

**Volume 4.**

**plano de gestão  
de recursos hídricos da ilha  
Graciosa**

---

| caracterização e diagnóstico da  
situação de referência





# Índice

<b>1   Introdução .....</b>	<b>15</b>
<b>2   Caracterização e Diagnóstico da Ilha Graciosa .....</b>	<b>16</b>
2.1   Caracterização territorial.....	16
2.1.1   Enquadramento geográfico e administrativo.....	16
2.1.2   Enquadramento jurisdicional e normativo.....	19
2.1.3   Caracterização do domínio hídrico .....	20
2.2   Caracterização climatológica .....	22
2.2.1   Aspetos gerais - O clima dos Açores.....	23
2.2.2   Os elementos do clima à escala local.....	25
2.2.2.1   Variáveis climáticas nas estações de referência .....	28
2.2.2.2   Balanço hídrico e classificação climática nas estações de referência.....	29
2.2.2.3   Regime da precipitação nas estações de referência .....	30
2.2.3   Distribuição espacial do clima .....	36
2.3   Caracterização geológica e geomorfológica .....	39
2.3.1   Geologia.....	39
2.3.1.1   Enquadramento geodinâmico.....	39
2.3.1.2   Atividade sísmica .....	41
2.3.1.3   Atividade vulcânica histórica .....	43
2.3.1.4   Caracterização geológica do arquipélago.....	44
2.3.1.5   Caracterização geoquímica do arquipélago.....	45
2.3.1.6   Caracterização geológica da ilha Graciosa .....	46
2.3.1.6.1   Modelado vulcânico e tectónica .....	46
2.3.1.6.2   Geologia .....	49
2.3.2   Geomorfologia.....	51
2.3.3   Tipos de solo.....	56
2.3.4   Hidrogeologia.....	59
2.3.4.1   Enquadramento regional.....	59
2.3.4.1.1   Caracterização hidrogeológica.....	59
2.3.4.1.2   Caracterização hidrogeoquímica.....	63
2.3.4.2   Hidrogeologia.....	65
2.3.5   Avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas .....	73
2.4   Caracterização hidrográfica e hidrológica .....	76
2.4.1   Rede hidrográfica .....	76
2.4.2   Balanço hídrico .....	78
2.4.3   Escoamento anual.....	81
2.4.4   Valores extremos de cheias e secas .....	83
2.4.4.1   Cheias .....	83
2.4.4.2   Secas.....	86
2.5   Caracterização socioeconómica .....	87
2.5.1   Indicadores demográficos .....	87
2.5.2   Características setoriais e territoriais das atividades económicas.....	94
2.5.2.1   Agropecuária.....	94
2.5.2.2   Pesca.....	98
2.5.2.3   Indústria transformadora .....	100
2.5.2.4   Turismo.....	100
2.5.2.5   Indústria extrativa.....	101
2.5.2.6   Energia .....	102
2.5.2.7   Contas regionais .....	104
2.6   Caracterização do uso do solo e ordenamento do território .....	108
2.6.1   Capacidade de uso do solo .....	108
2.6.2   Usos do solo .....	110
2.6.3   Sistema de gestão territorial.....	112
2.6.3.1   Enquadramento .....	112

2.6.3.2   Metodologia .....	115
2.6.3.3   Análise dos instrumentos de gestão territorial .....	115
2.6.3.3.1   Plano Regional de Ordenamento de Território dos Açores (PROTA) .....	115
2.6.3.3.2   Plano de Ordenamento Turístico da Região Autónoma dos Açores (POTRAA) .....	117
2.6.3.3.3   Plano Setorial da Rede Natura 2000 da Região Autónoma dos Açores (PSRN2000) .....	117
2.6.3.3.4   Plano de Ordenamento da Orla Costeira da Ilha Graciosa (POOC GRACIOSA) .....	119
2.6.3.3.5   Plano Diretor Municipal de Santa Cruz da Graciosa (PDM SANTA CRUZ) .....	120
2.6.3.4   Síntese conclusiva .....	120
<b>2.7   Caracterização dos usos e necessidades de água .....</b>	<b>121</b>
2.7.1   Consumos de água por tipologia de uso .....	122
2.7.2   Necessidades de água por tipologia de uso .....	125
2.7.3   Avaliação do balanço entre necessidades, disponibilidades e potencialidades .....	129
<b>2.8   Caracterização dos serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais .....</b>	<b>130</b>
2.8.1   Sistemas de abastecimento de água .....	130
2.8.1.1   Modelos de gestão .....	130
2.8.1.2   Atendimento do serviço .....	131
2.8.1.3   Origens de água e infraestruturas de captação .....	131
2.8.1.4   Infraestruturas de tratamento de água .....	132
2.8.1.5   Infraestruturas de transporte, elevação, armazenamento e distribuição de água .....	132
2.8.1.6   Inventário de outras infraestruturas hidráulicas .....	132
2.8.2   Sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais .....	132
2.8.2.1   Modelos de gestão .....	132
2.8.2.2   Atendimento do serviço .....	133
2.8.2.3   Infraestruturas de coleta, transporte, elevação e rejeição de águas residuais .....	133
2.8.2.4   Infraestruturas de tratamento de água residuais .....	134
2.8.2.5   Águas residuais produzidas por tipo .....	134
<b>2.9   Análise de perigos e riscos .....</b>	<b>141</b>
2.9.1   Alterações climáticas .....	141
2.9.1.1   A vulnerabilidade das ilhas face à alteração climática .....	141
2.9.1.2   A evolução do clima dos Açores .....	143
2.9.1.3   Cenários e projeções climáticas para os Açores .....	144
2.9.1.4   Elevação do nível médio do mar .....	145
2.9.2   Cheias .....	148
2.9.2.1   Mapeamento do risco de cheia natural por bacia hidrográfica .....	151
2.9.3   Secas .....	152
2.9.3.1   Definição do período de análise .....	155
2.9.3.2   Cálculo do índice SPI - Ilha .....	156
2.9.3.3   Cálculo do índice SPI - Postos .....	158
2.9.4   Erosão hídrica e transporte de material sólido .....	162
2.9.5   Erosão costeira e capacidade de recarga do litoral .....	163
2.9.6   Movimentos de massas .....	170
2.9.7   Sismos .....	174
2.9.8   Vulcões .....	176
2.9.9   Tsunamis .....	177
2.9.10   Infraestruturas .....	179
2.9.11   Poluição accidental .....	180
2.9.11.1   Poluição tóxica .....	180
2.9.11.2   Poluição difusa .....	181

### **3 | Caracterização das Massas de Água .....**

<b>3.1   Massas de água superficiais .....</b>	<b>183</b>
3.1.1   Tipos de massas de água .....	183
3.1.1.1   Delimitação das ecorregiões e dos tipos de massas de água .....	183
3.1.1.1.1   Ribeiras .....	184
3.1.1.1.2   Lagoas .....	187
3.1.1.1.3   Águas costeiras e de transição .....	189
3.1.1.1.4   Massas de água fortemente modificadas .....	192
3.1.1.1.5   Massas de água artificiais (AA) .....	192
3.1.1.2   Distribuição dos tipos .....	193
3.1.1.3   Identificação das condições de referência .....	193
3.1.1.3.1   Ribeiras .....	194
3.1.1.3.2   Lagoas .....	194
3.1.1.3.3   Águas costeiras e de transição .....	194

3.2   Massas de água subterrâneas.....	195
3.2.1   Delimitação das massas de água.....	195
3.2.2   Caracterização das massas de água.....	197
3.2.2.1   Características gerais dos estratos da área de drenagem.....	197
3.2.2.1.1   Massa de água Compósito.....	197
3.2.2.1.2   Massa de água Folga.....	197
3.2.2.1.3   Massa de água Cruz do Barro Branco.....	198
3.2.2.1.4   Massa de água Luz – Rebentão da Lagoa.....	198
3.2.2.1.5   Massa de água Serra Dormida.....	199
3.2.2.1.6   Massa de água Sequência Hidromagmática Superior.....	199
3.2.2.1.7   Massa de água Serra Branca.....	200
3.2.2.1.8   Massa de água Serra das Fontes.....	200
3.2.2.1.9   Massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe.....	200
3.2.2.2   Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis.....	201
3.2.2.3   Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos.....	206
3.2.2.4   Massas de água em risco.....	210
3.3   Zonas protegidas e áreas classificadas.....	212
3.3.1   Águas superficiais.....	212
3.3.1.1   Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano.....	212
3.3.1.2   Zonas designadas para a proteção de espécies aquáticas de interesse económico.....	212
3.3.1.2.1   Águas conquícolas (PRA).....	214
3.3.1.3   Massas de água designadas como águas de recreio.....	214
3.3.1.4   Zonas sensíveis em termos de nutrientes.....	215
3.3.1.5   Zonas que exigem proteção especial para a conservação dos habitats e das espécies diretamente dependentes da água.....	216
3.3.2   Águas subterrâneas.....	220
3.3.2.1   Zonas protegidas de interesse para as massas de água subterrâneas.....	220
3.3.2.3   Zonas de infiltração máxima.....	223
3.4   Pressões naturais e incidências antropogénicas significativas.....	223
3.4.1   Águas superficiais.....	223
3.4.1.1   Águas superficiais interiores.....	224
3.4.1.2   Águas costeiras e de transição.....	224
3.4.1.2.1   Forças motrizes.....	224
3.4.1.2.2   Pressões identificadas.....	229
3.4.1.2.3   Poluição tóxica.....	230
3.4.1.2.3.1   Efluentes urbanos – Pontos de descarga.....	231
3.4.1.2.3.2   Efluentes industriais.....	233
3.4.1.2.3.3   Instalações com Regime de Prevenção e Controlo Integrado de Poluição (PCIP).....	233
3.4.1.2.3.4   Resíduos.....	233
3.4.1.2.3.5   Indústria extrativa.....	234
3.4.1.2.3.6   Turismo.....	235
3.4.1.2.3.7   Substâncias perigosas.....	235
3.4.1.2.3.8   Transportes marítimos.....	236
3.4.1.2.4   Poluição difusa.....	238
3.4.1.2.4.1   Agricultura/Floresta e pecuária.....	238
3.4.1.2.4.2   Outras pressões (Escorrências de zonas urbanas, lixeiras a céu aberto, limpeza de fossas, operações associadas a atividades marítimas).....	241
3.4.1.2.5   Alteração morfológica.....	242
3.4.1.2.6   Pressão biológica.....	251
3.4.1.2.7   Avaliação das pressões nas águas costeiras e de transição.....	253
3.4.1.2.7.1   Identificação das pressões relevantes.....	254
3.4.1.2.7.2   Identificação das pressões significativas.....	261
3.4.1.2.8   Avaliação do risco das massas não alcançarem os objetivos.....	262
3.4.2   Águas subterrâneas.....	263
3.4.2.1   Poluição tóxica.....	263
3.4.2.1.1   Avaliação de potenciais impactes associados à poluição tóxica.....	269
3.4.2.2   Poluição difusa.....	273
3.4.2.2.1   Caracterização das cargas poluentes difusas.....	273
3.4.2.2.2   Avaliação de potenciais impactes associados à poluição difusa.....	274
3.4.2.3   Intrusão salina.....	276
3.4.2.4   Captações de água.....	278
<b>4   Redes de Monitorização.....</b>	<b>282</b>
4.1   Rede de monitorização do estado das massas de água.....	282

4.1.1   Águas superficiais .....	282
4.1.1.1   Rede de vigilância .....	283
4.1.1.1.1   Ribeiras .....	283
4.1.1.1.2   Lagoas .....	283
4.1.1.1.3   Afluentes de lagoas .....	284
4.1.1.1.4   Águas costeiras e de transição .....	284
4.1.1.2   Rede operacional .....	288
4.1.1.3   Rede de investigação .....	289
4.1.1.4   Avaliação da representatividade e adequabilidade das redes de monitorização .....	290
4.1.1.4.1   Rede de monitorização de ribeiras .....	290
4.1.1.4.2   Rede de monitorização de lagoas .....	290
4.1.1.4.3   Rede de monitorização de águas costeiras e de transição .....	290
4.1.1.5   Rede de monitorização de Zonas Protegidas .....	290
4.1.1.5.1   Zonas Balneares .....	290
4.1.2   Águas subterrâneas .....	291
4.1.2.1   Enquadramento legislativo comunitário .....	291
4.1.2.2   Enquadramento legislativo nacional .....	293
4.1.2.3   Monitorização do estado quantitativo das águas subterrâneas .....	295
4.1.2.4   Monitorização do estado qualitativo das águas subterrâneas .....	295
4.1.2.4.1   Historial e critérios de estabelecimento dos programas de monitorização .....	295
4.1.2.4.2   Localização dos pontos de água monitorizados .....	297
4.1.2.4.3   Parâmetros e frequência de monitorização .....	298
4.1.2.4.4   Avaliação da representatividade e adequabilidade dos programas de monitorização .....	302
4.1.2.4.4.1   Avaliação da representatividade dos programas de monitorização .....	302
4.1.2.4.4.2   Avaliação da adequabilidade dos programas de monitorização .....	303
4.1.2.5   Monitorização das zonas protegidas associadas às águas subterrâneas .....	304
4.1.2.5.1   Enquadramento .....	304
4.1.2.5.2   Caracterização das redes de monitorização .....	305

## 5 | Avaliação do Estado das Massas de Água .....307

5.1   Sistemas de classificação e avaliação do estado das massas de água .....	307
5.1.1   Águas superficiais .....	307
5.1.1.1   Metodologia geral .....	307
5.1.1.2   Estado ecológico .....	310
5.1.1.2.1   Ribeiras .....	310
5.1.1.2.2   Lagoas .....	310
5.1.1.2.3   Águas costeiras e de transição .....	310
5.1.1.2.3.1   Águas costeiras .....	311
5.1.1.2.3.2   Águas de transição .....	315
5.1.1.3   Estado químico .....	316
5.1.1.3.1   Ribeiras .....	316
5.1.1.3.2   Lagoas .....	316
5.1.1.3.3   Águas costeiras e de transição .....	316
5.1.1.4   Síntese .....	318
5.1.1.4.1   Ribeiras .....	318
5.1.1.4.2   Lagoas .....	318
5.1.1.4.3   Águas costeiras e de transição .....	318
5.1.1.4.3.1   Águas costeiras .....	318
5.1.1.4.3.2   Águas de transição .....	319
5.1.2   Águas subterrâneas .....	320
5.1.2.1   Metodologia geral .....	320
5.1.2.1.1   Estado quantitativo .....	320
5.1.2.1.2   Estado químico .....	322
5.1.2.2   Estado quantitativo .....	322
5.1.2.2.1   Critérios de estado quantitativo .....	323
5.1.2.2.2   Resultados da avaliação do estado quantitativo .....	328
5.1.2.3   Estado químico .....	331
5.1.2.3.1   Critérios de estado químico .....	332
5.1.2.3.2   Resultados da avaliação do estado químico .....	338
5.1.2.4   Síntese .....	349

## 6 | Análise Económica da Água .....351

6.1   Avaliação da importância socioeconómica das utilizações da água .....	351
6.1.1   Atividades agropecuárias .....	351
6.1.2   Atividades industriais .....	352

6.1.3   Usos domésticos .....	353
6.1.4   Procura global de água .....	353
6.2   Nível de recuperação custos .....	354
6.2.1   Enquadramento.....	354
6.2.2   Panorama da Região Autónoma dos Açores .....	357
6.2.3   Situação na ilha Graciosa.....	358
6.2.4   Perspetivas futuras.....	361
6.3   Aplicação do regime económico-financeiro .....	362
6.3.1   Enquadramento.....	362
6.3.2   Tipologia das estruturas tarifárias aplicadas .....	363
6.3.3   Acessibilidade económica das famílias aos serviços de águas.....	368
<b>7   Referências Bibliográficas .....</b>	<b>372</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>384</b>
Anexo 2.2.I   Informação climática disponível e considerações metodológicas.....	385
Anexo 2.3.I   Pontos de água subterrânea .....	391
Anexo 2.3.II   Características técnicas dos furos de captação.....	393

## Índice de Quadros

Quadro 2.2.1   Variáveis climáticas para a ilha Graciosa .....	28
Quadro 2.2.2   Balanço Hídrico Sequencial para a ilha Graciosa .....	29
Quadro 2.2.3   Precipitação Mensal (estações do Instituto de Meteorologia) .....	30
Quadro 2.2.4   Contributo (%) de cada mês para a precipitação anual de cada ilha .....	31
Quadro 2.2.5   Precipitação anual em Angra do Heroísmo (1874/2008) .....	33
Quadro 2.2.6   Valores da precipitação anual estimada para vários períodos de retorno (T) e valores médios e limites para anos secos e húmidos .....	35
Quadro 2.2.7   Possibilidade udométrica na ilha Graciosa – Santa Cruz da Graciosa (30m) .....	35
Quadro 2.3.1   Principais sismos históricos sentidos no arquipélago dos Açores .....	43
Quadro 2.3.2   Distribuição altimétrica da ilha Graciosa .....	52
Quadro 2.3.3   Distribuição dos declives da ilha Graciosa .....	54
Quadro 2.3.4   Síntese de caracterização da massa de água Compósito .....	66
Quadro 2.3.5   Síntese de caracterização da massa de água Folga.....	66
Quadro 2.3.6   Síntese de caracterização da massa de água Cruz do Barro Branco.....	66
Quadro 2.3.7   Síntese de caracterização da massa de água Luz – Rebentão da Lagoa .....	67
Quadro 2.3.8   Síntese de caracterização da massa de água Serra Dormida .....	67
Quadro 2.3.9   Síntese de caracterização da massa de água Sequência Hidromagmática Superior .....	67
Quadro 2.3.10   Síntese de caracterização da massa de água Serra Branca .....	68
Quadro 2.3.11   Síntese de caracterização da massa de água Serra das Fontes.....	68
Quadro 2.3.12   Síntese de caracterização da massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe.....	68
Quadro 2.3.13   Valores de parâmetros hidrodinâmicos estimados nas massas de água subterrâneas da ilha Graciosa (s.d. – sem dados).....	71
Quadro 2.3.14   Recursos hídricos subterrâneos e taxas de recarga máxima e mínima por ilha .....	74
Quadro 2.3.15   Recursos hídricos subterrâneos na ilha Graciosa .....	75
Quadro 2.4.1   Valores anuais das diferentes componentes do balanço hídrico para as bacias hidrográficas da ilha Graciosa .....	79
Quadro 2.4.2   Valores de densidade de drenagem e escoamento anual para as bacias hidrográficas da ilha Graciosa.....	82
Quadro 2.4.3   Parâmetros a e b para a ilha Graciosa e para os diferentes períodos de retorno considerados .....	85
Quadro 2.4.4   Valores de densidade de escoamento de ponta para os diferentes tempos de retorno, e para as principais bacias hidrográficas da ilha Graciosa .....	86
Quadro 2.4.5   Expressões regionalizadas para a estimativa dos caudais de ponta específicos de cheia para a ilha Graciosa .....	86
Quadro 2.5.1   Densidade Populacional .....	88
Quadro 2.5.2   Estimativas da População residente (N.º) e taxa de variação da população residente por grupo etário e género .....	88
Quadro 2.5.3   Turistas, ocupantes temporários e população flutuante .....	89
Quadro 2.5.4   Taxa de crescimento natural.....	91
Quadro 2.5.5   Taxa de crescimento migratório.....	91
Quadro 2.5.6   Taxa de crescimento efetivo .....	91

Quadro 2.5.7   Estabelecimentos de educação/ensino por município segundo o nível de ensino ministrado e a natureza institucional, 2008/2009 .....	92
Quadro 2.5.8   Número de Alunos matriculados segundo o nível de ensino ministrado e a natureza institucional do estabelecimento, 2008/2009 .....	92
Quadro 2.5.9   Número total de trabalhadores por atividades, segundo o setor de atividade (CAE-Rev.3), ano 2009 .....	93
Quadro 2.5.10   População ativa (n.º) por local de residência (à data dos Censos 2001) por grupo etário .....	94
Quadro 2.5.11   Explorações agrícolas .....	95
Quadro 2.5.12   Culturas permanentes .....	96
Quadro 2.5.13   Culturas temporárias .....	96
Quadro 2.5.14   Culturas Agrícolas .....	97
Quadro 2.5.15   Dimensão média das explorações, por região (1999-2005) .....	97
Quadro 2.5.16   Efetivo animal por espécie e explorações agrícolas com efetivo animal .....	98
Quadro 2.5.17   Volume de negócios, valor acrescentado bruto, número de empresas e pessoal ao serviço nas empresas do setor das pescas e aquicultura para o ano 2008 .....	100
Quadro 2.5.18   Volume de negócios, valor acrescentado bruto, número de empresas e pessoal ao serviço nas empresas das indústrias transformadoras para o ano 2008 .....	100
Quadro 2.5.19   Estabelecimentos hoteleiros (N.º) por localização geográfica, anual .....	101
Quadro 2.5.20   Dormidas (N.º) e Hóspedes nos estabelecimentos hoteleiros por localização geográfica, anual .....	101
Quadro 2.5.21   Volume de negócios, valor acrescentado bruto, número de empresas e pessoal ao serviço nas empresas de alojamento e restauração para o ano 2008 .....	101
Quadro 2.5.22   Consumidores de eletricidade (N.º) por tipo de consumo para a ilha Graciosa .....	103
Quadro 2.5.23   Vendas (incluindo consumos próprios) das empresas distribuidoras - ilha Graciosa .....	104
Quadro 2.5.24   Valor acrescentado Bruto (VAB) a preços de base por ramos de atividade e Produto Interno Bruto (PIB) a preços de mercado, em milhões de euros, base 2000 .....	105
Quadro 2.5.25   Taxa de emprego, taxa de atividade e taxa de desemprego (%) por local de residência à data dos Censos 2001 .....	106
Quadro 2.6.1   Classes de capacidade de uso do solo na ilha Graciosa .....	109
Quadro 2.6.2   Orientações estratégicas relevantes do PRA .....	114
Quadro 2.6.3   Síntese da análise dos Instrumentos de Gestão Territorial .....	120
Quadro 2.7.1   Consumo de água para o setor doméstico .....	122
Quadro 2.7.2   Consumo de água para o setor de comércio e serviços .....	122
Quadro 2.7.3   Consumo total de água para o setor urbano .....	123
Quadro 2.7.4   Consumo de água pública nas atividades agrícola e pecuária .....	123
Quadro 2.7.5   Consumo de água pública nas atividades industriais .....	124
Quadro 2.7.6   Consumo de água na produção de energia .....	124
Quadro 2.7.7   Consumo de água em unidades portuárias .....	125
Quadro 2.7.8   Consumo total de água por tipologia de uso para a ilha Graciosa .....	125
Quadro 2.7.9   Capitações de referência para o cálculo das necessidades hídricas para uso urbano .....	125
Quadro 2.7.10   Necessidades totais de água para uso urbano .....	126
Quadro 2.7.11   Capitações de referência para o cálculo das necessidades hídricas para uso turístico (hotalaria) .....	126
Quadro 2.7.12   Necessidades de água para uso turístico (hotalaria) .....	126
Quadro 2.7.13   Necessidades hídricas específicas por tipo de cabeça .....	127
Quadro 2.7.14   Necessidades de água para uso pecuário .....	127
Quadro 2.7.15   Necessidades de água para a indústria transformadora .....	127
Quadro 2.7.16   Necessidades de água para as atividades de indústria extrativa .....	128
Quadro 2.7.17   Consumo de água na produção de energia .....	128
Quadro 2.7.18   Necessidades de água em unidades portuárias e aeroportuárias .....	129
Quadro 2.7.19   Necessidades totais de água por tipo de uso para a ilha Graciosa .....	129
Quadro 2.7.20   Balanço hídrico para a ilha Graciosa .....	129
Quadro 2.8.1   Caracterização das captações de água existentes no concelho de Santa Cruz da Graciosa .....	131
Quadro 2.8.2   Caracterização de estações de tratamento de água e postos de cloragem existentes no concelho de Santa Cruz da Graciosa .....	132
Quadro 2.8.3   Caracterização das estações elevatórias e reservatórios existentes no concelho de Santa Cruz da Graciosa .....	132
Quadro 2.8.4   Caracterização das infraestruturas de coleta, transporte, elevação e rejeição de águas residuais no concelho de Santa Cruz da Graciosa .....	134
Quadro 2.8.5   Caracterização das infraestruturas de tratamento de águas residuais no concelho de Santa Cruz da Graciosa .....	134
Quadro 2.8.6   Estimativa de volume de águas residuais urbanas geradas por origem .....	134
Quadro 2.8.7   Capitações de carga orgânica gerada para o setor urbano .....	135
Quadro 2.8.8   Estimativa de CBO5 gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem .....	135
Quadro 2.8.9   Estimativa de CQO gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem .....	135
Quadro 2.8.10   Estimativa de SST gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem .....	136
Quadro 2.8.11   Estimativa de azoto gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem .....	136
Quadro 2.8.12   Estimativa de fósforo gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem .....	136
Quadro 2.8.13   Taxas de remoção de cargas orgânicas consideradas por nível de tratamento .....	137
Quadro 2.8.14   Estimativa do volume total de águas residuais urbanas encaminhadas por tipo de destino .....	137
Quadro 2.8.15   Estimativa de CBO5 removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio .....	137
Quadro 2.8.16   Estimativa de CQO removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio .....	138
Quadro 2.8.17   Estimativa de SST removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio .....	138
Quadro 2.8.18   Estimativa de azoto removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio .....	138

Quadro 2.8.19   Estimativa de fósforo removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio	138
Quadro 2.8.20   Taxas de exportação de nutrientes para o setor agrícola	139
Quadro 2.8.21   Estimativa das cargas orgânicas emitidas pela agricultura em 2009	139
Quadro 2.8.22   Coeficientes de emissão para o setor pecuário por tipo de cabeça	139
Quadro 2.8.23   Estimativa das cargas orgânicas emitidas para o meio pela pecuária	139
Quadro 2.8.24   Captações volumétricas e de carga das águas residuais emitidas para o meio para o setor industrial	140
Quadro 2.8.25   Estimativa das águas residuais emitidas pelas principais atividades industriais	140
Quadro 2.8.26   Estimativa das cargas orgânicas emitidas para o meio pelo setor industrial	140
Quadro 2.9.1   Classes de escoamento de ponta específico de acordo com o seu grau de risco para o fenómeno de cheia	149
Quadro 2.9.2   Classes de densidade de drenagem de acordo com o seu grau de risco para o fenómeno de cheia	150
Quadro 2.9.3   Classes de ocupação de solo de acordo com o seu grau de risco para o fenómeno de cheia natural	150
Quadro 2.9.4   Classes de ponderação do registo histórico de acordo com o seu grau de risco para o fenómeno de cheia	150
Quadro 2.9.5   Escala de reclassificação para o grau de risco de ocorrência de cheias	151
Quadro 2.9.6   Classificação do risco de ocorrência de cheia de acordo com os fatores considerados	151
Quadro 2.9.7   Escala de classificação do SPI de acordo com a intensidade de seca	154
Quadro 2.9.8   Estações meteorológicas / udométricas selecionadas – ilha Graciosa	154
Quadro 2.9.9   Estações meteorológicas / udométricas selecionadas – ilha Graciosa	155
Quadro 2.9.10   Precipitação mensal para a ilha Graciosa	155
Quadro 2.9.11   Características de altitude e área de influência (polígonos de Thiessen) das estações selecionadas	158
Quadro 2.9.12   Avaliação dos resultados do SPI por posto	161
Quadro 2.9.13   Classificação da suscetibilidade à erosão	162
Quadro 2.9.14   Registo da agitação marítima dos ondógrafos nos Açores	169
Quadro 2.9.15   Principais sismos sentidos na ilha Graciosa	175
Quadro 2.9.16   Fontes de poluição tóxica na ilha Graciosa	181
Quadro 2.9.17   Fontes de poluição difusa na ilha Graciosa	182
Quadro 3.1.1   Lista de fatores utilizados na definição da tipologia das ribeiras na Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores	184
Quadro 3.1.2   Tipo identificado para a categoria rios na Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores	187
Quadro 3.1.3   Lista de fatores utilizados na definição da tipologia de lagoas na Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores	187
Quadro 3.1.4   Lista de fatores propostos para a definição da tipologia das águas superficiais costeiras e de transição da RH9	190
Quadro 3.1.5   Lista de tipos propostos para a categoria “Água Costeira” nos Açores	191
Quadro 3.1.6   Tipo identificado para a categoria águas costeiras na ilha Graciosa	191
Quadro 3.1.7   Principais características das massas de água artificiais identificadas na Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores	193
Quadro 3.1.8   Distribuição dos tipos de massas de água e número de massas de água por tipo na ilha Graciosa	193
Quadro 3.2.1   Classes de potencial de recarga	206
Quadro 3.3.1   Águas balneares na ilha Graciosa (2010)	214
(*) Água balnear suspensa pela Portaria n.º 792/2010, de 15 de julho e pela Portaria n.º 9557/2010, de 24 de agosto	214
Quadro 3.3.2   Áreas que integram a Rede Natura 2000 na ilha Graciosa	218
Quadro 3.3.3   Áreas que integram o Parque Natural da Ilha Graciosa	219
Quadro 3.3.4   Caracterização das zonas protegidas relativas às massas de água subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano de acordo com os critérios estabelecidos na legislação	222
Quadro 3.3.5   Caracterização das áreas de proteção dos pontos de água captados para consumo humano, de acordo com o Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de setembro	223
Quadro 3.4.1   Lista de pressões consideradas	230
Quadro 3.4.2   Percentagem de atendimento em drenagem e tratamento de águas residuais	231
Quadro 3.4.3   Instalações de armazenagem de combustíveis	237
Quadro 3.4.4   Cargas de origem biológica na ilha Graciosa	240
Quadro 3.4.5   Volumes licenciados na RAA (m <sup>3</sup> /ano)	243
Quadro 3.4.6   Listagem de portos e portinhos da ilha Graciosa	247
Quadro 3.4.7   Quantidade de pesca na ilha Graciosa	252
Quadro 3.4.8   Determinação do nível de pressão pela carga de nutrientes, em águas costeiras e de transição, produzido pelas descargas de nutrientes. Modificado de Borja et al. 2005. S-Sensibilidade; P-Pressão	254
Quadro 3.4.9   Número máximo de amostras que poderão não ser conformes (DL 152/97 de 19 de julho, Decreto Legislativo Regional n.º 18/2009/A)	255
Quadro 3.4.10   Classificação de materiais de acordo com o grau de contaminação: metais (mg/kg), compostos orgânicos (µg/kg)	256
Quadro 3.4.11   Determinação do nível de pressão global gerado pelas pressões mais relevantes em águas costeiras e de transição	257
Quadro 3.4.12   Levantamento das pressões consideradas relevantes e sua quantificação	257
Quadro 3.4.13   Forças motrizes principais, atuando nas massas de água costeiras, e número de pressões identificadas, pressões por quilómetro quadrado da ilha e por quilómetro linear de linha de costa	259
Quadro 3.4.14   Quantificação das pressões relevantes para a ilha Graciosa	259
Quadro 3.4.15   Avaliação do nível de pressão, em termos de pressão relevante. Determinação da pressão global média. A – Ausente; B – Baixa; M – Moderado; E – Elevada; NS – Não Significativa; S – Significativa	261
Quadro 3.4.16   Avaliação do risco de os objetivos da DQA não serem alcançados, baseados no nível significativo de pressão e nos impactos determinado em cada massa de água, modificado de Borja et al., 2005. Não aparente, provável e verificado são níveis equivalentes de impactos pela aproximação pressão-impacto	262
Quadro 3.4.17   Distribuição das cargas poluentes por bacia hidrográfica de acordo com a origem	266
Quadro 3.4.18   Gama de valores atribuíveis aos parâmetros DRASTIC e respetiva ponderação	269
Quadro 3.4.19   Quadro comparativo do número total de pontos de água inventariados e do número de captações existentes nas massas de água delimitadas na ilha Graciosa	280

Quadro 3.4.20   Quadro comparativo do volume de recursos hídricos subterrâneos, da extração e descarga natural totais e da extração média nos pontos de água com caudal superior a 10m <sup>3</sup> /dia .....	281
Quadro 4.1.1   Ponto de monitorização para os elementos de qualidade biológica e físico-química das águas costeiras, ilha da Graciosa. ....	285
Quadro 4.1.2   Parâmetros avaliados no âmbito da monitorização dos elementos de qualidade biológica águas costeiras e de transição, ilha da Graciosa.....	285
Quadro 4.1.3   Parâmetros avaliados no âmbito da monitorização dos elementos de qualidade hidromorfológica águas costeiras e de transição, ilha da Graciosa .....	285
Quadro 4.1.4   Parâmetros avaliados no âmbito da monitorização dos elementos de qualidade físico-química e química de suporte aos elementos biológicos águas costeiras e de transição, ilha da Graciosa. ....	286
Quadro 4.1.5   Parâmetros avaliados no âmbito da monitorização dos elementos de qualidade físico-química e química de suporte aos elementos biológicos águas costeiras, ilha da Graciosa .....	286
Quadro 4.1.6   Periodicidade para o programa de monitorização adaptado de Neto <i>et al.</i> (2009a) .....	287
Quadro 4.1.2   Frequência da monitorização para os elementos de qualidade das águas superficiais.....	289
Quadro 4.1.7   Zonas balneares da ilha da Graciosa .....	291
Quadro 4.1.3   Caracterização dos programas de monitorização do estado químico das águas subterrâneas de acordo com a legislação em vigor (face à realidade geográfica da RH9 excluem-se as disposições relativas às massas de água transfronteiriças).....	294
Quadro 4.1.4   Composição das redes de monitorização antiga e atual para a observação do estado químico das massas de água subterrâneas na RH9.....	296
Quadro 4.1.5   Localização dos pontos de água subterrânea integrados na rede de monitorização do estado químico (Coordenadas UTM Datum WGS84, zona 26N).....	298
Quadro 4.1.6   Densidade das redes antiga e nova de monitorização do estado químico .....	298
Quadro 4.1.7   Parâmetros analisados, periodicidade e métodos analíticos respetivos (A – anual; S – semestral) associados à rede antiga de monitorização de vigilância do estado químico .....	299
Quadro 4.1.8   Parâmetros analisados, periodicidade e métodos analíticos respetivos (A – anual; S – semestral) associados à nova rede de monitorização de vigilância do estado químico .....	300
Quadro 4.1.9   Normas de qualidade aplicáveis definidas de acordo com o Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março.....	301
Quadro 4.1.10   Lista de poluentes inerentes à determinação do estado químico das massas de água subterrâneas de acordo com o Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro.....	301
Quadro 4.1.11   Cálculo do índice de representatividade para as redes antiga e nova de monitorização do estado químico das massas de água subterrâneas na ilha Graciosa.....	303
Quadro 4.1.12   Lista mínima de parâmetros a monitorizar de acordo com o Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março ((a) – incluído na listagem na medida que é o poluente responsável pelo facto da massa Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe se encontrar em risco de não atingir o Bom estado) .....	304
Quadro 4.1.13   Caracterização da rede de monitorização do quimismo das águas subterrâneas nas zonas de produção para consumo humano .....	306
Quadro 5.1.1   Elementos de qualidade biológica, hidromorfológica e elementos físico-químicos a considerar .....	310
Quadro 5.1.2   Classificação dos elementos biológicas para as massas de água costeiras da ilha Graciosa.....	312
Quadro 5.1.3   Resultados das análises efetuadas para elementos gerais .....	313
Quadro 5.1.4   Concentração de nutrientes dissolvidos nas massas de água costeiras .....	313
Quadro 5.1.5   Classificação dos físicos-químicos de suporte para as massas de água costeiras da ilha Graciosa .....	314
Quadro 5.1.6   Classificação dos hidromorfológicos de suporte para as massas de água costeiras da ilha Graciosa .....	314
Quadro 5.1.7   Classificação do estado ecológico por massas de água costeiras da ilha Graciosa.....	315
Quadro 5.1.8   Normas de Qualidade Ambiental para substâncias prioritárias (Parte A do Anexo III, Coluna C5 e C7 do Decreto-Lei n.º 103/2010 de 24 de setembro).....	316
Quadro 5.1.9   Normas de Qualidade Ambiental para outros poluentes (Parte B do Anexo III, Coluna C5 e C7 do Decreto-Lei n.º 103/2010 de 24 de setembro).....	317
Quadro 5.1.10   Classificação obtida na avaliação das Substâncias Prioritárias e Outros Poluentes.....	317
Quadro 5.1.11   Classificação final do estado para às massas de água costeiras da ilha Graciosa.....	319
Quadro 5.1.12   Resultados da aplicação do teste do balanço hídrico, em que o Bom estado implica que Ext <0,60 * RDisp (n.d. – não determinado; n.a. – não aplicável face à inexistência de massas de água de superfície associadas) .....	329
Quadro 5.1.13   Resultados da aplicação do teste do escoamento superficial .....	329
Quadro 5.1.14   Resultados da aplicação do teste dos ecossistemas terrestres dependentes .....	330
Quadro 5.1.15   Normas de qualidade aplicáveis definidas de acordo com o Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março.....	332
Quadro 5.1.16   Valores de mediana apurados para os parâmetros físico-químicos e concentrações em elementos maiores nas águas subterrâneas monitorizadas nas massas de água da ilha Graciosa .....	339
Quadro 5.1.17   Avaliação dos resultados da monitorização do estado químico (n.d. – não determinado; VC – valor crítico; VL – valor limiar (INAG, 2009)).....	345
Quadro 5.1.18   Resultados do teste da avaliação geral do estado químico (não aplicável) .....	346
Quadro 5.1.19   Resultados do teste das intrusões salinas ou outras .....	347
Quadro 5.1.20   Resultados do teste da transferência de poluentes .....	347
Quadro 5.1.21   Resultados do teste dos ecossistemas terrestres dependentes.....	348
Quadro 5.1.22   Resultados do teste relativo às zonas de proteção de água para consumo humano .....	348
Quadro 6.1.1   Necessidades anuais de água para a agropecuária .....	352
Quadro 6.1.2   Necessidades anuais de água para as atividades industriais <sup>2</sup> .....	352
Quadro 6.1.3   Necessidades anuais de água para os usos domésticos <sup>3</sup> .....	353
Quadro 6.1.4   Necessidades anuais globais brutas de água <sup>3</sup> .....	354
Quadro 6.2.1   Grau de recuperação dos custos com o serviço de abastecimento de água .....	357
Quadro 6.2.2   Grau de recuperação dos custos com o serviço de saneamento de águas residuais urbanas.....	357
Quadro 6.2.3   Serviços públicos de água – níveis de atendimento <sup>3</sup> .....	358

Quadro 6.2.4   Necessidades anuais de abastecimento através de redes públicas <sup>3</sup> .....	359
Quadro 6.2.5   Caudais anuais de efluentes drenados através de redes públicas <sup>3</sup> .....	359
Quadro 6.2.6   Análise do grau de recuperação de custos com os serviços públicos de águas na ilha Graciosa.....	360
Quadro 6.2.7   Necessidades de investimento futuras.....	361
Quadro 6.2.8   Projeção de receitas tarifárias necessárias <sup>4</sup> .....	361
Quadro 6.3.1   Peso da componente fixa nos encargos das famílias com os serviços de águas - 2009 <sup>11</sup> .....	364
Quadro 6.3.2   Encargo variável médio das famílias com os serviços de águas para diferentes níveis de consumo anual do serviço de abastecimento – 2009.....	365
Quadro 6.3.3   Encargos dos utilizadores domésticos e não domésticos com os serviços de águas – 2009.....	365
Quadro 6.3.4   Questões chave para análise da conformidade de um tarifário com a Recomendação Tarifária da ERSAR n.º 1/2009 – Serviço de abastecimento.....	366
Quadro 6.3.5   Questões chave para análise da conformidade de um tarifário com a Recomendação Tarifária da ERSAR n.º 1/2009 – Serviço de saneamento.....	367
Quadro 6.3.6   Capacidade económica das famílias – 2007 <sup>15</sup> .....	368
Quadro 6.3.7   Encargos das famílias com os serviços de águas – 2009.....	369
Quadro 6.3.8   Indicadores de acessibilidade económica – 2009.....	370
Quadro 6.3.9   Indicadores de acessibilidade económica – famílias de menores rendimentos – 2009.....	370

## Índices de Figuras

Figura 2.1.1   Enquadramento geográfico do Arquipélago dos Açores.....	16
Figura 2.1.2   Distribuição da superfície do Arquipélago dos Açores por ilha (%). .....	17
Figura 2.1.3   Divisão administrativa da ilha Graciosa.....	18
Figura 2.2.1   Balanço Hídrico Sequencial para a ilha Graciosa.....	30
Figura 2.2.2   Sazonalidade da precipitação.....	31
Fonte: Azevedo (2009).....	32
Figura 2.2.3   Precipitação anual em Angra do Heroísmo no período de 1874 a 2008.....	32
Figura 2.2.4   Distribuição da precipitação por classes de frequência precipitação em Angra do Heroísmo (1874/2008).....	33
Figura 2.2.5   Precipitação em Angra de Heroísmo 1874/2008 (número de anos por classes de frequência).....	33
Figura 2.2.6   Distribuição da precipitação em Angra de Heroísmo (1874/2008) por classes de frequência.....	34
Figura 2.2.7   Ajustamento estatístico da precipitação (1874/2008) às leis de GAMMA, GUMBEL e LogNORMAL.....	34
Figura 2.2.8   Correlação da precipitação média mensal na ilha Terceira com as restantes ilhas.....	34
Figura 2.2.9   Curvas de possibilidade udométrica na Graciosa – Santa Cruz da Graciosa (30m).....	36
Figura 2.2.10   Modelo CIELO – expressão espacial da precipitação na ilha Graciosa.....	37
Figura 2.2.11   Modelo CIELO – expressão espacial da temperatura na ilha Graciosa.....	38
Figura 2.2.12   Modelo CIELO – expressão espacial da humidade relativa na ilha Graciosa.....	39
Figura 2.3.1   Plataforma dos Açores.....	40
Figura 2.3.2   Principais estruturas tectónicas da região dos Açores. Legenda: CMA - Crista Média Atlântica; ZFEA - Zona de Fratura Este dos Açores; FG - Falha Gloria; RT - Rift da Terceira.....	40
Figura 2.3.3   Carta epicentral dos eventos registados no arquipélago dos Açores entre 1980 e junho de 2006.....	42
Figura 2.3.4   Localização dos principais sismos históricos na região dos Açores (dados de Silveira, 2002, Silva, 2005).....	42
Figura 2.3.5   Atividade vulcânica histórica no arquipélago dos Açores.....	44
Figura 2.3.6   Modelo digital de terreno da ilha Graciosa, com indicação das quatro unidades geomorfológicas da ilha: 1 - Plataforma NW, 2 - Serra das Fontes, 3 - Maciço Centro-meridional, 4 - Maciço da Caldeira.....	48
Figura 2.3.7   Esboço vulcano-tectónico da ilha Graciosa.....	49
Figura 2.3.8   Carta geológica da ilha Graciosa.....	50
Figura 2.3.9   Carta hipsométrica da ilha Graciosa.....	52
Figura 2.3.10   Histograma hipsométrico da ilha Graciosa.....	53
Figura 2.3.11   Carta de declives da ilha Graciosa.....	53
Figura 2.3.12   Carta de exposições da ilha Graciosa.....	54
Figura 2.3.13   Carta das unidades geomorfológicas da ilha Graciosa.....	55
Figura 2.3.14   Carta dos principais tipos de solos da ilha Graciosa.....	59
Figura 2.3.15   Densidade associada à distribuição de pontos de água por ilha.....	60
Figura 2.3.16   Diagrama de caixas (box plot) relativo aos valores de caudal específico na RH9.....	61
Figura 2.3.17   Histograma relativo à distribuição de valores de caudal específico na RH9.....	62
Figura 2.3.18   Histograma relativo à distribuição de valores de transmissividade na RH9.....	62
Figura 2.3.19   Diagrama de caixas (box plot) relativo aos valores de transmissividade na RH9.....	62
Figura 2.3.20   Diagrama de Piper relativo à composição química da água captada em nascentes na RH9.....	64
Figura 2.3.21   Diagrama de Piper relativo à composição química da água captada em furos na RH9.....	65
Figura 2.3.22   Delimitação das massas de água na ilha Graciosa.....	69
Figura 2.3.23   Distribuição de pontos de água na ilha Graciosa.....	70
Figura 2.3.24   Histograma relativo à distribuição de valores de caudal específico na ilha Graciosa.....	70
Figura 2.3.25   Histograma relativo à distribuição de valores de transmissividade na ilha Graciosa.....	71
Figura 2.3.26   Diagramas de Piper e de Schoeller relativos à composição química da água captada nas nascentes e furos na ilha Graciosa.....	73

