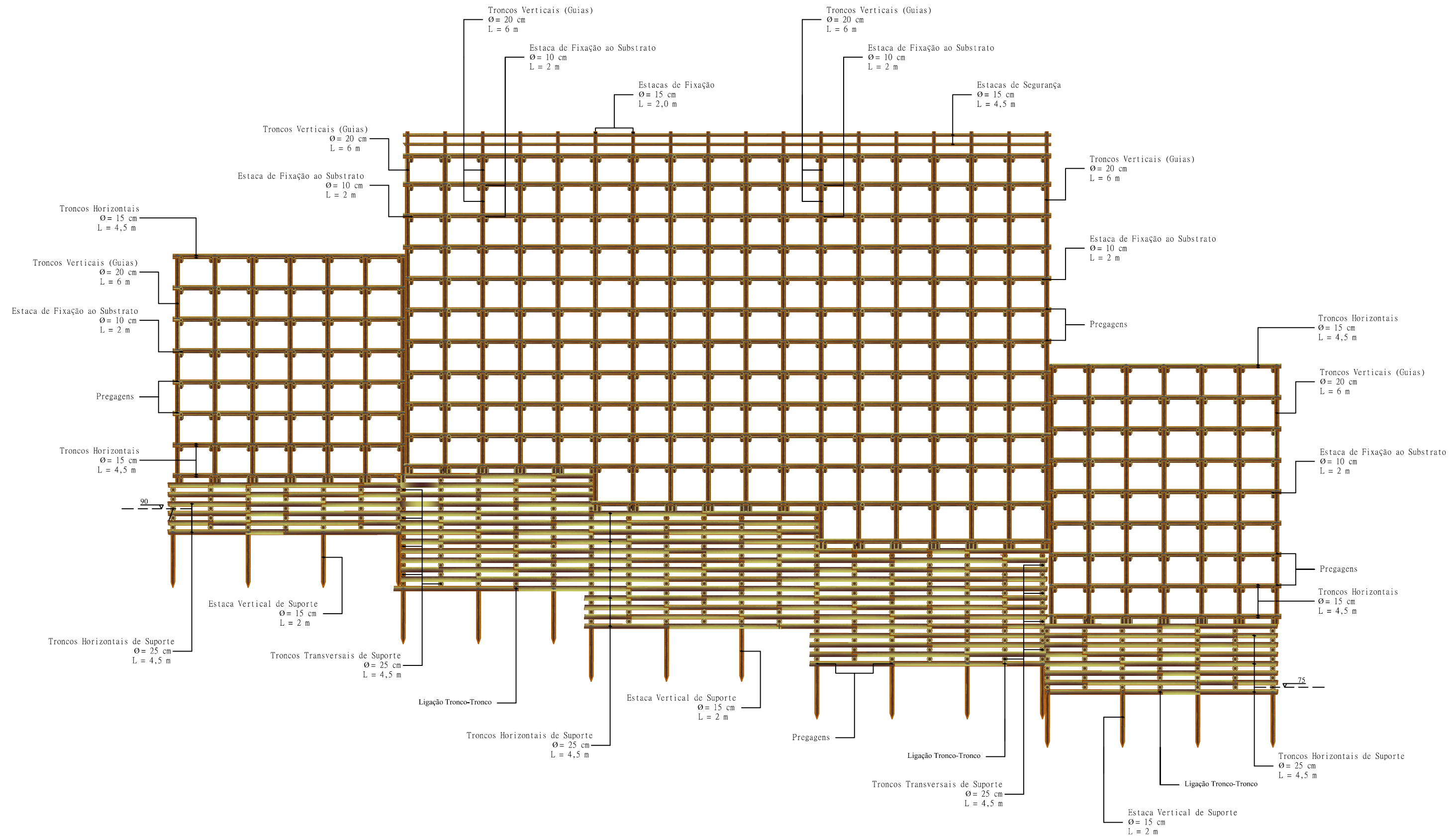
Projetista:
Ricardo Simão


São Vicente

Data:
Junho de 2013

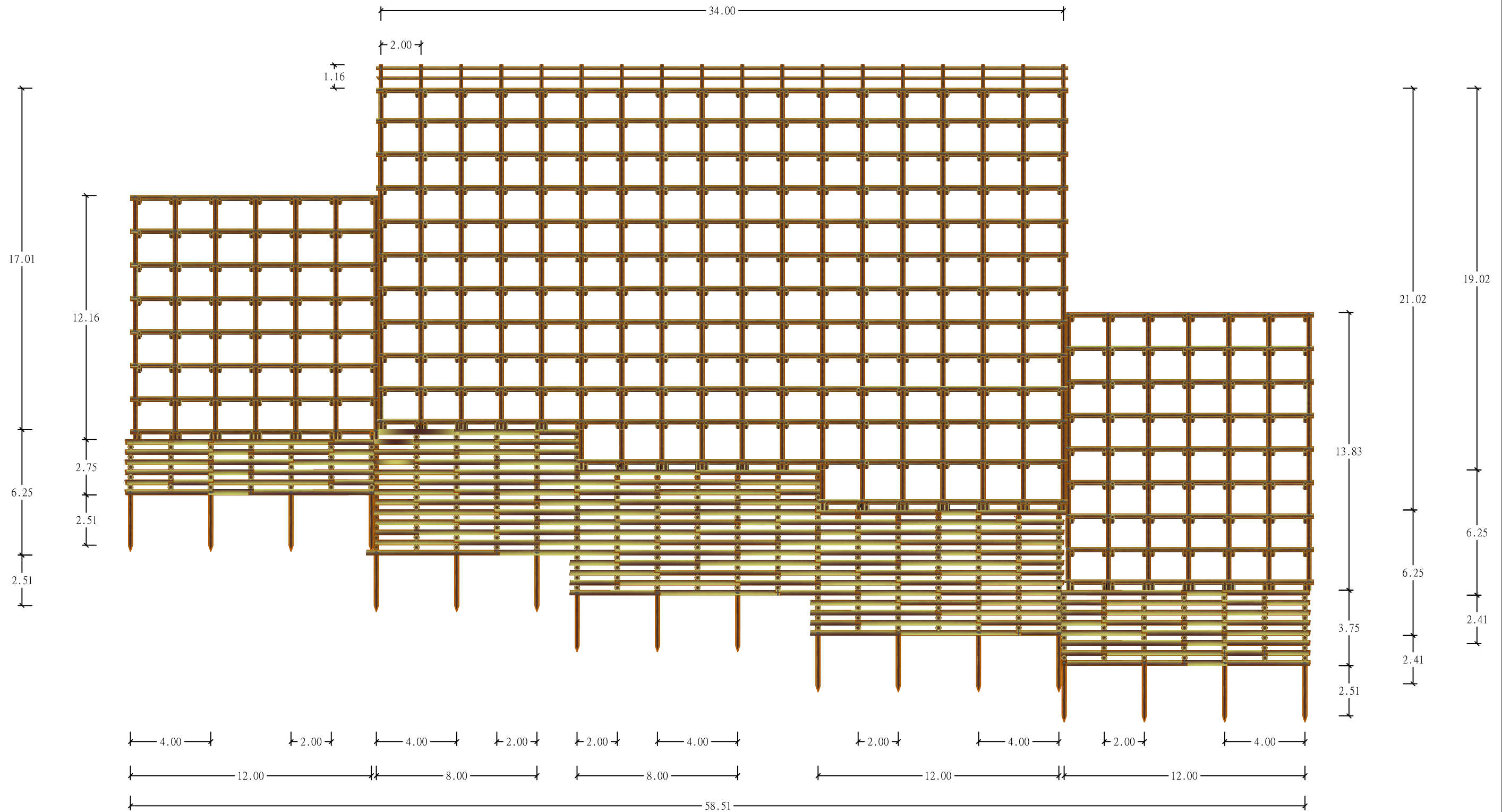
06


Pormenorização



 UNIVERSIDADE da MADEIRA	UNIVERSIDADE DA MADEIRA		Escala: 1/200
	Designação: TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS			Desenho Nº: 07
Projetista: Ricardo Simão	São Vicente		Data: Junho de 2013

