



2010/2011

**Caracterização hidráulica, hidrológica e de
transporte sólido do evento de 20 de Fevereiro de
2010 na Ribeira de João Gomes
Ilha da Madeira**

João Nélio Remêso Castro

(Licenciado)

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientador: Doutora Susana Luísa Nascimento Prada

Co-orientador: Doutor Rodrigo Proença de Oliveira

Júri: Doutora Susana Luísa Nascimento Prada

Doutor Paulo Miguel de Macedo França

Doutora Maria Manuela Portela

Abril de 2011

Agradecimentos

A todas as pessoas e entidades que directa ou indirectamente foram importantes para a elaboração deste trabalho, expresso os meus sinceros agradecimentos.

À Doutora Susana Prada pela disponibilidade e empenho, fundamentais na elaboração deste trabalho.

Ao Doutor Rodrigo Proença de Oliveira pela disponibilidade e pela elaboração das fichas de campo, de grande benesse na elaboração deste trabalho.

Ao Doutor Paulo França e à Eng.^a Joana André Reis, pelo interesse e dedicação demonstrados durante a realização deste trabalho.

Ao “Estudo de Avaliação do Risco de Aluvião na Ilha da Madeira” pela oportunidade de pertencer à equipa de estudo.

Ao Laboratório Regional de Engenharia Civil pela receptividade e utilização das instalações.

Ao Dr. Celso Figueira e ao Dr. Nuno Aguiar, pelos ensinamentos nos modelos digitais do terreno e pela disponibilidade de acompanhar nas saídas de campo.

Aos meus colegas, pelo incentivo e espírito de camaradagem demonstrados ao longo do curso.

À minha mãe, Maria Remêso, pelo constante incentivo, paciência e carinho que sempre soube demonstrar.

À minha namorada, Fátima Gouveia, pelo apoio incondicional, pela compreensão e pelo encorajamento perseverante.

Resumo

O presente trabalho surge em resultado do evento de 20 de Fevereiro de 2010, com o objectivo de caracterizar a bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes, nas suas vertentes hidráulicas, hidrológicas e de transporte sólido.

Inicialmente este trabalho relata as condições climáticas, geológicas e hidrológicas da ilha da Madeira, inclusive nos recursos hídricos e nas situações hidrológicas extremas. Em seguida é apresentada uma breve cronologia dos eventos aluviais presentes na ilha da Madeira desde o início do século XVIII.

Foram efectuados trabalhos de campo com o intuito de elaborar uma caracterização morfológica, conhecer a geometria do corredor fluvial, proceder à localização das zonas inundadas, zonas com deposição de material sólido e identificar as zonas com danos. Através da informação recolhida dos trabalhos de campo, foi possível alcançar estimativas de valores de caudais líquidos e velocidades de escoamento na zona canalizada a jusante da Ribeira de João Gomes.

Posteriormente através do modelo digital do terreno foi elaborada a delimitação da bacia hidrográfica e a determinação da sua rede de drenagem, procedendo à hierarquização da rede de drenagem, determinação dos declives da bacia e calcular as características geométricas e da rede de drenagem da bacia hidrográfica.

São apresentadas algumas medidas estruturais utilizadas em bacia hidrográficas de forma a proteger as zonas urbanas e minimizar os efeitos provocados por evento aluviais.

Palavras-chave:

Bacia hidrográfica
Ribeira João Gomes
Aluvião
Transporte sólido
Hidrologia
Análise morfológica

Abstract

This work comes as a result of the event from February 20, 2010 with the aim of characterizing the basin of the Ribeira de João Gomes, its components, hydraulic, hydrologic and sediment transport.

First this paper describes the climatic, geological and hydrological characteristics of Madeira Island, including in water resources and hydrological extreme situations. Then we present a brief chronology of events present in the alluvial island of Madeira since the early eighteenth century.

We conducted field studies in order to develop a morphological, knowing the geometry of the river corridor, to the location of the flooded areas, areas with deposition of solid material and identify areas of damage. Through information gathered from field work, it was possible to achieve estimates of values of liquid flow rates and flow velocities channeled in the area downstream of the Ribeira de João Gomes.

Later through the digital terrain model was developed to delimitation of watershed and determination of its drainage network, carrying the hierarchy of the drainage network, determining the slopes of the basin and calculate the geometric characteristics of the drainage network and watershed.

Are some structural measures used in hydrographic basin in order to protect urban areas and minimize the effects caused by flood event.

Key words:

Hydrographic basin

Ribeira João Gomes

Alluvion

Sediment transport

Hydrology

Morphological analysis

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Caracterização da Ilha da Madeira.....	2
1.2.1 Localização Geográfica	2
1.2.2 Clima	3
1.2.3 Rede Hidrográfica.....	4
1.2.4 Relevo.....	5
1.2.5 Solos da ilha da Madeira	6
1.2.6 Geologia	9
1.2.7 Bacias hidrográficas	11
1.2.8 Vegetação	12
2 Recursos Hídricos e Situações de Risco.....	14
2.1 Recursos Hídricos Superficiais.....	14
2.1.1 Precipitação	14
2.1.2 Escoamento.....	14
2.2 Recursos Hídricos Subterrâneos	15
2.2.1 Recarga e Disponibilidades Hídricas.....	15
2.3 Situações de Risco (Situações hidrológicas extremas).....	16
2.3.1 Cheias	16
2.3.2 Secas	16
2.3.3 Riscos de Inundações Associadas à Precipitação	16
2.3.4 Riscos de Erosão, Geológico e Transporte Sólido	17
3 Aluviões na Ilha da Madeira.....	19
3.1 Definição de aluvião	19
3.2 Cronologia de aluviões na Madeira	19
3.3 Considerações finais	27
4 Trabalhos de campo.....	28
4.1 Metodologia.....	28

4.1.1	Metodologia dos trabalhos de campo	28
4.1.2	Metodologia de Cálculo	28
4.2	Secções transversais.....	31
4.2.1	Seleccção das secções transversais	31
4.2.2	Levantamento das secções transversais.....	31
4.3	Caracterização Morfológica.....	34
4.3.1	Cálculo das Áreas	34
4.3.2	Cálculo de Volumes	35
4.3.3	Cálculo dos declives	37
4.4	Caracterização Geométrica do corredor fluvial	38
4.4.1	Zona canalizada	38
4.4.2	Zonas não canalizadas	38
4.5	Determinação do caudal e velocidade de escoamento.....	38
4.6	Localização das zonas inundadas	41
4.7	Localização das zonas de deposição de material sólido	43
4.8	Avaliação Granulométrica dos depósitos de material sólido.....	46
4.8.1	Condições gerais.....	46
4.8.2	Avaliação Granulométrica nos principais cursos de água.....	47
4.8.3	Avaliação Granulométrica nas ruas afectadas	49
4.9	Localização de danos	51
5	Bacia Hidrográfica da Ribeira João Gomes	53
5.1	Localização da Bacia Hidrográfica.....	53
5.2	Determinação da rede de drenagem e delimitação da Bacia Hidrográfica	53
5.3	Hierarquização da rede de drenagem.....	56
5.4	Identificação do canal principal.....	59
5.5	Solos	60
5.6	Geologia.....	62
5.7	Declives	65
5.8	Precipitação.....	67
5.9	Escoamento subterrâneo	68

5.10	Vegetação	69
5.11	Radiação solar.....	70
5.12	Análise Morfológica	71
5.12.1	Características Geométricas da bacia hidrográfica.....	71
5.12.2	Características da Rede de Drenagem	73
5.12.3	Características do Relevo	75
5.12.4	Relação de Bifurcação	81
5.12.5	Tempo de Concentração	82
5.13	Considerações finais	83
6	Medidas estruturais em bacias hidrográficas.....	85
6.1	Barragens	86
6.1.1	Barragem de betão ou de pedra cimentada.....	86
6.1.2	Barragens de gabiões	87
6.1.3	Barragens de madeira e pedra.....	87
6.1.4	Barragens parede ou pedra seca.....	88
6.2	Soleiras	89
6.2.1	Soleiras de betão ou pedra	89
6.2.2	Soleiras de gabiões	90
6.2.3	Soleiras feitas com blocos ou blocos ancorados ao solo ou com madeira e pedras	90
6.3	Bacias de retenção	91
6.3.1	Barragens tela com barras verticais em aço ou betão	92
6.3.2	Barragens viga	92
6.4	Esporões.....	93
6.4.1	Esporões em betão ou com pedras cimentadas.....	94
6.4.2	Esporões com gabiões	94
6.4.3	Esporões com blocos pré-fabricados ou naturais	95
6.4.4	Esporões com rochas e estacas ou madeira e estacas	96
6.5	Revestimento do canal	96
6.5.1	Revestimento em betão ou com pedras cimentadas	97
6.5.2	Revestimento com gabiões	97
6.5.3	Revestimento com madeira ou com madeira e pedras	98
6.6	Diques e Muros de canalização	99

6.6.1	Diques de aterro.....	99
6.6.2	Muros de canalização em betão, pedra ou tijolos cimentados.....	100
6.7	Considerações finais	101
7	Conclusões e recomendações	105
7.1	Conclusões.....	105
7.2	Recomendações de minimização dos efeitos das cheias	106
	Bibliografia.....	108
	Anexo I.....	110
	Anexo II.....	179
	Anexo III	196

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização Geográfica da ilha da Madeira	2
Figura 2 – Rede hidrográfica da ilha da Madeira	5
Figura 3 – Hipsometria da Ilha da Madeira	6
Figura 4 - Áreas das bacias hidrográficas.....	11
Figura 5 – Valores de precipitação acumulada em 1 hora.....	26
Figura 6 – Localização das secções 1/2.....	32
Figura 7 – Localização das secções 2/2.....	33
Figura 8 – Localização da área inundada	42
Figura 9 – Rua do Ribeirinho de Baixo durante o evento	43
Figura 10 – Rua Direita após evento	43
Figura 11 - Ponte do Carmo	44
Figura 12 - Secção 15	44
Figura 13 – Junto ao edifício Oudinot.....	44
Figura 14 – Rua da Boa Viagem	44
Figura 15 – Localização das áreas com deposição de material sólido	45
Figura 16 - Mancha da granulometria do leito do canal.....	48
Figura 17 - Mancha da granulometria do assoreamento.....	49
Figura 18 - Muro de suporte danificado	51
Figura 19 - Reconstrução das soleiras	51
Figura 20 - Localização dos danos	52
Figura 21 – Localização da Bacia Hidrográfica da Ribeira João Gomes.....	53
Figura 22 – Rede de drenagem.....	54
Figura 23 - Delimitação da Bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes	55
Figura 24 – Hierarquização de Strahler	57
Figura 25 – Hierarquização de Shreve	58
Figura 26 - Perfil longitudinal do curso de água principal	59
Figura 27 - Localização do curso principal	60
Figura 28 – Carta de solos da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes	61
Figura 29 – Áreas ocupadas pelos diferentes tipos de solos.....	62
Figura 30 – Carta geológica da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes.....	63
Figura 31 – Áreas ocupadas pelos diferentes tipos de formações geológicas.....	64
Figura 32 – Pontos de descontinuidade dos complexos vulcânicos	65
Figura 33 – Mapa de declives.....	66

Figura 34 – Precipitação média anual.....	67
Figura 35 – Mapa de aquíferos	69
Figura 36 – Radiação solar média anual.....	71
Figura 37 – Curva hipsométrica	76
Figura 38 – Curva hipsométrica adimensional	77
Figura 39 – Estado de Maturidade de bacias hidrográfica	78
Figura 40 – Perfil longitudinal do curso de água principal, declive médio, equivalente e 10;85	80
Figura 41 – Barragem de pedra cimentada.....	86
Figura 42 – Barragem de gabiões	87
Figura 43 – Barragem de madeira e pedras	88
Figura 44 – Barragem parede	88
Figura 45 – Soleira de betão	89
Figura 46 – Soleira de gabiões	90
Figura 47 – Soleiras feita com madeira e pedras.....	91
Figura 48 – Barragem tela com barras verticais	92
Figura 49 - Barragem viga com pilão central	93
Figura 50 - Barragem viga com abertura vertical	93
Figura 51 - Barragem viga com barras horizontais em aço	93
Figura 52 – Esporão em betão	94
Figura 53 – Esporão com gabiões.....	95
Figura 54 – Esporões em pedras.....	95
Figura 55 – Esporão com estacas e rochas	96
Figura 56 – Canal revestido em betão	97
Figura 57 – Canal revestido com gabiões.....	98
Figura 58 – Canal revestido em madeira e pedras.....	98
Figura 59 – Dique de aterro	100
Figura 60 – Muro de canalização em alvenaria de pedra	100

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Dimensões das maiores bacias hidrográficas da Ilha da Madeira	12
Tabela 2 - Ocupação Florestal de ilha da Madeira	13
Tabela 3 – Ocorrência mensal de aluviões	27
Tabela 4 – Coeficientes de Rugosidade.....	30
Tabela 5 - Determinação das áreas líquidas e sólidas	34
Tabela 6 - Determinação dos volumes sólidos no curso de água principal.....	35
Tabela 7 - Determinação dos volumes sólidos depositados nas ruas circundantes	36
Tabela 8 - Determinação dos declives no troço das secções	37
Tabela 9 – Coeficientes de Rugosidade.....	39
Tabela 10 – Determinação do caudal e velocidade de escoamento das secções	40
Tabela 11 – Granulometria de material detrítico.....	47
Tabela 12 - Classificação granulométrica do material sólido das ruas.....	50
Tabela 13 – Cálculo do Índice de compacidade de Gravelius e Índice de alongamento	73
Tabela 14 – Cálculo da Densidade de Drenagem.....	74
Tabela 15 – Percursos médios	75
Tabela 16 – Cálculo da curva hipsométrica.....	75
Tabela 17 – Cálculo da curva hipsométrica adimensional	77
Tabela 18 – Cálculo dos Declives Médio, Equivalente e 10; 85	80
Tabela 19 – Cálculo da Relação de Bifurcação	81
Tabela 20 – Cálculo dos Tempos de Concentração.....	83
Tabela 21 – Resumo dos resultados obtidos.....	83
Tabela 22 – Vantagens e desvantagens das soluções estruturais	102

1 Introdução

1.1 Enquadramento

As aluviões estão desde sempre presentes na ilha da Madeira, sendo este fenómeno causador de grandes prejuízos materiais e por inúmeras vítimas mortais ao longo dos tempos. A aluvião resulta de uma violenta precipitação numa área restrita que, conseqüentemente provoca o arrastamento de grandes volumes de material sólido, onde pode ocorrer o assoreamento e estrangulamento do canal, resultando o transbordamento dos canais de escoamento.

Segundo algumas bibliografias, desde o início do século XVIII ocorreram cerca de 34 aluviões na Madeira, sendo o mês de Outubro o mais propício à ocorrência de aluviões, cerca de 10 aluviões registadas.

Em função da aluvião decorrida no dia 20 de Fevereiro de 2010, a zona baixa do Funchal ficou completamente inundada devido ao assoreamento das ribeiras, provocado quer pelo deslizamento de taludes naturais arrastados pelos fortes caudais, quer pelo material grosseiro depositado ao longo do leito do canal de escoamento. A quantidade de material sólido foi tão elevada, que em certas zonas impossibilitou a passagem da água, estrangulando o canal de escoamento, resultando o vazamento para fora da zona canalizada e conseqüentemente cobriu várias zonas circundantes ao leito da Ribeira de João Gomes.

Este trabalho enquadrou-se no projecto “Estudo de Avaliação do Risco de Aluvião na Ilha da Madeira”, projecto elaborado em função da aluvião de 20 de Fevereiro de 2010, com a participação do Instituto Superior Técnico, Universidade da Madeira e Laboratório Regional de Engenharia Civil.

1.2 Caracterização da Ilha da Madeira

1.2.1 Localização Geográfica

O arquipélago da Madeira situa-se na parte central do Atlântico Oriental (Figura 1) entre os meridianos 15° 51' e 17° 16' e os paralelos 30° 01' e 33° 08'.



Figura 1 - Localização Geográfica da ilha da Madeira

(Fonte: Adaptado do Google Maps)

O arquipélago da Madeira é constituído pela ilha da Madeira, ilha de Porto Santo, ilhas Desertas e ilhas Selvagens. A ilha da Madeira é a principal ilha do arquipélago tendo uma área de 736,75 km² e apresenta um declive médio de 56%. A ilha da Madeira está unida as ilhas Desertas através da isóbata dos 200 metros de profundidade. As ilhas Desertas são constituídas por três ilhas, nomeadamente, pela Deserta Grande, Bugio e Ilhéu Chão, tendo uma área total de 14,23 km².^[14]

A ilha do Porto Santo constitui a segunda maior ilha do arquipélago tendo uma área total de 42,17 km² e apresenta um declive médio de 26%, que apesar de situar-se próximo da Madeira, estão separados por um canal com isóbatas com profundidades superiores a 2000 metros de profundidade, constituindo edifícios vulcânicos diferentes, sendo o edifício vulcânico da ilha do Porto Santo mais antigo.

As ilhas Selvagens são as que apresentam menores dimensões em relação ao restante arquipélago, são constituídas por duas ilhas, nomeadamente, pela Selvagem Grande e Selvagem Pequena, tendo uma área total de 3,62 km².^[14]

1.2.2 Clima

Os principais factores que influenciam o clima da ilha da Madeira são: a deslocação de uma massa de ar polar ou tropical, a influência dos anticiclones sub-tropical do Hemisfério Norte (Anticiclone dos Açores), dos anticiclones continentais do noroeste de África e da Europa Ocidental e os centros de baixa pressão de origem térmica.^[14]

As massas de ar húmido provenientes de Oeste, arrastadas pelo vento, sobem por entre os interflúvios até aos picos mais elevados, originando um clima muito húmido a super-húmido nas vertentes norte e oeste e nas áreas dos picos do Areeiro, Ruivo e Grande.

No Verão os anticiclones incitam altas pressões que provocam a subsidência do ar e consequentemente a estabilidade atmosférica, resultando uma redução ou ausência de ocorrência de precipitação.

No Inverno com a ausência dos sistemas de altas pressões para Sul, as pressões provenientes de Oeste são responsáveis por porção da ocorrência de precipitação.

A temperatura do ar varia com a exposição solar e com a altitude do local, devido à sua diminuição conforme aumenta a altitude. A costa sul atinge valores superiores a costa norte, tendo o Lugar de Baixo temperaturas médias de 19,4°C, enquanto nas regiões do litoral norte as temperaturas rondam os 17,5°C. A zona onde as temperaturas atingem valores mínimos é nas regiões altas entre os 1500 e 1600 m de altitude, onde as temperaturas médias rondam os 9,1°C, descendo em alguns casos pontuais para temperaturas inferiores aos 0°C, originando a queda de neve.^[16]

Em relação aos ventos provêm maioritariamente, cerca de 56 a 58% durante o ano, de nordeste entre os meses de Abril e Setembro, os ventos de oeste estão associados à queda de precipitação e ocorrem de 20 a 22% durante o ano, os ventos de norte ocorrem no Inverno, caracterizado por ser tempestuoso, podendo nos casos extremos causar neve nas regiões altas, acontece de 10 a 12% durante o ano. Os ventos de sul e leste são

caracterizados por fazer subir a temperatura, especialmente nas zonas altas, são os ventos que acontecem com menor frequência e menor duração. ^[16]

1.2.3 Rede Hidrográfica

Na ilha da Madeira o principal agente modelador do relevo é a água. A água em regime torrencial, associada a elevadas altitudes e a elevadas taxas de pluviosidade existentes na Ilha da Madeira, resulta na formação de vales encaixados.

Os vales, na sua maioria, são profundos, estreitos e com perfil transversal em V, sendo um perfil característico em maciços rochosos. No entanto existem vales com o perfil transversal em V aberto, sendo um perfil característico de maciços terrosos.

Geometricamente, a ilha possui forma cónica, tendo uma rede de drenagem radial, iniciada nas zonas altas que se propaga até à periferia da ilha, através de cursos de água, geralmente, curtos e com direcção perpendicular à costa. ^[14]

Além da precipitação, o intenso coberto vegetal contribui para uma quantidade de água considerável, devido à interceptação do nevoeiro pela vegetação, contribuindo para a recarga de aquíferos. ^{[13] [15] [17]}

A encosta norte apresenta um elevado número de cursos de água de carácter torrencial, gerando caudal durante todo o ano, ao contrário dos cursos de água da encosta sul, que em alguns casos secam na época de estiagem. Na zona oeste o abastecimento de águas é feito através da infiltração do planalto do Paúl da Serra, entre fissuras nas escoadas basálticas. De importância destacar outras duas zonas de recarga, uma entre o Pico do Areeiro e o Pico Ruivo e outra no Santo da Serra. ^[12]

A Figura 2 apresenta a rede hidrográfica de toda a Ilha da Madeira.

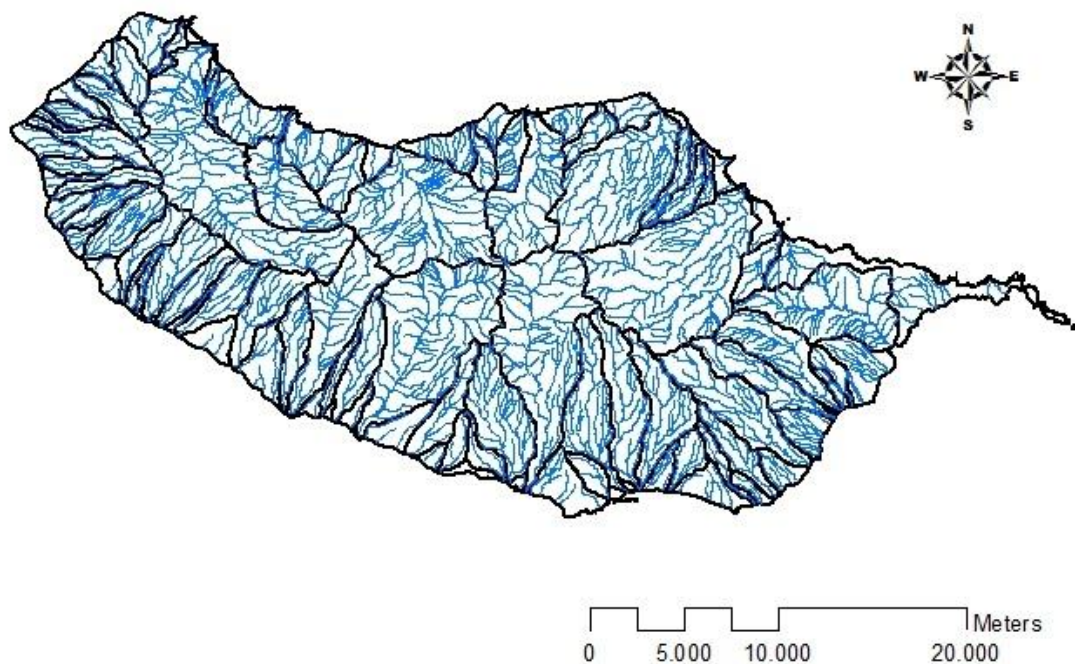


Figura 2 – Rede hidrográfica da ilha da Madeira

(Fonte: Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente)

1.2.4 Relevo

A ilha da Madeira apresenta um relevo muito acentuado tendo uma altitude média de 646 metros. Abaixo dos 100 metros de altitude a ilha da Madeira tem apenas uma área de 8%, o que revela o seu relevo acentuado. A área com 51% da ilha encontra-se entre os 200 e 800 metros de altitude, e 20% da ilha situa-se em altitudes entre os 1000 e 1600 metros. ^[18]

O Plano Regional da Água da Madeira (2002) ^[18] criou de um modelo digital do terreno da ilha de Madeira do qual foi determinado o declive médio de cerca de 56%.

Na ilha do Porto Santo, devido as suas dimensões apresenta valores bem inferiores aos da ilha da Madeira, sendo 40% da área da ilha com altitude inferior a 50 metros e a maior parte da ilha, cerca de 54% situada ente os 50 e 200 metros. ^[18]

A Figura 3 apresenta a hipsometria da Ilha da Madeira.

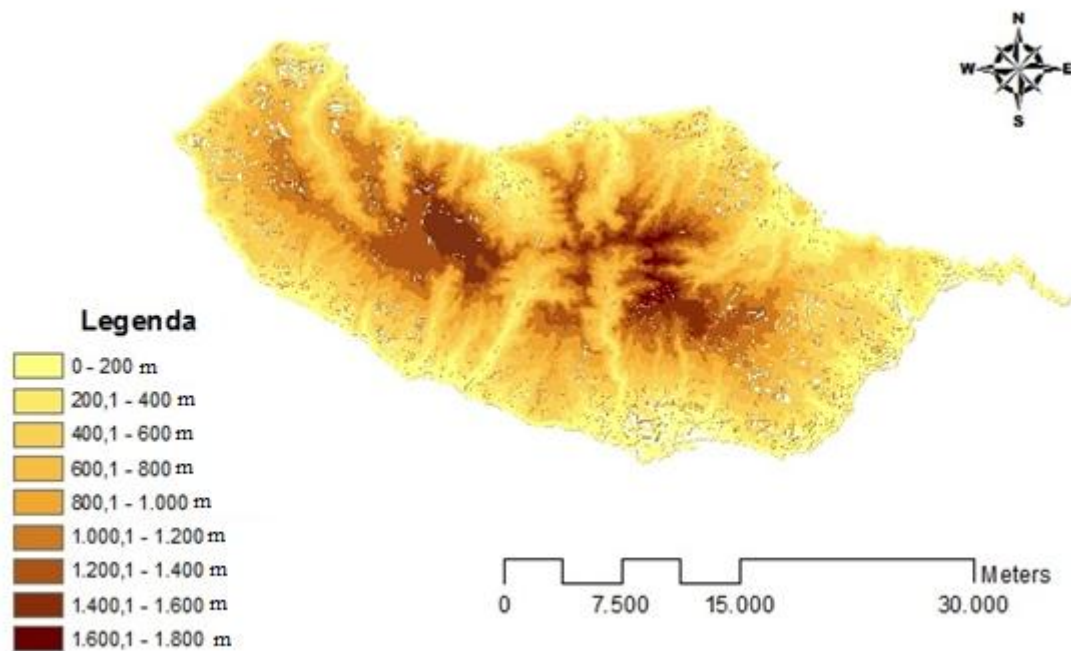


Figura 3 – Hipsometria da Ilha da Madeira

(Fonte: Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente)

1.2.5 Solos da ilha da Madeira

Os solos da ilha da Madeira caracterizam-se por serem maioritariamente ocupada por solos de origem basáltica. Através da carta dos solos da ilha da Madeira (1992) ^[22] é possível localizar 8 grupos principais de solos, subdivididos em 15 unidades-solo. Os grupos e unidades-solo que constituem a ilha da Madeira são os seguintes:

Fluvisols (FL): Os “Fluvisols” observados na ilha da Madeira encontram-se em duas unidades-solo, a “Eutric Fluvisols” (FLe) e “Dystric Fluvisols” (FLd). São caracterizados por serem de origem aluvional, constituídos por depósitos não-consolidados muito heterogéneos e localizam-se nas margens das linhas de água.

Leptosols (LP): Os “Leptosols” distribuem-se por toda a ilha, em variadas condições climáticas, não sendo subdividido em unidades-solo. São caracterizados por solos pedregosos, apresentam a menos de 30 cm de profundidade rocha dura continua e/ou

material fortemente calcário (> 40%), sendo mais de 80% de material grosseiro localizado desde a superfície até uma profundidade de 75cm.

Arenosols (AR): Os “Arenosols” são encontrados em apenas uma unidade-solo, a “Calcaric Arenosols” (ARe). Este tipo de solo é formado a partir de areias de dunas de natureza calcária, sendo caracterizado pelo fraco poder de retenção de água.

Andosols (AN): Os “Andosols” são constituídos por 4 unidades-solo, nomeadamente, “Haplic Andosols” (ANh), “Mollic Andosols” (ANm), “Umbric Andosols” (ANu) e “Vitric Andosols” (ANz). As unidade-solo “Umbric Andosols” e “Haplic Andosols” derivam maioritariamente de rochas basáltica e são ricos em matéria orgânica. Os “Vitric Andosols” são constituídos predominantemente por materiais soltos de piroclastos grosseiros, apresentando reduzido poder de retenção de água. Os “Mollic Andosols” encontram-se com muito pouca frequência.

Vertisols (VR): Os “Vertisols” encontram-se em apenas uma unidade-solo, a “Eutric Vertisols” (VRe). Caracterizam-se por derivarem apenas de rochas basálticas de natureza compacta e encontram-se em áreas com clima semiárido e sub-húmido, localizando sobretudo abaixo dos 200 m e na costa sul.

Cambisols (CM): Os “Cambisols” subdividem-se em 5 unidades-solo, nomeadamente, “Eutric Cambisols” (CMe), “Dystric Cambisols” (CMd), “Humic Cambisols” (CMu), “Chromic Cambisols” (CMx) e “Vertic Cambisols” (CMv). Caracteriza-se por ser um solo frequentemente derivado de rochas basáltica, menos frequente formam-se a partir de tufos e muito raramente são formados por piroclastos grosseiros. Localiza-se geralmente abaixo do 700 m, encontrando-se em áreas onde o clima varia de semiárido a húmido. Os separam-se em dois conjuntos de solos, saturados e insaturados, os “Eutric Cambisols”, os “Chromic Cambisols” e os “Vertic Cambisols” são saturados, ou seja, com grau de saturação base superior a 50% e os restantes, “Dystric Cambisols” e “Humic Cambisols” são insaturados, ou seja, com grau de saturação base inferior a 50%.

Calcisols (CL): Os “Calcisols” encontram-se em apenas uma unidade-solo, a “Haplic Calcisols” (CLh). Caracteriza-se por derivarem de rochas basálticas e piroclastos, encontram-se apenas sob clima semiárido e não ultrapassam os 100 m de altitude.

Estam pouco representados na ilha da Madeira localizando-se apenas na Ponta de S. Lourenço e nos ilhéus situados a Este.

Phaeozems (PH): Os “Phaeozems” encontram-se em apenas uma unidade-solo, a “Haplic Phaeozems” (PHh). Caracteriza-se por derivarem principalmente de rochas basálticas, localizam-se em zonas abaixo do 600 m de altitude, em áreas sob um clima sub-húmido a húmido.

É necessário referir ainda a existência de tipos especiais de terreno na ilha da Madeira, como é o caso dos seguintes:

Depósito de praia (DP): Áreas de deposição de material grosseiro rolado de origem basáltica, maioritariamente com granulometria de calhaus, que ocorrem ao longo da costa.

Terreno Rochoso (TR): Áreas ocupadas por afloramentos rochosos de origem basáltica. O Terreno Rochoso divide-se em dois conjuntos, o Terreno Rochoso Êútrico (TRe) e o Terreno Rochoso Dístrico (TRd). O Terreno Rochoso Êútrico localiza-se abaixo do 600 m de altitude, em áreas sob um clima semiárido a húmido, encontrando-se num grau de saturação acima dos 50%. O Terreno Rochoso Dístrico localiza-se acima dos 200 m de altitude, em áreas sob um clima húmido a super-húmido, encontrando-se num grau de saturação inferior a 50%.

Terreno Acidentado (TA): Áreas predominantemente montanhosas e sem escarpas, áreas montanhosas com maior ou menor extensão de escarpas e áreas exclusivamente escarpadas. O Terreno Acidentado divide-se em dois conjuntos, o Terreno Acidentado Êútrico (TAe) e o Terreno Acidentado Dístrico (TAd). O Terreno Acidentado Êútrico localiza-se essencialmente em altitude inferiores a 600 m, sob um clima semiárido a húmido e engloba as seguintes unidades-solo: VRe, CMe, CMx, CMv, CLh e PHh. O Terreno Acidentado Dístrico localiza-se de forma distribuída a altitudes superiores a 200 m, sob um clima húmido a super-húmido e engloba as seguintes unidades-solo: ANh, ANu, CMd e CMu.

Acumulações Salinas (S): Área onde em tempos foi ocupada por salinas, apresenta ainda hoje uma elevada concentração de salina à superfície. Esta área situa-se próxima ao Paúl do Mar.

1.2.6 Geologia

A Ilha da Madeira situa-se na placa tectónica Africana e foi edificada resultando de uma intensa actividade vulcânica, na sua maioria durante o período do Miocénico tendo também alguma actividade no início do Quaternário.

A ilha do Porto Santo tem uma formação mais antiga do que as ilhas das Desertas e Madeira, tendo um edifício vulcânico diferente e com litologias mais diversificadas. As ilhas Desertas são um prolongamento da ilha da Madeira, são do mesmo edifício vulcânico e têm semelhanças geológicas. As ilhas Selvagens são de outro edifício vulcânico diferente, tendo semelhanças ao arquipélago das Canárias.^[18]

A ilha da Madeira é composta por três fases de erupção vulcânica, sendo a sua evolução espacial e temporal determinada por duas zonas de rift, englobando também as Ilhas Desertas. O Complexo Vulcânica Inferior (CVI) foi formado há mais de 5,57 milhões de anos, posteriormente deu-se a formação do Complexo Vulcânico Intermédio (CVM) formado num período entre os 5,57 e os 1,8 milhões de anos, por fim acontece a formação do Complexo Vulcânico Superior (CVS) durante um período entre 1,8 a 0,007 milhões de anos.^[3]

Os complexos são compostos por várias unidades estratigráficas, pois diferem na evolução do edifício vulcânico em termos da sua geometria e formação, apresentando descontinuidades nos complexos vulcânicos. Essas descontinuidades são denominadas por vulcano-estratigráficas.

O Complexo Vulcânico Inferior é composto por duas unidades de vulcano-estratigráficas, tendo na base a unidade do Porto da Cruz (CVI 1) que corresponde a unidade mais antiga e no topo situa-se a unidade dos Lameiros (CVI 2). A unidade do Porto da Cruz emerge em duas regiões, no Porto da Cruz, mais concretamente do litoral até à altitude de 390 metros e no interior do vale de São Vicente a uma altitude entre os 70 e os 700 metros. A unidade dos Lameiros é composta por rochas sedimentares carbonatadas, emerge unicamente no Sítio dos Lameiros, situado no vale de São Vicente, sendo visível entre altitudes superiores a 300 metros.^[3]

A segunda fase de edificação vulcânica constitui o volume principal emerso da ilha da Madeira, corresponde ao Complexo Vulcânico Intermédio, sendo este composto por três

unidades vulcano-estratigráficas, nomeadamente, as unidades da Encumeada (CVM 1), Penha d'Águia (CVM 2) e Curral das Freiras (CVM 3).

A base do complexo é composta pela unidade da Encumeada que assenta sobre as unidades do Complexo Vulcânico Antigo. Esta unidade aflora na região da Encumeada, na vertente ocidental da depressão do Curral das Freiras, na área a montante do vale de Boaventura, na Ribeira do Faial, nas arribas da região do Faial/Ponta dos Clérigos, no Porto da Cruz e na base da arriba litoral (a oriente do Porto da Cruz). Na zona da Encumeada a unidade localizasse na cabeceira do vale da Ribeira de Serra de Água e do vale do São Vicente, com altitudes entre os 160 e os 970 metros, na depressão do Curral das Freiras encontra-se a altitudes de até 1100 metros.^[3]

A unidade da Penha d'Águia situa-se sobre a unidade da Encumeada, cobrindo quase toda a ilha, em excepção duma faixa entre o Porto da Cruz e Machico e a sul entre o Funchal e Machico. Esta unidade é composta maioritariamente por empilhamentos de finas escoadas basálticas.

A última unidade vulcano-estratigráfica do Complexo Vulcânico Intermédio é a unidade do Curral da Freiras, encontra-se sobre as outras duas unidades inferiores, nomeadamente as unidade da Encumeada e Penha d'Águia. A unidade do Curral da Freira aflora quase toda a extensão da costa ocidental, nas arribas do litoral e nas encostas com vales profundos no interior da ilha. Entre a Encumeada e o Paul da Serra a unidade é composta por empilhamentos de derrames basálticos espessos, sendo noutros sítios de características semelhantes à unidade da Penha d'Águia.^[3]

A terceira fase de edificação vulcânica corresponde ao Complexo Vulcânico Superior, agrupa as manifestações eruptivas mais recentes, é composto por duas etapas que correspondem a duas unidades vulcano-estratigráficas, a unidade dos Lombos (CVS 1) caracterizada como a etapa do revestimento vulcânico insular e a unidade do Funchal (CVS 2) caracterizada como uma etapa de vulcanismo pós-erosão.

A unidade dos Lombos é assim denominada devido a emergir através dos centros eruptivos, localizados predominantemente nas regiões altas, escoando o material lávico, composto essencialmente materiais piroclásticos de composição basáltica, em direcção ao litoral, cobrindo quase todo o edifício vulcânico insular. A morfologia desta unidade caracterizava-se por ser aplanada, horizontal ou suavemente inclinada, sofre alterações

com a nova fase erosiva, denominada por unidade do Funchal, responsável pela incisão da maioria dos grandes vales da ilha. A unidade do Funchal é composta por escoadas lávicas e materiais piroclásticos basálticos, aflora um pouco por toda a ilha, mas encontra-se bem exposta na zona do Funchal, em concordância com a unidade inferior as zonas mais aplanadas e em discordância no interior dos vales. ^[3]

1.2.7 Bacias hidrográficas

A ilha da Madeira é constituída por várias bacias hidrográficas, que geralmente são estreitas nos principais cursos de água, alongadas e com áreas relativamente pequenas.

As principais bacias hidrográficas da ilha da Madeira segundo os valores obtidos pelos *shapefiles* disponibilizados pelo Atlas do Ambiente são as bacias hidrográficas da Ribeira das Janelas, Ribeira de São Vicente, Ribeira de São Roque Do Faial, Ribeira de São Jorge, Ribeira dos Socorridos, Ribeira Brava e Ribeira de Machico (Figura 4).