Figura 2.3.27   Distribuição das disponibilidades hídricas subterrâneas e do volume efetivamente considerado como explorável nas massas de água da ilha Graciosa.....	75
Figura 2.4.1   Carta hidrográfica da ilha Graciosa.....	77
Figura 2.4.2   Carta da densidade de drenagem da ilha Graciosa.....	78
Figura 2.5.1   Estimativas da População residente (N.º) por concelho.....	87
Figura 2.5.2   Taxa de Natalidade.....	89
Figura 2.5.3   Taxa de Mortalidade.....	90
Figura 2.5.4   Índice de envelhecimento.....	90
Figura 2.5.5   Trabalhadores por conta de outrem nos estabelecimentos por município, segundo o setor de atividade (CAE-Rev.3) e o sexo, 2008.....	93
Figura 2.5.6   Total de Pesca descarregada nos portos da ilha Graciosa (toneladas).....	99
Figura 2.5.7   Valor de Pesca descarregada nos portos da ilha Graciosa (milhões de €).....	99
Figura 2.5.8   Materiais geológicos explorados e n.º de explorações identificadas.....	102
Figura 2.5.9   Produção de energia elétrica (kwh), por ano.....	103
Figura 2.5.10   PIB – RAA.....	106
Figura 2.5.11   PIB Regional – Taxa de variação anual.....	106
Figura 2.5.12   Taxa média de emprego, série 1998 (%) para a RAA, anual.....	107
Figura 2.5.13   Taxa média de desemprego, série 1998 (%) para a RAA, anual.....	107
Figura 2.5.14   Taxa média de atividade, série 1998 (%) para a RAA, anual.....	108
Figura 2.6.1   Carta de capacidade de uso do solo da ilha Graciosa.....	109
Figura 2.6.2   Ocupação do solo no Arquipélago dos Açores (%).....	111
Figura 2.6.3   Carta de ocupação do solo da ilha Graciosa.....	111
Figura 2.6.4   Ocupação do solo na ilha Graciosa (km <sup>2</sup> ).....	112
Figura 2.6.5   Planos Especiais de Ordenamento do Território em vigor na RAA.....	113
Figura 2.6.6   Planos Municipais de Ordenamento do Território em vigor na RAA.....	114
Figura 2.8.1   Representação gráfica do sistema de abastecimento de água da ilha Graciosa.....	131
Figura 2.8.2   Territorialização dos sistemas, infraestruturas e equipamentos de saneamento de águas residuais da ilha Graciosa.....	133
Figura 2.9.1   Séries temporais de T <sub>min</sub> , T <sub>max</sub> – Angra do Heroísmo/Terceira.....	143
Figura 2.9.2   Precipitação sazonal – Angra do Heroísmo (Terceira).....	144
Figura 2.9.3   Elevação do nível médio do mar na ilha Graciosa.....	146
Figura 2.9.4   Elevação do nível do mar na zona da Praia na ilha Graciosa.....	147
Figura 2.9.5   Elevação do nível do mar na zona em Santa Cruz da Graciosa.....	147
Figura 2.9.6   Classificação das bacias hidrográficas da ilha Graciosa de acordo com o seu risco de cheia.....	151
Figura 2.9.7   Exemplo do processo de cálculo do índice SPI.....	153
Figura 2.9.8   Resultados do índice SPI para a escala temporal a 3 meses para a ilha Graciosa (período de outubro de 1979 a setembro de 1995).....	156
Figura 2.9.9   Resultados do índice SPI para a escala temporal a 6 meses para a ilha Graciosa (período de outubro de 1979 a setembro de 1995).....	156
Figura 2.9.10   Resultados do índice SPI para a escala temporal a 12 meses para a ilha Graciosa (período de outubro de 1979 a setembro de 1995).....	157
Figura 2.9.11   Avaliação do índice SPI – 3 meses, Posto Barro Branco.....	158
Figura 2.9.12   Avaliação do índice SPI – 3 meses, Posto Carapacho.....	159
Figura 2.9.13   Avaliação do índice SPI – 3 meses, Posto Vitória.....	159
Figura 2.9.14   Avaliação do índice SPI – 6 meses, Posto Barro Branco.....	159
Figura 2.9.15   Avaliação do índice SPI – 6 meses, Posto Carapacho.....	160
Figura 2.9.16   Avaliação do índice SPI – 6 meses, Posto Vitória.....	160
Figura 2.9.17   Avaliação do índice SPI – 12 meses, Posto Barro Branco.....	160
Figura 2.9.18   Avaliação do índice SPI – 12 meses, Posto Carapacho.....	161
Figura 2.9.19   Avaliação do índice SPI – 12 meses, Posto Vitória.....	161
Figura 2.9.20   Mapa de vulnerabilidade à erosão hídrica da Graciosa.....	163
Figura 2.9.21   Vista de um setor da costa com arribas alcantiladas entre (1) a Baía da Folga e (2) Porto Afonso (Pacheco <i>et al.</i> , 2006).....	164
Figura 2.9.22   Vista de um setor da costa com declives mais suaves entre a Baía da Folga (1) e Porto Afonso (2). Atente-se no aspeto frível dos produtos (depósitos vulcanoclásticos indiferenciados e depósitos piroclásticos de fluxo) que constituem a arriba (Pacheco <i>et al.</i> , 2006).....	165
Figura 2.9.23   Mapa tipológico da faixa costeira da ilha Graciosa (Borges, 2003).....	166
Figura 2.9.24   Carta de suscetibilidade a movimentos de vertente da ilha Graciosa (Pacheco <i>et al.</i> , 2006).....	167
Figura 2.9.25   Mapa de declives da ilha Graciosa e localização das nascentes e furos para abastecimento público.....	173
Figura 2.9.26   Presença de blocos rochosos de grandes dimensões, que poderão afetar os reservatórios e nascentes da Serra das Fontes. As setas indicam a presença de blocos rochosos a montante de reservatórios e de uma nascente.....	174
Figura 2.9.27   Carta epicentral dos eventos registados entre 1997 e 2009.....	175
Figura 2.9.28   Carta de intensidades máximas históricas (EMS-1998) para a ilha Graciosa.....	176
Figura 2.9.29   Carta de suscetibilidade a <i>tsunamis</i> – Carta produzida a partir da altimetria do IGEOE, na escala 1:25 000. O <i>run-up</i> máximo de cada classe considerada corresponde à cota máxima da área inundada.....	179
Figura 3.1.1   Análise de ordenação por nMDS das comunidades de diatomáceas bentónicas de todas ribeiras integrantes da rede de monitorização da Região Hidrográfica Açores, com sobreposição do fator altitude (ver códigos do locais de amostragem no Quadro 4.1.1).....	186
Figura 3.1.2   Análise de ordenação por nMDS das comunidades de diatomáceas bentónicas das ribeiras consideradas de referência na Região Hidrográfica Açores, com sobreposição do fator altitude (ver códigos do locais de amostragem no Quadro 4.1.1).....	186
Figura 3.1.3   Massas de água costeiras designadas e delimitadas para a ilha Graciosa.....	191

Figura 3.2.1   Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Compósito no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).	201
Figura 3.2.2   Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Luz – Rebentão da Lagoa no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).	202
Figura 3.2.3   Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).	202
Figura 3.2.4   Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Sequencia Hidromagnética Superior no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).	203
Figura 3.2.5   Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Serra das Fontes no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).	203
Figura 3.2.6   Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Serra Dormida no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).	204
Figura 3.2.7   Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Folga no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).	204
Figura 3.2.8   Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Serra Branca no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).	205
Figura 3.2.9   Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Complexo do Barro Branco no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).	205
Figura 3.2.10   Análise espacial utilizada no cruzamento dos mapas temáticos.	208
Figura 3.2.11   Delimitação das áreas potenciais de recarga na ilha Graciosa.	209
Figura 3.2.12   Ocupação do solo nas áreas correspondentes às classes de recarga elevada a muito elevada.	210
Figura 3.3.1   Reservas Integrais da Apanha de Lapas na ilha Graciosa.	213
Figura 3.3.2   Rede Natura 2000 na ilha Graciosa.	217
Figura 3.3.3   Parque Natural da Ilha Graciosa.	219
Figura 3.3.4   Massas de água subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano de acordo com os critérios estabelecidos na legislação. No cartograma representa-se igualmente as áreas de proteção alargada das nascentes captadas e furos para uso humano.	222
Figura 3.4.1   Efetivo populacional por bacia hidrográfica na ilha Graciosa.	225
Figura 3.4.2   Número de habitantes por bacia hidrográfica na ilha Graciosa.	226
Figura 3.4.3   Efetivo bovino por bacia hidrográfica na ilha Graciosa.	227
Figura 3.4.4   Número de animais por bacia hidrográfica na ilha Graciosa.	228
Figura 3.4.5   Análise espacial população vs infraestruturas de drenagem e de tratamento de águas residuais.	232
Figura 3.4.6   Localização das explorações de inertes cadastradas e áreas de drenagem licenciadas.	234
Figura 3.4.7   Cargas poluentes geradas pela atividade pecuária, por ilha na RAA.	239
Figura 3.4.8   Cargas de origem biológica para a ilha Graciosa – Azoto total.	240
Figura 3.4.9   Contribuição de cargas de origem biológica por bacia hidrográfica para a ilha Graciosa – Azoto total.	241
Figura 3.4.10   Localização das obras de defesa costeira e portuária que contribuem para a artificialização da zona costeira.	244
Figura 3.4.11   Localização das infraestruturas portuárias.	247
Figura 3.4.12   Representação gráfica da carga poluente de azoto total na ilha Graciosa.	265
Figura 3.4.13   Representação gráfica da carga poluente de fósforo total na ilha Graciosa.	266
Figura 3.4.14   Distribuição da carga poluente de azoto de acordo com a origem.	267
Figura 3.4.15   Distribuição da carga poluente de fósforo de acordo com a origem.	268
Figura 3.4.16   Representação cartográfica da vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas.	271
Figura 3.4.17   Representação cartográfica do risco de poluição tóxica doméstica.	272
Figura 3.4.18   Localização dos locais de destino final de RSU em função da vulnerabilidade à poluição das massas de água subterrâneas.	273
Figura 3.4.19   Representação cartográfica do risco de poluição difusa associada à atividade pecuária.	275
Figura 3.4.20   Representação cartográfica do risco de poluição difusa associada às atividades agrícola e florestal.	276
Figura 3.4.21   Distribuição de furos de captação nos aquíferos basais de acordo com a concentração em cloreto.	278
Figura 3.4.22   Distribuição das captações de água subterrânea com um volume de extração superior a 10m <sup>3</sup> /dia.	280
Figura 3.4.23   Gráfico comparativo do volume médio extraído nos pontos de água com caudal superior a 10m <sup>3</sup> /dia, face à descarga natural total, às extrações totais efetuadas e aos recursos hídricos subterrâneos globais.	281
Figura 4.1.1   Evolução faseada da rede de monitorização do estado químico das águas subterrâneas na RH9.	296
Figura 4.1.2   Representação cartográfica das redes antiga e nova de monitorização do estado químico.	297
Figura 5.1.1   Verificação do estado ecológico das massas de água superficiais.	308
Figura 5.1.2   Verificação do estado químico das massas de água superficiais.	309
Figura 5.1.3   Esquema conceptual do sistema de classificação no âmbito da Diretiva-Quadro da Água/Lei da Água.	309
Figura 5.1.4   Classificação do estado ecológico das massas de água costeiras da ilha Graciosa.	315
Figura 5.1.5   Classificação do estado químico das massas de água costeiras da ilha Graciosa.	318
Figura 5.1.6   Classificação do estado das massas de água costeiras da ilha Graciosa.	319
Figura 5.1.7   Testes relativos à determinação dos estados quantitativo e químico das massas de água subterrâneas.	321
Figura 5.1.8   Teste de determinação do estado quantitativo das massas de água subterrâneas com base no balanço hídrico.	326
Figura 5.1.9   Teste de determinação do estado quantitativo com base no escoamento de superfície.	327
Figura 5.1.10   Teste de determinação do estado quantitativo das massas de água subterrâneas com base nos ecossistemas terrestres dependentes.	328
Figura 5.1.11   Classificação do estado quantitativo das massas de água subterrâneas na ilha Graciosa.	330
Figura 5.1.12   Teste de avaliação geral do estado químico.	334
Figura 5.1.13   Teste de determinação do estado químico com base na existência de intrusão salina ou outra.	335
Figura 5.1.14   Teste de determinação do estado químico com base na transferência de poluentes.	336
Figura 5.1.15   Teste de determinação do estado quantitativo com base nos ecossistemas terrestres dependentes.	337

Figura 5.1.16   Teste de determinação do estado químico das massas de água subterrâneas com base nas zonas de proteção de água para consumo humano. ....	338
Figura 5.1.17   Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos). ....	340
Figura 5.1.18   Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Serra das Fontes. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos). ....	340
Figura 5.1.19   Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Serra Dormida. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos). ....	341
Figura 5.1.20   Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos). ....	341
Figura 5.1.21   Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Serra das Fontes. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos). ....	342
Figura 5.1.22   Diagrama de Schoeller relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Serra Dormida. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos). ....	342
Figura 5.1.23   Classificação do estado químico das massas de água subterrâneas na ilha Graciosa. ....	349
Figura 5.1.24   Síntese do estado das massas de água subterrâneas da ilha Graciosa. ....	350
Figura 6.1.1   Necessidades anuais globais brutas de água por setor -2006. ....	354
Figura 6.2.1   Perspetiva sobre o grau de recuperação de custos dos serviços públicos de águas na ilha Graciosa. ....	362
Figura 6.3.1   Encargos dos utilizadores domésticos com serviços de águas (abastecimento e saneamento) – consumo mensal de 10m <sup>3</sup> (2009) - Níveis tarifários aplicados em Portugal por município. ....	362

# 1 | Introdução

O presente volume apresenta a caracterização da situação de referência e diagnóstico da ilha Graciosa, constante do PGRHI Graciosa, no que respeita à caracterização e diagnóstico da ilha, caracterização das massas de água, das redes de monitorização, da avaliação do estado das massas de água e a análise económica da água (esta fase foi desenvolvida tendo como ano de referência o ano de 2009 e em alguns casos 2010).

## 2 | Caracterização e Diagnóstico da Ilha Graciosa

### 2.1 | Caracterização territorial

#### 2.1.1 | Enquadramento geográfico e administrativo

O Arquipélago dos Açores localiza-se no Oceano Atlântico Norte (Figura 2.1.1), ocupando uma faixa de transição, com características climáticas subtropicais, definida pelas seguintes coordenadas geográficas (pontos extremos): entre 39° 43' 23" (Ponta Norte – ilha do Corvo) e 36° 55' 43" (Ponta do Castelo – ilha de Santa Maria) de Latitude Norte; entre 24° 46' 15" (Ilhéus das Formigas – ilha de Santa Maria) e 31° 16' 24" (Ilhéu de Monchique – ilha das Flores) de Longitude Oeste (SREA, 2008).

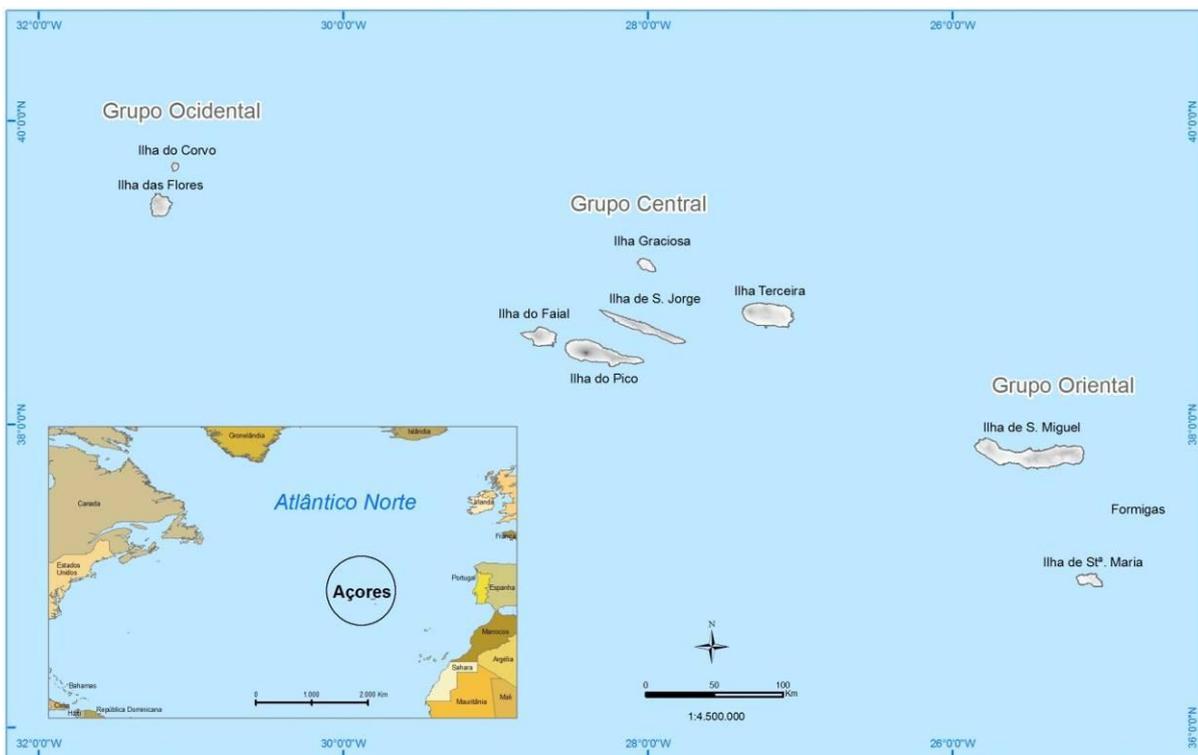


Figura 2.1.1 | Enquadramento geográfico do Arquipélago dos Açores.

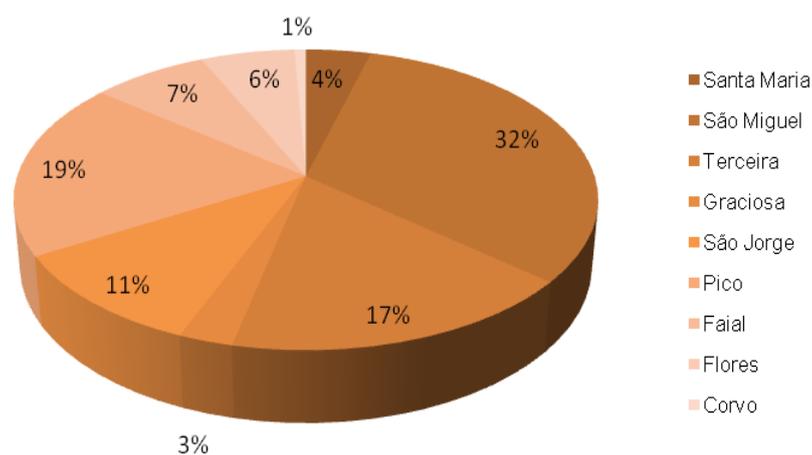
As ilhas dos Açores encontram-se alinhadas segundo um eixo com a orientação geral WNW-ESE, facto concordante com a disposição das principais fraturas que marcam a geodinâmica desta zona. A insularidade e o isolamento do arquipélago, considerados fatores determinantes da biogeografia regional, são confirmados pelas distâncias às costas continentais mais próximas: cerca de 1 400km de Portugal Continental e perto de 3 900km da América do Norte. A separação máxima entre as ilhas atinge 600km, aproximadamente, distância que vai do Corvo a Santa Maria. A disposição longitudinal das ilhas determina que a Subzona Económica Exclusiva (ZEE) dos Açores ocupe 953 633km<sup>2</sup>, correspondendo a 55% e a 16% da ZEE de Portugal e da União Europeia (UE), respetivamente.

Apesar do afastamento entre os Açores e a Madeira (900km), Canárias (1 150km) e Cabo Verde (2 200km) e da aparente falta de relação entre o vulcanismo destas ilhas, estes arquipélagos constituem a região da Macaronésia. Por condicionamentos biogeográficos, possui um valioso património natural, correspondente a 19% dos tipos de habitats listados no Anexo I e a 28% das plantas do Anexo II da Diretiva Habitats. Refira-se que a DQA contempla, para efeitos de aplicação do Sistema A de Classificação das Ecorregiões (rios e lagos), a “Região Ibérico-Macaronésica”.

No contexto do espaço europeu, os Açores são reconhecidos como uma região ultraperiférica, conjuntamente com outros territórios insulares (Madeira, Canárias, Guadalupe, Martinica e Reunião) e dos enclaves das Guianas. As condicionantes físicas destas regiões prendem-se com o isolamento geográfico, distância ao continente europeu, fragmentação territorial e escassez de recursos. O princípio da ultraperiféricidade, enquanto contingência do desenvolvimento económico e social, encontra-se consagrado no artigo n.º 299.2 do Tratado de Amesterdão.

Quanto ao enquadramento nacional, os Açores constituem uma Região Autónoma da República Portuguesa, criada pela Lei n.º 39/80, de 22 de agosto. O estatuto político-administrativo foi contudo consagrado na Constituição da República de 1976. São órgãos de governo próprio a Assembleia Legislativa Regional e o Governo Regional. Na atual orgânica do X Governo Regional dos Açores, o departamento com competências ao nível do planeamento e gestão dos recursos hídricos é a SRAM, designadamente a DRA, a qual integra a Administração Hidrográfica dos Açores (AHA).

A superfície do Arquipélago dos Açores é de 2 322km<sup>2</sup>, representando 2,6% do território nacional (88 967km<sup>2</sup>). Contudo, as nove ilhas exibem uma acentuada desigualdade territorial, variando entre 744,6km<sup>2</sup> (São Miguel) e 17,1km<sup>2</sup> (Corvo), a maior e a mais pequena parcela, respetivamente. Cinco delas apresentam dimensões intermédias: Pico (444,8km<sup>2</sup>), Terceira (400,3km<sup>2</sup>), São Jorge (243,7km<sup>2</sup>), Faial (173,1km<sup>2</sup>) e Flores (141,0km<sup>2</sup>). As ilhas de Santa Maria (96,9km<sup>2</sup>) e da Graciosa (60,7km<sup>2</sup>) possuem menor representatividade territorial. As três maiores, São Miguel, Terceira e Pico, correspondem a quase 70% da superfície regional (Figura 2.1.2).



Fonte: SREA, Anuário Estatístico da RAA (2008)

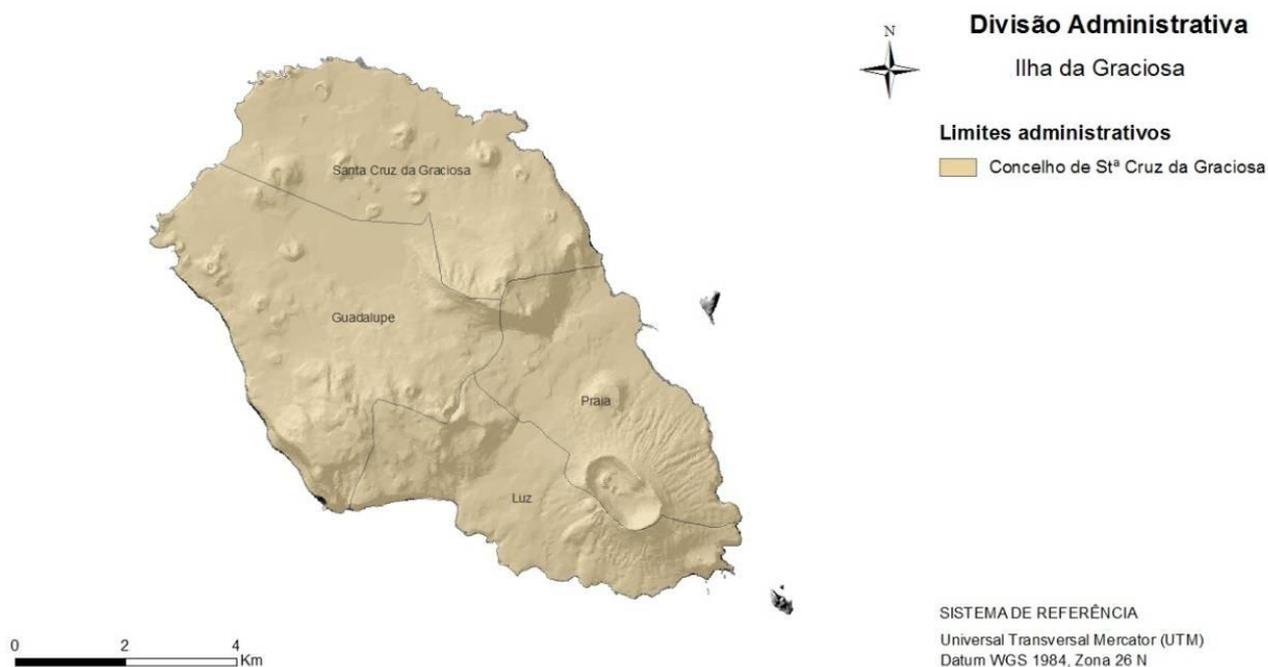
**Figura 2.1.2 |** Distribuição da superfície do Arquipélago dos Açores por ilha (%).

As ilhas encontram-se agrupadas atendendo à proximidade geográfica: Grupo Ocidental (Corvo e Flores); Grupo Central (Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico e Faial); Grupo Oriental (São Miguel e Santa Maria). O Grupo Central distancia-se cerca de 150km e de 240km dos Grupos Oriental e Ocidental, respetivamente.

No que concerne à divisão administrativa, os Açores são constituídos por 19 concelhos e 156 freguesias. Como pólos de desenvolvimento económico e social salienta-se a importância das 5 cidades açorianas: Ponta Delgada e Ribeira Grande em São Miguel, Angra do Heroísmo e Praia da Vitória na Terceira e Horta no Faial.

A Graciosa é a mais setentrional das ilhas do Grupo Central do Arquipélago dos Açores, estando posicionada, aproximadamente, a 20 milhas de São Jorge (N) e a 30 milhas da ilha Terceira (NW). Localiza-se entre 39° 05' 50" (a Norte da povoação Achada) e 39° 00' 31" (a Sul do Carapacho) de Latitude Norte e entre 27° 56' 53" (Ponta da Engrade) e 28° 04' 21" (a Sul do Porto Afonso) de Longitude Oeste (Instituto Geográfico Português (IGP), 2008). Com uma superfície de 60,7km<sup>2</sup>, a ilha Graciosa ocupa a oitava posição em termos de dimensão, representando cerca de 2,6% do território regional.

Relativamente à organização administrativa de âmbito local (Figura 2.1.3), a ilha Graciosa tem um único concelho, o município de Santa Cruz, subdividido em 4 freguesias: Guadalupe, Luz, Praia (São Mateus) e Santa Cruz da Graciosa. Os serviços, as atividades económicas, os equipamentos e as principais infraestruturas encontram-se concentradas na sede de concelho, com exceção do porto comercial, situado na Vila da Praia. Todos os restantes núcleos populacionais revelam traços de grande ruralidade, pois a economia da ilha está profundamente ligada à atividade agropecuária.



Fonte: IGP, Carta Administrativa Oficial de Portugal (2008)

Figura 2.1.3 | Divisão administrativa da ilha Graciosa.

Em 2011, a população residente na ilha Graciosa era de 4 391 habitantes, existindo 1 658 famílias (INE, 2011). A densidade populacional situava-se nos 72hab/km<sup>2</sup> algo inferior à verificada na RAA (106hab/km<sup>2</sup>). A evolução demográfica nesta ilha revela uma ligeira tendência de crescimento populacional, tendo-se verificado uma taxa de variação de -8,1%, de acordo com os dados dos períodos Censitários 2001-2011.

## 2.1.2 | Enquadramento jurisdicional e normativo

A Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro DQA transposta para direito nacional através da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água)<sup>1</sup> e complementada pelo Decreto-Lei n.º 77/2006 de 30 de março, que estabelece o quadro de ação comunitária no domínio da política da água. Este conjunto normativo associado à orgânica da SRAM, DRA, às quais estão cometidas atribuições centradas na proteção e na valorização dos componentes ambientais das águas na respetiva área territorial de jurisdição.

Nos termos estatuidos na alínea vv) do artigo 4.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, que aprova a Lei da Água, entende-se por Região Hidrográfica, “a área de terra e de mar constituída por uma ou mais bacias hidrográficas contíguas e pelas águas subterrâneas e costeiras que lhes estão associadas, constituindo-se como a principal unidade para a gestão das bacias hidrográficas”, ou seja, a região hidrográfica é a unidade principal de planeamento e gestão das águas, tendo por base a bacia hidrográfica, conforme refere o n.º 2 do artigo 3.º da Lei da Água.

O artigo 6.º da Lei da Água consagra as várias regiões hidrográficas existentes no espaço nacional, nomeadamente a RH9 (que compreende todas as bacias hidrográficas do arquipélago).

De acordo com a norma consagrada no n.º 2 do artigo 9.º da Lei da Água, a RH9 definirá as estruturas institucionais que assegurarão a sua administração e de acordo com os atos legislativos previstos no artigo 101.º.

A alínea a) do n.º 6 do artigo 9.º da lei anteriormente citada refere que compete à Administrações das Regiões Hidrográficas (ARH), através do seus órgãos, “elaborar e executar os planos de gestão de bacias hidrográficas”, com o conteúdo previsto no artigo 29.º daquela Lei da Água.

A nível regional, no quadro programático do Plano Regional da Água da RAA, concretizado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 19/2003-A, de 23 de abril, determinou-se a reforma do modelo institucional de planeamento e gestão da água com o objetivo de o adequar aos novos desafios colocados pela implementação do Plano.

O Decreto Regulamentar Regional n.º 23/2011/A, de 21 de novembro incumbe à Administração Hidrográfica dos Açores as competências da ARH da RH9.

Neste sentido, o PGRHI Graciosa constitui uma iniciativa da SRAM, no âmbito do modelo regional de implementação da DQA, transposta para o domínio nacional através da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água), que submete para a elaboração de planos de gestão de recursos hídricos e requer a análise e implementação de um conjunto de medidas e ações que permitam atingir os objetivos ambientais conducentes à garantia do Bom estado das massas de água, bem como o desenvolvimento de um modelo de análise económica das utilizações deste recurso.

Esta análise será suportada pela consulta de documentos de referência relativos à gestão sustentável e valorização dos recursos hídricos a nível regional, nacional e comunitário, bem como no Guia Metodológico Preliminar para a Elaboração de Planos de Gestão de Recursos Hídricos. De salientar que o referido guia metodológico foi elaborado no âmbito do Projeto AQUAMAC II – Técnicas e Métodos para a Gestão Sustentável da Água na Macaronésia (2ª fase), sob responsabilidade da SRAM, direcionado para as atividades preconizadas no designado objetivo 6 do AQUAMAC II

---

<sup>1</sup> Retificada pela Declaração de Retificação n.º 11-A/2006, de 23 de fevereiro.

– Desenvolvimento da monitorização e investigação das massas de água com vista ao cumprimento da DQA na Macaronésia. Detecção de especificidades e troca de experiências.

Refira-se que estas componentes devem ser estabelecidas e articuladas num processo integrado de elaboração dos PGRHI para as restantes ilhas e de integração no PGRH dos Açores, garantindo dessa forma a coerência estratégica e a exequibilidade física e financeira das suas ações, bem como a sua consistência no quadro dos objetivos e metas estabelecidas no primeiro ciclo de planeamento de recursos hídricos a nível regional (corporizado pelo PRA).

Preconiza-se posteriormente a articulação do PGRH Graciosa com o Plano de Gestão de Recursos Hídricos dos Açores (PGRH–Açores), dando resposta ao desiderato da DQA<sup>2</sup> que obriga a que os Estados-Membros publiquem os seus planos de gestão de recursos hídricos por Região Hidrográfica.

### 2.1.3 | Caracterização do domínio hídrico

A recolha de informação sobre o Domínio Hídrico foi efetuada, essencialmente através da análise dos instrumentos de gestão territorial relevantes, nomeadamente, os Planos Diretores Municipais (PDM) e os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC). A SRAM foi igualmente consultada, sobre esta matéria. Da mesma forma foi também analisada a legislação pertinente, nomeadamente a Lei n.º 54/2005 de 15 de novembro, a Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro, a Portaria n.º 931/2010 de 20 de setembro, e a Portaria n.º 61/2012 de 31 de maio de 2012 (referente à delimitação de perímetros de proteção de diversas captações da RAA).

A Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (Lei da Água) e o Decreto-Lei n.º 353/2007, de 26 de outubro conferem ao Instituto da Água (INAG) I.P., funções de coordenação no procedimento de delimitação do domínio público hídrico, competindo-lhe ainda elaborar a proposta de constituição da comissão de delimitação. Contudo, o Decreto Legislativo Regional n.º 18/2010/A adapta à RAA o regime a que fica sujeito o procedimento de delimitação do domínio público hídrico, aprovado pelo Decreto-Lei supra citado estabelecendo que:

- As referências feitas ao Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR) e as competências atribuídas ao respetivo membro do Governo consideram-se reportadas ao departamento da administração regional autónoma com competência em matéria de recursos hídricos e são exercidas pelo respetivo membro do Governo Regional;
- As referências feitas e as competências atribuídas ao INAG, I. P., consideram-se reportadas e são exercidas pelo serviço da administração regional autónoma competente em matéria de recursos hídricos.

O domínio público hídrico encontra-se definido no artigo 2.º da Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro, que estabelece a titularidade dos recursos hídricos. O domínio público hídrico, como constante na referida Lei, compreende “o domínio público marítimo, o domínio público lacustre e fluvial e o domínio público das restantes águas” podendo “pertencer ao Estado, às Regiões Autónomas e aos municípios e freguesias.”

De acordo com o disposto no artigo 5.º da mesma Lei, o domínio público hídrico lacustre e fluvial compreende:

<sup>2</sup> Nos termos do Artigo 13.º, n.º 6, Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, Diretiva 2000/60/CE que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água, Comissão Europeia, Jornal Oficial das Comunidades Europeias L327, Luxemburgo, 22 de outubro de 2000.

- *Cursos de água navegáveis ou fluviáveis, com os respetivos leitos, e ainda as margens pertencentes a entes públicos;*
- *“Lagos e lagoas navegáveis ou fluviáveis, com os respetivos leitos, e ainda as margens pertencentes a entes públicos;*
- *Cursos de água não navegáveis nem fluviáveis, com os respetivos leitos e margens, desde que localizados em terrenos públicos, ou os que por lei sejam reconhecidos como aproveitáveis para fins de utilidade pública, como a produção de energia elétrica, irrigação, ou canalização de água para consumo público;*
- *Canais e valas navegáveis ou fluviáveis, ou abertos por entes públicos, e as respetivas águas;*
- *Albufeiras criadas para fins de utilidade pública, nomeadamente produção de energia elétrica ou irrigação, com os respetivos leitos;*
- *Lagos e lagoas não navegáveis ou fluviáveis, com os respetivos leitos e margens, formados pela natureza em terrenos públicos;*
- *Lagos e lagoas circundados por diferentes prédios particulares ou existentes dentro de um prédio particular, quando tais lagos e lagoas sejam alimentados por corrente pública;*
- *Cursos de água não navegáveis nem fluviáveis nascidos em prédios privados, logo que transponham abandonados os limites dos terrenos ou prédios onde nasceram ou para onde foram conduzidos pelo seu dono, se no final forem lançar-se no mar ou em outras águas públicas.”*

No mesmo diploma legal definem-se ainda os conceitos de leito e de margem, nos artigos 10.º e 11.º, respetivamente:

- Leito é “o terreno coberto pelas águas quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades. No leito compreendem-se os mouchões, lodeiros e areias nele formados por deposição aluvial”. O leito é limitado pela “linha que corresponde à estrema dos terrenos que as águas cobrem em condições de cheias médias, sem transbordar para o solo natural, habitualmente enxuto. Essa linha é definida, conforme os casos, pela aresta ou crista superior do talude marginal ou pelo alinhamento da aresta ou crista do talude molhado das motas, cômoros, valados, tapadas ou muros marginais”;
- Margem é “uma faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas”. A largura da margem varia consoante a navegabilidade e fluviabilidade das águas por ela contidas. Em águas navegáveis ou fluviáveis a largura da margem é de 30 m, enquanto nas águas não navegáveis nem fluviáveis é de 10 m. Exemplos de águas não navegáveis são torrentes, barrancos e córregos de caudal descontínuo. Acresce que largura das margens das águas do mar é de 50 m.

A competência para “a delimitação dos leitos e margens dominiais confinantes com terrenos de outra natureza”, definida no art. 17.º da Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro, “*compete ao Estado, que a ela procede oficiosamente, quando necessário, ou a requerimento dos interessados*”. O processo de delimitação cabe às comissões de delimitação, culminando com a publicação em Diário da República após homologação por Resolução do Conselho de Ministros. O

disposto no referido artigo foi posteriormente regulamentado com a publicação do Decreto-Lei n.º 353/2007, de 26 de outubro, que define a delimitação do domínio público hídrico como “o procedimento administrativo pelo qual é fixada a linha que define a estrema dos leitos e margens do domínio público hídrico confinantes com terrenos de outra natureza” e estabelece o regime a que fica sujeito o referido procedimento.

De acordo com o artigo 20.º da Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro, compete ao Estado “organizar e manter atualizado o registo das águas do domínio público, procedendo às classificações necessárias para o efeito, nomeadamente da navegabilidade e flutuabilidade dos cursos de água, lagos e lagoas, as quais devem ser publicadas no Diário da República”.

A Portaria n.º 931/2010 de 20 de setembro define os elementos necessários à instrução dos processos de delimitação do domínio público hídrico por iniciativa dos proprietários, públicos ou privados, de terrenos nas áreas confinantes com o domínio público hídrico. É ainda estabelecida a taxa devida pela apreciação dos procedimentos de delimitação do domínio público hídrico por iniciativa dos particulares.

A indefinição das noções de leito e de margem do domínio público hídrico poderá ainda dificultar a aplicação da legislação relativa aos regimes de utilização (Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio) e do regime económico e financeiro (REF) (Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho) dos recursos hídricos.

Na ilha Graciosa o desrespeito pelo domínio hídrico público está relacionado com problemas ambientais, tais como lixeiras a céu aberto na linha de costa que constituem um perigo para a saúde pública, problemas relacionados com a edificação normalmente de iniciativa privada de qualidade técnica duvidosa. Estas situações, apesar de serem pontuais podem gerar situações de conflito. Verificam-se ainda atividades de exploração de inertes que representam um impacto significativo no litoral, (SRAM, 2006).

Apesar da existência de instrumentos legislativos com propostas metodológicas para a definição e proteção do Domínio Hídrico, a autoridade com competência para o efeito ainda não procedeu à sua delimitação e inventariação, sendo a sua aplicação e a informação disponível sobre esta temática muito limitada.

Na tentativa de evitar situações irreversíveis de deterioração da qualidade das águas subterrâneas e proibição de construção e ocupação em áreas de risco elevado (ex. habitações localizadas em leito de cheia dos cursos de água), é fundamental adotar medidas, que passam pelo levantamento do atual estado das áreas do Domínio Hídrico, e contribuam para a aplicação e implementação eficaz dos mecanismos legais existentes.

## 2.2 | Caracterização climatológica

A presente caracterização é feita com recurso à interpretação temporal e espacial das variáveis precipitação, temperatura, humidade, vento, insolação, radiação global e evapotranspiração das diferentes ilhas, a partir das quais se procede ao respetivo balanço hídrico, bem como à respetiva interpretação e classificação climática de acordo com os métodos de Köppen e Thornthwaite.

No presente documento, atendendo às razões que adiante se mencionam, opta-se por uma abordagem hidrológica baseada em duas metodologias, uma, de natureza estatística, baseada nos dados disponíveis nas estações

meteorológicas existentes nas diferentes ilhas (situadas a baixa altitude), a partir das quais se estimam alguns parâmetros hidrológicos relevantes para a caracterização de “anos secos” “anos normais” e “anos húmidos” para aquelas localizações, uma outra, baseada em técnicas de modelação numérica, que permitem a generalização das condições correspondentes a “anos normais” à totalidade do território.

Esta opção assenta na baixa representatividade espacial dos dados disponíveis (Anexo 2.2.1) face às características específicas dos territórios em apreciação, pelo que a avaliação das diferentes componentes em análise é feita com recurso a modelos especialmente desenvolvidos pela Universidade dos Açores para ambientes insulares de orografia complexa, os quais foram validados no âmbito de diferentes trabalhos já publicados<sup>3</sup>, nos quais se apresentam alguns dos argumentos conceptuais e de validação.

A distribuição dos elementos climáticos para cada uma das ilhas é gerada em formato numérico ascii em ambiente fortran®, cujas matrizes são suscetíveis de análise hidrológica no mesmo ambiente, ou, em alternativa, importadas para formato “raster” no contexto de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

### 2.2.1 | Aspetos gerais - O clima dos Açores

O clima do Arquipélago dos Açores é essencialmente ditado pela localização geográfica das ilhas no contexto da circulação global atmosférica e oceânica e pela influência da massa aquática da qual emergem.

De uma forma muito geral o seu clima pode ser caracterizado pela sua amenidade térmica, pelos elevados índices de humidade do ar, por taxas de insolação pouco elevadas, por chuvas regulares e abundantes e por um regime de ventos vigorosos que rondam o arquipélago acompanhando o evoluir dos padrões de circulação atmosférica à escala da bacia do Atlântico Norte.

O clima das ilhas apresenta, no entanto, uma sazonalidade medianamente marcada que se reflete nos diferentes elementos do seu clima. As quatro estações do ano, típicas dos climas temperados, são reconhecíveis. Os invernos, podendo ser chuvosos, não se manifestam excessivamente rigorosos. A ocorrência de neve, sendo esporádica, só ocorre nas zonas altas. A precipitação ocorre durante todo o ano, mesmo nos meses de estio, embora nestes com muito menor expressão. A precipitação de origem frontal é significativamente reforçada pela precipitação de origem orográfica no interior de cada ilha. Os verões são amenos e significativamente mais ensolarados do que o resto do ano. São raros,

<sup>3a</sup> AZEVEDO, E.B.; PEREIRA, L. S.; ITIER, B. (1999) – “MODELING THE LOCAL CLIMATE IN ISLAND ENVIRONMENTS: WATER BALANCE APPLICATIONS” – AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT 40 (1999) 393-403.

\* AZEVEDO, E.B.; PEREIRA, L. S.; ITIER, B. (1999) – “SIMULATION OF LOCAL CLIMATE IN ISLANDS ENVIRONMENTS USING A GIS INTEGRATED MODE” – Emerging Technologies for Sustainable Land Use and Water Management. – Musy et al. (Eds.), P. 24. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne, Switzerland.

\* MIRANDA, P.M.; A., M.A. VALENTE, A.R. TOMÉ, R. TRIGO, M. F. COELHO, A. AGUIAR, E. B. AZEVEDO (2006): “O CLIMA DE PORTUGAL NOS SÉCULOS XX E XXI”, F. D. Santos e P. Miranda (editores) Alterações Climáticas em Portugal - Cenários Impactos e Medidas de Adaptação - Projeto SIAM\_II, Gradiva, Lisboa, 2006.