Pormenorização

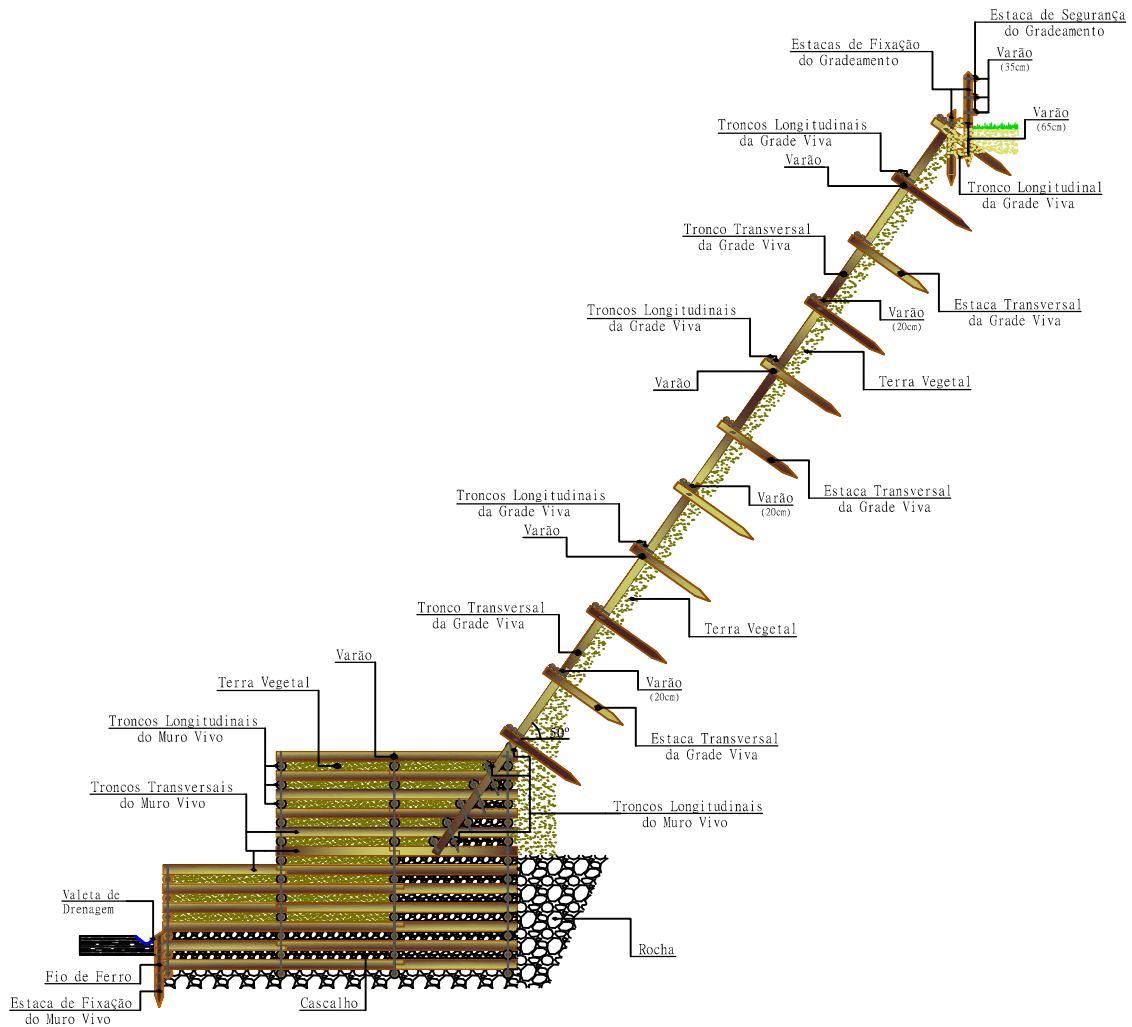


 <p>UNIVERSIDADE da MADEIRA</p>	<p>UNIVERSIDADE DA MADEIRA</p>	<p>Escala: 1/200</p>
<p>Designação: TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS</p>		<p>Desenho Nº: 08</p>
<p>Projetista: Ricardo Simão</p>	<p>São Vicente</p>	<p>Data: Junho de 2013</p>

Pormenorização

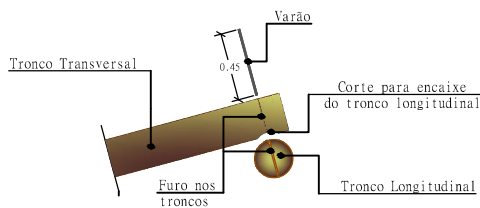
Pormenor Ligações Parede Dupla/Grade Viva Perfil Transversal Tipo

(Escala 1/200)



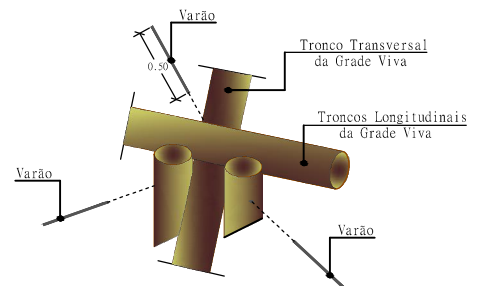
Corte de Ligação do Muro Vivo

(Escala 1/50)



Alçado de Ligação da Grade Viva

(Escala 1/50)



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
1/50
1/200

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

São Vicente

Data:

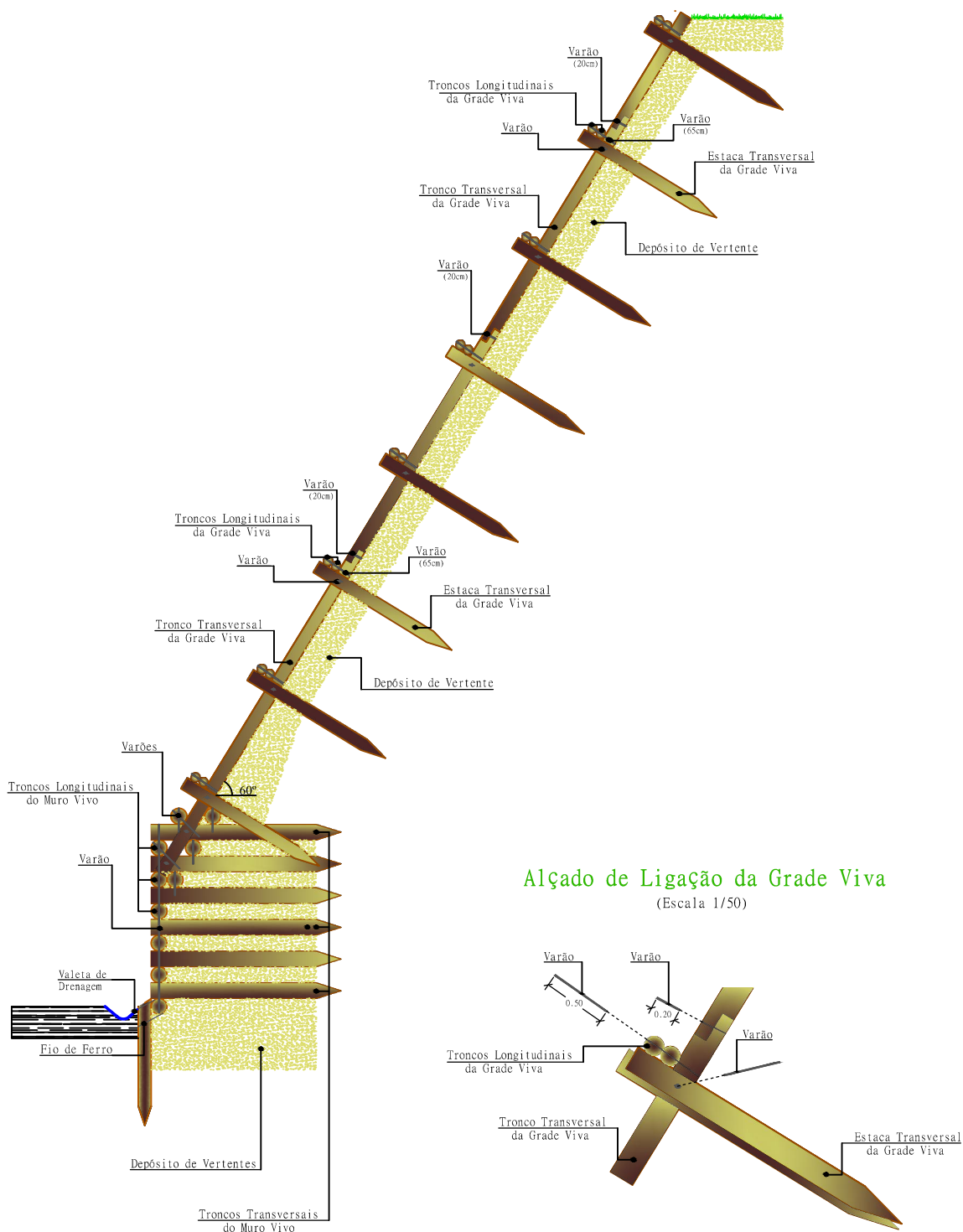
Junho de 2013

09

Pormenorização

Pormenor Ligações Parede Simples/Grade Viva Perfil Transversal Tipo

(Escala 1/100)



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
1/50
1/100

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS

Desenho Nº:

10

Projetista:

Ricardo Simão

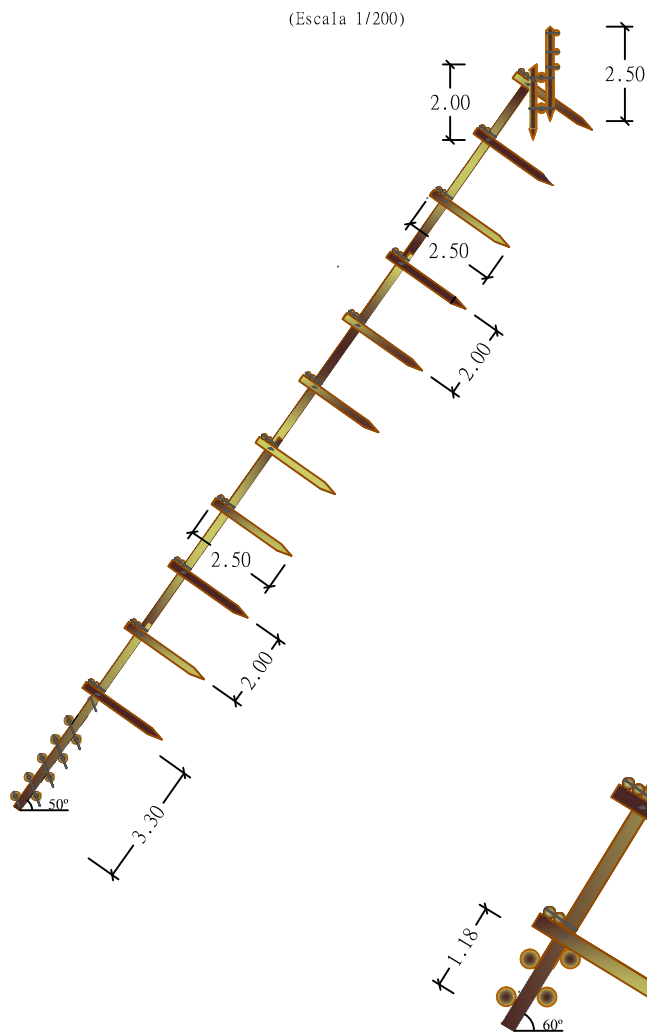
São Vicente

Data:

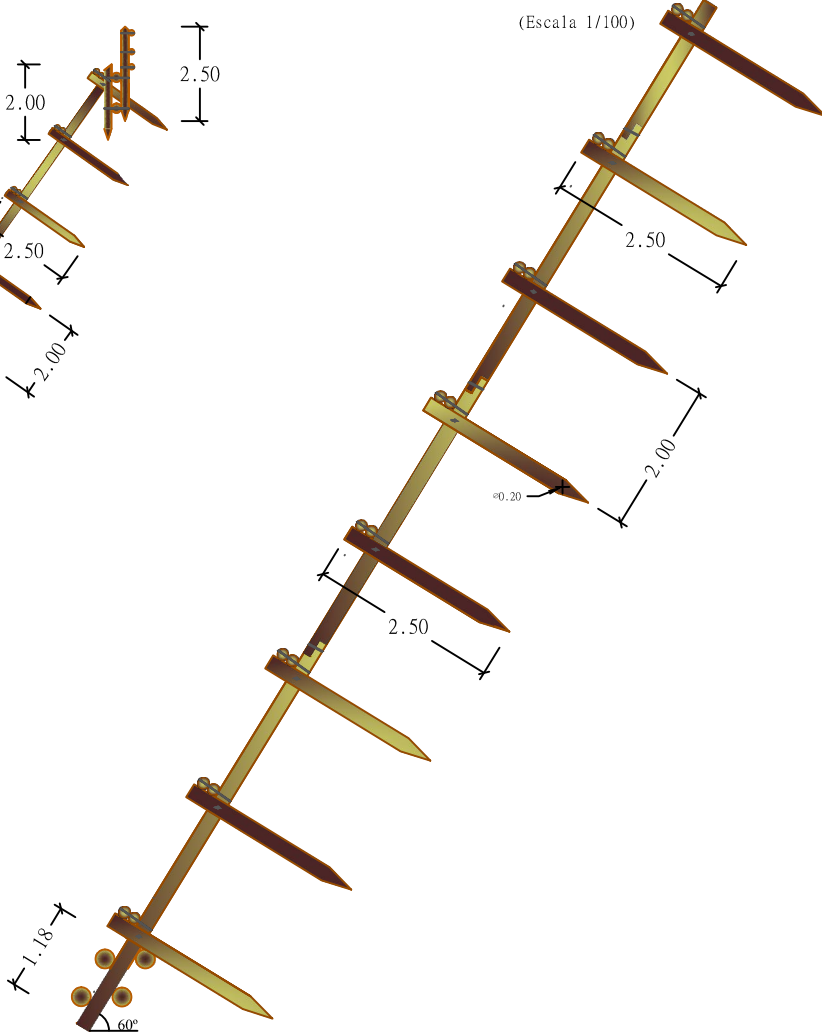
Junho de 2013

Pormenorização

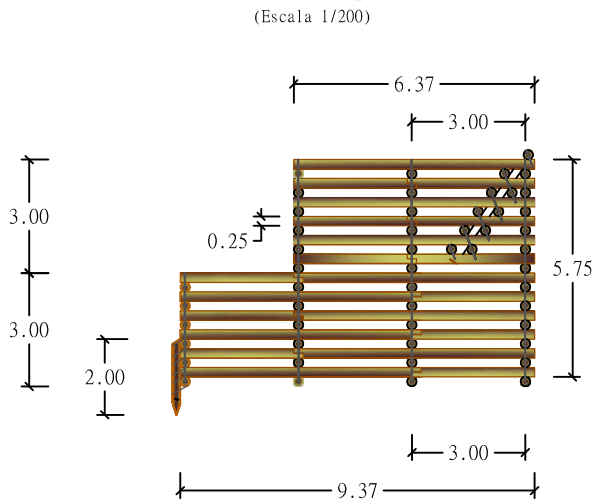
Pormenorização de Montagem da Grade Viva com guarda de segurança



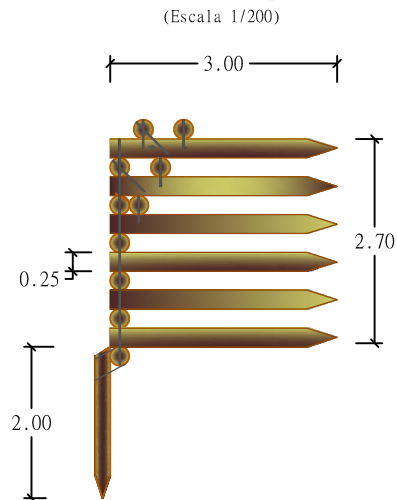
Pormenorização de Montagem Grade Viva sem guarda de segurança



Pormenorização de Montagem Parede Dupla



Pormenorização de Montagem Parede Simples



UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Escala:
1/100
1/200

Designação:

TALUDE DO SÍTIO DOS CARDAIS

Desenho Nº:

Projetista:

Ricardo Simão

São Vicente

Data:

Junho de 2013

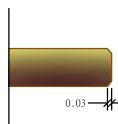
11

Pormenorização

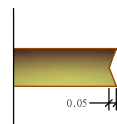
Tipo de Cortes

(Escala 1/50)

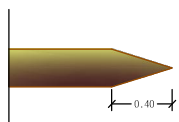
Tipo A



Tipo B



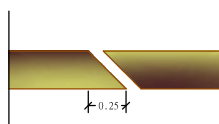
Tipo C



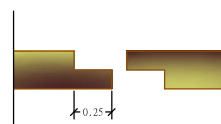
Tipo D



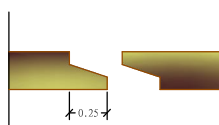
Tipo E



Tipo F



Tipo G



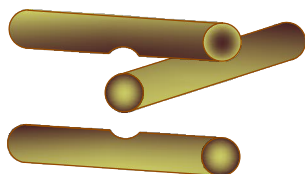
Tipo G.1



Tipo H



Tipo H.1



A - Alisamento das arestas dos troncos transversais do muro.

B - Corte em V dos troncos transversais da grade (para melhor encaixe nos troncos longitudinais do muro).

C - Corte da ponta das estacas.

D - Corte Recto.

E - Corte Oblíquo.

F - Corte em escada.

G - Corte em escada com inclinação.

G.1 - Divisão para o corte em escada com inclinação.

H - Alisamento das zonas de intersecção dos troncos (para melhor encaixe nos troncos longitudinais e transversais do muro).

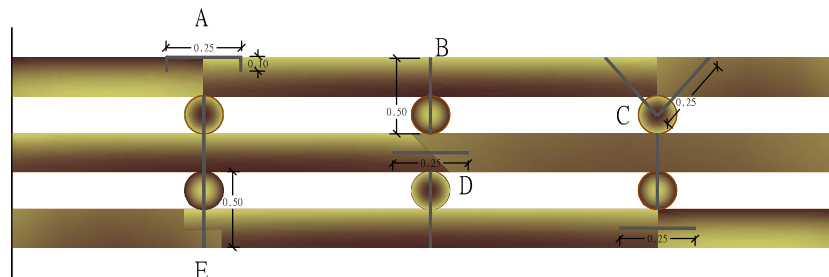
H.1 - Vista em perspectiva do Corte H.

Pormenorização

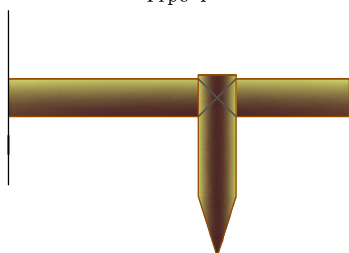
Tipo de Ligações

(Escala 1/50)

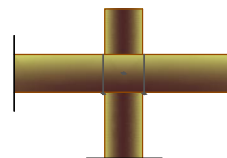
Tipo



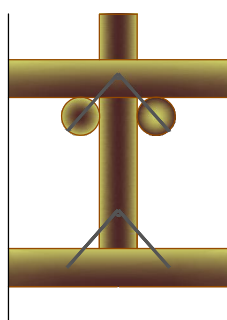
Tipo F



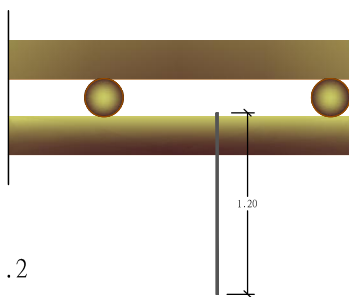
Tipo G



Tipo H



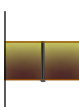
Tipo I



I.2



I.2



A - Grampo na Junção Longitudinal de corte recto.

B - Varão Vertical na Junção Longitudinal com a transversal.

C - Varões Oblíquos (Inclinação $45/50^\circ$) na junção longitudinal com a transversal.

D - Grampo na junção longitudinal de corte oblíquo.

E - Varão Vertical na Junção Longitudinal com a transversal de corte em degrau.

F - Ligação das estacas de ancoragem de Madeira com os troncos longitudinais do muro, com o auxílio de fio de ferro galvanizado.

G - Estacas de ancoragem do em Ferro com fio de ferro galvanizado. Ligação tronco longitudinal com transversal da grade com varão.

H - Ligação das estacas de ancoragem com varões. Ligação tronco longitudinal com transversal da grade com varão. Ligação tronco longitudinal do muro com transversal da grade com grampos. Ligação tronco longitudinal e transversal do muro com varões.