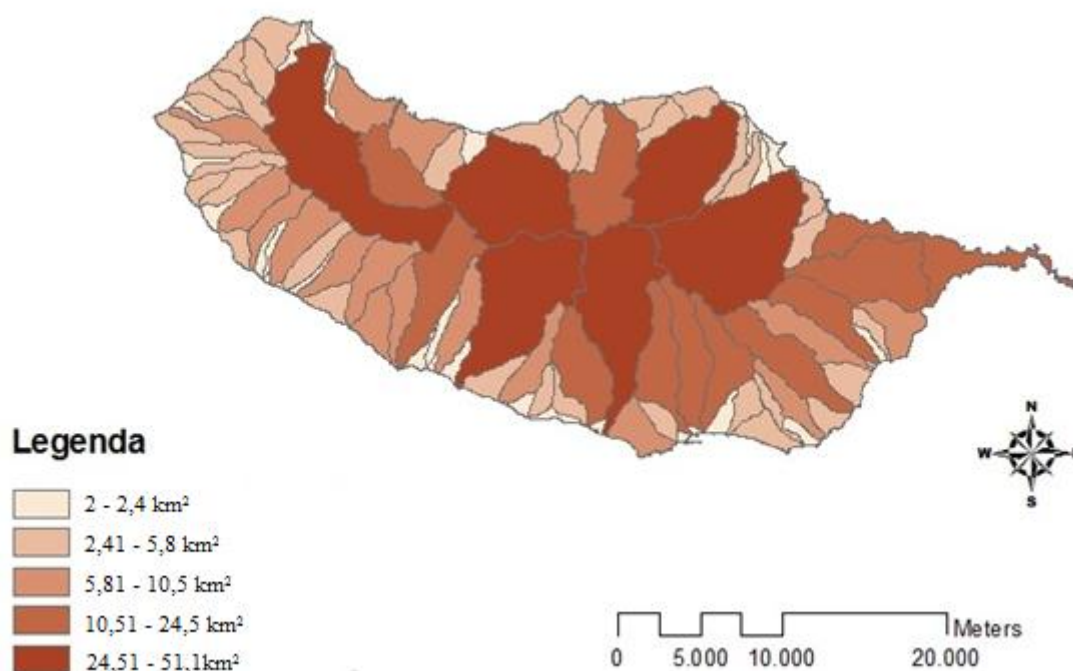


Figura 4 - Áreas das bacias hidrográficas

(Fonte: Adaptado do Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente)

A Tabela 1 apresenta as dimensões em relação à área e perímetros das sete maiores bacias hidrográficas da Ilha da Madeira.

Tabela 1 – Dimensões das maiores bacias hidrográficas da Ilha da Madeira

Bacia Hidrográfica	Área (km²)	Perímetro (km)
Ribeira das Janelas	51,1	44,57
Ribeira São Roque do Faial	49,94	31,69
Ribeira Brava	41,22	31,87
Ribeira dos Socorridos	38,69	35,28
Ribeira de São Vicente	37,55	27,83
Ribeira de São Jorge	32	25,4
Ribeira de Machico	24,58	24,97

A maior bacia hidrográfica existente na ilha da Madeira é a bacia hidrográfica da Ribeira das Janelas que apresenta uma área de 51,1 km², com perímetro de 44,57 km.

Na ilha do Porto Santo as bacias hidrográficas são de reduzidas dimensões e com formas muito irregulares, sendo as áreas com valores de 8 km².

1.2.8 Vegetação

A vegetação na ilha da Madeira tem um papel importante em relação a infiltração da água do solo, estabilização de taludes naturais e na diminuição da erosão do solo.

A vertente norte da ilha é responsável pelo maior densidade de vegetação, devido ao facto das temperaturas serem inferiores e os teores de humidade superiores, providenciando condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Esta vegetação torna-se mais visível em altitudes superiores, entre os 300 e os 1300 m, onde abunda uma floresta em estado natural. Por outro lado a vertente sul que apresenta uma densidade de vegetação inferior, estando esta situada entre altitudes que variam dos 700 a 1200 m. ^[11]

A floresta é constituída pela ocupação de povoamentos florestais de diferentes tipos, destacando os povoamentos florestais mistos, povoamentos de eucalipto, acácia, pinheiro bravo e outros. A maioria da ocupação florestal da ilha da Madeira é feita

através de povoamentos florestais mistos, contendo estes povoamentos 50% de pinheiro bravo, 40% de eucalipto e 10% acácia. O pinheiro bravo é a espécie com mais abundância na floresta natural da ilha da Madeira. ^[8]

A Tabela 2 mostra a ocupação florestal com os diferentes tipos de vegetação na ilha da Madeira.

Tabela 2 - Ocupação Florestal de ilha da Madeira

(Fonte: ERAMAC 2 [8])

Tipo de ocupação florestal	Área de ocupação (ha)
Povoamento florestais mistos	7.228,63
Pinheiro bravo	5.866,66
Outros	2.453,51
Eucalipto	1.054,46
Acácia	204,18
Total	16.807,44

2 Recursos Hídricos e Situações de Risco

2.1 Recursos Hídricos Superficiais

2.1.1 Precipitação

A ilha da Madeira apresenta um relevo acentuado, que traduz num acréscimo de precipitação relacionada com o aumento da altitude.

Os valores de precipitação variam em relação à vertente Norte e Sul da ilha, tendo valores na ordem dos 600 mm de precipitação anual média na vertente sul e 1000 mm na vertente Norte. Nas zonas centrais de maior altitude apresentam os valores máximos de precipitação média anual de 2850 mm a 3000 mm.^[18]

A precipitação ocorre em 80% do semestre anual húmido (de Outubro a Março), tendo os valores máximos no mês de Novembro e os valores mínimos no mês de Julho. A precipitação anual média é de 1628 mm, sendo a precipitação no ano seco e húmido de 1296 mm e 1952 mm, respectivamente.^[18]

Na ilha do Porto Santo o relevo é menos acentuado, em relação à ilha da Madeira, tendo uma precipitação anual média de 355 mm, sendo a precipitação no ano seco e húmido de 276 mm e 433 mm, respectivamente. Os valores máximos de precipitação ocorrem entre os meses de Novembro e Janeiro, de aproximadamente 58 mm, e os valores mínimos em Julho, de aproximadamente 2 mm.^[18]

2.1.2 Escoamento

Em relação ao escoamento, somente serão abordados o escoamento superficial e escoamento subterrâneo. O escoamento superficial é aquele que surge através da ocorrência da precipitação nas bacias hidrográficas, propagando o escoamento através da superfície do terreno. No caso do escoamento subterrâneo, ocorre quando há contribuição das reservas subterrâneas para os escoamentos das linhas de água.

O escoamento superficial atinge, em altura uniforme de água, os valores mais baixos junto à costa e aumenta com a altitude, obtendo valores máximos nos picos mais altos da ilha, como é o caso do Pico Ruivo e do Pico do Areeiro, que atingem valores na ordem dos 1600 mm. O escoamento superficial da ilha da Madeira em muito

equilibrado em relação aos valores obtidos na vertente Norte e Sul, sendo a vertente Norte com escoamento anual médio mais uniforme. O valor de escoamento superficial anual médio na ilha da Madeira é de $431,9 \text{ hm}^3$ ($431 \times 10^6 \text{ m}^3$). Em relação ao escoamento subterrâneo da ilha da Madeira, apresenta valores próximos entre as vertentes Norte e Sul, tendo a vertente Sul a obtenção de valores superiores. O valor de escoamento subterrâneo anual médio é de $150,1 \text{ hm}^3$ ($150,1 \times 10^6 \text{ m}^3$), assim sendo o valor de escoamento superficial total na ilha da Madeira é de 582 hm^3 ($582 \times 10^6 \text{ m}^3$).^[18]

A ilha do Porto Santo apresenta um escoamento superficial anual médio total de $0,52 \text{ hm}^3$ ($520 \times 10^3 \text{ m}^3$), resultado obtido através de alguns estudos, pois não existir registos hidrométricos nesta ilha.^[18]

2.2 Recursos Hídricos Subterrâneos

2.2.1 Recarga e Disponibilidades Hídricas

A captação da água é proveniente de galerias, nascentes e ribeiras, em que o transporte decorre através de um sistema intrincado de levadas. Em termos de disponibilidade hídrica, a vertente Norte e Centro, mas especificamente o Paúl da Serra e Zona dos Picos, são as zonas onde existem maiores ocorrências de infiltrações e recargas dos aquíferos.

A recarga dos aquíferos conta com valores globais médios de 424 mm/ano ($314,6 \times 10^6 \text{ m}^3$), sendo 202 mm/ano ($149,9 \times 10^6 \text{ m}^3$) correspondentes ao escoamento subterrâneo. O valor da extracção de água subterrânea é de 91 mm ($67,5 \times 10^6 \text{ m}^3$), proveniente de furos de captação, túneis e galerias, estimando que cerca de 131 mm ($97,2 \times 10^6 \text{ m}^3$) seja para a recarga do aquífero de base.^[18]

2.3 Situações de Risco (Situações hidrológicas extremas)

2.3.1 Cheias

A ilha da Madeira é propícia à ocorrência de cheias repentinas, tendo como principais factores, os declives muito acentuados e bacias hidrográficas pequenas juntamente com as elevadas intensidades de precipitação. Neste tipo de cheia, a rapidez com que decorre o fenómeno, agrava no tempo da resposta das entidades competentes para alertar a população, que devido à topografia da ilha e a expansão das zonas urbanas, ocupam as margens dos cursos de água, resultando na destruição de edifícios e consequentemente no surgimento de vítimas mortais. ^[10] ^[19]

2.3.2 Secas

A seca resulta de uma ausência de precipitação durante um período de tempo em que normalmente ocorre precipitação. Períodos de seca ocorrem com alguma frequência na ilha da Madeira e na ilha do Porto Santo. A seca mais severa decorreu entre 1960 e 1961, afectando a ilha da Madeira e a ilha do Porto Santo, em que atingiram um período de retorno de 100, no caso da Madeira, e entre 50 a 100 anos no caso do Porto Santo. ^[19]

A zona leste da ilha da Madeira é a mais fustigada pelo fenómeno de seca. Em relação à ilha do Porto Santo, este fenómeno, afecta a totalidade da ilha, devido as suas dimensões reduzidas. ^[19]

2.3.3 Riscos de Inundações Associadas à Precipitação

As características geomorfológicas e meteorológicas da ilha da Madeira tornam que seja vulnerável à ocorrência de inundações. A capacidade de vazão dos canais é insuficiente para o escoamento da precipitação em regime torrencial, que juntamente com os caudais sólidos, provocam o assoreamento do canal e consequentemente o transbordo do mesmo, afectando principalmente as zonas situadas junto as desembocaduras das bacias hidrográficas e nas marginais.

Os locais onde ocorrem inundações com maior frequência são, na vertente Sul, Funchal (Ribeira de João Gomes e de Santa Luzia), Ribeira Brava, Ribeira da Madalena e Socorridos, Machico e Santa Cruz; na vertente Norte, Ribeira de São Vicente, Ribeira Seca, Ribeira da Metade e Ribeira de Maçapez. ^[19]

Para minimizar os efeitos das inundações é necessária a continuação dos programas de limpeza dos cursos de água, assim como a detecção e eliminação dos estrangulamentos nos canais, a construção e reconstrução de muros de suporte nas margens dos canais, florestação adequada nos taludes naturais e impedir a construção em zonas que possam obstruir a livre passagem das águas.

Na ilha do Porto Santo as inundações ocorrem com muito menos intensidade do que na ilha da Madeira, sendo a actual rede de drenagem de águas residuais que por sua vez também recebe águas pluviais responsável pelas inundações. Apesar da inferior relevância das inundações da ilha do Porto do Santo é necessário continuar com as medidas de minimização de danos. ^[19]

2.3.4 Riscos de Erosão, Geológico e Transporte Sólido

A erosão geológica é um processo pelo qual os fenómenos climáticos provocam erosão nas rochas, alterando a superfície das suas camadas. Este tipo de erosão afecta uma área de 24% da ilha da Madeira, sendo mais visível em zonas com declive muito acentuado, essencialmente em arribas e zonas de altitude. Outro tipo de erosão a que a ilha da Madeira está sujeita, é a erosão hídrica. A erosão hídrica ocorre com o surgimento da precipitação, causando um impacto quando entra em contacto com o solo, surgindo um desprendimento das partículas do solo que posteriormente são transportadas e depositadas a jusante. Este tipo de erosão é bem visível em várias zonas da ilha da Madeira, tendo destaque nas bacias hidrográficas. ^[19]

O transporte sólido é visível nos leitos das linhas de água principais da ilha da Madeira, este transporte de sedimentos deve-se as elevadas taxas de pluviosidade, ao relevo muito acentuado e ao regime de carácter torrencial. Os depósitos de sedimentos nas linhas de água têm uma granulometria variável, desde as areias a balastros de seixo,

calhau e blocos. A carga sólida deposita-se em zonas com um declive menos acentuado, contribuindo para o estrangulamento das linhas de água aumentando o risco da ocorrência de inundações.

A ilha do Porto Santo apresenta vários causadores erosivos, como é o caso do regime torrencial nas pequenas linhas de água, a erosão ravinosa nas encostas, a erosão por sulcos nas zonas onde o solo tem maior rugosidade e pela erosão laminar, que caracteriza-se pela remoção de finas camadas de solo, por vezes este tipo de erosão é de difícil detecção, tornando-se num dos factores mais graves de erosão. A erosão presente é muito intensa, tendo como uma das principais razões o facto de ter pouca cobertura vegetal.

Em relação ao transporte sólido, os sedimentos nos leitos das linhas de água principais são originados pelo escoamento superficial, sobretudo através da erosão laminar, erosão por sulcos e erosão ravinosa. ^[19]

3 Aluviões na Ilha da Madeira

3.1 Definição de aluvião

Segundo (Quintal, 1999) ^[20] uma aluvião acontece quando uma nuvem do tipo cúmulo-nimbo (nuvens que pode possuir dimensões gigantescas e desenvolvem-se verticalmente) ou uma tromba de água descarrega todo o seu conteúdo numa área restrita causando fortes caudais e arrastamento de material sólido.

A consequência da aluvião resume-se na quantidade imediata de caudal líquido e sólido gerado, causando o transbordo das ribeiras e consequente inundação das áreas urbanas. A saturação dos solos das encostas provoca um deslizamento dos taludes que contribui para o transporte de material sólido nos canais de escoamento e assoreamento dos mesmos.

A ilha da Madeira é propícia a este tipo de fenómeno, segundo relatos descritos em bibliografia da época a maior aluvião que assombrou a Madeira foi a 9 de Outubro de 1803.

3.2 Cronologia de aluviões na Madeira

Segue-se uma breve descrição de aluviões registados entre o século XVIII e a actualidade, que segundo Silva (1921) ^[23] e Quintal (1999) ^[20] provocaram destruições significativas.

18 de Novembro de 1724 – Esta aluvião fez-se sentir um pouco por toda a ilha, mas com maior intensidade na freguesia de Machico, deixando um rasto de destruição na zona baixa, em que segundo relatos da época foram destruídas 80 habitações e registados 25 óbitos. Outras zonas também afectadas foram Santa Cruz e Funchal, esta última em particular na Ribeira de Santa Luzia, devido aos elevados caudais envolvidos.

18 de Novembro de 1765 – Em particular a cidade do Funchal foi atingida por fortes chuvas, que consequentemente fizeram aumentar os caudais das principais ribeiras, destruindo várias pontes.

9 de Outubro de 1803 – Considerada a maior catástrofe natural na ilha da Madeira, afectando com maior intensidade a cidade do Funchal, Machico e Santa Cruz. Segundo

relatos da época em questão a principal origem da aluvião deveu-se devido à situação atmosférica causada pela existência de vento de SW, trovoadas e forte precipitação. Estas condições agravam com a ausência de canalização dos cursos de água nas zonas urbanas, causando inundações e destruição das edificações.

30 de Outubro de 1815 - O centro da cidade do Funchal ficou inundado, danificando lojas, sendo uma das ruas mais afectadas a Rua de Santa Maria. Relatos afirmam que houve destruição de pontes e muralhas de contenção. A agricultura sofreu grandes prejuízos tendo muitos terrenos sido galgados pela água.

24 de Outubro de 1842 – Destruição e inundação de grande parte da cidade do Funchal, deixando edifícios em ruínas. O vento de sul juntamente com o mar tormentoso fez com que grande parte dos navios embatesse contra a costa.

17 a 20 de Novembro de 1848 – A intensidade não foi igual em todas as zonas da ilha, dos cursos de água a ribeira dos Socorridos foi um dos pontos onde se fez sentir mais a aluvião, passando grandes quantidades de caudal. O concelho de Santana foi o mais afectado, tendo as correntes destruído pontes, muralhas e parte do cultivo desta zona.

5 e 6 de Janeiro de 1856 – A cidade do Funchal ficou inundada devido ao transbordo ocorrido na ribeira de João Gomes, afectando mais intensivamente a Rua do Ribeirinho de Baixo, tendo as restantes ribeiras do Funchal (Santa Luzia e São João) com danos mínimos. Outras zonas também afectadas, foram Câmara de Lobos, Ribeira Brava, Serra de Água, Tabua, Ponta do Sol, Madalena, Paúl do Mar e São Vicente.

14 e 15 de Março de 1856 – Apenas pouco menos de 2 meses depois, a cidade do Funchal, mas propriamente as zonas com proximidade às ribeiras de João Gomes e Santa Luzia sofreram novamente inundações causadas pelo assoreamento dos canais de escoamento. A freguesia da Ribeira Brava também foi fortemente afectada, sendo destruída quase por completo as muralhas existentes na zona canalizada.

1 de Janeiro de 1876 – Afectou apenas a Ribeira da Madalena, causando relevantes prejuízos.

2 e 3 de Outubro de 1895 – As freguesias mais afectadas foram a Calheta, Ribeira Brava e São Vicente, tendo sido destruído parte dos terrenos cultivados, soterramento das casas devido aos deslizamentos de taludes, transporte de material sólido pelas águas,

estradas obstruídas e pontes destruídas, deixando um rasto de destruição por toda a parte. As ribeiras do Funchal contiveram elevados caudais, não ocorrendo transbordamento.

29 de Novembro de 1901 – As principais zonas afectadas foram as cidades do Funchal e Machico, sofrendo inundações e desmoronamentos. A cidade de Machico foi a que apresentou maiores prejuízos, 9 vítimas mortais e destruição de 3 pontes.

25 e 26 de Fevereiro de 1920 – Toda a ilha foi afectada por inundações, apesar das principais ribeiras não transbordarem, destacando como locais com maiores prejuízos a cidade de Machico, Santa Cruz, São Vicente e Camacha. Os fortes ventos de Noroeste causaram avultados prejuízos nas zonas agrícolas.

5 e 6 de Março de 1921 – Ocorreu forte precipitação em toda a ilha, sendo Machico, Santana, Faial e São Jorge os locais com maiores estragos na agricultura e várias inundações. A cidade de Machico foi a mais afectada pelas inundações, em alguns locais as águas atingiram os 3 metros de altura.

15 de Dezembro de 1926 – A cidade do Funchal foi a localização mais afectada. Os fortes ventos de Sul-Sudoeste impulsionou as nuvens pelas encostas acima causando fortes precipitações, consequentemente as ribeiras aumentaram o seu caudal drasticamente, provocando arrastamentos de material sólido pelos canais de escoamento.

6 de Março de 1929 – A freguesia de São Vicente foi fortemente atingida por precipitações durante vários dias, infiltrando a água por entre o solo causando a sua saturação e desprendimento, deslizando originando gigantescas derrocadas, soterrando tudo ao seu encontro. A Ribeira da Vargem situada nesta freguesia, contou com a destruição da sua represa, resultando águas em regime turbulento. Esta zona deparou-se com um avultado número de vítimas mortais, sendo contabilizado um total de 32 óbitos.

2 e 3 de Outubro de 1931 – Violentas trovoadas e chuvas torrenciais estiveram como principal causa das inundações que debateram na cidade do Funchal no dia 3, entre as 7 e as 10 horas. A água atingiu os 75 cm e 1,5 m na Rua de Santa Maria e no Largo das Fontes, respectivamente, tendo as inundações ocorrido em inúmeras ruas, com excepção nas ruas marginais.

30 de Dezembro de 1939 – Abundantes chuvas interceptaram toda a ilha, destacando a Madalena do Mar como a localidade mais afectada. A destruição a jusante da ribeira foi muito evidente o arrastamento de terrenos de cultivo e a destruição de 40 habitações.

14 e 15 de Outubro de 1945 – Novamente na Madalena do Mar onde o temporal foi mais severo, destruindo novamente várias habitações. As chuvas torrenciais e os fortes ventos contribuíram para a destruição das habitações e dos terrenos de cultivo desta zona. Também na cidade do Funchal várias ruas ficaram inundadas e com muitos campos agrícolas destruídos.

3 de Novembro de 1956 – As localidades de Santa Cruz, Água de Pena, Machico, Santo da Serra e Porto da Cruz são deparadas com violentos caudais, inundando estradas, destruindo pontes e habitações e arrastando os terrenos de cultivo pelos cursos de água. Foi admitida a hipótese de uma tromba de água na zona da Portela entre as 10:30 h, como explicação da forma repentina do aumento dos caudais dos cursos de água destas localidades, causando as respectivas inundações.

9 de Janeiro de 1970 – Chuvas torrenciais causadoras do aumento do caudal, afectaram gravemente a Ribeira Brava, resultaram na destruição em sete pontos da estrada de ligação entre o centro da Ribeira Brava e a Serra de Água.

8 de Março de 1970 – A ilha do Porto Santo foi atingida por fortes trovoadas e chuva intensa, entre a meia noite e as 3:30m. O udómetro situado no aeroporto registou valores de precipitação de 77 mm, dos quais de 60 mm caíram em apenas 27 minutos. A intensidade da precipitação resultou em estragos nas estradas e terrenos de cultivo.

21 de Setembro de 1972 – Na cidade do Funchal mais concretamente na Ribeira de São João os caudais aumentaram repentinamente por volta das 4 horas, arrastando enormes blocos rochosos, destruindo no sítio da Ribeira Grande um bairro de lata, fazendo 3 vítimas mortais. A montante, cerca de 50 metros deste bairro, a água galgou a margem e abrindo novo trilho gerando um rasto de destruição.

20 de Dezembro de 1977 – As zonas altas da cidade do Funchal foram afectadas com derrocadas, tendo sido registado precipitações na ordem dos 70 mm. Na zona do Jardim da Serra, um deslizamento de terras cobriu o curso de água, fazendo com que a água saísse do seu curso normal, vitimando mortalmente 3 pessoas.

20 a 24 de Janeiro de 1979 – Vestígios de destruição e inundações em toda a ilha, causados por fortes chuvas e ventos de sudoeste com rajadas de 70 km/h. Em Machico o aumento brusco de caudal da Ribeira de Machico provocou destruição em várias estradas, pontes e algumas habitações. No Porto da Cruz ocorreram vários desmoronamentos e deslizamentos de terras, causando a destruição de algumas habitações. A zona Oeste e Norte da ilha foi também fortemente atingida com enxurradas e deslizamentos de terras. Nesta intempérie foram registados 14 vitimas mortais.

1 e 2 de Março de 1984 – Chuvas intensas e ventos fortes resultaram em danos por toda a ilha. A estrutura danificada mais emblemática foi a ponte do Faial, que não resistiu aos fortes caudais, danificando os pilares e conseqüente desmoronamento, deixando o nordeste da ilha isolado.

27 de Setembro de 1989 – Contou com inundações no Funchal, Santa Cruz e Machico. No Funchal foi registado valores de precipitação na ordem dos 97,7 mm, dos quais 34,4 mm ocorreram em apenas uma hora.

18 de Setembro de 1990 – Violentas trovoadas e elevada precipitação cobriram o Funchal entre as 14:05 e as 14:45, causando inundações em várias ruas, destacando a Rua das Fontes onde as águas atingiram um metro de altura. Entre o espaço de tempo referido anteriormente o udómetro instalado na Observatório Meteorológico do Funchal registou valores de precipitação de 37,8 mm, mostrando uma concentração de precipitação elevada, sendo o principal causador das inundações ocorridas.

24 de Outubro de 1991 – Em Machico, Faial, Santana e Porto da Cruz ocorreram inundações e derrocadas, causadas por chuvas torrenciais entre as 9:00 e 13:00.

29 de Outubro de 1991 – A cidade do Funchal foi atingida com fortes chuvadas entre as 10:00 e as 11:00, causado arrastamento de material sólido para a costa. No Caniço e em Machico houve cursos de água que transbordaram, deixando estradas intransitáveis.

29 de Outubro de 1993 – No Funchal é registado grandes valores de precipitação, durante um período de 24 horas, que iniciou-se as 9:00 do dia 28, o udómetro situado no Observatório Meteorológico do Funchal registou 88,9 mm de pluviosidade, tendo um pico de intensidade entre as 21:00 do dia 28 e as 3:00 do dia 29, registando valores de 66,4 mm.

A precipitação aumenta com a altitude sendo possível relacionar os valores de precipitação com a altitude através dos valores obtidos pelos diversos udómetros colocados em diferentes altitudes. No Funchal a uma altitude de 58 metros foi registado 88,9 mm, a montante da cidade do Funchal situado a uma altitude de 500 metros encontra-se o udómetro situado na zona do Trapiche, onde foram registados 104,5 mm. A uma altitude superior encontra-se o udómetro do Santo da Serra, situado a uma altitude de 660 metros que registou 163,8 mm e a uma altitude de 750 metros encontra-se o udómetro do Poiso que registou valores de 210 mm de precipitação.

No Curral da Freiras, zona percorrida pela bacia hidrográfica dos Socorridos, foi registado através do udómetro do Poiso, o valor máximo de precipitação, cerca de 210 mm, atingindo o pico de precipitação entre as 2:00 e 3:00 do dia 29, registando valores de 38,8 mm.

Como consequência da intensidade de precipitação, atendendo aos elevados declives das encostas as ribeiras do Funchal, como é o caso da Ribeira de João Gomes, Santa Luzia e São João transbordaram fazendo inundar as ruas circundantes as mesmas. Também a Ribeira dos Socorridos fez estrados devido ao transbordo do canal de escoamento no limite oeste do concelho.

Outras zonas também bastante afectadas pelo temporal foram o concelho de Santa Cruz, Machico e Câmara de Lobos.

19 e 20 de Outubro de 1997 – Chuvas intensas assombraram a toda a ilha, tendo o udómetro do Poiso registado 349,9 mm durante um período de 24 horas, iniciado as 9:00 do dia 19, tendo atingido o pico de precipitação entre as 19:00 e 20:00 do dia 19, sendo registado valores de 52,5 mm. O pluviómetro localizado no Areeiro a uma altitude de 1610 metros registou 309,2 mm, atingido o pico máximo de 36,6 mm entre as 18:00 e as 19:00 do dia 19.

As ribeiras mais afectadas pelos enormes caudais foram as ribeiras dos Socorridos, João Gomes, Santa Luzia, São João, Machico, Juncal e Metade. Destacando a destruição da ponte dos Socorridos e da ponte de acesso à ETA dos Tornos como locais mais afectados.

As ribeiras do Funchal apresentaram uma grande quantidade de material sólido nas zonas terminais dos cursos de água, mas sem a ocorrência de transbordo.

1 de Fevereiro de 1998 – A costa sul da ilha é interceptada por fortes chuvas durante a noite de 31 de Janeiro para 1 de Fevereiro, resultando estragos na Funchal, mais propriamente em São Gonçalo, no Caniço e no Garachico.

O Ribeiro Seco de São Gonçalo, na altura do evento estava em obras devido ao viaduto da Via Rápida, resultando o transbordo e arrastamento de material sólido para a estrada velha da Camacha e Conde Carvalhal, inundando várias habitações.

No Caniço um pequeno ribeiro drenado por manilhas rebentou, destruindo e inundando várias casas, tendo os destroços chegado à Praia do Garajau.

No Garachico um deslizamento de terras resultou uma vítima mortal.

5 e 6 de Março de 2001 – A ilha foi atingida por chuvas torrenciais durante os dois dias, devido à influencia de uma depressão. Na Ribeira de São Vicente, um udómetro instalado a uma altitude de 600 metros registou 724,2 mm de pluviosidade entre um período de 24 horas iniciado as 4:00 do dia 4, tendo como precipitação máxima horária de 49,4 mm. Uma zona crítica foi na confluência entre a Ribeiro do Loural e a Ribeira da Vargem, onde a violência das águas fez 5 óbitos. Houve enormes deslizamentos de taludes em vários locais, nomeadamente, na Achada do Til, Achada dos Judeus e sítio do Passo.

Um ribeiro afluente da Ribeira dos Socorridos provocou uma enxurrada numa zona urbana situada no Curral das Freiras, provocando o soterramento de várias habitações.

O Funchal apesar da forte precipitação registada no udómetro do Areeiro, no dia 5 registou 242,8 mm e 352,3 mm no dia 6, não teve danos significativos.

20 de Fevereiro de 2010 – A ilha foi atingida por massas de ar muito húmidas e instáveis originadas por uma depressão frontal proveniente dos Açores resultando valores de precipitação elevados num curto espaço de tempo. No Funchal registou cerca de 144,3 mm entre as 0:00 e as 24:00 do dia 20, dos quais 51,3 mm foram entre as 9:00 e 10:00 (Figura 5).

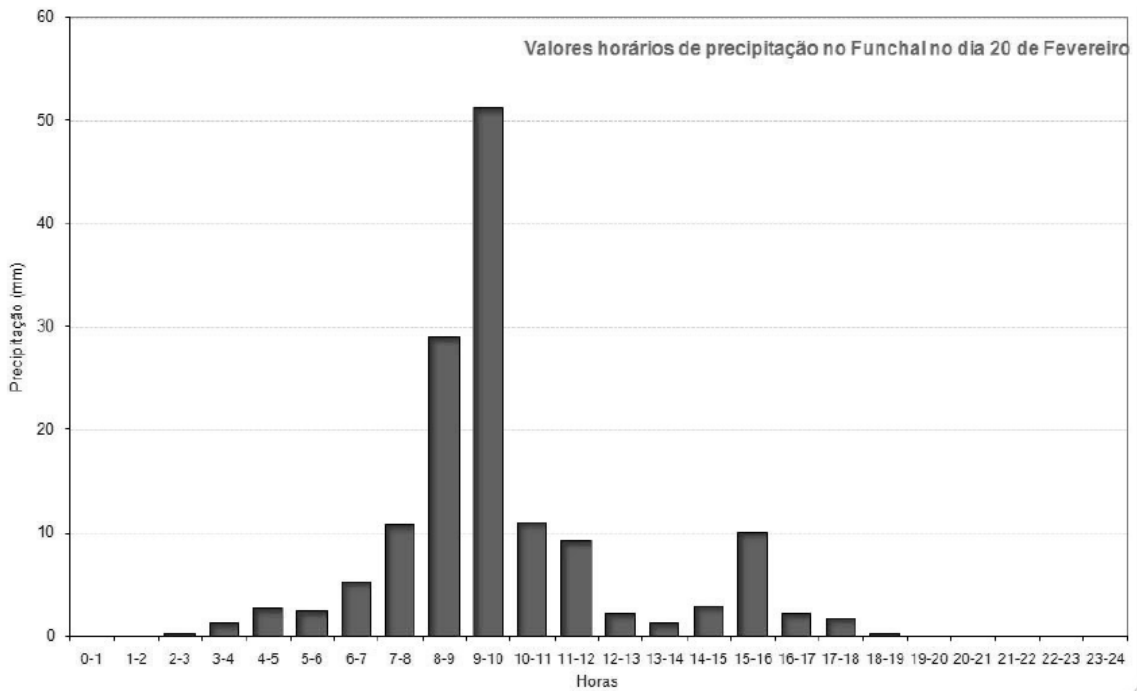


Figura 5 – Valores de precipitação acumulada em 1 hora
(Fonte: Boletim Climatológico Mensal – Fevereiro 2010 [2])

Segundo o Boletim Climatológico Mensal de Fevereiro de 2010 ^[2], a estação meteorológica automática do Areeiro registou valores de 287,7 mm entre as 9:00 e as 17:10 do dia 20, tendo o valor máximo de precipitação horária de 78,5 mm.

A intempérie fez-se sentir em toda a ilha, sendo o Funchal, Ribeira Brava e Tabua os locais mais atingidos por este fenómeno.

Como resultados da forte precipitação e elevados declives das ribeiras do Funchal, mais propriamente as ribeiras de João Gomes, Santa Luzia e São João transbordaram devido ao assoreamento nos terminais de cada ribeira, causando várias inundações em toda a baixa da cidade, deixando um rasto de destruição em habitações e zonas comerciais. A quantidade de material sólido foi muito condicionante pois impossibilitou o eficiente escoamento dos principais cursos de água e contribuiu para uma deposição de material sólido nas ruas.

Outras das zonas bastante afectadas foram a Ribeira Brava e Tabua. Na ribeira da Ribeira Brava os elevados caudais destruíram a estrada de acesso entre a Ribeira Brava e a Serra de Água, várias habitações e pontes foram destruídas pela fúria das águas,

deixando parte da população deste concelho isolados por vários dias. A quantidade de material sólido no leito da ribeira foi impressionante, devido à sua quantidade e as dimensões dos blocos arrastados pelas águas. Na Tabua verificou-se um pouco a par dos acontecimentos da Ribeira Brava, ficando com estradas, pontes e habitações destruídas, o curso de água a jusante da bacia hidrográfica da Tabua transbordou originando um novo percurso e destruindo tudo ao seu encontro.

3.3 Considerações finais

Atendendo as características montanhosas da ilha, a ilha da Madeira desde sempre esteve sujeita as aluviões, tendo sido registados desde do século XVIII até há actualidade cerca de 34 aluviões.

Na Tabela 3 encontra-se a distribuição mensal das aluviões descritos anteriormente.

Tabela 3 – Ocorrência mensal de aluviões

Mês	Número de ocorrências
Janeiro	4
Fevereiro	3
Março	6
Setembro	3
Outubro	10
Novembro	5
Dezembro	3

O mês de Outubro é o que regista maior ocorrência de aluviões e os meses de Abril, Maio, Junho, Julho e Agosto não têm registo da ocorrência de aluviões.

4 Trabalhos de campo

4.1 Metodologia

4.1.1 Metodologia dos trabalhos de campo

A metodologia adoptada neste trabalho teve como princípio determinar todas as variáveis necessárias para a estimativa de caudal e de velocidade no canal principal da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes. O trabalho de campo iniciou-se tendo em conta a seguinte metodologia:

- Identificar as secções transversais da ribeira, optando por secções onde ocorreram danos, secções com cobertura no canal de escoamento como é o caso de pontes, secções intermédias para diminuir a distância entre elas e locais onde existem elementos que permitem estimar o caudal líquido e sólido;
- Recolha de informação, através de visitas ao local e registos visuais como é o caso de fotografias e vídeos do acontecimento;
- Medição das secções transversais utilizando fita métrica e medidor a laser, definindo as margens das secções transbordadas;
- Tratamento e compilação da informação recolhida.

Foram criados dois anexos com a informação recolhida, o anexo I corresponde à caracterização das secções transversais do curso de água e o anexo II à deposição de material sólido.

O anexo II engloba o material sólido do curso de água e das ruas afectadas, utilizando os ortofotomapas e através do ArcGIS foi possível determinar as áreas afectadas e estimar uma espessura de material sólido através de registo fotográfico.

4.1.2 Metodologia de Cálculo

Com a informação recolhida foi possível calcular o caudal e a velocidade de escoamento através da fórmula de Manning-Strickler, atendendo as seguintes variáveis:

- Distância à foz, em metros;
- Altura do canal de escoamento (h), em metros;
- Largura do canal de escoamento (b), em metros;

- Altura da coluna de água (h_w), em metros;
- Altura do material sólido (h_s), em metros;
- Largura da secção transbordada (b_t), em metros;
- Altura da coluna de água transbordada (h_t), em metros;
- Área molhada das secções (A_w), em metros quadrados;
- Área molhada das secções transbordadas (A_w), em metros quadrados;
- Perímetro molhado ($P_{molhado}$), em metros;
- Raio hidráulico (R_h), em metros;
- Coeficiente de rugosidade (n), metro elevado a um terço por segundo;
- Inclinação (i), em graus e em metro/metro;

A altura da coluna de água (h_w) foi determinada da seguinte forma:

$$h_w = h - h_s \quad (1.1)$$

A área molhada (A_w) foi determinada da seguinte forma:

$$A_w = b \cdot b_w \quad (1.2)$$

Sendo a área molhada das secções transbordadas determinada com a expressão seguinte:

$$A_w = (b \cdot h_w) + \sum (b_t \cdot h_t) \quad (1.3)$$

O raio hidráulico é expresso pela seguinte fórmula:

$$R_h = \frac{A_w}{P} \quad (1.4)$$

Para o cálculo do coeficiente de rugosidade (n) foi utilizado o coeficiente de Manning-Strickler equivalente através da equação de Einstein para secções compostas, devido à rugosidade não ser constante em todo o perímetro molhado da secção. O coeficiente de rugosidade é determinado pela fórmula seguinte:

$$K_{eq} = \left(\frac{P}{\sum \left(\frac{P_i}{K_i^{3/2}} \right)} \right)^{\frac{2}{3}} ; \quad K_i = \frac{1}{n_i} \quad ; \quad n_{eq} = \frac{1}{K_{eq}} \quad (1.5)$$

Utilizando o K_{eq} é possível determinar o valor n_{eq} que é usado no cálculo do caudal, outra solução é calcular o n_{eq} directamente através da fórmula seguinte:

$$n_{eq} = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i \cdot n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3} \quad (1.6)$$

Os valores de coeficientes de rugosidade encontram-se tabelados em várias bibliografias, os valores utilizados para o cálculo dos caudais estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Coeficientes de Rugosidade

(Fonte: Adaptado de Aldridge [1])

Tipo de material	Coefficiente de Rugosidade (n_i)
Rocha	0,025
Betão	0,013
Pedra aparelhada em bom estado	0,014
Alvenaria de pedra argamassada	0,025
Material aluvionar grosseiro	0,026

Os caudais foram determinados através da equação de Manning-Strickler, apresentada na seguinte fórmula:

$$Q = K_{eq} \cdot A_w \cdot \left(\frac{A_w}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (1.7)$$

Finalmente para determinar a velocidade de escoamento basta utilizar a seguinte equação:

$$V = \frac{Q}{A_w} \quad (1.8)$$

4.2 Secções transversais

4.2.1 Selecção das secções transversais

A selecção das secções teve em conta toda a zona canalizada de Ribeira João Gomes, sendo seleccionadas as zonas mais condicionantes, como é o caso das zonas onde ficam localizadas as pontes, zonas de estrangulamento do canal, nas curvas mais acentuadas no curso de água principal, zonas onde ocorreu transbordamento, onde localizavam-se elementos relevantes nas redondezas e zonas onde fosse possível obter registos fotográficos, vídeos ou testemunhos.

4.2.2 Levantamento das secções transversais

As medições foram feitas com fita métrica e medidor laser, do qual foram obtidas as dimensões e a geometrias das secções transversais, verificando a possível existência de marcas nas margens para determinação do cálculo do volume de assoreamento e caudal.

