

**Carla Cacilhas Machado**

**Escoamento de Superfície e Vulnerabilidade às Cheias no  
Concelho da Ribeira Grande. (São Miguel, Açores)**



**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
UNIVERSIDADE DOS AÇORES**

**2014**

**Carla Cacilhas Machado**

**Escoamento de Superfície e Vulnerabilidade às Cheias no  
Concelho da Ribeira Grande. (São Miguel, Açores)**

**DISSERTAÇÃO REALIZADA NO ÂMBITO DO MESTRADO EM GEOLOGIA DO  
AMBIENTE E SOCIEDADE**

**ORIENTADORES:**

**PROFESSOR DOUTOR JOSÉ VIRGÍLIO DE MATOS FIGUEIRA CRUZ  
UNIVERSIDADE DOS AÇORES**

**PROFESSOR DOUTOR RUI MOREIRA DA SILVA COUTINHO  
UNIVERSIDADE DOS AÇORES**

**PROFESSORA DOUTORA MARIA GABRIELA PEREIRA DA SILVA QUEIROZ  
UNIVERSIDADE DOS AÇORES**



**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
UNIVERSIDADE DOS AÇORES**

**2014**

*Aos meus pais*  
*Adriana Machado*  
*Sérgio Machado*

*E ao meu noivo*  
*João Falcão*

*“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.*

Albert Einstein

# ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS.....</b>	<b>XII</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
I. Enquadramento da dissertação.....	1
II. Estrutura da dissertação .....	3
<b>CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO CONCELHO DA RIBEIRA GRANDE .....</b>	<b>5</b>
1.1. Enquadramento Físico.....	5
1.1.1. Localização Geográfica .....	5
1.1.2. Clima .....	7
1.1.3. Tipo de Solos.....	10
1.1.4. Ocupação do Solo .....	11
1.2. Enquadramento Geoestrutural.....	14
1.2.1. Tectónica.....	14
1.2.2. Sismicidade e Vulcanismo .....	16
1.2.3. Geomorfologia .....	19
1.3. Enquadramento Hidrológico.....	26
1.3.1. Águas de superfície .....	26
1.3.2. Águas Subterrâneas .....	34
1.4. Enquadramento Socioeconómico .....	40
1.4.1. Demografia.....	40
1.4.2. Atividade Económica .....	41
<b>CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO DAS CHEIAS.....</b>	<b>46</b>
2.1. Conceito de Cheia e Inundação.....	46
2.2. Critérios de classificação de uma Cheia .....	47
2.3. Tipos de Cheia .....	48
2.4. Causas das cheias .....	49
2.5. Consequências das cheias.....	51

2.6. Medidas de defesa .....	54
2.6.1 Medidas Estruturais .....	54
2.6.2. Medidas não estruturais.....	57
2.6.3. Controlo Passivo de Cheias.....	57
2.7. Gestão de risco de inundação .....	58
2.8. Cheias no Mundo .....	59
2.9. Cheias na Europa.....	63
2.10. Cheias em Portugal Continental e Madeira.....	68
2.11. Cheias em São Miguel .....	75
2.11.1. Cheia de 5 de outubro de 1744, na Ribeira do Além.....	75
2.11.2. Cheia de 2 de novembro de 1896, na Povoação e na Ribeira Quente .....	76
2.11.3. Cheia de 2 de setembro de 1986, na Povoação, Faial da Terra, Nordeste, Mosteiro, Bretanha, Sete Cidades e Ribeira Quente.....	77
2.11.4. Cheia de 14 de dezembro de 1996, na Povoação, Ribeira Quente e no Faial da Terra .....	78
2.11.5. Cheia de 31 de Outubro de 1997, na Ribeira Quente.....	79
2.12. Enquadramento Legal .....	79
2.12.1. Decreto-lei N.º 468/71, de 5 de Novembro .....	79
2.12.2. Decreto-lei N.º 89/87, de 26 de Fevereiro .....	80
2.12.3. Decreto-lei N.º 364/98 de 21 de Novembro .....	80
2.12.4. A Diretiva-Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE, 23 de Outubro).....	80
2.12.5. Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro).....	81
2.12.6. Diretiva 2007/60/CE, 26 de Novembro .....	82
2.12.7. Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro.....	85

### **CAPÍTULO 3 – LEVANTAMENTO DOS EVENTOS DE CHEIA HISTÓRICOS NO CONCELHO DA RIBEIRA GRANDE .....**

3.1. Evento de Cheia de 9 de agosto de 1919.....	88
3.2. Evento de Cheia de 22 de novembro de 1931.....	91
3.3. Evento de Cheia de 25 de janeiro de 1949.....	93
3.4. Evento de Cheia de 14 de janeiro de 1979.....	93
3.5. Evento de Cheia de 25 de outubro de 1985 .....	94
3.6. Evento de Cheia de 7 de outubro de 1995 .....	97
3.7. Evento de Cheia de 10 de setembro de 1997.....	99
3.8. Evento de Cheia de 1 de outubro de 1998 .....	104
3.9. Evento de Cheia de 2 de fevereiro de 2004.....	106
3.10. Evento de Cheia de 17 de abril de 2007 .....	108