\* SANTOS, F.D.; VALENTE M.A.; MIRANDA P.M.A.; AGUIAR A., AZEVEDO, E.B.; TOMÉ A.; COELHO F.E. (2004): “CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN THE AZORES AND MADEIRA ISLANDS”, World Resource Review, 16, No 3, 473-491.

\* AZEVEDO, J. M. M., WALLENSTEIN, N., PORTEIRO, J. M., AZEVEDO, E. B. E SILVA, R. (2004) - ASSOREAMENTO DE LAGOS VULCÂNICOS: O CASO PARTICULAR DAS LAGOAS DO CALDEIRÃO, ILHA DO CORVO, AÇORES. Anais da 8ª Conferência Nacional de Ambiente. Univ. Nova de Lisboa, 31 de outubro.

\* Miranda, P.M.; Valente, M.V.; Tomé, A.; Azevedo, E.B.; Trigo, R.; Aguiar, R.; – (2006) - “Cenários Climáticos Futuros” – in CLIMAT\_II, Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos, FEDER-INTERREG\_IIIB, Açores Madeira e Canárias – D. Santos e R. Aguiar (editores) – Direção Regional do Ambiente da Madeira, pgs.24-33.

\* Azevedo, e. b.; Pereira, l. s.; Itier, b. (1998) – Modeling the Local Climate in Islands Environments. Orographic Clouds Cover – In: R.S.Schmenauer & Bridman (Eds.). First International Conference on Fog and Fog Collection. IDRC, Ottawa, Canada. Pp 433-436.

no entanto, os dias de céu completamente limpo. Os períodos tempestuosos, sendo mais frequentes de inverno podem, no entanto, ocorrer em fins de verão e no outono por efeito de esporádicas tempestades tropicais em evolução próximo do arquipélago. Violentas tempestades quer de origem tropical quer provocadas por células depressionárias provenientes das latitudes mais setentrionais do Atlântico Norte Ocidental são responsáveis por numerosos episódios de precipitação, ora intensa ora persistente, com os consequentes impactes nos regimes de drenagem (na sua maioria de carácter torrencial), bem como no que diz respeito à erosão e aos fenómenos de deslizamento de massa decorrentes da saturação e alteração da agregação dos solos, da alteração da estabilidade de vertentes e taludes, e do derrube e transporte de grandes quantidades de massa vegetal.

Em termos gerais, muito embora se verifique uma variação das condições climáticas de um extremo ao outro arquipélago e se observe uma variação espacial significativa dentro de cada ilha, o seu clima no litoral pode ser classificado genericamente de *mesotérmico húmido com características oceânicas*.

De acordo com a classificação de Köppen o clima dos Açores está abrangido pela categoria dos climas *temperados quentes* (grupo C), caracterizados por apresentarem verão e inverno e a temperatura média do mês mais frio ser inferior a 18°C mas superior a -3°C. A distribuição espacial das ilhas conduz, no entanto, a que o seu clima possa ser classificado (de Leste para Oeste) de transição entre os subgrupos C<sub>s</sub> e C<sub>f</sub>, respetivamente, transitando de *clima chuvoso temperado com verão seco* a *clima chuvoso temperado, húmido em todas as estações*. Ainda de acordo com o mesmo sistema, a amenidade do clima das ilhas pode ser enfatizada pela conjugação da letra *b* a estes dois códigos passando ambos, C<sub>sb</sub> e C<sub>fb</sub>, a significar que a temperatura média do mês mais quente não ultrapassa em média os 22°C. As características oceânicas acentuam-se de Oriente para Ocidente, revelando-se as ilhas das Flores e Corvo as que apresentam características mais oceânicas.” (Azevedo, 2001<sup>4</sup>).

Localizado em plena bacia do Atlântico Norte, a norte da influência predominante dos ventos Alísios e em pleno cinturão subtropical de células de altas pressões, o arquipélago dos Açores situa-se numa zona de transição e de confrontação de massas de ar de proveniência tropical e massas de ar mais frio de origem polar. Suficientemente afastado das costas continentais, as massas de ar de proveniência continental que o atingem à superfície revelam-se descaracterizadas e com forte incremento de propriedades associadas ao seu percurso marítimo. Em altitude, as massas de ar superior, de trajeto mais direto e de proveniência mais remota, continental e mesmo transcontinental, podem, em algumas circunstâncias, fazer sentir diretamente o seu efeito à superfície, sobretudo nas zonas mais altas das ilhas, situação geralmente traduzida por circunstâncias anormais de *secura* do ar. Não menos raramente, o ar em circulação na atmosfera livre transporta até ao arquipélago suspensões sólidas, nomeadamente, cinzas vulcânicas ou areias finas do deserto do Saara as quais afetam esporadicamente o clima radiativo e a qualidade do ar.

A dinâmica do clima do arquipélago é determinada pelo evoluir do campo de pressão atmosférica sobre o Atlântico Norte. Às cristas e talvegues barométricos associados ao regime geral de circulação condicionada pela massa do Continente Americano e pela massa aquática atlântica, sobrepõem-se os anticlones semipermanentes atlânticos subtropicais dos quais se destaca a configuração recorrente anticiclónica do Atlântico Norte, genericamente designada por Anticiclone dos Açores. A norte destes sistemas prevalece uma circulação de Oeste e a zona de transição para o ar

---

<sup>4</sup>Neste capítulo é seguido de perto parte do texto original de Azevedo (2001) “Açoreana”, Boletim da Sociedade Afonso de Chaves (VOL. IX; FASC.III; Dez 2001).

polar, zona de significativo gradiente barométrico e térmico, designada por Frente Polar. Ao longo desta evoluem os meandros depressionários intercalados por cristas anticiclónicas que, em deslocação para Leste, são responsáveis, em larga medida, pelo ritmo sincopado do estado do tempo no arquipélago sobretudo nos meses de inverno.

Ocupando uma posição central na bacia do Atlântico Norte, as ilhas dos Açores são assediadas por regimes de circulação do ar provenientes de vários quadrantes de acordo com o seu posicionamento relativo à evolução do campo da pressão ao longo do tempo. No inverno, a tendência de posicionamento do Anticiclone dos Açores, mais para sul, acompanhando o deslocamento da célula de Hadley no sentido da Zona Intertropical de Convergência (ZITC), permite uma descida da Frente Polar aproximando-se esta do arquipélago. Nos meses de verão, pelo contrário, a deslocação do Anticiclone mais para norte, condicionado pela migração latitudinal da ZITC, conduz ao afastamento da frente Polar e das perturbações que lhe estão associadas para latitudes mais elevadas.

Com caráter de maior raridade, sobretudo nos fins de verão e no outono, malgrado a posição setentrional que o arquipélago ocupa, pode este ser afetado pela passagem de ciclones tropicais, ou de tempestades tropicais derivadas destes, umas vezes resultantes de intrusões oportunistas destes sistemas provenientes das baixas latitudes, outras, em circulação de retorno, de volta ao atlântico, após um percurso próximo ou mesmo sobre o Continente Americano. Destes sistemas, muitas vezes já em vias de dissipação, resultam muitas das piores tempestades a que o arquipélago se vê sujeito.

A relação do arquipélago com o subsistema climático oceânico é determinante para a configuração do respetivo clima. A sua importância manifesta-se a vários níveis dos processos climáticos, nomeadamente, os energéticos, os dinâmicos e os termodinâmicos.

Manifestando os seus efeitos de uma forma integrada, o papel do oceano é determinante quer nos processos de ciclogénese, quer pela fonte de vapor de água à atmosfera que constitui, quer pela sua ação termorreguladora resultante das importantes trocas energéticas à sua superfície, nomeadamente, em calor sensível e calor latente. A importante reserva de energia que representa conduz a que, à latitude dos Açores, durante a maior parte do ano (8 a 9 meses) o oceano ceda energia à atmosfera.

Neste contexto, a corrente quente do Golfo, embora com trajeto zonal principal a latitudes mais elevadas - mas cujos meandros derivativos atingem a proximidade ou mesmo a latitude dos Açores - assume importância relevante. A sua influência faz-se sentir por efeito da fonte de energia e vapor de água que constitui, bem como pela barreira que oferece à incursão de águas mais frias de proveniência mais setentrional. Devido a ela o arquipélago revela condições de amenidade singulares, nomeadamente, no que respeita à temperatura, em comparação com outras localidades costeiras à mesma latitude.

## 2.2.2 | Os elementos do clima à escala local

### A insolação e a radiação solar

A quantidade de energia proveniente da radiação solar calculada (metodologia sugerida em Allen et al. 1994)<sup>5</sup> para uma superfície horizontal no topo da atmosfera à latitude média dos Açores (38°N) é da ordem dos 42MJ por m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> por

---

<sup>5</sup> Allen, R. G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998) – *Crop Evaporation. Guidelines for computing crop water requirements* – FAO 56 – Roma.

altura do solstício de verão, decrescendo para 15MJ por m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> por altura do solstício de inverno. No entanto, dadas as circunstâncias de atenuação da radiação ao longo do seu trajeto pela atmosfera, nomeadamente, devido à nebulosidade típica destes territórios, estes valores são significativamente diferentes dos observados à superfície das ilhas. Por altura do verão aqueles valores ficam reduzidos, em média, a 20MJ por m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> enquanto que no inverno não ultrapassam os 6MJ por metro quadrado e por dia.

Ao se situar numa zona atlântica de confrontação de massas de ar com características distintas, o arquipélago está grande parte do tempo sujeito a nebulosidade de origem frontal. Por outro lado, pelo facto de se apresentarem como obstáculos à progressão de massas de ar húmido que, por efeito da orografia, é obrigado a contornar o relevo em altitude, as ilhas, sobretudo as mais compactas, estão grande parte do tempo sob a influência de nebulosidade de origem orográfica. Destas circunstâncias resulta que o arquipélago apresente um índice de insolação baixo, da ordem dos 35% em média anual, quando comparado com o total de horas de insolação possíveis. Este facto traduz-se em, aproximadamente, 1600 horas de sol descoberto por ano. A insolação é significativamente superior junto ao litoral quando comparada com a observada em altitude. A insolação é, também, tal como seria de esperar, maior nos meses de verão, com predominância para os meses de julho e agosto. Tende, por outro lado, a ser superior nas ilhas mais baixas, nomeadamente, em Sta. Maria, Graciosa e Faial. Pese embora o facto de, na generalidade do tempo, as ilhas estarem sob a influência de nebulosidade orográfica, acontece porém que, algumas vezes, o topo das ilhas mais altas está acima do manto de nuvens. Esta situação conduz localmente a elevados valores de intensidade da radiação solar.

### **A pressão atmosférica**

A localização geográfica do arquipélago no contexto do campo de pressão à escala da bacia do Atlântico Norte conduz a que a pressão atmosférica nos Açores seja, por norma, superior à média planetária.

Os valores da pressão atmosférica quando reduzida ao nível do mar variam pouco de um extremo ao outro do arquipélago apresentando-se ligeiramente mais elevados nas ilhas do grupo Oriental quando comparados com os valores observados nas ilhas mais Ocidentais. Os valores médios mensais mais baixos, próximos dos 1 018hPa, ocorrem em todas as ilhas no período de inverno com predominância para o mês de fevereiro. Os valores mais altos da pressão atmosférica ocorrem em julho e rondam os 1 024hPa.

No interior das ilhas a pressão atmosférica decresce condicionada pela variação da altitude e de acordo com a evolução das características das massas de ar que sobre elas circulam. Adotando a variação da pressão de acordo com o modelo da atmosfera padrão, verifica-se uma diminuição da pressão, aos 1 000 metros de altitude de cerca de 110hPa, quando comparada com a observada ao nível do mar. No cimo da montanha do Pico (2 351m de altitude) a diminuição, nas mesmas circunstâncias de comparação, será próxima dos 250hPa.

A passagem dos diferentes sistemas atmosféricos conduz a variações significativas da pressão; de uma forma brusca à passagem das frentes, decrescendo à proximidade das depressões extratropicais ou aumentando aquando da predominância do Anticiclone dos Açores.

### **A temperatura do ar**

Junto ao litoral a temperatura média anual em todo o arquipélago ronda os 17,5°C. Nas mesmas circunstâncias de localização os valores médios mensais são sempre superiores a 10°C.

A temperatura varia regularmente ao longo do ano, sendo, em média, máxima em agosto e próxima dos 22,0°C. As temperaturas médias mensais mais baixas ocorrem em fevereiro situando-se próximas dos 14,5°C. Em altitude, a temperatura decresce de forma regular, à razão de 0,9°C por cada 100 metros (gradiente adiabático seco) até ser atingida a temperatura do ponto de orvalho a uma altitude que se situa, em média, próxima dos 400 metros. A partir daí, dada a cedência de energia à atmosfera pelo processo de condensação, a temperatura decresce de uma forma menos brusca, à razão média de 0,6°C por cada 100 metros (aproximação ao gradiente adiabático húmido). Por sua vez, a amplitude média anual da variação diurna é baixa, próxima dos 5°C, tendo tendência a ser superior na costa norte das ilhas.

### **A humidade relativa do ar**

A humidade relativa do ar dos Açores caracteriza-se por ser elevada ao longo de todo o ano apresentando valores médios mensais próximos dos 80%.

São raros os dias em que se observam valores abaixo dos 50% (3 a 4 dias por ano junto ao litoral) e são mais de 60 os dias do ano em que a humidade relativa atinge, no litoral, valores superiores a 90%.

Os valores da humidade relativa variam ao longo do dia acompanhando de forma inversa a evolução diária da temperatura do ar. De manhã a humidade relativa do ar situa-se, em média, próximo dos 80%, decresce ligeiramente até aos 77% por meados da tarde subindo para os 87% durante a noite.

Dada a predominante origem tropical das massas de ar que assolam as ilhas por sul, bem como aos fenómenos de condensação e deposição de água nas zonas mais altas, a humidade do ar tende a ser inferior na costa norte quando comparada com a observada nas costas viradas a sul. Quando a circulação atmosférica provém de norte o ar apresenta-se, por norma, significativamente mais seco.

Situações sinópticas particulares podem originar oscilações anormais nos valores da humidade relativa. Em altitude a humidade relativa do ar tende a aumentar, acompanhando de forma inversa a evolução negativa da temperatura, enquanto que, ao mesmo tempo, a humidade absoluta diminui. No interior das ilhas, sensivelmente a partir dos 400 metros de altitude, é atingido com frequência o ponto de saturação. Podem, no entanto, em condições particulares de circulação atmosférica, as zonas de maior altitude das ilhas mais altas ficarem sujeitas a ar de extrema secura em circulação na atmosfera livre, acima da camada turbulenta, com taxas de humidade que chegam a baixar a valores próximos dos 10%.

### **A precipitação**

Os Açores encontram-se localizados numa zona do Atlântico a que corresponde uma precipitação média anual ao nível do mar que varia entre os 700 e os 900mm. No entanto, o impulso orográfico a que o ar se vê obrigado à proximidade das ilhas conduz a que junto ao litoral a precipitação anual já seja superior a este valor.

A precipitação observada ao nível do mar cresce de Leste para Oeste variando entre os 775mm observados na ilha de Sta. Maria até aos 1700mm observados na ilha das Flores. Os meses de setembro a março concentram 75% do total da precipitação anual. A este período do ano correspondem dois terços dos dias em que se observa precipitação. Sendo por norma abundante a precipitação no arquipélago dos Açores caracteriza-se por alguma irregularidade interanual cuja amplitude pode atingir valores significativos.

Em altitude a precipitação aumenta de forma significativa, determinada ora pelos mecanismos que contribuem para a formação e adensamento da nebulosidade orográfica, ora por precipitação de origem convectiva decorrente do impulso orográfico dado ao ar com características de grande instabilidade ou de instabilidade condicional.

### O regime de ventos

O vento é uma constante do clima açoriano. Ao longo ano o vento sopra de forma regular, mais moderado nos meses de verão, e de forma mais intensa nos meses de inverno.

Situadas em plena zona de confluência de diferentes sistemas de circulação atmosférica, as ilhas são abordadas tanto por ventos que derivam do bordo superior do Anticiclone dos Açores, como por aqueles gerados a partir dos sistemas depressionários associados à evolução dos meandros da Frente Polar.

Durante todo o ano predominam os ventos do quadrante Oeste, no entanto, verifica-se um incremento dessa predominância das ilhas do grupo oriental para as do grupo ocidental.

O regime médio dos ventos junto ao litoral é, em larga medida, “viciado” pela topografia. A sua velocidade média anual é da ordem dos 17Km h<sup>-1</sup>. Nos meses de inverno a velocidade média aproxima-se dos 20Km h<sup>-1</sup>, enquanto que, nos meses de verão, o seu valor decresce para valores próximos dos 10Km h<sup>-1</sup>. Soprando em rajadas é raro o ano em que estas não atinjam velocidades próximas dos 100Km h<sup>-1</sup>. Verifica-se um aumento médio da velocidade do vento das ilhas do grupo oriental para as do grupo ocidental. Em todas as ilhas a velocidade do vento aumenta com a altitude, assumindo, porém, maior regularidade na sua orientação.

De uma forma geral, de inverno, a evolução sincopada dos sistemas depressionários a norte do arquipélago, conduz a que os ventos rondem as ilhas por norte e de Oeste para Leste. Durante o verão, com a subida em latitude dos sistemas de altas pressões as ilhas são assediadas por ventos de Sudoeste. Em determinadas circunstâncias o bordo mais meridional do arquipélago pode ser atingido pela circulação dos ventos Alísios. Circunstâncias anormais devidas à passagem de tempestades tropicais geram ventos fortes cuja direção decorre do trajeto do sistema depressionário em relação ao posicionamento das diferentes ilhas.

### 2.2.2.1 | Variáveis climáticas nas estações de referência

No Quadro 2.2.1 são apresentados os valores das variáveis climáticas nas estações de referência para a ilha Graciosa.

Quadro 2.2.1 | Variáveis climáticas para a ilha Graciosa

Estação Ilha Graciosa (posto udométrico)												
Nº	Nome		Lat. N		Long W		Altit. (m)		Tutela		Período	
1	Sta. Cruz		38° 05'		28° 00'		30		IM		1935-1960	
Variável	Temperatura do ar T (°C)					Humidade rel. do ar RH (%)			Insolação		Precipitação (mm)	
Mês	média mensal	média máximas	média mínimas	máxima observ.	mínima observ.	Média 09h	média 15h	média 21h	total horas	perc. %	total mês	máxima diária
Janeiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122,3	66,7
Fevereiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,5	88,0
Março	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109,6	106,0
Abril	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59,9	53,0
Mai	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56,4	61,0

Estação Ilha Graciosa (posto udométrico)													
Nº	Nome			Lat. N		Long W		Altit. (m)		Tutela		Período	
1	Sta. Cruz			38° 05´		28° 00´		30		IM		1935-1960	
Junho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,9	51,0
Julho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36,2	141,0
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39,2	39,0
Setembro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73,0	123,5
Outubro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88,8	115,0
Novembro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90,6	62,5
Dezembro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,0	76,8
<b>Ano</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>918,4</b>	<b>141,0</b>

### 2.2.2.2 | Balanço hídrico e classificação climática nas estações de referência

No Quadro 2.2.2 são apresentados os diferentes componentes do balanço hídrico efetuado para a localização das estações do IM das diferentes ilhas para as quais se dispõe de normais climatológicas. Na estimativa dos montantes envolvidos são considerados os valores das variáveis climáticas anteriormente descritas. No cálculo da evapotranspiração potencial (ETp) foi utilizado o método de Penman-Montheit (FAO\_56). O balanço sequencial mensal foi elaborado com base na metodologia de Thornthwaite-Mather (Figura 2.2.1). Na indisponibilidade de um mapa detalhado das propriedades hidrológicas dos solos da zona foi considerada uma capacidade de água utilizável no solo igual a 120 mm. Os símbolos têm o seguinte significado: ETp, evapotranspiração potencial; Prec, precipitação; L, perda potencial acumulada de água; Ras reserva de água útil no solo, ΔRas, variação do armazenamento de água no solo; Ete, evapotranspiração efetiva; DH, deficit hídrico; SH, superávit hídrico.

**Quadro 2.2.2 | Balanço Hídrico Sequencial para a ilha Graciosa**

Balanço Hídrico Sequencial, método de Thornthwaite - Graciosa_Sta. Cruz (Etp Faial)																
Etp - Penman/ Montheit													Capacidade da reserva útil do solo = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">120 mm</span>			
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano			
ETp	43,2	44,8	57,3	68,7	83,8	87,6	109,1	106,4	85,7	68,7	51,9	38,8	<b>846</b>			
Prec	122,3	100,5	109,6	59,9	56,4	43,9	36,2	39,2	73,0	88,8	90,6	98,0	<b>918</b>			
Prec-Etp	79,1	55,7	52,3	-8,8	-27,4	-43,7	-72,9	-67,2	-12,7	20,1	38,7	59,2	<b>72</b>			
L	0,0	0,0	0,0	-8,8	-36,2	-80,0	-152,9	-220,1	-232,8	-140,0	-54,6	0,0				
Ras	120,0	120,0	120,0	111,5	88,7	61,6	33,6	19,2	17,2	37,4	76,1	120,0				
ΔRas	0,0	0,0	0,0	-8,5	-22,8	-27,1	-28,1	-14,4	-1,9	20,1	38,7	43,9				
Ete	43,2	44,8	57,3	68,4	79,2	71,0	64,3	53,6	74,9	68,7	51,9	38,8	<b>716</b>			
DH	0,0	0,0	0,0	0,3	4,6	16,6	44,9	52,8	10,8	0,0	0,0	0,0	<b>130</b>			
SH	79,1	55,7	52,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	<b>203</b>			
Ia - Índice de Aridez			15%			Iu - Índice de Humidade			24%			Ih - Índice Hídrico			15%	
Ic - Concentração Térmica:				36%				Classificação Climática de Thornthwaite: C2 B'2 r a'								

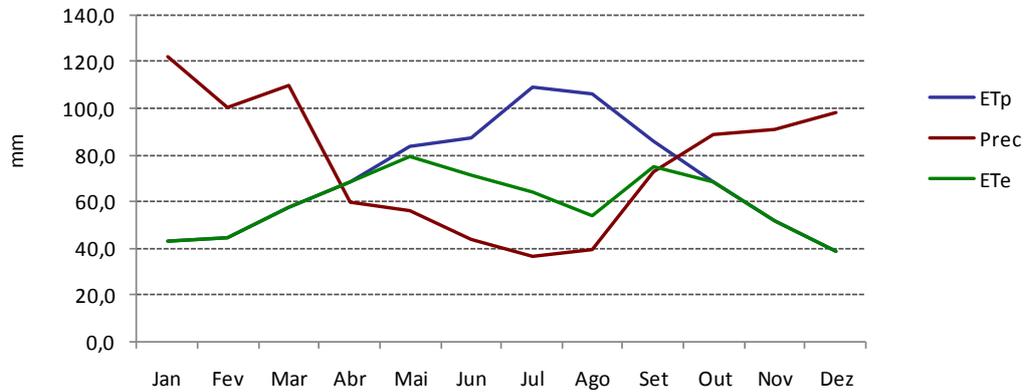


Figura 2.2.1 | Balanço Hídrico Sequencial para a ilha Graciosa.

### 2.2.2.3 | Regime da precipitação nas estações de referência

Para efeito da estimativa da variabilidade temporal da precipitação, e na impossibilidade de recurso a séries longas para todas as ilhas em apreciação, recorre-se à serie das precipitações mensais observadas em Angra do Heroísmo ao longo de 131 anos hidrológicos. A extrapolação deste descritor às restantes ilhas é feita com base na correlação observada entre os regimes da precipitação média anual observada no conjunto das ilhas.

#### A precipitação mensal

No Quadro 2.2.3 são apresentados os valores da precipitação mensal observada junto ao litoral nas diferentes estações do IM utilizadas como referência. No Quadro 2.2.4 e Figura 2.2.2 é apresentado o contributo de cada mês para o total da precipitação anual, bem como o regime sazonal da precipitação para o conjunto das ilhas.

Pese embora as diferenças nos montantes observados em cada ilha, existe uma correlação significativa entre os regimes de precipitação ao longo do ano entre o conjunto de ilhas (Figura 2.2.6).

Quadro 2.2.3 | Precipitação Mensal (estações do Instituto de Meteorologia)

Ilha	Terceira	S. Jorge	Graciosa	Pico	Faial	Flores	Corvo				
Altitude (m)	74	40	30	50	60	28	28				
Normais	1961/90	1935/60	1935/60	1935/60	1961/90	1970/90	1961/81	Média	Desv. Pad.	média+DvP	média-DvP
Out	121,3	115,8	88,8	100,9	100,5	154,4	110,2	113,1	21,2	134,3	92,0
Nov	131,9	128,4	90,6	89,7	114,6	199,2	131,6	126,6	36,8	163,4	89,8
Dez	135,8	128,3	98,0	106,7	120,2	220,8	130,4	134,3	40,4	174,8	93,9
Jan	133,3	171,2	122,3	128,3	111,5	214,3	144,0	146,4	35,4	181,8	111,0
Fev	127,1	135,2	100,5	105,8	98,2	199,6	119,9	126,6	35,0	161,7	91,6
Mar	104,0	145,3	109,6	119,5	80,9	142,3	99,7	114,5	23,2	137,7	91,3
Abr	92,1	90,2	59,9	64,5	65,0	114,4	76,5	80,4	19,6	100,0	60,7

Ilha	Terceira	S. Jorge	Graciosa	Pico	Faial	Flores	Corvo				
Altitude (m)	74	40	30	50	60	28	28				
Normais	1961/90	1935/60	1935/60	1935/60	1961/90	1970/90	1961/81	Média	Desv. Pad.	média+DvP	média-DvP
Mai	52,5	66,8	56,4	61,8	56,0	107,4	62,5	66,2	18,8	85,0	47,4
Jun	49,8	44,5	43,9	42,5	48,8	87,1	49,9	52,4	15,6	68,0	36,7
Jul	34,2	35,6	36,2	26,6	35,0	57,8	55,9	40,2	11,8	52,0	28,3
Ago	52,9	36,2	39,2	37,8	53,6	92,6	67,4	54,2	20,3	74,5	34,0
Set	90,7	96,8	73,0	72,2	89,7	126,2	96,6	92,2	18,1	110,3	74,0
Ano	1125,6	1194,3	918,4	956,3	974,0	1716,1	1144,6	1147,0	272,4	1419,4	874,7

Quadro 2.2.4 | Contributo (%) de cada mês para a precipitação anual de cada ilha

Ilha	Terceira	S. Jorge	Graciosa	Pico	Faial	Flores	Corvo	Média	
Out	10,8	9,7	9,7	10,6	10,3	9,0	9,6	9,9	
Nov	11,7	10,8	9,9	9,4	11,8	11,6	11,5	10,9	
Dez	12,1	10,7	10,7	11,2	12,3	12,9	11,4	11,6	
Jan	11,8	14,3	13,3	13,4	11,4	12,5	12,6	12,8	
Fev	11,3	11,3	10,9	11,1	10,1	11,6	10,5	11,0	
Mar	9,2	12,2	11,9	12,5	8,3	8,3	8,7	10,2	
Abr	8,2	7,6	6,5	6,7	6,7	6,7	6,7	7,0	
Mai	4,7	5,6	6,1	6,5	5,7	6,3	5,5	5,8	
Jun	4,4	3,7	4,8	4,4	5,0	5,1	4,4	4,5	
Jul	3,0	3,0	3,9	2,8	3,6	3,4	4,9	3,5	
Ago	4,7	3,0	4,3	4,0	5,5	5,4	5,9	4,7	
Set	8,1	8,1	7,9	7,5	9,2	7,4	8,4	8,1	
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

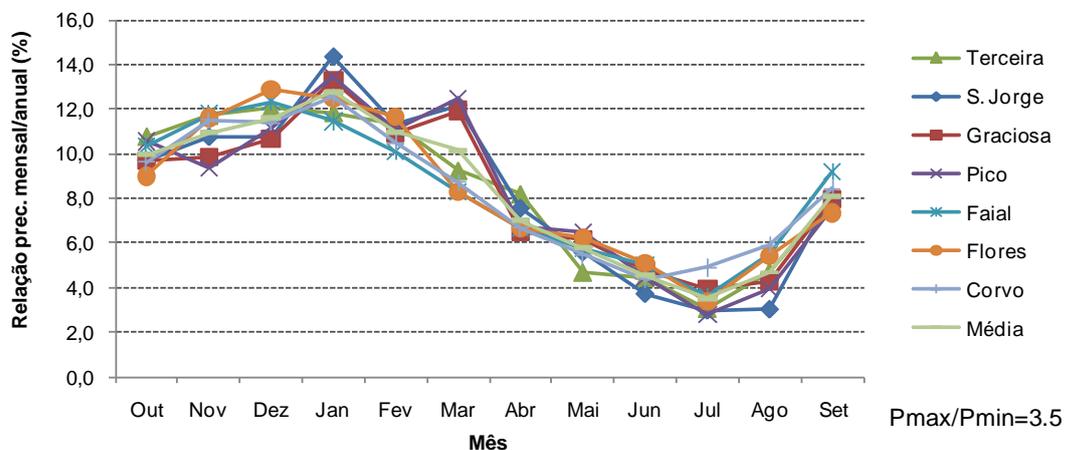


Figura 2.2.2 | Sazonalidade da precipitação.

## Precipitação anual

A precipitação anual junto ao litoral das ilhas dos Açores cresce de Leste para Oeste acompanhando o incremento das características oceânicas do seu clima.

Com base na série de observações da precipitação mensal de Angra do Heroísmo (1874 a 2008 a que correspondem 131 anos hidrológicos) é possível constatar que a sua variabilidade interanual é elevada, podendo atingir valores próximos dos 1 000mm (Figura 2.2.3).

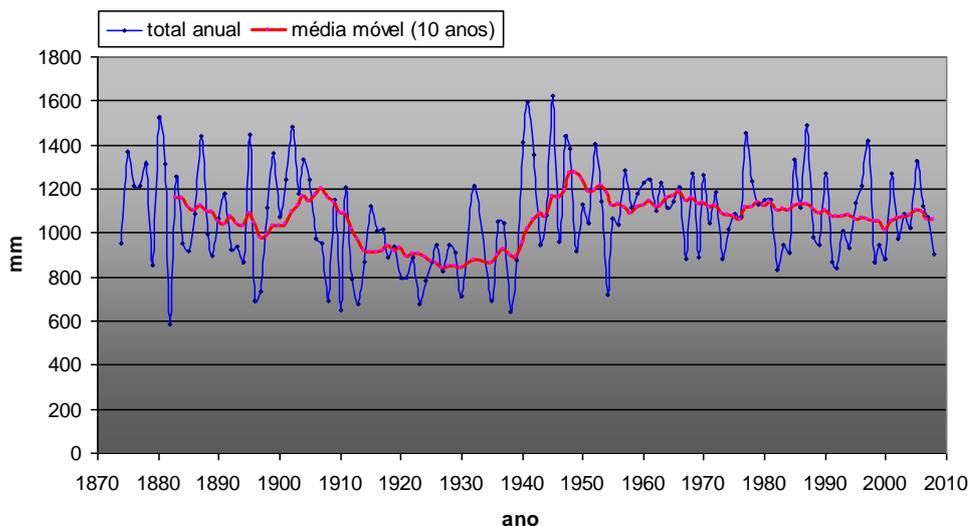
Efetuada-se a análise de distribuição dos valores da precipitação anual registada na mesma série foram obtidos os parâmetros estatísticos constantes no Quadro 2.2.6, bem como a respetiva distribuição por classes de frequência apresentada nas Figuras 2.2.4 e 2.2.5, verificando-se que os valores mais frequentes se concentram na classe de 950mm a 1100mm, representando 32% das ocorrências.

Com base no ensaio de ajustamento às leis de GAMMA, GUMBEL e LogNORMAL, verifica-se um melhor ajustamento da amostra à distribuição de GAMMA, conforme a Figuras 2.2.6 e 2.2.7.

A partir dos valores da precipitação anual ajustados pela lei de GAMMA, foram estimados os valores para os períodos de retorno de 2, 2.33, 5,10, 20, 25, 50 100 e 500 anos, constantes no Quadro 2.2.6.

A precipitação estimada para os anos secos, cujos valores são excedidos em 80% dos anos, apresentam precipitação abaixo dos 885mm, enquanto os anos húmidos, excedidos em 20% dos anos, apresentam valores acima dos 1 245mm.

Atendendo que não se dispunham de séries longas para as restantes ilhas, e admitindo a elevada correlação entre a precipitação média mensal observada entre Angra do Heroísmo e a de cada uma das outras ilhas (Figura 2.2.8), ensaiou-se a extrapolação a partir dos valores anuais da série de Angra do Heroísmo com base nas funções de regressão obtidas, posteriormente ajustados com base no desvio médio para os valores médios anuais de cada ilha (valores normais anuais). Os respetivos resultados são apresentados no Quadro 2.2.6 para cada ilha, para os mesmos períodos de retorno.



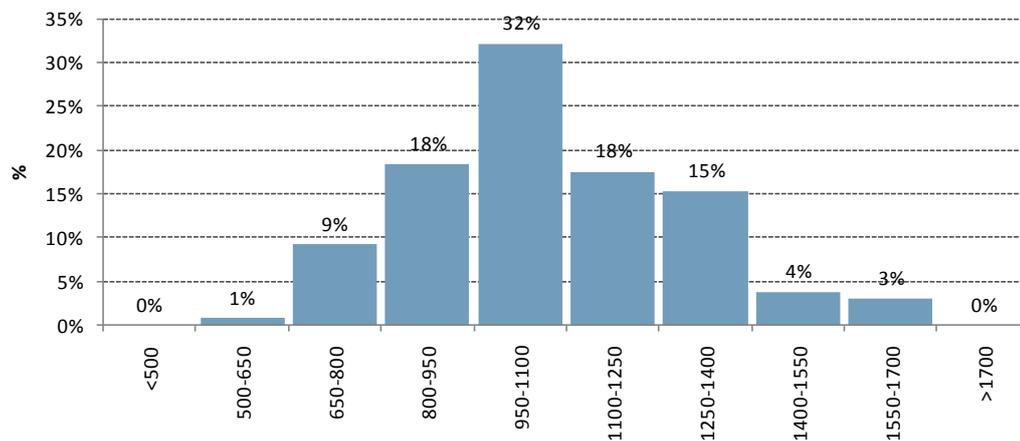
Fonte: Azevedo (2009)

Figura 2.2.3 | Precipitação anual em Angra do Heroísmo no período de 1874 a 2008.

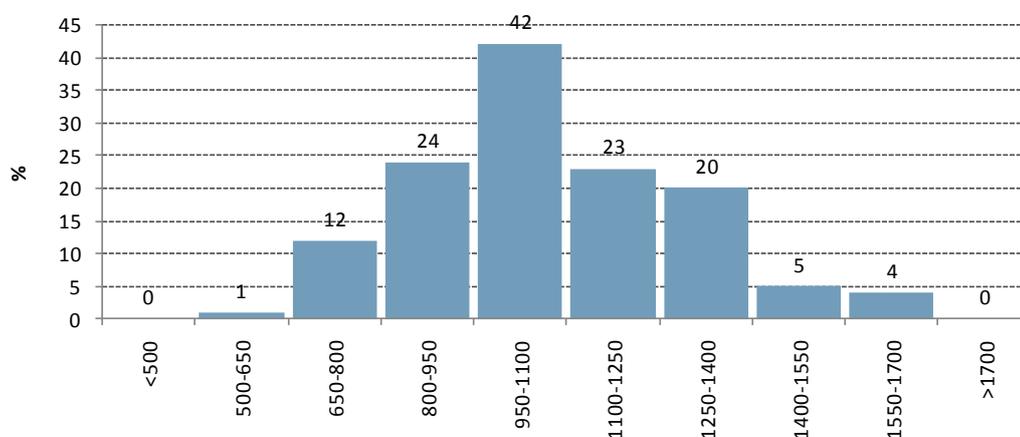
**Quadro 2.2.5 |** Precipitação anual em Angra do Heroísmo (1874/2008)

Média	1069,5
Erro-padrão	18,8
Mediana	1040,8
Moda	1201,5
Desvio-padrão	215,5
Variância da amostra	46437,2
Intervalo	1060,8
Mínimo	621,0
Máximo	1681,8
Contagem	131

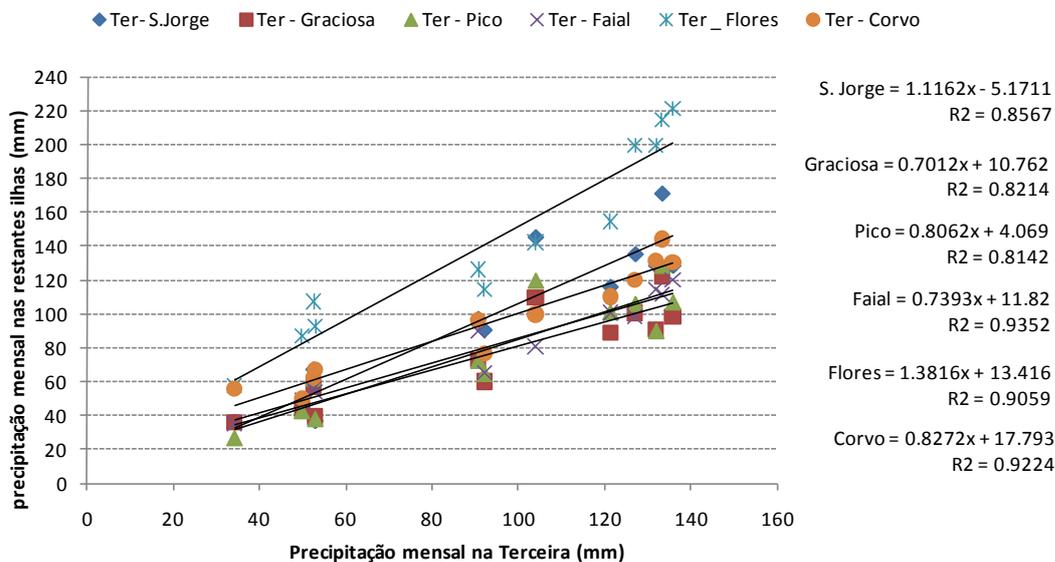
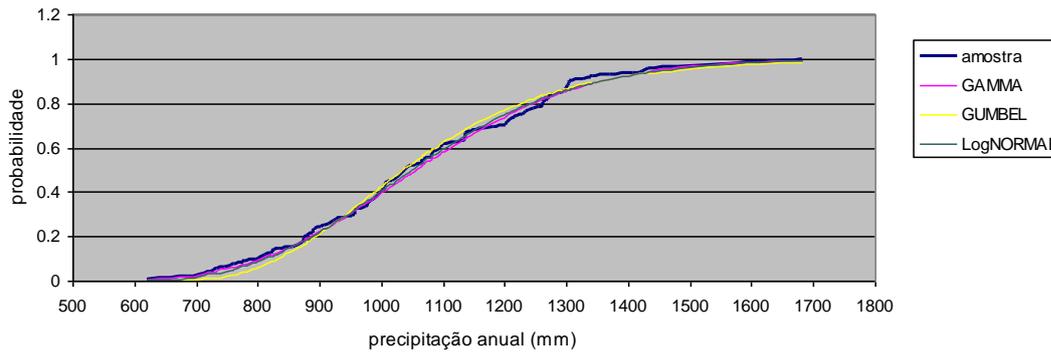
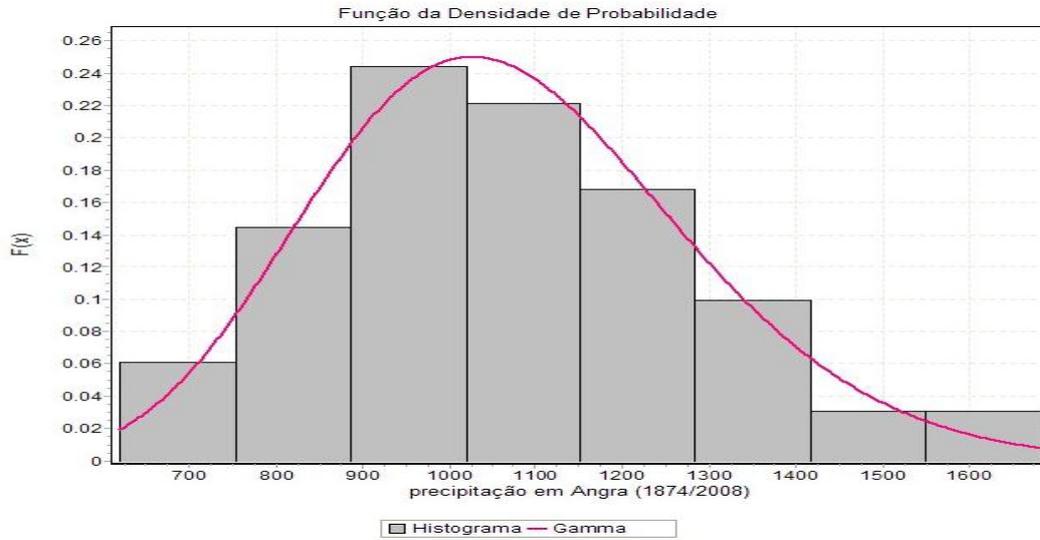
Nota: Estatística da amostra para 131 anos hidrológicos



**Figura 2.2.4 |** Distribuição da precipitação por classes de frequência precipitação em Angra do Heroísmo (1874/2008).



**Figura 2.2.5 |** Precipitação em Angra de Heroísmo 1874/2008 (número de anos por classes de frequência).



**Quadro 2.2.6** | Valores da precipitação anual estimada para vários períodos de retorno (T) e valores médios e limites para anos secos e húmidos

		Terceira	S. Jorge	Graciosa	Pico	Faial	Flores	Corvo
		Angra	Calheta	Sta. Cruz	Madalena	Horta	Sta. Cruz	VN do Corvo
T	F(x)	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2	0,5	1055	1178	910	946	965	1699	1135
2,33	0,57	1093	1221	937	977	993	1752	1167
5	0,8	1245	1391	1043	1099	1105	1960	1291
10	0,9	1353	1511	1117	1185	1183	2107	1378
20	0,95	1447	1615	1180	1259	1250	2233	1452
25	0,96	1475	1647	1199	1281	1270	2271	1475
50	0,98	1557	1739	1255	1346	1328	2381	1540
100	0,99	1634	1824	1306	1406	1382	2483	1600
500,00	0,998	1796	2005	1414	1533	1496	2699	1725

Anos secos	<	885	989	789	808	838	1462	993
Anos médios		1093	1221	937	977	993	1752	1167
Anos húmidos	>	1245	1391	1042	1098	1105	1960	1291

### Precipitação de curta duração

Com base nas séries parciais dos valores máximos anuais da quantidade da precipitação em 24 horas publicados em *O Clima de Portugal*, fascículo XLVI (Silvério Godinho, 1989)<sup>6</sup> são estabelecidas as respetivas curvas de possibilidade udométrica para as diferentes ilhas em estudo.

**Quadro 2.2.7** | Possibilidade udométrica na ilha Graciosa – Santa Cruz da Graciosa (30m)

Precipitação de curta duração					
Duração em horas	Períodos de retorno em anos				
	5 mm	10 mm	25 mm	50 mm	100 mm
24.00	99.0	119.5	145.4	164.6	183.6
12.00	84.8	102.5	125.0	141.5	157.9
6.00	67.0	79.8	95.9	107.8	119.5
2.00	47.1	56.4	68.0	76.6	85.2
1.00	40.3	50.4	63.4	73.0	82.6
0.50	25.9	31.2	37.9	42.9	47.9
0.25	17.9	21.1	25.2	28.2	31.3
0.08	9.9	12.1	14.6	16.5	18.5

<sup>6</sup> Silvério Godinho (1989) – INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES – O Clima de Portugal, Fascículo XLVI. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica.