I - Alternativa mais usual: Ligação das estacas de ancoragem de ferro com os troncos longitudinais do muro, com o auxílio de fio de ferro galvanizado.

I.1 - Perfil Transversal da Ligação G.

I.2 - Perfil Longitudinal da Ligação G.

MYRICA FAYA

Requerente:

Obra: UMA - Sítio dos Cardais, São Vicente

Ficha Técnica

Designação: Arbusto ou pequena árvore, perenifólia de até 10m de altura, mas podendo atingir os 16-18m em terrenos férteis e abrigados. Tem ritidoma muito rugoso de cor acinzentada. A espécie é sub-dióica, com as plantas masculinas e femininas a exibirem algumas flores do sexo oposto.

Nome científico: *Morella faya* Aiton

Nomes vulgares: Faia;
Faia-da-terra;
Faia-das-ilhas;
Samouco.

Família: *Myricaceae*



*Myrica Faya*¹

Folhas: Verde-escuro, alternas, simples, persistentes, oblanceoladas, mais ou menos pontiagudas, de 4x1 até 10x3 cm, glabras e coriáceas, com algumas poucas glândulas visíveis a olho nu, de margem inteira a ligeiramente dentada e um ápice pouco aguçado.

Flores: Brancas, pendentes, muito aromáticas, com 1-2 cm de diâmetro, hermafroditas, dispostas em cachos simples ou ramificados.

Frutos: Cápsulas acastanhadas, muito pequenas (3,5mm), densamente felpudas.

Floração: Março a Junho



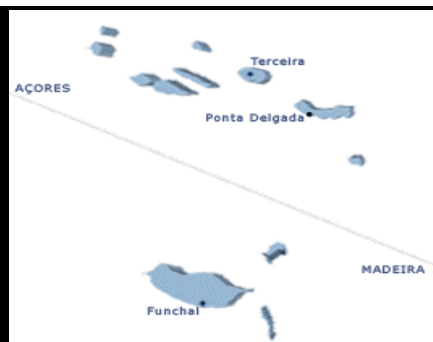
Pormenor das Flores²

Área de distribuição nativa: Macaronésia (Açores, Madeira e Canárias)

Distribuição em Portugal: Arquipélago da Madeira (ilha da Madeira); Arquipélago dos Açores

Utilidade:

Ambientes preferenciais: Matos de baixa altitude e terrenos bem drenados



Origem³

IMPACTE NOS ECOSISTEMAS

Ao fixar o azoto, a planta modifica rapidamente a fertilidade dos solos, permitindo a instalação de outras espécies e a acumulação de biomassa no solo.

MANUTENÇÃO

A manutenção passa por uma gestão bem planeada, que inclua a determinação da área plantada, avaliação dos impactes, definição das prioridades de intervenção, seleção das metodologias de controlo adequadas e sua aplicação.

Posteriormente, será fundamental a monitorização da eficácia das metodologias e da recuperação da área intervencionada, de forma a realizar, sempre que necessário, o controlo de seguimento.

Fonte: adaptado de http://jb.utad.pt/especie/myrica_faya

¹Fonte: http://www.horta.uac.pt/species/plantae/Myrica_faya/Myrica_faya.htm

²Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Myrica_faya

³Fonte: http://eb1peareiro.blogspot.pt/2010_02_01_archive.html

ECHIUM CANDICANS

Requerente:

Obra: UMA - Sítio dos Cardais, São Vicente

Ficha Técnica

Designação: Arbusto perene de até 2 metros de altura, ramificado e densamente hirsuto de caules branco-acinzentados.

Nome científico: *Sin. Echium fastuosum J.*

Nomes vulgares: Massaroco.

Família: *Boraginaceae*



*Echium Candicans*¹

Folhas: Lanceoladas a ovado-lanceoladas acuminadas, até 23 cm de comprimento, sésseis ou subsésseis de cor verde acinzentadas.

Flores: Apresentam uma corola afunilada de até 1 centímetro de cor azul escura ou arroxeada, reunidas numa inflorescência paniculada, densa, alongada e geralmente de 15 a 35 centímetros.

Frutos:

Floração: Abril a agosto



Pormenor das Flores¹

Área de distribuição nativa: Portugal (arquipélago da Madeira).

Distribuição em Portugal: Arquipélago da Madeira (ilha da Madeira).

Utilização: Para fins ornamentais.

Ambientes preferenciais:



Origem²

IMPACTE NOS ECOSISTEMAS

Pouco exigente em água, podendo suportar situações de alguma secura.

MANUTENÇÃO

A manutenção passa por uma gestão bem planeada, que inclua a determinação da área plantada, avaliação dos impactos, definição das prioridades de intervenção, seleção das metodologias de controlo adequadas e sua aplicação.

Posteriormente, será fundamental a monitorização da eficácia das metodologias e da recuperação da área intervencionada, de forma a realizar, sempre que necessário, o controlo de seguimento.

Fonte: adaptado de http://pt.wikipedia.org/wiki/Echium_candicans

¹Fonte: <http://obotanicoaprendiznateradosespantos.blogspot.pt/2012/02/massaroco-echium-candicans.html>

²Fonte: <http://www.traveltag.pt/pag.asp?c=9&sc=16>

AXONOPUS COMPRESSUS

Requerente:

Obra: UMA - Sítio dos Cardais, São Vicente

Ficha Técnica

Designação: É uma espécie vegetal, muito resistente e com propriedades que a tornam indicada para jardins ou zonas públicas em que não é possível realizar um trabalho de manutenção muito cuidado

Nome científico: *Axonopus Compressus*

Nomes vulgares: Graminha;
Grama-são-carlos;
Escalracho;
Grama-sempre-verde-curitibiana;
Graminia.

Família: *Poaceae*



*Axonopus Compressus*¹

Folhas: Desenvolve-se através de guias das próprias folhas que nos nós criam raízes que rapidamente crescem e que fixam a planta ao solo. Folhas largas, lisas sem serrilha.

Flores: Não dão flores.

Frutos: Não dão frutos.

Floração: Nos meses mais frios entra como que em hibernação, crescendo pouco mas mantendo habitualmente a cor verde. Nos meses mais quentes em que haja falta de rega tem tendência a secar e a desenvolver-se menos, mas quando é regado de novo recupera rapidamente.



Pormenor das Folhas¹

Área de distribuição nativa: Sul do Brasil

Distribuição em Portugal: Por todo o país.

Utilização: Controla todo o tipo de ervas infestantes.
Baixa manutenção e fácil de cuidar.

Ambientes preferenciais: Jardins públicos;
Áreas industriais;
Residências.



Origem³

IMPACTE NOS ECOSISTEMAS

Tem um crescimento acentuado nos meses mais quentes e que pode ser potencializado com a rega, alastrando rapidamente e com uma boa capacidade de enchimento das zonas a cobrir. Crescimento em altura pouco intenso, resistente a pragas e ervas daninhas.

MANUTENÇÃO

O seu grande crescimento em certas alturas do ano exige um corte regular para se manter agradável e controlado. A sua plantação é feita com o enterrar de pequenas estacas deste tipo de relva no solo, normalmente a uma distância sempre regular para facilitar o crescimento e uniformizar o aspecto do tapete. É fundamental regar bastante nos primeiros dias após a plantação para garantir a pega.

Fonte: adaptado de <http://www.custojusto.pt/Viana+do+Castelo/Jardim-Bricolage/Grama+brasileira+gramigreen-10165873.htm>

¹ Fonte: <http://www.custojusto.pt/Viana+do+Castelo/Jardim-Bricolage/Grama+brasileira+gramigreen-10165873.htm>

² Fonte: <http://www.mapasparacolorir.com.br/mapa/brasil/brasil-regioes-nomes.png>

Parede Dupla

Requerente:

Obra: UMa - Sítio dos Cardais, São Vicente
Cota 78

Fatores Parciais de Segurança	Materiais				Acções Permanentes		Resistência para Estruturas de Suporte		
	γ_c	γ_ϕ	γ_δ	γ_γ	Favorável	Desfavorável	Vertical	Deslizamento	Terreno
Por Factores Globais	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EC7-2010: AC1 -Comb.1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,00	1,00	1,00
EC7-2010: AC1 -Comb.2	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Parâmetros do solo	γ	c	f	E	u	Kh
	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(MPa)	-	(kN/m ²)
Depósitos de vertente	19,00	10,00	30,00	30,00	0,32	8000,00