O resultado deste levantamento foi a caracterização e medição de toda a zona canalizada da Ribeira de João Gomes tendo um total de 27 secções e 7 secções em zonas não canalizadas dando um total de 34 secções (Figura 6 e 7).



**Figura 6 – Localização das secções 1/2
(Ortofotomapa Fonte: DRIGOT)**

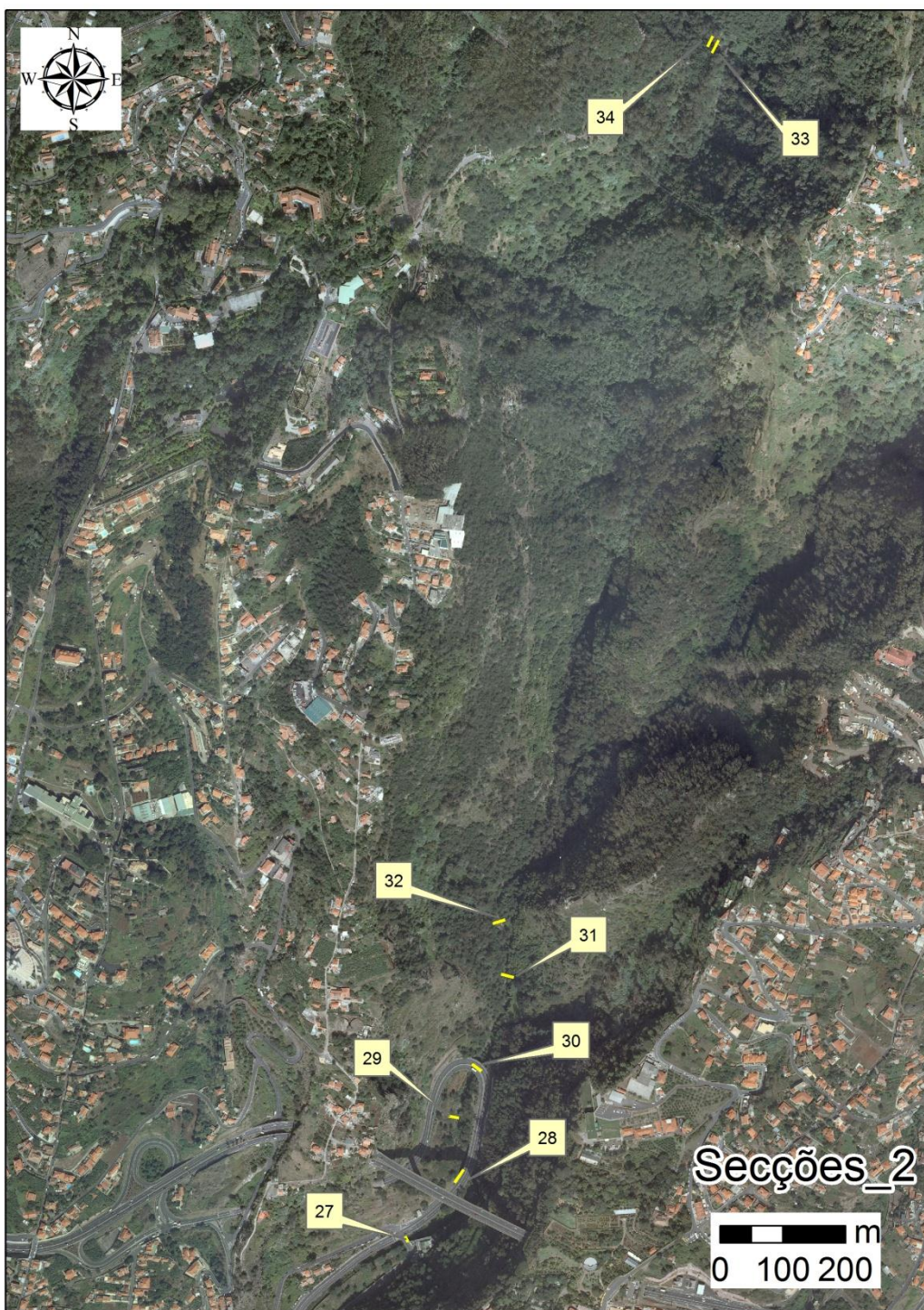


Figura 7 – Localização das secções 2/2
(Ortofotomapa Fonte: DRIGOT)

4.3 Caracterização Morfológica

4.3.1 Cálculo das Áreas

Para quantificar a quantidade de material sólido e líquido de cada secção, foi necessário saber a área respectiva de cada secção. As medidas foram determinadas *in situ* com a utilização de fita métrica e medidor laser, posteriormente, procedendo ao tratamento de dados.

Apenas foi possível a obtenção de valores das áreas líquidas e sólidas nas primeiras 18 secções (Tabela 5), estando as restantes secções privadas de registos.

As secções canalizadas apresentam sempre uma geometria rectangular, sendo a Ribeira de João Gomes canalizada até à 27ª secção, situada a 1897 metros da foz.

Tabela 5 - Determinação das áreas líquidas e sólidas

Secção	Distância à foz (m)	b (m)	h (m)	Altura da coluna de água (m)	Altura do material sólido (m)	Área molhada (m ²)	Área sólida (m ²)	Área de secção (m ²)
1	0	9,3	4,3	2,5	1,7	7,44	15,81	39,99
2	66	9,3	4,3	2,5	1,7	7,44	15,81	39,99
3	107	9,7	4,5	2,5	1,7	7,76	16,49	43,65
4	126	9,9	4,8	2,5	1,7	7,92	16,83	47,52
5	213	10,25	4,9	2,5	1,7	8,2	17,425	50,225
6	234	10,35	4,7	4,7	4,7	0	48,645	48,645
7	285	10,5	5,6	5,6	5,6	0	58,8	58,8
8	313	9,6	5,6	5,6	5,6	0	53,76	53,76
9	436	11,6	7,9	7,9	6,9	19,58	80,04	91,64
10	451	10,6	8,1	8,1	6,9	12,72	73,14	85,86
11	535	11,4	8,4	8,4	8,4	22,02	95,76	95,76
12	550	11,4	8,1	8,1	8,1	22,02	92,34	92,34
13	556	11,4	6,4	6,4	6,4	22,02	72,96	72,96
14	620	11,35	9	9	9	20,75	102,15	102,15
15	647	11	8,7	8,7	8,7	21,92	95,7	95,7
16	651	11	5,6	5,6	5,6	22,82	61,6	61,6
17	725	11,5	7,9	7,9	7	10,35	80,5	90,85
18	786	11,9	6,3	5,3	4,4	10,71	52,36	74,97

Entre a secção 6 até à secção 8 o é canal coberto, ficou completamente obstruído por material sólido, conseqüentemente o curso de água transbordou, mudando de direcção deixando de drenar pelo canal de escoamento.

4.3.2 Cálculo de Volumes

O cálculo dos volumes sólidos contou com recurso a um programa informático, mais concretamente o ArcGIS, do qual foi possível retirar informação geográfica e espacial da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), podendo ser feitas medições das distâncias entre as secções e determinar o valor das áreas afectadas pelo assoreamento.

Com base em registos fotográficos, foi estimado uma altura de material sólido, no curso principal de escoamento e nas ruas afectadas, de forma a calcular o volume de material sólido.

O assoreamento do canal principal deu-se até a 18ª secção, estando situada a 786 metros da foz, a Tabela 6 apresenta os volumes sólidos ao longo do curso de água.

Tabela 6 - Determinação dos volumes sólidos no curso de água principal

Troço / Secção	Distância à foz (m)	b (m)	h (m)	Altura de material sólido (m)	Área do material sólido (m²)	Volume sólido (m³)
1 até 2	66	9,3	4,3	1,7	15,81	1043,46
2 até 3	107	9,5	4,4	1,7	16,15	662,15
3 até 4	126	9,8	4,65	1,7	16,66	316,54
4 até 5	213	10,075	4,85	1,7	17,13	1490,09
5 até 6	234	10,3	4,8	3,2	32,96	692,16
6 até 7	285	10,425	5,15	5,15	53,69	2738,13
7 até 8	313	10,05	5,6	5,6	56,28	1575,84
8 até 9	436	10,6	6,75	6,25	66,25	8148,75
9 até 10	451	11,1	8	6,9	76,59	1148,85
10 até 11	535	11	8,25	7,65	84,15	7068,60
11 até 12	550	11,4	8,25	8,25	94,05	1410,75
12 até 13	556	11,4	7,25	7,25	82,65	495,90
13 até 14	620	11,375	7,7	7,7	87,59	5605,60
14 até 15	647	11,175	8,85	8,85	98,90	2670,27
15 até 16	651	11	7,15	7,15	78,65	314,60
16 até 17	725	11,25	6,75	6,3	70,88	5244,75

Troço / Secção	Distância à foz (m)	b (m)	h (m)	Altura de material sólido (m)	Área do material sólido (m²)	Volume sólido (m³)
17 até 18	786	11,7	7,1	5,7	66,69	4068,09
					Total	44.694,53

O canal principal teve um assoreamento total de 44.694,53 m³, sendo de destacar que as zonas mais afectadas foram os troços 8-9 e 10-11, zona junto ao edifício Oudinot e zona junto à Praça Tenerife, respectivamente.

O resultado do arrastamento sólido proveniente do transbordo do canal principal fez com que as ruas a jusante da ribeira de João Gomes ficassem afectadas com a quantidade de depósito sólido. A estimativa da quantidade de depósito sólido nas ruas foi determinada (Tabela 7), devido ao facto de atingir valores consideráveis, dos quais vão influenciar o valor do volume total de assoreamento.

Tabela 7 - Determinação dos volumes sólidos depositados nas ruas circundantes

Localização	Espessura de material sólido (m)	Área da rua (m²)	Volume sólido (m³)
Praça Tenerife	0,45	1732	779,4
Rua da Boa Viagem	1,8	825	1485
Rua da Infância (zona 1)	0,5	772	386
Rua da Infância (zona 2)	0,2	95	19
Rua de Santa Maria	0,8	394	315,2
Rua do Carmo	1	510	510
Rua do Ornelas	0,2	376	75,2
Rua Dom Carlos	0,7	901	630,7
Rua Hospital Velho	0,7	823	576,1
Rua Latino Coelho	0,8	687	549,6
Rua Miguel de Carvalho	0,2	549	109,8
Travessa da Infância	1	227	227
Rua Visconde Anadia	0,9	2601	2340,9
Largo do Anadia- Oudinot	0,5	2550	1275
Rua Direita / Largo do Pelourinho	0,5	1760	880
			Total
			10.158,90

Nas ruas afectadas pelo transbordamento da ribeira de João Gomes foi estimado 10.158,90 m³ de material sólido, sendo de destacar que as zonas mais afectadas por este fenómeno foram a rua do Visconde Anadia, rua Boa Viagem e o largo entre o edifício Anadia e o edifício Oudinot.

Em suma, o valor estimado de volume sólido total na bacia hidrográfica da ribeira de João Gomes foi cerca de 54.853,43 m³.

4.3.3 Cálculo dos declives

Para o cálculo dos declives foi utilizado o ArcGIS, que através do SIG da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes foi possível retirar os valores dos declives de um troço do leito do canal, estimando o declive em cada uma das secções seleccionadas.

Na Tabela 8 está exposto os valores dos declives em graus, num troço de cada uma das secções.

Tabela 8 - Determinação dos declives no troço das secções

Secção	Declive (°)	Secção	Declive (°)	Secção	Declive (°)
1	0,5	13	3,2	25	6,38
2	0,5	14	4,17	26	1,43
3	1,02	15	4,17	27	5,44
4	1,43	16	1,43	28	1,01
5	2,26	17	3,65	29	4,29
6	4,5	18	2,26	30	4,17
7	6,46	19	2,86	31	1,43
8	6,76	20	4,52	32	5,89
9	2,02	21	7,86	33	16,05
10	12,02	22	7,12	34	16,05
11	4,29	23	1,43		
12	5,15	24	7,33		

Em geral, os declives vão acentuando à medida que as secções localizam-se a altitudes superiores, em excepção de alguns casos pontuais.

4.4 Caracterização Geométrica do corredor fluvial

4.4.1 Zona canalizada

A zona canalizada da ribeira de João Gomes situa-se a jusante da sua bacia hidrográfica, junto à zona edificada do centro da cidade do Funchal e tem uma extensão de 1897 metros desde a foz. Esta zona canalizada possui uma geometria rectangular em toda a sua extensão, variando apenas as suas dimensões nas diferentes secções.

4.4.2 Zonas não canalizadas

As zonas não canalizadas, ou seja, zonas de canal natural, são as que se apresentam na grande maioria da extensão da Ribeira João Gomes inclusive nos seus afluentes. Os canais naturais apresentam uma geometria trapezoidal. Este tipo de canal geralmente situa-se em grandes vales profundos, escavados pela erosão hídrica, dando origem à sua geometria.

4.5 Determinação do caudal e velocidade de escoamento

Antes do cálculo do caudal e velocidade de escoamento é necessário determinar o coeficiente de rugosidade, como já foi referido anteriormente na metodologia de cálculo.

Os coeficientes de rugosidade foram calculados tendo em conta os diferentes tipos de superfície, tanto no fundo do canal de escoamento como nas suas paredes, incluindo também no caso de transbordamento do canal de escoamento.

A Tabela 9 apresenta os valores de coeficientes de rugosidade nas várias secções e a Tabela 10 apresenta os caudais e velocidades de escoamento das secções.

Tabela 9 – Coeficientes de Rugosidade

Secção	b (m)	h (m)	hw (m)	Aw (m²)	P molhado (m)	P molhado total (m)	P1 (m)	n1 (m^{1/3}/s)	P2 (m)	n2 (m^{1/3}/s)	P3 (m)	n3 (m^{1/3}/s)	P4 (m)	n4 (m^{1/3}/s)	P5 (m)	n5 (m^{1/3}/s)	n (m^{1/3}/s)
1	9,30	4,30	0,80	7,44	10,90	10,90	9,30	0,026	0,80	0,014	0,80	0,014					0,023
2	9,30	4,30	0,80	7,44	10,90	10,90	9,30	0,026	0,80	0,014	0,80	0,014					0,023
3	9,70	4,50	0,80	7,76	11,30	11,30	9,70	0,026	0,80	0,014	0,80	0,014					0,023
4	9,90	4,80	0,80	7,92	11,50	11,50	9,90	0,026	0,80	0,014	0,80	0,014					0,024
5	10,25	4,90	0,80	8,20	11,85	11,85	10,25	0,026	0,80	0,014	0,80	0,014					0,024
9	11,60	7,90	1,40	16,24	14,40	21,65	11,60	0,026	1,00	0,014	1,40	0,014	7,25	0,013	0,4	0,013	0,017
10	10,60	8,10	1,20	12,72	13,00	13,00	10,60	0,026	1,20	0,014	1,20	0,014					0,023
11	11,40	8,40	0,90	10,26	13,20	23,05	11,40	0,026	0,90	0,013	3,50	0,013	7,25	0,013			0,016
12	11,40	8,10	0,90	10,26	13,20	23,05	11,40	0,026	0,90	0,013	3,50	0,014	7,25	0,013			0,016
13	11,40	6,40	0,90	10,26	13,20	23,05	11,40	0,026	0,90	0,013	3,50	0,014	7,25	0,013			0,016
14	11,35	9,00	0,90	10,22	13,15	27,30	11,35	0,026	0,90	0,013	7,80	0,025	7,25	0,013			0,014
15	11,00	8,70	0,90	9,90	12,80	27,31	11,00	0,026	0,90	0,013	7,76	0,025	7,25	0,013	0,4	0,013	0,014
16	11,00	5,60	0,90	9,90	12,80	27,31	11,00	0,026	0,90	0,013	7,76	0,025	7,25	0,013	0,4	0,013	0,014
17	11,50	7,90	0,90	10,35	13,30	13,30	11,50	0,026	0,90	0,014	0,90	0,014					0,024
18	11,90	6,30	0,90	10,71	13,70	13,70	11,90	0,026	0,90	0,014	0,90	0,014					0,024
28	26,50	11,30	0,50	13,25	27,50	27,50	26,50	0,026	0,50	0,025	0,50	0,025					0,025

Tabela 10 – Determinação do caudal e velocidade de escoamento das secções

Secção	B (m)	h (m)	hw (m)	P molhado (m)	Aw (m²)	Rh (m)	n (m^{1/3}/s)	i (°)	i (m/m)	Q (m³/s)	V (m/s)
1	9,3	4,3	0,8	10,9	7,44	0,683	0,023	0,5	0,008727	23,04	3,10
2	9,3	4,3	0,8	10,9	7,44	0,683	0,023	0,5	0,008727	23,04	3,10
3	9,7	4,5	0,8	11,3	7,76	0,687	0,023	1,02	0,017804	34,32	4,42
4	9,9	4,8	0,8	11,5	7,92	0,689	0,024	1,43	0,024963	41,48	5,24
5	10,25	4,9	0,8	11,85	8,2	0,692	0,024	2,26	0,039465	53,99	6,58
9	11,6	7,9	1,4	14,4	19,56	1,358	0,017	2,02	0,03527	262,69	13,43
10	10,6	8,1	1,2	13	12,72	0,978	0,023	12,02	0,212921	254,93	20,04
11	11,4	8,4	0,9	27,3	22,02	0,807	0,016	4,29	0,075015	321,40	14,60
12	11,4	8,1	0,9	27,3	22,02	0,807	0,016	5,15	0,090127	352,29	16,00
13	11,4	6,4	0,9	27,3	22,02	0,807	0,016	3,2	0,055909	277,46	12,60
14	11,35	9	0,9	27,85	20,75	0,745	0,014	4,17	0,072909	317,95	15,32
15	11	8,7	0,9	27,82	21,92	0,788	0,014	4,17	0,072909	356,09	16,24
16	11	5,6	0,9	27,83	22,82	0,820	0,014	1,43	0,024963	222,76	9,76
17	11,5	7,9	0,9	13,3	10,35	0,778	0,024	3,65	0,063791	93,72	9,06
18	11,9	6,3	0,9	13,7	10,71	0,782	0,024	2,26	0,039465	76,28	7,12
28	26,5	11,3	0,5	12,3	13,25	1,077	0,025	1,01	0,01763	72,88	5,50

O caudal máximo na Ribeira de João Gomes foi de 356,09 m³/s, sendo este caudal registado na secção 15, por sua vez a secção 10 foi a que apresentou maior velocidade, cerca de 20,04 m/s. Os valores máximos de caudal poderão ser excessivos tendo em conta os coeficientes de rugosidade escolhidos.

4.6 Localização das zonas inundadas


Em sequência da aluvião de 20 de Fevereiro de 2010, a cidade do Funchal, localizada na foz da Ribeira de João Gomes, deparou-se com inúmeras inundações provenientes do canal de escoamento principal. Este fenómeno deve-se ao facto do estrangulamento do canal de escoamento e consequente transbordamento de caudal líquido para as zonas circundantes do mesmo, afectando parte da zona edificada da cidade do Funchal.

O transbordamento do canal ocorreu entre as secções 8 e 17 do anexo I relativo à caracterização geométrica e localização das respectivas secções, sendo estas secções localizadas entre o edifício Oudinot e o edifício da Secretaria Regional do Equipamento Social, onde o transbordamento resultou em inundações em várias ruas, nomeadamente, a Rua Dom Carlos, Rua Latino Coelho, Rua Hospital Velho, Rua da Boa Viagem, Rua da Infância, Rua de Santa Maria, Rua Direita, Rua do Carmo, Rua do Ornelas, Rua Miguel de Carvalho, Rua Visconde Anadia, Travessa da Infância, Praça Tenerife e Rua do Ribeirinho de Baixo.

Na Figura 8 é possível visualizar a extensão e localização das áreas mais atingidas pelas inundações.



Legenda

 Área inundada



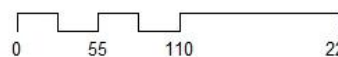
 Meters
0 55 110 220

Figura 8 – Localização da área inundada

(Ortofotomapas Fonte: DRIGOT)

As ruas com cotas inferiores foram as mais afectadas pela inundação, destacando a Rua do Ribeirinho de Baixo, onde as águas atingiram os 3 metros de altura e submergiram 2 pisos subterrâneos do edifício Anadia (Figura 9), tendo como principal proveniência as águas escoadas pela Rua do Carmo, que por sua vez resultaram do transbordamento ocorrido entre a ponte do Bom Jesus e a ponte do Carmo, sec es 15 e 11 do anexo I

respectivamente. Outra zona também bastante afectada por este fenómeno foi a Rua Direita (Figura 10), onde as águas atingiram alturas superiores a 2 metros, resultado do transbordamento ocorrido na secção 8 do anexo I, mais concretamente entre o edifício Anadia e o edifício Oudinot, tendo o caudal resultante sido transportado pela estrada da Rua Visconde Anadia e depositado na Rua Direita.



Figura 9 – Rua do Ribeirinho de Baixo durante o evento (Fonte: anónimo)



Figura 10 – Rua Direita após evento (Fonte: anónimo)

4.7 Localização das zonas de deposição de material sólido

A aluvião de 20 de Fevereiro de 2010 foi afectada com grandes quantidades de material sólido a jusante da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes. O leito da Ribeira de João Gomes teve um assoreamento até aos 786 metros de distância à foz, tendo em algumas zonas ocorrido assoreamento total do canal de escoamento, mais concretamente, entre as secções 5 e 17 do anexo I, relativamente entre a ponte do Mercado e a ponte situada junto ao edifício da Secretaria Regional do Equipamento Social.

As Figuras seguintes (Figura 11, 12, 13 e 14) apresentam algumas das zonas onde ocorreram deposições de material sólido, sendo todas as figuras situadas a jusante da bacia hidrográfica.



Figura 11 - Ponte do Carmo
(Fonte: SRES)



Figura 12 - Secção 15
(Fonte: SRES)



Figura 13 – Junto ao edifício Oudinot
(Fonte: Filipe Gil)




Figura 14 – Rua da Boa Viagem
(Fonte: Filipe Gil)

As zonas onde ocorreu assoreamento total do canal de escoamento foram as que contribuíram para a deposição de material sólido nas ruas, devido ao transbordamento do canal de escoamento e consequente arrastamento de sólidos para as ruas junto à desembocadura da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes, nomeadamente a Rua Dom Carlos, Rua Latino Coelho, Rua Hospital Velho, Rua da Boa Viagem, Rua da Infância, Rua de Santa Maria, Rua Direita, Rua do Carmo, Rua do Ornelas, Rua Miguel de Carvalho, Rua Visconde Anadia, Travessa da Infância e Praça Tenerife (Figura 15).



Legenda

 Áreas com deposição de material



0 45 90 180 Meters

**Figura 15 – Localização das áreas com deposição de material sólido
(Ortofotomapas Fonte: DRIGOT)**

Através de visitas de campo à bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes foi possível verificar que o material sólido, na sua maioria, não proveio do recuo da cabeceira. A montante das secções 33 e 34 do anexo I, existiam vestígios de forte caudais líquidos, marcados nas margens da ribeira e visíveis no varrimento de alguma vegetação, mas o leito da ribeira apresentava pouca deposição de material sólido. A jusante das referidas

secções, mais propriamente entre a secção 28 e 32 do anexo I, ocorreram uma grande deposição de material sólido, não sendo possível determinar o seu volume devido à conclusão dos trabalhos de limpeza nessa zona. Algum do material sólido depositado a jusante da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes foi proveniente do transbordo e consequente mudança de curso de água de um afluente na freguesia do Monte, mais propriamente no Largo das Babosas.

O material sólido depositado a jusante da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes proveio de essencialmente de deslizamentos de taludes naturais e de material depositado no leito da Ribeira de João Gomes, nas zonas a montante da referida bacia. O material mais fino proveio na sua maioria de deslizamentos de taludes naturais, sendo o material mais grosseiro proveniente do leito da ribeira. O material grosseiro depositado a jusante da bacia hidrográfica era quase na sua totalidade rolado, o que indica que era material que se encontrava no leito do curso de água, devido ao facto de o material proveniente da erosão relativamente ao recuo da cabeceira apresentar-se geralmente como material sólido anguloso, pois o transporte do material decorre num curto espaço de tempo, diminuindo a erosão nas arestas dos balastros.

4.8 Avaliação Granulométrica dos depósitos de material sólido

4.8.1 Condições gerais

Os depósitos sólidos são compostos essencialmente por rochas sedimentares de origem detrítica, mais propriamente, argilas, siltes, areias e balastros. Os balastros são o tipo de material mais abundante nos depósitos sólidos, provêm dos sedimentos soltos de cascalheiras, que podem ser divididos por quatro subclasses, nomeadamente, areão, seixo, calhau e blocos, sendo classificados através das diferentes dimensões (Tabela 11).

Tabela 11 – Granulometria de material detrítico

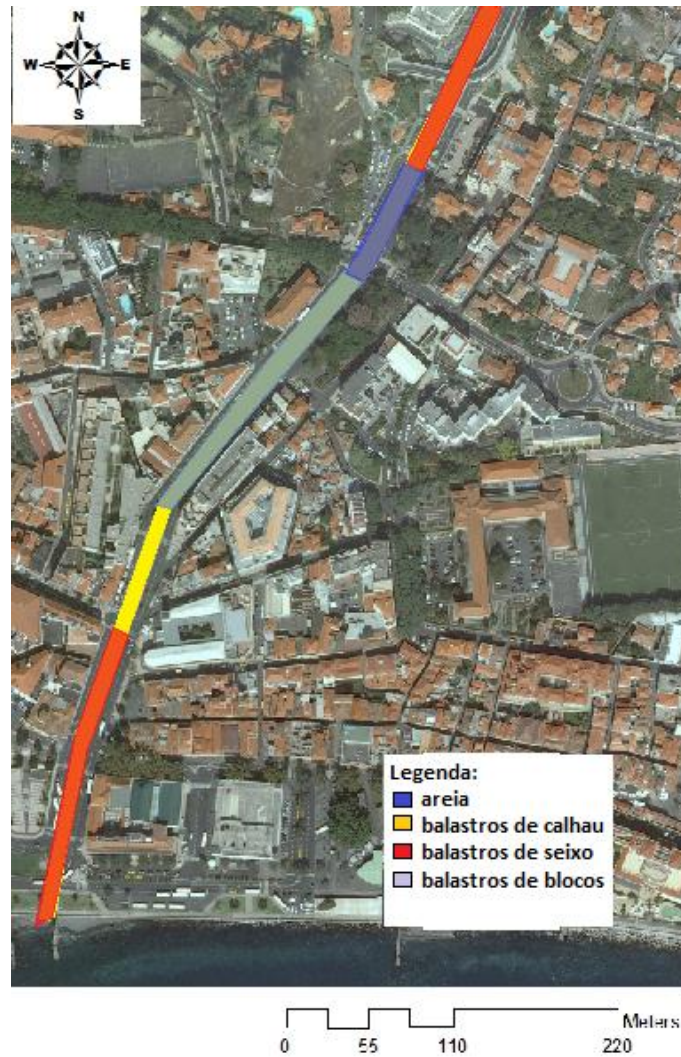
(Fonte: Galopim [9])

Material detrítico	Dimensão dominante (mm)
Argilas	< 0,005
Siltes	0,005 - 0,05
Areias	0,05 - 2
Balastros:	> 2
Areão	2 - 4
Seixo	4 - 64
Calhau	64 - 256
Bloco	> 256

4.8.2 Avaliação Granulométrica nos principais cursos de água

A caracterização granulométrica nos principais cursos de água afectados com depósito sólido foi efectuada através de registo fotográfico, identificando o tipo de rocha detrítica atendendo as suas dimensões e estimando uma percentagem dos diferentes tipos de material encontrado ao longo do canal.

A Figura 16 indica o material predominante ao longo da zona assoreada do canal, tendo sido estimado atendendo ao volume calculado ao longo de 786 metros desde a foz, cerca de 40% balastros de seixo, 40% com balastros de blocos, 10% com balastros areia e os restantes 10% com balastros de calhau.



**Figura 16 - Mancha da granulometria do leito do canal
(Ortofotomapa Fonte: DRIGOT)**

Nas zonas onde ocorreu a predominância de depósitos sólidos com balastros de blocos e areia, entre as secções 8 e 15 do anexo I, mais concretamente, desde a zona junto ao edifício Oudinot até ao edifício da Secretaria Regional do Equipamento Social foram as zonas críticas, onde ocorreu transbordamento do canal, provocando consequentemente, um arrastamento do material sólido para as ruas circundantes.

4.8.3 Avaliação Granulométrica nas ruas afectadas

A caracterização granulométrica das ruas afectadas com depósito sólido foi efectuada através de registo fotográfico, identificando o tipo de rocha detrítica atendendo as suas dimensões e estimando uma percentagem dos diferentes tipos de material encontrado nas ruas.

Para melhor visualização das áreas afectadas foi criada uma mancha de assoreamento (Figura 17), com toda a extensão do material sólido, com a sua respectiva localização e identificação do material sólido predominante nessa área.

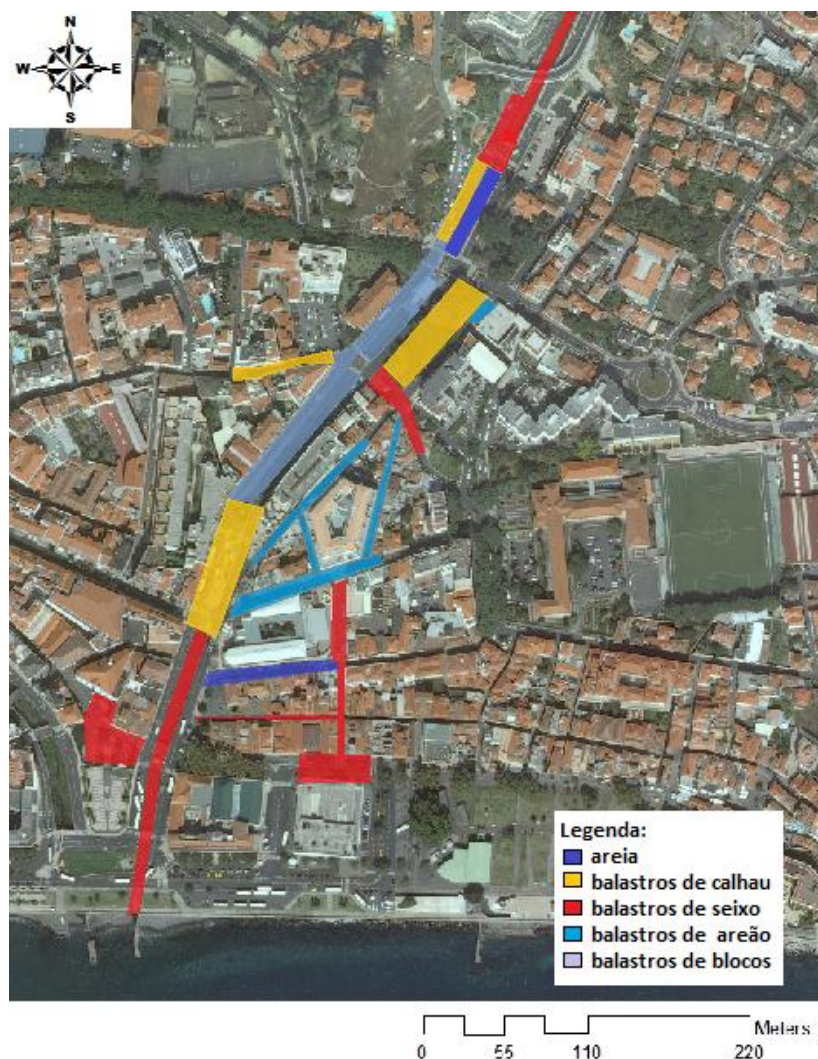


Figura 17 - Mancha da granulometria do assoreamento

(Ortofotomapa Fonte: DRIGOT)

A Tabela 12 apresenta o tipo de material sólido e as percentagens dos diferentes tipos de material encontrado nas ruas afectadas pela deposição de material sólido.

Tabela 12 - Classificação granulométrica do material sólido das ruas

Localização	Granulometria
Praça Tenerife	Na sua maioria apresenta balastros de calhau, estimando cerca de 70% do volume total e os restantes 30% com balastros de areão.
Rua da Boa Viagem	Na sua maioria apresenta balastros de seixo, estimando cerca de 80% do volume total e os restantes 20% com balastros de areão.
Rua da Infância	Na sua maioria apresenta balastros de areão, estimando cerca de 60% do volume total e os restantes 40% com balastros de seixo.
Rua de Santa Maria	Na sua maioria apresenta balastros de seixo, estimando cerca de 80% do volume total e os restantes 20% com balastros de areão.
Rua do Carmo	Apresenta balastros de calhau, estimando cerca de 30% do volume total, cerca de 30% com balastro de seixo e os restantes 40% com balastros de areão
Rua do Ornelas	Apresenta balastros de areão, estimando cerca de 50% do volume total, cerca de 20 % com balastros de seixo e os restantes 30% com balastros de calhau.
Rua Dom Carlos	Apresenta balastros de seixo, estimando cerca de 50% do volume total, cerca de 20% com balastro de areão e os restantes 30% com balastros de calhau.
Rua Hospital Velho	Apresenta balastros de areão, estimando cerca de 50% do volume total, cerca de 20% com balastro de calhau e os restantes 30% com balastros de seixo.
Rua Latino Coelho	Apresenta areias, estimando cerca de 80% do volume total, e os restantes 20% com balastros de seixo.
Rua Miguel de Carvalho	Apresenta balastros de seixo, estimando cerca de 40% do volume total, cerca de 40% com balastro de areão e os restantes 20% com balastros de calhau.
Travessa da Infância	Apresenta balastros de areão, estimando cerca de 80% do volume total e os restantes 20% com balastros de seixo.
Rua Visconde Anadia	Na sua maioria apresenta balastros de blocos, estimando cerca de 80% do volume total e os restantes 20% com balastros de calhau.
Largo do Anadia-Oudinot	Na sua maioria apresenta calhau, estimando cerca de 60% do volume total e os restantes 40% com balastros de seixo.
Rua Direita	Segundo testemunhos, o depósito predominante era de balastros de seixo, existindo também balastros de areão.

4.9 Localização de danos

Em termos de danos, a aluvião de 20 de Fevereiro de 2010 foi catastrófica deixando a zona baixa da cidade do Funchal com vestígios de destruição em várias ruas, pontes e edifícios.

Na zona canalizada um muro de suporte situado a cerca de 990 metros de distância da foz foi destruído (Figura 18), sendo o material resultante dessa mesma destruição arrastado para jusante. Ainda em relação a zona canalizada houve a destruição parcial e total de algumas soleiras, sendo posteriormente feita a sua reconstrução (Figura 19).



Figura 18 - Muro de suporte danificado
(Fonte: SRES)



Figura 19 - Reconstrução das soleiras
(Fonte: Arquivo pessoal)

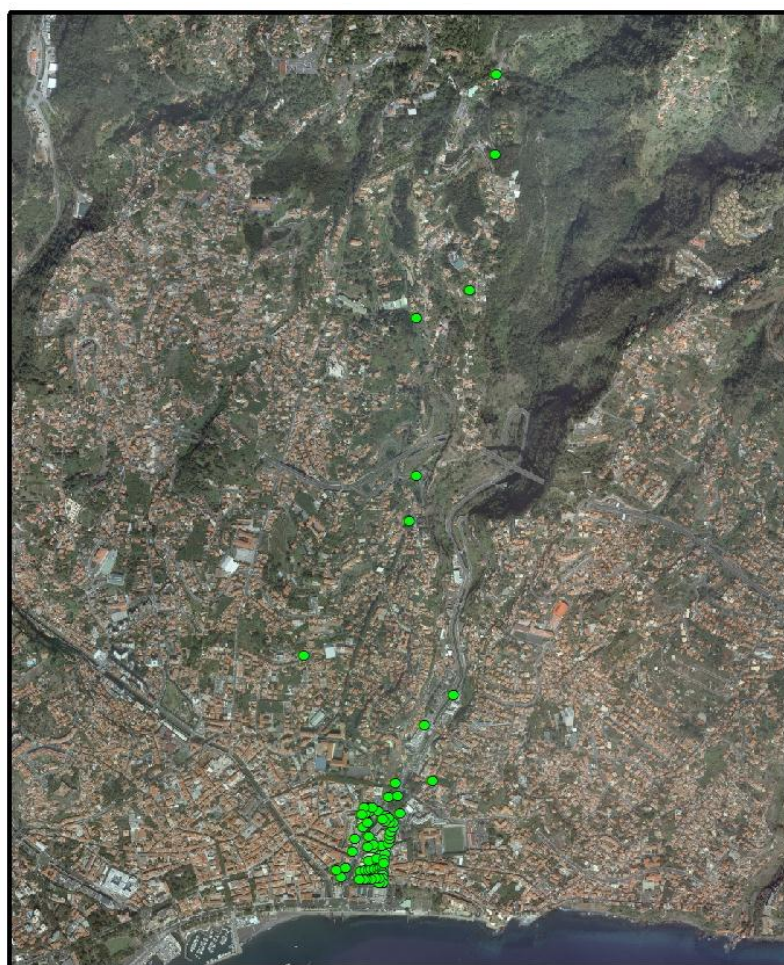
Algumas pontes ficaram parcialmente destruídas, mais concretamente nos muros de protecção existentes em ambas as extremidades das pontes, sendo esses danos provocados pelo transbordamento do canal de escoamento. As pontes afectadas por este tipo de danos foram a ponte do Carmo, a ponte do Campo da Barca e a ponte junto ao edifício da Secretaria Regional do Equipamento Social.

A montante da ponte do Mercado, anteriormente à intempérie, tinha uma cobertura em betão armado que foi demolida para facilitar os trabalhos de limpeza, visto que nesta zona o canal de escoamento ficou totalmente assoreado.

Em relação à parte edificada foi onde ocorreram maiores prejuízos, os edifícios comerciais do Anadia e Oudinot ficaram com os pisos subterrâneos completamente submersos. Os edifícios situados na Rua Dom Carlos, Rua Latino Coelho, Rua Hospital Velho, Rua da Boa Viagem, Rua da Infância, Rua de Santa Maria, Rua Direita, Rua do

Carmo, Rua do Ornelas, Rua Visconde Anadia, Travessa da Infância e Rua do Ribeirinho de Baixo foram afectados no piso térreo devido as inundações e transporte sólido ocorridos nestas referidas ruas.

Mais a montante segundo informação disponibilizada por a Câmara Municipal do Funchal, o Instituto Habitação da Madeira e a Associação Comercial e Industrial do Funchal (Anexo III) existem algumas zonas onde foram detectados danos em infra-estruturas, destacando as zonas junto à estrada Luso Brasileira, caminho da Lombada, largo das Babosas, travessa dos Poços, Travessa do Pina, Rua Pedro José Ornelas, Beco do Matadouro e Núcleo terminal da Rua da Pena (Figura 20).