**curvas de possibilidade udométrica  
Graciosa - Sta. Cruz (30m)**

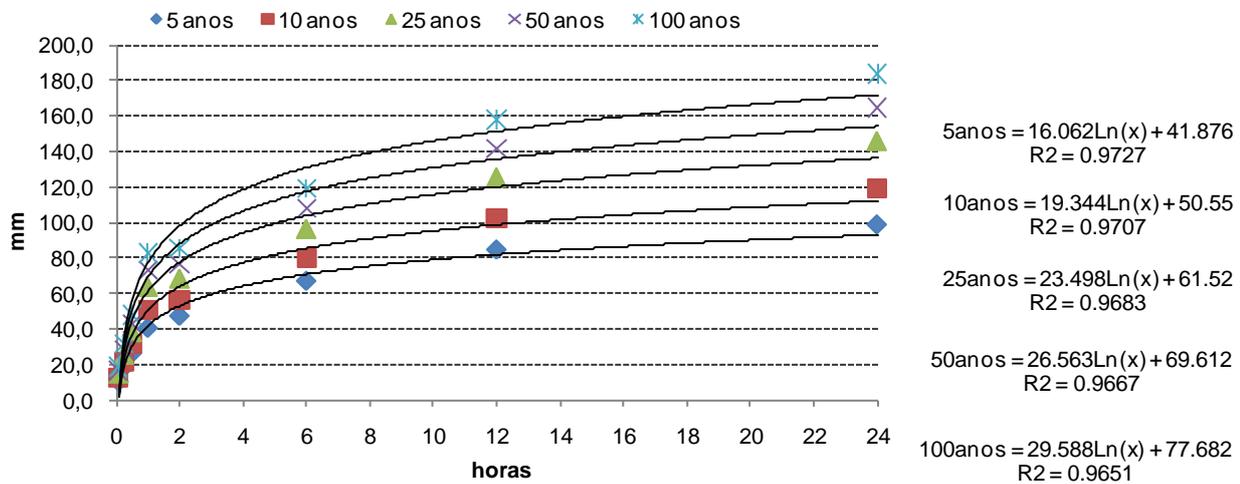


Figura 2.2.9 | Curvas de possibilidade udométrica na Graciosa – Santa Cruz da Graciosa (30m).

### 2.2.3 | Distribuição espacial do clima

Tal como preconizado nos pontos anteriores, a caracterização do clima das diferentes ilhas abrangidas pelo presente estudo recorre à simulação e generalização espacial das variáveis climáticas com base na aplicação do modelo CIELO.

A expressão espacial da precipitação, da temperatura e da humidade relativa médias anuais sobre as diferentes ilhas é apresentada nas cartas a que corresponde as Figuras 2.2.10 a 2.2.12.



Universidade dos Açores  
 Ilha Graciosa  
 Precipitação acumulada (mm)  
 Modelo CIELO  
 (Azevedo, 2005)

Fonte: Modelo CIELO (1999)  
 Eduardo M. V. Brito de Azevedo  
 Edição: CLIMAAT 2005  
 Projeção UTM - Fuso 25  
 Base Cartográfica 1:25000 do Instituto Geográfico do Exército  
 Projectos CLIMAAT e CLIMAAT\_II  
 MAC 1.2.3 / A3 e 03 / MAC 1.2.3 / A5

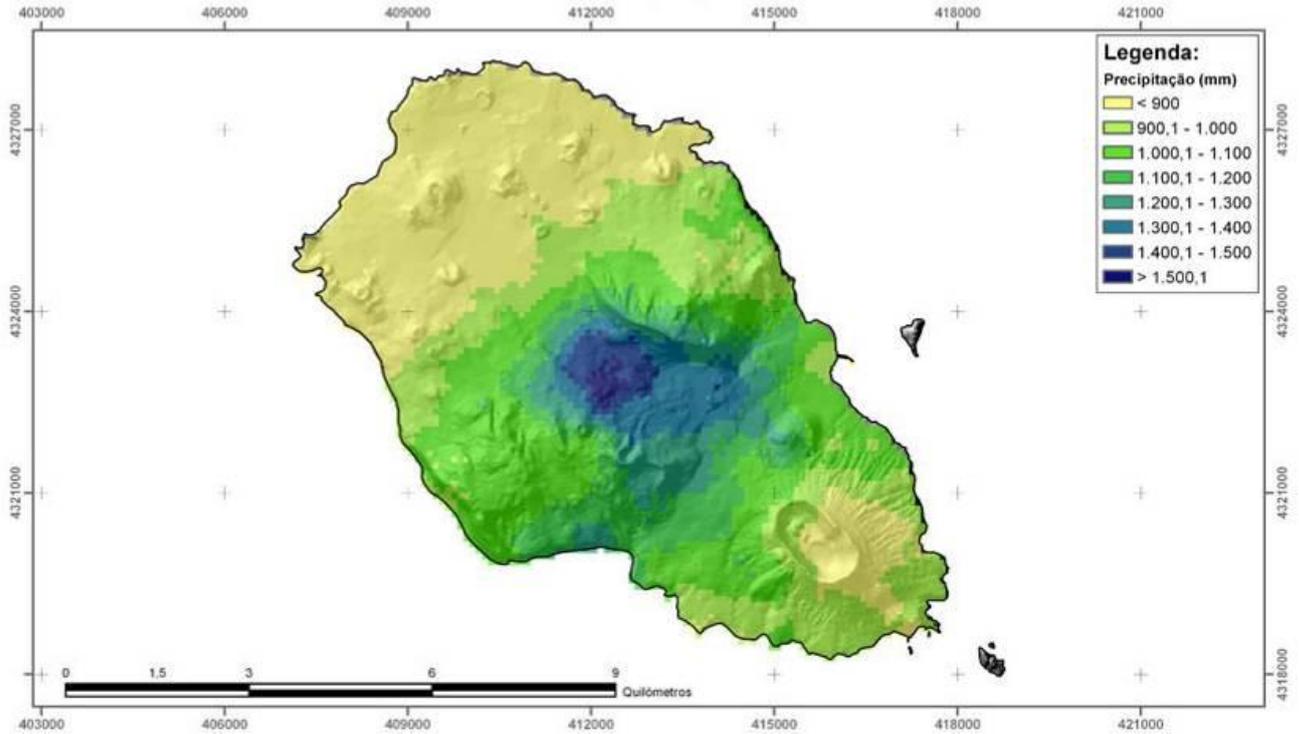


Figura 2.2.10 | Modelo CIELO – expressão espacial da precipitação na ilha Graciosa.

**Universidade dos Açores**  
**Ilha Graciosa**  
**Temperatura média anual (°C)**  
**Modelo CIELO**  
 (Azevedo, 2005)

Fonte:  
 Modelo CIELO (1996)  
 Eduardo M. V. Brito de Azevedo  
 Edição: CLIMAAT 2005  
 Projeção UTM - Fuso 25  
 Base Cartográfica 1:25000 do Instituto Geográfico do Exército  
 Projectos CLIMAAT e CLIMAAT\_II  
 MAC / 2.3 / A3 e 03 / MAC / 2.3 / A5

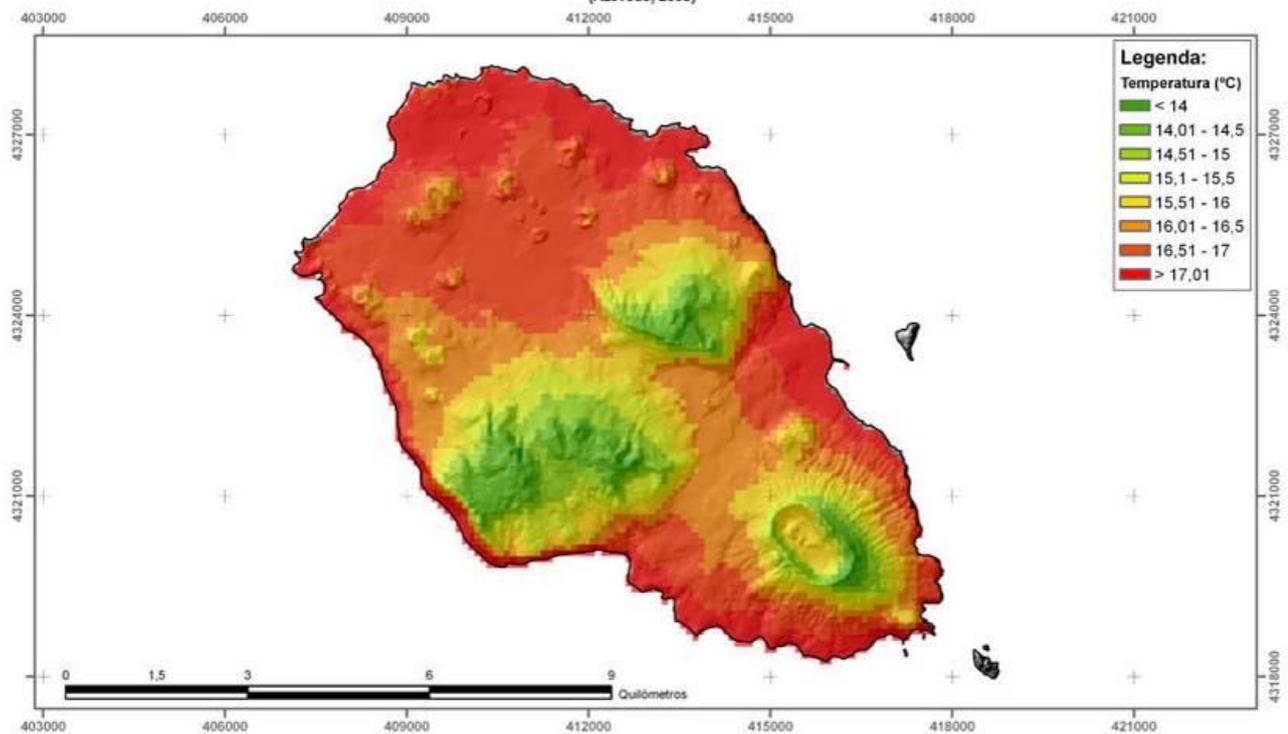


Figura 2.2.11 | Modelo CIELO – expressão espacial da temperatura na ilha Graciosa.

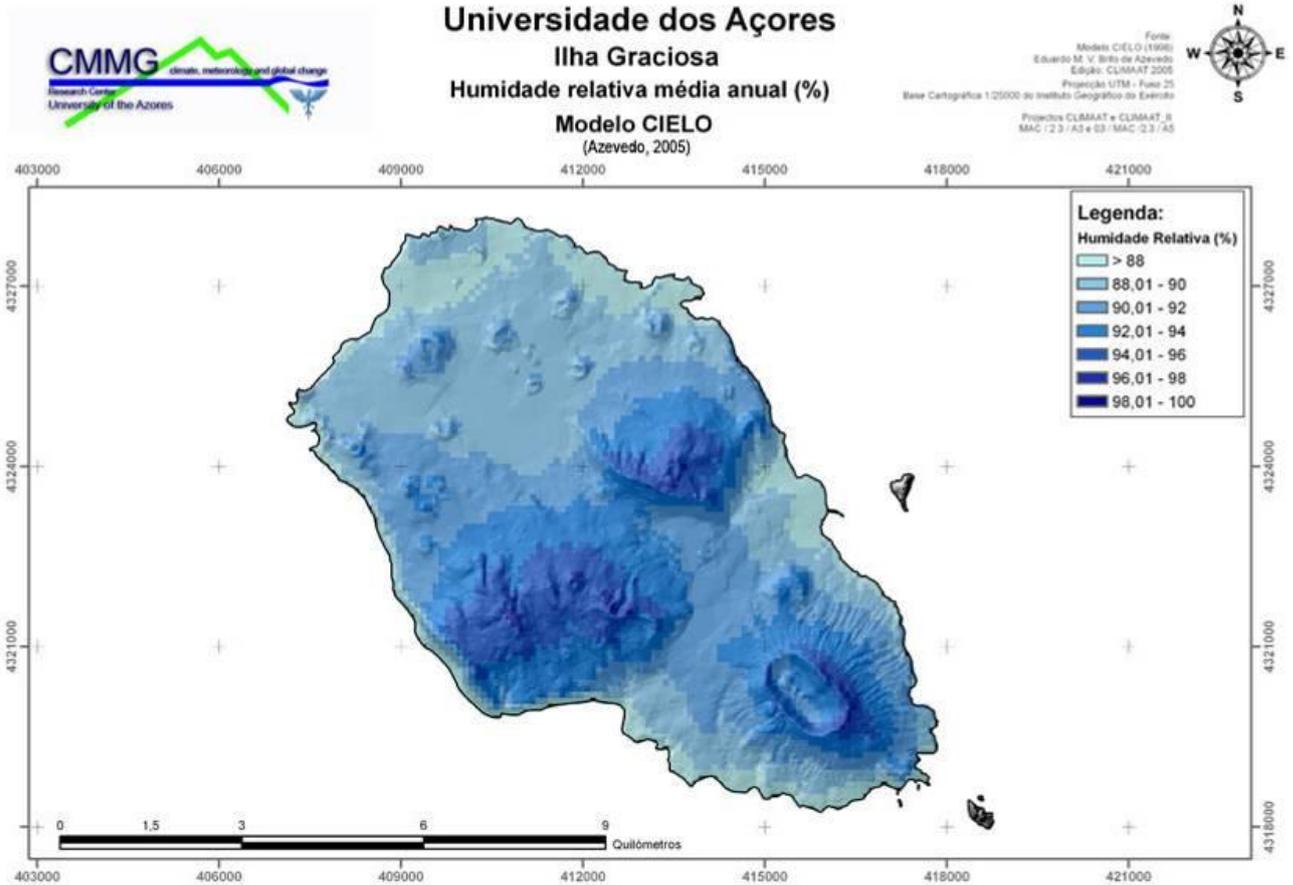


Figura 2.2.12 | Modelo CIELO – expressão espacial da humidade relativa na ilha Graciosa.

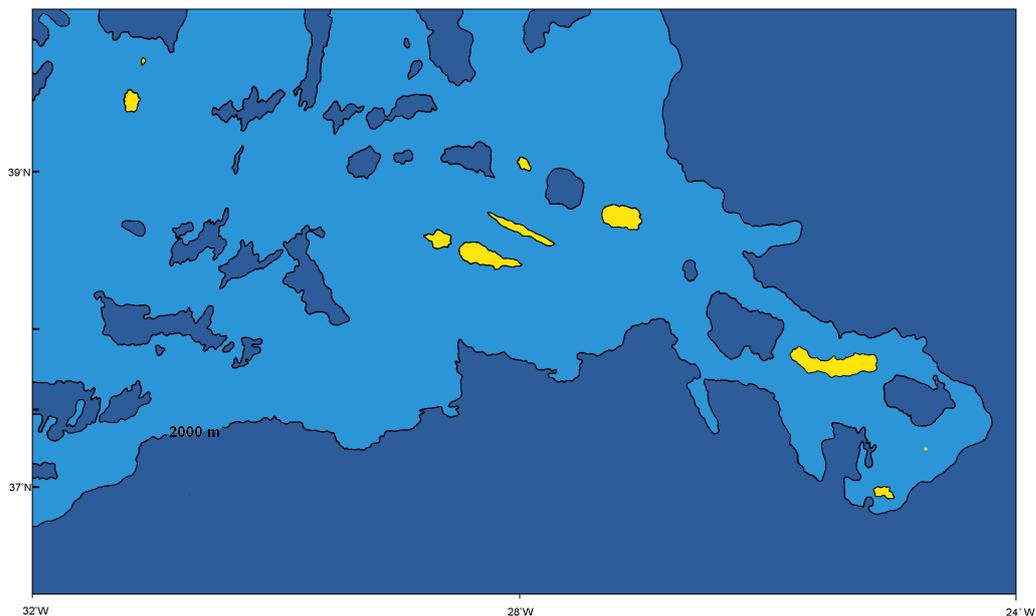
## 2.3 | Caracterização geológica e geomorfológica

### 2.3.1 | Geologia

#### 2.3.1.1 | Enquadramento geodinâmico

Os edifícios vulcânicos que correspondem às diversas ilhas do arquipélago dos Açores emergem a partir da designada Plataforma dos Açores, uma região de forma grosseiramente triangular, onde a crosta oceânica apresenta um espessamento de cerca de 60% (Searle, 1980), definida pela linha batimétrica dos 2 000m (Needham e Francheteau, 1974) (Figura 2.3.1).

Esta região do Atlântico Norte corresponde a um ponto triplo onde contactam as placas litosféricas Americana, Africana e Euroasiática, sendo a dinâmica regional dominada pela presença de importantes estruturas tectónicas, de entre as quais se destacam a Crista Média Atlântica, a Zona de Fratura Este dos Açores e o Rift da Terceira (Figura 2.3.2). Este complexo enquadramento estrutural da região dos Açores é, ainda, alvo de alguma controvérsia científica, nomeadamente no que concerne ao modelo evolutivo da junção tripla dos Açores, e reflete-se através de uma importante atividade sísmica e vulcânica.



Fonte: adaptado de Needham e Francheteau, 1974

Figura 2.3.1 | Plataforma dos Açores.

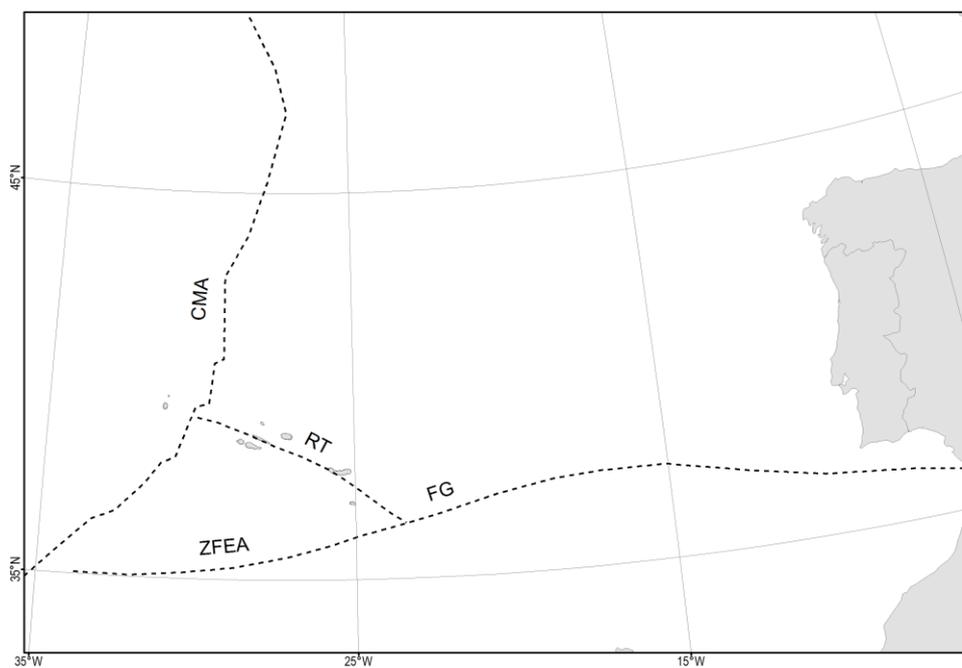


Figura 2.3.2 | Principais estruturas tectónicas da região dos Açores. Legenda: CMA - Crista Média Atlântica; ZFEA - Zona de Fratura Este dos Açores; FG - Falha Gloria; RT - Rift da Terceira.

A Crista Média Atlântica estende-se segundo a direção N-S a norte dos Açores, e inflete para sudoeste nesta região. Trata-se de uma estrutura muito ativa do ponto de vista sismogénico e vulcânico, dotada de uma importante componente distensiva. Esta estrutura separa a placa Americana das placas Euroasiática e Africana.

A Zona de Fratura Este dos Açores insere-se no maior elemento tectónico ativo latitudinal do globo, a Cadeia Alpina. A ZFEA é um acidente tectónico sismogénico, caracterizado por um movimento predominante de desligamento direito que, no troço Açores – Gibraltar (Falha Gloria) marca a fronteira entre as placas Euroasiática e Africana, sendo o seu limite ocidental menos bem definido.

O Rift da Terceira, com orientação geral WNW-ESSE definida pelo alinhamento das ilhas dos grupos Central e Oriental, converge a oeste com a CMA e a leste com a Falha Gloria. Trata-se de uma estrutura caracterizada por um comportamento distensivo e de desligamento, associada a fenómenos sismogénicos e vulcânicos.

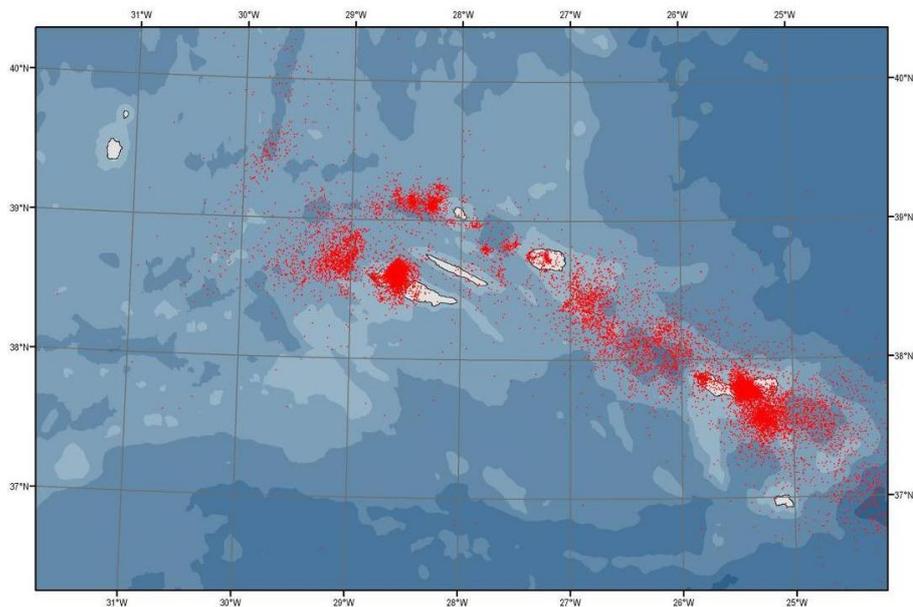
Em sentido restrito, o Rift da Terceira (s.s.) apresenta orientação NW-SE definida pelo alinhamento de uma série de bacias, cristas e maciços, compreendendo, de SE para NW, a Fossa das Formigas, os ilhéus das Formigas, a Bacia de S. Miguel, a ilha de S. Miguel, a Fossa Sul do Hironnelle, o Banco D. João de Castro, a Fossa Norte do Hironnelle, a Crista Submarina da Terceira, a ilha Terceira, a Bacia Este da Graciosa, a ilha Graciosa e a Bacia Oeste da Graciosa.

### 2.3.1.2 | Atividade sísmica

A região dos Açores é caracterizada por uma intensa atividade sísmica, centrada ao longo dos principais acidentes tectónicos anteriormente referidos, caracterizada pela ocorrência de eventos de magnitude geralmente intermédia a baixa, ocorrendo ocasionalmente eventos com magnitude superior a 5 na Escala de Richter (Figura 2.3.3). Realça-se a existência de diversas zonas sismogénicas que se evidenciam pela sua elevada sismicidade, como é o caso da zona a W do Faial, a Fossa Oeste da Graciosa, a Crista Submarina Leste da Terceira, a Fossa Hironnelle, a zona central de S. Miguel, a Fossa da Povoação e a região dos ilhéus das Formigas.

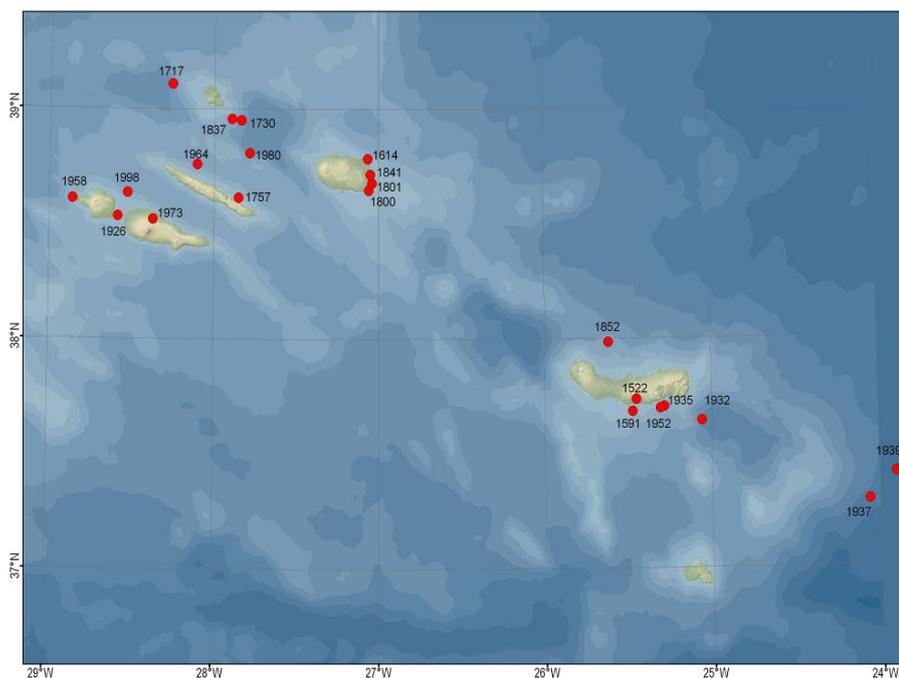
Esta atividade tem provocado inúmeros sismos sentidos, alguns com impacto importante, como o demonstram as intensidades dos principais sismos sentidos nos Açores após a sua descoberta e povoamento no séc. XV (Quadro 2.3.1). Desde o povoamento dos Açores, no século XV, verificaram-se cerca de 25 sismos (Figura 2.3.4) com intensidades superiores a VII na Escala de Mercalli Modificada (MM-56). Também são de assinalar as crises sísmicas de natureza vulcano-tectónica associadas a erupções vulcânicas ou à instalação de corpos magmáticos subsuperficiais.

Os sismos mais destruidores e de maior magnitude de que há registo na região ocorreram em 1757 (Calheta de S. Jorge) e em 1980 (Grupo Central), tendo ultrapassado os 7 graus na Escala de Richter. No entanto, o sismo responsável pelo maior número de vítimas teve lugar na ilha de S. Miguel, em 1522, e destruiu a então capital Vila Franca do Campo, causando cerca de 5 000 vítimas mortais, para o que contribuíram os volumosos movimentos de vertente desencadeados (Silveira, 2002).



Fonte: dados do CIVISA (2006)

**Figura 2.3.3** | Carta epicentral dos eventos registados no arquipélago dos Açores entre 1980 e junho de 2006.



Fonte: Dados de Silveira (2002), Silva (2005)

**Figura 2.3.4** | Localização dos principais sismos históricos na região dos Açores (dados de Silveira, 2002, Silva, 2005).

**Quadro 2.3.1 | Principais sismos históricos sentidos no arquipélago dos Açores**

Data	Intensidade	Ilha mais afetada	Zona mais afetada	Magnitude	Consequências
1522-10-22	X	S. Miguel	Vila Franca do Campo		Cerca de 5 000 vítimas mortais; Grandes destruições.
1547-05-17	(?)	Terceira			Algumas mortes
1591-07-26	(?)	S. Miguel	Vila Franca		Grandes destruições
1614-05-24	X-XI (?)	Terceira	Praia da Vitória		Destruição quase total
1730-06-13	IX-X (?)	Graciosa	Luz e Praia		Destruição quase total
1757-07-09	XI	S. Jorge	Calheta		Cerca de 1 000 mortes. Grandes destruições
1800-06-24	VII-VIII	Terceira	Vila Nova e S. Sebastião		Grandes destruições
1801-01-26	VIII-IX	Terceira	Cabo da Praia e Fonte Bastardo		Grandes destruições
1837-01-21	IX (?)	Graciosa	Luz e Praia		Destruição quase total
1841-06-15	IX	Terceira	Praia da Vitória		Grandes destruições
1852-04-16	VII	S. Miguel	Santana		Várias vítimas mortais
1926-08-31	X	Faial	Horta		20 vítimas mortais e 200 feridos; grandes destruições
1932-08-05	VIII	S. Miguel	Povoação		Vários feridos; grandes destruições.
1935-04-26	VIII	S. Miguel	Povoação		1 vítima mortal; grandes destruições.
1937-11-21	VII	Stª Maria	Santo Espírito		
1939-05-08	VII	Stª Maria	Santo Espírito	7 Mb	
26-6-1952	VIII	S. Miguel	Ribeira Quente		Grandes destruições.
13-5-1958	IX-X	Faial	Praia do Norte		Grandes destruições
21-2-1964	VIII	S. Jorge	Velas		Grandes destruições.
23-11-1973	VIII	Pico	Stº António		Grandes destruições.
1-1-1980	VII	Terceira	Angra do Heroísmo	7,2 Mb	54 vítimas mortais e 400 feridos; grandes destruições nas ilhas Terceira, Graciosa e São Jorge.
1998-07-09	VIII	Faial	Ribeirinha	5,8 Md	8 vítimas mortais e mais de uma centena de feridos; grandes destruições no Faial e Pico.

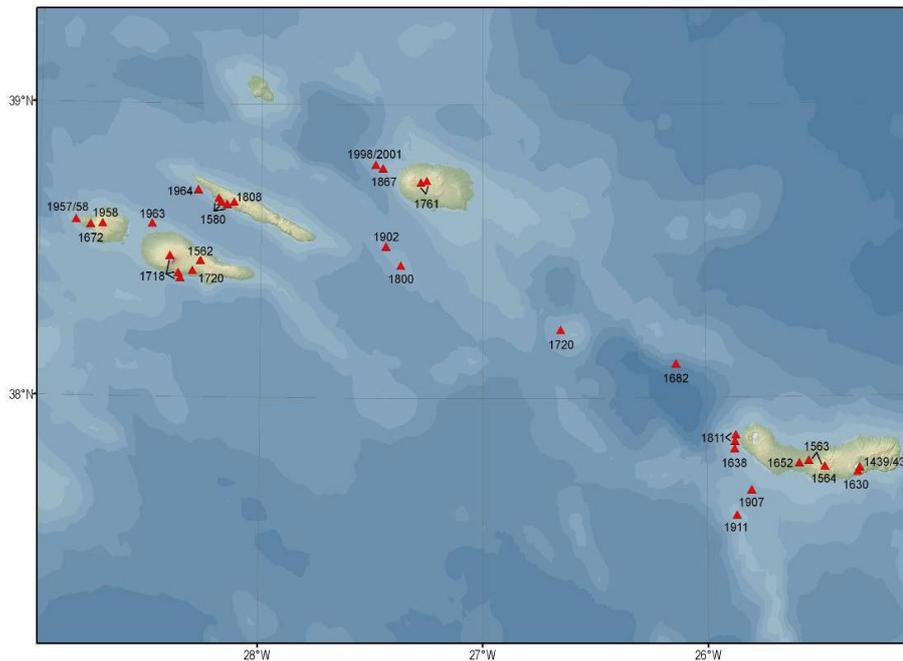
Fonte: Coutinho (2000)

### 2.3.1.3 | Atividade vulcânica histórica

A atividade eruptiva histórica no arquipélago dos Açores inclui cerca de 27 erupções, entre eventos submarinos e subaéreos, que cobrem um grande leque de estilos eruptivos e magnitudes (Figura 2.3.5). Estas erupções concentram-se também ao longo do eixo de orientação geral WNW-ESE, havendo a registar nos últimos cinco séculos erupções nas ilhas do Pico, Faial, S. Jorge, Terceira e S. Miguel.

Da análise da localização e sequência cronológica das várias erupções históricas observadas no arquipélago merece destaque a proporção de erupções submarinas e litorais, que ascendem a cerca de metade do total das erupções registadas, sendo este valor provavelmente subestimado, pois nem todas as erupções submarinas se manifestam à superfície do oceano e, mesmo de entre estas, nem todas terão sido observadas.

As erupções históricas subaéreas revelam estilos eruptivos efusivos ou moderadamente explosivos, do tipo havaiano e estromboliano, e de natureza basáltica (*s.l.*), normalmente associados aos sistemas vulcânicos do tipo fissural, e erupções explosivas subplinianas e hidromagmáticas envolvendo magmas mais evoluídos, de composição traquítica (*s.l.*) associados aos vulcões centrais (Pacheco *et al.*, 2011).



Fonte: CVARG (2009) (modificado de Weston, 1964, com dados de Queiroz *et al.*, 1995, Queiroz, 1997 e Gaspar *et al.* 2003)

Figura 2.3.5 | Atividade vulcânica histórica no arquipélago dos Açores.

### 2.3.1.4 | Caracterização geológica do arquipélago

A história vulcanológica do arquipélago põe em evidência a ocorrência de variados estilos eruptivos ao longo da construção das ilhas. Não obstante a origem vulcânica do arquipélago, na ilha de Santa Maria, em que o mais antigo afloramento vulcânico foi datado de  $8,12 \times 10^6$  anos (Abdel-Monen *et al.*, 1975), ocorrem intercalações de rochas sedimentares marinhas e terrestres em posições estratigráficas diversas (Serralheiro *et al.*, 1987). A ilha do Pico é a mais recente do arquipélago, tendo o derrame lávico mais antigo sido datado de  $3 \times 10^5$  anos (Chovelon, 1982).

A edificação de Santa Maria, São Jorge e Pico, bem como de extensas áreas noutras ilhas, como o Faial e São Miguel, relaciona-se com atividade vulcânica dos tipos havaiana e estromboliana. Assim, podem observar-se escoadas lávicas dos tipos *pahoehoe* e *aa*, de natureza basáltica *s.l.*, bem como cones de escórias e de *spatter*, muitas vezes dispostos ao longo de alinhamentos tectónicos. A região ocidental da ilha do Pico corresponde a um imponente vulcão central basáltico, que atinge 2 351m de altitude, construído por uma sucessão de erupções de escoadas lávicas basálticas *s.l.*,

muito fluidas, intercaladas com depósitos piroclásticos da mesma natureza e menos importantes (Cruz, 1997; Nunes, 1999; França, 2000).

A geologia de São Miguel é dominada pela ocorrência de três vulcões centrais ativos (Sete Cidades, Fogo, Furnas), associados a erupções muito explosivas de magmas de natureza traquítica *s.l.*, o que permite compreender a origem das caldeiras de grande diâmetro que ocupam o topo destes aparelhos vulcânicos de idade quaternária (Forjaz, 1984; Booth *et al.*, 1978; Moore, 1990; Guest *et al.*, 1999). A atividade destes aparelhos vulcânicos é essencialmente de caráter explosivo, correspondendo a erupções plinianas, subplinianas e hidrovulcânicas, o que permitiu a formação de depósitos de pedra-pomes de queda, escoadas piroclásticas, *surges*, *lahars* e domos e escoadas lávicas traquíticas.

No que concerne à geologia da ilha Terceira, esta é dominada por dois vulcões centrais com caldeira, que dominam respetivamente a área central-norte da ilha (vulcão do Pico Alto) e a extremidade W (vulcão de Santa Bárbara). Estes aparelhos vulcânicos compósitos estão separados por uma zona de vulcanismo fissural, com vários cones de escórias, e onde ocorreu a erupção histórica de 1761 (Nunes, 2000). Os materiais vulcânicos emitidos a partir desta zona fissural cobrem igualmente a área SW da ilha, onde se sobrepõem aos depósitos dos vulcões centrais, com caldeira, de Guilherme Moniz, que domina o setor central-sul, e Cinco Picos. Este último vulcão compósito é o mais antigo da ilha Terceira e os seus depósitos distribuem-se essencialmente para E.

A geologia da ilha do Faial é caracterizada pela existência de um vulcão central, com caldeira no topo da estrutura, que domina toda a região central e oriental da ilha, e a atividade vulcânica explosiva recente originou a deposição de depósitos de pedra-pomes de queda, *lahars* e escoadas piroclásticas (Chovelon, 1982; Coutinho, 2000). A extremidade W desta ilha é dominada pela erupção de escoadas lávicas basálticas *s.l.*, bem como pela emissão de materiais piroclásticos a partir de cones de escórias, que se distribuem ao longo de fissuras eruptivas.

O setor SE da ilha Graciosa também apresenta um vulcão central ativo, com uma caldeira no topo, que contrasta com a plataforma, a NW, edificada por erupções em cones de escórias, de que resultou a extrusão de escoadas lávicas e piroclásticos basálticos *s.l.*, e onde a atividade vulcânica mais recente daquela ilha ocorreu (Gaspar, 1996).

As formações vulcânicas das Flores podem ser agrupadas em dois grupos: o Complexo Superior, representado por escoadas lávicas subaéreas e depósitos piroclásticos, que se sobrepõem aos depósitos do Complexo de Base, mais antigos (Azevedo, 1998). A atividade vulcânica mais recente foi hidrovulcânica e foi datada de cerca de 3000 anos (Morisseau, 1987).

A geologia da ilha do Corvo, o outro espaço insular do Grupo Ocidental do arquipélago, é dominado por um vulcão central, com uma caldeira no topo, que contrasta com o pequeno delta lávico que domina a extremidade S da ilha (França *et al.*, 2002).

### 2.3.1.5 | Caracterização geoquímica do arquipélago

A generalidade dos produtos vulcânicos das ilhas do arquipélago insere-se na série de diferenciação alcalina (Assunção e Canilho, 1970; White *et al.*, 1979; Rodrigues *et al.*, 1989), num domínio intraplaca (Gaspar *et al.*, 1990), contrastando com o caráter toleítico dos basaltos do CMA que atravessa a plataforma dos Açores (Schilling, 1975).

Como expectável, os basaltos das ilhas açorianas têm maiores concentrações em elementos de alto potencial iónico (LILE) e maiores razões isotópicas de Sr e Pb que os basaltos toleíticos típicos (White *et al.*, 1979). É de salientar, no entanto, que os próprios basaltos toleíticos da plataforma dos Açores, bem como os basaltos do RT, não obstante terem

aproximadamente metade da concentração em LILE apresentada pelos basaltos alcalinos, têm razões isotópicas de Sr e concentrações de LILE significativamente maiores que os toleítos típicos. Na verdade, as suas razões isotópicas, aproximam-se mesmo das encontradas para a generalidade dos basaltos alcalinos das ilhas (White *et al.*, 1979), facto que permite concluir pela existência de uma anomalia geoquímica na região dos Açores (White *et al.*, 1979).

Uma tal constatação faz supor uma fonte comum aos basaltos toleíticos e alcalinos da plataforma dos Açores. Os basaltos do Faial, Pico e S. Miguel constituem, com tudo, um óbice à generalização desta conclusão, pois apresentam razões isotópicas de Sr significativamente superiores às encontradas para as restantes rochas, pelo que os basaltos destas ilhas terão, possivelmente, uma origem mantélica distinta da dos restantes (White *et al.*, 1979).

O reconhecimento de diferentes origens mantélicas para algumas das ilhas açorianas implica, por sua vez, o reconhecimento do desenvolvimento local de heterogeneidades do manto na região da anomalia geoquímica dos Açores (White *et al.*, 1979).

Dada a riqueza dos basaltos dos Açores em terras raras (REE), particularmente em terras raras leves (LREE), nem os toleítos nem os basaltos alcalinos podem ter origem num manto empobrecido. Os estudos efetuados por Richard *et al.* (1976, *in* White *et al.*, 1979) apontam, no entanto, para uma fonte ligeiramente empobrecida em LREE, durante grande parte da sua história, o que sugere que o aparente enriquecimento do manto em LREE, na região dos Açores, terá resultado de um fenómeno de fraccionação relativamente recente (White *et al.*, 1979). À luz desta hipótese, as diferenças entre os basaltos toleíticos normais e os toleítos da plataforma dos Açores, bem como as semelhanças entre estes e os basaltos alcalinos das ilhas, poderão resultar da ação de uma eventual pluma mantélica situada sob os Açores (White *et al.*, 1979).

Admitindo que os basaltos alcalinos e toleíticos dos Açores têm uma fonte comum, e dado que os seus teores de Mg, Ni, Cr e Co são semelhantes, o que elimina a possibilidade dos dois basaltos terem sido submetidos a graus de cristalização fracionada muito diferentes, o modelo que melhor explica as diferenças entre os dois basaltos é um diferente grau de fusão da fonte (White *et al.*, 1979). Segundo White *et al.* (1979), os toleítos deverão resultar de, aproximadamente, o dobro da fusão que origina os basaltos alcalinos de forma a explicar o enriquecimento destes em LILE. Ainda segundo os mesmos autores, a riqueza em LREE dos basaltos alcalinos relativamente ao toleítos e a semelhança nas concentrações em terras raras pesadas (HREE) em ambos os basaltos, poderá explicar-se pela existência de granada na fonte.

Menos controversa é a génese das lavas ácidas encontradas nas ilhas, dado que as características que distinguem os basaltos das várias ilhas, distinguem também as rochas mais evoluídas, sugerindo a existência de uma relação genética entre ambas. Deste modo, as lavas ácidas parecem ser o produto de uma extensiva cristalização fracionada dos líquidos parentais em reservatórios magmáticos subsuperficiais (White *et al.*, 1979).

### **2.3.1.6 | Caracterização geológica da ilha Graciosa**

#### **2.3.1.6.1 | Modelado vulcânico e tectónica**

A ilha Graciosa, com uma forma alongada, condicionada pelo Ritte da Terceira, tem 13km de comprimento por 7km de largura, correspondendo a uma área superficial na ordem dos 61,6km<sup>2</sup>. A Graciosa difere das restantes ilhas pelo facto de exibir cotas muito baixas, sendo o seu ponto mais alto aos 402m, situado a Sul do vértice geodésico da Caldeira E.

Do ponto de vista geomorfológico, individualizam-se quatro zonas com características distintas (Ferreira, 1968; Zbyszewski, 1970; Zbyszewski et al., 1972; Gaspar, 1996): (1) O Maciço da Caldeira, que corresponde a um vulcão central com caldeira, posicionado na extremidade SE da ilha; (2) a Serra da Fontes com alongamento NW-SE e flancos E e S bastante escarpados; (3) o Maciço Centro-Meridional que é constituído pela Serra Dormida e pela Serra Branca e (4) a Plataforma NW, apresentando vários cones de escórias dispersos numa vasta área de baixa altitude e de relevos suaves.

O Maciço da Caldeira, no extremo SE da ilha, apresenta um alongamento NW-SE e é limitado a NW por uma depressão que se estende desde a costa Norte à costa Sul. No topo do maciço encontra-se uma caldeira, com a profundidade de 350m, que tem forma oval e a mesma orientação do maciço, com uma dimensão de cerca de 1625m de comprimento e 875m de largura (Zbyszewski *et al.*, 1972).

No interior da caldeira existem cones de pequena dimensão e na sua extremidade SE temos ainda uma cavidade vulcânica, Furna do Enxofre, que possui um lago e um campo fumarólico no seu interior.