---

3.11. Evento de Cheia 28 de janeiro de 2008.....	109
3.12. Evento de Cheia de 22 de dezembro de 2012.....	110
3.13 Evento de Cheia de 28 de fevereiro de 2013.....	111
<b>CAPITULO 4 – ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DE CHEIAS NO CONCELHO DA RIBEIRA GRANDE.....</b>	<b>114</b>
4.1. Metodologia.....	114
4.2. Apresentação de Resultados.....	118
4.3. Discussão.....	122
<b>CAPITULO 5 – ANÁLISE DO ESCOAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA GRANDE.....</b>	<b>126</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>142</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>147</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Enquadramento geográfico do Arquipélago dos Açores.....	5
Figura 1.2 – Divisão administrativa da ilha de São Miguel (Medeiros, 2010).....	6
Figura 1.3 – Temperatura média anual na ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011).....	9
Figura 1.4 – Humidade relativa média anual na ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011). .....	9
Figura 1.5 – Precipitação acumulada na ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011). .....	9
Figura 1.6 – Tipos de solo da ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011). .....	11
Figura 1.7 – Percentagem de ocupação do solo da ilha de São Miguel (Cruz <i>et al.</i> , 2007). .....	12
Figura 1.8 – Carta de ocupação do solo da ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011)...	13
Figura 1.9 – Vista aérea da Ribeira Grande a partir da zona das Lombadas, podendo observar-se ao fundo a costa da cidade da Ribeira Grande (Fotografia de Rui Coutinho). .....	13
Figura 1.10 – Plataforma dos Açores (Needham e Francheteau, 1974). .....	14
Figura 1.11 – Principais estruturas tectónicas da região dos Açores. Legenda: CMO - Crista Médio-Atlântica; EAFZ - Zona de Fratura Este dos Açores; RT - Rift da Terceira; FG - Falha Gloria (Gaspar <i>et al.</i> , 1999 <i>in</i> Ferreira, 2000). .....	15
Figura 1.12 – Principais estruturas tectónicas da ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011). .....	15
Figura 1.13 – Carta epicentral dos eventos registados no arquipélago dos Açores entre 1980 e junho de 2006. (CIVISA, 2006 <i>in</i> AHA-SRAM, 2011). .....	16
Figura 1.14 – Carta epicentral referente à década de 90 para os eventos mais importantes registados na região da ilha de S. Miguel (dados do SIVISA, 2000 <i>in</i> Ferreira, 2000). .....	18
Figura 1.15 – Localização das erupções históricas da ilha de S. Miguel e área circundante (dados de Queiroz, 1997 <i>in</i> Wallenstein, 1999). .....	19
Figura 1.16 – Imagem tridimensional da ilha de S. Miguel, obtida a partir de dados do Instituto Geográfico do Exército. As coordenadas pertencem ao sistema de referenciação U.T.M., zona 26S. As linhas a vermelho separam aproximadamente as oito unidades geomorfológicas para a ilha, definidas por Zbyszewski (1958), <i>In</i> Wallenstein, 1999. ....	20
Figura 1.17 – Mapa hipsométrico da região do maciço do Fogo (altitudes em metros). TIN (Topographic irregular network) elaborado com base nas folhas 28, 29, 32 e 33 da Carta Militar de Portugal à escala de 1/25.000 <i>in</i> Wallenstein, 1999. ....	22



Figura 1.18 – Principais estruturas tectónicas do maciço do Fogo ( <i>in</i> Wallenstein, 1999). .....	24
Figura 1.19 – Distribuição de centros eruptivos no maciço do Fogo ( <i>in</i> Wallenstein, 1999). .....	24
Figura 1.20 – Aspeto margens da Ribeira Grande encaixadas nos depósitos ignimbríticos da Formação do Fogo A (a) e nos depósitos das Formações do Fogo B, C e D, na zona das Lombadas (b) (Fotografias de Rui Coutinho).....	25
Figura 1.21 – Vista da Ribeira Grande na zona das Lombadas (a) e do Salto do Cabrito (b), encaixada em traquitos (s.l.) (Fotografias de Rui Coutinho).....	26
Figura 1.22 – Carta hidrográfica da ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011)......	27
Figura 1.23 – Carta da densidade de drenagem da ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011). .....	27
Figura 1.24 – Principal rede hidrográfica e hidrometria praticada no maciço de Água de Pau (LNEC, 1992)......	29
Figura 1.25 – Bacia hidrográfica da Ribeira Grande (Medeiros, 2011). .....	30
Figura 1.26 – Localização das massas de água de caudal permanente na ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011). .....	31
Figura 1.27 – Localização da MA das Lombadas (AHA-SRAM, 2011). .....	31
Figura 1.28 – Localização da MA das Roças/Salto do Cabrito (AHA-SRAM, 2011). ....	32
Figura 1.29 – Localização da MA da Ribeira da Pernada/Teixeira (AHA-SRAM, 2011). .....	32
Figura 1.30 – Localização da MA da Ribeira Grande (AHA-SRAM, 2011). .....	33
Figura 1.31 – Ocupação demográfica da bacia da Ribeira Grande (AHA-SRAM, 2011). .....	33
Figura 1.32 – Delimitação das massas de água na ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011). .....	34
Figura 1.33 – Densidade associada à distribuição dos pontos de água por ilha (AHA-SRAM, 2011). .....	36
Figura 1.34 – Distribuição de pontos de água na ilha de São Miguel (AHA-SRAM, 2011). .....	37
Figura 1.35 – Distribuição dos pontos de água mineral segundo os Sistemas Aquíferos na ilha de São Miguel (Freire, 2006). .....	38
Figura 1.36 – Capa de publicação sobre a “Água das Lombadas” (Freire, 1904 <i>in</i> Freire, 2006). .....	39
Figuras 1.37 – Garrafa da Água das Lombadas (a) e seu respetivo rótulo (b) (Fotografias de Rui Coutinho). .....	39