Legenda

● Danos em infra-estruturas e edifícios



0 260 520 1.040 Meters

Figura 20 - Localização dos danos
(Ortofotomapas Fonte: DRIGOT)

5 Bacia Hidrográfica da Ribeira João Gomes

5.1 Localização da Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes fica situada na ilha da Madeira na costa sul, tendo a sua cabeceira junto à zona do Chão da Lagoa e a sua foz no centro da cidade do Funchal (Figura 21). Foi possível obter esta informação através das *shapefiles* disponibilizadas pelo Atlas do Ambiente Digital com informação sobre as bacias hidrográficas da ilha da Madeira.



Figura 21 – Localização da Bacia Hidrográfica da Ribeira João Gomes

(Fonte: Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente)

Esta informação apenas serviu para uma prévia localização da bacia hidrográfica, sendo posteriormente elaborada a delimitação da bacia hidrográfica através de modelos digitais do terreno.

5.2 Determinação da rede de drenagem e delimitação da Bacia Hidrográfica

A delimitação da bacia hidrográfica em estudo foi delimitada e definida automaticamente recorrendo ao ArcGIS, sendo utilizada a cartografia de base com altimetria em formato *raster*, ou seja, um modelo digital do terreno (MDT) que consiste na junção das folhas de levantamento altimétrico efectuadas pela DRIGOT.

O primeiro passo para a delimitação da bacia hidrográfica é calcular a direcção de escoamento, onde cada célula do modelo digital representa uma direcção e um valor de escoamento. De seguida é necessário verificar a existência de depressões, denominada por *sinks* no MDT, ou seja, na recolha da informação altimétrica os *sinks* ocorrem onde existe depressões que assumem o valor igual a zero, influenciando a análise da direcção de escoamento. Estas depressões são corrigidas por um processo de interpolação através das células vizinhas, garantindo que o escoamento não se encaminhe para zonas onde na realidade não ocorrem depressões. Após a correcção dos *sinks* do MDT é necessário calcular novamente a direcção de escoamento da bacia hidrográfica.

Posteriormente é necessário calcular a acumulação da água em cada célula, sendo que as células assumem um valor referente ao número de células que contribuem para que o escoamento da água chegue até uma determinada célula, onde as células com maiores valores correspondem a linhas de água, criando assim uma rede de drenagem (Figura 22).

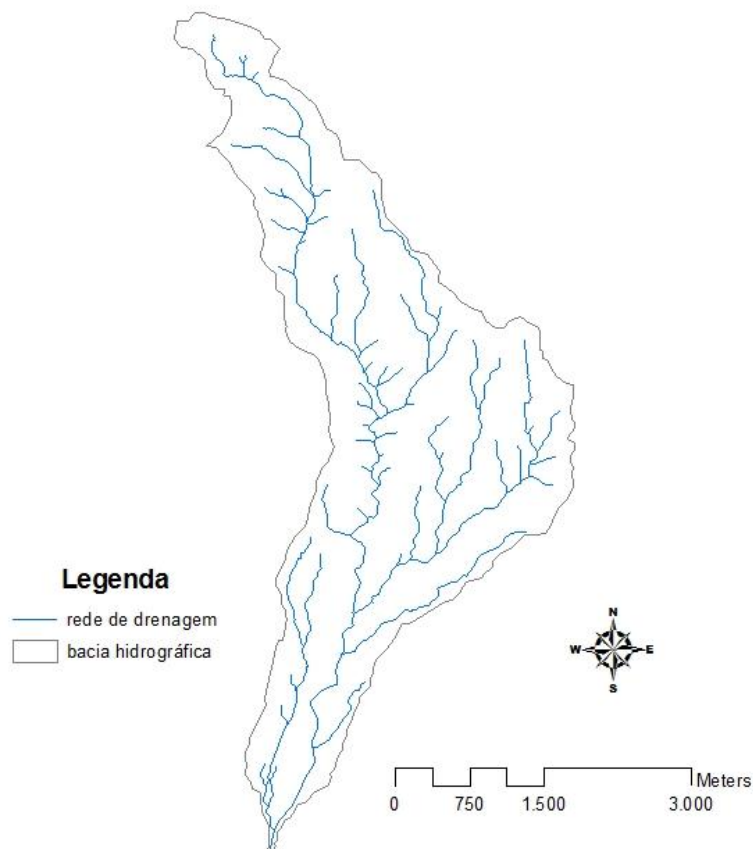


Figura 22 – Rede de drenagem

Tendo a direcção de escoamento e definida a rede de drenagem é possível determinar através de uma ferramenta do ArcGIS denominada *Basin*, a delimitação automática da bacia hidrográfica. Por vezes a limitação tem de ser feita manualmente, principalmente nas áreas a jusante da bacia (zonas de desembocadura) podendo não corresponder na sua totalidade à área da bacia, devendo ser corrigido através dos ortofotomapas e curvas de nível.

A Figura 23 corresponde à delimitação da bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes obtida através da delimitação automática pelo ArcGIS, recorrendo aos ficheiros de altimetria com resolução espacial de 10 metros.



Figura 23 - Delimitação da Bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes

(Ortofotomapas Fonte: DRIGOT)

Concluída a delimitação da bacia hidrográfica da ribeira João Gomes, resulta que esta bacia possui uma área de 12,754 km² e um perímetro de 22,827 km. A bacia hidrográfica uma altitude média de 847,74 metros, a sua cabeceira encontra-se situada um pouco acima do Poiso, junto ao Parque Ecológico do Funchal, a uma altitude de 1.595 metros e a sua foz localiza-se no centro do Funchal, onde o curso de água principal escoar em paralelo com a Rua do Visconde de Anadia.

5.3 Hierarquização da rede de drenagem

Após o tratamento de dados no ArcGIS procedeu-se a elaboração automática da hierarquização da rede de drenagem, sendo esta feita através da hierarquização de Strahler (Figura 24). A hierarquização de Strahler considera os cursos de água sem tributários de primeira ordem, quando dois cursos de água de igual ordem se interceptam, sobe uma ordem na hierarquia e no caso de dois cursos de água com ordens diferentes se interceptam, prevalece a maior ordem.

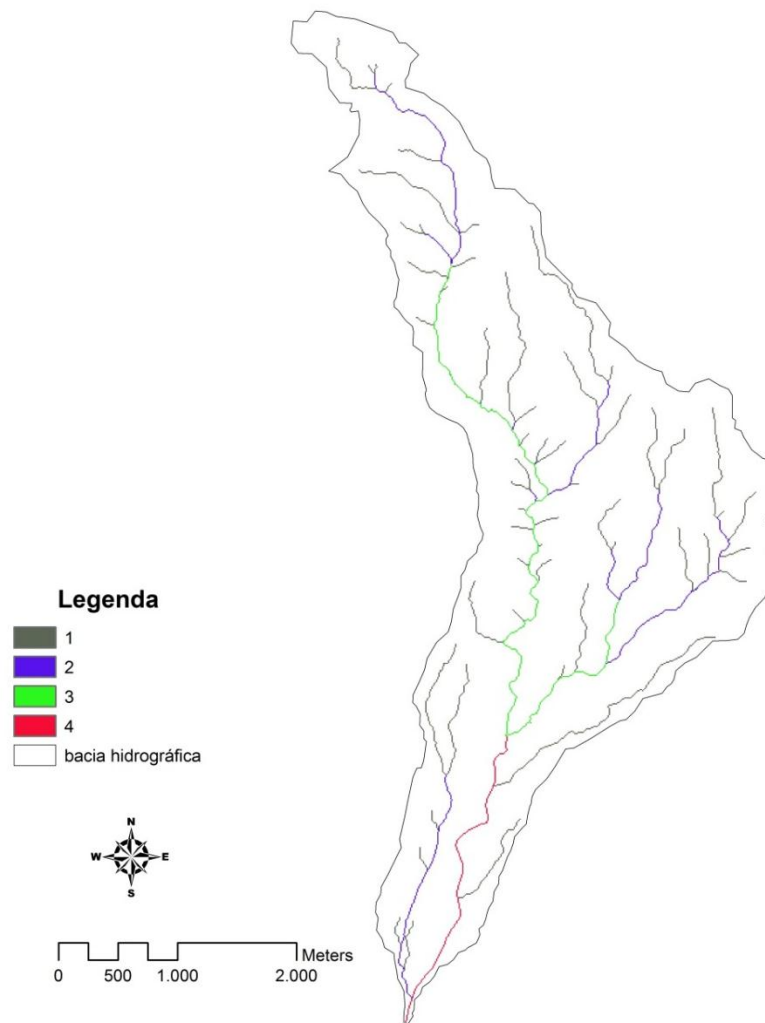


Figura 24 – Hierarquização de Strahler

A rede de drenagem da bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes conta com canais de quarta ordem. Desta forma é possível identificar o canal principal, tendo em conta o comprimento dos diversos canais e a sua respectiva ordem.

Outro tipo de hierarquização que também foi possível determinar automaticamente através do ArcGIS foi a hierarquização de Shreve (Figura 25), este método utiliza diferentes magnitudes para as diversas ligações de canais, sendo os canais com magnitude 1 aqueles onde o canal vai desde a nascente até uma confluência, as ligações de magnitudes superiores resultam do número total de nascentes contribuidoras para a drenagem para o respectivo canal.

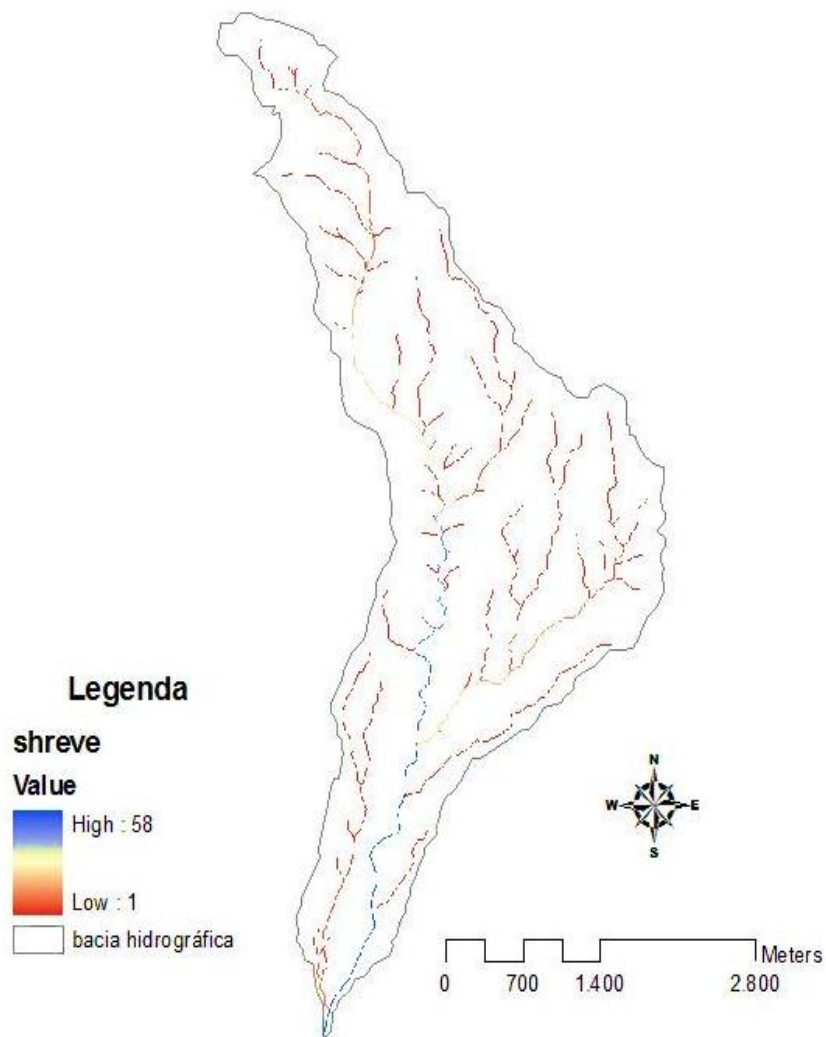


Figura 25 – Hierarquização de Shreve

A rede de drenagem da bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes conta com canais com magnitudes de 1 a 58, ou seja, o canal principal conta com a contribuição de 58 afluentes na zona situada a jusante da bacia hidrográfica.

Em termos de comparação dos dois métodos de hierarquização de redes de drenagem o método de Strahler é o mais utilizado, devido ao carácter descritivo e elaboração mais intuitiva.

5.4 Identificação do canal principal

Através da hierarquização da rede de drenagem anteriormente elaborada, é possível localizar o canal principal da bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes. O canal principal tem uma extensão de 10,216 km, prolonga-se desde a cabeceira da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes a uma altitude de 1535 metros até à foz localizada na cidade do Funchal. O canal principal apresenta declives que variam entre 0° e 47,9°, sendo o declive médio do canal principal de 7,37° (Figura 26).

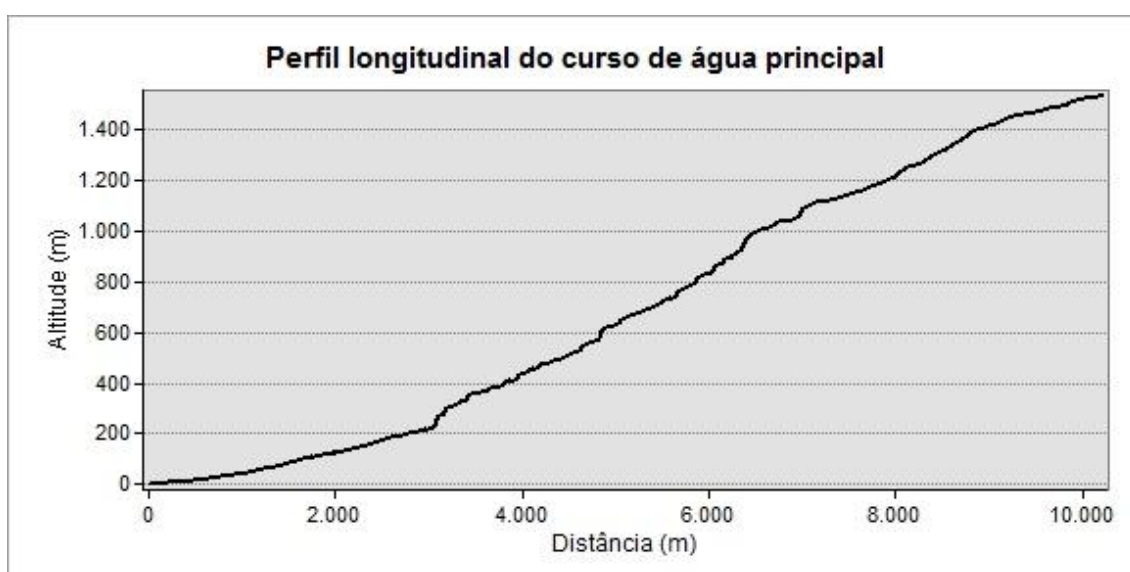


Figura 26 - Perfil longitudinal do curso de água principal

A rede de drenagem inicia-se na cabeceira da bacia hidrográfica, mas propriamente junto ao parque ecológico do Funchal, escoando através dos diversos cursos de água, em direcção aproximadamente perpendicular à costa (Figura 27).

O curso de água principal é classificado como perene, ou seja, contém água durante todo o ano, mesmo durante a época de estiagem, devido ao facto do lençol subterrâneo manter uma recarga contínua e nunca descer abaixo do leito do curso de água.

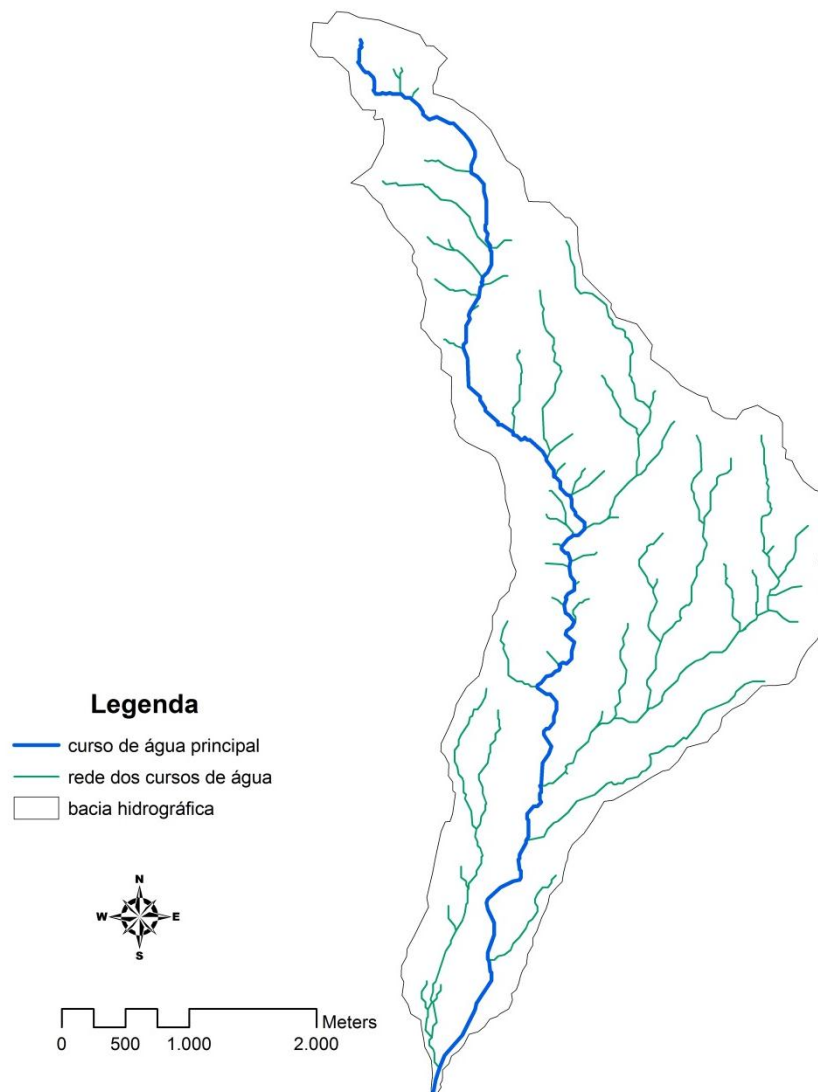


Figura 27 - Localização do curso principal

5.5 Solos

A identificação dos solos da bacia hidrográfica foi feita através da carta dos solos da Ilha da Madeira ^[22], que apresenta a classificação do tipo de solo de acordo com o solo original não antropizada. A geologia da ilha é predominantemente composta por basalto, assim sendo os solos são predominantemente de natureza basáltica.

Foram identificados 7 grupos de solos na bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes (Figura 28), sendo estes grupos, nomeadamente, Depósitos de Praia, Terreno Acidentado Êutrico (Tae), Terreno Acidentado Dístrico (Tad), Haplic Phaeozems

(PHh), Chromic Cambisols (CMx), Humic Cambisols (CMu) e Umbric Andosols (ANu).

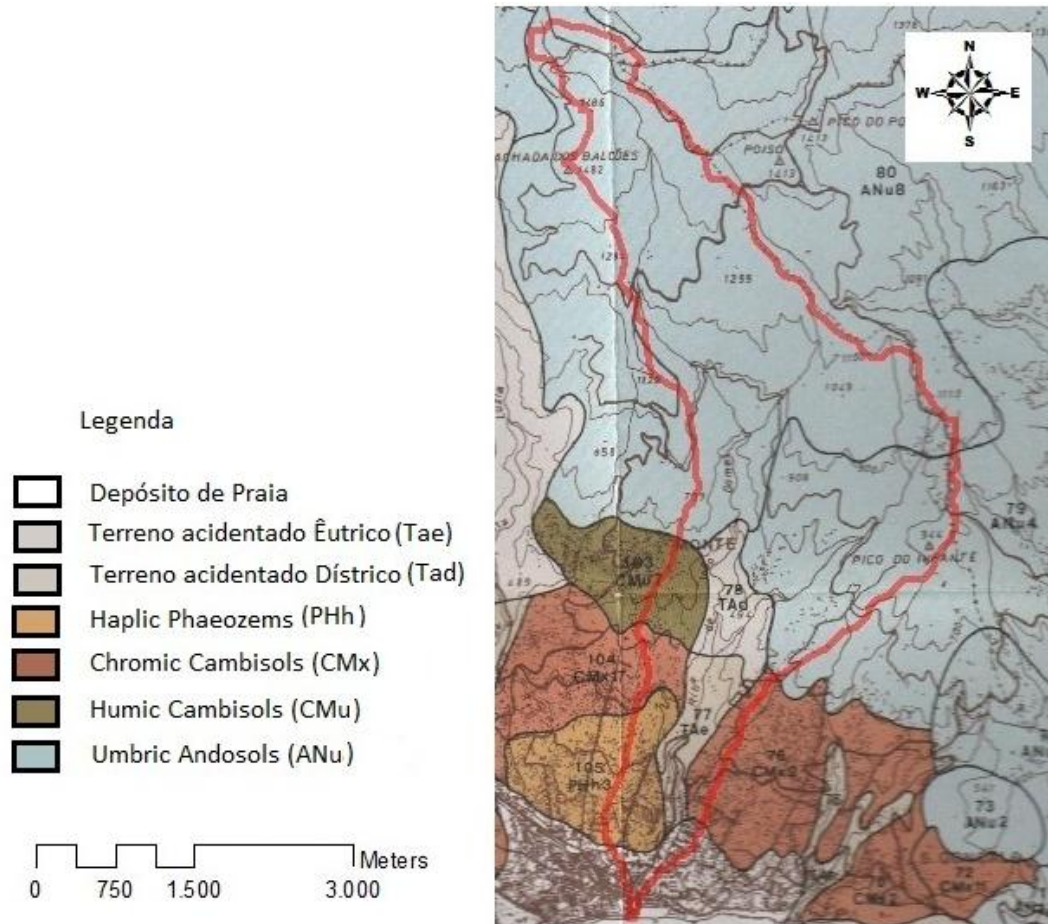


Figura 28 – Carta de solos da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes

(Fonte: Adaptado da carta de solos da Madeira [22])

A Figura 29 apresentada a distribuição da percentagem de área para os diferentes tipos de solos identificados na bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes. É possível verificar que o solo presente em maior quantidade na bacia hidrográfica é o Umbric Andosols, situado nas zonas a montante, correspondendo a cerca de 75% de ocupação da área da bacia hidrográfica. Os restantes tipos de solos encontram-se em áreas muito menos significativas, situadas a jusante da bacia hidrográfica.

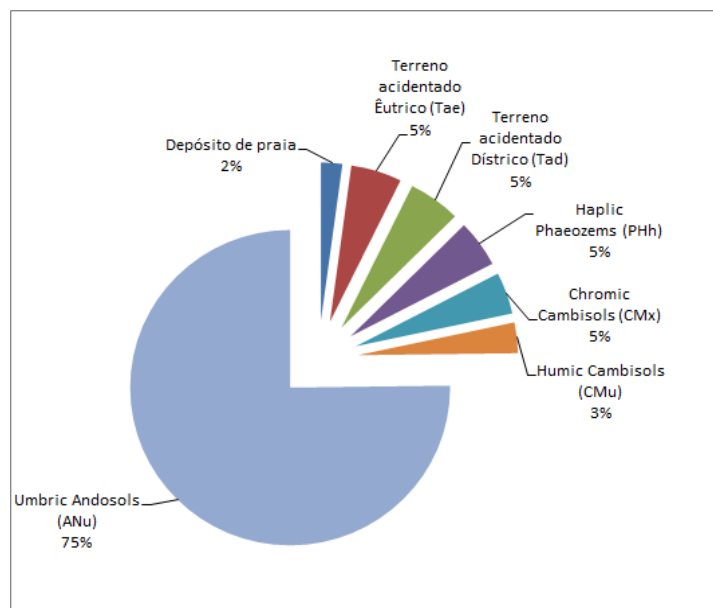


Figura 29 – Áreas ocupadas pelos diferentes tipos de solos

5.6 Geologia

Através da carta geológica da Ilha da Madeira ^[4] é possível identificar as áreas dos diferentes complexos vulcânicos e as diferentes unidades vulcano-estratigráficas na bacia hidrográfica.

Foram localizados a existência de 2 complexos vulcânicos que compõem as duas últimas fases de erupção vulcânica que deram origem à ilha da Madeira, sendo que dessas fases foram localizadas 3 unidades vulcano-estratigráficas ao longo da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes, nomeadamente, a unidade do Curral da Freiras que corresponde à terceira fase do complexo vulcânico intermédio (CVM 3), a unidade Lombos (CVS 1) e unidade do Funchal (CVS 2) que correspondem, respectivamente à primeira e segunda fase do complexo vulcânico superior (Figura 30). Na zona de desembocadura da Ribeira de João Gomes é possível localizar depósito aluvial e pontualmente a existência de piroclastos da unidade do Funchal.

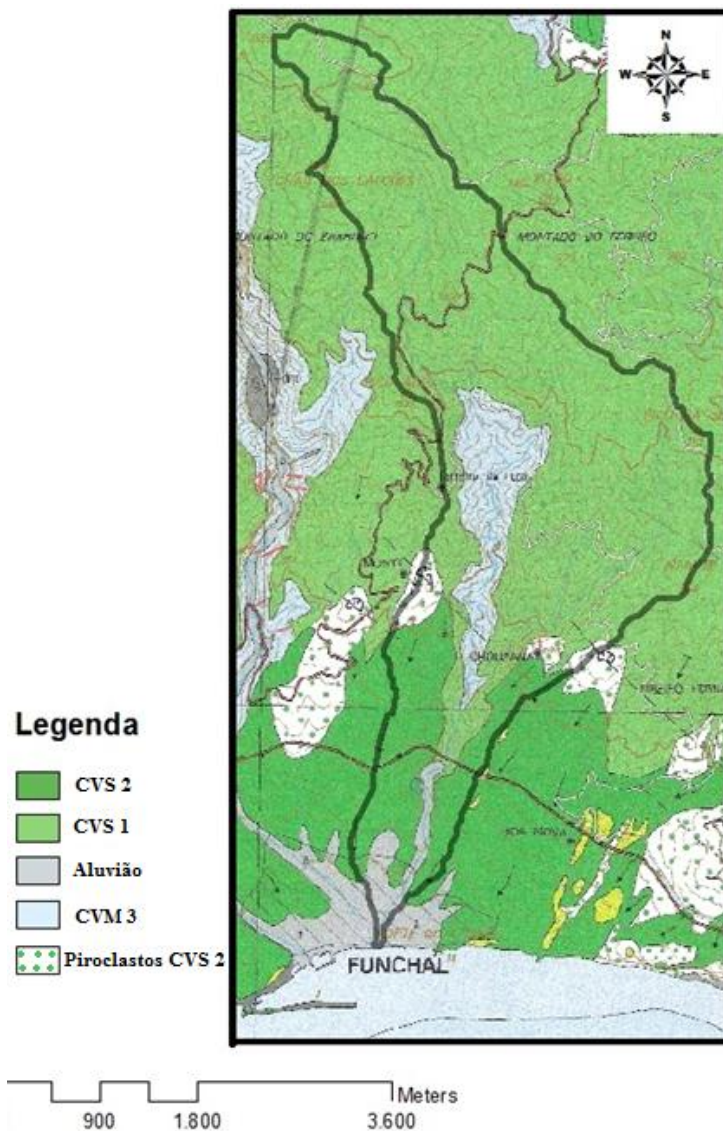


Figura 30 – Carta geológica da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes

(Fonte: Adaptado de carta geológica [4])

A Figura 31 apresenta a percentagem de área ocupada por cada uma das 4 unidades vulcano-estratigráficas referidas anteriormente. É possível verificar que a unidade existente com maior percentagem é a primeira fase do complexo vulcânico superior, denominada de unidade dos Lombos (CVS 1), ocupando cerca de 72% da área total da bacia hidrográfica.

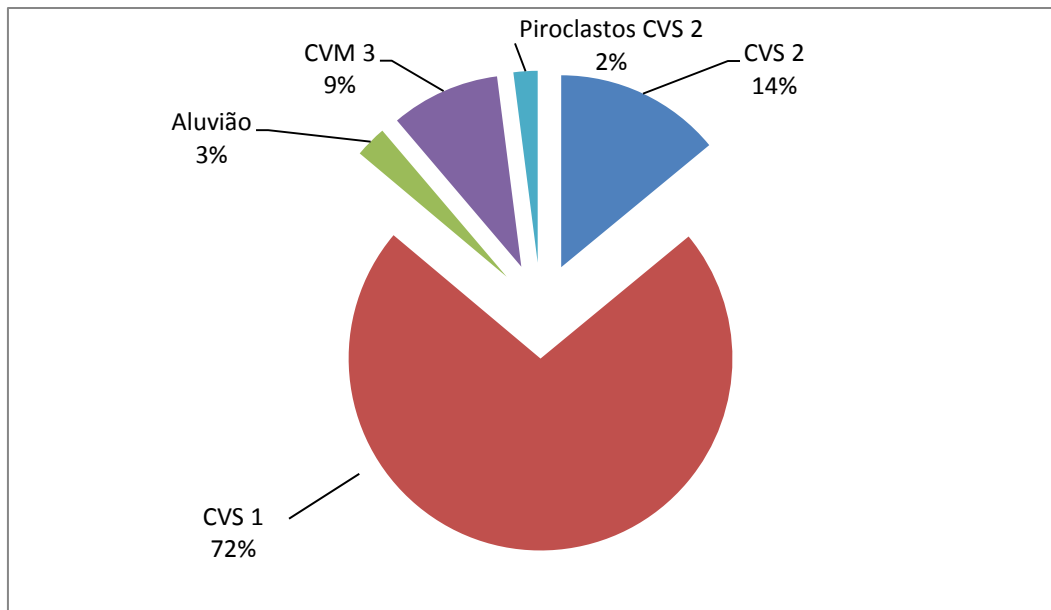


Figura 31 – Áreas ocupadas pelos diferentes tipos de formações geológicas

Na sua maioria a bacia hidrográfica está ocupada por o complexo vulcânico superior, sendo este mais recente e conseqüentemente menos alterado, tem maior resistência contra a erosão. A zona mais sujeita à erosão na bacia hidrográfica é a que esta ocupada por o complexo vulcânico intermédio, sendo o maciço rochoso mais alterado. A erosão das margens apresenta-se com um recuo vertical, paralelo ao curso de água principal, característico nos maciços rochosos do complexo vulcânico superior.

Através do perfil longitudinal do curso de água principal é possível visualizar os sulcos conseqüentes das discontinuidades do complexo vulcânico superior e intermédio, mais concretamente a unidade dos Lombos (CVS 1) e a unidade do Curral das Freiras (CVM 3), como mostra a Figura 32 nos pontos 1 e 2 com altitude de 200 e 900 metros, respectivamente.

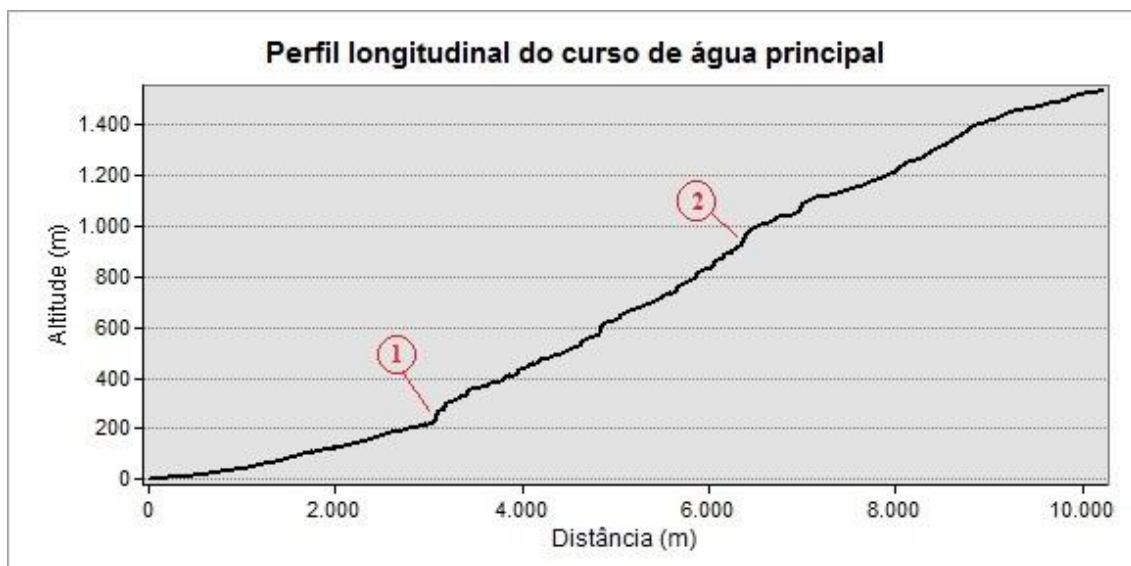


Figura 32 – Pontos de descontinuidade dos complexos vulcânicos

5.7 Declives

A bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes é composta por vales profundos com perfil transversal em forma de U, formados maioritariamente em maciços rochosos, estando os declives mais acentuados situados entre os 200 e os 1000 metros de altitude, apresentando declives máximos na ordem dos 73° (Figura 33). Estes locais com declives elevados são considerados como zonas críticas, pois apresentam maior risco de movimento de massas. O declive médio da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes é de $24,32^\circ$.

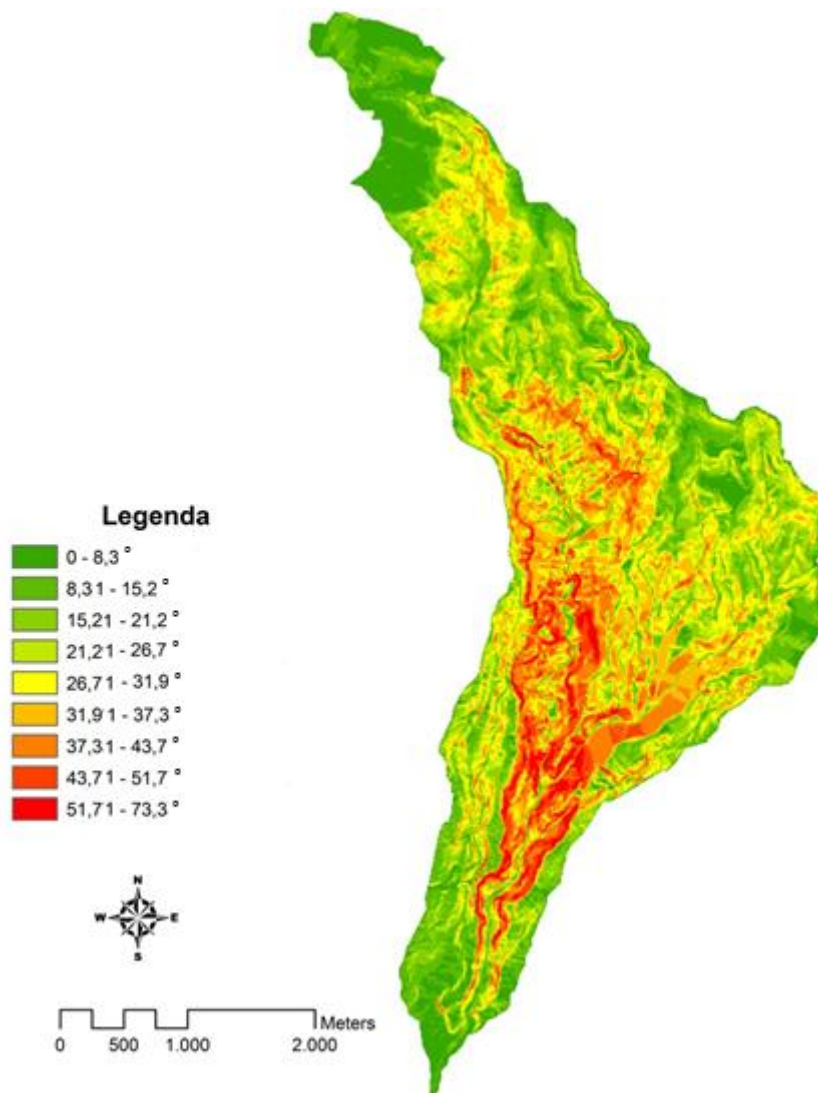


Figura 33 – Mapa de declives

A bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes apresenta grande parte da sua área com declives elevados, que traduz-se num forte factor para a ocorrência do escoamento superficial, e conseqüentemente contribuí para um fraco escoamento subterrâneo.

As pequenas dimensões da bacia hidrográfica juntamente com elevados declives quando deparadas com elevadas intensidades de precipitação contribuem para grandes probabilidades de ocorrência de cheias repentinas.

5.8 Precipitação

Em termos de precipitação, a bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes aumenta os níveis de precipitação com a altitude. A precipitação toma valores mínimos a jusante da bacia hidrográfica, cerca de 800 mm de precipitação média anual, progredindo substancialmente com a altitude atingindo o valor máximo na cabeceira da bacia, cujos valores médios anuais de precipitação são superiores a 2800 mm, como é possível verificar na Figura 34. Esta informação encontra-se disponível através das *shapefiles* disponibilizadas pelo Atlas do Ambiente Digital com informação sobre a precipitação média anual na ilha da Madeira.