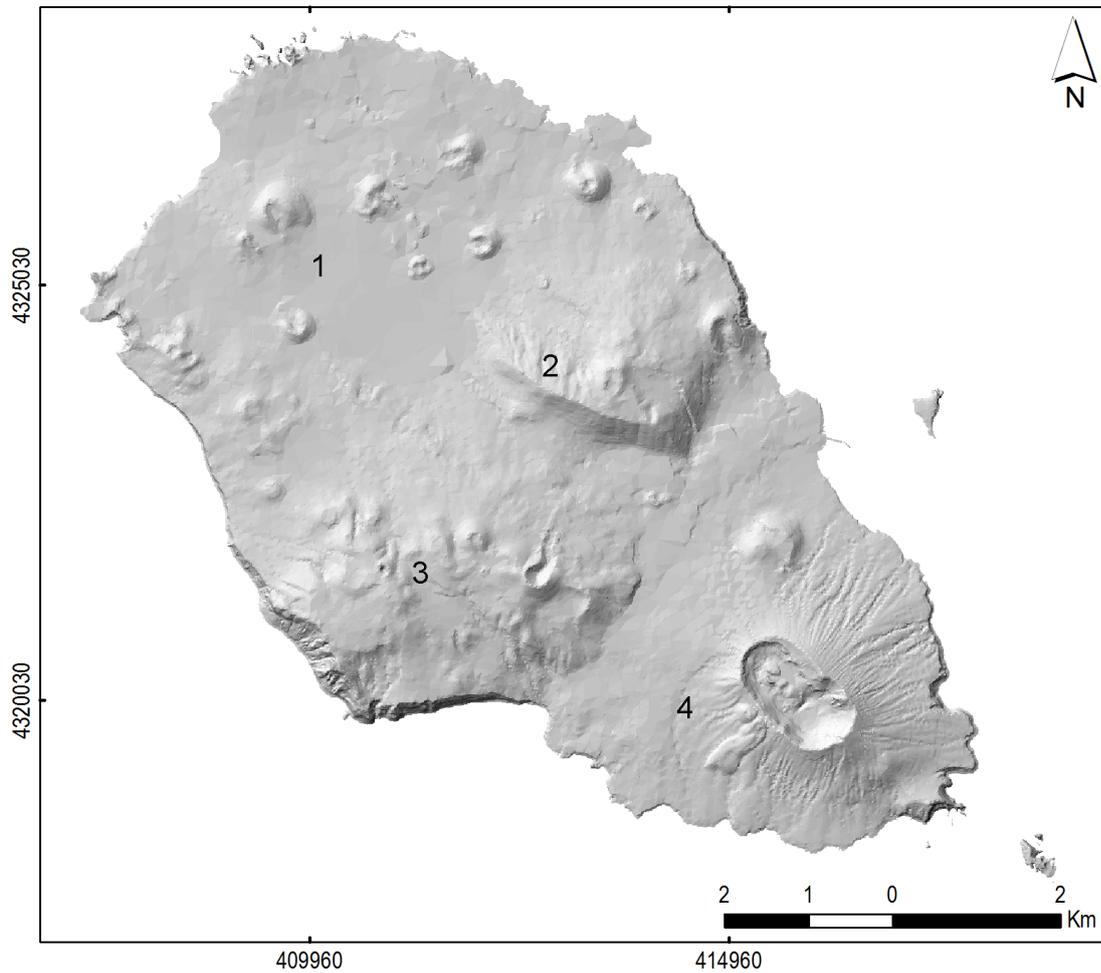
A Serra das Fontes, situada no centro da ilha a NE do Maciço Centro-Meridional, tem uma forma arredondada, altura máxima de 375m (Pico do Facho) e vertentes S e E abruptas, o que segundo Gaspar (1996) sugere a existência de uma escarpa de falha (*in* França *et al.*, 2005).

O Maciço Cento-Meridional, também designado por unidade geomorfológica Serra Branca-Serra Dormida, é composto por dois maciços separados por uma depressão NW-SE. No topo da Serra Dormida são observáveis alguns cones, com crateras, alinhados segundo NW-SE. A altitude máxima da Serra Dormida encontra-se no Pico do Timão (389m). A vertente SW da Serra Branca, de declive abrupto, constitui uma considerável escarpa de falha que se prolonga até ao mar. A cota máxima da Serra Branca encontra-se aos 360m no Pico das Caldeirinhas.

A Plataforma NW, como referido anteriormente, é uma área de baixa altitude, com cotas a rondar os 50m, com pouco mais de 30 cones de escórias e cuja altitude máxima está expressa no Cabeço das Caldeiras aos 181m. Como o próprio nome indica, situa-se na extremidade Noroeste da ilha.

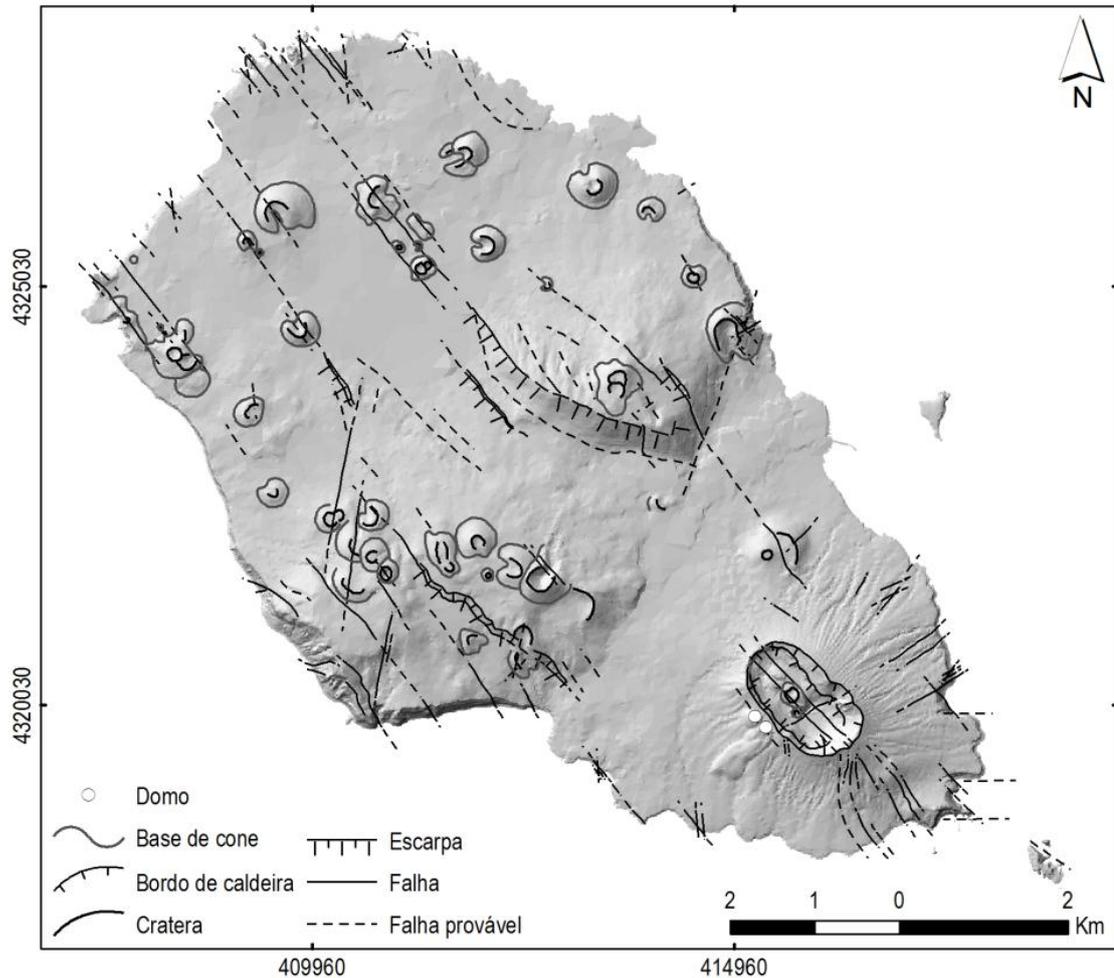
A rede hidrográfica da ilha Graciosa encontra-se um pouco dispersa, sendo que nas zonas montanhosas é onde têm maior representatividade, isto é, no Maciço da Caldeira e no Maciço Centro-Meridional. Na restante ilha a rede hidrográfica é incipiente e dispersa, com uma densidade de drenagem muito baixa.

O regime geodinâmico regional encontra-se bem expresso nas principais estruturas tectónicas identificadas na Graciosa (Figura 2.3.6). O sistema dominante de direção NW-SE inclui duas famílias de falhas inclinadas para NE e SW, respetivamente, e apresenta uma acentuada componente normal, como se pode observar pela notável expressão geomorfológica das escarpas de falha de direção geral NW-SE, possivelmente associada a uma componente de desligamento direito. Um segundo conjunto de fraturas revela direção aproximada N-S e engloba falhas inclinadas para E e W, caracterizadas por possuir movimentação normal. Apesar de tais sistemas de falhas terem controlado fortemente o vulcanismo registado na Graciosa, facto demonstrado pela direção da maioria dos filões, pelos alinhamentos dos cones de escórias e pela morfologia da caldeira do Vulcão Central, a ilha é ainda afetada por um vasto leque de acidentes tectónicos com orientações que variam desde NNE-SSW a E-W, alguns dos quais com movimentação inversa.



Fonte: Gaspar, 1996

**Figura 2.3.6** | Modelo digital de terreno da ilha Graciosa, com indicação das quatro unidades geomorfológicas da ilha: 1 - Plataforma NW, 2 - Serra das Fontes, 3 - Maciço Centro-meridional, 4 - Maciço da Caldeira.



Fonte: Gaspar, 1996

Figura 2.3.7 | Esboço vulcano-tectónico da ilha Graciosa.

### 2.3.1.6.2 | Geologia

Com uma idade superior a 620 000 anos o registo geológico da ilha Graciosa consta de uma sucessão de produtos vulcânicos organizados nas seguintes unidades vulcanoestratigráficas, da mais antiga para a mais recente (Gaspar, 1996):

Complexo Vulcânico da Serra das Fontes – Inclui as rochas aflorantes mais antigas conhecidas na ilha Graciosa, que correspondem a uma sucessão de escoadas lávicas subaéreas de natureza basáltica (*s.l.*) relacionadas com um antigo vulcão em escudo ( $620\ 000 \pm 120\ 000$ , Féraud *et al.*, 1980).

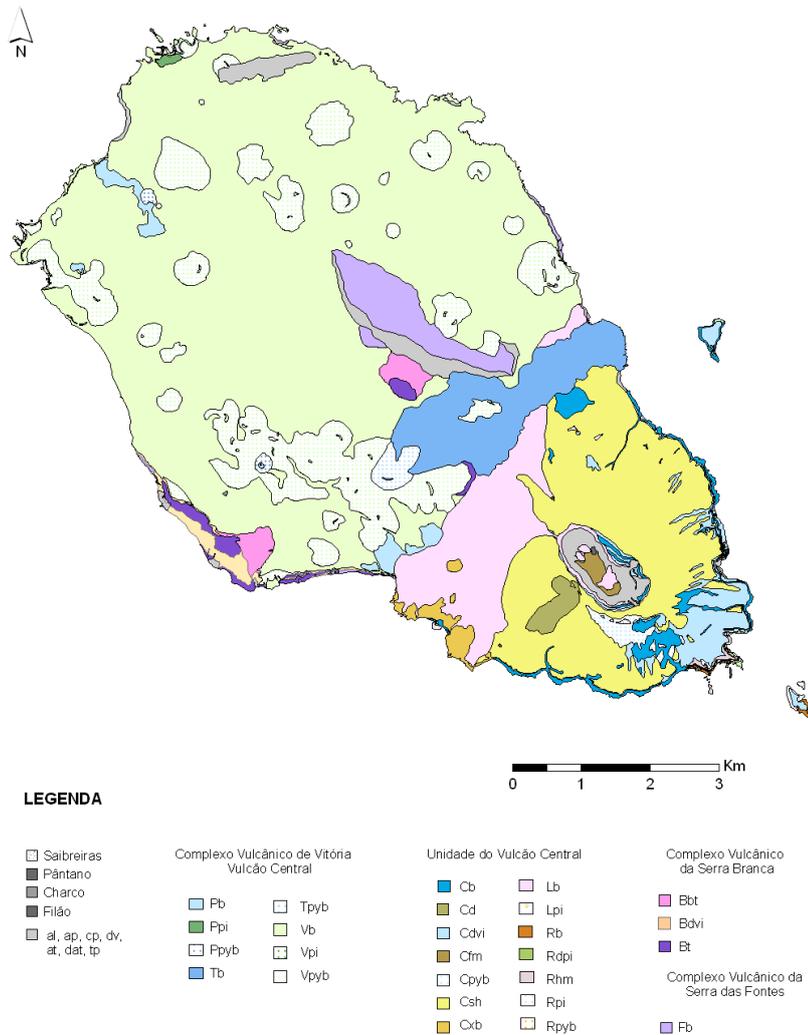
Complexo Vulcânico da Serra Branca – Inclui as rochas correspondentes ao núcleo do designado Maciço Centro-meridional ( $350\ 000 \pm 40\ 000$ , Féraud *et al.*, 1980). Predominam os produtos vulcânicos evoluídos, incluindo espessas escoadas lávicas e numerosos depósitos vulcanoclásticos de natureza traquítica (*s.l.*). Nestes últimos, englobam-se depósitos de pedra-pomes de queda, depósitos piroclásticos de fluxo e, possivelmente, lahars. No topo da sequência são comuns os depósitos epiclásticos, nalguns casos extremamente compactados, formando brechas. Os produtos do

Complexo Vulcânico da Serra Branca encontram-se geralmente cobertos por escoadas lávicas e piroclastos de formações mais recentes (Gaspar, 1996).

Complexo Vulcânico de Vitória - Vulcão Central – No complexo vulcânico mais recente da ilha Graciosa distinguem-se duas unidades que têm vindo a ser edificadas simultaneamente, diferindo entre si quanto ao enquadramento geológico e tipo de atividade vulcânica predominante (Gaspar, 1996):

Unidade da Vitória – É formada por piroclastos e as escoadas lávicas de natureza basáltica (s.l.) que constituem a Plataforma NW e cobrem parcialmente a Serra das Fontes e o Maciço Centro-meridional.

Unidade do Vulcão Central – É formada pelos depósitos vulcânicos associados aos diferentes centros eruptivos da região SE da ilha onde pontuam cones de escórias, cones de tufo e um vulcão central com caldeira. Esta formação inclui produtos de natureza basáltica (s.l.) a traquítica (s.l.), com origem numa grande diversidade de estilos eruptivos, o que se traduz na presença de escoadas lávicas e depósitos piroclásticos de queda e de fluxo.



Fonte: Gaspar, 1996

Figura 2.3.8 | Carta geológica da ilha Graciosa.

### 2.3.2 | Geomorfologia

As ilhas açorianas exibem aspetos geomorfológicos muito diversificados, consoante os tipos de erupção que estiveram na sua origem. O vulcanismo e a tectónica regional e local explicam o alinhamento das ilhas e a disposição dos principais aparelhos eruptivos, enquanto que as formas de relevo são condicionadas, essencialmente, pelos estilos eruptivos (efusivos e explosivos), pela dinâmica evolutiva e pelo estado mais ou menos avançado dos processos de erosão. O grau de alteração depende da natureza dos materiais, da topografia e das condições climáticas, designadamente da intensidade da precipitação.

A paisagem dos Açores é caracterizada, em traços gerais, pela orografia vigorosa, onde a elevada altitude está associada ao acidentado do relevo. As ilhas apresentam, em geral, grande desenvolvimento vertical: o interior montanhoso encontra-se rasgado por vales que entalham as encostas até ao nível do mar. As superfícies planas são pouco desenvolvidas, sem grande representação no território insular, com exceção de Santa Maria (setor Oeste), São Miguel (plataforma de Ponta Delgada e *Graben* da Ribeira Grande) e da Terceira (*Graben* das Lajes). As regiões planálticas têm algum desenvolvimento nas Flores (Planalto Central), Pico (Planalto da Achada) e na metade oriental da ilha de São Miguel (Planalto dos Graminhais e Achada das Furnas).

Na orla costeira das ilhas erguem-se altas e instáveis falésias que alternam, pontualmente, com plataformas litorais, constituídas por escoadas basálticas ou pelos materiais resultantes do desmoronamento das arribas adjacentes (fajãs detríticas). Os substratos rochosos e as praias de calhau são predominantes e só interrompidos por pequenos areais. O traçado da linha de costa apresenta-se retilíneo nos segmentos modelados pelos sistemas de falhas e bastante recortado ou mesmo irregular nos troços confinados às formações lávicas, onde se formam baías e enseadas abrigadas.

A regularidade dos episódios eruptivos faz com que as ilhas sejam pouco evoluídas em termos geomorfológicos (Azevedo, 1998). O crescimento dos corpos insulares resulta da coalescência e sobreposição de numerosos edifícios vulcânicos, com formas e dimensões muito variadas. A implantação de novos aparelhos vulcânicos, ou a reativação de alguns pré-existentes, leva à recobertura das formações antigas, alterando a configuração da topografia original.

As grandes linhas geomorfológicas dependem da alternância de centros emissores. Nos sistemas vulcânicos menos evoluídos, o magma ascende diretamente à superfície, originando vulcanismo fissural, com formação de domos e cones de escórias, orientados segundo o alinhamento das principais falhas. Por sua vez, nos pontos de interseção de estruturas tectónicas com carácter distensivo, de escala oceânica e regional, ocorre a edificação de vulcões centrais, aparelhos imponentes que se destacam na paisagem pela altitude e declives acentuados. O colapso e/ou explosão das câmaras magmáticas resulta frequentemente na formação de caldeiras, estruturas depressivas de grande amplitude e profundidade, algumas ocupadas por turfeiras ou lagoas permanentes. Estas bacias endorreicas desempenham funções reguladoras da hidrologia insular, promovendo a recarga dos aquíferos e a formação de complexos de nascentes.

A altitude máxima das ilhas oscila entre 402m na Graciosa e 2 351m no Pico, onde se encontra o ponto mais alto de Portugal (Montanha do Pico). A distribuição da superfície do arquipélago por classes de altitude mostra que, aproximadamente metade do território regional apresenta cotas inferiores a 300m e 45% da superfície encontra-se entre 300 e 800m de altitude. Santa Maria e Graciosa são as ilhas com cotas mais baixas, enquanto que no Pico cerca de 16% da área ultrapassa 800m de altitude. As restantes ilhas ostentam maior regularidade quanto à distribuição altimétrica.

Neste enquadramento geomorfológico, importa focalizar a análise nos traços dominantes que caracterizam a fisiografia da Graciosa. A parte emersa desta ilha, com um volume estimado de 7,4km<sup>3</sup>, descreve uma configuração aproximadamente elíptica. O coeficiente de circularidade de Gravelius ( $K_c$ ), definido pela razão entre a superfície da ilha e a área de um círculo de igual perímetro, indica que a Graciosa apresenta uma forma compacta ( $K_c = 1,4$ ). Com uma orientação predominante de NO-SE, a ilha tem um comprimento e uma largura máximas de 12km e de 8km, respetivamente. A orla costeira, com cerca de 44km, é geralmente baixa e bastante recortada, formando baías e pequenas enseadas abrigadas.

A altitude máxima da Graciosa (402m) é atingida no bordo Sudeste da Caldeira. Atendendo à distribuição altimétrica (Figuras 2.3.9 e Figura 2.3.10 e Quadro 2.3.2), verifica-se que cerca de 80% da superfície insular apresenta cotas inferiores a 200 m e 14% situa-se entre 300m e 400m de altitude, estando os restantes 6% acima deste valor. Os núcleos habitacionais desenvolvem-se quer na faixa costeira como no interior aplanado da ilha, o que não acontece nas restantes ilhas dos Açores.

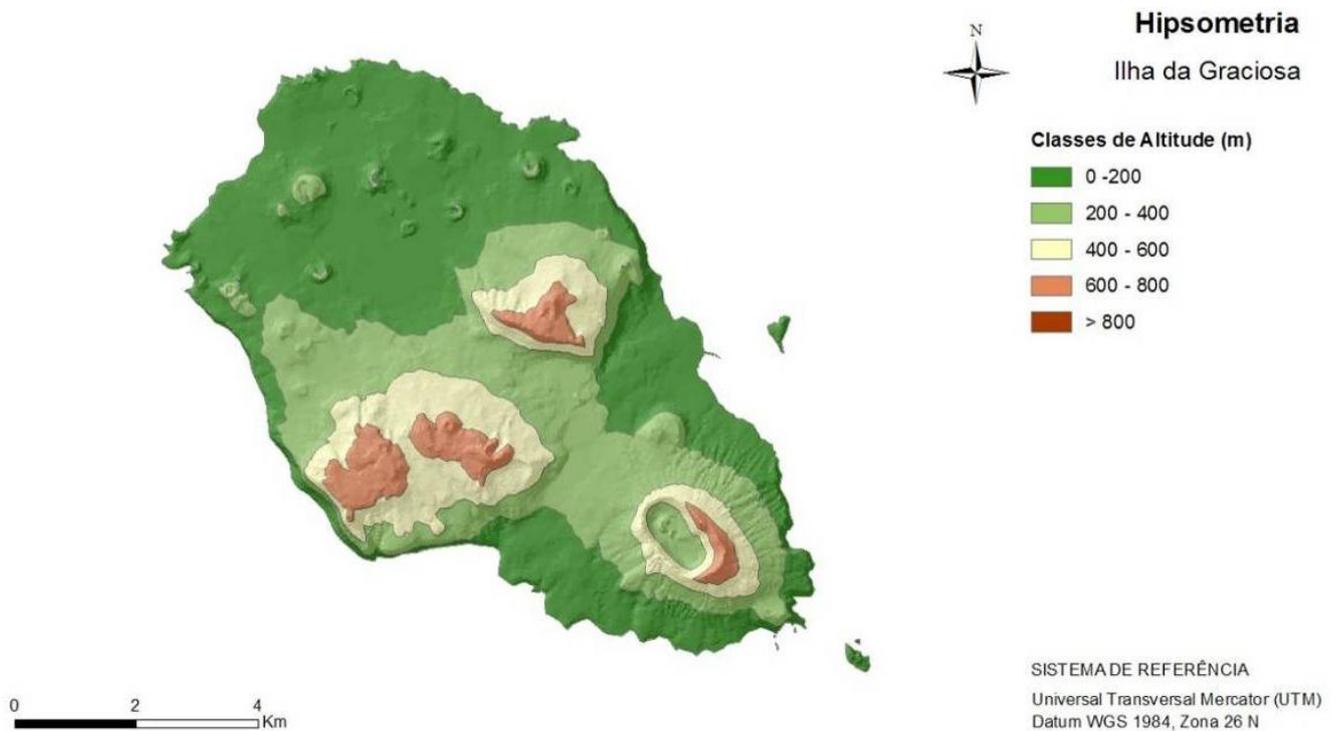


Figura 2.3.9 | Carta hipsométrica da ilha Graciosa.

Quadro 2.3.2 | Distribuição altimétrica da ilha Graciosa

Classes de Altitude (m)	Área (Km <sup>2</sup> )	% da ilha
> 0	61,1	100,0
> 100	30,2	49,4
> 200	12,1	19,8
> 300	3,5	5,7
> 400	0,1	0,2

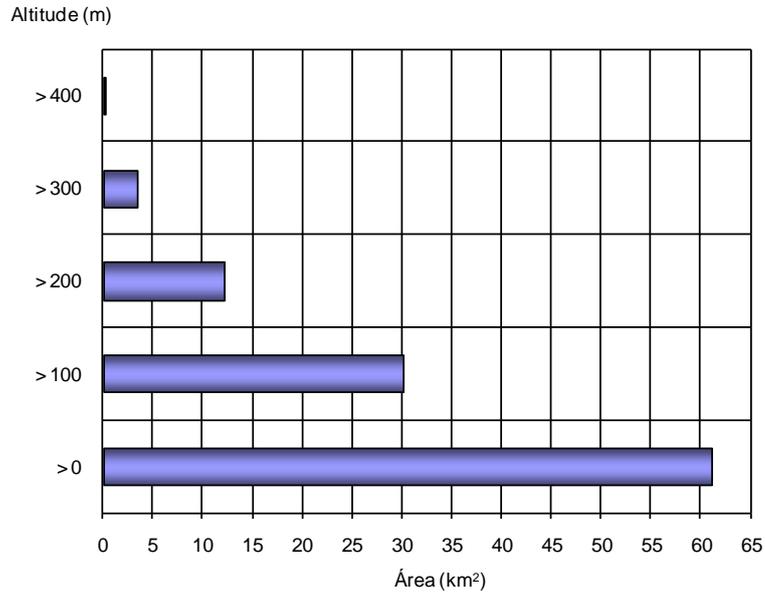


Figura 2.3.10 | Histograma hipsométrico da ilha Graciosa.

Quanto à declividade (Figura 2.3.11 e Quadro 2.3.3), constata-se que perto de 35% da superfície da Graciosa tem declives suaves (<8%), com uma representação bastante mais expressiva em toda a zona NO da ilha (Guadalupe, Vitória e Santa Cruz). Por sua vez, cerca de 32% do território insular apresenta declives muito acentuados e escarpados, sobretudo nos flancos interiores da Caldeira, na costa Sudoeste e na Serra das Fontes. Os restantes 33% correspondem a áreas com declives moderados a acentuados que se encontram dispersas pelos diferentes setores da ilha.

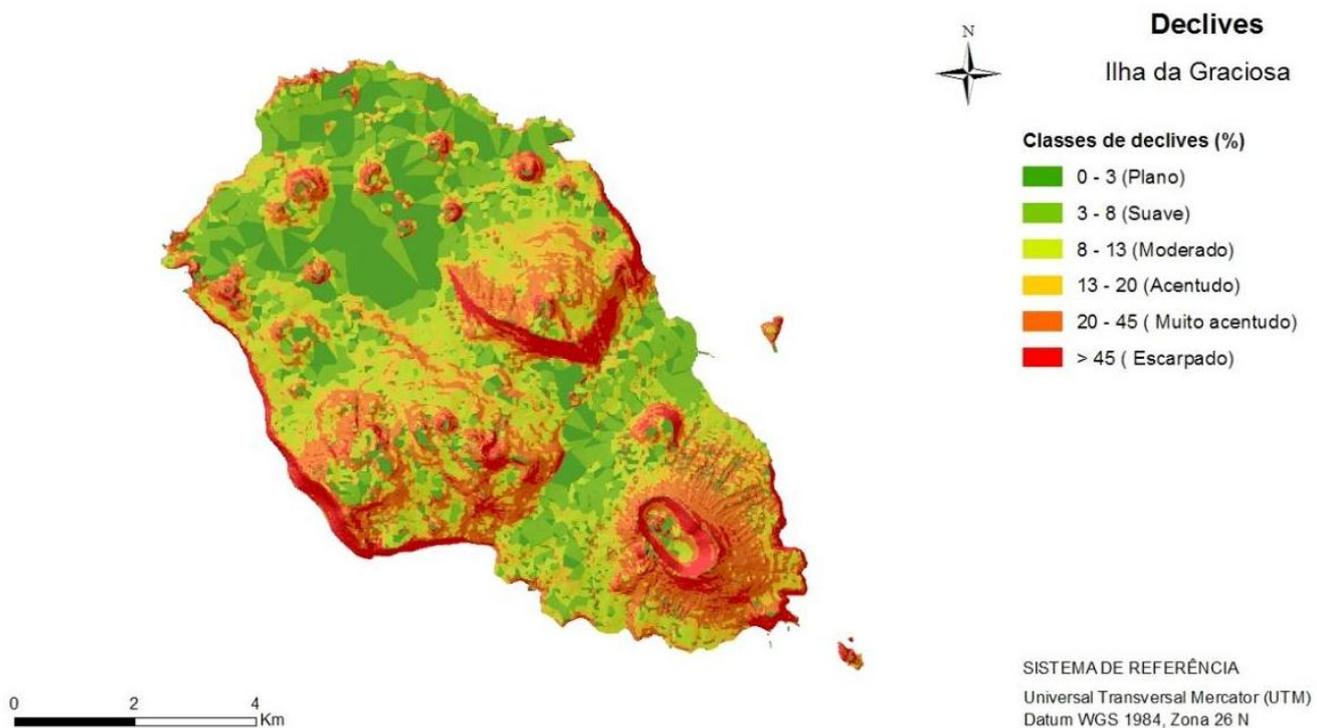


Figura 2.3.11 | Carta de declives da ilha Graciosa.

Quadro 2.3.3 | Distribuição dos declives da ilha Graciosa

Classes de Declive (%)		Área (Km <sup>2</sup> )	% da ilha
0 - 3	Plano	11,0	17,9
3 - 8	Suave	10,4	17,0
8 - 13	Moderado	10,7	17,4
13 - 20	Acentuado	9,7	15,8
20 - 45	Muito acentuado	14,0	22,8
> 45	Escarpado	5,6	9,2

A carta de exposições da Graciosa (Figura 2.3.12) demonstra que não existe uma orientação predominante das vertentes, devido à presença de vastas superfícies planas. Contudo, o maciço da Caldeira faz a separação das encostas voltadas a NE e SE.

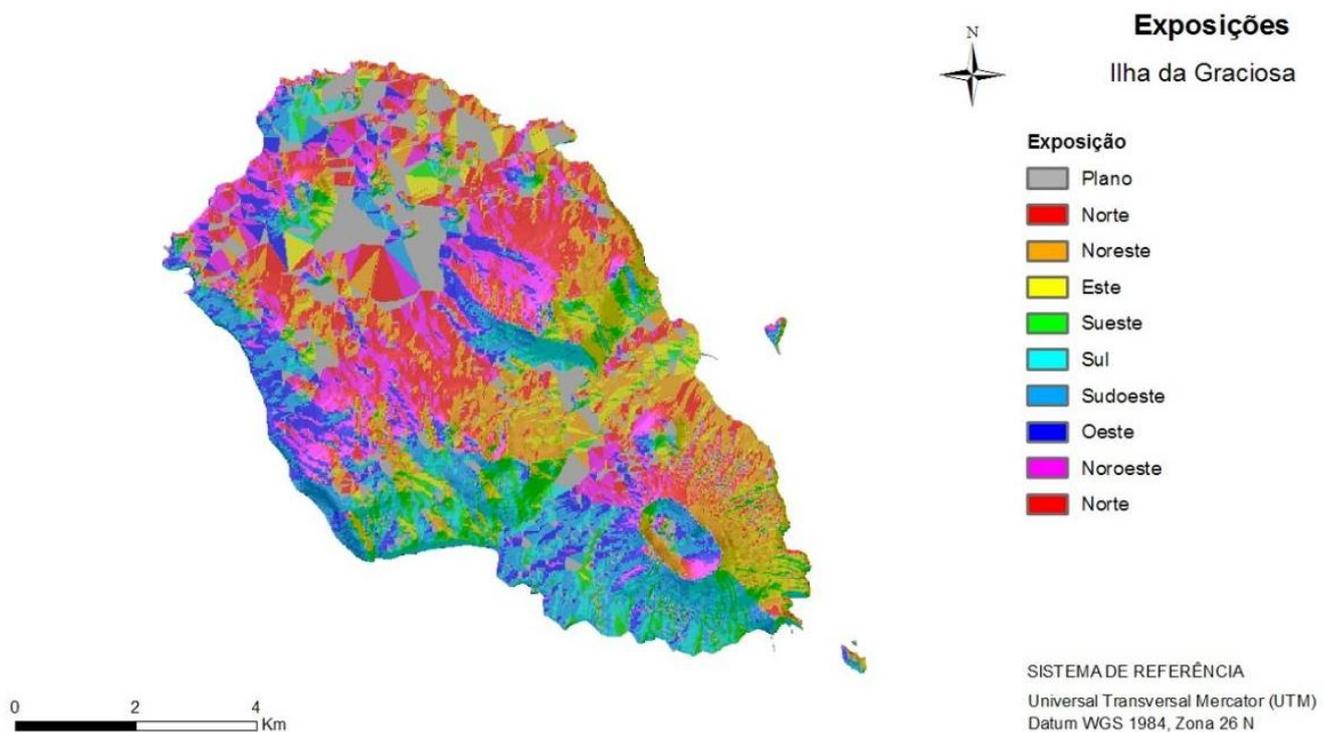
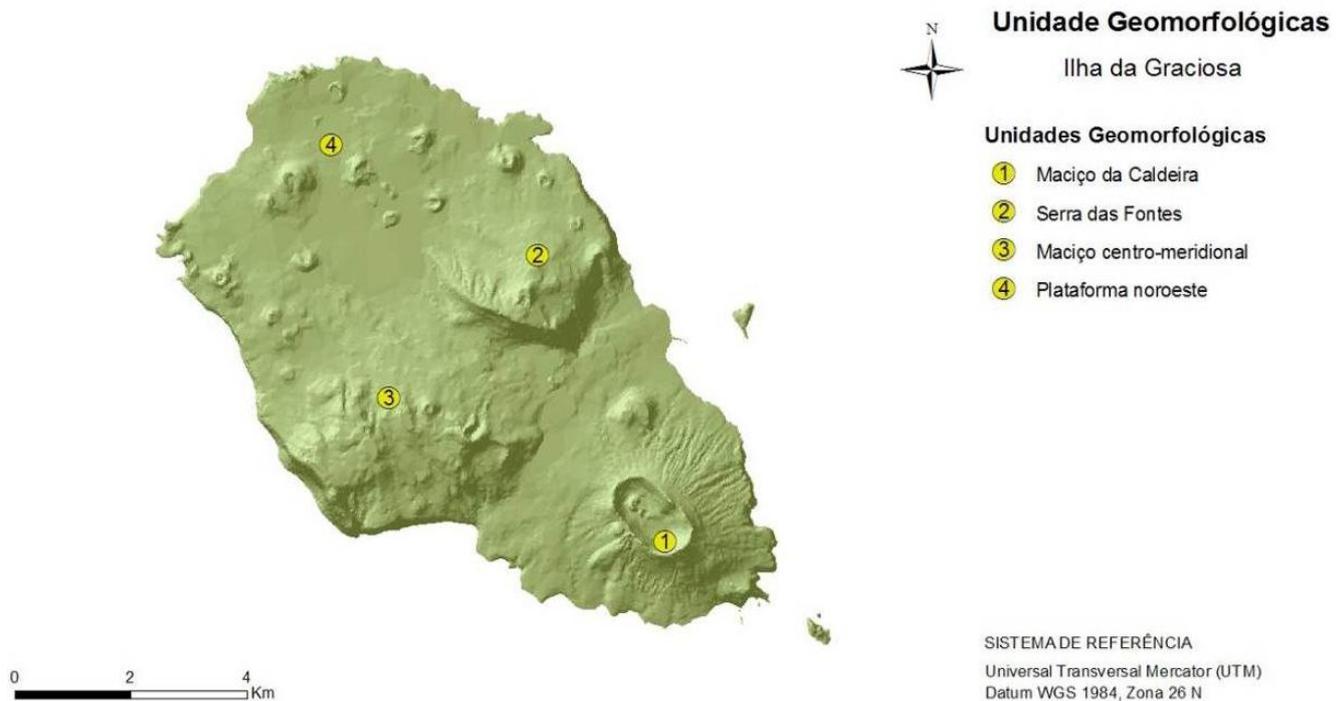


Figura 2.3.12 | Carta de exposições da ilha Graciosa.

Em síntese e de acordo com o CVARG (2010), a ilha Graciosa compreende as seguintes unidades geomorfológicas (Figura 2.3.13):

- (1) Maciço da Caldeira;
- (2) Serra das Fontes;

- (3) Maciço centro-meridional;
- (4) Plataforma Noroeste.



**Figura 2.3.13** | Carta das unidades geomorfológicas da ilha Graciosa.

- (1) O Maciço da Caldeira, situado na parte SE da ilha, encontra-se o separado das Serras das Fontes, Branca e Dormida por uma depressão com orientação geral NE-SW, que se estende desde a Vila da Praia (costa Norte) até à Baía da Folga (costa Sul). Esta estrutura vulcânica apresenta uma forma alongada, segundo a direção NW-SE, existindo na sua parte superior uma caldeira dupla, de forma oval e com cerca de 1 625m de comprimento, 875m de largura máxima e 350m de profundidade (Zbyszewski *et al.*, 1972). O bordo da Caldeira é dissimétrico, sendo mais alto na extremidade SE, com uma cota máxima de 404m, enquanto que na extremidade NW atinge apenas 250m de altitude. No interior da caldeira existem alguns cones de pequenas dimensões e na extremidade SE encontra-se a Furna do Enxofre, uma gruta de origem vulcânica que possui no seu interior um lago e um campo fumarólico.
- (2) A Serra das Fontes está situada na região central da ilha e a NE das Serras Branca e Dormida. Tem uma configuração arredondada, atingindo a altitude máxima de 375m no Pico do Facho. Dos aspetos peculiares destacam-se os seus abruptos flancos Sul e Este.
- (3) O Maciço centro-meridional é constituído pelas Serras Branca e Dormida que estão separadas por uma pequena depressão com orientação NW-SE. A Norte desta depressão encontra-se a Serra Dormida e a encimá-la existem alguns cones com crateras, alinhados segundo uma direção NW-SE. A altitude máxima atinge-se no Pico do Timão (308m). Por seu turno, a Serra Branca, com uma cota máxima de 360m (Pico das

Caldeirinhas), apresenta no flanco SW arribas costeiras escarpadas que alcançam uma altura considerável (150m).

- (4) A Plataforma Noroeste desenvolve-se a baixa altitude, com cotas que rondam os 50m, onde sobressaem, amiúde, mais de 3 dezenas de cones de escórias, os maiores dos quais possuem vertentes declivosas. Destaca-se o Cabeço das Caldeiras, cuja altitude máxima é de 181m.

### 2.3.3 | Tipos de solo

Atendendo à natureza vulcânica do Arquipélago dos Açores, os solos das ilhas apresentam características peculiares que expressam os tipos de materiais que estão na sua origem. Globalmente, trata-se de solos modernos que evoluíram sob condições de clima atlântico temperado e húmido, podendo ser designados de acordo com a nomenclatura proposta por Ricardo *et al.* (1979):

- Litossolos;
- Solos Litólicos (Húmicos e Não-Húmicos);
- Regossolos (Cascahentos, Psamíticos e Pulverulentos);
- Solos Rególicos (Cascahentos, Psamíticos e Pulverulentos);
- Aluvissolos;
- Coluvissolos;
- Andossolos (Saturados, Insaturados e Ferruginosos);
- Barros (Pretos e Pardos);
- Solos Mólicos (Solos Mólicos Pardos);
- Solos Pardos (Normais, Ândicos, Ácidos, Francamente Lavados);
- Solos Orgânicos.

Os Litossolos, Solos Litólicos, Regossolos e os Solos Rególitos são os solos menos evoluídos, formados por materiais não consolidados e grosseiros. Estão associados aos locais de ocorrência de mantos extrusivos, relativamente recentes, com superfícies irregulares e com aspeto escoriáceo e ruiforme. Encontram-se, em parte, cobertos por camadas muito delgadas de piroclastos e/ou material resultante da sua meteorização. Conhecidos regionalmente pelas designações de “mistério” ou “biscoito” (Ricardo *et al.*, 1979), são solos pedregosos e pobres, com baixo valor agronómico.

Os Andossolos são os solos com maior representação no Arquipélago dos Açores e derivam de materiais piroclásticos. Na fração argilosa destes solos existem materiais de fraca ordenação estrutural, especialmente alofanos, imogolite, sílica opalina e ferrihidrite (Azevedo, 1963; Pinheiro, 1990). Estes materiais conferem propriedades muito distintas das

propriedades de outros solos minerais, como a baixa densidade aparente, porosidade elevada, dificuldade de dispersão, elevada capacidade de retenção de água, alteração irreversível após a secagem, grande poder de fixação de fosfatos, carga variável elevada associada a altos valores de pH em NaF e baixo teor em bases.

Os perfis dos Andossolos podem apresentar-se pouco diferenciados, sendo de tipo A-C para os Andossolos Vitrícos ou de tipo A-Bw-C para os mais evoluídos (Pinheiro, 1990). Com certa frequência, os perfis são mais complexos devido à existência de solos soterrados resultantes da intermitência da atividade vulcânica. Em domínios climáticos marcados pela grande abundância de água, pode ainda ocorrer, a uma profundidade que varia entre 15cm e 40cm, a acumulação de sesquióxidos de ferro, parcialmente cimentada e, por vezes, com características de um verdadeiro horizonte plácico. Segundo Madruga (1995), este tipo de horizonte que, de uma maneira geral, se encontra associado a condições de drenagem deficiente, pode surgir na transição entre duas camadas de igual idade e textura, sob solos orgânicos, ou mesmo em situações que envolvem descontinuidades litológicas.

Os Barros são solos tipicamente com perfil A(B)C, de textura fina pelo menos no horizonte B e teor em argila inferior a 30% e ainda, predominância de minerais do grupo da montemorilonite, responsável pelo fendilhamento nas épocas secas (Ricardo *et al.*, 1979).

Os Solos Mólicos têm perfil mais ou menos diferenciado, com o horizonte A mólico e a que faltam as características típicas dos Andossolos e dos Barros (Ricardo *et al.*, 1979).

Os Solos Pardos, de cor pardacenta apresentam um perfil A(B)C, com horizonte A não mólico, um teor em alofanas inferior a 15% na sua fração argilosa, baixa presença de minerais montemoriloníticos e as frações de minerais têm diâmetro inferior a 7,5cm. Estes solos possuem menos de 60% de piroclastos de natureza vitrosa (Ricardo *et al.*, 1979).

Os Solos Orgânicos são formados em condições de saturação hídrica, permanente ou quase permanente e em zonas sujeitas a temperaturas relativamente baixas. Em geral, apresentam pequena espessura e são constituídos por matéria orgânica com características das turfas ácidas (Ricardo *et al.*, 1979).

A Graciosa é a ilha menos acidentada do Arquipélago dos Açores. No entanto, apresenta um relevo especialmente acentuado na região meridional, podendo ser dividida em duas partes: uma relativamente montanhosa, que abrange as freguesias da Praia e da Luz e a outra sensivelmente plana, constituída pelas freguesias de Santa Cruz e de Guadalupe. Do ponto de vista da sua formação, podem ser definidas quatro principais unidades, a que estão associados um ou mais tipos de solo: o Maciço da Caldeira, as Serras Branca e Dormida, a Serra das Fontes e a região baixa do NW (Figura 2.3.14).

Na encosta exterior da Caldeira e na parte mais aplanada do seu interior encontram-se Solos Pardos, mais evoluídos (Belérique, 1993), com perfil que varia entre 76cm e 1m de profundidade e sempre com um horizonte superficial A, com espessura compreendida entre 12cm e 22cm. Verifica-se, também, um horizonte Bw, de cor pardo escura, a profundidades muito variáveis e com espessura que entre 34cm e 70cm. Nestes solos os horizontes de material mais evoluído são tixotrópicos, libertando água muito facilmente quando se comprime a amostra entre os dedos. A densidade aparente é quase sempre superior à unidade. Possuem menor capacidade de retenção para a água, uma fração argilosa superior e menor teor de matéria orgânica, quando comparados com outros tipos de solos presentes na ilha. Trata-se de solos com uma taxa de infiltração média, originando algum escoamento superficial e que, segundo a classificação hidrológica do *Soil Conservation Service* (SCS), são solos do tipo C.

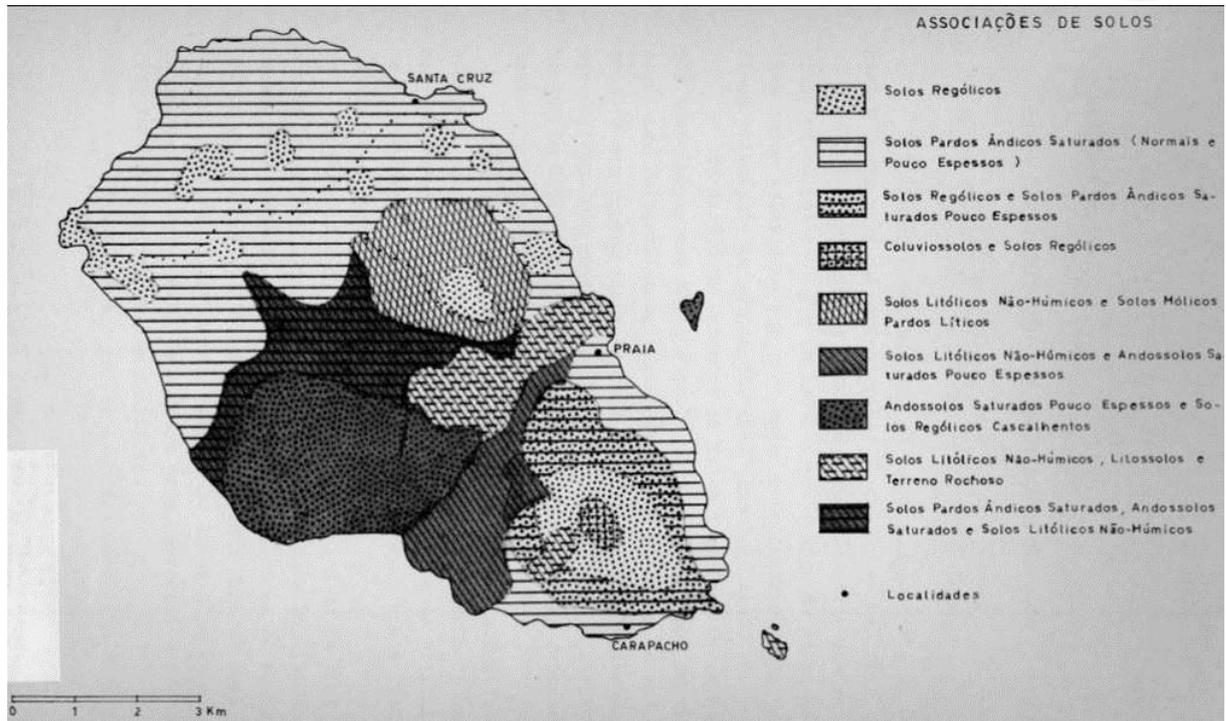
Na restante encosta exterior à Caldeira ocorrem manchas alternadas de Regossolos e de Solos Rególicos (Belerique, 1993). Ao longo da encosta verificam-se, dado o seu elevado declive, focos de erosão não latente, podendo originar solos profundos e evoluídos junto aos muros inferiores. Nos cones secundários do interior da Caldeira encontram-se Solos Rególicos com perfil pouco evoluído e que apresentam um horizonte A com 10 cm de profundidade, ao qual se segue um horizonte AC.