Figura 1.38 – Distribuição da população residente nas freguesias do concelho da Ribeira Grande ( <i>Censos de 2011, Freguesias, 2014</i> ). .....	40
Figura 1.39 – Edificado das freguesias de Matriz e Conceição do concelho da Concelho da Ribeira Grande. Mapa apresentado com coordenadas no sistema UTM, datum WGS84 zona 26S. ....	43
Figura 1.40 – Distribuição do número de edificado, nas freguesias do concelho da Ribeira Grande ( <i>Censos de 2011, SREA, 2013</i> ). ....	44
Figura 2.1 – Causas das cheias (Dartmouth Flood Observatory, 2004). ....	49
Figura 2.2 – Diagrama síntese dos diferentes tipos de prejuízos associados a uma cheia e consequente inundação (Guedes, 2006). ....	53
Figura 2.3 – Edifício elevado por pilares (Federal Emergency Management Agency, 2009 <i>in</i> Gaspar, 2013). ....	55
Figura 2.4 – Exemplo de Wetfloodproofing (Federal Emergency Management Agency, 2009 <i>in</i> Gaspar, 2013). ....	56
Figura 2.5 – Exemplos de proteções ao exterior da habitação (Federal Emergency Management Agency, 2009 <i>in</i> Gaspar, 2013). ....	56
Figura 2.6 – Cartografia de eventos de cheia na Europa de 1985-2010 (Dartmouth Flood Observatory, 2014). ....	59
Figura 2.7 – Número de eventos de inundações registrados (Jha, <i>et al.</i> , 2012). ....	60
Figura 2.8 – Perdas económicas e mortes registradas. (Jha <i>et al.</i> , 2012). ....	61
Figura 2.9 – Episódios de cheias na Europa entre 1998 e 2009 (EEA, 2012). ....	63
Figura 2.11 – Representação do número de vítimas causadas por inundações na UE, 1970-2005 (EEA, 2008). ....	64
Figura 2.12 – Inundações nas margens do Rio Elba, 22 de Agosto de 2002 (Wn, 2002). ....	65
Figura 2.13 – Perdas económicas na Europa devido a Cheias. Legenda: a linha cinza representa as perdas médias anuais de inundação do período total (Joint Research Centre, 2009). ....	66
Figura 2.14 – Prováveis eventos de Cheia (EEA, 2009). ....	67
Figura 2.15 – Zonas de inundação em Portugal (Rocha, 1998). ....	68
Figura 2.16 – Destruição causada pelas cheias de 1909, em Miragaia junto à Alfandega do Porto e Praça da Ribeira, respetivamente (Dias, consultado a 5 de fevereiro de 2013). ....	70
Figura 2.17 – Cheia na Praça 8 de Maio Causada pelo Rio Mondego (Franco, 2007). 71	
Figura 2.18 – Cheia na planície aluvial do rio Mondego (Dias, consultado a 5 de fevereiro de 2014). ....	71