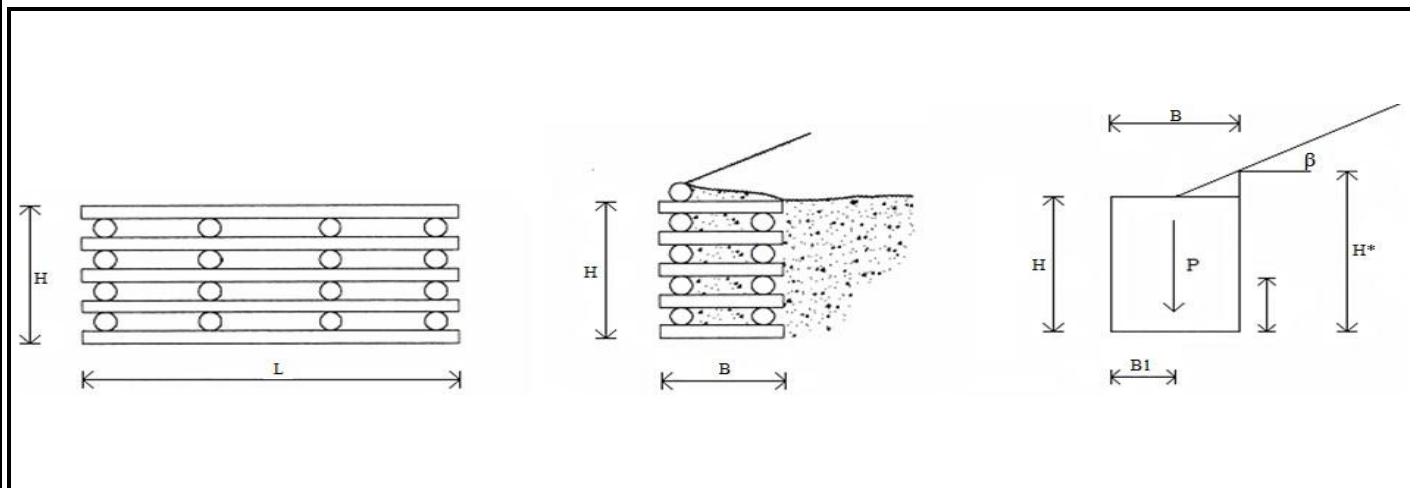
Parâmetros da estrutura	γ	β	d	B	H	n (longitudianis)	l (longitudianis)	n (transversais)	l (transversais)
	(kN/m ³)	(°)	(m)	(m)	(m)	(-)	(m)	(-)	(m)
Madeira (Eucalipto)	7,00	0,00	0,25	9,00	3,00	24	12,00	42	9,00
				6,00	3,00	18	12,00	36	6,00

Calculo do Peso Total	V_{Tronco}	V_{Tronco}^*	$P_{Troncos}$	V_{Solo}	P_{Solo}	P_{Total}
	(m ³)	(m ³ /m)	(kN/m)	(m ³ /m)	(kN/m)	(kN/m)
	53,90	4,49	31,44	40,51	769,66	801,10

Verificação à segurança por:	Parametros de Cálculo						Impulsos no Solo	
	γ'	ϕ'	c'	λ	β	H*	Ka	Ia
	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(°)	(°)	(m)	(-)	(kN/m)
Por Factores Globais	19,00	30,00	10,00	0,00	0,00	6,00	0,33	79,36
EC7-2010: AC1 -Comb.1	19,00	30,00	10,00	0,00	0,00	6,00	0,33	107,13
EC7-2010: AC1 -Comb.2	19,00	24,79	8,00	0,00	0,00	6,00	0,41	109,22

Verificação à segurança por:	ELU de Deslizamento		ELU por Ruptura da Fundação					ELU de Derrubamento	
	Fd,est	Fd,dst	Md	Vsd	ex	Tmax.	Tmin.	Md,est	Md,dst
	(kN/m)	(kN/m)	(kN.m)	(kN)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN.m)	(kN.m)
Por Factores Globais	462,52	79,36	158,72	801,10	0,20	100,77	77,25	3604,96	158,72
EC7-2010: AC1 -Comb.1	462,52	107,13	214,27	801,10	0,27	104,88	73,14	3604,96	214,27
EC7-2010: AC1 -Comb.2	370,01	109,22	218,44	801,10	0,27	105,19	72,83	3604,96	218,44

Verificação à segurança por:	FS ao ELU de Deslizamento	FS ao ELU de Derrubamento	FS ao ELU por Ruptura da Fundação	Verificação ($\geq 1,5$)
			Em Relação a ex	
Por Factores Globais	5,83	22,71	1,50	OK
EC7-2010: AC1 -Comb.1	4,32	16,82	1,50	OK
EC7-2010: AC1 -Comb.2	3,39	16,50	1,50	OK



Data: 30 de Julho de 2013
Técnico: Ricardo Simão
Assinatura: _____

Parede Dupla

Requerente:

Obra: UMa - Sítio dos Cardais, São Vicente
Cota 82

Fatores Parciais de Segurança	Materiais				Acções Permanentes		Resistência para Estruturas de Suporte		
	γ_c	γ_ϕ	γ_δ	γ_γ	Favorável	Desfavorável	Vertical	Deslizamento	Terreno
Por Factores Globais	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EC7-2010: AC1 -Comb.1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,00	1,00	1,00
EC7-2010: AC1 -Comb.2	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Parâmetros do solo	γ	c	f	E	u	Kh
	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(MPa)	-	(kN/m ²)
Depósitos de vertente	19,00	10,00	30,00	30,00	0,32	8000,00

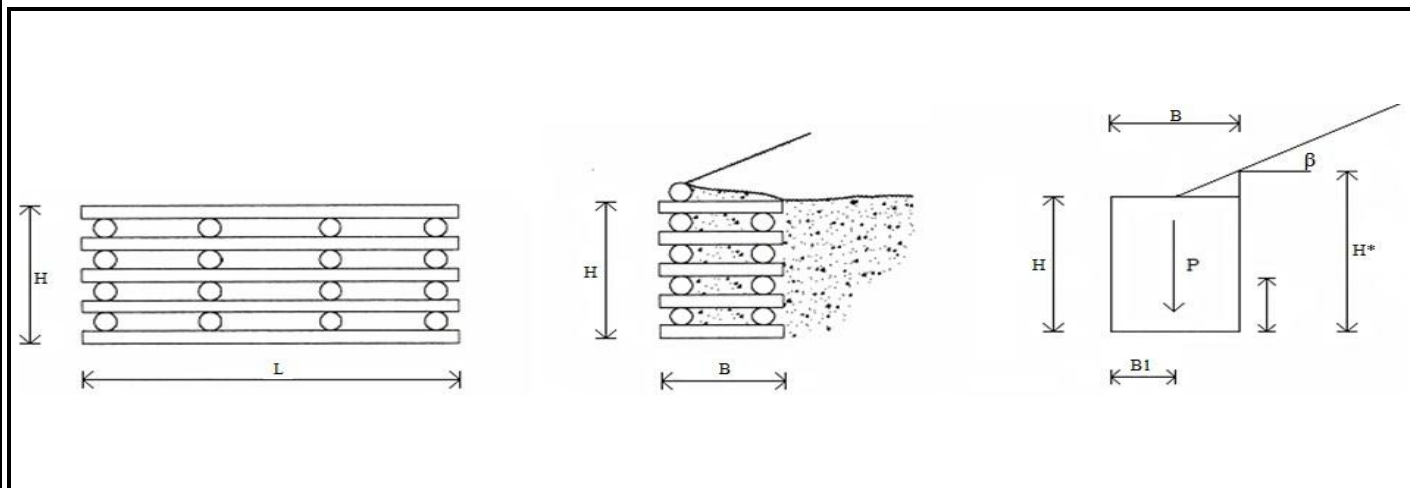
Parâmetros da estrutura	γ	β	d	B	H	n (longitudianis)	l (longitudianis)	n (transversais)	l (transversais)
	(kN/m ³)	(°)	(m)	(m)	(m)	(-)	(m)	(-)	(m)
Madeira (Eucalipto)	7,00	0,00	0,25	9,00	3,00	24	12,00	42	9,00
				6,00	3,00	18	12,00	36	6,00

Calculo do Peso Total	V_{Tronco}	V_{Tronco}^*	$P_{Troncos}$	V_{Solo}	P_{Solo}	P_{Total}
	(m ³)	(m ³ /m)	(kN/m)	(m ³ /m)	(kN/m)	(kN/m)
	53,90	4,49	31,44	40,51	769,66	801,10

Verificação à segurança por:	Parametros de Cálculo						Impulsos no Solo	
	γ'	ϕ'	c'	λ	β	H*	Ka	Ia
	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(°)	(°)	(m)	(-)	(kN/m)
Por Factores Globais	19,00	30,00	10,00	0,00	0,00	6,00	0,33	79,36
EC7-2010: AC1 -Comb.1	19,00	30,00	10,00	0,00	0,00	6,00	0,33	107,13
EC7-2010: AC1 -Comb.2	19,00	24,79	8,00	0,00	0,00	6,00	0,41	109,22

Verificação à segurança por:	ELU de Deslizamento		ELU por Ruptura da Fundação				ELU de Derrubamento		
	Fd,est	Fd,dst	Md	Vsd	ex	Tmax.	Tmin.	Md,est	Md,dst
	(kN/m)	(kN/m)	(kN.m)	(kN)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN.m)	(kN.m)
Por Factores Globais	462,52	79,36	158,72	801,10	0,20	100,77	77,25	3604,96	158,72
EC7-2010: AC1 -Comb.1	462,52	107,13	214,27	801,10	0,27	104,88	73,14	3604,96	214,27
EC7-2010: AC1 -Comb.2	370,01	109,22	218,44	801,10	0,27	105,19	72,83	3604,96	218,44

Verificação à segurança por:	FS ao ELU de Deslizamento	FS ao ELU de Derrubamento	FS ao ELU por Ruptura da Fundação	Verificação ($\geq 1,5$)
	Em Relação a ex			
Por Factores Globais	5,83	22,71	1,50	OK
EC7-2010: AC1 -Comb.1	4,32	16,82	1,50	OK
EC7-2010: AC1 -Comb.2	3,39	16,50	1,50	OK



Data: 30 de Julho de 2013
Técnico: Ricardo Simão
Assinatura: _____

Parede Dupla

Requerente:

Obra: UMa - Sítio dos Cardais, São Vicente
Cota 85

Fatores Parciais de Segurança	Materiais				Acções Permanentes		Resistência para Estruturas de Suporte		
	γ_c	γ_ϕ	γ_δ	γ_γ	Favorável	Desfavorável	Vertical	Deslizamento	Terreno
Por Factores Globais	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EC7-2010: AC1 -Comb.1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,00	1,00	1,00
EC7-2010: AC1 -Comb.2	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Parâmetros do solo	γ	c	f	E	u	Kh
	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(MPa)	-	(kN/m ²)
Depósitos de vertente	19,00	10,00	30,00	30,00	0,32	8000,00