Quanto à Serra Banca, verifica-se que a base do Pico das Caldeirinhas é constituída por Solos Rególicos que se prolongam em direção à zona costeira, enquanto na parte superior existem Regossolos desprovidos de qualquer horizonte A (Belerique, 1993). Na área compreendida entre estes dois extremos, encontra-se uma alternância de Solos Rególicos e Regossolos. Os Solos Rególicos ocorrem também nos cones de escórias, quer sobre materiais piroclásticos grosseiros, quer sobre piroclastos finos (Medina e Grilo, 1981). Genericamente, os Solos Rególicos existentes nesta zona da ilha são solos pouco evoluídos, formados por materiais não consolidados de natureza piroclástica, com muitos elementos grosseiros e com dimensões de pedra miúda. Os Regossolos são provenientes de material originário da mesma natureza que os Solos Rególicos, tendo o mesmo tipo de perfil mas com a diferença de não existir um horizonte A bem diferenciado em pelo menos 10cm de profundidade. Estes solos, devido à sua textura grosseira, possuem uma boa taxa de infiltração, sendo solos do tipo A.

Os Litossolos ocorrem geralmente sobre lavas muito recentes e/ou em áreas muito declivosas e erosionadas, como é o caso das vertentes interiores da Caldeira. O perfil não possui horizontes genéticos e a rocha encontra-se inalterada até cerca de 10cm de profundidade. Com efeito, são solos pedregosos e ocorrem associados a afloramentos rochosos (Belerique, 1993). Podem também ser encontrados sobre as lavas basálticas da Praia e sobre as lavas do Fragoso, assim como nas encostas das Serras das Fontes e Dormida (Medina e Grilo, 1981). Devido à sua constituição física, apresentam uma elevada capacidade de infiltração e um fraco escoamento superficial, sendo, por isso, solos tipo A.

Na Serra Branca, designadamente numa faixa acima dos Solos Pardos (entre 325m e 350m de altitude) encontram-se Andossolos Típicos (Belerique, 1993). São constituídos por materiais piroclásticos de natureza basáltica, com profundidades compreendidas entre 80cm e 94cm. Estes solos não são muito complexos e resultam de diferentes fases de vulcanismo. Possuem uma capacidade utilizável para a água e valores de densidade aparente por volta de 0,75. Devido à sua composição física e textura fraco-limosa, estes solos apresentam uma taxa de infiltração média, podendo originar algum escoamento superficial, sendo classificados como solos tipo B.

Por último, os Solos Mólicos encontram-se em correspondência com rocha basáltica ou com materiais piroclásticos e ocorrem na Serra das Fontes, bem como em diversos locais da região mais aplanada do NW da ilha. Constituem de solos tipo B, uma vez que são geralmente pouco espessos (Medina e Grilo, 1981) e podem originar algum escoamento superficial.



Fonte: Medina e Grilo (1981)

Figura 2.3.14 | Carta dos principais tipos de solos da ilha Graciosa.

## 2.3.4 | Hidrogeologia

### 2.3.4.1 | Enquadramento regional

#### 2.3.4.1.1 | Caracterização hidrogeológica

A importância dos recursos hídricos no arquipélago dos Açores pode ser inferida a partir do contributo para o abastecimento público de água, estimado em cerca de 98% (Cruz & Coutinho, 1998). Esta proporção relativa da água subterrânea pode ser considerada como muito elevada, e é superior à verificada em Portugal continental e nos países da UE. O facto de algumas ilhas estarem totalmente dependentes das origens de água subterrânea para o abastecimento público contribui, igualmente, para sublinhar esta importância.

Neste contexto, a água subterrânea é um recurso natural de importância estratégica, e o seu valor para a sociedade açoriana foi, desde a descoberta e povoamento das ilhas, indiretamente reconhecido pelas múltiplas utilizações deste recurso.

Em regiões vulcânicas, como os Açores, a ocorrência, circulação e armazenamento da água subterrânea apresenta especificidades bem contrastantes com outros meios geológicos, refletindo, desde logo, uma acentuada heterogeneidade e anisotropia. Estes aspetos particulares resultam em primeiro lugar da própria edificação das ilhas, a partir de inúmeras erupções vulcânicas de magnitude e tipologia diversas, e de fatores secundários, que podem incrementar ou diminuir o potencial original das formações rochosas como aquíferos, como a alteração ou a fracturação das rochas.

As condições hidrogeológicas observadas nas ilhas vulcânicas, ou nos aquíferos deste tipo em geral, relacionam-se primariamente com o tipo de formações vulcânicas que constituem o substrato regional. Uma descrição aprofundada destas condicionantes, quer primárias, quando são inerentes há génese e tipo de materiais emitidos pelos vulcões, quer secundárias, não se enquadra nos objetivos do presente trabalho, e dados adicionais podem ser encontrados em trabalho recente (Cruz, 2004).

Este comportamento específico é demonstrado pela diversidade de valores relativos aos parâmetros hidrodinâmicos observados nos aquíferos formados por sequências vulcânicas compostas por escoadas lávicas ou por depósitos piroclásticos. Neste contexto, os depósitos piroclásticos, resultantes de eventos vulcânicos de natureza explosiva, podem apresentar valores de porosidade entre 30% e 50%, gama que pode ser largamente excedida em formações de queda recentes constituídas por materiais grosseiros. Ao invés, valores muito reduzidos podem ser observados em depósitos de fluxo soldados. Por seu turno, em escoadas lávicas podem observar-se porosidades tipicamente entre 10% e 50% embora ocorram, igualmente, valores fora deste intervalo.

Os estudos de caracterização dos recursos hídricos regionais efetuados no âmbito da elaboração do PRA permitiram identificar e georeferenciar 1073 pontos de água, nomeadamente 950 nascentes, 40 poços e 83 furos de captação (Direção Regional do Ordenamento do Território e Recursos Hídricos (DROTRH) -INAG 2001). Os estudos de base que suportaram a realização do presente relatório permitiram a inventariação de 1 673 nascentes e 150 furos (Figura 2.3.15). Da Figura 2.3.15 pode verificar-se que a distribuição das nascentes no arquipélago patenteia grandes assimetrias, o que reflete a heterogeneidade inerente ao comportamento hidrogeológico do meio vulcânico, para além dos contrastes geomorfológicos e climáticos existentes.

No decurso da elaboração do PRA procedeu-se à definição dos vários sistemas aquíferos, com base nos fatores mais relevantes de índole geológica, nomeadamente a estratigrafia, a litologia e as condicionantes estruturais, e hidrogeológica, como os parâmetros hidrodinâmicos. Os resultados obtidos, e a sua relevância, serão abordados com maior pormenorização no subcapítulo 2.3.4.1 do presente relatório, uma vez que no âmbito do relatório de caracterização preliminar da RH9 a delimitação das massas de água subterrâneas assentou nestas unidades (DROTRH, 2006).

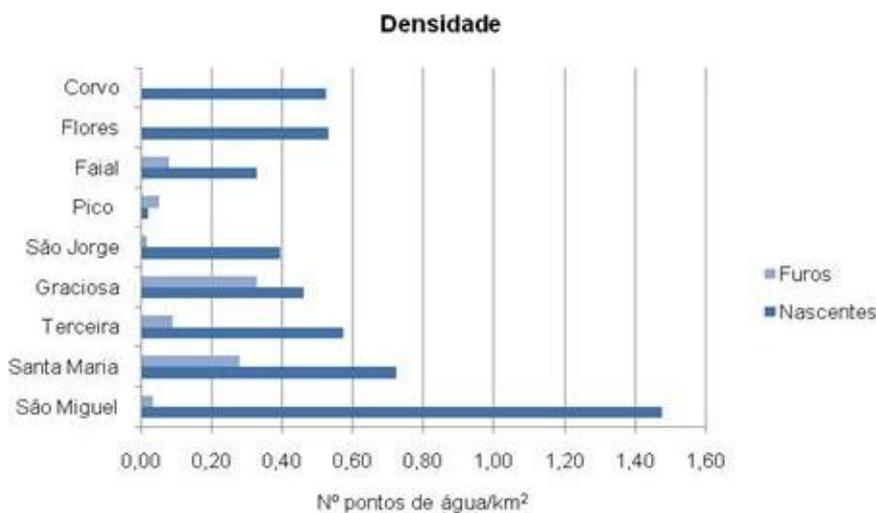


Figura 2.3.15 | Densidade associada à distribuição de pontos de água por ilha.

Em termos gerais, e de acordo com o postulado no PRA, estas massas de água podem ser constituídos por dois tipos principais de aquíferos: aquíferos de altitude (*perched*), limitados por filões ou outras discontinuidades, como por

exemplo níveis de piroclastos finos, paleossolos intercalados nas sequências de escoadas lávicas ou as zonas compactas das escoadas aa, e aquíferos basais, caracterizados por um gradiente hidráulico muito reduzido. Os primeiros dominam nas zonas altas das ilhas, e as nascentes relacionadas com estas formações, resultantes da sua descarga natural, permitem identificá-los.

Os aquíferos basais correspondem ao meio saturado geral da ilha, com superfície livre, flutuando sobre a água salgada mais densa, e cuja recarga resulta diretamente da precipitação eficaz ou da transferência hídrica a partir dos níveis aquíferos de altitude. Em numerosas ilhas vulcânicas, e nomeadamente nalgumas zonas dos Açores, a exploração dos recursos hídricos subterrâneos é feita a partir desta formação aquífera basal, limitada superiormente pelo nível freático e inferiormente pela interface.

No intuito de determinar os parâmetros hidrodinâmicos, tarefa imprescindível à caracterização dos aquíferos, procedeu-se à interpretação dos resultados de ensaios de bombeamento realizados em furos de captação, sempre que foi possível coligir estes dados relativamente às captações instaladas após 2001. Para tal recorreu-se à aplicação de algumas das aproximações clássicas de análise de resultados de ensaios de bombeamento, e sempre que as condicionantes identificadas por Cruz (2004) o permitiam. No que concerne ao tratamento da informação relativa aos furos instalados antes de 2001, retomaram-se, após validação, os valores apurados em Cruz (2001a).

Os valores determinados nos Açores denotam uma grande variabilidade, como expectável face à natureza do meio hidrogeológico. Os caudais específicos variam entre  $1,4 \times 10^{-2}$  e  $266,67 \text{ L/s.m}$ , com um valor de mediana igual a  $21,99 \text{ L/s.m}$ , em que os valores mais elevados são observados nas ilhas do Pico ( $6,25\text{-}250 \text{ L/s.m}$ ) e Graciosa ( $1,36\text{-}266,67 \text{ L/s.m}$ ), em furos que captam em escoadas lávicas basálticas *s.l.* recentes e muito fraturadas (Figura 2.3.16). A classe modal corresponde aos valores entre 0 e  $45 \text{ L/s.m}$  (Figura 2.3.17).

Por seu turno, a transmissividade varia entre  $2,65 \times 10^{-6}$  e  $4,03 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ , com uma mediana igual a  $1,62 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ , sendo os valores mais elevados os observados nas ilhas da Graciosa e Pico, em que, de acordo com a classificação de Krásný (1993), respetivamente 91% e 85% dos valores podem ser designados como muito altos ( $> 1,16 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ) (Figura 2.8.18). Em oposição, na ilha de Santa Maria, observam-se os valores mais baixos do arquipélago, em que 7% das estimativas podem ser, de acordo com o mesmo esquema classificativo, qualificadas de muito altas ou altas ( $1,16 \times 10^{-2} - 1,16 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ). A classe modal corresponde aos valores entre 0 e  $0,07 \text{ m}^2/\text{s}$  (Figura 2.3.19).

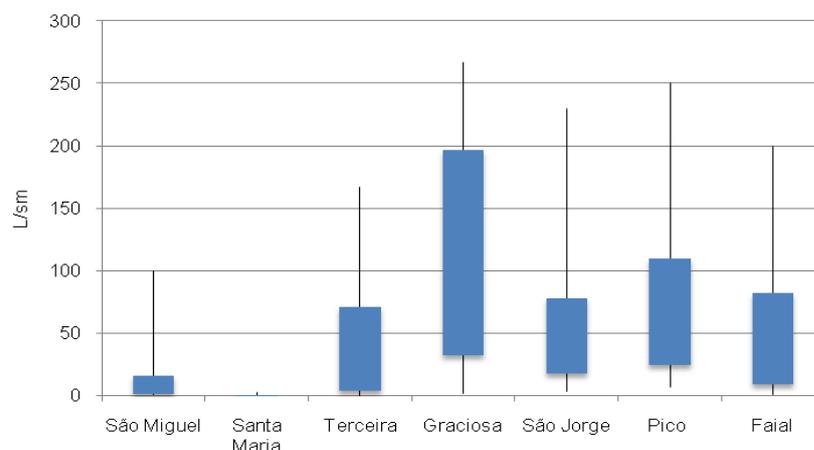


Figura 2.3.16 | Diagrama de caixas (box plot) relativo aos valores de caudal específico na RH9.

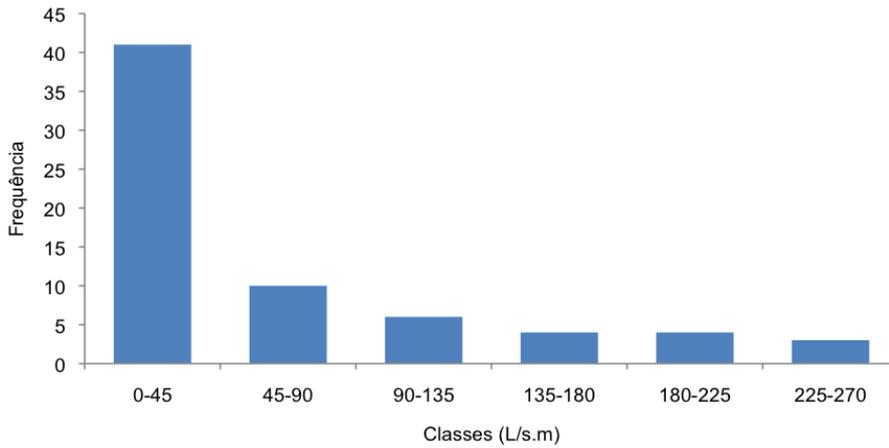


Figura 2.3.17 | Histograma relativo à distribuição de valores de caudal específico na RH9.

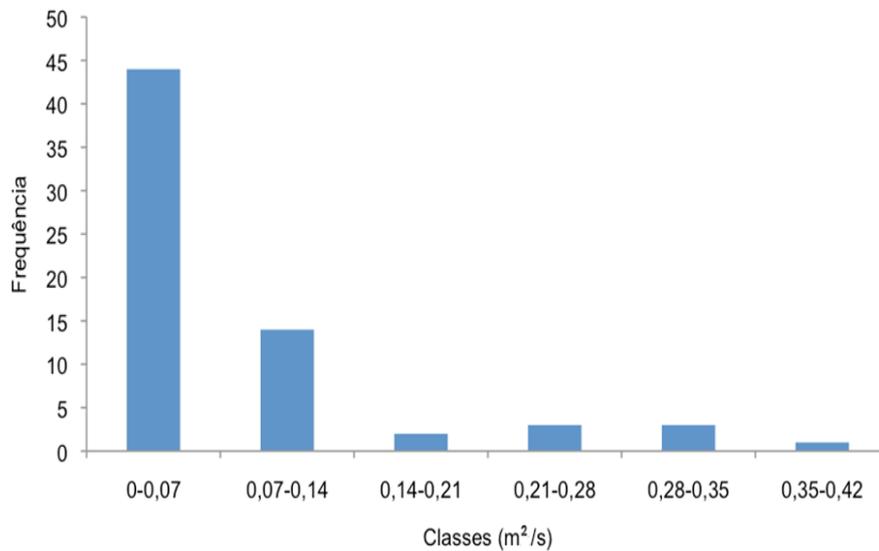


Figura 2.3.18 | Histograma relativo à distribuição de valores de transmissividade na RH9.

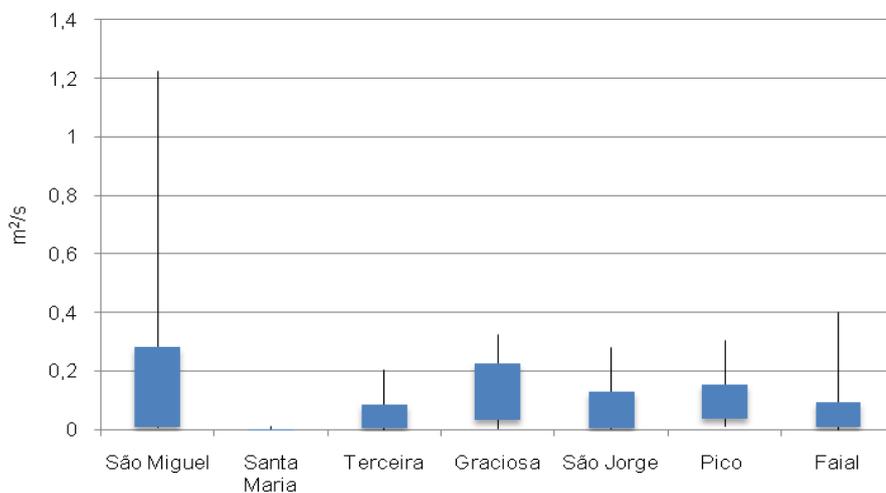


Figura 2.3.19 | Diagrama de caixas (box plot) relativo aos valores de transmissividade na RH9.

As observações do efeito de maré efetuadas na ilha do Pico (Cruz, 1997) e do Faial (Coutinho, 2000), permitiram obter alguns valores de difusividade hidráulica. Os resultados obtidos na ilha do Pico mostram uma grande variabilidade: o valor médio considerando o modelo de aquífero confinado é igual a  $114,58\text{m}^2/\text{s}$  (mediana=  $52,11\text{m}^2/\text{s}$ ), enquanto por via do modelo de aquífero semiconfinado a média é igual a  $38,08\text{m}^2/\text{s}$  (mediana=  $6,09\text{m}^2/\text{s}$ ). Na ilha do Faial, a difusividade hidráulica no ponto de água correspondente ao furo AC4 é igual a  $31,17\text{m}^2/\text{s}$ , e a  $61,85\text{m}^2/\text{s}$  considerando o atraso, em ambos os casos considerando a solução para aquíferos confinados.

Conjugando as difusividades hidráulicas calculadas a partir da amplitude com os valores estimados de transmissividade, e quando para um mesmo ponto de água se possuíam estes dados, foi estimada a grandeza do coeficiente de armazenamento. No caso de cinco furos da ilha do Pico, verifica-se que o coeficiente de armazenamento apresenta valores na ordem de magnitude típica dos aquíferos confinados, com exceção do resultado do furo das ribeiras (JK3), que aponta para um armazenamento similar ao de um aquífero livre. Não obstante, os valores apontados para o coeficiente de armazenamento são compatíveis com os valores característicos de meios fissurados, em que o armazenamento dos blocos e das fraturas é muito baixo.

#### 2.3.4.1.2 | Caracterização hidrogeoquímica

A composição da água subterrânea é, no território da RH9, parcialmente influenciada pela dissolução de minerais primários nas rochas (Cruz & França, 2004). Neste contexto, a solubilização de iões depende da saturação relativamente aos minerais primários, da precipitação de minerais secundários e do comportamento aquoso de cada elemento, que podem conduzir à formação de espécies solúveis ou insolúveis (Aiuppa *et al.*, 2000). Contudo, como em qualquer área, a composição química da água depende de outros fatores tais como a composição da chuva, o clima, o tipo de rocha vulcânica, o tempo de residência da água no aquífero, a pressão e a temperatura (Custódio, 1989). Para a determinação da composição química da água concorre, ainda, para além dos processos naturais, a influência antropogénica.

Como em qualquer região insular, nas ilhas que constituem os Açores a química da água subterrânea é ainda parcialmente controlada pela interação com a água do mar (Cruz & Silva, 2000; Cruz, 2001b; Cruz *et al.* 2010a, 2010b).

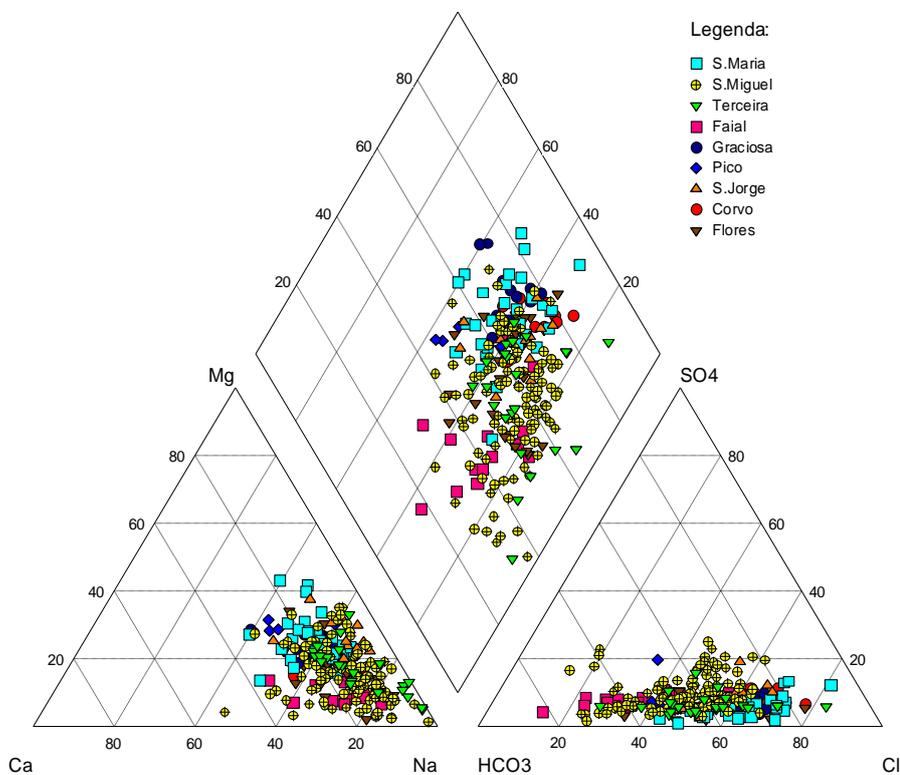
Nas regiões vulcânicas ativas a composição da água subterrânea é, muitas vezes, também afetada pela libertação profunda de voláteis de origem vulcânica, e alguns estudos desenvolvidos nos Açores (Cruz *et al.*, 1999; Cruz & França, 2006; Cruz, 2003) colocam este aspeto em evidência.

As fácies hidrogeoquímicas predominantes no arquipélago dos Açores correspondem a águas do tipo cloretada sódica ou bicarbonatada sódica. Esta tipologia reflete, respetivamente, a ação dos principais mecanismos mineralizadores da água subterrânea nas várias ilhas: (1) influência de sais marinhos, mediante o transporte por ação da chuva e do vento, ou através da mistura com a água do mar em furos e poços, e (2) dissolução de  $\text{CO}_2$  no solo pelas águas infiltradas e hidrólise de minerais silicatados (Cruz & Amaral, 2004).

Um aspeto característico do quimismo das águas subterrâneas no arquipélago dos Açores reside no contraste entre águas sem influência vulcânica, nomeadamente aquelas que emergem em nascentes e as captadas em furos, fruto, essencialmente, da magnitude da influência de sais de origem marinha. Por um lado, as nascentes apresentam fácies cloretada sódica a bicarbonatada sódica, correspondendo a fluidos pouco mineralizados, com condutividade elétrica entre  $36$  e  $725\mu\text{S}/\text{cm}$  e, por outro, em oposição, as águas captadas em furos apresentam predominantemente fácies

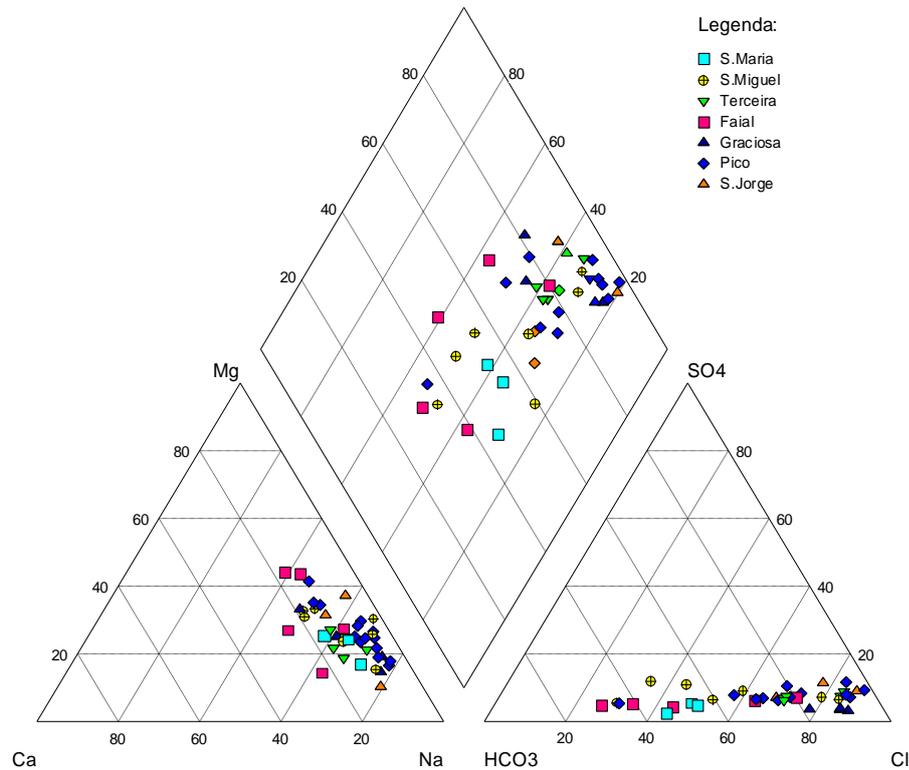
cloretada sódica e mineralizações mais elevadas, em que o valor médio da condutividade é igual a 1044 $\mu$ S/cm (Figuras 2.3.20 e 2.3.21).

Para além destes processos genéricos ocorrem ainda um elevado número de nascentes de águas minerais e termais, nomeadamente em São Miguel e, com menor expressão, nas ilhas Terceira, Faial, Pico, São Jorge, Graciosa e Flores. Estas emergências refletem sobremaneira o enquadramento vulcânico e tectónico do arquipélago, com sistemas hidrotermais ativos nalgumas ilhas, e o acarreio de gases de origem profunda, como o CO<sub>2</sub>, tal como o exemplo descrito no caso da ilha de São Miguel (Cruz *et al.*, 2010c). Ressalva-se que, face ao contexto do presente estudo, as águas minerais não serão alvo de caracterização aprofundada.



Fonte: Cruz (2004)

Figura 2.3.20 | Diagrama de Piper relativo à composição química da água captada em nascentes na RH9.



Fonte: Cruz (2004)

Figura 2.3.21 | Diagrama de Piper relativo à composição química da água captada em furos na RH9.

### 2.3.4.2 | Hidrogeologia

Na ilha Graciosa foram delimitadas nove massas de água, cujas características hidrogeológicas se sistematizam nos Quadros 2.3.4 ao Quadro 2.3.12. A cartografia respeitante à respetiva delimitação encontra-se na Figura 2.3.22.

O inventário de pontos de água assentou em quatro referências fundamentais: o levantamento do Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais (INSAAR), consultado em linha, o estudo elaborado no âmbito do PARA (Cruz, 2001), o trabalho respeitante ao Estudo de Conceção Geral do Sistema Integrado de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais da RAA (PROCESL-ECOSERVIÇOS-PROSPECTIVA, 2005) e os resultados do projeto de definição dos perímetros de proteção às captações de água subterrânea (Coutinho *et al.*, 2007). Na medida que este último foi baseado em trabalhos de campo, que pressupuseram a visita a todos os pontos de água captados para uso humano, realizados com o apoio das entidades gestoras dos sistemas de abastecimento, optou-se por considerar esta base como a mais completa e pormenorizada, complementando-a com as outras fontes. Relativamente aos pontos não captados, a única fonte utilizada correspondeu ao levantamento do PRA, na medida que os restantes estudos não os abrangem.

A distribuição dos pontos de água existentes na ilha, que totalizam 28 nascentes (0,46 nascentes/km<sup>2</sup>) e 20 furos (0,33 furos/km<sup>2</sup>), encontra-se representada na Figura 2.3.23. A listagem respeitante aos pontos de água encontra-se em anexo ao presente relatório (Anexo 2.3.I). Relativamente à distribuição das nascentes, na massa de água Serra das Fontes ocorrem 10, na massa Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe 6, na massa Serra Dormida 5, na massa Compósito 4, na massa Sequencia Hidromagmática Superior 2 e na massa de água Luz – Rebentão da Lagoa apenas

1. No que concerne à distribuição dos furos de captação, na massa de água Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe ocorrem 12 captações, embora se desconheça a localização de outros 8 furos instalados no passado.

**Quadro 2.3.4** | Síntese de caracterização da massa de água Compósito

<b>Área Aflorante</b>	3,80km <sup>2</sup>
<b>Litologias Dominantes</b>	Escoadas lávicas e piroclásticas basálticas intercaladas com depósitos piroclásticos indiferenciados (escórias e pedra-pomes de queda, escoadas piroclásticas, <i>surges</i> e <i>lahars</i> ).
<b>Características Gerais</b>	Sistema misto, de altitude a basal, constituído por aquíferos porosos e fissurados
<b>Produtividade</b>	Sem informação
<b>Fácies Química</b>	Sem informação

Fonte: adaptado de Cruz, 2004

**Quadro 2.3.5** | Síntese de caracterização da massa de água Folga

<b>Área Aflorante</b>	0,47km <sup>2</sup>
<b>Litologias Dominantes</b>	Escoadas lávicas basálticas
<b>Características Gerais</b>	Sistema aquífero basal; constituído predominantemente por aquíferos fissurados; possibilidade de existência de aquíferos descontínuos em altitude
<b>Produtividade</b>	Sem informação
<b>Fácies Química</b>	Sem informação

Fonte: adaptado de Cruz, 2004

**Quadro 2.3.6** | Síntese de caracterização da massa de água Cruz do Barro Branco

<b>Área Aflorante</b>	0,42km <sup>2</sup>
<b>Litologias Dominantes</b>	Escoadas lávicas traquíticas, espessas e, superiormente brechas de natureza essencialmente traquítica; localmente depósitos piroclásticos de queda e fluxo, depósitos epiclásticos.
<b>Características Gerais</b>	Sistema aquífero de altitude a basal, constituído por aquíferos predominantemente fissurados
<b>Produtividade</b>	Sem informação
<b>Fácies Química</b>	Sem informação

Fonte: adaptado de Cruz, 2004

**Quadro 2.3.7** | Síntese de caracterização da massa de água Luz – Rebentão da Lagoa

<b>Área Aflorante</b>	6,99km <sup>2</sup>
<b>Litologias Dominantes</b>	Escoadas lávicas <i>pahoehoe</i> basálticas; escoadas e domos de natureza benmoreítica; inclui escoada basáltica do Pico Timão
<b>Características Gerais</b>	Sistema aquífero basal, embora se admita a existência de aquíferos descontínuos de altitude; aquíferos predominantemente fissurados; possibilidade de existência de conexão hidráulica aos sistemas subjacentes
<b>Produtividade</b>	Sem informação
<b>Fácies Química</b>	Sem informação

Fonte: adaptado de Cruz, 2004

**Quadro 2.3.8** | Síntese de caracterização da massa de água Serra Dormida

<b>Área Aflorante</b>	4,20km <sup>2</sup>
<b>Litologias Dominantes</b>	Inclui piroclastos subaéreos indiferenciados e piroclastos do Pico das Caldeirinhas e do Pico Timão.
<b>Características Gerais</b>	Sistema de altitude, formado por aquíferos essencialmente porosos; possibilidade de conexão hidráulica aos sistemas subjacentes
<b>Produtividade</b>	0.80 L/s (caudal médio anual das nascentes)
<b>Fácies Química</b>	Cloretada sódica predomina; cloretada sódica cálcica (1 amostra)

Fonte: adaptado de Cruz, 2004

**Quadro 2.3.9** | Síntese de caracterização da massa de água Sequência Hidromagmática Superior

<b>Área Aflorante</b>	7,68km <sup>2</sup>
<b>Litologias Dominantes</b>	Depósitos freatoplínicos; depósitos de escoadas piroclásticas, <i>lahars</i> , <i>surges</i> .
<b>Características Gerais</b>	Sistema de altitude, constituído por aquíferos predominantemente porosos; possibilidade de conexão hidráulica aos sistemas subjacentes
<b>Produtividade</b>	Sem informação
<b>Fácies Química</b>	Sem informação

Fonte: adaptado de Cruz, 2004

**Quadro 2.3.10** | Síntese de caracterização da massa de água Serra Branca

<b>Área Aflorante</b>	0,97km <sup>2</sup>
<b>Litologias Dominantes</b>	Escoadas lávicas traquíticas e depósitos piroclásticos indiferenciados (de queda e fluxo); fluxo localmente poroso.
<b>Características Gerais</b>	Sistema aquífero essencialmente basal; aquíferos predominantemente fissurados; possibilidade de existência de aquíferos em altitude, descontínuos
<b>Produtividade</b>	Sem informação
<b>Fácies Química</b>	Sem informação

Fonte: adaptado de Cruz, 2004

**Quadro 2.3.11** | Síntese de caracterização da massa de água Serra das Fontes

<b>Área Aflorante</b>	1,95km <sup>2</sup>
<b>Litologias Dominantes</b>	Escoadas lávicas subaéreas com intercalações de depósitos piroclásticos indiferenciados.
<b>Características Gerais</b>	Sistema de altitude, constituído por aquíferos fissurados e porosos
<b>Produtividade</b>	Mediana = 0.37 L/s (caudal médio anual das nascentes)
<b>Fácies Química</b>	Cloretada sódica

**Quadro 2.3.12** | Síntese de caracterização da massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe

<b>Área Aflorante</b>	34,18km <sup>2</sup>
<b>Litologias Dominantes</b>	Escoadas lávicas de composição basáltica intercaladas com níveis piroclásticos; escoadas lávicas e piroclastos recentes dos Picos da Terça e Barcelos
<b>Características Gerais</b>	Sistema constituído essencialmente por aquíferos fissurados, do tipo basal. Aquíferos de altitude, porosos, relacionados com cones vulcânicos secundários e conectados hidráulicamente à unidade basal. Possibilidade de existência de aquíferos livres e semiconfinados descontínuos.
<b>Produtividade</b>	Mediana = 10 L/s
<b>Fácies Química</b>	Cloretada Sódica a Cloretada Sódica Magnésiana

Fonte: adaptado de Cruz, 2004

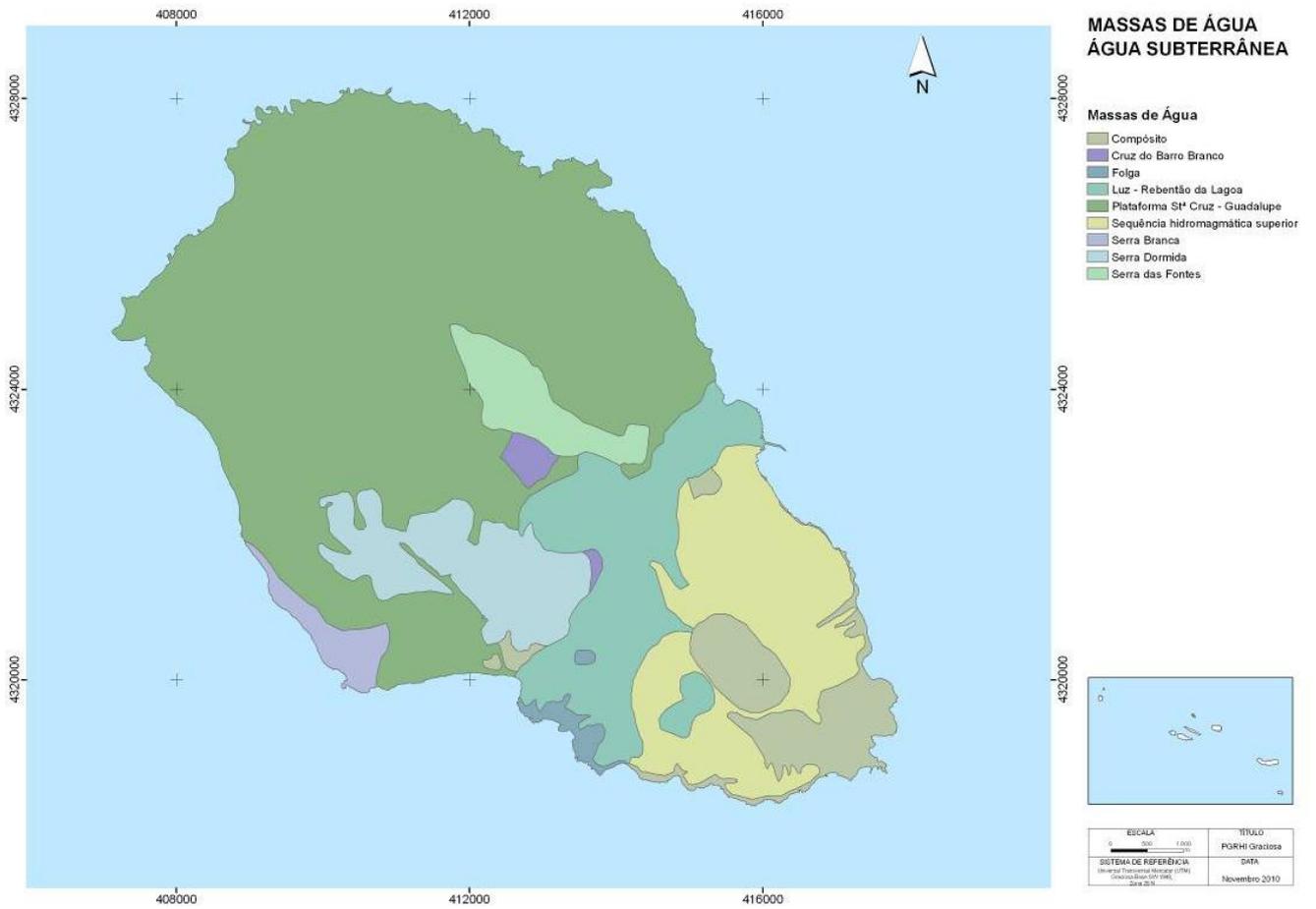


Figura 2.3.22 | Delimitação das massas de água na ilha Graciosa.

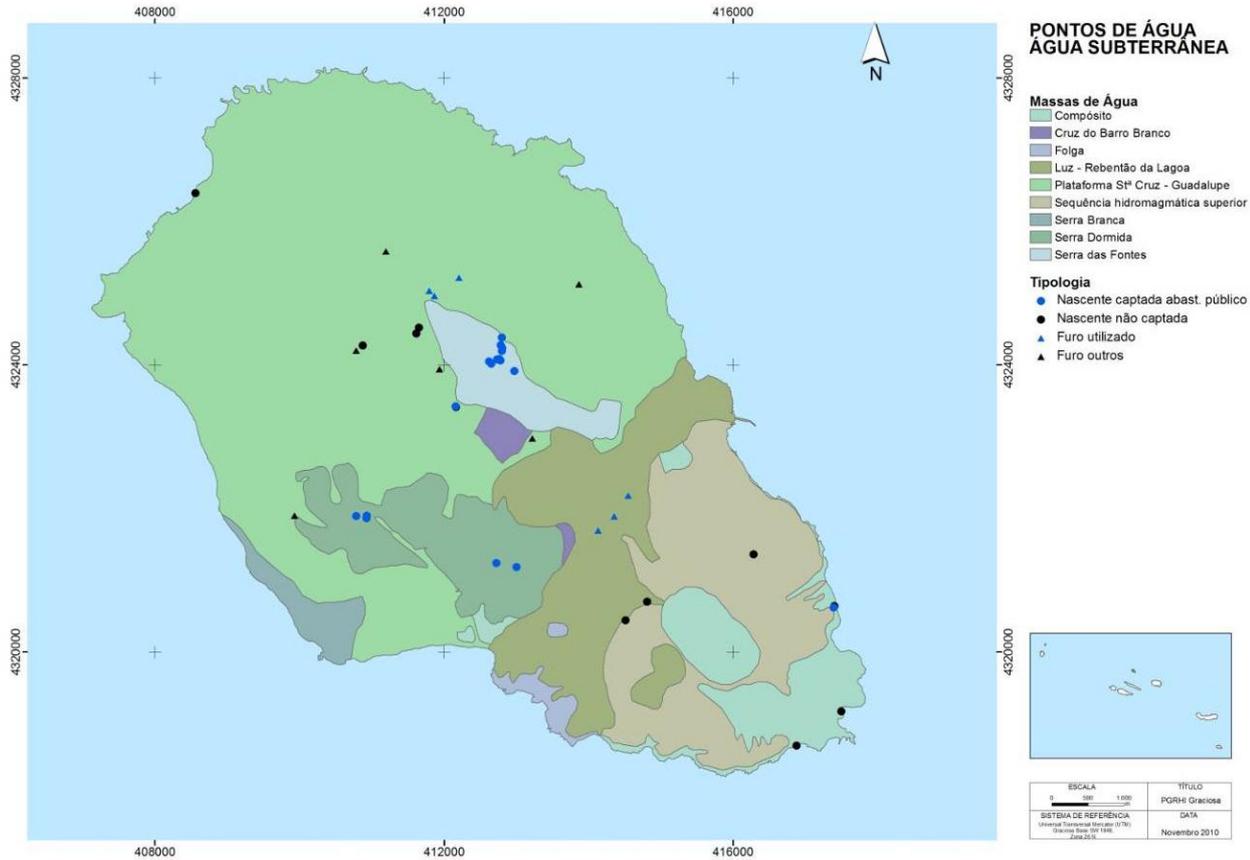


Figura 2.3.23 | Distribuição de pontos de água na ilha Graciosa.

As características técnicas de todos os furos de que foi possível obter informação de base encontra-se em anexo ao presente relatório (Anexo 2.3.I). Com base nos dados obtidos é possível concluir que o caudal específico na ilha Graciosa varia entre 1,36 e 266,7L/sm (mediana = 142,86L/sm) (Figura 2.3.24), constatando-se que todos os valores respeitam a captações instaladas na massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe, o que denota a grande variabilidade observada nesta unidade (Quadro 2.3.13). A classe modal relativa à distribuição dos valores de caudal específico corresponde ao intervalo 135 e 202,5L/sm.