Figura 2.19 – Consequências das cheias na Pontinha (Dias, consultado a 5 de fevereiro de 2014). .....	72
Figura 2.20 – Saída da Golegã para Lisboa (Dias, consultado a 5 de fevereiro de 2014). .....	72
Figura 2.21 – Aspeto da cheia de Novembro de 1983 em Cascais (Dias, consultado a 5 de fevereiro de 2014). .....	73
Figura 2.22 – Cheia do Tejo em 1989, (Dias, consultado a 5 de fevereiro de 2014). ..	73
Figura 2.23 – Ponte destruída na ribeira de Odelouca devido à cheia (Dias, consultado a 5 de fevereiro de 2014). .....	74
Figura 2.24 – Cheia na Madeira (BBC, 2010). .....	75
Figura 2.26 – Casa destruída pela água na Povoação (Rebelo e Raposo, 1988). .....	78
Figura 2.27 – Casa destruída pela água no Faial da Terra (Rebelo e Raposo, 1988). ..	78
Figura 2.28 – Entrada da freguesia. Pormenores das casas que ficaram total e parcialmente soterradas (Lourenço e Raposo, 1999). .....	79
Figura 3.1 – Primeira página do Açoriano Oriental de 16 de agosto de 1919. ....	90
Figura 3.2 – Excerto do Açoriano Oriental de 28 de novembro de 1931. ....	92
Figura 3.3 – Primeira página do Correio dos Açores de 16 de janeiro de 1979. ....	93
Figura 3.4 – Primeira página do Correio dos Açores de 26 de outubro de 1985. ....	95
Figura 3.5 – Primeira página do Açoriano Oriental de 9 de outubro de 1995. ....	98
Figura 3.6 – Primeira página do Açoriano Oriental de 11 de setembro de 1997. ....	100
Figura 3.7 – Quadro dos valores finais (em contos) das soluções para os prejuízos causados pelo mau tempo de 10 de setembro de 1997. ....	103
Figura 3.8 – Habitações com prejuízos e com desalojamento. ....	103
Figura 3.9 – Habitações com prejuízos e sem desalojamento. ....	103
Figura 3.10 – Primeira página do Açoriano Oriental de 2 de outubro de 1998. ....	105
Figura 3.11 – Primeira página do Açoriano Oriental de 3 de fevereiro de 2004. ....	107
Figura 3.12 – Primeira página do Diário dos Açores de 19 de abril de 2007. ....	108
Figura 3.13 – Primeira página no Açoriano Oriental de 30 de janeiro de 2008. ....	109
Figura 3.14 – Excerto do Açoriano Oriental de 23 de dezembro de 2012. ....	111
Figura 3.15 – Primeira página do Açoriano Oriental de 1 de março de 2013. ....	112
Figura 4.1 – Delimitação dos vales, através da ferramenta <i>Editor</i> do <i>ArcGIS</i> . ....	116
Figura 4.2 – Buffer de 10 metros (azul claro) e de 20 metros (azul escuro) no <i>ArcGIS</i> . .....	117
Figura 4.3 – Preenchimento do <i>Metadata</i> . .....	117
Figura 4.4 – Áreas suscetíveis ao perigo de cheias, ao longo da MA da Ribeira Grande. Mapa apresentado com coordenadas no sistema UTM, datum WGS84 zona 26S. ..	119

Figura 4.5 – Classe de vulnerabilidade das habitações ao perigo de cheias, nas freguesias de Matriz e Conceição. Mapa apresentado com coordenadas no sistema UTM, datum WGS84 zona 26S.....	120
Figura 4.6 – Continuação da classe de vulnerabilidade das habitações ao perigo de cheias, nas freguesias de Matriz e Conceição. Mapa apresentado com coordenadas no sistema UTM, datum WGS84 zona 26S.....	121
Figura 4.7 – Vista dos quintais das casas na zona de Trás-os-Mosteiros (a) e das casas da rua da Ribeira (b) (Fotografias de Rui Coutinho).....	122
Figura 4.8 – Ponte de Trás-os-Mosteiros (a) ponte da Rua da Ribeira (b) (Fotografias de Rui Coutinho).....	123
Figura 4.9 – Foz da ribeira da Ribeira Grande em 2003, com os taludes erodidos e com as descargas das águas domésticas para a ribeira (a); Foz da ribeira da Ribeira Grande em 2012, depois da regularização dos taludes e do redimensionamento das águas domésticas (b) (Fotografias de Rui Coutinho). ....	124
Figura 4.10 – Pormenores do Caminho da Tondela (a) e (b) onde se pode observar a proximidade do caminho e a exposição à erosão das margens (Fotografias de Rui Coutinho).....	124
Figura 4.11 – Estimativa de população residente em habitações, por classe de vulnerabilidade ao perigo de cheias, na freguesia de Matriz. ....	125
Figuras 5.1 e 5.2 – Estações hidrométricas das Lombadas e da Pernada/Teixeira, respetivamente (SRAA, 2014).....	127
Figuras 5.3 e 5.4 – Estações hidrométricas da Ribeira Grande e do Rosário, respetivamente (SRAA, 2014).....	128
Figura 5.5 – Caudal mensal médio em m <sup>3</sup> /s na estação hidrométrica das Roças, dos dados antigos. ....	129
Figura 5.6 – Caudal mensal médio em m <sup>3</sup> /s na estação hidrométrica das Lombadas, dos dados antigos. ....	130
Figura 5.7 – Caudal mensal médio em m <sup>3</sup> /s na estação hidrométrica do Teixeira, dos dados antigos. ....	130
Figura 5.8 – Caudal mensal médio em m <sup>3</sup> /s na estação hidrométrica do Salto do Cabrito, dos dados antigos.....	131
Figura 5.9 – Caudal mensal médio em m <sup>3</sup> /s na estação hidrométrica do Rosário, dos dados antigos. ....	132
Figura 5.10 – Caudal mensal médio em m <sup>3</sup> /s na estação hidrométrica das Lombadas, dos dados recentes.....	133
Figura 5.11 – Caudal mensal médio em m <sup>3</sup> /s na estação hidrométrica do Teixeira, dos dados recentes. ....	133

Figura 5.12 – Caudal mensal médio em m<sup>3</sup>/s na estação hidrométrica da Ribeira Grande, dos dados recentes..... 133