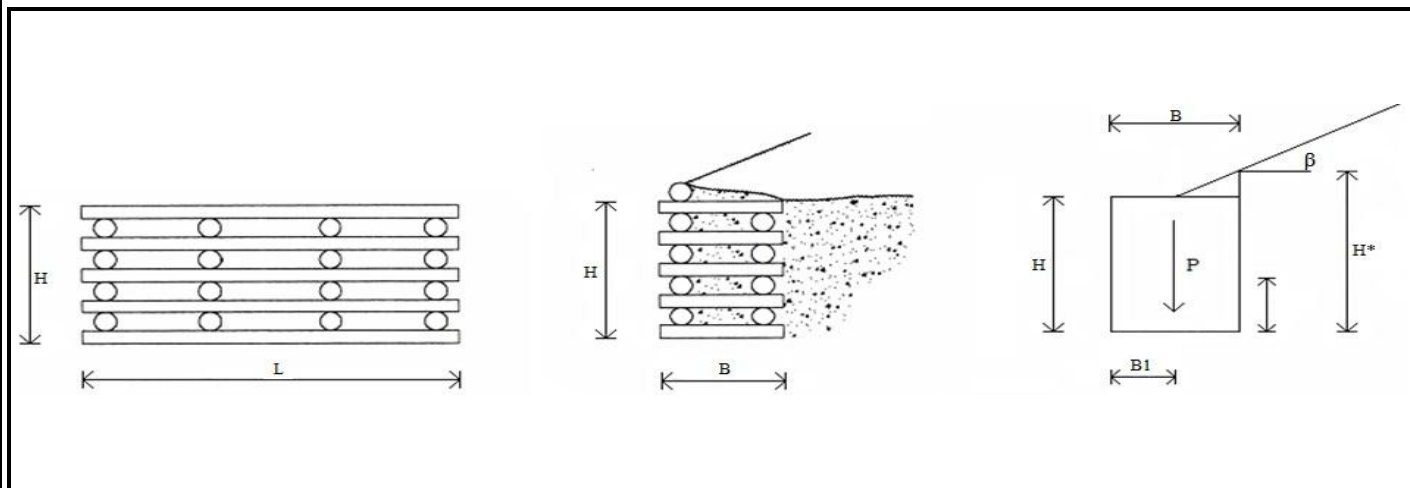
Parâmetros da estrutura	γ	β	d	B	H	n (longitudianis)	l (longitudianis)	n (transversais)	l (transversais)
	(kN/m ³)	(°)	(m)	(m)	(m)	(-)	(m)	(-)	(m)
Madeira (Eucalipto)	7,00	0,00	0,25	9,00	3,00	24	10,00	36	9,00
				6,00	3,00	18	10,00	36	6,00

Calculo do Peso Total	V_{Tronco}	V_{Tronco}^*	$P_{Troncos}$	V_{Solo}	P_{Solo}	P_{Total}
	(m ³)	(m ³ /m)	(kN/m)	(m ³ /m)	(kN/m)	(kN/m)
	47,12	4,71	32,99	40,29	765,46	798,45

Verificação à segurança por:	Parametros de Cálculo					Impulsos no Solo		
	γ'	ϕ'	c'	λ	β	H*	Ka	Ia
	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(°)	(°)	(m)	(-)	(kN/m)
Por Factores Globais	19,00	30,00	10,00	0,00	0,00	6,00	0,33	79,36
EC7-2010: AC1 -Comb.1	19,00	30,00	10,00	0,00	0,00	6,00	0,33	107,13
EC7-2010: AC1 -Comb.2	19,00	24,79	8,00	0,00	0,00	6,00	0,41	109,22

Verificação à segurança por:	ELU de Deslizamento		ELU por Ruptura da Fundação				ELU de Derrubamento		
	Fd,est	Fd,dst	Md	Vsd	ex	Tmax.	Tmin.	Md,est	Md,dst
	(kN/m)	(kN/m)	(kN.m)	(kN)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN.m)	(kN.m)
Por Factores Globais	460,99	79,36	158,72	798,45	0,20	100,47	76,96	3593,03	158,72
EC7-2010: AC1 -Comb.1	460,99	107,13	214,27	798,45	0,27	104,59	72,85	3593,03	214,27
EC7-2010: AC1 -Comb.2	368,79	109,22	218,44	798,45	0,27	104,90	72,54	3593,03	218,44

Verificação à segurança por:	FS ao ELU de Deslizamento	FS ao ELU de Derrubamento	FS ao ELU por Ruptura da Fundação	Verificação ($\geq 1,5$)
	Em Relação a ex			
Por Factores Globais	5,81	22,64	1,50	OK
EC7-2010: AC1 -Comb.1	4,30	16,77	1,50	OK
EC7-2010: AC1 -Comb.2	3,38	16,45	1,50	OK



Data: 30 de Julho de 2013
Técnico: Ricardo Simão
Assinatura: _____

LIMITES DE CONSISTÊNCIA

Requerente:

Amostra: Uma_17.A - Sítio dos Cardais, São Vicente

LIMITE DE LIQUIDEZ

Cápsula N°	1	2	3	4	5				
Capsula + Solo Humido (g)	34,46	33,30	34,15	31,51	19,31				
Capsula + Solo Seco (g)	33,38	32,17	32,88	30,17	18,09				
Peso da Água (g)	1,08	1,13	1,27	1,34	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00
Peso do Solo Seco (g)	2,92	3,07	3,36	3,62	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00
Peso da Cápsula (g)	30,46	29,10	29,52	26,55	14,79	0,00	0,00	0,00	0,00
Humidade %	37,0	36,8	37,8	37,0	37,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Número de Golpes	11	16	13	18	27				

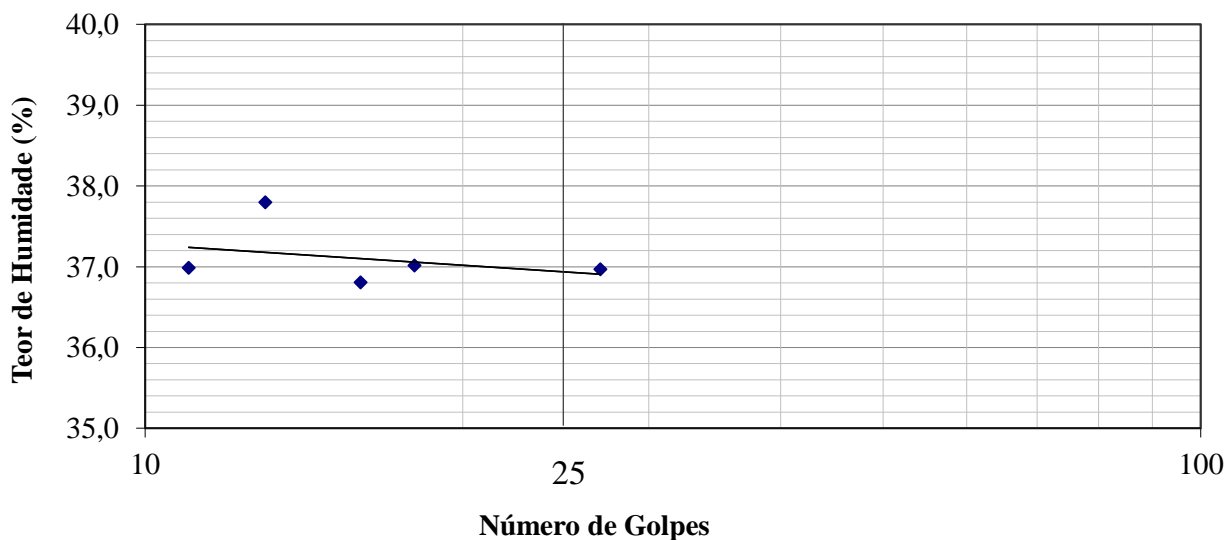
LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula N°	A	B	C	D	E
Capsula + Solo Humido (g)	37,05	52,01	33,58	49,39	33,94
Capsula + Solo Seco (g)	36,35	51,05	32,75	48,65	33,09
Peso da Água (g)	0,70	0,96	0,83	0,74	0,85
Peso do Solo Seco (g)	2,00	2,77	2,45	2,13	2,64
Peso da Cápsula (g)	34,35	48,28	30,30	46,52	30,45
Humidade %	35,0	34,7	33,9	34,7	32,2

RESULTADOS

LIMITE DE LIQUIDEZ	36,9
LIMITE DE PLASTICIDADE	34,1
ÍNDICE DE PLASTICIDADE	2,8

LIMITE DE LIQUIDEZ



◆ Limite de Liquidez

Data:

30 de Julho de 2013

Técnico:

Ricardo Simão

Assinatura:

O DIRECTOR DO LREC

ENG.º PAULO FRANÇA

Proc. nº

13.01.02

Pedido nº

128/13

Boletim nº

DG/B108/13

LEEC - LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE ENGENHARIA CIVIL
UNIDADE LABORATORIAL DE GEOTECNIA

Pág. 1/1

Requerente: LREC - DG

Endereço: RUA AGOSTINHO PEREIRA DE OLIVEIRA, S. MARTINHO, 9000-264 FUNCHAL

Obra: UMA - TESE DE Mestrado

Data do pedido: 22/10/2013

SOLOS. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DAS PARTÍCULAS

Norma Portuguesa NP 83: 1965

Referências da amostra		Designação da amostra	Datas do ensaio	
Interna	Externa		Início	Conclusão
128/13-2	17 Cardais	Solo	23/10/2013	29/10/2013