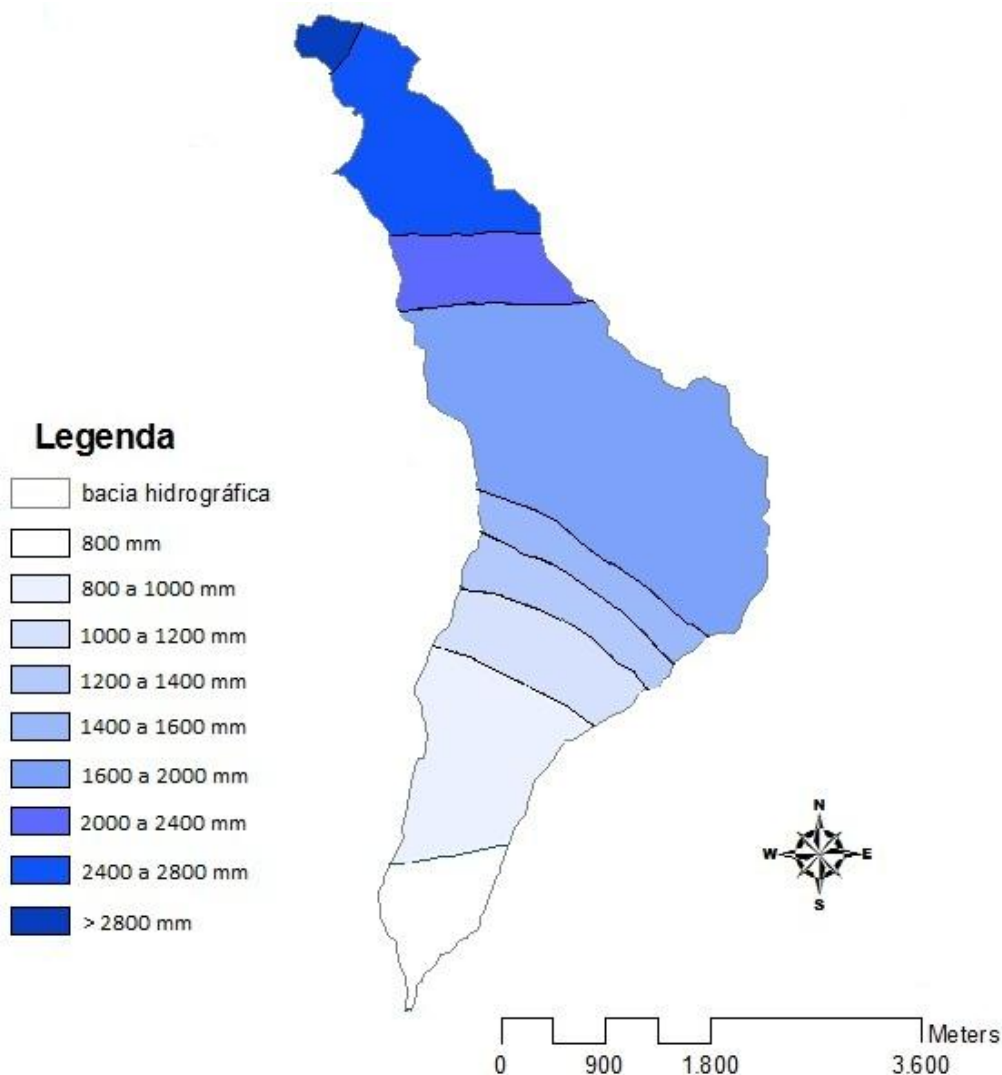


Figura 34 – Precipitação média anual

(Fonte: Adaptado do Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente)

A precipitação ocorre com mais frequência a montante da bacia hidrográfica, este fenómeno deve-se ao facto dos ventos marítimos, predominantemente húmidos, atingem as zonas montanhosas fazendo com que elevem-se, arrefecendo com a altitude dando origem a nuvens e conseqüentemente à precipitação, sendo este fenómeno conhecido por precipitação orográfica. No inverno o arrefecimento dos ventos húmidos pode dar-se mesmo no solo, devido ao facto de este estar com temperaturas inferiores ao mar.

5.9 Escoamento subterrâneo

A recarga dos aquíferos situa-se principalmente nas zonas altas da bacia hidrográfica, isto deve-se ao facto da precipitação tomar valores superiores nas zonas com altitudes elevadas. Outros factores que contribuem para a infiltração da água na cabeceira da bacia hidrográfica é a existência de declives menos acentuados contribuindo para uma redução do escoamento superficial e por a cabeceira ser constituído por formações vulcânicas mais recentes, que geralmente são mais permeáveis.

Na zona central da bacia hidrográfica apresenta aquíferos locais e descontínuos, isso deve-se ao facto de o terreno ser muito irregular apresentando zonas com declives de pouco a muito acentuados, zonas com pouca exposição contribuindo para uma fraca intersecção de precipitação e por formações menos permeáveis.

Na zona baixa da bacia hidrográfica é a zona com menor infiltração e contribuição para a recarga dos aquíferos, apresentando apenas aquíferos locais. Esta zona é a que possui os declives mais acentuados contribuindo para o escoamento superficial, sendo localizada a jusante da bacia tem altitudes pouco elevadas resultando menores valores de precipitação. Outro factor importante é que parte desta zona é urbanizada, sendo determinante no ponto de vista da permeabilização do solo, devido as infra-estruturas.

Através *shapefiles* do Atlas do Ambiente Digital foi possível localizar a zonas do diferente tipo de escoamento subterrâneo, representadas na Figura 35.

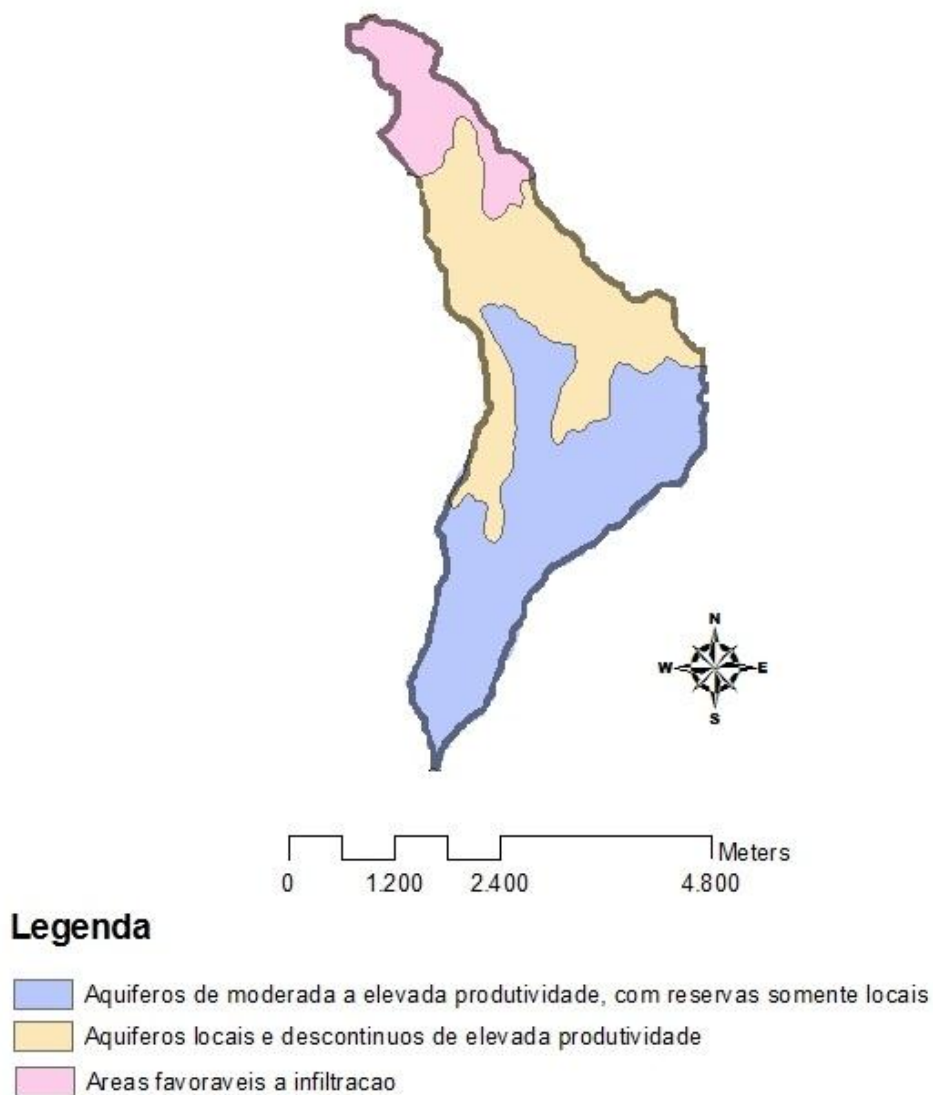


Figura 35 – Mapa de aquíferos

(Fonte: Adaptado do Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente)

5.10 Vegetação

Segundo o EARAM (2010) ^[7] as zonas mais afectadas por movimentos de massa estavam cobertas por formações vegetais exóticas e herbáceas. A vegetação herbácea é predominante na secção superior, a uma altitude superior a 1000 metros, junto à cabeceira da bacia hidrográfica, zona que durante muito tempo sofreu perturbações devido ao pastoreio.

A maior parte dos movimentos de massa ocorreram em floresta de exóticas, dominadas por espécies vegetais introduzidas de carácter invasor, predominantemente acácias (*Acacia*) e florestas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

Em relação às formações arbustivas fechadas e abertas, a ocupação de formações arbustivas fechadas, dominadas por urzais, é muito superior, embora a maioria dos movimentos de massa tenha ocorrido em formações arbustivas abertas.

A quantidade de movimentos de massa que ocorreram em áreas com vegetação natural foi baixa. Esta situação demonstra que a vegetação natural da ilha favorece a estabilização das vertentes devido à sua densidade e estrutura de enraizamento. ^[7]

5.11 Radiação solar

A radiação solar apresenta valores mais baixos nas áreas próximas as linhas de água e valores mais elevados nas zonas de cabeceira da bacia hidrográfica. Esta bacia apresenta vales muito profundo, reduzindo a exposição solar em zonas circundantes ao seu talvegue, por outro lado as zonas localizadas na cabeceira da bacia, são as zonas com mais exposição solar, isso deve-se ao facto desta zona apresentar declives pouco acentuados, aumentando o número de horas de exposição solar.

A Figura 36 representa os valores de radiação média anual da bacia hidrográfica expressos em unidades watt-hora por metro quadrado (Wh/m^2).

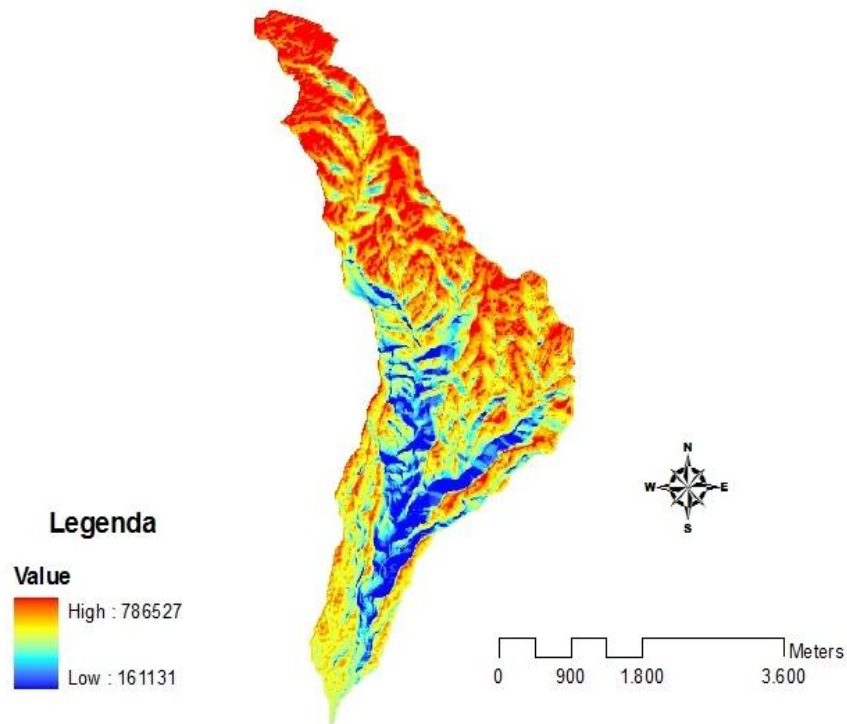


Figura 36 – Radiação solar média anual

5.12 Análise Morfológica

Os cálculos efectuados relativamente às características geométricas, rede de drenagem, relevo e tempos de concentração foram baseados no trabalho elaborado por Quintela (1996) ^[21] e Chow (1964) ^[5].

5.12.1 Características Geométricas da bacia hidrográfica

As características geométricas das bacias hidrográficas têm influência no processo de escoamento. A determinação da forma da bacia foi feita através do índice de compacidade de Gravelius, expresso pela seguinte fórmula:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}} \quad (2.1)$$

Sendo K_c o índice de compacidade de Gravelius, P o perímetro da bacia e A a área da bacia. No caso de bacias circulares o índice de compacidade de Gravelius assume valores iguais a 1, no caso de bacia quadrada assume valores iguais a 1,128 e no caso de bacias arredondadas o valor tem de ser inferior a 1,128.

Como a Ilha da Madeira de uma maneira geral apresenta bacias com formas estreitas e alongadas, para a elaboração deste cálculo, a bacia irá ter uma aproximação geométrica a um rectângulo equivalente, expresso pela seguinte fórmula:

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,128} \left| 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{K_c} \right)^2} \right| \quad (2.2)$$

$$b = \frac{K_c \sqrt{A}}{1,128} \left| 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{K_c} \right)^2} \right| \quad (2.3)$$

Sendo L e b a largura e o comprimento do rectângulo equivalente, respectivamente.

Para verificar se a bacia é alongada, é necessário calcular o índice de alongamento, expresso pela seguinte fórmula:

$$K_L = \frac{L}{b} \quad (2.4)$$

Sendo K_L o índice de alongamento, L e b a largura e comprimento do rectângulo equivalente, respectivamente. No caso de bacias alongadas o índice de alongamento tem de assumir valores superiores a 2.

A Tabela 13 apresenta o valor do índice de compacidade de Gravelius e o índice de alongamento na bacia hidrográfica da Ribeira João Gomes.

Tabela 13 – Cálculo do Índice de compacidade de Gravelius e Índice de alongamento

Área (km ²)	Perímetro (km)	L (m)	b (m)	Índice de compacidade de Gravelius	Índice de alongamento
12,754	22,827	10,139	1,259	1,80	8,05

Atendendo ao valor do índice de alongamento é possível verificar que a bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes possui uma forma bastante alongada.

5.12.2 Características da Rede de Drenagem

A hierarquização da rede de drenagem é a base de informação necessária para uma análise morfológica. Através da hierarquização automática do ArcGIS foi possível determinar a hierarquização de Strahler e Shreve, sendo a hierarquização de Strahler de quarta ordem e a hierarquização de Shreve com magnitude 58. A densidade de drenagem é um importante indicador de susceptibilidade de ocorrência de escoamento. A densidade de drenagem é influenciada por a infiltração, em terrenos onde a infiltração é rápida há menos escoamento superficial, resultando em menor densidade de drenagem, por outro lado, em maciços rochosos a infiltração não ocorre com tanta facilidade, favorecendo o escoamento superficial e conseqüentemente aumenta a densidade de drenagem. Outro factor importante no que diz respeito à densidade de drenagem são os declives acentuados, que por sua vez favorecem o escoamento superficial e aumentam a densidade de drenagem das bacias hidrográfica.

A densidade de drenagem é dada pela fórmula de Horton (1945), que estabelece uma relação entre a área da bacia hidrográfica (**A**) e o comprimento total dos cursos de água (**C_{tc}**), expressa pela seguinte fórmula:

$$D_d = \frac{C_{tc}}{A} \quad (2.5)$$

O resultado da densidade de drenagem da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes encontra-se na Tabela 14.

Tabela 14 – Cálculo da Densidade de Drenagem

Área (km ²)	Comprimento total dos cursos de água (km)	Densidade de Drenagem (km/km ²)
12,754	44,297	3,47

A densidade de drenagem varia entre os 0,5 para bacias mal drenadas, geralmente em áreas com elevada permeabilidade, relevo suave ou fraca ocorrência de precipitação a 3,5 para bacias bem drenadas, geralmente em áreas muito impermeáveis, com elevada precipitação e relevo acentuado. Assim sendo a bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes é excepcionalmente bem drenada.

A densidade de drenagem e o percurso médio da água sobre o terreno são grandezas que traduzem a capacidade da água atingir a rede hidrográfica com maior ou menor dificuldade, sendo importante determinar o percurso médio da água sobre o terreno para dois casos em particular.

O percurso médio sobre o terreno desde o limite da bacia até um curso de água é calculado através da seguinte fórmula:

$$\bar{P}_L = \frac{1}{2D_d} \quad (2.7)$$

O percurso médio sobre o terreno até um curso de água é calculado pela seguinte fórmula:

$$\bar{P} = \frac{\bar{P}_L}{2} = \frac{1}{4D_d} \quad (2.8)$$

Sendo D_d a densidade de drenagem.

A Tabela 15 apresenta as distâncias médias que a água percorre até atingir um curso de água.

Tabela 15 – Percursos médios

\bar{P}_L (km)	\bar{P} (km)
0,144	0,072

A água percorre, em média, cerca de 144 metros desde o limite da bacia até um curso de água e cerca de 72 metros sobre o terreno até a um curso de água.

5.12.3 Características do Relevo

O relevo assume um papel importante no ponto de vista da sua influência com o escoamento. Para uma melhor compreensão da distribuição do relevo na bacia é necessário elaborar uma repartição das altitudes na bacia hidrográfica, sendo esta fornecida pela curva hipsométrica, que relaciona as altitudes da superfície do terreno com as áreas das zonas repartidas. Para a elaboração da curva hipsométrica (Figura 37) da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes foram repartidas zonas entre cotas de 200 metros. A Tabela 16 apresenta as áreas repartidas ao longo da bacia, obtendo a curva hipsométrica através da acumulação das áreas acima da cota de repartição.

Tabela 16 – Cálculo da curva hipsométrica

Altitudes (m)	Área (km ²)	Área acima da cota (km ²)
1595	0	0
1400	1,26	1,26
1200	1,39	2,65
1000	2,39	5,04
800	2,34	7,38
600	1,87	9,25
400	1,32	10,57
200	1,08	11,65
0	1,1	12,75

Para o cálculo da altitude média foi necessário utilizar a seguinte formula:

$$Z_{med} = \frac{1}{A_t} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{2} (Z_i + Z_{i+1}) \cdot A_i \quad (2.9)$$

Sendo Z_{med} a altitude média (m), Z_i as altitudes (m), A_t a área total da bacia (km²) e A_i a área repartida (km²). A altitude média da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes é de 849,56 metros.

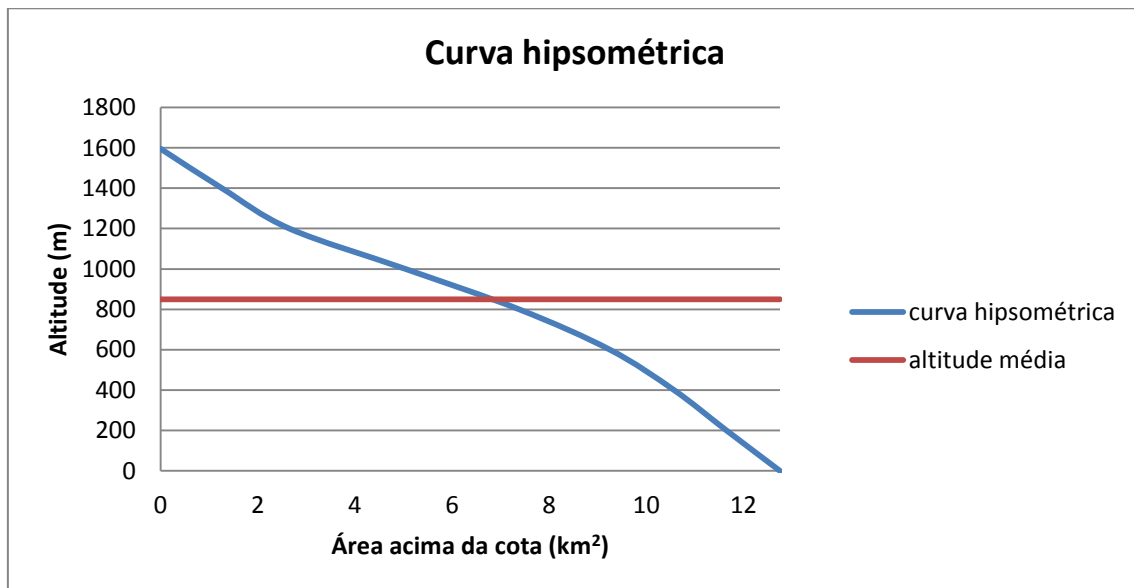


Figura 37 – Curva hipsométrica

Através da curva hipsométrica é possível fazer uma distribuição da área da bacia por percentagem, sendo uma curva hipsométrica adimensional (Figura 38), determinando a altitude mediana que corresponde a 50% da área da bacia e classificar a evolução geomorfológica da bacia através da forma da curva hipsométrica adimensional.

A Tabela 17 apresenta a percentagem das áreas repartidas pelas altitudes utilizadas no cálculo da curva hipsométrica adimensional.

Tabela 17 – Cálculo da curva hipsométrica adimensional

Altitudes (m)	Área (km ²)	Área acima da cota (km ²)	Área (%)	Área acumulada (%)
1595	0	0	0,00	0
1400	1,26	1,26	9,88	9,88
1200	1,39	2,65	10,90	20,78
1000	2,39	5,04	18,75	39,53
800	2,34	7,38	18,35	57,88
600	1,87	9,25	14,67	72,55
400	1,32	10,57	10,35	82,90
200	1,08	11,65	8,47	91,37
0	1,1	12,75	8,63	100,00

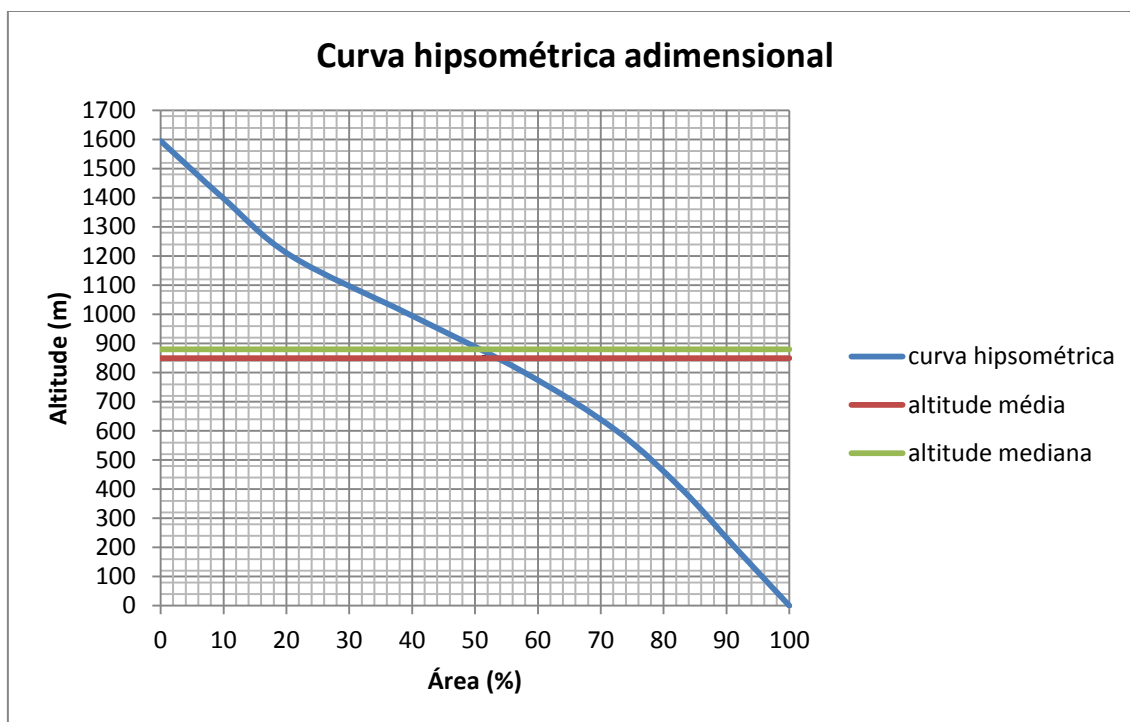


Figura 38 – Curva hipsométrica adimensional

A altura média é calculada pela fórmula seguinte:

$$h_{med} = Z_{med} - Z_{min} \quad (2.10)$$

Sendo Z_{med} a altitude média (m) e Z_{min} a altitude mínima (m).

A altura média e altitude mediana correspondem a 880 metros, tendo o mesmo valor visto que a altitude mínima é 0.

Segundo Strahler (1952) ^[25] é possível determinar a evolução geomorfológica de uma bacia hidrográfica através da forma da curva hipsométrica adimensional, destacando 3 tipos de estados de maturidade, antiga, intermédia e jovem (Figura 39).

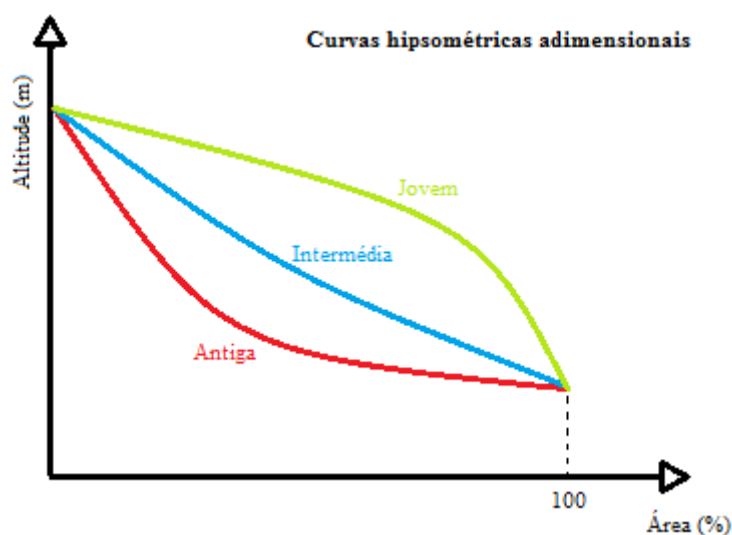


Figura 39 – Estado de Maturidade de bacias hidrográfica
(Fonte: Adaptado de Strahler ^[24])

A área abaixo da curva hipsométrica representa o volume rochoso que ainda está sujeito a acções erosivas, denominado por integral hipsométrico ^[24]. No caso em estudo o integral hipsométrico apresenta 53% da área da curva, sendo esta percentagem referente ao volume da bacia hidrográfica que ainda está sujeita a erosão.

Numa bacia com estado de maturidade jovem apresenta elevada percentagem de topografia ainda não transformada em vertentes de vales, tendo uma vasta percentagem de superfície que ainda não sofreu erosão, sendo o integral hipsométrico com áreas superiores a 60% da curva. ^[24]

No estado de maturidade intermédio, os interflúvios são estreitos, deixando poucos vestígios da superfície inicial, a curva hipsométrica passa aproximadamente no centro do diagrama suavemente ondulada e o integral hipsométrico assume valores de entre 40 e 60% de área da curva. ^[24]

No estado de maturidade antigo, os relevos apresentam pouco contraste, a curva hipsométrica não apresenta grandes variações, apesar do integral hipsométrico apresentar valores inferiores a 40% de área da curva.^[24]

Comparando as formas das linhas com a curva hipsométrica adimensional e a percentagem de volume do integral hipsométrico da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes é possível verificar que a bacia em estudo apresenta um estado de maturidade intermédia.

O perfil longitudinal do leito do curso de água principal influencia fortemente no comportamento da bacia, devido ao facto dos declives do leito condicionarem as velocidades de escoamento. Para a caracterização dos declives do curso de água principal foi determinada o declive médio, o declive equivalente e o declive $d_{10;85}$. O declive médio só depende das altitudes extremas, o declive equivalente é o declive de uma recta que em relação ao eixo das abcissas resulta uma área igual à do perfil longitudinal e o declive $d_{10;85}$ elimina os trechos de maior e menor declive, considerando apenas os trechos de situados entre 10 e 85% do comprimento total do curso de água principal.

Para o cálculo dos declives foram utilizadas as seguintes fórmulas:

- **Declive médio**

$$i_{med} = \frac{Z_{máx} - Z_{min}}{L} \quad (2.11)$$

- **Declive equivalente**

$$i_{eq} = \frac{Z_{eq} - Z_{min}}{L} \quad (2.12)$$

- **Declive 10; 85**

$$i_{10;85} = \frac{Z_{85} - Z_{10}}{0,75 L} \quad (2.13)$$

Sendo $Z_{máx}$ a altitude máxima, Z_{min} a altitude mínima, L o comprimento total do curso de água principal, Z_{10} e Z_{85} correspondem à altitude nos pontos a 10 e 85% do comprimento total do curso de água principal.

A Figura 40 representa as rectas para cada tipo de declive no perfil longitudinal do curso de água principal.

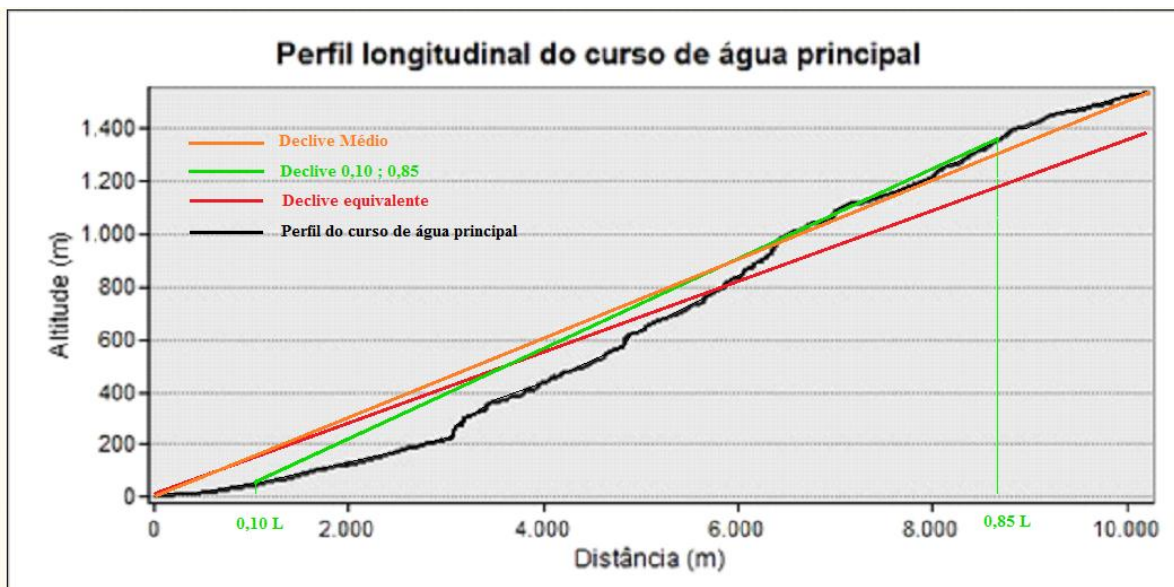


Figura 40 – Perfil longitudinal do curso de água principal, declive médio, equivalente e 10;85

O comprimento total do curso de água principal é de 10.216 metros e altitude máxima de 1535 metros. A Tabela 18 apresenta os cálculos do declive médio, equivalente e 10; 85 no leito do curso principal.

Tabela 18 – Cálculo dos Declives Médio, Equivalente e 10; 85

Declives	Z _{máx} (m)	Z _{min} (m)	i (m/m)	i (°)
Declive médio	1535	0	0,150	8,59
Declive equivalente	1380	0	0,135	7,74
Declive 10; 85	1360	50	0,171	9,80

5.12.4 Relação de Bifurcação

A relação de bifurcação consiste na relação entre o número total de cursos de água de determinada ordem (n) e o número total de cursos de água de ordem imediatamente superior (n+1), sendo o valor da ordem determinado através da hierarquia de Strahler.

A relação de bifurcação indica o grau de dissecação da bacia hidrográfica, ou seja, o grau da exposição a eventos erosivos. Quanto maior o valor da relação de bifurcação maior o estado de erosão provocado pela bifurcação dos cursos de água. O valor da relação de bifurcação geralmente varia entre 2 a 4, sendo expresso pela seguinte fórmula:

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (2.14)$$

Onde R_b é a relação de bifurcação, N_u o número de cursos de água de uma determinada ordem e N_{u+1} o número de cursos de água de ordem imediatamente superior.

A Tabela 19 apresenta os valores da relação de bifurcação nas diferentes ordens hierárquicas da rede de drenagem.

Tabela 19 – Cálculo da Relação de Bifurcação

Ordem	N_u	R_b
1	46	5,11
2	9	4,5
3	2	2
4	1	

Tendo os valores da relação de bifurcação para cada ordem é possível determinar a relação de bifurcação média da bacia hidrográfica através da seguinte fórmula:

$$\overline{R_b} = \sqrt[n-1]{\prod_{u=1}^{n-1} \frac{N_u}{N_{u+1}}} = \sqrt[n-1]{N_1} \quad (2.15)$$

Onde $\overline{R_b}$ é a relação de bifurcação média, N_u o número de cursos de água de uma determinada ordem, N_{u+1} o número de cursos de água de ordem imediatamente superior, n o número da ordem superior e N_1 o número de cursos de água de ordem 1.

O produto das relações de bifurcação de cada ordem é igual ao número de cursos de água de ordem 1, assim sendo, a relação de bifurcação média da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes é de 3,58. É um valor elevado o que indica um grau de dissecação considerável.

5.12.5 Tempo de Concentração

Um indicador muito importante para o estudo das cheias rápidas é a determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo que a água proveniente da precipitação do ponto mais afastado da bacia demora até chegar a desembocadura.

O tempo de concentração foi calculado atendendo às seguintes fórmulas:

- **Fórmula de Témez**

$$T_c = 0,3 \times \left(\frac{L}{D_{mc}^{0,25}} \right)^{0,76} \quad (2.16)$$

Onde L é o comprimento do canal principal (km) e D_{mc} a inclinação média (m/m).

- **Fórmula de Giandotti**

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_m}} \quad (2.17)$$

Onde L o comprimento do curso de água principal (km), A a área da bacia hidrográfica e (km²) h_m a altura média da bacia hidrográfica (m).

- **Fórmula citada em Chow (1964) ^[5]**

$$T_c = \frac{L^{1,15}}{7700 H^{0,38}} \quad (2.18)$$

Onde **L** é o comprimento do curso de água principal (ft) e **H** a diferença de cotas do talvegue na secção de maior cota e na secção final (ft).

A Tabela 20 apresenta os valores de tempos de concentração utilizando os três métodos acima descritos.

Tabela 20 – Cálculo dos Tempos de Concentração

Témez	Giandotti	Chow
2,52 horas	1,27 horas	0,81 horas
2 horas e 31 minutos	1 horas e 16 minutos	49 minutos

Utilizando a média dos dois valores mais próximos, ou seja, pela fórmula de Giandotti e Chow o tempo de concentração da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes é de 1,04 horas (62,5 minutos).

5.13 Considerações finais

A Tabela 21 apresenta um resumo dos valores obtidos anteriormente sobre as características geométricas, rede de drenagem e relevo da bacia hidrográfica de Ribeira de João Gomes.

Tabela 21 – Resumo dos resultados obtidos

Descrição	Dados obtidos
Área da bacia	12,75 km ²
Perímetro da bacia	22,83 km
Comprimento da bacia	8,56 km
Altitude máxima	1595 m
Declive máximo da bacia	73,4 ⁰
Declive médio da bacia	24,32 ⁰
Altitude média	847,74 m
Hierarquização de Strahler	4 ^o ordem
Hierarquização de Shreve	magnitude 58

Descrição	Dados obtidos
Comprimento do canal principal	10,22 km
Altitude máxima do canal principal	1535 m
Declive máximo do canal principal	47,9 ⁰
Declive médio do canal principal	8,59 ⁰
Declive equivalente do canal principal	7,74 ⁰
Declive 10; 85 do canal principal	9,80 ⁰
Índice de compacidade de Gravelius	1,80
Índice de alongamento	8,05
Comprimento total dos cursos de água	44,30 km
Densidade de drenagem	3,47 km/km ²
Percurso médio da água sobre o terreno desde o limite da bacia	144 m
Percurso médio da água sobre o terreno	72 m
Relação de bifurcação média	3,58
Tempo de concentração	1,04 horas

6 Medidas estruturais em bacias hidrográficas

A implementação de soluções estruturais que visem a minimizar os efeitos de cheia é uma prática comum em bacias hidrográficas onde este fenómeno ocorre com alguma frequência.

As soluções estruturais de mitigação de cheias contribuem para uma protecção das zonas urbanas, têm como principal objectivo controlar o regime de descarga de água, controlar a evolução morfologia dos cursos de água, reduzir o transporte de carga sólida e os processos naturais de erosão das margens e leito dos cursos de água.

As medidas estruturais podem ser classificadas em dois tipos distintos de intervenção, nomeadamente em estruturas de protecção transversal e longitudinal, em relação ao curso de água. As estruturas de protecção transversal, como é o caso das barragens, bacias de retenção, soleiras e esporões, têm como objectivo reduzir o fluxo de água e minimizar os efeitos de erosão do leito do canal de escoamento. As barragens são estruturas utilizadas para controlar o caudal, as soleiras funcionam como dissipadores de energia, sendo as bacias de retenção e os esporões utilizados com a finalidade de diminuir o transporte do material sólido evitando a erosão do leito do canal de escoamento. O revestimento do canal também é uma estrutura de protecção transversal, que evita a erosão das margens e leito do canal de escoamento, mas aumenta a velocidade de escoamento, que conseqüentemente aumenta o transporte de sedimentos. As estruturas de protecção longitudinal, como é o caso de diques têm como principal função proteger as margens do canal de escoamento.

É necessário ponderar a utilização deste tipo de estruturas, devido ao seu possível impacte ambiental e custo relativos à sua construção e manutenção. É possível reduzir o impacte ambiental deste tipo de estruturas dando preferência, se possível, a estruturas que utilizam materiais naturais, como o caso de rochas e madeiras, pois estes materiais possibilitam o crescimento de vegetação e a preservação de seres vivos de um determinado ecossistema.

Segue-se uma visão geral de estruturas de mitigação, cuja sua intervenção é feita ao longo do canal de escoamento.

6.1 Barragens

As barragens são estruturas construídas com materiais resistentes à erosão, como é o caso de pedras, betão, gabiões, entre outros, que contribuem para uma diminuição do fluxo de água e aumento da deposição de material sólido. As barragens têm como principal função a redução da velocidade de escoamento durante o evento de inundação, aumenta o tempo de concentração das bacias hidrográficas, reduz o pico de inundações e diminui a capacidade de transporte de material sólido, fazendo com que os processos de erosão sejam atenuados e que seja possível controlar o transporte sólido, favorecendo a prevenção de deslizamentos nas encostas naturais. ^[6]

As barragens são muitas vezes construídas em sucessão ao longo do canal principal de escoamento, proporcionando a estabilização do leito em longas distâncias. As zonas críticas nas barragens são junto ao leito do canal de escoamento e nas suas margens, onde é necessário estruturas de protecção adicional. ^[6]

Segue-se a descrição dos principais tipos de barragens.