Figura 5.13 – Caudal mensal médio em m<sup>3</sup>/s na estação hidrométrica do Rosário, dos dados recentes. .... 134

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Representação da área referente a cada freguesia do concelho da Ribeira Grande.....	7
Tabela 1.2 – Principais sismos históricos sentidos no arquipélago dos Açores (Adaptado de Coutinho, 2000). .....	16
Tabela 1.3 – Erupções Históricas nos Açores (Adaptado de Carmo, 2004). .....	18
Tabela 1.4 – População residente nas freguesias do concelho da Ribeira Grande, segundo os grupos etários ( <i>Censos de 2011</i> ).....	41
Tabela 1.5 – Trabalhadores por conta de outrem, nos estabelecimentos da ilha de São Miguel, segundo o setor de atividade, e sua representação no concelho da Ribeira Grande, bem como o total, ao nível municipal ( <i>Anuário Estatístico da Região Autónoma dos Açores, 2012 - INE</i> ).....	42
Tabela 1.6 – Total de edificado, por ano de construção, nas diferentes freguesias do concelho da Ribeira Grande ( <i>Censos de 2011, Freguesias, 2014</i> ). .....	44
Tabela 2.1 – Principais tipos de medidas estruturais de combate às inundações ( <i>Estrela et al., 2001 in Guedes, 2006</i> ).....	54
Tabela 2.2 – Medidas Não Estruturais para Cheias Repentinhas ( <i>Silva et al., 1999 in Brito, 2013</i> ). .....	57
Tabela 2.3 – Aspetos fundamentais do controlo passivo de cheias ( <i>Brito, 2013</i> ). .....	58
Tabela 2.4 – Lista das dez mais importantes cheias ocorridas no Mundo no período de tempo entre 1900 a 2014, classificados pelo número de mortes ( <i>EM-DAT, 2014</i> ). .....	61
Tabela 2.5 – Lista das dez mais importantes cheias ocorridas no Mundo no período de tempo entre 1900 e 2014, classificados pelo número de pessoas afetadas ( <i>EM-DAT, 2014</i> ). .....	62
Tabela 2.6 – Lista das dez mais importantes cheias ocorridas no Mundo no período de tempo entre 1900 e 2014, classificados pelos danos ( <i>EM-DAT, 2014</i> ). .....	62
Tabela 2.7 – Lista dos dez mais importantes desastres naturais ocorridos em Portugal no período de tempo entre 1900 e 2014, classificados pelo número de mortes ( <i>EM-DAT, 2014</i> ). .....	69
Tabela 2.8 – Lista dos dez mais importantes desastres naturais ocorridos em Portugal no período de tempo entre 1900 e 2014, classificados pelo número total de pessoas afetadas ( <i>EM-DAT, 2014</i> ). .....	69
Tabela 2.9 – Lista dos dez mais importantes desastres naturais ocorridos em Portugal no período de tempo entre 1900 a 2014, classificados pelos danos ( <i>EM-DAT, 2014</i> ). 70	

Tabela 2.10 – Prazos estabelecidos para o cumprimento das obrigações por parte dos Estados-Membros (Comissão Europeia, 2014).....	85
Tabela 3.1 – Problemas e soluções expressos no relatório das cheias de 10 de setembro de 1997.....	101
Tabela 4.1 – Classe de Vulnerabilidade das habitações ao perigo de cheias, nas freguesias da Matriz e da Conceição. ....	123
Tabela 4.2 – Estimativa da população residente em habitações, por classe de vulnerabilidade ao perigo de cheias, na freguesia de Matriz .....	125
Tabela 5.1 – Coordenadas (Sistema de referência WGS 1984 - UTM 26) das estações hidrométricas, referentes aos dados antigos (DRA, 2014). ....	126
Tabela 5.2 – Coordenadas (Sistema de referência WGS 1984 - UTM 26) das estações hidrométricas, referentes aos dados recentes (DRA, 2014). ....	128
Tabela 5.3 – Caudais máximos, mínimos e médios anuais, para a estação hidrométrica das Roças (dados antigos). ....	135
Tabela 5.4 – Caudais máximos, mínimos e médios anuais, para a estação hidrométrica das Lombadas (dados antigos).....	136
Tabela 5.5 – Caudais máximos, mínimos e médios anuais, para a estação hidrométrica do Teixeira (dados antigos).....	137
Tabela 5.6 – Caudais máximos, mínimos e médios anuais, para a estação hidrométrica do Salto do Cabrito (dados antigos).....	138
Tabela 5.7 – Caudais máximos, mínimos e médios anuais, para a estação hidrométrica do Rosário (dados antigos).....	139
Tabela 5.8 – Caudais máximos, mínimos e médios anuais, para a estação hidrométrica das Lombadas, do Teixeira, da Ribeira Grande e do Rosário (dados recentes).....	140

## LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

- AHA** – Administração Hidrográfica dos Açores
- ANPC** – Autoridade Nacional de Proteção Civil
- ARH** – Administração das Regiões Hidrográficas
- BH** – Bacia Hidrográfica
- CIELO** – Clima Insular à Escala Local
- CIVISA** – Centro de Informação e Vigilância Sismovulcânica dos Açores
- CNGRI** – Comissão Nacional de Gestão dos Riscos de Inundações
- CVARG** – Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos
- DQA** – Diretiva Quadro da Água
- DRA** – Direção Regional do Ambiente
- DROTRH** – Direção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos
- EEA** - European Environment Agency
- EM-DAT** – Emergency Events Database
- EU** – European Union
- EUA** – Estados Unidos da Américas
- IDSA** – Instituto para Desenvolvimento Social dos Açores
- INAG** – Instituto da Água
- INE** – Instituto Nacional de Estatística
- INSPIRE** – Infraestrutura de Informação Geográfica na Comunidade Europeia
- LREC** - Laboratório Regional de Engenharia Civil
- MA** – Massa de Água
- NATHA** – Base de Dados Documental de Perigos Naturais dos Açores (*Natural Hazards in Azores*)
- PGRH** – Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores
- Q** – Caudal
- SIG** – Sistemas de Informação Geográfica
- SRAM** – Secretaria Regional do Ambiente e do Mar
- SREA** – Serviço Regional de Estatística dos Açores
- SRHE** – Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos
- SRPCBA** – Serviço Regional de Proteção Civil e Bombeiros dos Açores



## AGRADECIMENTOS

Para a realização da presente dissertação, foi necessário a ajuda de muitas pessoas, assim expresso aqui os meus sinceros agradecimentos:

- à Biblioteca Pública da Ribeira Grande, em especial à senhora Lucélia Furtado, que me ajudou a compreender e a procurar as atas necessárias;
- à Biblioteca Pública e Arquivo de Ponta Delgada, em particular ao departamento do arquivo, que cedeu organizadamente os jornais necessários;
- ao Professor Doutor José Virgílio de Matos Figueira Cruz, Orientador Científico, pela dedicação e disponibilidade em tudo que fosse necessário para realização da dissertação;
- ao Professor Doutor Rui Moreira Silva Coutinho, Orientador Científico, primeiramente pela sua amizade e pela dedicação e disponibilidade para tudo que fosse necessário para a realização da dissertação;
- à Professora Doutora Gabriela Pereira da Silva Queiroz, Orientadora Científica, pelo apoio e auxílio no tratamento dos dados no *Software ArcGIS 10.1*;
- ao Doutor Rui Marques, pela cedência das datas dos eventos de cheia no Concelho da Ribeira Grande, através do NATHA – *Natural Hazards in Azores*;
- ao Gabinete de *Sistemas de Informação Geográfica* do Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos da Universidade dos Açores, em particular à Mestre Catarina Goulart e ao Assistente Técnico José Medeiros, na orientação e esclarecimento na realização dos mapas;
- à Direção Regional do Ambiente, em particular à Patrícia Costa, pela cedência dos dados hidrométricos da Bacia Hidrográfica da Ribeira Grande e pela sua disponibilidade demonstrada em esclarecer dúvidas;

- à minha família, pai, mãe e irmãos, pelo apoio, amizade, compreensão e amor demonstrado ao longo da realização da dissertação;
- ao meu noivo pelo apoio incondicional, amizade, compreensão e amor durante o processo da realização da dissertação;
- a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho, de forma direta ou indireta.

O meu muito obrigado a todos!

## RESUMO

As ilhas açorianas, à semelhança de muitos outros lugares no Mundo, estão expostas a diversos perigos naturais tais como sismos, erupções vulcânicas, *tsunamis*, movimentos de vertente, bem como à ação dos mais variados fenómenos hidrológicos e atmosféricos.

A localização geográfica do arquipélago dos Açores expõe as ilhas à ação das depressões e respetivas frentes quentes e frias associadas, bem como aos efeitos dos ciclones que normalmente atingem o território sob a frente de tempestades tropicais ou extra tropicais. Todos estes fenómenos climatéricos originam precipitação intensa e concentrada no tempo que, aliada às características geomorfológicas e geológicas do território, favorece a ocorrência de cheias e inundações.

A área de estudo desta dissertação é a bacia hidrográfica da Ribeira Grande que, desde o povoamento da ilha de São Miguel em meados do século XIV, foi palco de diversos eventos de cheia, conforme atestam os documentos históricos consultados, a informação contida na Base de Dados Documental de Perigos Naturais dos Açores (NATHA - *Natural Hazards in Azores*) (Marques, 2013) e a consulta da hemeroteca da Biblioteca e Arquivo Regional de Ponta Delgada. Com efeito, existem treze eventos de cheia que causaram perdas de vidas humanas e prejuízos à população ao longo da história do Concelho da Ribeira Grande.