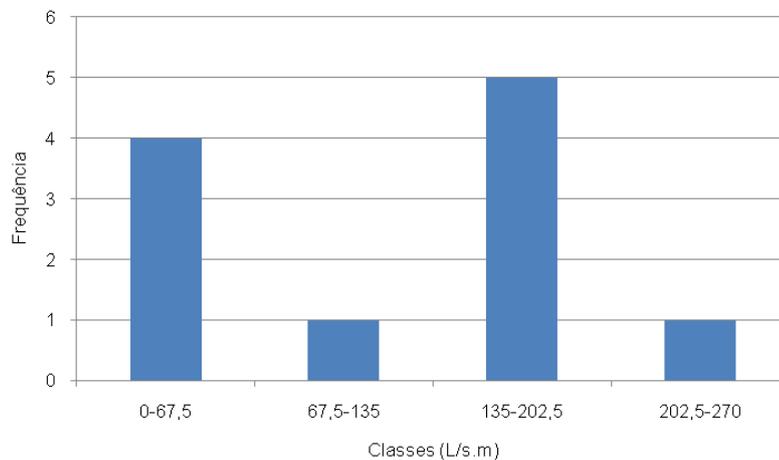
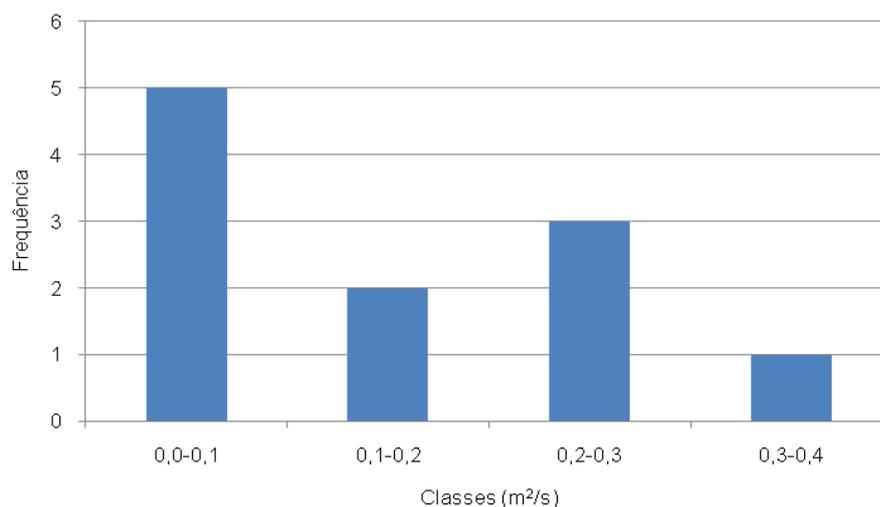


Figura 2.3.24 | Histograma relativo à distribuição de valores de caudal específico na ilha Graciosa.

Da leitura do Quadro 2.3.13, pode verificar-se que a transmissividade varia entre  $1,66 \times 10^{-3}$  e  $3,25 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ , (mediana =  $1,02 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ ), com uma classe modal respeitante aos valores entre 0 e  $0,1 \text{ m}^2/\text{s}$  (Figura 2.3.25), e apresenta um comportamento similar ao caudal específico. As estimativas de condutividade hidráulica apresentam os valores médio e de mediana respetivamente iguais a  $4,56 \times 10^{-2} \text{ m/s}$  e  $2,54 \times 10^{-2} \text{ m/s}$  na mesma massa de água subterrânea.

**Quadro 2.3.13** | Valores de parâmetros hidrodinâmicos estimados nas massas de água subterrâneas da ilha Graciosa (s.d. – sem dados)

Massa de Água	Refª PGRHI	Caudal Específico (L/sm)	T (m <sup>2</sup> /s)	Espessura captada (m)	K (m/s)
Plataforma Santa Cruz - Guadalupe	GRA.29	33,33	$4,07 \times 10^{-02}$	11,60	$3,51 \times 10^{-03}$
	GRA.30	31,25	$3,81 \times 10^{-02}$	11,53	$3,31 \times 10^{-03}$
	GRA.31	192,50	$2,35 \times 10^{-01}$	5,00	$4,70 \times 10^{-02}$
	GRA.32	142,86	$2,69 \times 10^{-02}$	2,00	$1,35 \times 10^{-02}$
	GRA.33	200,00	$2,44 \times 10^{-01}$	1,00	$2,44 \times 10^{-01}$
	GRA.34	177,50	$2,17 \times 10^{-01}$	8,52	$2,54 \times 10^{-02}$
	GRA.35	200,00	$1,10 \times 10^{-01}$	3,00	$3,65 \times 10^{-02}$
	GRA.36	1,36	$1,66 \times 10^{-03}$	s.d.	s.d.
	GRA.37	83,30	$1,02 \times 10^{-01}$	s.d.	s.d.
	GRA.38	266,67	$3,25 \times 10^{-01}$	9,00	$3,61 \times 10^{-02}$
GRA.47	5,71	$1,46 \times 10^{-02}$	12,00	$1,22 \times 10^{-03}$	



**Figura 2.3.25** | Histograma relativo à distribuição de valores de transmissividade na ilha Graciosa.

### 2.3.4.3 | Hidrogeoquímica

Para a presente caracterização hidrogeoquímica recorreu-se aos dados agregados apresentados no âmbito do estudos de base de elaboração do PRA (Cruz, 2001a), posteriormente retomados em Cruz (2004), na medida que permitem

estabelecer o panorama existente na RH9. Relativamente aos resultados obtidos no âmbito da rede de monitorização de vigilância do estado químico das massas de água subterrâneas, optou-se por proceder à sua apresentação no ponto 5.3 do presente relatório.

A projeção em diagrama de Piper dos resultados analíticos que é possível compilar, permite evidenciar que as águas subterrâneas na ilha Graciosa apresentam uma fácies predominante do tipo cloretada sódica, embora ocorram amostras com tendência sódica magnesiânica e sódica cálcica (Figura 2.3.25). As amostras são predominantemente alcalinas, em que o valor da mediana do pH é igual a 7,35, o que é característico de meios vulcânicos em que a litologia corresponde a formações basálticas *s.l.*. O valor da mediana da alcalinidade é igual a 36,5mg/L de CaCO<sub>3</sub>, variando entre 19,7 e 101,7mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

A dureza total varia entre 41,7 a 314,5mg/L de CaCO<sub>3</sub>, com um valor de mediana igual a 48,6mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Desta forma, existem águas brandas a muito duras, embora o valor da mediana deste parâmetro se enquadre no grupo das águas brandas

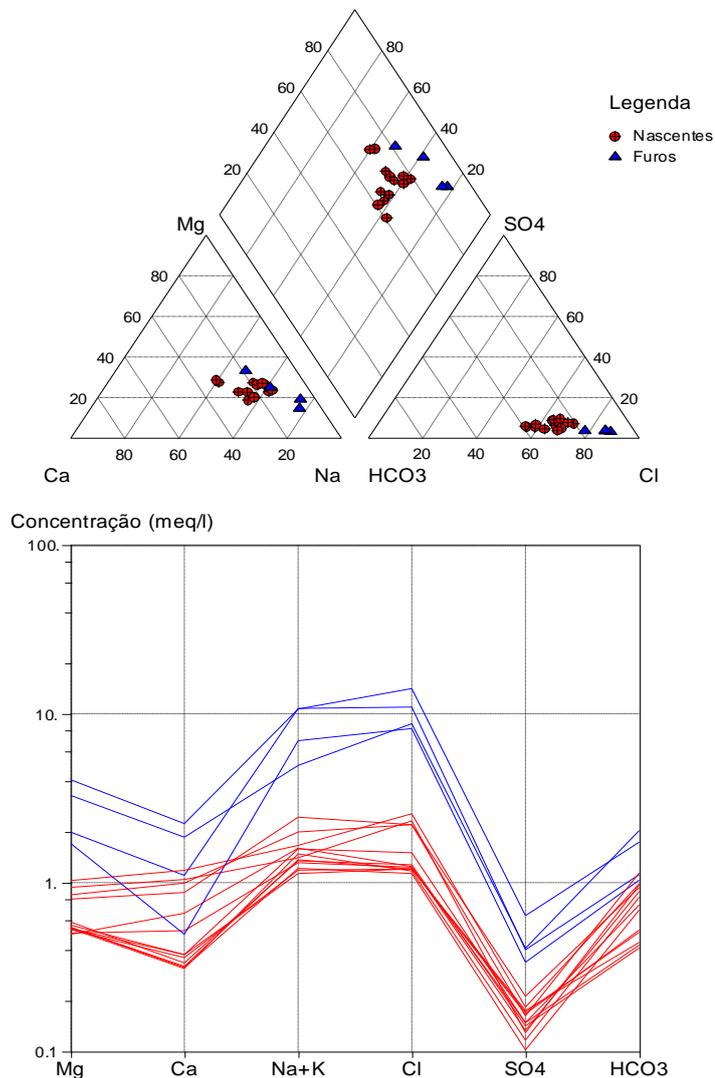
A condutividade apresenta um valor de mediana igual a 256µS/cm, variando entre 195 e 1768µS/cm, o que indica a ocorrência de águas já com mineralização elevada. O cloreto e o sódio são os iões predominantes, apresentando gamas de valores respetivamente entre 38,6 a 499,8mg/L e 24,2 a 227,5mg/L.

As águas amostradas são predominantemente frias, embora no decorrer do presente estudo tenham sido inventariadas algumas nascentes termais: Baía da Vitória, Carapacho e Homiziados e Varadouro.

O diagrama de Shoeller relativo às águas subterrâneas da ilha Graciosa mostra uma acentuada dissemelhança entre nascentes e furos, e as análises destes dois grupos apresentam uma homogeneidade composicional considerados isoladamente (Figura 2.3.26).

Nas massas de água subterrâneas Serra Dormida e Serra das Fontes as fácies predominantes são cloretadas sódicas, correspondendo a águas pouco mineralizadas, com a condutividade das amostras a variar respetivamente entre 254 a 318µS/cm e 195 a 317µS/cm. O diagrama de Schoeller revela uma grande homogeneidade da composição química das várias amostras nestas massas, bem como uma clara dominância do sódio, relativamente aos outros cátions, e do cloreto, relativamente aos outros aniões. Os teores de sódio e de cloreto na massa Serra Dormida distribuem-se respetivamente entre 27,4 a 43,3mg/L e 39,1 a 90,6mg/L, enquanto na massa Serra das Fontes variam entre 24,2 a 35,5mg/L e 38,6 a 49,2mg/L.

A massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe apresenta como fácies predominantes a cloretada sódica e cloretada sódica magnesiânica, sendo caracterizado por valores de condutividade substancialmente mais elevados que as unidades referidas anteriormente: a condutividade varia entre 872µS/cm a 1768µS/cm, com um valor de mediana igual a 1340µS/cm. Esta diferença resulta do facto de nesta massa a água ser captada mediante furos, num aquífero de base, ao invés das unidades anteriores, onde as nascentes emergem de aquíferos em altitude. A maior mineralização é refletida, igualmente, nos teores mais elevados dos iões predominantes, o sódio e o cloreto, que respetivamente variam entre 69,9 a 227,5mg/L e 206,2 a 499,8mg/L.



Fonte: Cruz (2004)

**Figura 2.3.26** | Diagramas de Piper e de Schoeller relativos à composição química da água captada nas nascentes e furos na ilha Graciosa.

### 2.3.5 | Avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas

A determinação das disponibilidades das massas de água, efetuada no decurso da elaboração do PRA, assentou na aplicação do modelo CIELO, acoplado com um módulo específico que permite determinar o escoamento superficial e a recarga aquífera (Azevedo, 1996), e refere-se aos sistemas aquíferos então delimitados (Cruz, 2001; DROTRH-INAG, 2001; Cruz, 2004). Realça-se que, no âmbito do relatório de caracterização da Região Hidrográfica dos Açores (RH9) as massas de água assumiram a mesma delimitação geográfica que os sistemas aquíferos considerados no PRA.

No presente estudo, procedeu-se à validação da informação pré-existente no PRA, com recurso à realização de novas estimativas, como descrito no ponto 2.2. Desta forma, os valores de recarga apresentados resultam da simulações realizadas com o modelo acima mencionado, o que garante a integração de todo o balanço hídrico, na medida que

metodologia similar foi utilizada para a estimativa das variáveis climatológicas de base – precipitação, temperatura e evapotranspiração real – e do escoamento superficial.

O valor bruto da recarga oferece-nos os recursos hídricos subterrâneos renováveis de cada massa de água, visto os dois valores serem equivalentes quando se considera um prazo de tempo alargado (Castany, 1963), o que é o caso. Assim, obtém-se uma medida dos recursos totais, ou disponibilidades potenciais, existentes em cada massa de água. A avaliação dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis, ou sejam as disponibilidades reais, será apresentada no ponto 5.3.2 do presente relatório (estado quantitativo das massas de água).

O volume da recarga aquífera aponta para a existência de um volume total de recursos hídricos subterrâneos no arquipélago dos Açores igual a 1588 hm<sup>3</sup>/ano (Cruz, 2001; DROTRH-INAG, 2001). Os valores variam entre um mínimo de 8,3hm<sup>3</sup>/ano, na ilha do Corvo, e um máximo de 582hm<sup>3</sup>/ano, observados na ilha do Pico, com uma mediana igual a 101,3hm<sup>3</sup>/ano (Quadro 2.3.14).

As taxas de recarga obtidas no presente estudo são, sempre que possível, comparadas e validadas por comparação com os resultados de estudos realizados anteriormente. Com efeito, vários métodos para a avaliação da recarga foram utilizados em trabalhos efetuados em algumas ilhas dos Açores: Ferreira (1991) e Cruz (1992) aplicaram balanços hídricos sequenciais diários visando a avaliação da recarga, respetivamente, na zona correspondente ao Complexo dos Picos (São Miguel) e na metade ocidental de Santa Maria, enquanto Cruz (1992, 1997) recorreu ainda a estimativas mediante a aplicação do balanço de cloretos. Azevedo (1998), para a ilha das Flores, efetuou uma série de ensaios de percolação, visando determinar a variação da taxa de infiltração, embora não apresente qualquer estimativa quantitativa.

**Quadro 2.3.14 | Recursos hídricos subterrâneos e taxas de recarga máxima e mínima por ilha**

Ilha	Recursos Totais (hm <sup>3</sup> /ano)	Taxa de Recarga	
		Min. (%)	Máx. (%)
Santa Maria	25,2	14,6	33,2
São Miguel	369,7	16,0	45,0
Terceira	193,1	16,2	48,6
Faial	74,1	12,4	47,5
Graciosa	15,0	8,5	36,2
Pico	582,0	18,5	62,1
São Jorge	219,0	19,0	54,0
Flores	101,4	14,0	32,0
Corvo	8,3	15,9	25,9

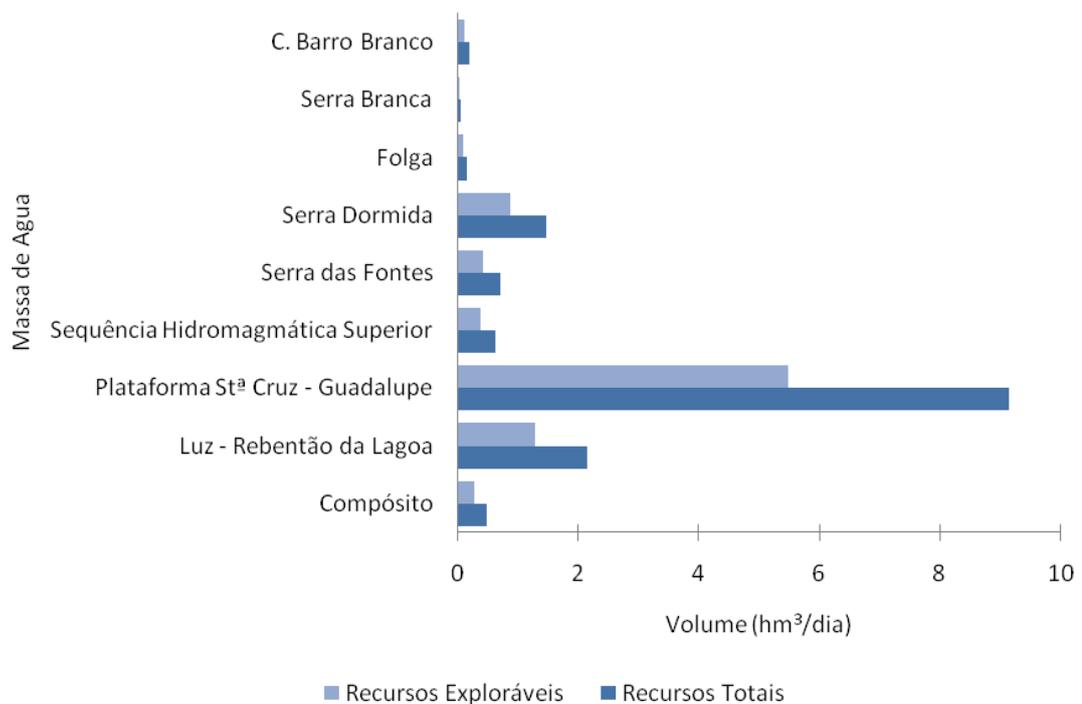
No Quadro 2.3.15 discriminam-se os valores respeitantes às disponibilidades de água subterrânea na ilha Graciosa. Na ilha, a massa de água com maior volume de recursos subterrâneos corresponde à unidade Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe, com 9,14hm<sup>3</sup>/ano.

No PRA considera-se que a fração dos recursos disponível era de 10% do volume estimado, o que se afigura excessivamente precautório (DROTRH-INAG, 2001). Em qualquer caso, e de forma a salvaguardar os recursos não exploráveis, no presente trabalho optou-se por considerar uma fração não disponível igual a 40% dos recursos estimados a longo prazo, i.e. a recarga, valor que se estima poder compensar os constrangimentos geológicos e

hidrogeológicos e, paralelamente, ser suficiente para assegurar a parte do escoamento subterrâneo que alimenta os cursos de água e particularmente importante nos meses mais secos do ano hidrológico. Neste contexto, a fração dos recursos hídricos subterrâneos exploráveis é de 60% do total, e este valor será retomado nos cálculos inerentes à avaliação do estado quantitativo das massas de água subterrâneas (Figura 2.3.27).

**Quadro 2.3.15** | Recursos hídricos subterrâneos na ilha Graciosa

Massa de Água	Precipitação (hm <sup>3</sup> /ano)	Disponibilidade (hm <sup>3</sup> /ano)	Taxa de Recarga (%)
Sequência Hidro. Superior	7,31	0,62	8,5
Serra Branca	1,03	0,16	15,3
Serra das Fontes	2,28	0,71	31,2
Serra Dormida	4,58	1,47	32,0
Plat. Sta. Cruz-Guadalupe	31,51	9,14	29,0
Compósito	3,53	0,48	13,5
C. Barro Branco	0,56	0,20	36,2
Folga	0,47	0,05	11,5
Luz-Rebentão da Lagoa	7,76	2,16	27,9



**Figura 2.3.27** | Distribuição das disponibilidades hídricas subterrâneas e do volume efetivamente considerado como explorável nas massas de água da ilha Graciosa.

## 2.4 | Caracterização hidrográfica e hidrológica

### 2.4.1 | Rede hidrográfica

As características hidrográficas de um território traduzem a ação conjugada de múltiplos fatores, como sejam a climatologia, a geomorfologia, a geologia e a ocupação do solo. Em termos climáticos, os principais controlos sobre hidrografia são exercidos pela distribuição espacial e temporal da precipitação, pois a densidade de drenagem aumenta com a quantidade e, sobretudo, com a intensidade da precipitação. Nos Açores, as bacias hidrográficas melhor estruturadas desenvolvem-se a partir das zonas mais pluviosas do interior das ilhas, onde a precipitação atinge maior intensidade.

Por sua vez, as formas de relevo, que determinam a energia potencial do sistema hidrológico, são responsáveis, em grande parte, pela configuração assumida pelas redes, especialmente num ambiente insular jovem onde as bacias hidrográficas são geralmente de pequena dimensão. Assim, as regiões onde a orografia se mostra mais movimentada, com declives mais acentuados, tendem a apresentar maior densidade de drenagem.

A geologia dos terrenos, ditando a sua suscetibilidade à erosão e controlando, em conjunto com os solos, a infiltração, exerce um papel fundamental na instalação e na manutenção da rede de drenagem. Os fatores geológicos que condicionam a drenagem podem ser agrupados em litológicos e estruturais. A litologia determina a maior ou menor facilidade com que a rede de drenagem se estabelece e controla a sua importância através da permeabilidade. Rochas impermeáveis promovem grande escorrência superficial. Rochas facilmente erodíveis permitem o estabelecimento de redes de drenagem bem estruturadas e por vezes fortemente escavadas. As características estruturais das formações geológicas (topografia e a existência de descontinuidades litológicas e/ou falhas), influenciam decisivamente o curso seguido pelas linhas de água, o perfil e as perdas ou ganhos de caudal ao longo do seu leito.

As características pedológicas, que governam a retenção de água, o escoamento sub-superficial, a infiltração e o coberto vegetal, exercem grande influência sobre o escoamento superficial. O coberto vegetal tem um papel importante na estruturação e estabilização das redes de drenagem. Nas zonas altas das ilhas, as turfeiras de *Sphagnum* spp., atuando como verdadeiras “esponjas”, desempenham funções fundamentais no controlo das escorrências, retendo importantes volumes de água e regulando o regime de escoamento. Fator igualmente importante é o micro-relevo, associado a áreas aplanadas ou de vulcanismo recente (zonas de “biscoitos” ou “mistérios”), que nalguns locais consegue anular por completo o escoamento superficial.

No Arquipélago dos Açores, a atividade humana já exerce um impacto significativo na hidrologia de superfície e, conseqüentemente, sobre as restantes variáveis do ciclo hidrológico. As operações de arroteamento e a abertura de caminhos de penetração nas partes mais altas das ilhas têm uma influência cada vez mais negativa no sistema de drenagem, alterando o coberto vegetal, os padrões de infiltração, a micro-topografia e a configuração da própria rede hidrográfica.

Atendendo à orografia das ilhas, estruturada, sobretudo, em aparelhos vulcânicos de cronologia diversa, a rede de drenagem superficial tende a distribuir-se de forma radial em torno dos respetivos cones. A ocorrência de depressões topográficas, resultantes, na maior parte dos casos, do colapso das bolsas magmáticas dos antigos vulcões centrais (“caldeiras”), conduz à formação de grandes bacias endorreicas, algumas com lagoas no seu interior. Noutros casos,

encontram-se ocupadas por espessas turfeiras de esfagno que contribuem para a acumulação de importantes reservas hídricas, desempenhando assim funções de regulação do sistema hidrológico das ilhas.

A reduzida dimensão das ilhas, a génese vulcânica que determina a geomorfologia e geologia, assim como a especificidade do clima, conduz a que a drenagem superficial nos Açores se proceda essencialmente em regime temporário (ou intermitente), muitas vezes na forma de escoamento do tipo torrencial. Esta generalidade não impede porém que, nalgumas ilhas dos Açores surjam cursos de água permanentes, estando estas situações dependentes de descargas profundas de lagoas ou da ocorrência de nascentes associadas a aquíferos suspensos.

No que concerne aos aspetos que caracterizam a drenagem superficial na Graciosa, a Figura 2.4.1 representa as principais bacias hidrográficas da ilha. Os fatores fisiográficos que prevalecem, designadamente a pequena dimensão, a baixa altitude média e a grande expressão territorial das áreas planas ou com declives suaves, explicam o fraco desenvolvimento dos cursos de água. No conjunto das ilhas açorianas, a Graciosa é a que apresenta menor estruturação da rede hidrográfica, o que reflete, de alguma forma, a incapacidade do relevo em promover a precipitação orográfica.

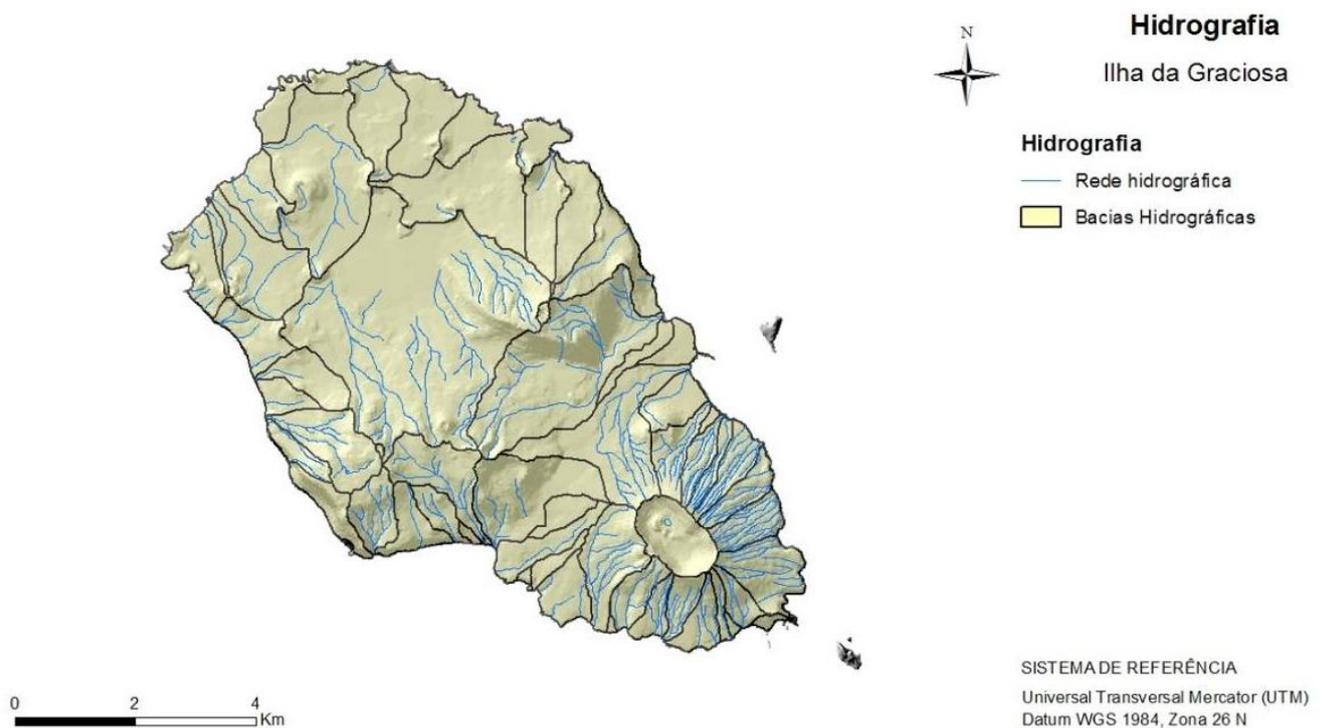


Figura 2.4.1 | Carta hidrográfica da ilha Graciosa.

Tendo por base as principais unidades geomorfológicas da ilha Graciosa, observa-se que a generalidade da plataforma Noroeste é quase desprovida de cursos de água, pelo que a densidade de drenagem é praticamente nula. Também na Serra das Fontes, a drenagem superficial é bastante incipiente. Por sua vez, nas Serras Branca e Dormida os cursos de água são mais desenvolvidos e melhor estruturados, definindo uma rede superficial com alguma organização. Por último, na unidade geomorfológica da Caldeira, os cursos de água são numerosos, especialmente no flanco Nordeste, descrevendo padrão radial em torno desta estrutura vulcânica. Neste setor, a rede de drenagem superficial é bem marcada, apesar de pouco ramificada e com bacias hidrográficas de pequena dimensão. A Figura 2.4.2, que representa

a densidade de drenagem da Graciosa, calculada para uma quadricula de 250m x 250m, reflete as características gerais da hidrografia da ilha.

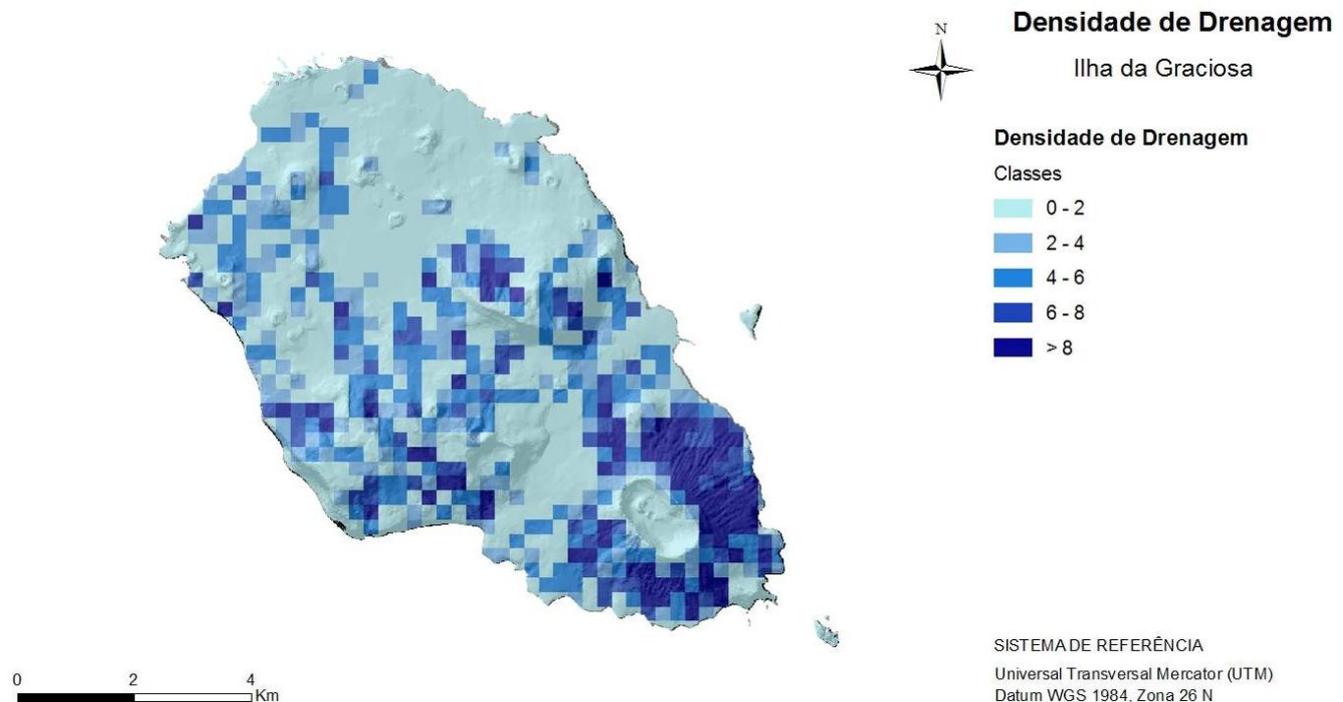


Figura 2.4.2 | Carta da densidade de drenagem da ilha Graciosa.

## 2.4.2 | Balanço hídrico

Por razões relacionadas com a sua génese, as ilhas vulcânicas do Açores são, na sua generalidade, parcelas de pequena dimensão e com forte desenvolvimento em altitude pelo que a variação espacial das condições climáticas é mais acentuada e mais rápida do que em outras regiões mais aplanadas. De uma forma bem evidente verificam-se fortes incrementos da precipitação com a altitude. A característica heterogeneidade geológica das formações estruturantes, bem como os depósitos vulcânicos decorrentes de diferentes erupções, determinam um substrato de solos diferenciado que, associado à tectónica e à fisiografia das formações, condiciona, de uma forma muito fragmentada, o uso e a ocupação do território. A hidrologia de superfície caracteriza-se, assim, por se desenvolver em pequenas bacias de drenagem muito heterogéneas e em que prevalece o regime de escoamento torrencial. Os registos de hidrometria existentes, nomeadamente, a determinação dos escoamentos e da infiltração, estão associados às linhas de água de regime permanente, estando estas, frequentemente, associadas a descargas profundas de lagoas ou a aquíferos suspensos localizados. Deste modo torna-se difícil generalizar esta informação a grande parte do território.

A escassez de dados espacialmente distribuídos, sobretudo em altitude, e a não existência de registos de alguns dos parâmetros requeridos para a elaboração do balanço hídrico de superfície com base em observações, conduz a que, no presente trabalho, sejam adotadas algumas generalizações. É o caso dos parâmetros referente à vegetação, e às características hidrológicas dos solos, designadamente a capacidade de retenção de água útil, tendo sido adotado o valor de 120mm. No cálculo da evapotranspiração de referência ( $E_{to}$ ) é utilizado o método de Penman-Montheit, seguindo-se em larga medida as metodologias sugeridas por Allen *et al.* (1998) atendendo à circunstância de se dispor,

a partir do modelo climático utilizado, das variáveis requeridas por esta metodologia. O balanço sequencial mensal foi elaborado com base na metodologia de Thornthwaite-Mather.

Atendendo à necessidade de adequar as metodologias de análise hidrológica às características peculiares dos territórios insulares bem como à informação disponível, opta-se por conciliar o espólio informativo das estações climáticas existentes para, a partir dele, serem aplicadas as metodologias determinísticas de base física implícitas no modelo CIELO (Azevedo, 1996). Desta feita o modelo recorre, em cada ilha, aos dados recolhidos numa estação climatológica como dados de referência para, a partir deles, simular as condições em período de tempo equivalente para todo o território. A generalização da informação a todo o território assume assim, o significado inerente ao conjunto de dados de iniciação. Assim, para cada uma das variáveis hidrológicas, e para intervalos de tempo homólogos aos utilizados para a iniciação do modelo, é generalizada a todo o território (ilha) o conceito de ano normal.

A mesma metodologia pode ser empregue para a generalização espacial da informação respeitante aos anos secos e anos húmidos. Porém, e muito embora existam para algumas das ilhas séries climatológicas e pluviométricas suficientemente longas para, a partir das mesmas se concluir quais os valores significativos para estas situações hidrológicas, o facto dessa informação se encontrar dispersa, não foi possível a sua compilação e posterior tratamento pelo que se optou nesta fase de caracterização utilizar apenas os valores médios.

Muito embora a generalidade da informação produzida tenha como base de resolução espacial a célula das matrizes numéricas (100x100m), para o efeito de conciliação de informação de diferente natureza optou-se por uma análise estatística à unidade Bacia Hidrográfica, para as variáveis: *P* - precipitação; *Etr* - evapotranspiração real; *Sav* – superavit hídrico. No Quadros 2.4.1 são apresentados os valores anuais das diferentes componentes do balanço hídrico para as bacias hidrográficas da ilha Graciosa.

**Quadro 2.4.1** | Valores anuais das diferentes componentes do balanço hídrico para as bacias hidrográficas da ilha Graciosa

Código bacia	Nome bacia	Área (Km <sup>2</sup> )	P (mm)	Etr (mm)	Sav (mm)
GRB10	Bacias Agregadas	0,80	1065,44	614,82	450,62
GRB22	Nome desconhecido	1,37	1017,46	504,49	512,97
GRB23	Nome desconhecido	0,79	1021,30	562,55	458,75
GRA14	Bacias Agregadas	0,71	930,09	602,23	327,86
GRA29	Bacias Agregadas	0,40	1002,91	658,41	344,50
GRE5	Bacias Endorreicas	0,02	922,33	449,33	473,00
GRE6	Bacias Endorreicas	0,06	1163,83	444,20	719,63
GRA10	Bacias Agregadas	0,66	1048,44	624,68	423,76
GRA4	Bacias Agregadas	1,32	834,14	593,45	240,70
GRA6	Bacias Agregadas	0,68	851,69	616,56	235,13
GRB24	Sta. Cruz	2,73	916,65	565,50	351,15
GRA7	Bacias Agregadas	0,47	850,39	597,55	252,84
GRB14	Nome desconhecido	1,05	952,32	550,19	402,13
GRA8	Bacias Agregadas	1,39	981,51	609,50	372,01
GRA9	Bacias Agregadas	0,43	948,13	740,10	208,04
GRB2	Nome desconhecido	2,65	1135,83	576,28	559,54
GRA11	Bacias Agregadas	0,08	1000,44	697,25	303,19
GRB17	Grota da Ventosa	0,73	1014,21	533,07	481,13
GRB8	Nome desconhecido	0,33	945,00	557,94	387,05

Código bacia	Nome bacia	Área (Km <sup>2</sup> )	P (mm)	Etr (mm)	Sav (mm)
GRB7	Grota da Lombada	0,46	1001,49	527,76	473,74
GRA12	Bacias Agregadas	0,62	977,06	605,50	371,56
GRA13	Bacias Agregadas	0,62	941,32	593,40	347,92
GRB19	Nome desconhecido	0,35	970,40	701,18	269,22
GRA16	Bacias Agregadas	1,20	919,49	642,47	277,01
GRA17	Bacias Agregadas	0,05	909,74	789,00	120,74
GRB18	Nome desconhecido	0,18	961,49	720,75	240,74
GRA18	Bacias Agregadas	0,55	911,08	782,57	128,51
GRB9	Nome desconhecido	0,45	951,29	706,20	245,09
GRA20	Bacias Agregadas	0,06	870,57	797,00	73,57
GRB6	Bacias Agregadas	0,60	973,96	737,28	236,68
GRB5	Grota da Ribeira	1,33	1028,24	662,15	366,09
GRB4	Nome desconhecido	0,22	1025,30	745,60	279,70
GRB1	Nome desconhecido	0,39	1157,45	692,69	464,75
GRA22	Bacias Agregadas	0,06	971,74	811,43	160,31
GRB3	Nome desconhecido	2,11	1173,54	677,81	495,73
GRA24	Bacias Agregadas	0,01	1107,78	912,00	195,78
GRA25	Bacias Agregadas	0,07	986,82	762,14	224,68
GRA26	Bacias Agregadas	0,65	1040,04	671,42	368,62
GRA27	Bacias Agregadas	0,40	955,15	574,10	381,04
GRA28	Bacias Agregadas	0,62	1020,41	696,88	323,54
GRA31	Bacias Agregadas	0,91	880,91	619,49	261,41
GRA32	Bacias Agregadas	0,91	843,46	641,67	201,79
GRA5	Bacias Agregadas	0,83	818,97	671,35	147,62
GRA30	Bacias Agregadas	0,79	887,83	654,47	233,37
GRE8	Bacias Endorreicas	11,33	1125,44	536,09	589,35
GRB12	Nome desconhecido	3,69	851,11	629,12	221,99
GRB11	Nome desconhecido	0,21	810,06	457,10	352,96
GRA3	Bacias Agregadas	1,85	849,87	549,39	300,48
GRB21	Nome desconhecido	0,42	1068,74	625,05	443,70
GRB16	Bacias Agregadas	0,35	1107,58	683,69	423,89
GRB15	Nome desconhecido	4,83	1236,16	587,30	648,86
GRA1	Bacias Agregadas	1,05	971,38	540,63	430,74
GRB13	Nome desconhecido	1,22	859,19	576,54	282,65
GRA15	Bacias Agregadas	0,11	876,99	787,73	89,26
GRB20	Nome desconhecido	1,32	1101,13	570,19	530,94
GRA23	Bacias Agregadas	0,78	1042,04	754,59	287,45
GRA19	Bacias Agregadas	0,40	947,87	784,82	163,05
GRA21	Bacias Agregadas	0,75	960,75	768,44	192,30
GRE3	Bacias Endorreicas	1,20	955,17	548,41	406,76

### 2.4.3 | Escoamento anual

Em geral, as águas superficiais das ilhas são condicionadas não só pelo regime pluviométrico, que é fortemente influenciado pela orografia, mas também, em alguns casos, pela contribuição das principais lagoas. A complexa interligação lagoas-cursos de água tem como consequência o facto de qualquer quantificação hidrológica não poder utilizar as técnicas de cálculo tradicionais (LNEC, 1990).

Para as bacias em estudo não se dispõe de medições regulares de caudais líquidos nas linhas de água, pelo que foi necessário recorrer a métodos indiretos de modo a estimar o escoamento anual na bacia. Com efeito, dispõe-se de um conjunto muito reduzido de dados de escoamento superficial. No entanto, alguns dos valores existentes correspondem a trabalhos específicos levados a cabo em alguns locais que permitem uma certa compreensão do comportamento das bacias em termos de resposta às precipitações no diz respeito ao escoamento superficial.

Atendendo às limitações supracitadas para a generalidade das unidades hidrográficas das ilhas dos Açores, opta-se pela utilização da aproximação genérica sugerida por Azevedo *et al.* (2002) para a avaliação desta componente. Tal como sugerem os autores chama-se, no entanto, a atenção para as limitações do modelo pelo que a sua utilização deve ser entendida como uma aproximação genérica à avaliação destas componentes. O modelo de escoamento utilizado assenta na afetação do superavit hídrico ( $Sav$ ), que resulta do balanço hídrico sequencial à escala mensal, à relação observada entre a densidade de drenagem da bacia ( $Dd$ ) e a densidade de drenagem máxima observada no conjunto das unidades drenantes ( $Ddmáx$ ). Assim:

$$Esc = \left( a + b \frac{Dd}{Dd máx} \right) Sav$$

Nesta expressão  $Esc$  representa o escoamento anual (mm).

Com base na interpretação dos valores de escoamento registados por Azevedo (1998) em algumas das bacias da ilha das Flores, bem como na avaliação dos respetivos parâmetros de drenagem, foi feita a respetiva calibração dos coeficientes  $a$  e  $b$ . De acordo com este autor, estas constantes assumem, para a RAA, os valores de 0,06 e 0,7 respetivamente.

Esta expressão empírica tem como fundamento conceptual a convicção clássica de que a densidade de drenagem de alguma forma reflete os diferentes condicionalismos, nomeadamente, os geomorfológicos e geológicos que determinam o escoamento superficial e a infiltração. Assim, da sua aplicação resulta o seguinte comportamento:

- Sempre que existe superavit ( $Sav$ ) decorrente do balanço de superfície (clima e reserva útil do solo) está garantido um escoamento que, no mínimo (densidade de drenagem =0), corresponde a  $a*Sav$ ;
- Quando a densidade de drenagem é igual à máxima observada no conjunto das bacias de cada ilha ( $Ddmáx$ ) o escoamento atinge  $(a+b)*Sav$ ;
- Entre esses dois limites a fração do  $Sav$  que escoa em superfície é condicionada pela relação linear  $Dd/Ddmáx$ ;
- Quando  $Sav$  é nulo não existe escoamento.

Atendendo aos valores obtidos para o superavit hídrico e para os valores de densidade de drenagem, obtiveram-se os valores de escoamento anual nas diversas bacias. No Quadro 2.4.2 são apresentados os valores de densidade de drenagem ( $\text{km}^{-1}$ ), e escoamento superficial ( $\text{hm}^3/\text{ano}$ ) para as bacias hidrográficas da ilha Graciosa.