6.1.1 Barragem de betão ou de pedra cimentada

As barragens de betão ou de pedra cimentada (Figura 41) são usadas ao longo do comprimento dos cursos de água devido ao facto de ser adaptável a diferentes condições morfológicas e hidrodinâmicas do leito do canal de escoamento. Este tipo de estruturas pode ter dimensões consideráveis, devido à sua rigidez e robustez, no entanto causa um impacte ambiental significativo. ^[6]



Figura 41 – Barragem de pedra cimentada

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.1.2 Barragens de gabiões

As barragens de gabiões (Figura 42) são constituídas por caixas com rede em aço, geralmente com dois metros comprimento e preenchidas com pedras com dimensões entre os 10 a 20 cm, sendo o enchimento das caixas feito à mão para reduzir o índice de vazios. Estas estruturas podem ser adoptadas ao longo da rede hidrográfica e atingir alturas superiores a 10 metros. Em termos de impactes ambientais, este tipo de estrutura é uma boa solução, pois permite o desenvolvimento de vegetação nos gabiões. ^[6]

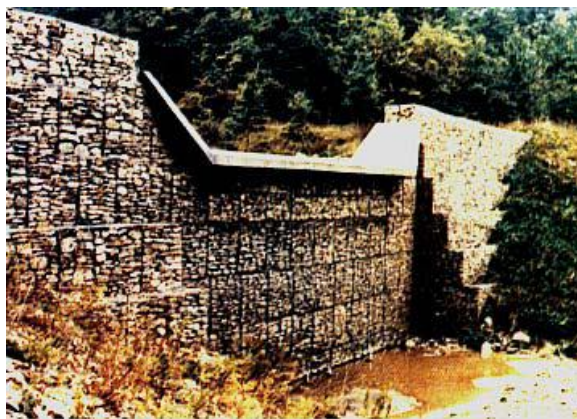


Figura 42 – Barragem de gabiões

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.1.3 Barragens de madeira e pedra

Barragem constituída por pedras e postes de madeira (Figura 43), em geral qualquer tipo de madeira resistente à água. Este tipo de estrutura geralmente é inferior a 2 metros de altura, por isso são construídos na parte superior da rede hidrográfica ou em pequenos afluentes com baixo fluxo de água. O impacte ambiental é reduzido devido á regeneração parcial do ecossistema. ^[6]



Figura 43 – Barragem de madeira e pedras

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.1.4 Barragens parede ou pedra seca

Estruturas constituídas por grandes pedras aparelhadas entre si, formando uma parede em pedra (Figura 44), geralmente não superior a 2 metros de altura. São construídas na parte superior da rede hidrográfica ou em pequenos afluentes, locais onde o menor fluxo de caudal contribui para uma maior durabilidade da estrutura. O impacto ambiental é reduzido e o custo de construção é inferior as restante soluções. ^[6]



Figura 44 – Barragem parede

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.2 Soleiras

As soleiras são estruturas localizadas no leito do canal de escoamento em zonas com inclinação média-baixa, têm como função dissipar a energia do caudal e consequentemente diminuir a erosão do leito do canal. Geralmente as soleiras são acompanhadas com estruturas de protecção a montante da crista, de maneira a garantir a durabilidade e fixação do aterro. ^[6]

Atendendo as suas dimensões reduzidas, as soleiras tem um impacte ambiental reduzido, estando geralmente submersas. A utilização do betão neste tipo de estruturas é desfavorável do ponto de vista ecológico, quando possível devem ser utilizados materiais naturais como é o caso da pedra, madeira ou gabiões, favorecendo o crescimento da vegetação. ^[6]

6.2.1 Soleiras de betão ou pedra

As soleiras de betão ou pedra (Figura 45) são as mais utilizadas devido ao facto de poder ser construído em todas as condições morfológicas e também devido à facilidade de construção, apesar de ter um custo mais elevado que as restantes. ^[6]



Figura 45 – Soleira de betão

(Fonte: http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=5d283db9-1823-45f1-9f7a-263b73128d60&log=y)

6.2.2 Soleiras de gabiões

Soleira construída com gabiões (Figura 46) são uma solução para diversas condições hidrodinâmicas, sendo limitada na altura da soleira mas podendo possuir larguras consideráveis. Uma vantagem deste tipo de estrutura é a utilização do material rochoso ao longo do leito para o enchimento dos gabiões. ^[6]



Figura 46 – Soleira de gabiões

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.2.3 Soleiras feitas com blocos ou blocos ancorados ao solo ou com madeira e pedras

Estruturas maioritariamente construídas na zona superior da rede hidrográfica ou em áreas com restrições morfológicas. A madeira a ser utilizada nestas estruturas deve ser resistente à água, podendo ser encontrada na zona de construção. ^[6]

As soleiras feitas com pedras e madeira (Figura 47) são estruturas flexíveis, o que favorece a sua aplicação em zonas com fortes modificações morfológicas.



Figura 47 – Soleiras feita com madeira e pedras

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.3 Bacias de retenção

As bacias de retenção têm como principal objectivo a retenção do material sólido transportado no curso de água durante os eventos aluviais, reduzindo os efeitos de descarga a jusante e impedir a obstrução do canal de escoamento nas secções mais estreitas. Uma bacia de retenção é constituída por uma barragens e uma bacia, sendo a barragens feita com aberturas que possibilitam o escoamento do caudal líquido, retendo a carga sólida na bacia situada a montante da barragem. Este tipo de estrutura encontra-se em zonas com encostas íngremes, áreas arborizadas e áreas submetidas a movimento de massa, como é o caso de fluxos detríticos e lama. ^[6]

A barragem, geralmente é constituída por uma forte estrutura em betão, no entanto pode ser construídas com outro tipo de material suficientemente forte para suportar o impacto causado pelos materiais transportados. Além dos trabalhos de manutenção regular da estrutura, a remoção do material sólido após eventos aluviais deve ser feito, de maneira a recuperar a sua capacidade de armazenamento.

Existem vários tipos de barragens em bacias de retenção, sendo os mais comuns os seguintes:

6.3.1 Barragens tela com barras verticais em aço ou betão

As barragens tela (Figura 48) são utilizadas principalmente para a retenção de materiais vegetais, podendo ser construída em diferentes trechos ao longo do curso de água, oferecendo uma grande resistência contra o transporte de material sólido.

Em alternativa, nos pequenos afluentes as barras da barragem podem ser constituídas por madeira.^[6]



Figura 48 – Barragem tela com barras verticais

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.3.2 Barragens viga

As barragens viga têm como principal objectivo o impedimento do transporte sólido, são as mais utilizadas em bacias de retenção devido à sua forte resistência contra o impacto dos fluxos detriticos transportados no canal de escoamento.

Este tipo de estruturas é constituído por betão e aço, diversificando nas suas formas e dimensões, conforme as suas necessidades.^[6]

As formas mais comuns deste tipo de barragens estão apresentadas nas Figura 49, 50 e 51.



Figura 49 - Barragem viga com pilão central

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))



Figura 50 - Barragem viga com abertura vertical

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))



Figura 51 - Barragem viga com barras horizontais em aço

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.4 Esporões

Os esporões são constituídos por pequenos diques construídos junto a uma das margens do canal de escoamento, geralmente concentrados em zonas com inclinações média-baixa. São utilizados para reduzir a erosão, dissipar a energia causada pelo fluxo de escoamento e recriar condições de sinuosidade naturais no leito do curso de água. A sedimentação nos esporões traduz-se como uma vantagem devido à criação de bancos naturais que protegem as zonas ribeirinhas.^[6]

O número de esporões a ser utilizado numa determinada distância esta directamente relacionado com o comprimento dos esporões, as características hidráulicas do canal de escoamento e a quantidade de sedimentos transportados. ^[6]

O impacto ambiental dos esporões é muito reduzido, devido a estas estruturas estarem parcialmente ou totalmente submersas. No caso de os esporões estarem imersos por longos períodos de tempo uma solução para reduzir o seu impacto ambiental é a implementação de vegetação. ^[6]

Em seguida estão exemplos dos tipos de esporões mais comuns.

6.4.1 Esporões em betão ou com pedras cimentadas

Os esporões em betão (Figura 52) utilizados em zonas onde a erosão das margens é elevada e normalmente são construídos na parte inferior do curso de água. O impacto ambiental é reduzido no curso de água, no entanto neste tipo de estrutura está impossibilitada à implementação de vegetação. ^[6]



Figura 52 – Esporão em betão

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.4.2 Esporões com gabiões

Esporões feitos com gabiões (Figura 53) são uma solução útil, na medida em que podem ser aplicados ao longo do canal de escoamento devido à sua flexibilidade. Os esporões

com gabiões fornecem uma forte protecção às margens e reduz de maneira significativa a erosão do leito do canal de escoamento.^[6]



Figura 53 – Esporão com gabiões

(Fonte: <http://www.gabionbasketsbox.com/gabionboxgionbaskets/WaterConservancy.html>)

6.4.3 Esporões com blocos pré-fabricados ou naturais

Esporões construídos com blocos pré-fabricados ou com pedras naturais não cimentadas (Figura 54) são geralmente construídos na parte superior da rede de drenagem. A utilização de materiais naturais reduz o impacto ambiental, permitindo a implementação da vegetação.^[6]



Figura 54 – Esporões em pedras

(Fonte: <http://www.icpdr.org/jds/node/141>)

6.4.4 Esporões com rochas e estacas ou madeira e estacas

Este tipo de esporões é geralmente utilizado nas zonas superiores da rede hidrográfica a fim de resolver pequenos problemas relacionados com a erosão, podendo ser aplicados em diferentes condições morfológicas e hidráulicas. [6]

A construção de esporões com rochas e estacas ou madeira e estacas (Figura 55) faz-se apenas com materiais naturais, como é o caso da madeira e pedra, reduzindo o seu impacto ambiental e possibilitando a implementação de vegetação.



Figura 55 – Esporão com estacas e rochas

(Fonte: <http://picasaweb.google.com/lh/photo/w3eQ3YSLOWefutEpBPssjA>)

6.5 Revestimento do canal

O revestimento do canal de escoamento têm como principal objectivo a protecção do curso de água contra a erosão resultante pelo fluxo de água em regime aluvial. O revestimento do canal permite um acréscimo da vazão, de forma a garantir o transporte dos sedimentos, evitando assoreamentos de material sólido e impedindo a erosão do leito do canal. Este tipo de construção é recomendado em bacias hidrográficas fortemente sujeitas em erosão, especialmente em zonas urbanas e locais sujeitos a fluxos torrenciais. [6]

A utilização de obras de revestimento implica um forte impacto ambiental, no entanto podem ser utilizados materiais naturais como é o caso de madeira, pedra e gabiões que

reduzem de maneira significativa esse mesmo impacto, permitindo a implementação de vegetação.

6.5.1 Revestimento em betão ou com pedras cimentadas

O revestimento do canal em betão ou em pedras cimentadas (Figura 56) constitui uma forte estrutura de protecção contra a erosão das margens e leito do canal de escoamento. Este tipo de revestimento implica um custo elevado na sua construção. ^[6]



Figura 56 – Canal revestido em betão

(Fonte: <http://www.leaoengenharia.com/sanen/canal-u.html>)

6.5.2 Revestimento com gabiões

O revestimento do canal com gabiões (Figura 57) é utilizado em zonas sujeitas a processos de erosão e alterações no curso de água. Durante a sua construção provoca um forte impacto ambiental, reduzindo após a sua construção. Em termos de velocidade de escoamento é inferior aos canais revestidos em betão devido à sua rugosidade ser superior, sendo menos eficaz em relação ao transporte de sedimentos. ^[6]



Figura 57 – Canal revestido com gabiões

(Fonte: <http://www.erwsinc.com/gallery.html>)

6.5.3 Revestimento com madeira ou com madeira e pedras

O revestimento do canal de escoamento com materiais naturais como é o caso de madeira e pedras (Figura 58) é utilizado em pequenos afluentes, em zonas onde a prioridade são as condições ecológicas e ambientais, como por exemplo em parques naturais.^[6]



Figura 58 – Canal revestido em madeira e pedras

(Fonte: [http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/\\$file/ec-flash-2002.pdf?openelement](http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900sid/LGEL-5HKL9Q/$file/ec-flash-2002.pdf?openelement))

6.6 Diques e Muros de canalização

Os diques e muros de canalização, constituem obras de protecção longitudinal dos cursos de água, geralmente construídos na zona central e inferior de uma bacia hidrográfica, tendencialmente em zonas urbanas. A principal função deste tipo de estrutura é a protecção das margens e impedir o transbordo dos canais de escoamento, mas podem ser utilizados para outros fins, como é o caso de conduzir o fluxo de água, em casos que seja necessário contornar alterações do curso de água ou dirigindo o curso de água para instalações específicas, por exemplo centrais hidroeléctricas. É frequente serem usadas barreiras impermeáveis no interior ou sob os diques, a fim de proporcionar estabilidade da estrutura e um bom funcionamento hidrogeológico. ^[6]

Em termos de impactes ambientais, os diques e os muros de canalização, constituem um impacto significativo, visto que modificam a evolução natural do curso de água, alterando a sua sinuosidade e formação natural do leito. Uma solução para atenuar os impactes ambientais impostas por estas estruturas é a introdução de pequenos esporões, de maneira a minimizar a alterações de sinuosidade dos cursos de água. ^[6]

Com a construção deste tipo de estruturas o fluxo de escoamento aumenta substancialmente, aumentando a perigosidade em zonas menos estáveis, devendo optar por soluções que visa a estabilizar e reforçar essas mesmas zonas.

6.6.1 Diques de aterro

Os diques de aterro (Figura 59) são utilizados frequentemente ao longo do curso de água devido ao facto da sua execução ser relativamente simples, geralmente a secção transversal onde estão localizados os diques de aterro, apresenta uma geometria trapezoidal.

A camada interna e externa do dique de aterro podem constituídas por materiais diferentes, de modo a assegurar uma baixa permeabilidade durante o período de cheia e reduzir o fluxo de águas subterrâneas, contribuindo para a estabilização do aterro. A camada externa do dique, denominada por camada de protecção pode ser construída com diversos tipos de materiais, entre eles, pedras, gabiões e betão. ^[6]



Figura 59 – Dique de aterro

(Fonte: http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=d21c73e8-5314-4d49-a9fa-e73ca0029ac8)

6.6.2 Muros de canalização em betão, pedra ou tijolos cimentados

Os muros de canalização constituídos por betão, pedra ou tijolos cimentados (Figura 60) são aplicados geralmente em zonas urbanas, locais onde não existe espaço para outro tipo de estruturas.

Este tipo de estrutura também pode ser combinado com uma estrutura de aterro, através da aplicação de uma parede em betão, pedra ou tijolos no topo do dique de aterro. ^[6]



Figura 60 – Muro de canalização em alvenaria de pedra

(Fonte: Arquivo pessoal)

6.7 Considerações finais

Tendo a aluvião de 20 de Fevereiro de 2010 como referencia, é possível verificar que o principal condicionante dos seus efeitos foi o transporte do material sólido e não o caudal líquido, pois o material sólido originou a diminuição da área de escoamento e consequentemente o transbordo do canal de escoamento.

A utilização de bacias de retenção é fundamental para diminuir a quantidade de material sólido transportado durante eventos torrenciais. A bacia de retenção deveria ter uma barragem viga, podendo ter um pilão central, para que quando a carga sólida atingisse o pilão ficasse retido nas extremidades da barragem, podendo no entanto ter como opção uma barragem com aberturas verticais ou horizontais. A construção de diversas bacias de retenção ao longo do curso de água diminuiria, de maneira significativa, o transporte de carga sólida. A principal desvantagem deste tipo de estrutura seria a acessibilidade para proceder à limpeza e remoção da carga sólida após períodos de precipitação.

A zona canalizada da Ribeira de João Gomes já conta com a construção de muros de canalização em alvenaria de pedra e soleiras em betão, utilizados para evitar a erosão das margens e dissipar a energia do caudal, respectivamente. No entanto, defendo que o troço terminal da Ribeira de João Gomes deveria possuir um revestimento do canal, de maneira a permitir um acréscimo de caudal e garantir o transporte dos sedimentos.

Na cabeceira da bacia hidrografia da Ribeira de João Gomes, visto que é uma zona que pertence ao Parque Ecológico do Funchal, indicaria a utilização de barragens em madeira e pedras nos seus afluentes, como sendo uma solução com impacte ambiental reduzido. Nos afluentes com maiores dimensões e com declives mais acentuados a utilização de revestimento de canal juntamente com a introdução de soleiras em degraus, reduzia de maneira significativa a velocidade de escoamento e a erosão do curso de água.

Atendendo a largura reduzida do curso de água principal a utilização de esporões teria de ser pontual, em locais onde o curso de água permitisse largura suficiente para a utilização deste tipo de estrutura sem comprometer o escoamento.

As soluções construtivas apresentadas neste capítulo revelam para cada tipo de solução várias opções de materiais, reflectindo vantagens e desvantagens na sua aplicação. Cada

solução deve ser escolhida conforme as necessidades, sendo umas restringidas pelas suas dimensões e outras pela sua localização.

A Tabela 22 apresenta um resumo das várias soluções construtivas descritas anteriormente, descrevendo algumas vantagens e desvantagens da sua construção.

Tabela 22 – Vantagens e desvantagens das soluções estruturais

Soluções estruturais	Tipo de construção	Vantagens	Desvantagens
Barragens	Betão ou pedra cimentada	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptável a diferentes condições morfológicas e hidrodinâmicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacte ambiental significativo.
	Gabiões	<ul style="list-style-type: none"> • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura limitada na sua altura.
	Madeira e pedra	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptável em pequenos afluentes; • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura geralmente com alturas inferiores a 2m.
	Parede ou pedra seca	<ul style="list-style-type: none"> • Custo de construção inferior as restantes soluções; • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura geralmente com alturas inferiores a 2m.
Soleiras	Betão ou pedra	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicável em todas as condições morfológicas; • Facilidade de construção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo mais elevado que as restantes soluções.
	Gabiões	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicável em diversas condições hidrodinâmicas; • Enchimento dos gabiões com material rochoso do leito do canal de escoamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitadas na altura da soleira.
	Blocos ou blocos ancorados ao solo ou com madeira e pedras	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturas flexíveis, favorecendo a sua aplicação em zonas com fortes modificações morfológicas; • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitadas na altura da soleira
Bacias de retenção	Barragem tela com barras verticais	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado para a retenção de material vegetal; • Oferece uma grande resistência contra o transporte de material sólido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental significativo;

Soluções estruturais	Tipo de construção	Vantagens	Desvantagens
	Barragens viga	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura mais utilizada em bacias de retenção; • Forte resistência contra o impacto dos fluxos detriticos transportados no canal de escoamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental significativo.
Esporões	Betão ou pedra cimentada	<ul style="list-style-type: none"> • Recria condições de sinuosidade naturais no leito do curso de água; • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilidade de implementação de vegetação na estrutura.
	Gabiões	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura flexível que pode ser utilizada ao longo do canal de escoamento; • Fornece protecção contra a erosão das margens e leito do canal de escoamento; • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental significativo.
	Blocos pré-fabricados ou naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura aplicável apenas na parte superior da rede hidrográfica.
	Estacas de madeira e rochas	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturas que podem ser aplicadas em diferentes condições morfológicas e hidráulicas; • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apenas utilizado para resolver pequenos problemas de erosão.
Revestimento do canal	Betão ou pedras cimentadas	<ul style="list-style-type: none"> • Forte estrutura de protecção contra a erosão das margens e leito do canal de escoamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado de construção; • Impacte ambiental significativo; • Aumento da velocidade de escoamento.
	Gabiões	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado em zonas sujeitas a processos de erosão e alteração do curso de água; • Velocidade de escoamento inferior aos canais revestidos em betão; • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos eficaz no transporte de sedimentos do que as estruturas com revestimento em betão;
	Madeira e pedras	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado em zonas onde as prioridades são as condições ecológicas e ambientais; • Impacte ambiental reduzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apenas utilizado em pequenos afluentes; • Limitado nas suas dimensões.

Soluções estruturais	Tipo de construção	Vantagens	Desvantagens
Diques e Muros de canalização	Dique de Aterro	<ul style="list-style-type: none"> • Execução relativamente simples; • Pode ser constituída por diversos materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacte ambiental significativo.
	Muro de canalização em betão, pedra ou tijolos cimentados	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado em zonas onde o não existe espaço para outro tipo de estrutura; • Pode ser combinada com uma estrutura de aterro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacte ambiental significativo.

7 Conclusões e recomendações

7.1 Conclusões

Atendendo aos declives muito acentuados, aos episódios relativamente frequentes de precipitação intensa e bacias hidrográficas pequenas, a ilha da Madeira é propícia à ocorrência de cheias rápidas.

O material sólido transportado pela Ribeira de João Gomes, responsável pelo assoreamento por uma extensão de 786 m, desde a foz, proveio, na sua maioria, do deslizamento de taludes naturais e dos sedimentos acumulados no leito do curso de água nas zonas superiores da referida bacia. Verifica-se que o material de granulometria mais fina proveio dos múltiplos deslizamentos de taludes, enquanto o material mais grosseiro, rolado, proveio dos materiais anteriormente depositados ao longo do curso de água.

O volume total de material sólido depositado na bacia hidrográfica na Ribeira de João Gomes foi de 54.853,43 m³, 81,5% da carga sólida estimada, e de granulometria mais grosseira, foi depositada no canal principal. Os restantes 18,5% dos sedimentos, de granulometria mais finas, depositaram-se nas ruas circundantes do canal principal até uma distância de 140 m da margem esquerda da ribeira.

O caudal máximo estimado na Ribeira de João Gomes foi na secção 15 do anexo I, no canal principal de escoamento e o caudal mínimo estimado situa-se junto à foz nas secções 1 e 2 do anexo, assumindo valores de 356,09 m³/s e 23,04 m³/s, respectivamente. Os valores junto à foz são reduzidos devido ao transbordo nas secções a montante. Em termos de velocidade de escoamento a secção 10 do anexo I foi a que apresentou o valor máximo, cerca de 20,04 m/s.

A partir da análise morfométrica da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes, foi possível concluir que esta bacia possui uma forma alongada ($K_L = 8,05$), é bem drenada ($D_d = 3,47 \text{ Km/Km}^2$). O tempo que a água proveniente da precipitação leva, desde o ponto mais afastado da bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes, a chegar à sua desembocadura, denominado por tempo de concentração é de 62,5 minutos. O declive médio do curso principal de drenagem é de 15%, assumindo o declive equivalente, o valor de 7,74°, sendo este o valor mais próximo ao obtido pelo ArcGIS, cerca de 7,37°.

Em termos de evolução geomorfológica, a bacia hidrográfica da Ribeira de João Gomes apresenta um estado de maturidade intermédio, tendo o integral hipsométrico 53% do volume total da bacia hidrográfica.

As florestas exóticas com espécies exóticas invasoras, predominantemente constituída por acácia e eucalipto, constituem as zonas mais afectadas por movimentos de massa, por outro lado, a vegetação natural contribuiu para uma fraca ocorrência deste fenómeno.

7.2 Recomendações de minimização dos efeitos das cheias

Perante a tragédia que devastou, em particular a cidade do Funchal, no dia 20 de Fevereiro de 2010, fez surgir a questão de como minimizar os efeitos provocados pelas aluviões. Em seguida apresento algumas sugestões para minimizar os efeitos das aluviões:

- Restabelecer da floresta indígena na zona montanhosa e na cabeceira da bacia hidrográfica, de maneira a diminuir a erosão do solo e favorecer a infiltração da água, recarregando os aquíferos e diminuindo o escoamento superficial que consequentemente resulta da diminuição o caudal líquido transportado pelos cursos de água;
- Identificar e rectificar locais onde ocorrem estreitamentos e ocupação do canal de escoamento, de maneira a garantir uma área de secção suficiente ao seu escoamento;
- Identificar e monitorizar o movimento dos depósitos de vertente que possam dar origem a deslizamentos, com deposição e obstrução do canal de escoamento;
- Proceder à limpeza, desobstrução e remoção da carga sólida dos cursos de água, incluindo dos afluentes, após períodos de precipitação, de maneira a evitar assoreamentos no canal de escoamento;
- Proceder à dragagem do material sólido junto à foz para garantir o escoamento e a deposição de nova carga sólida;
- Construir bacias de retenção de material sólido, de maneira a separar o material sólido da água, diminuindo de maneira significativa o transporte dos materiais sólidos para jusante da bacia hidrográfica;

- Proceder à remoção e reaproveitamento do material depositado nas bacias de retenção, procedendo à britagem, transformando o material depositado em agregados utilizados na construção civil;
- Remover, do canal de escoamento, os materiais geológicos de maior granulometria e colocá-los junto à costa, formando uma barreira de protecção contra a erosão costeira;
- Construir estruturas de contenção que evitem a erosão das margens do curso de água e possível obstrução;
- Reforçar e/ou reconstruir locais onde anteriormente já tenha ocorrido transbordamentos, aumentando a área de secção do canal de escoamento;
- Evitar cobrir o canal de escoamento com infra-estruturas, pois geralmente são zonas onde ocorre estrangulamento do canal de escoamento;
- Adotar na construção de novas pontes o arco à meia volta em vez do tabuleiro plano, privilegiando o aumento da área de secção de escoamento;
- Construção de dissipadores de energia, como é o caso das soleiras descarregadoras, de maneira a reduzir a energia do escoamento, protegendo contra a erosão os trechos a jusante;
- Limitar a construção no subsolo contíguo as linhas de água, sendo este tipo de construção causador de danos no património edificado, provocando inundações nos pisos inferiores ao nível do solo;
- Os edifícios das entidades socorristas, como é o caso do Quartel dos Bombeiros Voluntários, devem estar localizados em locais mais seguros, ou seja, mais afastados dos cursos de água principais, pois, em caso de cheia, impossibilita a saída dos elementos para o socorro.

Bibliografia

- [1] Aldridge, B.N. & Garrett, J.M. (1973) - *Roughness coefficients for stream channels in Arizona: U.S. Geological Survey Open-File Report*. pp. 87.
- [2] Boletim Climatológico Mensal - Fevereiro (2010) – Instituto de Meteorologia. Portugal.
- [3] Brum da Silveira, A., Madeira, J., Ramalho, R., Fonseca, P. & Prada, S. (2010) – Notícia explicativa da Carta Geológica da Madeira, na escala 1:50.000, Folhas (A) e (B). ISBN: 978-972-98405-2-4. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais da Região Autónoma da Madeira (*in press*).
- [4] Brum da Silveira, A., Madeira, J., Ramalho, R., Fonseca, P.E., Rodrigues, C.F & Prada, S. (2010) – Carta Geológica da Ilha da Madeira, na escala 1:50.000, Folha (A) e (B). ISBN: 978-972-98405-1-7. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais da Região Autónoma da Madeira (*in press*).
- [5] Chow, V.T. (1964) – *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York.
- [6] Colombo, A.G., Hervás, J. & Arellano, A.L.V. (2002) – *Nedies Project: Guidelines on Flash Flood Prevention and Mitigation*, Report EUR 20386 EN, Italia.
- [7] EARAM (2010) – Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira, Relatório Síntese, Versão 0.99d.
- [8] ERAMAC 2 (2006) - Maximização da Penetração das Energias Renováveis e Utilização Racional da Energia nas Ilhas da Macaronésia - 2ª fase, Levantamento do Potencial Energético da Biomassa Florestal na Região Autónoma da Madeira.
- [9] Galopim de Carvalho, A.M. (2005) – Geologia Sedimentar Volume II. Sedimentologia. Âncora editora.
- [10] Marzol, M.V., Yanes, A., Romero, C., Brito de Azevedo, E., Prada, S. & Martins, A. (2006) – *Los riesgos de las lluvias torrenciales en las islãs de la Macaronesia (Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde)*. In: Cuadrat Prats, J.M., Saz Sánchez, M.A., Vicente Serrano, S.M., Lanjeri, S., De Luis Arrillaga, M. y González-Hidalgo, J.C. (Eds): *Clima, Sociedad y Medio Ambiente. Publicaciones de la asociación Española de Climatología (AEC)*, 2006, Serie A, nº5, pp. 443-452.
- [11] Menezes, D. (2004) – A Floresta Laurissilva da Madeira, Património Mundial. Parque Natural da Madeira.
- [12] Neves, H.C. (1996) – “Laurissilva da Madeira, Caracterização quantitativa e qualitativa”, Funchal, pp. 15-20
- [13] Prada, S. (2008) – O Potencial do Nevoeiro como Recurso Hidrológico. In: Veiga da Cunha, Serra, Vieira da Costa, Ribeiro, Proença de Oliveira, ed. “Reflexos da Água”. Livro do 30º Aniversário da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, APRH. pp. 60-61.

- [14] Prada, S., (2000) - Geologia e Recursos Hídricos Subterrâneos da Ilha da Madeira. Dissertação apresentada à Universidade da Madeira para obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade da Madeira.
- [15] Prada, S., Cruz, J.V., Silva, M.O. & Figueira, C. (2010) – Contribution of cloud water to the groundwater recharge in Madeira Island: preliminary isotopic data. *Conference Book, 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew, Munster, Germany*: pp.199-201.
- [16] 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: pp 125-143
- [17] Prada, S., Menezes de Sequeira, M., Figueira, C. & Silva, M.O. (2009) – Fog precipitation and rainfall interception in the natural forest of Madeira Island (Portugal), *Agricultural and Forest Meteorology 149*: pp. 1179-1187. IF: 3,668
- [18] PRAM (2002) – Plano Regional da água da Madeira, Tomo I, Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais.
- [19] PRAM (2002) – Plano Regional da água da Madeira, Tomo III, Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais.
- [20] Quintal, R. (1999) - Aluviões da Madeira. Séculos XIX e XX. *Revista Territorium, Coimbra*, pp. 31-47
- [21] Quintela, A. (1996) – Hidrologia e Recursos Hídricos. Associação de Estudantes do Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- [22] Ricardo, R. P., Câmara, E. & Ferreira, M. (1992) - Carta dos solos da Ilha da Madeira. Estudo elaborado para a RAM, 162 pp.
- [23] Silva, F.A. & Menezes, C.A. (1921) – Elucidário Madeirense. 1º Volume, Tipografia Esperança, Funchal.
- [24] Strahler, A. N. (1952) - *Hypsometric (areal-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, New York*, v. 63, p. 1117-1142.
- [25] Strahler, A.,N. (1952) - *Dynamic basis of geomorphology. Geological Society of America Bulletin, New York*, v. 63, p. 923-938.

Anexo I

Fichas de caracterização das secções transversais do curso de água principal

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_1_Foz

Curso de água: Principal

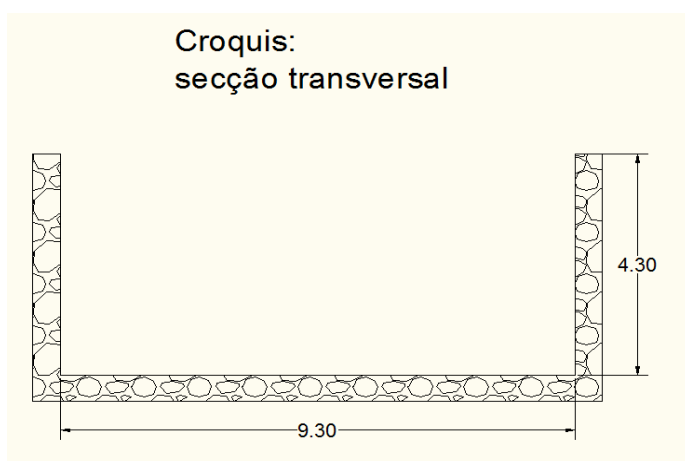
Distância à foz (m): 0

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 325 13 700

Descrição sumária:

Esta secção encontra-se na foz da Ribeira de João Gomes, apresenta uma secção com geometria rectangular.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 0,5°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

10:23 – Aumento do nível de água.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 2,5 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 3,10 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 1,7 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 7,44 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 23,04 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_2_Praça da Autonomia

Curso de água: Principal

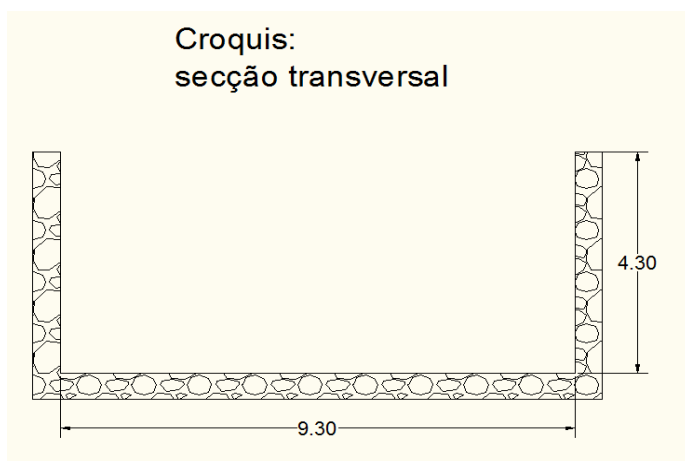
Distância à foz (m): 66

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 325 13 775

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, tendo uma cobertura desde a foz até a presente secção.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira e leito da ribeira com calhau rolado. O leito da ribeira apresenta um declive de 0,5°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Existência de central da Empresa de Electricidade da Madeira.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 2,5 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 3,10 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 1,7 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 7,44 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 23,04 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_3_Ponte Pelourinho

Curso de água: Principal

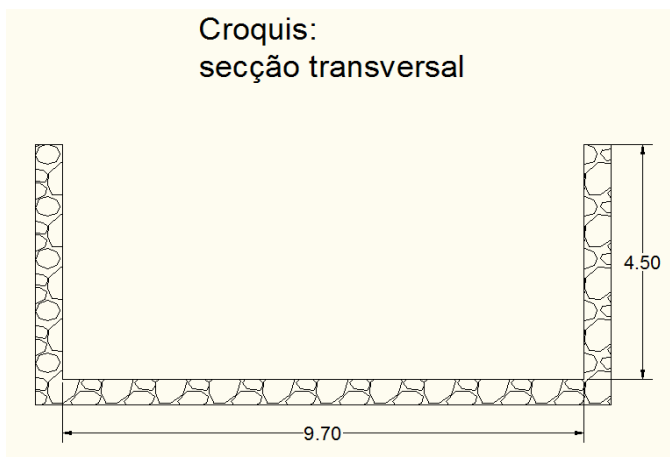
Distância à foz (m): 107

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 350 13 850

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala sul da ponte que une a Rua Direita e a Rua Dom Carlos.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 1,02°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

10:29 – Aumento do nível das águas, chegando a ocupar aproximadamente metade da área do canal.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 2,5 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 4,42 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 1,7 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 7,76 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 34,32 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_4_Ponte Pelourinho

Curso de água: Principal

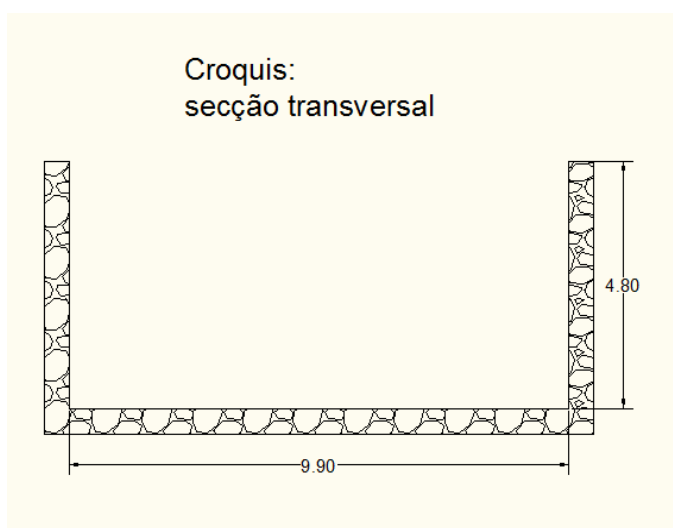
Distância à foz (m): 126

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 350 13 850

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala norte da ponte que une a Rua Direita e a Rua Dom Carlos.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 1,43°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

10:29 – Aumento do nível das águas, chegando a ocupar aproximadamente metade da área do canal.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 2,5 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 5,24 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 1,7 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 7,92 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 41,48 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_5_Ponte do Mercado

Curso de água: Principal

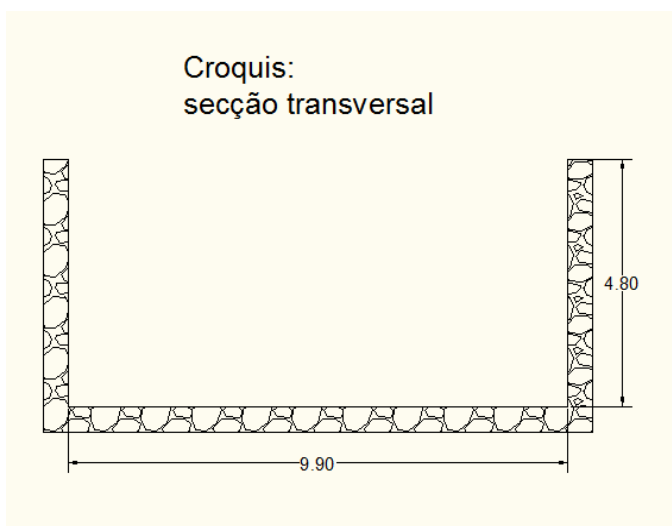
Distância à foz (m): 213

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 375 13 950

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala sul da ponte que une a Rua Dr. Fernão Ornelas e a Rua Hospital Velho.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 2,26°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

10:29 – Aumento do nível das águas, chegando a ocupar aproximadamente metade da área do canal.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 2,5 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 6,58 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 1,7 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 8,20 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 53,99 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_6_Ponte do Mercado

Curso de água: Principal

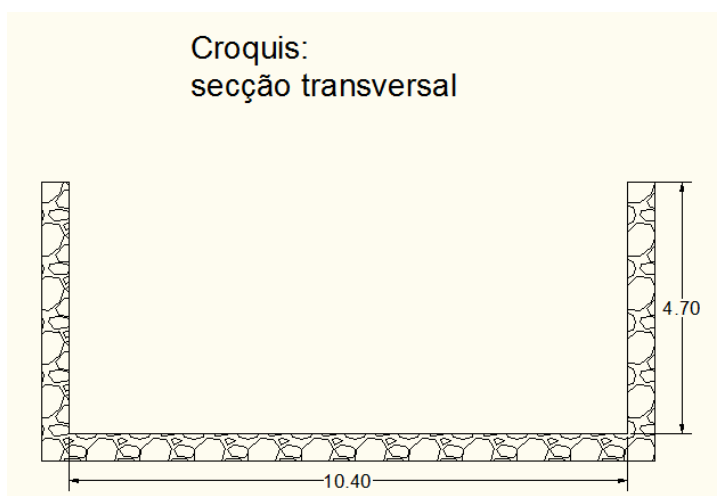
Distância à foz (m): 234

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 375 13 950

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala norte da ponte que une a Rua Dr. Fernão Ornelas e a Rua Hospital Velho.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 4,5°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_7_Cobertura Anadia