Modo de realização do ensaio: Sem secagem prévia do provete

Fracção granulométrica do ensaio: Passada no peneiro de 4,75 mm

Número do Provete		1	2
m ₃	Massa do picnómetro+água destilada (g)	149,064	147,719
m ₄	Massa do provete seco (g)	30,448	30,594
m ₅	Massa do picnómetro + água destilada + provete (g)	169,315	168,055
t _x	Temperatura do ensaio (°C)	22,3	22,3
K	Razão entre as densidades da água à temperatura do ensaio e a 20 °C	1,000	1,000
$d = K \frac{m_4}{m_3 - (m_5 - m_4)}$	Densidade das partículas	2,99	2,98
Média das densidades das partículas		2,99	

Observações:

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

FUNCHAL, 29 DE OUTUBRO DE 2013

ENG.º DÉLIA SOUSA

O DIRECTOR DO LREC

ENGº PAULO FRANÇA

Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B111/13

LEEC - LABORATÓRIO DE ENSAIOS DE ENGENHARIA CIVIL
UNIDADE LABORATORIAL DE GEOTECNIA

Pág. 1/3

Requerente: LREC - DG

Endereço: RUA AGOSTINHO PEREIRA DE OLIVEIRA, S. MARTINHO, 9000-264 FUNCHAL

Obra: UMA - TESE DE MESTRADO

Data do pedido: 22/10/2013

SOLOS. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA
Especificação LNEC E 196: 1966

Referências da amostra		Designação da amostra	Datas do ensaio		
Interna	Externa		Início	Conclusão	
128/13-2	17 Cardais	Solo		23/10/2013	30/10/2013

Massa total do provete $m_t = \frac{3659,7}{g}$
 Massa total da fracção retida no peneiro de 2,00 mm (nº 10) $m_{10} = \frac{1369,8}{g}$
 % do material retido no peneiro de 2,00 mm (nº 10) $N'_{10} = (m_{10}/m_t) \times 100 = \frac{37,4}{\%}$

FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2,00 mm (nº 10)	Peneiros	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada Retida	% Acumulada que Passa (Total)
	Aberturas (mm)	m_x	$N_x = (m_x/m_t) \times 100$	N'_x	$N''_x = 100 - N'_x$
	75,0				
	50,0				
	37,5				
	25,0	0,0	0,0	0,0	100
	19,0	65,1	1,8	1,8	98
	9,50	304,3	8,3	10,1	90
	4,75	380,0	10,4	20,5	80
	2,00	620,4	17,0	37,5	63
	< 2,00	2289,8			
	Total	3659,6			

Massa de solo após pré-tratamento

 $m_b = \frac{86,95}{g}$

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2,00 mm (nº 10)	Peneiros	Massa Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulada	% Acumulada que Passa	% Acumulada que Passa (Total)
	Aberturas (mm)	m_x	$N_x = m_x/m_b \times 100$	n'_x	$n''_x = 100 - n'_x$	$N''_x = n''_x(100 - N'_{10})/100$
	0,850	18,66	21,5	21,5	78,5	49
	0,425	16,08	18,5	40,0	60,0	38
	0,250	5,12	5,9	45,8	54,2	34
	0,106	5,71	6,6	52,4	47,6	30
	0,075	1,96	2,2	54,7	45,3	28
	< 0,075	39,43				
	Total	86,95				

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

ENGº DELIA SOUSA

Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B111/13

Pág. 2/3

SEDIMENTAÇÃO	Diâmetro das partículas (mm)	% de partículas de diâmetro inferior a D (%)	% de partículas de diâmetro inferior a D referida à massa total da amostra (%)
	D	n_D	$N_D = n_D \times (100 - N'_{10})/100$
	0,0389	38,8	24
	0,0282	35,3	22
	0,0185	30,1	19
	0,0109	26,5	17
	0,0079	23,0	14
	0,0057	19,4	12
	0,0029	15,7	10
	0,0012	10,4	7
	0,0009	6,9	4

Observações:

Area for observations, currently blank.

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

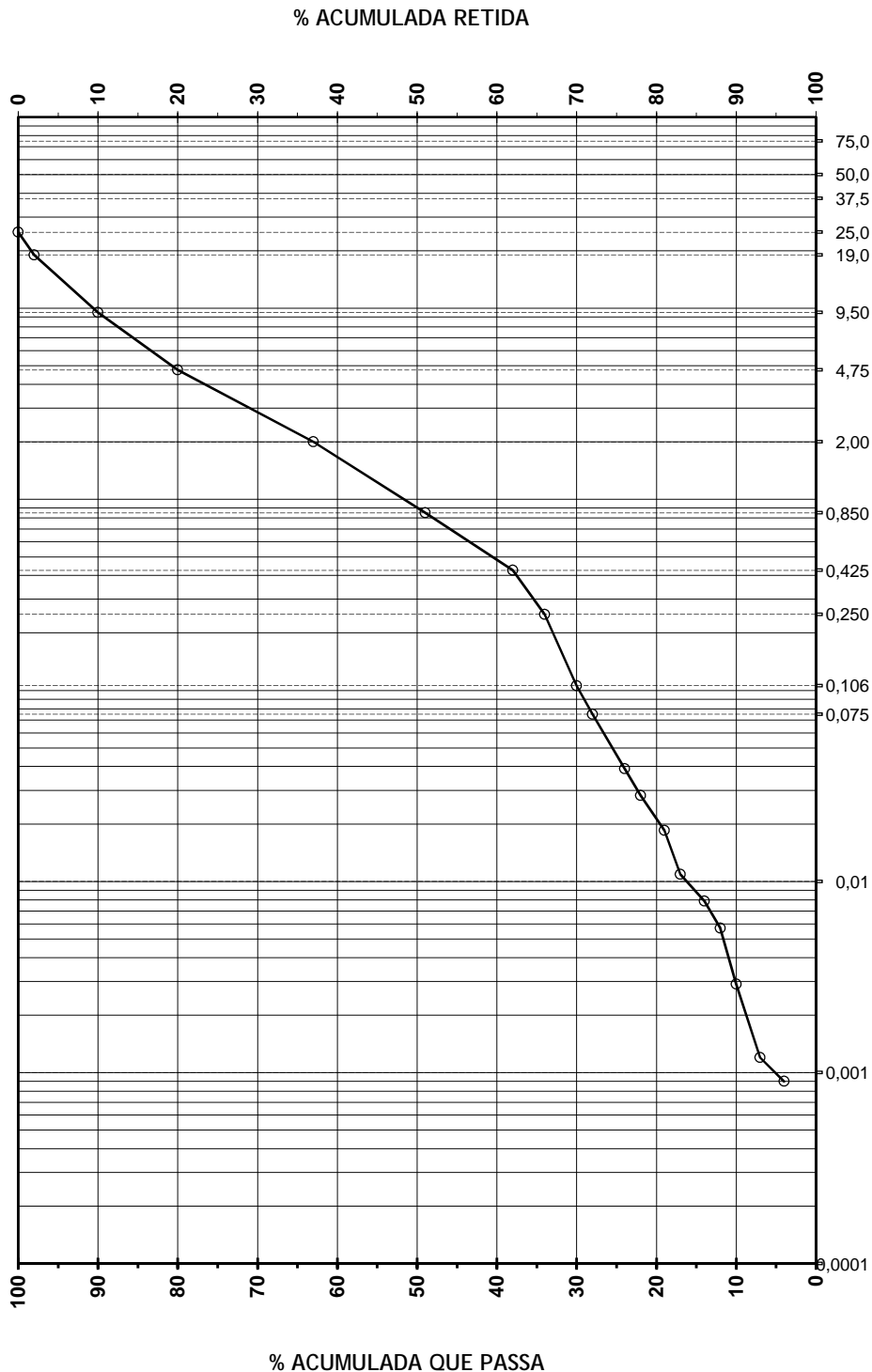
ENG.ª DÉLIA SOUSA

Proc. nº 13.01.02 Pedido nº 128/13 Boletim nº DG/B111/13

Pág. 3/3

Não é permitida a divulgação parcial dos resultados constantes deste boletim na qual se faça referência ao LREC, a não ser que seja obtida expressa autorização. Salvo indicação em contrário, os elementos identificadores das amostras ensaiadas são simples transcrição de informações recebidas ou de anotações apostas nas próprias amostras enviadas, não sendo por isso da responsabilidade do Laboratório. Os resultados só são válidos para os itens ensaiados.

CALHAU		GROSSO		MÉDIO		FINO		GROSSA		MÉDIA		FINA		GROSSO		MÉDIO		FINO		ARGILA



ABERTURA DAS MALHAS (mm)

BOLETIM DE ENSAIO

O LABORATÓRIO NÃO É RESPONSÁVEL PELA AMOSTRAGEM DOS MATERIAIS ENSAIADOS

O CHEFE DA ULG

FUNCHAL, 30 DE OUTUBRO DE 2013

ENGª DÉLIA SOUSA

CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA DE SOLOS

Requerente:

Amostra: UMA_17.A - Sítio dos Cardais, São Vicente

Resultados

Siltes e Argilas $W_L < 50\%$	Siltes e Argilas $W_L \geq 50\%$	Resultado	Tipo de Solo
FALSO	FALSO	ML	Silte Arenoso
FALSO	FALSO		
ML	FALSO		

Características Geotécnicas

Face aos resultados obtidos na peneiração e quando confrontados com o resultado do limite de liquidez e com o índice de plasticidade, obtivemos um **Silte Arenoso**.