A análise de vulnerabilidade ao perigo de cheias foi efetuada tendo por base a distância das margens ao leito dos cursos de água, de acordo com o definido na legislação vigente, principalmente Lei n.º 54/2005 de 15 de novembro de 2005, e com recurso ao *Software ArcGIS* – versão 10.1 para a elaboração de mapas e identificação das zonas de perigo. Num total de 2149 casas localizadas nas freguesias de Matriz e Conceição, na Cidade da Ribeira Grande, identificaram-

se 168 habitações em zonas vulneráveis, sendo que 23 das quais estão localizadas em zonas de perigo muito elevado, 89 em zonas perigo elevado e 56 em zonas de perigo moderado.

Por último, procedeu-se ao estudo dos dados hidrométricos provenientes das cinco estações hidrométricas localizadas na bacia hidrográfica da Ribeira Grande: Roças, Lombadas, Teixeira, Salto do Cabrito e Rosário. Apesar de algumas lacunas e da alteração da localização das estações, existem dados disponíveis desde o ano hidrológico de 1973-74 até ao ano 2012-13. Determinaram-se os caudais médios, máximos e mínimos. Os caudais máximos absolutos ocorrem no mês de abril para todas as estações, exceto na estação de Rosário, na qual se registam em março. Os caudais mínimos registam-se nos meses de verão. O caudal máximo registado observa-se na localização atual da estação de Lombadas, com um valor de 5,186 m<sup>3</sup>/s.

## ABSTRACT

The Azorean Islands like many other places in the world are exposed to several natural hazards such as earthquakes, volcanic eruptions, tsunamis and landslides, as well as atmospheric and hydrological hazards.

The geographical location of the Azores Archipelago exposes its islands to the effects of low pressures and associated cold and hot fronts, as well as to cyclone effects that normally reach the Archipelago under the form of tropical or extra tropical storms. All these atmospheric events originate heavy rains quite concentrated in time which, taking in account the geomorphological and geological characteristics of the terrain, favors the occurrence of flooding.

The study area is the hydrographic basin of Ribeira Grande which, since São Miguel Island's settlement in mid fourteenth century, has witnessed several flooding events, according to the consulted historical data, based on the information from the Natural Database in Azores (Marques, 2013), as well as the result of the consult of the records of the Ponta Delgada Public Library and Regional Archive. As a matter of fact, thirteen flood events have caused the loss of human lives and severe damage on the properties of the Ribeira Grande Municipality.

The analysis of flood vulnerability was carried out taking in consideration the distance to its banks according to Portuguese legislation (Law no. 54/2005, November 15<sup>th</sup> 2005) and *ArcGIS* – version 10.1 software, in order to plot data into maps and identify hazardous areas. Out of a total of 2149 houses belonging to the parishes of Matriz and Conceição, in Ribeira Grande City, 168 houses were found to be located in vulnerable areas – 23 in very high risk areas, 89 in high risk areas and 56 in moderate risk areas.

Finally, the study of hydrometric data from five stations located along Ribeira Grande basin – Roças, Lombadas, Teixeira, Salto do Cabrito and Rosário - was carried out. Although there were some data gaps, it was possible to plot graphics

since the hydrological year of 1973-74 up to 2012-13 and calculate maximum, minimum and average flow rates. Maximum flow rates were recorded in April, except for Rosário station that reached maximum values in March. Minimum values correspond to summer months. The highest flow rate record was in the new station of Lombadas with a value of 5.186 m<sup>3</sup>/s.

## INTRODUÇÃO

### I. Enquadramento da dissertação

A presente dissertação insere-se no âmbito do Mestrado em Geologia do Ambiente e Sociedade (1.<sup>a</sup> edição), ministrado pelo Departamento de Geociências da Universidade dos Acores, e intitula-se *Escoamento e Vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica da Ribeira Grande*.

O concelho da Ribeira Grande localiza-se na zona norte da ilha de São Miguel e é constituído por catorze freguesias, nomeadamente: Pico da Pedra, Rabo de Peixe, Santa Bárbara, Ribeira Seca, Conceição, Matriz, Ribeirinha, Porto Formoso, São Brás, Maia, Lomba da Maia, Fenais da Ajuda e Lomba de São Pedro.

A bacia hidrográfica da Ribeira Grande desenvolve-se ao longo da vertente norte do designado Vulcão do Fogo, desaguando no mar junto da cidade homónima. Nesta bacia é muito comum a ocorrência de cheias rápidas, o que salienta a relevância do tema elegido para a presente dissertação.

As cheias são fenómenos naturais, extremos e temporários, provocados por precipitações moderadas e permanentes, ou por precipitações repentinas e de elevada intensidade. Este excesso de precipitação faz aumentar o caudal dos cursos de água originando o extravasamento do leito normal e a inundação das margens e de áreas limítrofes.

Geralmente a partir do Outono o território português é atravessado por superfícies frontais associadas a núcleos de baixa pressão que têm a sua formação ou desenvolvimento no Oceano Atlântico. Esta passagem de sistemas frontais origina períodos longos de precipitação, por vezes intensa, com a consequente saturação dos solos. Geram-se assim escoamentos superficiais que não são passíveis de encaixe no leito normal dos cursos de água e que excedem por vezes a capacidade de armazenamento de água.