Curso de água: Principal

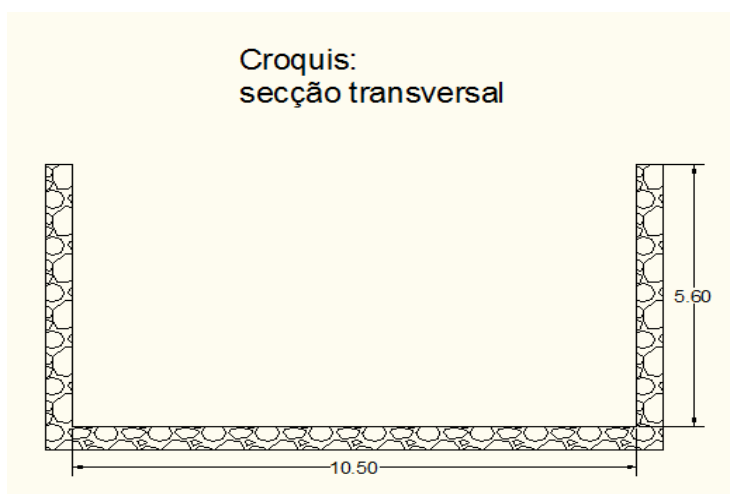
Distância à foz (m): 285

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 400 14 0

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular com uma cobertura, situa-se entre o Edifício Anadia e o Edifício Oudinot.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 6,46°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_8_Cobertura Anadia

Curso de água: Principal

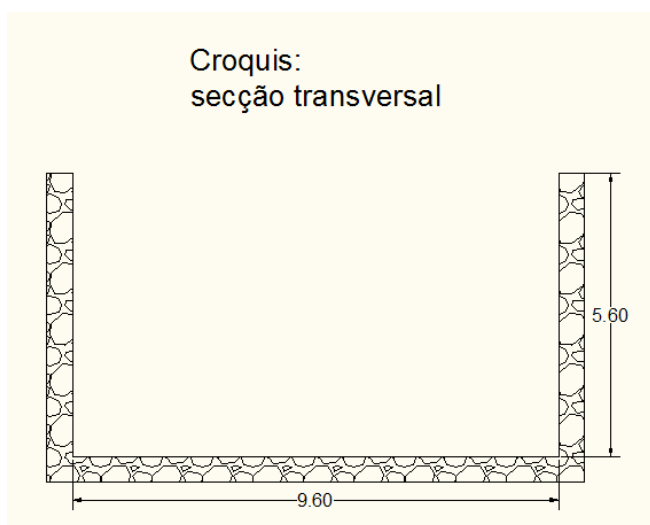
Distância à foz (m): 313

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 400 14 25

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular com uma cobertura, situa-se entre o Edifício Anadia e o Edifício Oudinot.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 6,76°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1:

Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_9_Ponte do Carmo

Curso de água: Principal

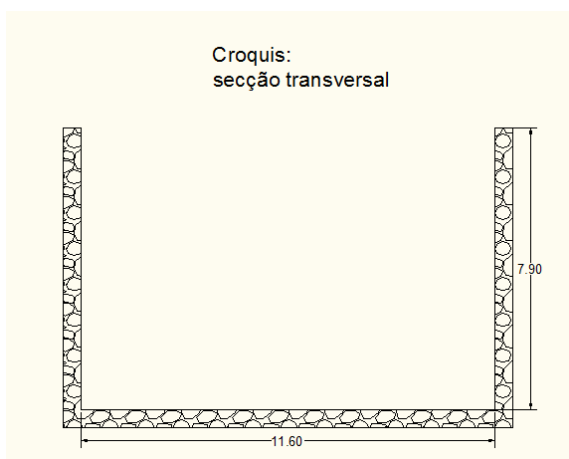
Distância à foz (m): 436

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 500 14 138

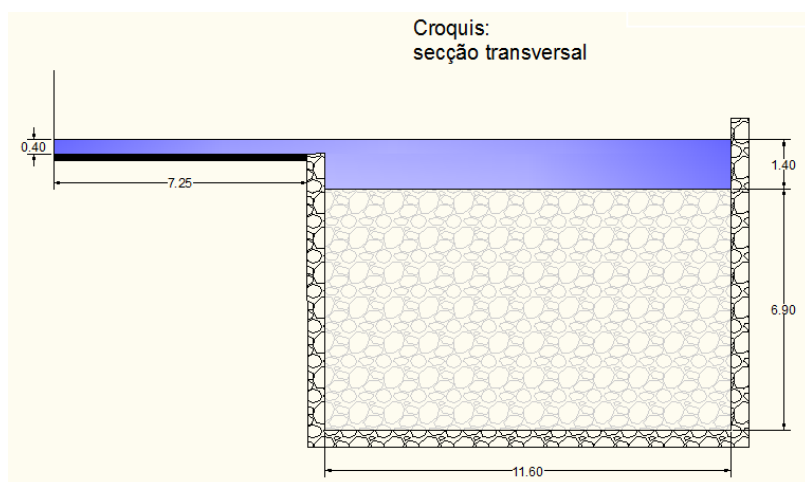
Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala sul da ponte que une a Rua do Carmo à Rua da Infância.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 2,02°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 8,3 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 13,43 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 6,9 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 19,56 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 262,69 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_10_Ponte do Carmo

Curso de água: Principal

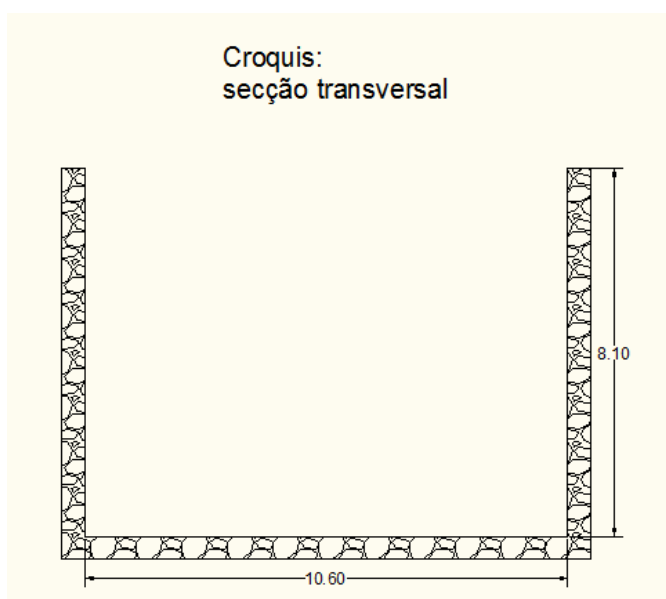
Distância à foz (m): 451

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 500 14 138

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala norte da ponte que une a Rua do Carmo à Rua da Infância.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 12,02°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 8,1 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 20,04 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 6,9 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 12,72 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 254,93 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1:

Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_11_Ponte do Campo da Barca

Curso de água: Principal

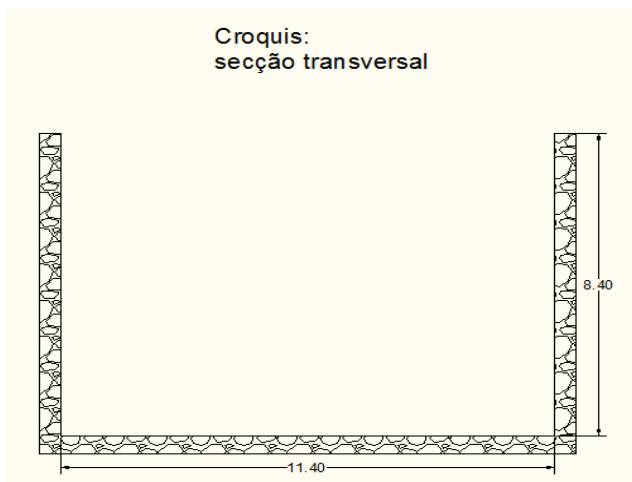
Distância à foz (m): 535

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 550 14 200

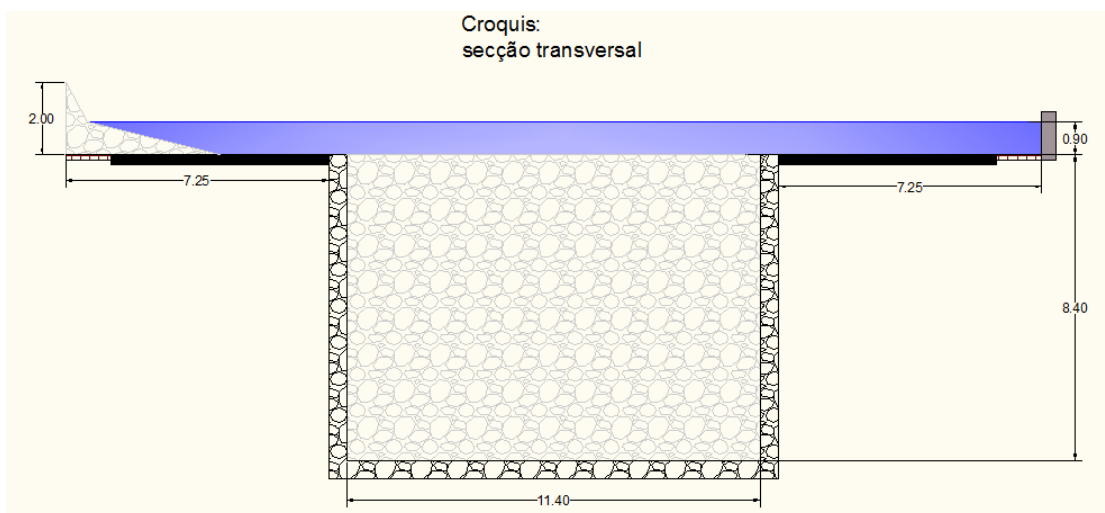
Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala sul da ponte que dá acesso à Rua Do Bom Jesus.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira.



Elementos relevantes nas redondezas:

Nesta secção situava-se um posto abastecedor de combustível.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

16:58 – Continuação do transbordamento do caudal.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 9,30 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 14,6 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 8,40 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 22,02 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 321,40 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1:

Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_12_Ponte do Campo da Barca

Curso de água: Principal

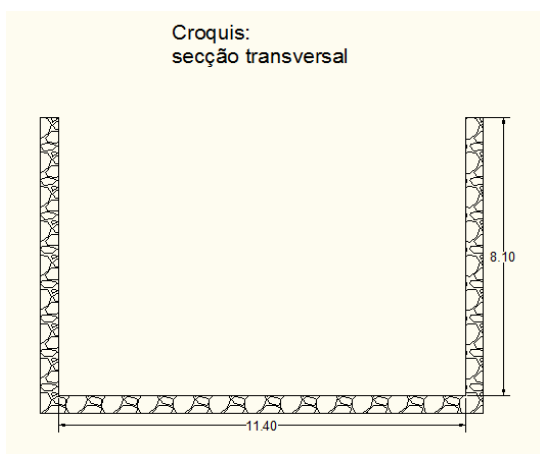
Distância à foz (m): 550

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 12 550 14 225

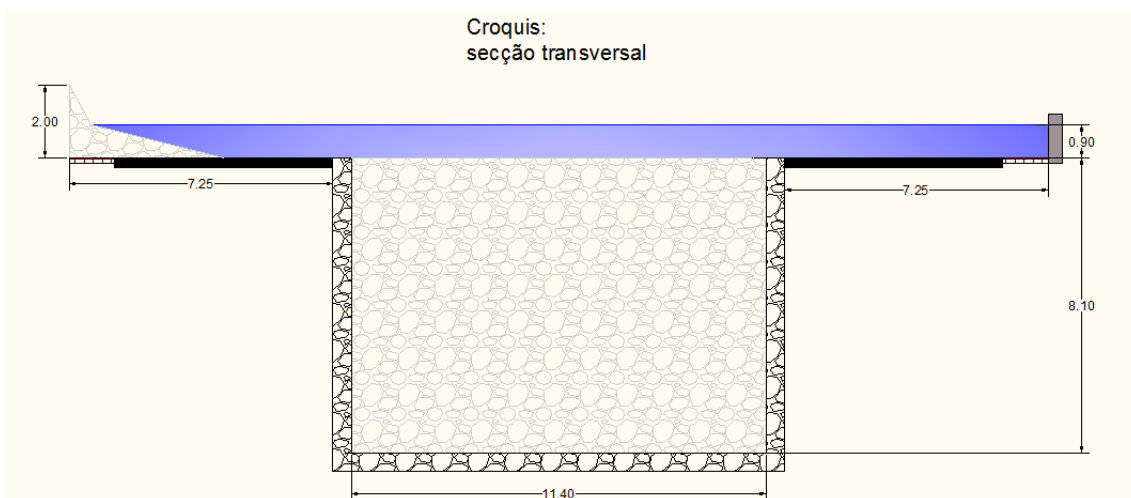
Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala norte da ponte que dá acesso à Rua Do Bom Jesus.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 5,12°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

16:58 – *Continuação do transbordamento do caudal.*

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 9 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 16 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 8,1 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 20,02 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 352,29 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1:

Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_13_Descarregador

Curso de água: Principal

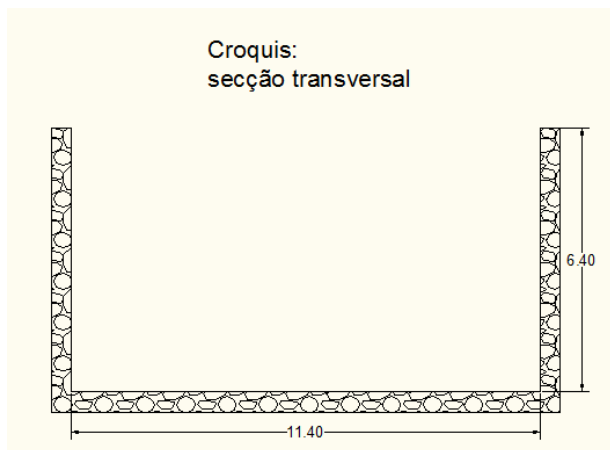
Distância à foz (m): 556

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 575 14 250

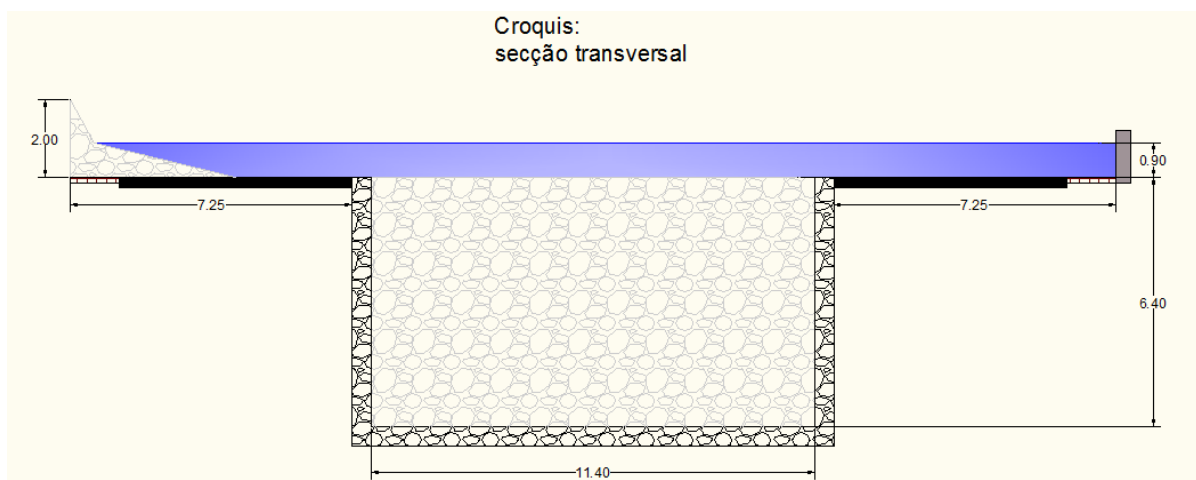
Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, encontra-se junto a um descarregador.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 3,2°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

17:03 – *Continuação do transbordamento do caudal.*

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 7,30 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 12,60 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 6,40 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 22,02 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 277,46 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_14_Ponte junto a SRES

Curso de água: Principal

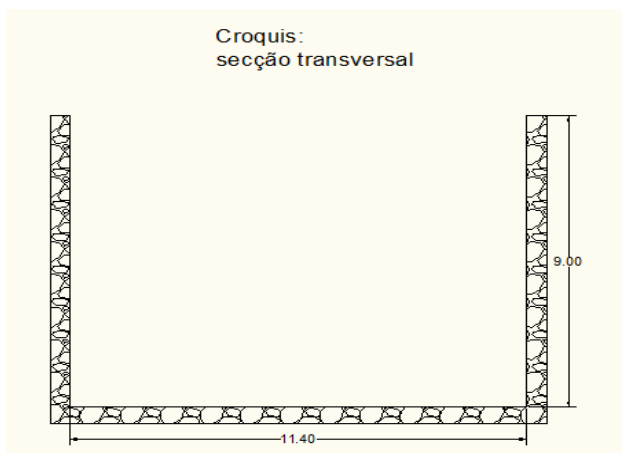
Distância à foz (m): 620

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 600 14 275

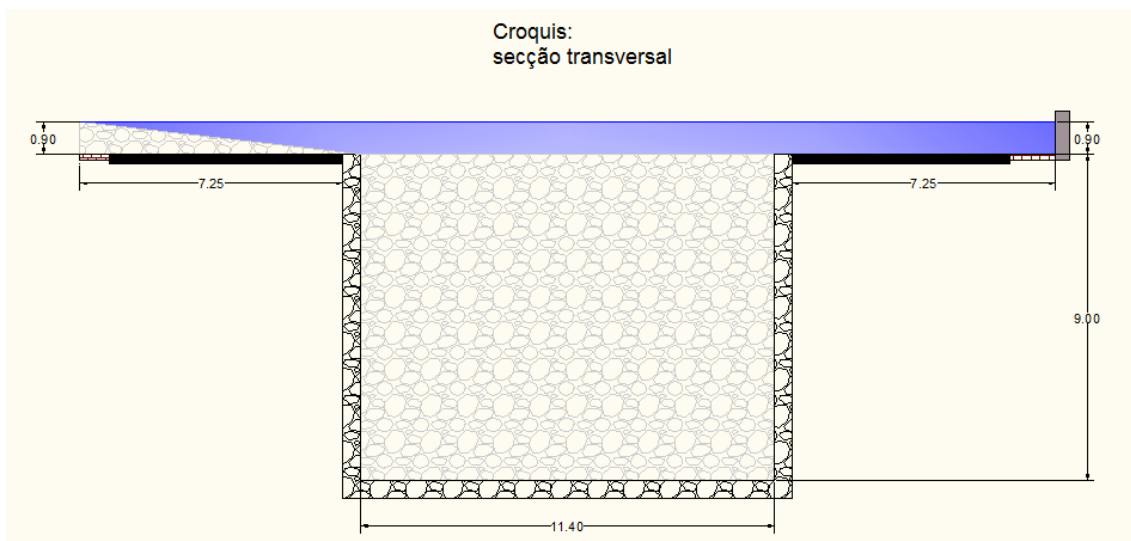
Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala sul da ponte junto ao Edifício da Secretária Regional do Equipamento Social.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 4,17°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

17:03 – *Continuação do transbordamento do caudal.*

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 9,90 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 15,32 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 9 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 20,75 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 317,95 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1:

Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_15_Ponte junto ao SRES

Curso de água: Principal

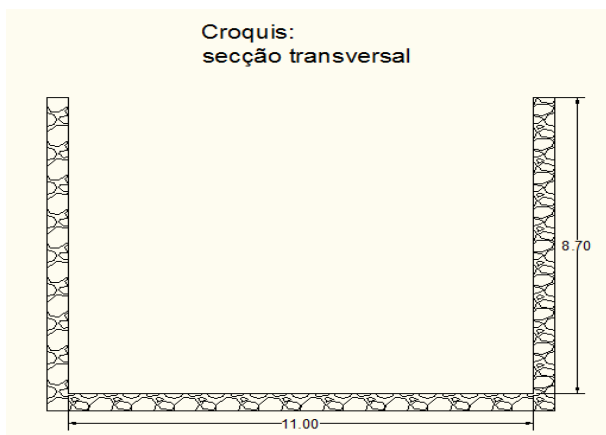
Distância à foz (m): 647

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 600 14 300

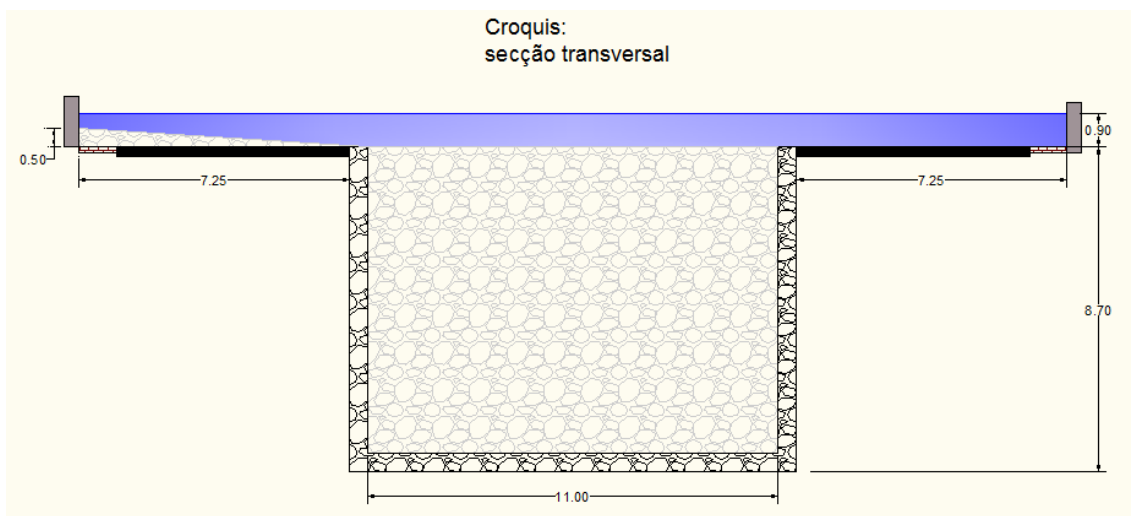
Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala norte da ponte junto ao Edifício da Secretária Regional do Equipamento Social.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 4,17°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

17:04 – *Continuação do transbordamento do caudal.*

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 9,6 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 16,24 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 8,7 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 21,92 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 356,09 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_16_Descarregador

Curso de água: Principal

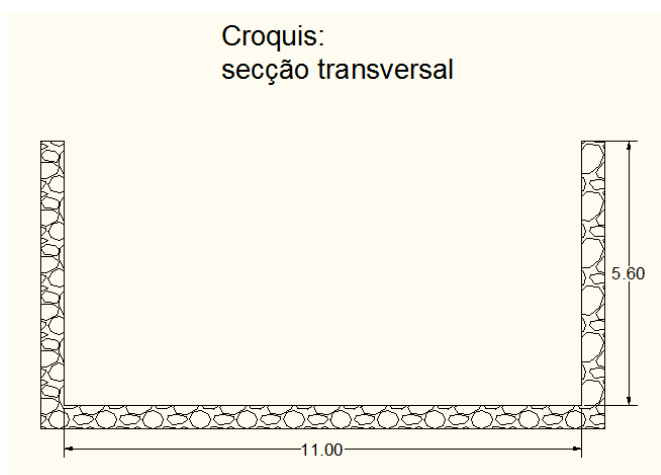
Distância à foz (m): 651

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 613 14 325

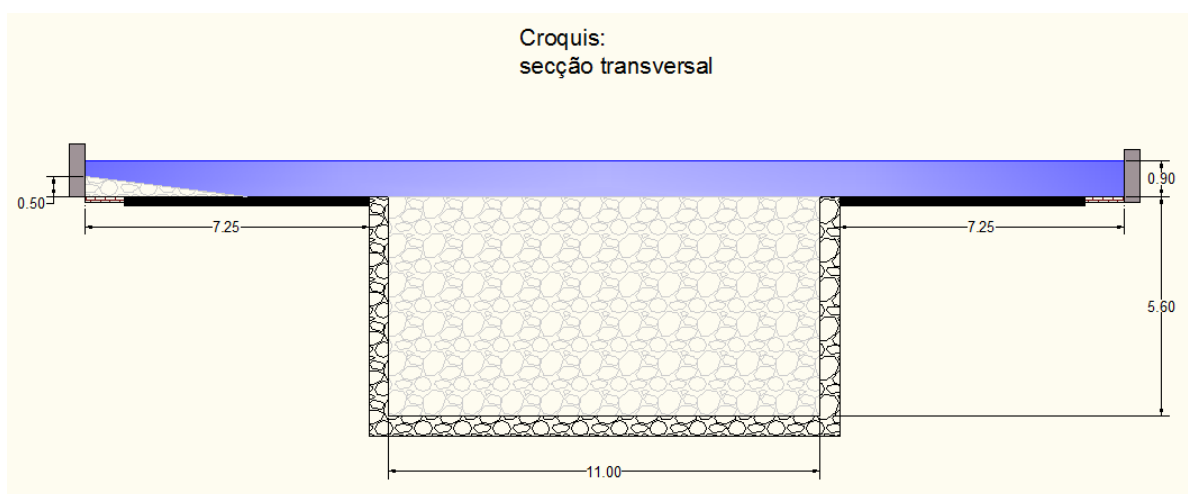
Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, encontra-se junto a um descarregador.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de $1,43^\circ$.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

17:04 – *Continuação do transbordamento do caudal.*

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 6,5 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 9,76 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 5,6 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 22,82 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 222,76 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_17_Canal

Curso de água: Principal

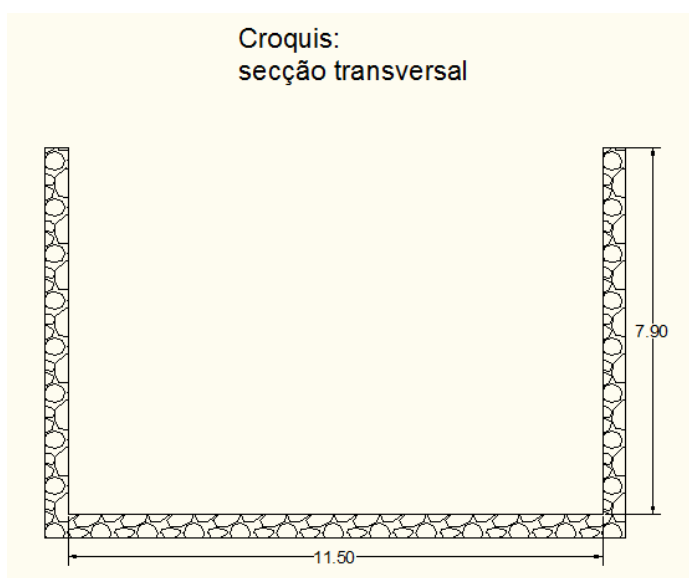
Distância à foz (m): 725

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 650 14 400

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular.

Geometria



Parâmetros laterais em pedra aparelhada, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 3,65°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

17:04 – *Transbordamento do caudal.*

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 7,9 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 9,06 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 7 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 10,35 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 93,72 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_18_Ponte junto aos BVF

Curso de água: Principal

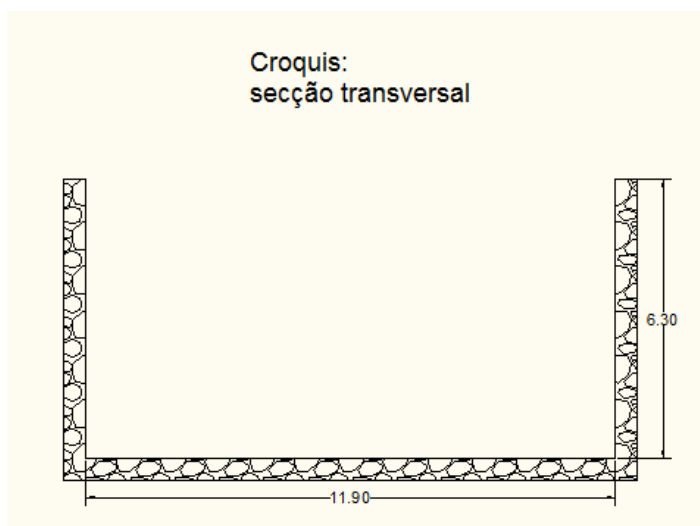
Distância à foz (m): 786

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 675 14 450

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala sul da ponte junto ao quartel dos Bombeiros Voluntários do Funchal.

Geometria



Parâmetros laterais em betão, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 2,26°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Na margem direita localiza-se o Quartel dos Bombeiros Voluntários do Funchal.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

17:04 – *O canal na capacidade quase máxima, mas sem transbordo de caudal.*

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 5,6 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 7,12 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 4,4 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 10,71 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 76,28 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_19_Ponte junto aos BVF

Curso de água: Principal

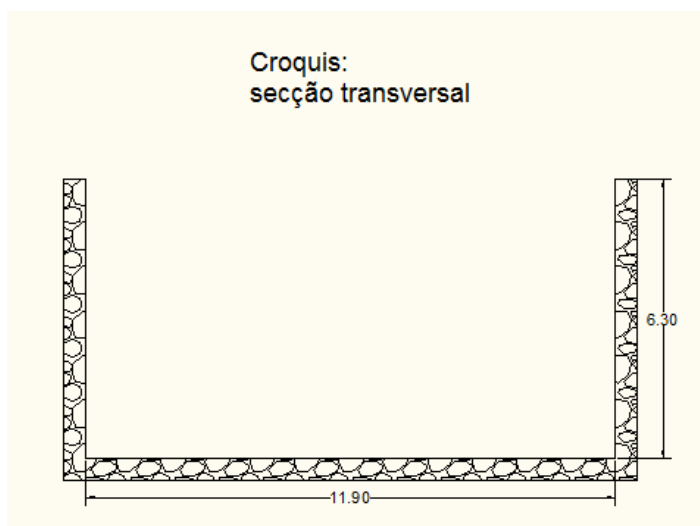
Distância à foz (m): 830

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 675 14 463

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala norte da ponte junto ao quartel dos Bombeiros Voluntários do Funchal.

Geometria



Parâmetros laterais em betão, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 2,86°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Na margem direita localiza-se o Quartel dos Bombeiros Voluntários do Funchal.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

17:04 – O canal na capacidade quase máxima, mas sem transbordo de caudal.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_20_Canal junto estação Rodoeste

Curso de água: Principal

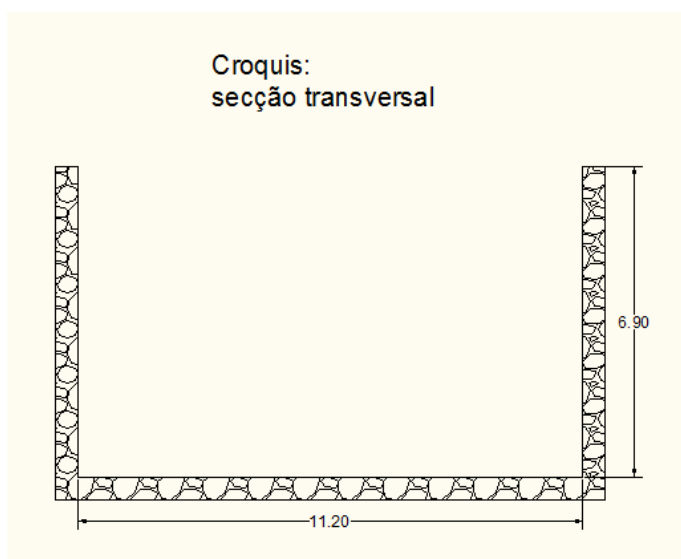
Distância à foz (m): 992

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 775 14 625

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, onde ocorreu a destruição de um dos muros de suporte em pedra aparelhada.

Geometria



Parâmetros laterais diferentes, sendo um em pedra aparelhada e outro em betão, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 4,52°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_21_Canal junto à Galp

Curso de água: Principal

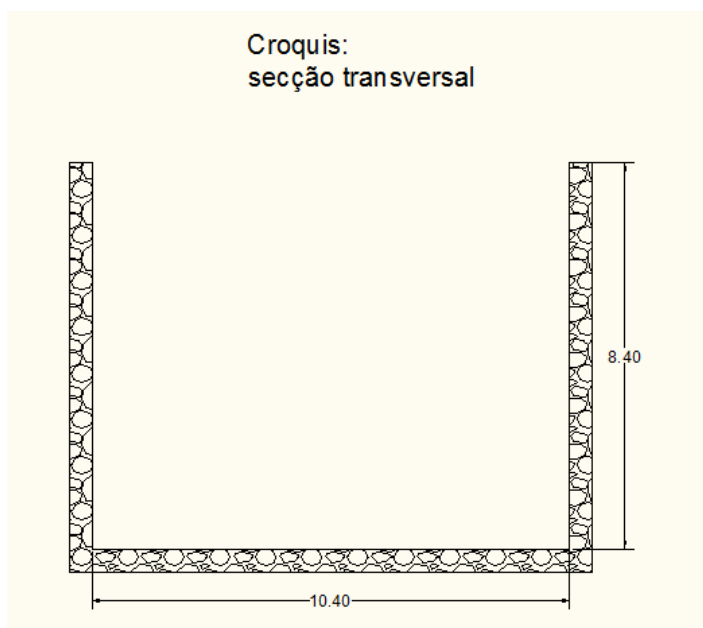
Distância à foz (m): 1122

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 775 14 725

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular.

Geometria



Parâmetros laterais em betão, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 7,86°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Nesta secção situa-se dois postos abastecedores de combustível.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_22_Ponte junto à Mercedes

Curso de água: Principal

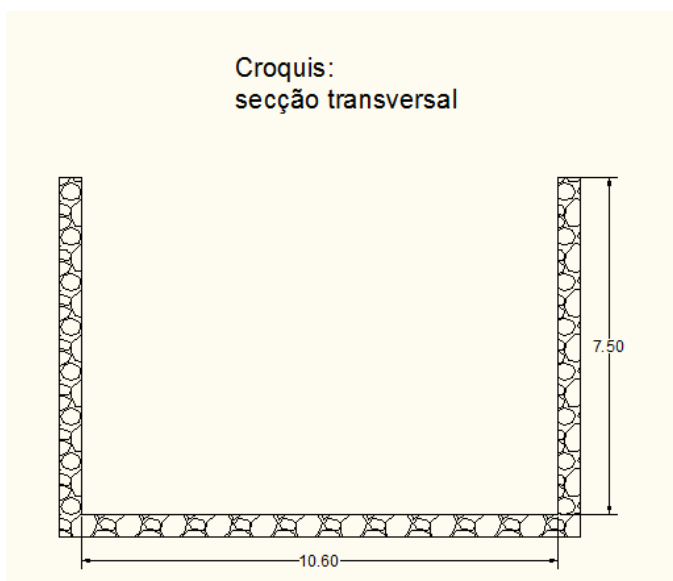
Distância à foz (m): 1329

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 775 14 925

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se numa ponte entre a rua Visconde Anadia e a rua Brigadeiro Oudinot.

Geometria



Parâmetros laterais em betão, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 7,12°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_23_Cobertura

Curso de água: Principal

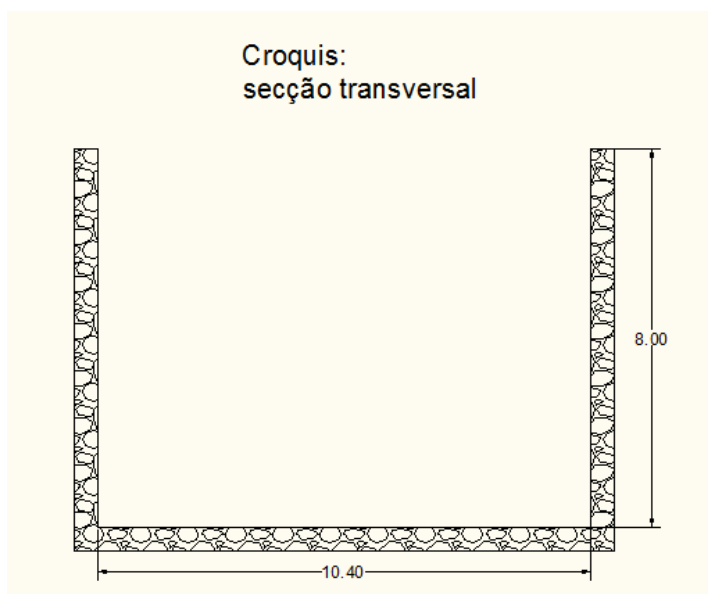
Distância à foz (m): 1389

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 800 15 25

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala sul de uma cobertura com vegetação e estrada alcatroada.

Geometria



Parâmetros laterais em betão, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 1,43°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_24_Cobertura

Curso de água: Principal

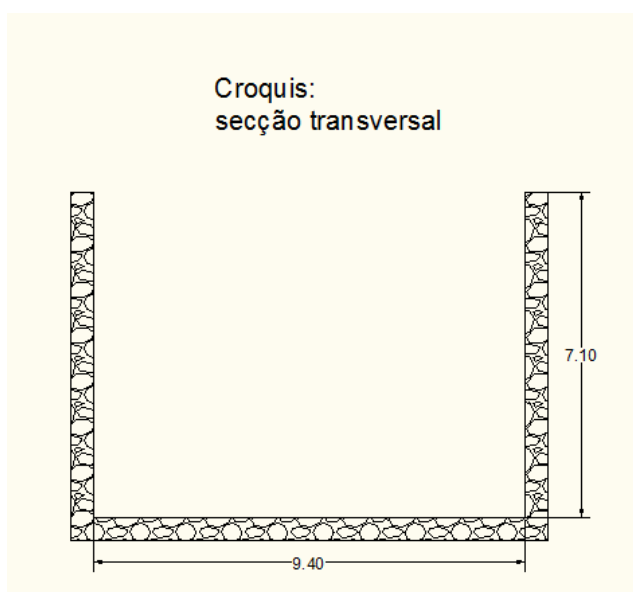
Distância à foz (m): 1477

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 800 15 75

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ala norte de uma cobertura com vegetação e estrada alcatroada.