Assim, conclui-se que: Semi-Permeável a impermeável quando compactado;

Razoável em relação à resistência ao corte, quando compactado e saturado;

Médio no que concerne à compressibilidade, quando compactado e saturado;

Razoável, em termos de trabalhabilidade como material de construção.

Peneiração

Massa total do Provete	Massa total retida no peneiro n° 10	% Retida no peneiro n° 10	Massa se solo após pré-tratamento
m_t	m_{10}	N'_{10}	m_b
3659,7	1369,8	37,4	86,95
(g)	(g)	(%)	(g)

Limites de Consistência

Limite de Liquidez	Limite de Plasticidade	Índice de Plasticidade	Índice de Plasticidade da Recta
LL	LP	IP	$IP_{(Recta)}$
36,9	34,1	2,8	12,3
(g)	(g)	(%)	(g)

Data:

20 de Outubro de 2013

Técnico:

Ricardo Simão

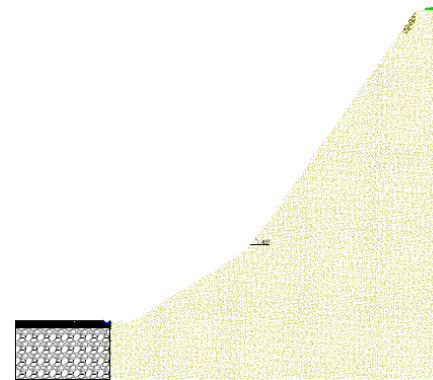
Assinatura: _____

Processo Construtivo Combinado “Muro Vivo vs Grade Viva”

O processo construtivo do combinado entre o muro vivo e a grade viva inicia-se por fases, de forma a tornar o processo simples e eficaz.

1ª Fase

Remoção do coberto vegetal de forma atingir a uniformização de todo o talude. A terra retirada nesta fase deve ser mantida em local próximo, de forma a garantir que não haja necessidade de importar terra de outro local para colmatar a falta que poderá existir. Abre-se uma vala no fundo do talude, conforme consta no projeto, de forma a aplicarem-se os primeiros troncos do muro, que irão suportar a estrutura.



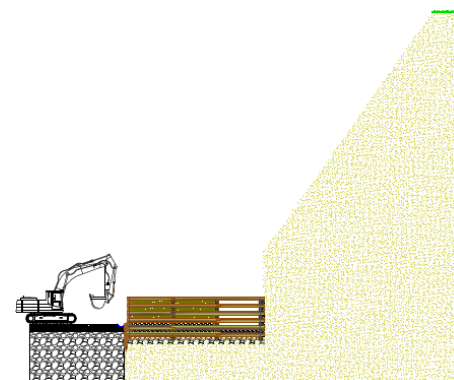
Remoção do coberto vegetal e uniformização do talude

O recurso a maquinaria pesada para a remoção do coberto vegetal, uniformização do talude e abertura da vala, deve-se ao fato de se querer imprimir uma maior rapidez aos trabalhos.

De salientar que existem regiões do mundo onde o uso deste tipo de máquinas é proibido em obras de engenharia natural, fazendo com que toda esta fase seja garantida por esforço humano.

2ª Fase

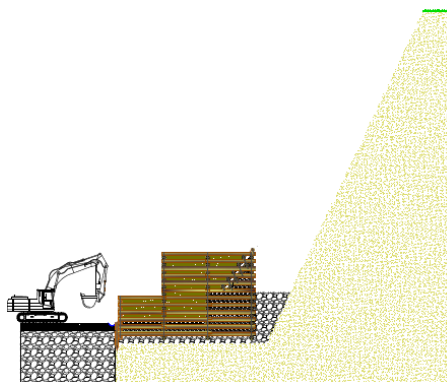
Introduzem-se os primeiros troncos horizontais e transversais, devidamente organizados. A aplicação destes troncos deve ser feita sempre do fundo do talude para o topo.



Aplicação dos troncos horizontais e transversais da caixa grande.

Materiais utilizados:

- Varões de Ferro.
- Troncos horizontais ($\varnothing 25$ cm e $L = 12$ m).
- Troncos transversais ($\varnothing 25$ cm e $L = 9$ m).



Aplicação dos troncos horizontais e transversais da caixa pequena.

3ª Fase

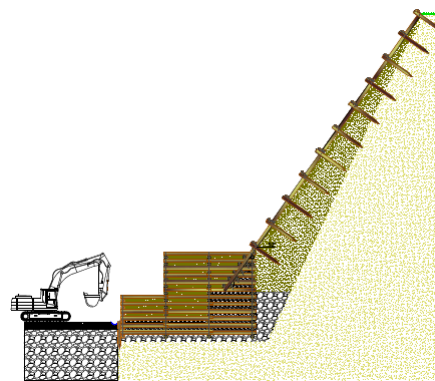
Introduzem-se troncos horizontais e transversais por cima da estrutura executada na fase três, devidamente organizados. A aplicação destes troncos deve ser feita sempre do fundo do talude para o topo.

Materiais utilizados:

- Troncos transversais ($\varnothing 25$ cm e $L = 6$ m).
- Troncos horizontais ($\varnothing 25$ cm e $L = 12$ m).
- Varões de Ferro.

4ª Fase

Aplicam-se no talude troncos verticais, horizontais e as estacas de fixação ao substrato. Coloca-se, também, terra vegetal para preencher o vazio existente. Criam-se furos nos troncos com a finalidade de ficarem bem amarrados uns aos outros.

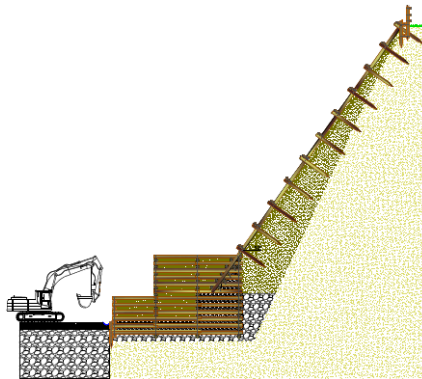


Aplicação da grade em madeira no talude.

Materiais utilizados:

- Varões de Ferro.
- Troncos verticais ($\varnothing 20$ cm e $L = 21, 20, 17, 14$ e 12 m).
- Troncos longitudinais ($\varnothing 15$ cm e $L = 12$ m).
- Estacas de fixação ao Substrato ($\varnothing 10$ cm e $L = 2$ m).

Este trabalho deve ser feito por meio de mão de obra por forma a facilitar a aplicação e distribuição dos troncos verticais por toda a parte superior da estrutura garantindo, assim, uma boa amarração de todos os elementos.



Aplicação das guardas de segurança.

5ª Fase

Aplicam-se os troncos de fixação ao solo e os troncos para a segurança à passagem.

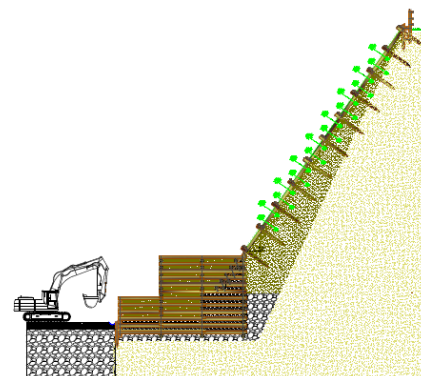
Materiais utilizados:

- Troncos segurança à passagem ($\varnothing 15$ cm e $L = 12$ m).
- Troncos para fixação ao solo ($\varnothing 15$ cm e $L = 2$ m).
- Varões de Ferro.

A aplicação de troncos de madeira no topo da estrutura prende-se por múltiplos fatores, dos quais se realça, como principal, a segurança à passagem de pessoas no topo do talude. Proporcionar-se-á um aumento da estabilidade no topo da estrutura, uma vez que aumentam as ligações entre os troncos verticais inclinados com os troncos que irão servir de gradeamento pedonal.

6ª Fase

Planta-se a vegetação selecionada para este talude.

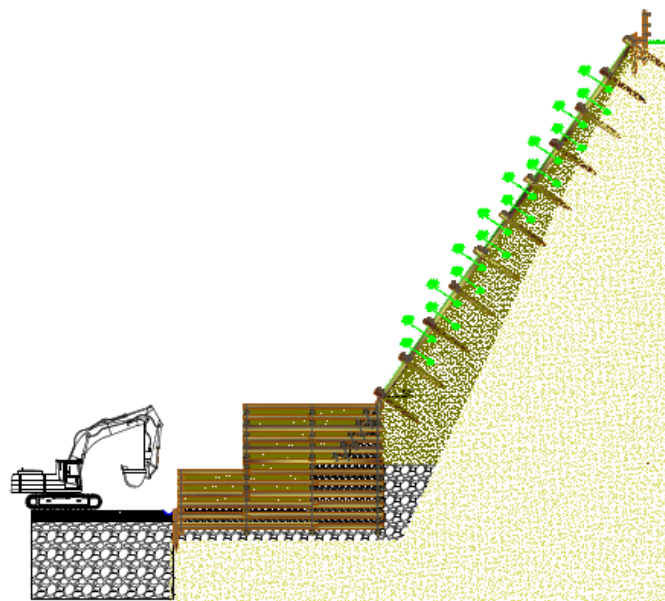


Aplicação da vegetação.

Materiais utilizados:

- Myrica Faia;
- Echium Candicans;
- Axonopus Compressus;

A revegetação do talude deve feita com recurso a mão-de-obra especializada, devido ao facto de se garantir um elevado índice de sucesso na plantação das espécies escolhidas. A intenção da introdução de plantas nestas técnicas prende-se com o facto do sistema radicular das mesmas se interligar com a estrutura para que seja possível aumentar o nível de estabilidade do talude.



Resultado final.