Fenómenos meteorológicos de origens convectivas, que produzem precipitações muito intensas e confinadas a uma reduzida dimensão espaciotemporal, conduzem geralmente a pontas de cheia elevadas, sobretudo quando afetam bacias hidrográficas de pequena dimensão, que apresentam, geralmente, condições para que uma cheia se forme e propague rapidamente por vezes em escassas horas. Esta problemática tem consequências particularmente nefastas em zonas de elevadas densidades urbana e demográfica.

Uma agravante, em São Miguel, mais concretamente no concelho da Ribeira Grande, são as estruturas hidráulicas, como as pontes, que em situações de grande caudal retêm troncos de árvores, ramagens e outra matéria sólida de grandes dimensões arrastada pela água, acabando por funcionar como um dique. Como tal, impedem o escoamento livre da água, levando por fim ao seu transbordo.

O transbordo da água afeta as populações podendo causar, entre outros problemas, perdas de vidas humanas, evacuação e desalojamento de pessoas, isolamento de povoações, danos em propriedades públicas e/ou privadas, submersão e/ou danificação de vias de comunicação e de outras infraestruturas e equipamentos, Interrupção do fornecimento de bens e/ou serviços básicos (água potável, eletricidade, telefone, combustível, etc.), perda de produção de atividades e afetação das atividades socioeconómicas.

Ainda neste contexto, as cheias rápidas são um perigo natural que poderá ocorrer no Concelho da Ribeira Grande, interessando sempre mais as que aconteceram na bacia hidrográfica da Ribeira Grande, que afeta principalmente as freguesias da Matriz e da Conceição.

O registo histórico mostra que ocorreram na área de estudo algumas cheias com impactos significativos, tendo em conta a dimensão da bacia e do enquadramento socioeconómico, salientando-se os episódios ocorridos a 9 de agosto de 1919, a 22 de novembro de 1931, a 14 de janeiro de 1979, a 25 de outubro de 1985, a 7 de outubro de 1995, a 10 de setembro de 1997, a 1 de



outubro de 1998, a 2 de fevereiro de 2004, a 17 de abril de 2007, a 28 de janeiro de 2008, a 22 de dezembro de 2012 e a 28 de fevereiro de 2013.

Neste trabalho foram, ainda, identificadas as habitações vulneráveis às cheias. Esta análise, efetuada num Sistema de Informação Geográfica, foi realizada na massa de água da Ribeira Grande, porque só nesta estão localizados aglomerados populacionais, sobretudo junto à costa, na medida que só faz sentido estudar a vulnerabilidade em áreas onde haja perigo para as populações e seus bens.

Por último, abordaram-se os dados dos caudais registados nas estações hidrométricas que estão localizadas na bacia hidrográfica da Ribeira Grande, quer para proceder a uma análise do regime hidrológico, quer para efeitos de comparação dos picos de caudal registado com as datas dos eventos históricos de cheia.

## **II. Estrutura da dissertação**

O presente trabalho estrutura-se em seis capítulos, incluindo as considerações finais. O primeiro capítulo incide sobre a caracterização do concelho da Ribeira Grande, ao nível físico, geoestrutural, hidrológico, socioeconómico.

No segundo capítulo, é efetuado o enquadramento da temática das cheias, nomeadamente, numa primeira fase, procedendo-se à descrição de aspetos básicos, como sejam a respetiva definição, os tipos, as causas, a duração, as consequências, as medidas de defesa e a gestão do risco destes eventos.

Neste capítulo é ainda realizado um enquadramento relativo à ocorrência de cheias no mundo, no continente europeu, em Portugal continental e no arquipélago da Madeira e, por último, na ilha de São Miguel.

O terceiro capítulo refere-se à caracterização dos eventos de cheia no concelho da Ribeira Grande, por intermédio da análise da imprensa escrita, como os jornais Açoriano Oriental, Correio dos Açores e Diário de Açores.

No quarto capítulo analisam-se as vulnerabilidades das habitações às cheias na massa de água da Ribeira Grande. Esta análise foi efetuada recorrendo a um Sistemas de Informação Geográfica.

Para o estudo das áreas em perigo de cheia, foi considerado a Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro de 2005. Onde se concluiu que a margem de uma linha de água se estende num comprimento de 10 metros. Assim definiu-se a seguinte escala de classificação: área de dentro dos vales – perigo muito elevado, área entre os vales e uma extensão de 10 metros – perigo elevado e área entre os 10 metros e os 20 metros – perigo moderado. Para definir estas áreas foi necessário delimitar os vales, as faixas de extensão dos 10 e 20 metros e por fim definir a classe de perigo de cada.

A vulnerabilidade das habitações foi encontrada através da interseção do edificado existente com as áreas de perigo calculadas anteriormente.

No quinto capítulo foram estudados os dados hidrométricos das estações que se encontram distribuídas ao longo da bacia hidrográfica da Ribeira Grande, com base na análise dos dados de caudais médios, máximos e mínimos, quer mensais, quer anuais. Por último, tentou-se relacionar os caudais máximos observados com os eventos de cheia referidos no capítulo três.

Por fim, a dissertação é complementada por um capítulo de considerações finais e pela listagem de referências bibliográficas.