Geometria



Parâmetros laterais em betão, estrada alcatroada em ambas as margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 7,33°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_25_Ponte junto ao Elefante Azul

Curso de água: Principal

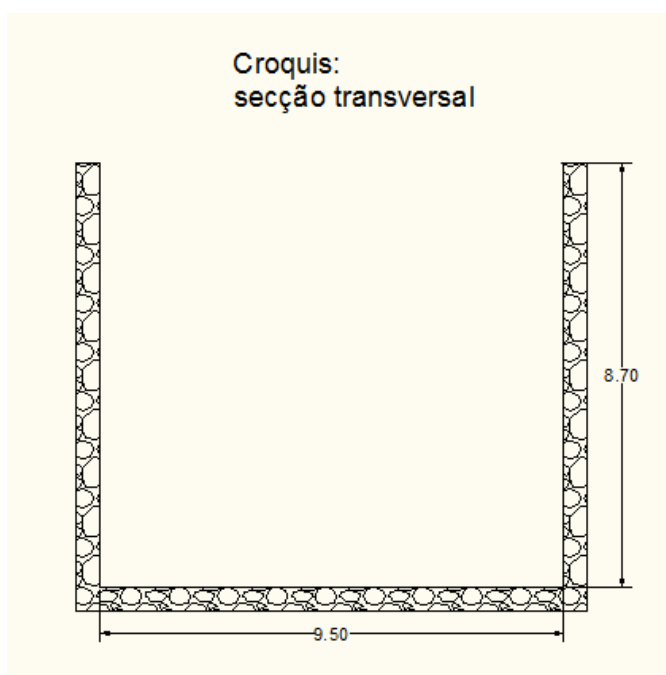
Distância à foz (m): 1533

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 775 15 125

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ponte junto ao Elefante Azul.

Geometria



Parâmetros laterais em betão, estrada alcatroada em apenas uma das margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 6,38°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_26_Afluente

Curso de água: Principal

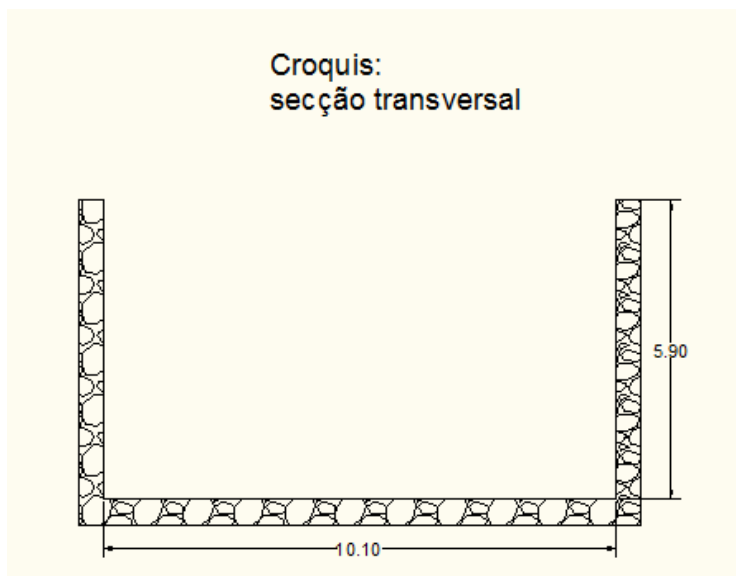
Distância à foz (m): 1650

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 725 15 250

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, onde existe a intercepção de um afluente.

Geometria



Parâmetros laterais em betão, estrada alcatroada em apenas uma das margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 1,43°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_27_Ponte Dom Ernesto Sena da Oliveira

Curso de água: Principal

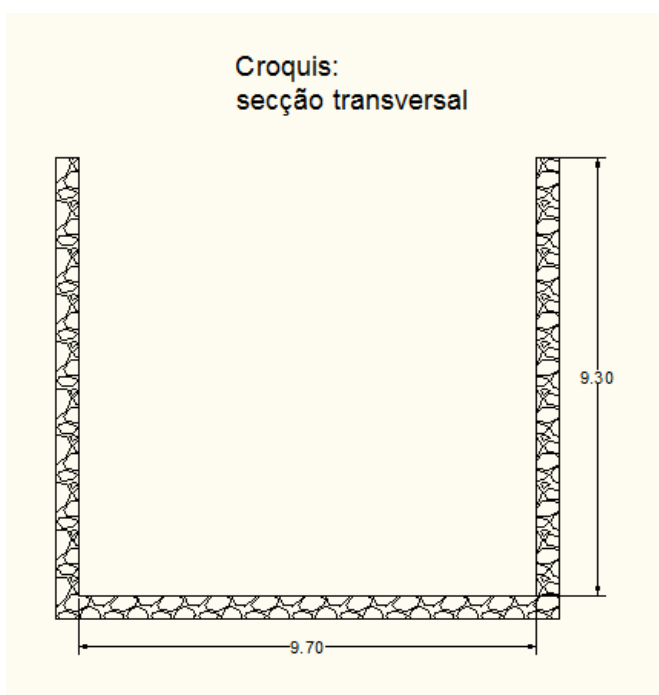
Distância à foz (m): 1897

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 21 925 15 400

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ponte junto ao armazenamento de resíduos sólidos da CMF.

Geometria



Parâmetros laterais em betão, estrada alcatroada em apenas uma das margens da ribeira. O leito da ribeira apresenta um declive de 5,44°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_28_Ponte João Gomes_Sul

Curso de água: Principal

Distância à foz (m): 2067

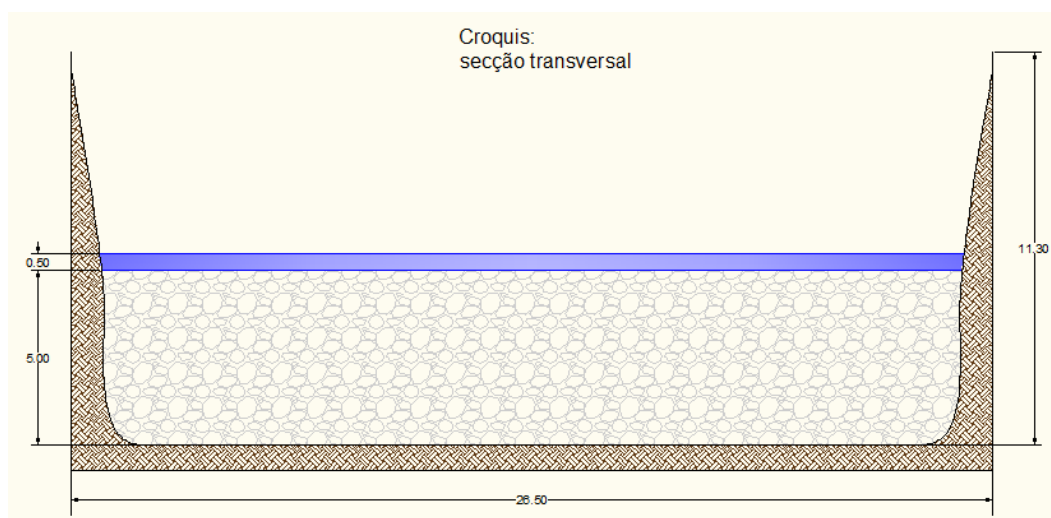
Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 22 0 15 500

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ponte de João Gomes.

Geometria

Parâmetros laterais naturais. O leito da ribeira apresenta um declive de 1,01°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Para as secções com mais dados, indicar valores de:

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 5,5 m;*
- *Estimativa da velocidade de escoamento foi de 5,50 m/s;*
- *Cotas dos depósitos de material sólido foram de 5 m;*
- *Estimativa da área da secção vazão igual a 13,26 m²;*
- *Estimativa do caudal líquido com base na equação de Manning-Strickler foi de 72,88 m³/s.*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_28_Canal junto a ponte de João Gomes

Curso de água: Principal

Distância à foz (m): 2167

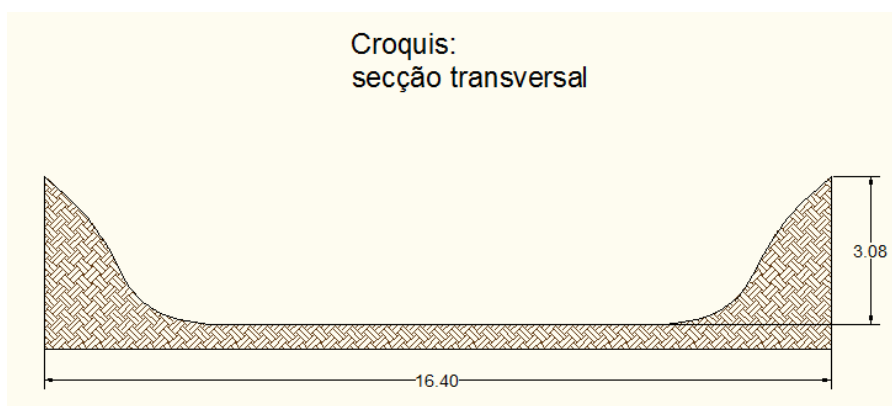
Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 22 0 15 575

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se junto à ponte de João Gomes.

Geometria

Parâmetros laterais naturais. O leito da ribeira apresenta um declive de 4,29°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

- *Cota máxima atingida pela superfície livre foi de 3,08 m;*

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_30_Ponte João Gomes_Norte

Curso de água: Principal

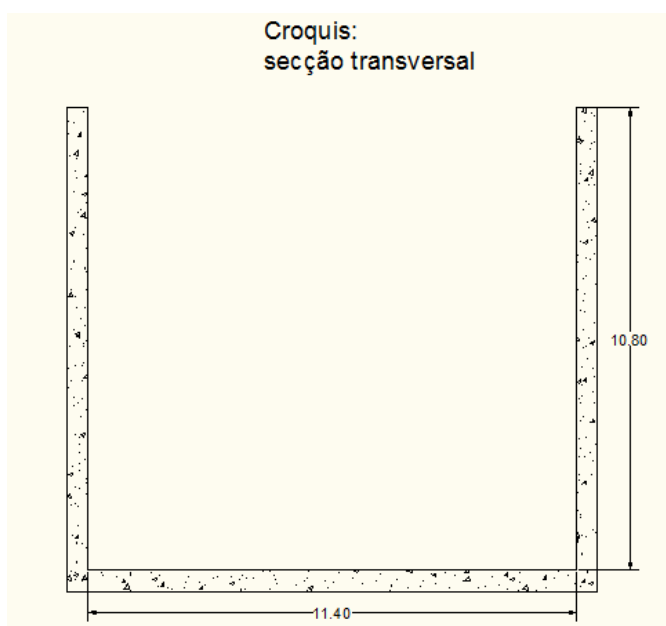
Distância à foz (m): 2254

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 22 50 15 650

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ponte a norte da ponte de João Gomes.

Geometria



Parâmetros laterais em betão. O leito da ribeira apresenta um declive de 4,17°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_31_Canal a montante da ponte João Gomes

Curso de água: Principal

Distância à foz (m): 2411

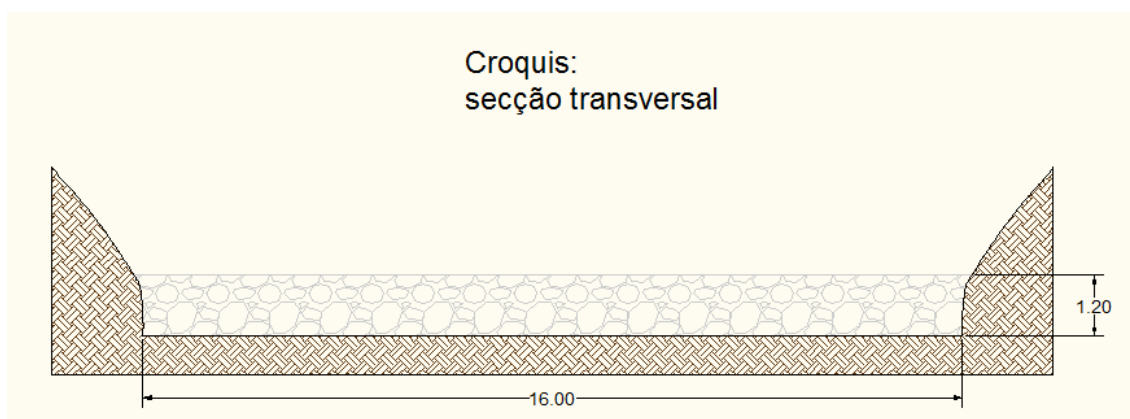
Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 22 75 15 725

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, a montante da ponte de João Gomes.

Geometria

Parâmetros laterais naturais. O leito da ribeira apresenta um declive de 1,43°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_32_Canal a montante da ponte João Gomes

Curso de água: Principal

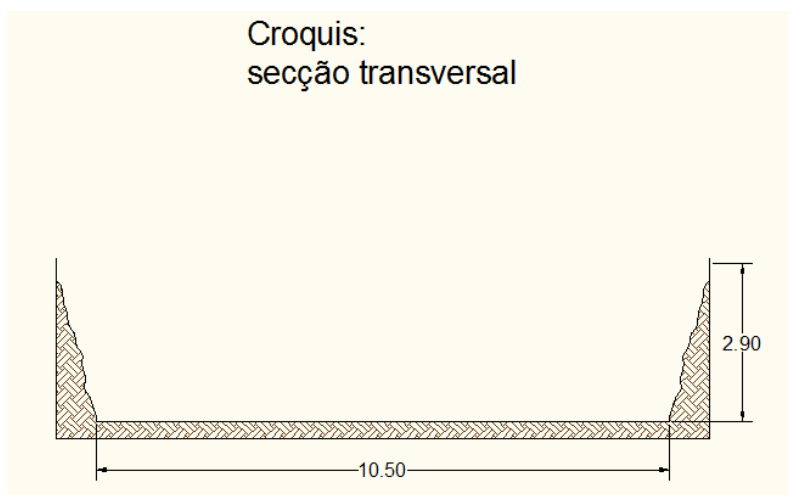
Distância à foz (m): 2500

Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 22 75 15 875

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se a montante da ponte de João Gomes.

Geometria



Parâmetros laterais naturais. O leito da ribeira apresenta um declive de 5,89°.

Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_33_Ponte dos Romeiros

Curso de água: Principal

Distância à foz (m): 4220

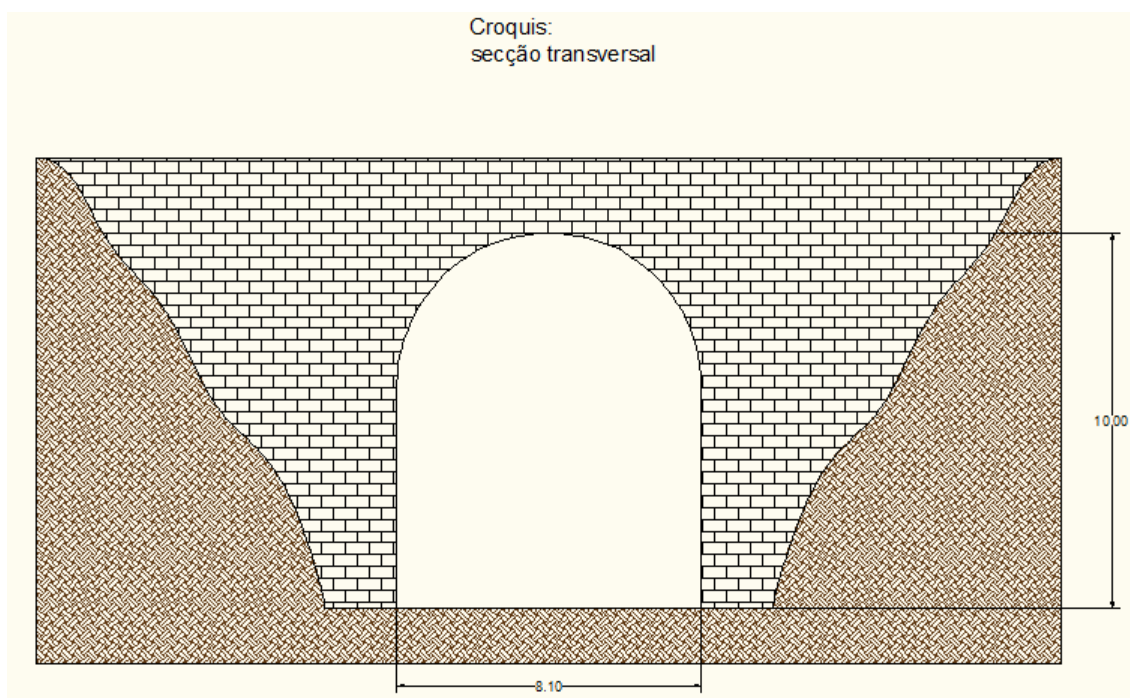
Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 22 425 17 300

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se na ponte dos Romeiros, secção na qual ocorre um estreitamento do canal de escoamento.

Geometria

Parâmetros laterais em pedra aparelhada. O leito da ribeira apresenta um declive de 16,05°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo 1: Ficha de caracterização de uma secção transversal de um curso de água

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Designação: JG_34_Canal a montante da ponte dos Romeiros

Curso de água: Principal

Distância à foz (m): 4232

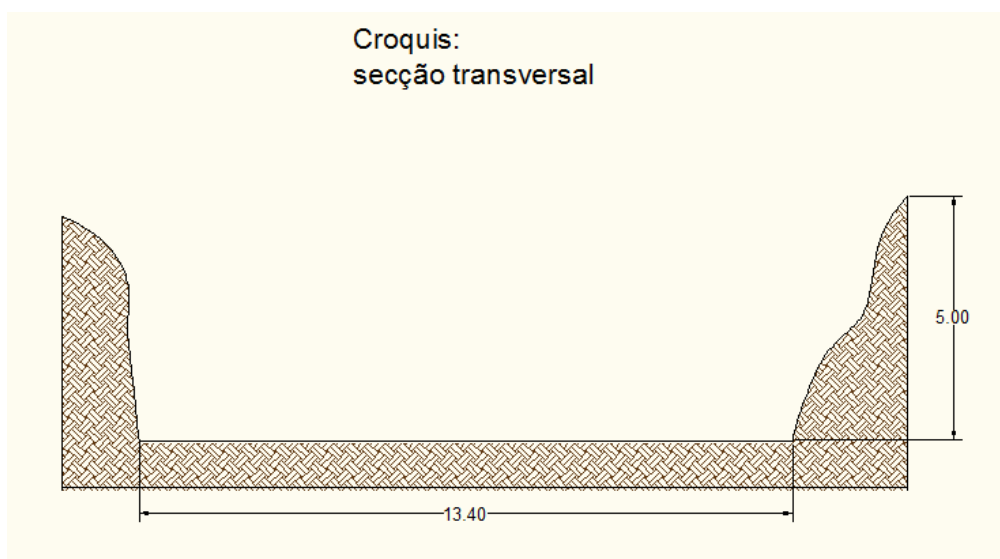
Coordenada militar do ponto médio: 28 S CB 22 375 17 325

Descrição sumária:

A secção apresenta uma geometria rectangular, situa-se a montante da ponte dos Romeiros.

Geometria

Parâmetros laterais naturais. O leito da ribeira apresenta um declive de 16,05°.



Elementos relevantes nas redondezas:

Não apresenta elementos relevantes nas redondezas.

Cronologia dos eventos no dia 20 de Fevereiro de 2010:

Sem dados.

Caracterização do escoamento e do transporte sólido durante 20 de Fevereiro de 2010

Sem dados.

Informações sobre o comportamento da secção noutros eventos

Sem informação relevante.

Anexo II

Fichas de caracterização de zonas de material sólido

Anexo 2: Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Leito da Ribeira João Gomes

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área sólida = Base da secção (B) × Nível de sólidos (após evento)

Área secção = Base da secção (B) × Altura da secção (h)

Volume sólido = (km da secção presente – km da secção anterior) × Área do sólido × 10³

Secção	Km	B (m)	h (m)	Nível de sólidos (m)	Área sólido (m ²)	Área secção (m ²)	Volume sólido (m ³)
1	0	9,3	4,3	1,7	15,81	39,99	0
2	0,066	9,3	4,3	1,7	15,81	39,99	1043,46
3	0,107	9,7	4,5	1,7	16,49	43,65	676,09
4	0,126	9,9	4,8	1,7	16,83	47,52	319,77
5	0,213	10,25	4,9	1,7	17,425	50,225	1515,975
6	0,234	10,35	4,7	4,7	48,645	48,645	1021,545
7	0,285	10,5	5,6	5,6	58,8	58,8	2998,8
8	0,313	9,6	5,6	5,6	53,76	53,76	1505,28
9	0,436	11,6	7,9	6,9	80,04	91,64	9844,92
10	0,451	10,6	8,1	6,9	73,14	85,86	1097,1
11	0,535	11,4	8,4	8,4	95,76	95,76	8043,84
12	0,55	11,4	8,1	8,1	92,34	92,34	1385,1
13	0,556	11,4	6,4	6,4	72,96	72,96	437,76
14	0,62	11,35	9	9	102,15	102,15	6537,6
15	0,647	11	8,7	8,7	95,7	95,7	2583,9
16	0,651	11	5,6	5,6	61,6	61,6	246,4
17	0,725	11,5	7,9	7	80,5	90,85	5957
18	0,786	11,9	6,3	3,3	39,27	74,97	2395,47
						Total	47.610,01

Granulometria:

Apresenta 40% balastros de seixo, 40% com balastros de blocos, 10% com balastros areia e os restantes 10% com balastros de calhau.

Anexo 2:

Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Entre o edifício Anadia e o edifício Oudinot

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 2550 m²; Espessura = 0,5 m

Volume = 2550 × 0,5 = 1275 m³

Granulometria:

Na sua maioria apresenta calhau, estimando cerca de 60% do volume total e os restantes 40% com balastros de seixo.

Anexo 2: Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Praça Tenerife

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 1732 m²; Espessura = 0,45 m

Volume = 1732 × 0,45 = 779,4 m³

Granulometria:

Na sua maioria apresenta balastros de calhau, estimando cerca de 70% do volume total e os restantes 30% com balastros de areão.

Anexo 2:

Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua da Boa Viagem

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 825 m²; Espessura = 1,80 m

Volume = 825 × 1,80 = 1485 m³

Granulometria:

Na sua maioria apresenta balastros de seixo, estimando cerca de 80% do volume total e os restantes 20% com balastros de areão.

Anexo 2: Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua da Infância

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área 1 = 772 m²; Espessura 1 = 0,50m; Área 2 = 95 m²; Espessura 2 = 0,20m

Volume = 772 × 0,50 + 95 × 0,20 = 405 m³

Granulometria:

Na sua maioria apresenta balastros de areão, estimando cerca de 60% do volume total e os restantes 40% com balastros de seixo.

Anexo 2:

Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua de Santa Maria

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 394 m²; Espessura = 0,80 m

Volume = 394 × 0,80 = 315,2 m³

Granulometria:

Na sua maioria apresenta balastos de seixo, estimando cerca de 80% do volume total e os restantes 20% com balastos de areão.

Anexo 2:

Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua Direita

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 1760 m²; Espessura = 0,5 m

Volume = 1760 × 0,5 = 880 m³

Granulometria:

Segundo testemunhos, o depósito predominante era de balastros de seixo, existindo também balastros de areão.

Anexo 2:

Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua do Carmo

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 510 m²; Espessura = 1 m

Volume = 510 × 1 = 510 m³

Granulometria:

Apresenta balastros de calhau, estimando cerca de 30% do volume total, cerca de 30% com balastro de seixo e os restantes 40% com balastros de areão.

Anexo 2:

Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua do Ornelas

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 376 m²; Espessura = 0,20 m

Volume = 376 × 0,20 = 75,2 m³

Granulometria:

Apresenta balastros de areão, estimando cerca de 50% do volume total, cerca de 20 % com balastros de seixo e os restantes 30% com balastros de calhau.

Anexo 2: Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua Dom Carlos

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 901 m²; Espessura = 0,70 m

Volume = 901 × 0,70 = 630,7 m³

Granulometria:

Apresenta balastros de seixo, estimando cerca de 50% do volume total, cerca de 20% com balastro de areão e os restantes 30% com balastros de calhau.

Anexo 2:

Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua Hospital Velho

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 823 m²; Espessura = 0,70 m

Volume = 823 × 0,70 = 576,1 m³

Granulometria:

Apresenta balastros de areão, estimando cerca de 50% do volume total, cerca de 20% com balastro de calhau e os restantes 30% com balastros de seixo.

Anexo 2: Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua Latino Coelho

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 687 m²; Espessura = 0,80 m

Volume = 687 × 0,80 = 549,6 m³

Granulometria:

Apresenta areias, estimando cerca de 80% do volume total, e os restantes 20% com balastros de seixo.

Anexo 2:

Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua Miguel de Carvalho

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 549 m²; Espessura = 0,20 m

Volume = 549 × 0,20 = 109,8 m³

Granulometria:

Apresenta balastros de seixo, estimando cerca de 40% do volume total, cerca de 40% com balastro de areão e os restantes 20% com balastros de calhau.

Anexo 2: Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Rua Visconde do Anadia

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 2601 m²; Espessura = 0,90 m

Volume = 2601 × 0,90 = 2340,9 m³

Granulometria:

Na sua maioria apresenta balastros de blocos, estimando cerca de 80% do volume total e os restantes 20% com balastros de calhau.

Anexo 2:

Ficha de caracterização de uma zona de depósito de material sólido

Identificação:

Bacia hidrográfica: Ribeira João Gomes

Localização: Travessa da Infância

Mapa da localização e extensão da mancha de depósito



Estimativa do volume:

Área = 227 m²; Espessura = 1 m

Volume = 227 × 1 = 227 m³

Granulometria:

Apresenta balastros de areão, estimando cerca de 80% do volume total e os restantes 20% com balastros de seixo.

Anexo III

Localização dos danos em habitações, estabelecimentos comerciais e infra-estruturas

Danos em habitações

Nº	Morada	Freguesia
14	EST Luso Brasileira nº30B	Monte
21	EST Luso Brasileira 22B r/C	Santa Luzia
25	RUA Ornelas nº24	S.ta Maria Maior
35	TRA Poços nº 14	Monte
38	EST Luso Brasileira nº 14	Santa Luzia
114	CAM Lombada, nº 49	Monte
117	CAM Lombada, nº 43	Monte
118	LAR Babosas, nº 20	Monte
124	LAR Babosas - Lado da Capela	Monte
131	TRA Poços, nº 10	Monte
132	TRA Poços, nº 8	Monte
153	Rua Latino Coelho, 12	S.ta Maria Maior
154	Rua Ornelas, 20	S.ta Maria Maior
155	Tra Infância, 3 - 2º	S.ta Maria Maior
156	Rua Santa Maria, 3	S.ta Maria Maior
157	Rua Ornelas, 16	S.ta Maria Maior
158	Rua Santa Maria, 15-17	S.ta Maria Maior
159	Rua Infância, 24	S.ta Maria Maior
166	Rua Rochinha - Bec 79, entr 19 - porta 13	S.ta Maria Maior
167	Rua Ornelas, 44	S.ta Maria Maior
168	Rua Infância, 26	S.ta Maria Maior
181	Est Luso Brasileira n.º 14	Santa Luzia
182	Est Luso Brasileira n.º 14	Santa Luzia
183	Trav Pina n.º 9	Santa Luzia
184	Rua Pedro José Ornelas n.º 9 C	Santa Luzia
186	Bec Matadouro n.º 16 B	Santa Luzia
187	Núcleo Terminal Rua Pena	Santa Luzia
188	Est Luso Brasileira n.º 22 A R/C	Santa Luzia
296	Est Luso Brasileira n.º 22 A1	Santa Luzia
297	Est Luso Brasileira n.º 22	Santa Luzia
302	Est Luso Brasileira n. 24	Santa Luzia
309	Rua de Santa Maria, 13	S.ta Maria Maior

Danos em estabelecimentos comerciais

Nº	Morada	Freguesia
15 e 2	Largo do Pelourinho	Sé
2,4	Largo do Pelourinho	Sé
24	Largo do Pelourinho	Sé
23	Largo do Pelourinho	Sé
20-22	Largo do Pelourinho	Sé
2 e 15	Largo do Pelourinho	Sé
	Largo do Pelourinho	Sé
8 a 16	Largo das Torneiras	S.ta Maria Maior
3	Largo dos Lavradores	S.ta Maria Maior
3	Largo dos Lavradores	S.ta Maria Maior
5º A	Largo dos Lavradores	S.ta Maria Maior
	Largo dos Lavradores	S.ta Maria Maior
1	Largo dos Lavradores	S.ta Maria Maior
5	Largo dos Lavradores	S.ta Maria Maior
7	Largo dos Lavradores	S.ta Maria Maior
5	Largo dos Lavradores	S.ta Maria Maior
4	Largo dos Varadouros	Sé
	Largo dos Varadouros	Sé
1 a 5	Largo dos Varadouros	Sé
52	Largo dos Varadouros	Sé
loja 6	Mercado dos Lavradores	Sé
18,19	Largo dos Varadouros	Sé
4 - 3º	Largo dos Varadouros	Sé
B r/c	Largo Jaime Moniz	S.ta Maria Maior
5 e 10	Mercado dos Lavradores	S.ta Maria Maior
	Mercado dos Lavradores	S.ta Maria Maior
	Mercado dos Lavradores	S.ta Maria Maior
banca 33	Mercado dos Lavradores	S.ta Maria Maior
lj 112	Mercado dos Lavradores	S.ta Maria Maior
	Mercado dos Lavradores	S.ta Maria Maior
	Mercado dos Lavradores	S.ta Maria Maior
2	Rua de Santa Maria	S.ta Maria Maior
10b	Rua Brigadeiro Oudinot	S.ta Maria Maior
1 andar loja 17	Rua Brigadeiro Oudinot	S.ta Maria Maior
24 2 andar	Rua Brigadeiro Oudinot	S.ta Maria Maior
loja II	Rua Brigadeiro Oudinot	S.ta Maria Maior
	Rua Brigadeiro Oudinot	S.ta Maria Maior
4	Rua Brigadeiro Oudinot	S.ta Maria Maior
CC Oudinot Loja 9	Rua Brigadeiro Oudinot	S.ta Maria Maior
11	Rua Brigadeiro Oudinot	S.ta Maria Maior
28 caixa 3	Rua Conde Carvalhal	S.ta Maria Maior
	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior

Nº	Morada	Freguesia
30/34	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
7/8/12	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
15	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
9/11	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
10	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
20 e 22	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
14	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
19	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
28	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
6	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
24 2º andar	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
26	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
	Rua da Boa Viagem	S.ta Maria Maior
11 e 17	Rua da Infância	S.ta Maria Maior
4 - 1º	Rua da Infância	S.ta Maria Maior
2	Rua da Infância	S.ta Maria Maior
7 - a	Rua da Infância	S.ta Maria Maior
14A	Rua do Bom Jesus	Sé
28A	Rua do Bom Jesus	Sé
14B, 16	Rua do Bom Jesus	Sé
CC	Rua do Bom Jesus	Sé
9 r/c	Rua do Bom Jesus	Sé
2	Rua do Bom Jesus	Sé
7	Rua do Bom Jesus	Sé
12A	Rua do Bom Jesus	Sé
12	Rua do Bom Jesus	Sé
	Rua do Bom Jesus	Sé
	Rua do Bom Jesus	Sé
14a	Rua do Bom Jesus	Sé
2 B Loja 3	Rua do Carmo	Sé
36A	Rua do Carmo	Sé
20	Rua do Carmo	Sé
16	Rua do Carmo	Sé
80	Rua do Carmo	Sé
41	Rua do Carmo	Sé
19B	Rua do Carmo	Sé
39	Rua do Carmo	Sé
19	Rua do Carmo	Sé
19-1-D	Rua do Carmo	Sé
7	Rua do Carmo	Sé
	Rua do Carmo	Sé
45 R/c	Rua do Carmo	Sé
74	Rua do Carmo	Sé
2-C	Rua do Carmo	Sé

Nº	Morada	Freguesia
2B L J D R/C	Rua do Carmo	Sé
33B	Rua do Carmo	Sé
54 e 60	Rua do Carmo	Sé
21	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
1	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
32	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
17	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
11	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
9A	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
23A	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
23A	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
23A	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
13	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
17A	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
19A	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
40	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
25, 4º andar sala 4	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
23A	Rua do Hospital Velho	S.ta Maria Maior
31	Rua do Ribeirinho de Baixo	Sé
27 R/c	Rua do Ribeirinho de Baixo	Sé
33	Rua do Ribeirinho de Baixo	Sé
23	Rua do Ribeirinho de Baixo	Sé
21	Rua do Ribeirinho de Baixo	Sé
8	Rua do Ribeirinho de Baixo	Sé
	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
18/19	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
5	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
49 - 50	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
14	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
11-C	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
6	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
2	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
43	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
44	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
42	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
40	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
36	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
23	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
5	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
60 e 61	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
1 A-B e 3 A-B	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
11-A	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
57	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior

Nº	Morada	Freguesia
3B	Rua Dom Carlos I	S.ta Maria Maior
35	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
26-1º	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
62	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
43	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
38	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
32	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
82	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
35	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
20	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
37	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
26-A	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
36	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
4 R/c	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
22 A	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
50	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
35B - 2ºS	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
46	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
34	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
6	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
44, 1º	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
Mercado dos Lavradores	Rua Latino Coelho	S.ta Maria Maior
14	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia, Loja 15	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia, Loja 21	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia (Exposição)	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia Loja 30	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
1	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
4	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
15	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
34	Rua Visconde Anadia	Sé

Nº	Morada	Freguesia
33	Rua Visconde Anadia	Sé
33 - cave	Rua Visconde Anadia	Sé
19-22 2º esquerdo	Rua Visconde Anadia	Sé
19-22 2º esquerdo	Rua Visconde Anadia	Sé
19-22 2º esquerdo	Rua Visconde Anadia	Sé
19-22 2º esquerdo	Rua Visconde Anadia	Sé
19-22 2º esquerdo	Rua Visconde Anadia	Sé
19-22 2º esquerdo	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC. Anadia Loja 27	Rua Visconde Anadia	Sé
CC. Anadia Loja 19-20	Rua Visconde Anadia	Sé
18/22-2º esq. Loja 12	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia lojas 13 e 14	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia sala E34-T	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia - dentro do pingo doce	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia lj 24	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia lj 19	Rua Visconde Anadia	Sé
CC Anadia piso -2	Rua Visconde Anadia	Sé
11	Rua Visconde Anadia	Sé
10	Estrada Lusobrasileira	S.ta Luzia
32	Estrada Lusobrasileira	S.ta Luzia
	Praça Tenerife	S.ta Maria Maior
	Estrada Lusobrasileira	S.ta Luzia
49	Estrada Lusobrasileira	S.ta Luzia
4A	Caminho das Babosas	Monte
12	Rua do Ornelas	S.ta Maria Maior
33	Rua do Ribeirinho de Baixo	Sé

Danos em infra-estruturas

Estradas - Reparação de calçadas - Zona Baixa da Cidade

Locais de Intervenção	Freguesia	Tipo de intervenção
Rua Latino Coelho	Santa Maria Maior	Reparação parcial de calçadas nos passeios e faixa de rodagem
Rua da Boa Viagem	Santa Maria Maior	Reparação de calçada em calhau rolado escacilhado
Largo Tenerife	Santa Maria Maior	Reparação e reconstrução de passeios
Rua Hospital Velho	Santa Maria Maior	Reparação parcial de calçadas nos passeios e faixa de rodagem
Rua do Ornelas	Santa Maria Maior	Reparação de calçada em vidraço
Rua da Infância	Santa Maria Maior	Reconstrução de passeio em vidraço
Rua de Santa Maria	Santa Maria Maior	Reparação de calçada em calhau rolado
Largo do Pelourinho	Sé	Reparação de calçada em calhau rolado escacilhado e vidraço
Rua do Carmo	Sé	Reparação parcial de calçadas nos passeios e faixa de rodagem
Rua do Ribeirinho de Baixo	Sé	Reparação parcial de calçadas no passeio
Rua do Bom Jesus	Sé	Reparação parcial de calçada em vidraço

Estradas - Reparação de pavimentos betuminosos - Zona Baixa da Cidade

Locais de Intervenção	Freguesia	Tipo de intervenção
Largo do Pelourinho	Sé	Pavimentação integral
Travessa da Infância	Santa Maria Maior	Pavimentação integral

Reparação das redes de águas residuais do Concelho

Locais de Intervenção	Freguesia	Tipo de intervenção
Caminho das Babosas	Monte	Limpeza
Caminho dos Lombos	Monte	Limpeza
Rua Brigadeiro Oudinot	Santa Maria Maior	Rede nova
Rua Visconde Anadia	Santa Luzia	Rede nova

Restabelecimento das redes de abastecimento de água potável

Locais de Intervenção	Freguesia	Tipo de intervenção
Largo das Babosas	Monte	Reparação
Caminho dos Pretos	São Gonçalo	Reparação

Edifícios e Equipamentos Públicos - Execução de diversos trabalhos de recuperação e equipamentos urbanos

Locais de Intervenção	Freguesia	Tipo de intervenção
Rua do Bom Jesus, Rua do Ribeirinho, Rua Latino Coelho, Rua Vila Conde do Anadia, Rua Brigadeiro do Oudinot	Sé e Santa Maria Maior	Remoção de prumos metálicos , trabalhados, em alumínio fundido, Incluindo reposição da zona intervencionada e transporte dos mesmos para as instalações do Departamento de Trânsito no Edifício dos Viveiros
Rua Brigadeiro Oudinot (Larguinho da Feira e Largo do Pelourinho)	Sé	Pintura a tinta de esmalte bi-componente de guarda metálica/varandim de protecção em painéis com varão maciço Ø 20 mm corrimão em banda maciça de 40*5 mm e prumos em ferro fundido, incluindo reparação pontual (Larguinho da Feira e Largo do Pelourinho)

Locais de Intervenção	Freguesia	Tipo de intervenção
Rua do Bom Jesus, Rua do Ribeirinho, Rua Latino Coelho, Rua Brigadeiro do Oudinout	Sé e Santa Maria Maior	Pintura de varandim de passeio metálico corrido em tubo galvanizado de 1 1/2" , prumos de 1 1/2" e travessa de 1 " em tinta de esmalte bi-componente incluindo reparações pontuais (desempenos ligeiros e travessas/prumos em falta)
Rua Brigadeiro Oudinout, largo do Pelourinho, Travessa da Mata	Sé	Fornecimento e colocação de varandim metálico corrido, em tubo galvanizado, série média, de 1 1/2" (corrimão e prumos) e travessa de 1", incluindo chumbamento com pateres, remate da zona intervencionada e pintura a tinta bi-componente