**Quadro 2.4.2** | Valores de densidade de drenagem e escoamento anual para as bacias hidrográficas da ilha Graciosa

Código bacia	Nome bacia	Dd ( $\text{Km}^{-1}$ )	Esc ( $\text{hm}^3/\text{ano}$ )
GRB10	Bacias Agregadas	5,13	0,14
GRB22	Nome desconhecido	3,78	0,21
GRB23	Nome desconhecido	1,12	0,05
GRA14	Bacias Agregadas	11,03	0,18
GRA29	Bacias Agregadas	1,68	0,02
GRE5	Bacias Endorreicas	0,00	0,00
GRE6	Bacias Endorreicas	0,00	0,00
GRA10	Bacias Agregadas	2,35	0,06
GRA4	Bacias Agregadas	0,00	0,02
GRA6	Bacias Agregadas	0,00	0,01
GRB24	Sta. Cruz	0,26	0,07
GRA7	Bacias Agregadas	0,73	0,01
GRB14	Nome desconhecido	0,68	0,04
GRA8	Bacias Agregadas	1,45	0,08
GRA9	Bacias Agregadas	0,00	0,01
GRB2	Nome desconhecido	4,02	0,47
GRA11	Bacias Agregadas	0,00	0,00
GRB17	Grota da Ventosa	6,86	0,17
GRB8	Nome desconhecido	10,83	0,10
GRB7	Grota da Lombada	10,10	0,15
GRA12	Bacias Agregadas	10,20	0,16
GRA13	Bacias Agregadas	8,11	0,12
GRB19	Nome desconhecido	6,57	0,05
GRA16	Bacias Agregadas	5,71	0,14
GRA17	Bacias Agregadas	0,00	0,00
GRB18	Nome desconhecido	5,16	0,02
GRA18	Bacias Agregadas	4,92	0,03
GRB9	Nome desconhecido	7,53	0,06
GRA20	Bacias Agregadas	0,00	0,00
GRB6	Bacias Agregadas	5,10	0,05
GRB5	Grota da Ribeira	5,56	0,20
GRB4	Nome desconhecido	0,00	0,00
GRB1	Nome desconhecido	0,00	0,01
GRA22	Bacias Agregadas	0,00	0,00
GRB3	Nome desconhecido	1,57	0,17
GRA24	Bacias Agregadas	0,00	0,00
GRA25	Bacias Agregadas	0,00	0,00
GRA26	Bacias Agregadas	1,72	0,04
GRA27	Bacias Agregadas	5,02	0,06
GRA28	Bacias Agregadas	0,00	0,01

Código bacia	Nome bacia	Dd (Km <sup>-1</sup> )	Esc (hm <sup>3</sup> /ano)
GRA31	Bacias Agregadas	1,84	0,04
GRA32	Bacias Agregadas	2,67	0,04
GRA5	Bacias Agregadas	0,00	0,01
GRA30	Bacias Agregadas	2,44	0,04
GRE8	Bacias Endorreicas	2,68	1,54
GRB12	Nome desconhecido	1,84	0,15
GRB11	Nome desconhecido	3,69	0,02
GRA3	Bacias Agregadas	2,48	0,12
GRB21	Nome desconhecido	3,67	0,05
GRB16	Bacias Agregadas	0,00	0,01
GRB15	Nome desconhecido	3,10	0,80
GRA1	Bacias Agregadas	0,00	0,03
GRB13	Nome desconhecido	0,91	0,04
GRA15	Bacias Agregadas	0,00	0,00
GRB20	Nome desconhecido	4,07	0,22
GRA23	Bacias Agregadas	2,50	0,05
GRA19	Bacias Agregadas	6,97	0,03
GRA21	Bacias Agregadas	2,31	0,03
GRE3	Bacias Endorreicas	0,30	0,04

Para efeito do presente trabalho, e dadas as lacunas de monitorização hidrométrica referidas, entendem-se os valores de escoamento anual em ano médio apresentados como os valores de disponibilidade hídrica superficial. No caso das bacias hidrográficas endorreicas, as lagoas, opta-se de forma conservativa por considerar o valor anual afluente, em ano médio, como o seu valor de disponibilidade hídrica.

## 2.4.4 | Valores extremos de cheias e secas

### 2.4.4.1 | Cheias

Um dos aspetos mais importantes na análise dos recursos hídricos superficiais prende-se com a ocorrência de situações extremas, associadas a baixas probabilidades de ocorrência, como é o caso das cheias. Para a sua análise é fundamental o cálculo dos escoamentos de ponta. No seguimento dos estudos de base efetuados no âmbito do PRA, e tendo em conta a redelimitação das bacias hidrográficas e da respetiva rede de drenagem por parte da DSRH, são calculados os valores de escoamento de ponta relativos às bacias hidrográficas presentemente delimitadas, e para as quais se encontram cartograficamente estabelecidos os valores do comprimento do seu curso principal.

Tal como referido no PRA, a escassez ou quase inexistência de dados relativos a caudais de cheia mensurados nas linhas de água conduz inevitavelmente à aplicação de metodologias de natureza empírica. No seguimento dos trabalhos realizados no âmbito do referido Plano, e por se entender que a fórmula cinemática empregue para o cálculo dos escoamentos de ponta será, das disponíveis, a que maiores garantias oferece da aproximação dos valores de escoamento de ponta reais, opta-se por elaborar uma revisão, aplicando-a às presentes circunstâncias. Assim, o cálculo dos caudais de ponta foi determinado a partir da metodologia do *Natural Resources Conservation Service - United States Department of Agriculture* (NRCS), tal como se encontra descrita em Lencastre e Franco (1984). Esta

metodologia afigura-se adequada face às suas características conceptuais, dado que a sua natureza cinemática permite atender às características do movimento de água na bacia hidrográfica, usualmente expressas através das noções de tempo de concentração e de chuvada crítica, e à sua aplicabilidade em bacias de pequena dimensão, como é o caso.

Assim, o caudal de ponta é calculado a partir da expressão:

$$Q_p = \frac{0,277KAh_u}{t_p}$$

Em que:

- $Q_p$  - caudal de ponta de cheia ( $m^3/s$ );
- $K$  - fator de ponta variando entre 1 para bacias declivosas e 0,5 para bacias planas e tendo o valor 0,75 nos casos habituais;
- $A$  - área da bacia ( $km^2$ );
- $h_u$  - precipitação útil (mm);
- $t_p$  - tempo de crescimento do hidrograma de cheia, ou tempo para a ponta, em horas;
- O fator 0,277 é o fator de conversão das unidades utilizadas.

Para uma dada altura de precipitação total,  $h$ , a precipitação útil corresponde à calculada pela expressão:

$$h_u = \frac{(h - h_0)^2}{h + 4h_0}$$

Em que:

- $h_0$  - perdas iniciais da chuvada antes de se iniciar o escoamento de superfície (mm).

Quanto ao valor de  $h_0$ , em mm, é dado pela expressão seguinte:

$$h_0 = \frac{5080}{N} - 50,8$$

em que  $N$  é número de escoamento, dependente do tipo hidrológico do solo, da sua utilização e das condições de superfície da bacia. Tendo em conta que o objetivo deste cálculo é a obtenção de caudais de cheia para diferentes frequências de ocorrência considera-se o solo como bem humedecido, utilizando-se o valor de  $N$  para as condições de humedecimento do solo AMC-III (*antecedent moisture conditions*). No caso das ilhas dos Açores, e à falta de uma informação mais detalhada sobre o tipo hidrológico dos solos, adotou-se um  $N$  correspondente a 82.

O tempo de crescimento,  $t_p$ , para a equação do  $Q_p$ , é calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$t_p = 0,5t_r + 0,6t_c$$

Nesta expressão  $t_r$  representa a duração da precipitação útil e  $t_c$  o tempo de concentração da bacia. A duração  $t_r$  da chuvada útil é calculada subtraindo à duração  $t$  da precipitação total, o tempo durante o qual ocorrem as perdas iniciais  $h_0$ , considerando a intensidade média que resulta da precipitação total  $h$  (função de  $t$ ), valor este considerado constante durante toda a chuvada. Ter-se-á assim que:

$$t_r = t - \frac{h_0}{h(t)/t}$$

Dado que a relação entre  $h_u$  e  $h$  não é linear, exceto para  $N = 100$ , o cálculo do máximo  $Q_p$ , para cada frequência estatística, é dado iterativamente para valores de  $t_r \geq t_c$ . O valor de  $t_r$ , correspondente ao máximo  $Q_p$ , será tanto menos afastado de  $t_c$ , quanto mais elevado for  $N$ .

A duração e volume da precipitação utilizados são obtidos a partir do tempo de concentração da bacia e das curvas IDF (intensidade-duração-frequência), para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Para esse efeito foram utilizadas as curvas de possibilidade udométrica, que relacionam a intensidade de precipitação,  $i$  (em mm/h), com a duração da chuvada,  $t$  (em horas), através dos parâmetros  $a$  e  $b$  ( $i = a tb$ ) a aplicar a cada período de retorno  $T$ . Expressões estas que foram determinadas no âmbito do PRA para o posto udométrico de Sta. Cruz da Graciosa. Os valores de  $a$  e  $b$ , para as referidas curvas, são apresentados no Quadro 2.4.3.

**Quadro 2.4.3** | Parâmetros  $a$  e  $b$  para a ilha Graciosa e para os diferentes períodos de retorno considerados

Período de retorno	$a$	$b$
T = 5 anos	32,258	-0,600
T = 10 anos	38,922	-0,600
T = 25 anos	47,288	-0,599
T = 50 anos	53,448	-0,599
T = 100 anos	59,643	-0,599

Em consonância com a metodologia utilizada para o cálculo dos caudais de ponta, o valor do tempo de concentração,  $t_c$ , foi calculado a partir da fórmula proposta pelo NRCS para as diferentes bacias da ilha Graciosa, esta traduz-se pela seguinte expressão:

$$t_c = \frac{1083L^{0,8} \left( \frac{1000}{N} - 9 \right)^{0,7}}{1900S_b^{0,5}}$$

Em que:

- $t_c$  é o tempo de concentração em horas;
- $L$  é o comprimento da linha de água principal, em Km;
- $S_b$  é o declive da bacia em percentagem;
- $N$  é o número de escoamento (utilizado o mesmo valor referido para o cálculo do caudal de ponta, 82).

No Quadro 2.4.4 apresentam-se os valores de escoamento de ponta obtidos para as principais bacias hidrográficas da ilha Graciosa.

**Quadro 2.4.4** | Valores de densidade de escoamento de ponta para os diferentes tempos de retorno, e para as principais bacias hidrográficas da ilha Graciosa

Código bacia	Nome bacia	Qp (m <sup>3</sup> /s)				
		T = 5 anos	T = 10 anos	T = 25 anos	T = 50 anos	T = 100 anos
GRB10	Bacias Agregadas	2,8	4,0	5,8	7,3	8,8
GRB11	Nome desconhecido	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4
GRB12	Nome desconhecido	9,4	13,5	19,4	24,2	29,2
GRB14	Nome desconhecido	3,5	5,0	7,2	9,0	10,8
GRB15	Nome desconhecido	13,1	18,3	25,5	31,2	37,3
GRB16	Bacias Agregadas	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
GRB17	Grota da Ventosa	2,3	3,2	4,5	5,6	6,7
GRB18	Nome desconhecido	0,7	0,9	1,4	1,7	2,1
GRB19	Nome desconhecido	1,3	1,8	2,6	3,3	4,0
GRB2	Nome desconhecido	5,2	7,3	10,2	12,4	14,8
GRB20	Nome desconhecido	4,0	5,6	7,9	9,7	11,7
GRB21	Nome desconhecido	1,3	1,9	2,7	3,4	4,0
GRB22	Nome desconhecido	4,0	5,7	8,0	9,9	11,8
GRB23	Nome desconhecido	1,9	2,7	3,9	4,8	5,8
GRB3	Nome desconhecido	7,2	10,3	14,7	18,3	22,2
GRB4	Nome desconhecido	0,5	0,7	1,1	1,3	1,6
GRB5	Grota da Ribeira	4,2	5,9	8,4	10,4	12,5
GRB6	Bacias Agregadas	2,2	3,2	4,6	5,8	7,1
GRB7	Grota da Lombada	1,5	2,1	3,0	3,7	4,5
GRB8	Nome desconhecido	1,1	1,5	2,2	2,7	3,3
GRB9	Nome desconhecido	1,6	2,3	3,2	4,0	4,9

No Quadro 2.4.5 é apresentada a revisão às curvas regionalizadas para a estimativa dos caudais de ponta específicos de cheia, para os diferentes períodos de retorno, constantes do PRA.

**Quadro 2.4.5** | Expressões regionalizadas para a estimativa dos caudais de ponta específicos de cheia para a ilha Graciosa

Período de retorno	Expressão
T = 5 anos	$q = 2,9026 A^{-0,023}$
T = 10 anos	$q = 4,1299 A^{-0,026}$
T = 25 anos	$q = 5,8713 A^{-0,030}$
T = 50 anos	$q = 7,2667 A^{-0,032}$
T = 100 anos	$q = 8,7547 A^{-0,034}$

Nota: q – caudal de ponta específico de cheia (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.km<sup>2</sup>); A – área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>)

#### 2.4.4.2 | Secas

Ao contrário das cheias, as secas não são caracterizáveis de forma eficaz em termos de caudais.

Por isso, a caracterização das secas é apresentada na secção 2.9.3 “Análise de perigos e riscos de secas” do presente relatório, em termos de precipitações acumuladas em dados períodos.

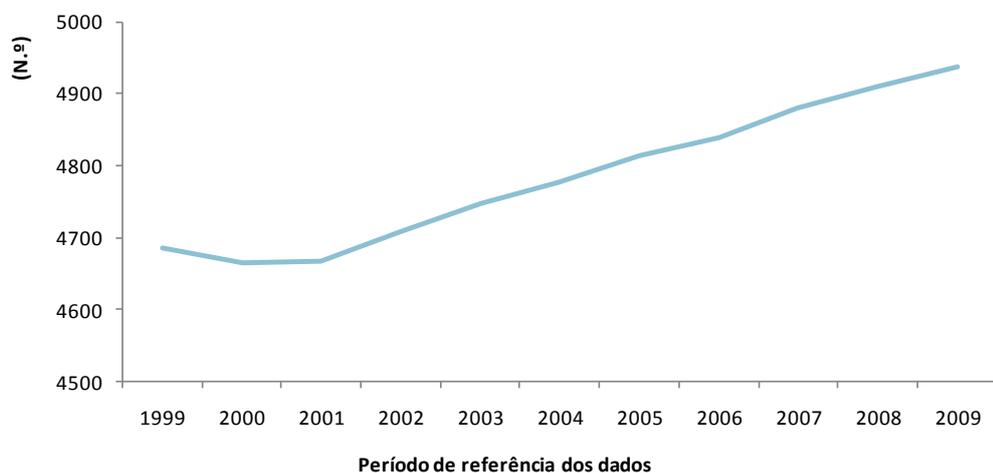
## 2.5 | Caracterização socioeconómica

### 2.5.1 | Indicadores demográficos

As características demográficas e os comportamentos da população residente em determinado território representam condicionantes à definição de políticas e estratégias no domínio económico e social, nomeadamente na tomada de decisão quanto à viabilidade de certas estratégias setoriais de emprego habitação, localização e implementação de certos equipamentos, serviços e infraestruturas coletivas. A definição das áreas de influência, a previsão das necessidades atuais e futuras, a medição e previsão dos níveis de utilização, a perceção das áreas de oferta deficitária e/ou de procura crescente, e a determinação das áreas com potencial demográfico, necessitam de análises do quantitativo populacional, atual e futuro.

A RAA com 241 762 habitantes em 2001 representa 2,3% da população portuguesa. A ilha Graciosa, com 1838 habitantes em 2001, representa 2% da população residente na RAA.

Atualmente as estimativas do Instituto Nacional de Estatística (INE) referem um aumento da população residente na ilha Graciosa (Figura 2.5.1), contando com cerca de 4938 habitantes (valores referentes às estimativas da população para o ano de 2009).



Fonte: INE

**Figura 2.5.1** | Estimativas da População residente (N.º) por concelho.

A RAA apresenta uma densidade populacional de 106 habitantes por km<sup>2</sup> (estimativas apresentadas para o ano 2009) enquanto se estima que Portugal tem uma densidade de 115 habitantes por km<sup>2</sup>. Estima-se ainda, que a ilha Graciosa apresentava em 2009 uma densidade de 81 habitantes por km<sup>2</sup>, Considerando o período em análise (2001/2009), verifica-se que a densidade populacional tem vindo a aumentar, independentemente da escala geográfica (Quadro 2.5.1).

Quadro 2.5.1 | Densidade Populacional

Indicador	Ano	Portugal	RAA	Ilha Graciosa
Área km <sup>2</sup>	2001	92 141,5	2 321,9	60,7
População Residente	Censos 2001	10 355 824	241 763	4 780
	Estimativas 2009	10 637 713	245 374	4 938
Densidade Populacional (hab/km <sup>2</sup> )	2001	112	104	79
	2009	115	106	81

Fonte: dados do INE com cálculos próprios

No que refere à população residente por grupo etário verifica-se, para o período em análise, o predomínio da faixa etária entre os 25-64 anos, sendo que, no ano 2009 esta faixa etária correspondia a 52% da população residente na ilha Graciosa (sendo que 26% da população deste grupo etário são homens). No ano de referência do Plano verifica-se que a população feminina com 65 e mais anos é superior à população masculina para o mesmo grupo etário (Quadro 2.5.2).

A variação da população residente de 1999 para 2009 demonstra uma tendência de envelhecimento da população, uma vez que a população jovem está a diminuir, assistindo-se a um aumento da população nos grupos etários dos 25-64 anos e 65 e mais anos.

Quadro 2.5.2 | Estimativas da População residente (N.º) e taxa de variação da população residente por grupo etário e género

Sexo	Grupo etário	População Residente (N.º), 1999	População Residente (N.º), 2009	Varição População Residente (%) 1999/2009	População Residente (%), 2009
Homens	0 - 14 anos	435	365	-16	7
	15 - 24 anos	349	355	2	7
	25 - 64 anos	1 139	1268	11	26
	65 e mais anos	376	407	8	8
Mulheres	0 - 14 anos	381	313	-18	6
	15 - 24 anos	337	334	-1	7
	25 - 64 anos	1 096	1321	21	27
	65 e mais anos	572	575	1	12

Fonte: dados do INE com cálculos próprios

Para a estimativa da População Flutuante, foram tidos em consideração dois tipos de população: ocupantes temporários de residências não ocupadas e turistas.

Para os ocupantes temporários de cada concelho, identificou-se o número de fogos de residência secundária e com ocupante ausente (INE, 2001). Posteriormente calculou-se a população ocupando os fogos anteriormente referidos, com base na dimensão média do agregado familiar<sup>7</sup> (INE, 2001). Por último foi necessário fazer uma estimativa dos habitantes equivalentes por ano, aplicando as taxas de ocupação referidas na obra de Jorge Gaspar *et all* (1995) à população anteriormente calculada. Para o cálculo dessa taxa, considerou-se 45 dias de ocupação padrão.

<sup>7</sup> Considerado para efeitos de cálculo uma dimensão média de três pessoas por aglomerado familiar.

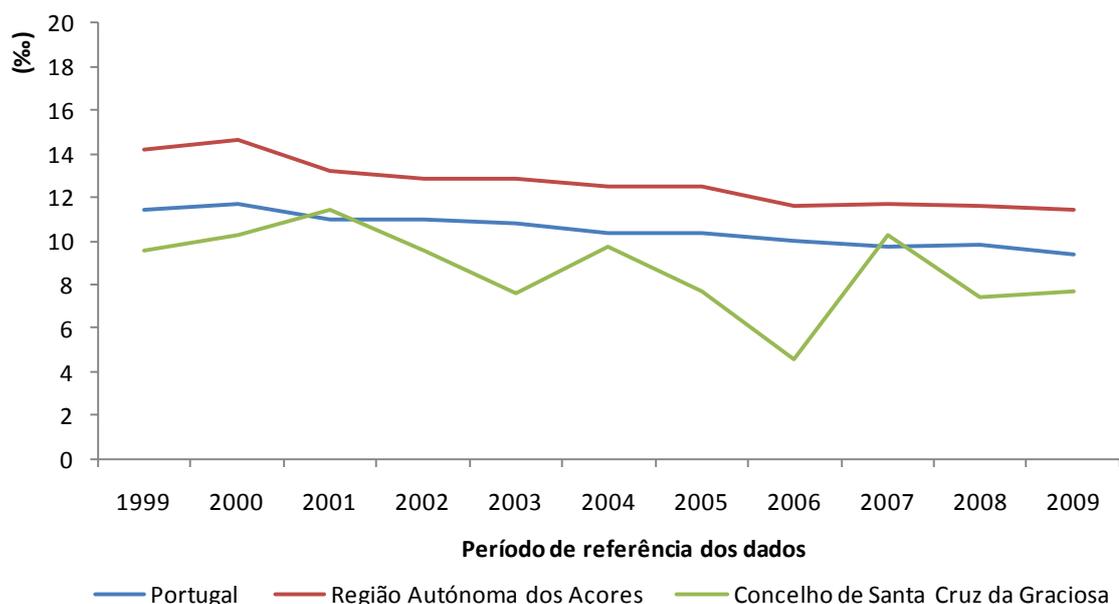
No que diz respeito ao cálculo do número de turistas de cada concelho, aferiu-se o número de dormidas médias por dia com base no número de dormidas anuais, tendo-se considerado para efeitos de cálculo que cada dormida média corresponde a um turista (habitante-equivalente).

**Quadro 2.5.3 |** Turistas, ocupantes temporários e população flutuante

Indicador	Ano	Ilha Graciosa
Ocupantes temporários (total de habitantes equivalentes)	2001	244
	2009	258
Turistas (total de habitantes equivalentes)	2001	28
	2009	28
População Flutuante	2001	272
	2009	286

Fonte: dados do INE com cálculos próprios

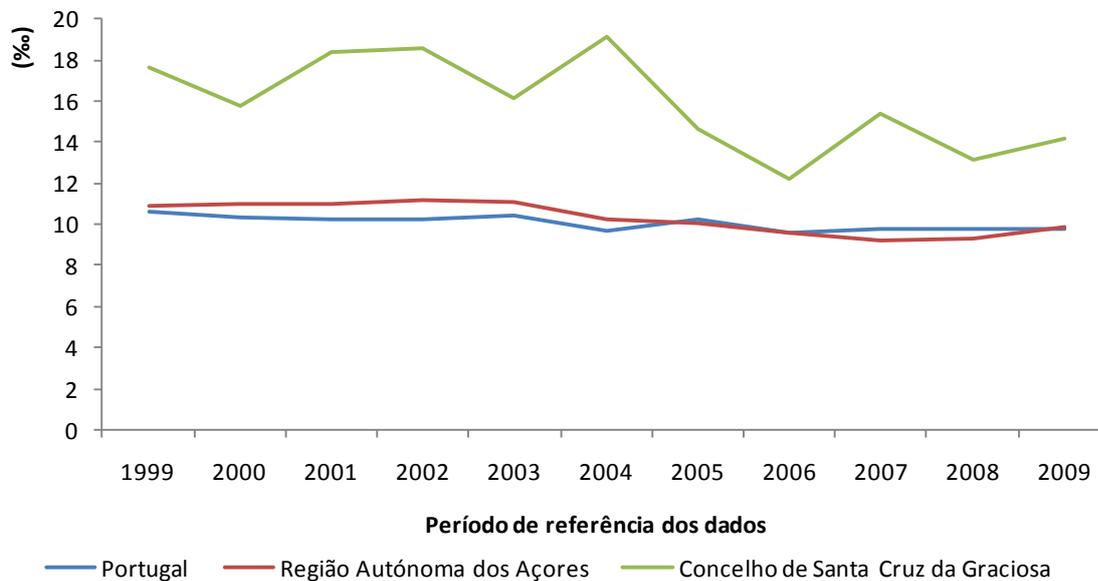
Em 2009, a taxa de natalidade da ilha Graciosa é inferior à média nacional e da RAA, enquanto que a taxa de mortalidade apresentava valores superiores aos observados para o país e segue a tendência da região dos Açores (Figura 2.5.2 e Figura 2.5.3).



Fonte: INE

**Figura 2.5.2 |** Taxa de Natalidade.

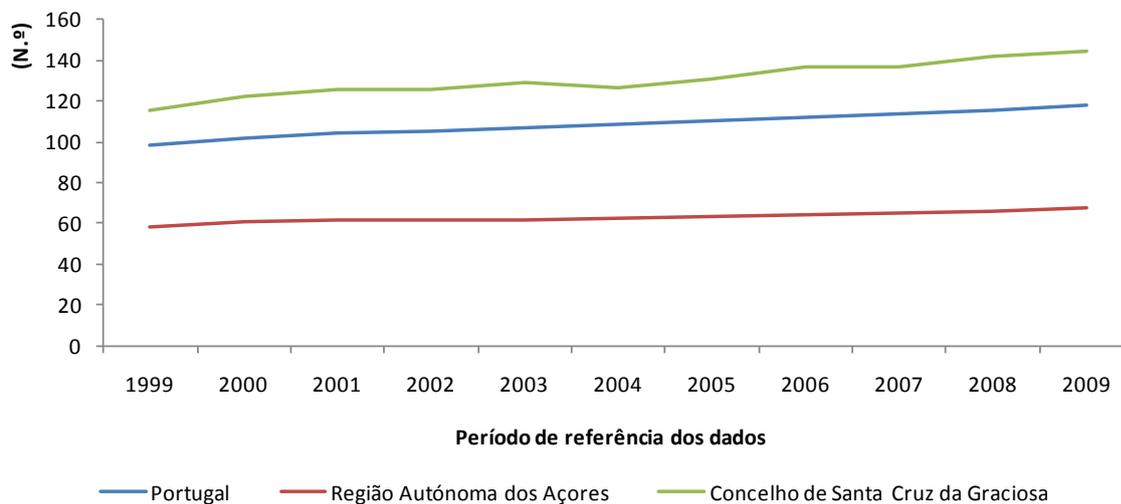
A taxa de mortalidade apresenta valores mais elevados no ano de 2009, comparativamente com o ano anterior, podendo este fenómeno ser justificado pelo envelhecimento da população e aumento do índice de envelhecimento (relação existente entre o número de idosos e a população jovem) (Figura 2.5.3 e Figura 2.5.4).



Fonte: INE

Figura 2.5.3 | Taxa de Mortalidade.

A ilha Graciosa apresenta um índice de envelhecimento mais elevado que a RAA. Para o ano de 2009, o índice de envelhecimento para a ilha Graciosa era de 145 residentes com 65 ou mais anos por 100 residentes com menos de 15 anos, enquanto que para a RAA a relação era de 68 residentes com 65 ou mais anos por 100 residentes com menos de 15 anos (Figura 2.5.4).



Fonte: INE

Figura 2.5.4 | Índice de envelhecimento.

A ilha Graciosa regista para o período em análise, uma taxa de crescimento natural negativa e inferior à média do País e da RAA (Quadro 2.5.4).

**Quadro 2.5.4 | Taxa de crescimento natural**

Local de residência	Taxa de crescimento natural (%) por Local de residência; Anual										
	Período de referência dos dados										
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Portugal	0,08	0,36	0,07	0,08	0,04	0,07	0,02	0,03	- 0,01	0,00	- 0,05
RAA	0,33	0,36	0,22	0,17	0,19	0,23	0,24	0,19	0,25	0,23	0,14
Ilha Graciosa	- 0,81	- 0,56	- 0,71	- 0,90	- 0,85	- 0,94	- 0,69	- 0,77	- 0,51	- 0,57	- 0,65

Fonte: INE

A taxa de crescimento migratório da ilha Graciosa é significativamente superior aos valores registados para o País e para a região, contudo segue a tendência de decréscimo verificada no País. No ano de 2002 Portugal tinha uma taxa de crescimento migratório (diferença entre o número de entradas e saídas por migração) de 0,68%, a R.A. Açores tinha uma taxa de 0,33% e a ilha Graciosa de 1,77% assistindo-se de seguida a uma diminuição do ritmo de crescimento (Quadro 2.5.5).

**Quadro 2.5.5 | Taxa de crescimento migratório**

Local de residência	Taxa de crescimento migratório (%) por Local de residência; Anual										
	Período de referência dos dados										
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Portugal	0,37	0,46	0,63	0,68	0,61	0,45	0,36	0,25	0,18	0,09	0,14
RAA	-0,37	-0,44	0,01	0,33	0,34	0,26	0,22	0,13	0,16	0,09	0,10
Ilha Graciosa	0,04	0,13	0,75	1,77	1,69	1,55	1,42	1,28	1,36	1,21	1,22

Fonte: INE

No que refere ao crescimento efetivo, durante o período de análise verificam-se dois momentos distintos na ilha Graciosa e que podem estar associados ao baixo crescimento migratório que se verificou entre 1999 e 2000, sendo que nesse período o crescimento efetivo foi negativo. Posteriormente a este período de 2001 a 2009, apesar de existirem algumas irregularidades e da tendência de decréscimo, o crescimento efetivo tem sido sempre positivo.

A ilha Graciosa apresenta no ano de 2009 um crescimento efetivo de 1,22%, justificado pela taxa de crescimento migratório que compensa assim, uma taxa de crescimento natural negativa e permite que a ilha Graciosa continue a crescer em termos populacionais (Quadro 2.5.6).

**Quadro 2.5.6 | Taxa de crescimento efetivo**

Local de residência	Taxa de crescimento efetivo (%) por Local de residência; Anual										
	Período de referência dos dados										
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Portugal	0,37	0,46	0,63	0,68	0,61	0,45	0,36	0,25	0,18	0,09	0,14
RAA	-0,37	-0,44	0,01	0,33	0,34	0,26	0,22	0,13	0,16	0,09	0,10
Ilha Graciosa	-0,77	-0,43	0,04	0,87	0,85	0,61	0,73	0,52	0,84	0,63	0,57

Fonte: INE

No computo geral, a população da ilha Graciosa manifesta uma tendência de envelhecimento, associada ao decréscimo da taxa de natalidade, assistindo-se a um ligeiro aumento da taxa de mortalidade (decorrente do envelhecimento da população) e aumento do índice de envelhecimento, agravado pela diminuição da taxa de crescimento migratório.

No que refere aos estabelecimentos de educação/ensino, a ilha Graciosa dispõe de cinco estabelecimentos de educação pré-escolar, seis estabelecimentos de ensino básico e um estabelecimento de ensino secundário, sendo que do total de 12 estabelecimento de ensino apenas um tem natureza institucional privada (Quadro 2.5.7).

**Quadro 2.5.7** | Estabelecimentos de educação/ensino por município segundo o nível de ensino ministrado e a natureza institucional, 2008/2009

Unidade geográfica	Educação pré-escolar		Ensino básico						Ensino secundário	
	Público	Privado	1.º ciclo		2.º ciclo		3.º ciclo		Público	Privado
			Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado		
RAA	164	59	171	6	31	1	31	5	21	19
Ilha Graciosa	4	1	4	0	1	0	1	0	1	0

Fonte: INE

No ano letivo de 2008/2009 encontravam-se matriculados 122 alunos na educação pré escolar, 467 alunos estavam matriculados no ensino básico e 137 alunos estavam matriculados no ensino secundário. No total encontravam matriculados em estabelecimentos de ensino 726 alunos, dos quais 41 alunos frequentavam a educação pré-escolar de natureza institucional privada (Quadro 2.5.8).

**Quadro 2.5.8** | Número de Alunos matriculados segundo o nível de ensino ministrado e a natureza institucional do estabelecimento, 2008/2009

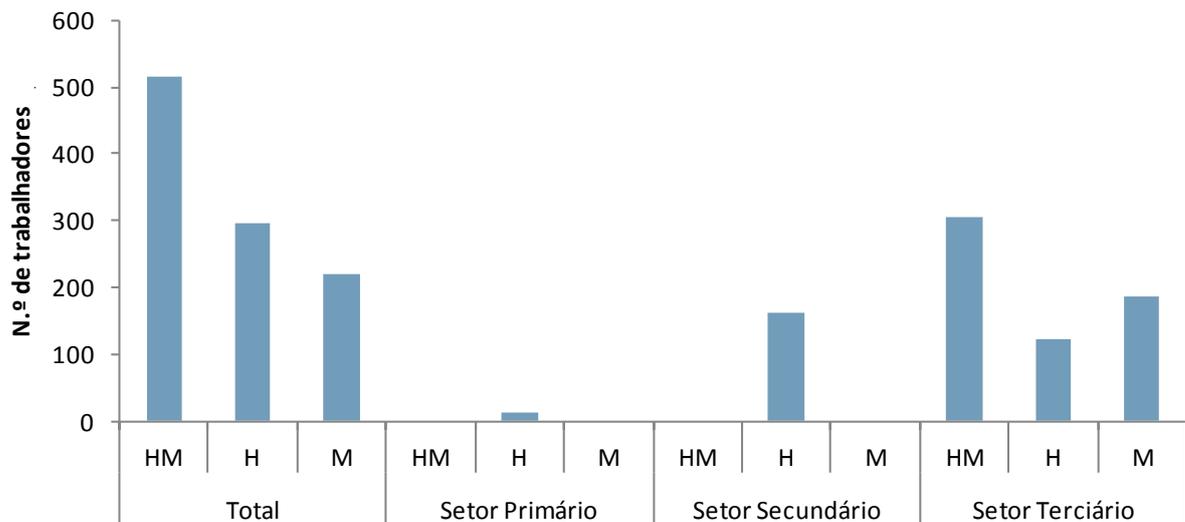
Unidade geográfica	Educação pré-escolar		Ensino básico						Ensino secundário	
	Público	Privado	1.º ciclo		2.º ciclo		3.º ciclo		Público	Privado
			Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado		
R.A. Açores	5 292	2 450	12 874	1 055	8 676	48	10 604	130	7 730	2 028
Ilha Graciosa	81	41	182	0	139	0	146	0	137	0

Fonte: INE

No que refere aos instrumentos e equipamentos de proteção social na saúde e na doença, na ilha Graciosa existe apenas um centro de saúde com internamento, que dispõe de 16 camas (INE, 2008). Este centro de saúde tem 53 funcionários (2 médicos e 14 enfermeiros). Verificou-se ainda que a ilha em análise apenas dispõe de uma farmácia (INE, 2009).

De acordo com os dados do INE, relativos aos trabalhadores por conta de outrem nos estabelecimentos por setor de atividade constatou-se que no ano 2008 existiam 517 trabalhadores nesta condição (Figura 2.5.5), sendo que 59% trabalhava no setor terciário. No que refere ao setor primário existe 12 trabalhadores do sexo masculino por conta de outrem e no setor secundário existem 163 trabalhadores por conta de outrem.

Salienta-se no entanto, que o Anuário Estatístico dos Açores para o ano 2009 não dispunha dos valores referentes ao total de trabalhadores e trabalhadores do sexo feminino empregues no setor primário e setor secundário, não sendo por este possível fazer uma análise com maior detalhe para o ano de 2008.



### Setores de atividade

Fonte: INE

**Figura 2.5.5** | Trabalhadores por conta de outrem nos estabelecimentos por município, segundo o setor de atividade (CAE-Rev.3) e o sexo, 2008.

A ilha Graciosa situa-se um pouco acima da média regional relativamente ao número de patrões, que nesta ilha representam 3,9% do total de trabalhadores considerando o ano de 2009 (a média regional é de 3,5%), e quanto ao nível de habilitações 53% do total têm até ao 2.º ciclo. Verifica-se que 49% da população trabalhadora tem menos de 35 anos e os que têm mais de 55 anos ficam-se somente pelos 8%. Quanto à antiguidade na empresa 55,6% trabalham há menos de cinco anos. Quando aos trabalhadores por conta de outrem os setores que aparecem em primeiro lugar com 17% respetivamente é o pessoal das atividades de construção e comércio, reparação de veículos automóveis (Observatório do Emprego e Formação Profissional, 2010), (Quadro 2.5.9).

**Quadro 2.5.9** | Número total de trabalhadores por atividades, segundo o setor de atividade (CAE-Rev.3), ano 2009

Atividades	Total	Patrão	Trabalhador familiar não remunerado	Trabalhador por conta de outrem	Outra
<b>Total</b>	<b>792</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	<b>751</b>	<b>9</b>
A. Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	70	2	...	1	1
01/02 Agricultura, produção animal, caça e silvicultura	24	...	...	...	...
03 Pesca e aquicultura	46	2	...	1	1
B. Indústrias extrativas	...	...	...	...	...
C. Indústrias transformadoras	91	5	...	83	3
D. Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria, ar frio	19	...	...	19	...
E. Distribuição de água, saneamento e resíduos	...	...	...	...	...
F. Construção	127	2	...	124	1
G. Comércio, reparação de veículos automóveis	140	14	1	123	2
H. Transportes e armazenagem	69	3	...	66	...
I. Alojamento, restauração e similares	66	1	...	62	3
J. Atividades de informação e comunicação	8	...	...	8	...
K. Atividades financeiras e de seguros	25	...	...	25	...

Atividades	Total	Patrão	Trabalhador familiar não remunerado	Trabalhador por conta de outrem	Outra
L. Atividades imobiliárias	...	...	...	...	...
M. Atividades de consultoria, científicas e técnicas	3	1	...	2	...
N. Atividades administrativas e serviços de apoio	11	1	...	10	...
O. Adm. Pública, defesa, segurança social obrigatória	35		...	35	...
P. Educação	14		..	14	...
Q. Atividades de saúde humana e apoio social	98	2	...	96	...
R. Atividades artísticas, desportivas e recreativas	2	1	...	1	...
S. Outras atividades de serviços	14	1	...	13	...
U. Organismos internacionais e extraterritoriais	...	...	...	...	...

Fonte: Observatório do Emprego e Formação Profissional

A RAA à data dos Censos 2001 representava 2,8% da população ativa em Portugal e a ilha Graciosa representava 1,8% da população ativa da RAA. A análise do quadro 2.5.10 permite ainda aferir que a maioria da população ativa se concentra na faixa etária dos 25-64 anos.

**Quadro 2.5.10 |** População ativa (n.º) por local de residência (à data dos Censos 2001) por grupo etário

Unidade geográfica	Grupos etários		
	15-24	25-64	65 e mais
Portugal	730 228	4 169 788	90 192
Continente	692 884	3 998 796	86 435
RAA	20 120	80 078	1 290
Ilha Graciosa	319	1 492	49

Fonte: INE

Em termos prospetivos, as estimativas que o INE realizou para o conjunto do País apontam, em qualquer dos três cenários adotados, para a continuação do crescimento da RAA nos próximos anos. Os cenários apresentados pelo INE preveem um aumento da população idosa e redução do número de residentes com menos de 25 anos, tendo como consequência o aumento da população em idade ativa, causando uma maior pressão no mercado regional de trabalho.

## 2.5.2 | Características setoriais e territoriais das atividades económicas

### 2.5.2.1 | Agropecuária

O clima dos Açores é caracterizado, em média, por uma reduzida amplitude térmica anual e diária, por elevados níveis de precipitação e humidade relativa, e por um ligeiro défice hídrico estival. Geralmente, os níveis de precipitação e humidade relativa sobem de leste para oeste, no arquipélago, da costa sul para a norte, em cada ilha e com a altitude em geral.

A temperatura e a insolação descem acentuadamente com a altitude. Assim, abaixo dos 300m de altitude, o nível tradicionalmente associado à terra arável, é possível realizar uma grande diversidade de culturas, do milho às hortícolas e da vinha à bananeira.

Acima dos 300m as possibilidades de diversificação cultural reduzem-se até se resumirem praticamente às pastagens e forragens ou à floresta. Algumas culturas, como por exemplo a beterraba, ainda são possíveis acima dos 300m mas a esta altitude a qualidade da produção como matéria-prima para a indústria é muito baixa.

Por outro lado, abaixo dos 300m, as possibilidades de intensificação forrageira, nomeadamente baseada no milho para forragem são muito superiores às do patamar acima. Tomando aquela altitude como limite superior da zona onde as possibilidades de intensificar e diversificar são maiores, verificamos que tal zona representa cerca de metade do território açoriano

As estruturas de produção agrícola nos Açores apresentam importantes limitações que são agravadas pela insularidade do território e pela grande dispersão por 9 ilhas, algumas delas com uma dimensão muito reduzida e com o acesso muito penalizado relativamente, quer ao abastecimento em fatores de produção, quer ao escoamento da produção, quer ao enquadramento técnico-administrativo.

Além disso, a superfície agrícola por exploração é muito reduzida e dispersa por um grande número de blocos com uma dimensão média normalmente muito limitada e, em muitos casos, de difícil acesso (SIARA - Sistema de Informação da RAA).

A economia da RAA encontra-se muito dependente do setor terciário, contudo, a população ativa que trabalha no setor primário é ainda significativa, principalmente ligada à pecuária.

A utilização das terras na RAA é dominada pelas pastagens permanentes, tendo-se verificado no período intercensitário (1989-1999) uma diminuição da superfície das explorações agrícolas dedicadas às culturas permanentes, terras aráveis e superfície florestal e um aumento da área das pastagens permanentes (Secretaria Regional da Agricultura e Floresta, 2007).

No ano de 1999 existiam na RAA 19 280 explorações agrícolas com uma área de 140 553 hectares, em que 99,7% do n.º total de explorações tinham superfície agrícola utilizada com uma área 121 308 hectares (correspondendo a 86% da área total das explorações agrícolas). O Continente detém 92% do número total de explorações do País, enquanto a Região dos Açores detém apenas 4,6%.

No que refere ao número de explorações com Superfície Agrícola Utilizável (SAU), o Continente representa 92% do total de explorações nesta condição, com uma área de 3 736 165 hectares (correspondendo a 97% da área total das explorações com SAU do País), enquanto que a Região dos Açores apenas representa 4,7% do total de explorações nesta condição, com uma área que corresponde a 3% da área total das explorações com SAU do País.

De acordo com o RGA 99, a ilha Graciosa detém 4,8% (925 explorações) do número total de explorações da RAA, correspondendo a uma área de 3 640 hectares. Todas as explorações têm superfície agrícola utilizada com uma área de 3 379 hectares (2,8%.da área total das explorações com SAU da RAA), (Quadro 2.5.11).

**Quadro 2.5.11** | Explorações agrícolas

Unidade geográfica	N.º de explorações agrícolas, 1999	Explorações agrícolas (ha), 1999	N.º de explorações com SAU, 1999	Explorações agrícolas com SAU (ha), 1999
Portugal	415 969	5 188 939	412 612	3 863 094
Continente	382 163	5 039 582	378 880	3 736 165
RAA	19 280	140 553	19 230	121 308
Ilha Graciosa	925	3 640	925	3 379

Fonte: INE, RGA, 1999 – RAA

As culturas permanentes com maior relevância na ilha Graciosa são a vinha, o cultivo de citrinos e os frutos subtropicais (Quadro 2.5.12). O número de explorações que praticam culturas permanentes na ilha Graciosa representa 3% das explorações da R.A. Açores e ocupam 6% da área dedicada às culturas permanentes na RAA.

Na ilha Graciosa 506 explorações dedicam-se ao cultivo de vinha, representando 9% das explorações da RAA que praticam este tipo de cultura e 10% da área em hectares.

**Quadro 2.5.12 |** Culturas permanentes

Unidade Geográfica	Unidades	Culturas permanentes	Frutos frescos	Citrinos	Frutos subtropicais	Frutos secos	Olival	Vinha	Viveiros	Chá	Vime	Outras culturas permanentes
Portugal	expl (nº)	342 918	64 772	45 863	10 554	50 869	159 029	246 934	981	3	454	938
	área (ha)	711 648	52 670	23 361	2 592	80 408	335 029	215 046	1 622	40	64	548
Continente	expl (nº)	320 484	61 477	37 657	1 781	49 738	159 029	232 399	839	-	13	899
	área (ha)	705 252	52 276	22 337	1 186	80 227	335 029	211 828	1 590	-	6	541
RAA	expl (nº)	10 751	1 845	7 053	3 939	721	-	5 771	132	3	-	20
	área (ha)	3 662	177	922	665	102	-	1 699	25	40	-	7
Ilha Graciosa	expl (nº)	601	58	217	134	8	-	506	1	-	-	-
	área (ha)	216	3	20	14	3	-	175	...	-	-	-

Fonte: INE, RGA, 1999 – RAA

Na agricultura verifica-se uma dependência das culturas temporárias de cereais para grão, culturas forrageiras, culturas hortícolas e leguminosas secas para grão (Quadro 2.5.13).

Na RAA existiam à data do RGA99 13 354 explorações que praticavam culturas temporárias, ocupando uma extensão de 17 349 hectares, representando 4,4% do número de explorações que cultivam culturas temporárias no País.

Na ilha Graciosa existem 728 explorações que praticam culturas temporárias e ocupam uma extensão de 853 hectares. Assim sendo, o número de explorações com culturas temporárias da ilha Graciosa representa 5,5% das explorações com culturas temporárias da RAA e 5% da área (ha).

**Quadro 2.5.13 |** Culturas temporárias

Unidade Geográfica	Total		Cultura principal		Cultura secundária	
	Expl (nª)	Área (ha)	Expl (nª)	Área (ha)	Expl (nª)	Área (ha)
<b>Ilha Graciosa</b>						
<b>Culturas temporárias</b>	728	853	700	546	449	307
Cereais para grão	451	159	451	159	-	-
Leguminosas secas para grão	304	24	300	23	5	1
Prados temporários	-	-	-	-	-	-
Culturas forrageiras	502	617	212	315	417	300
Batata	54	3	44	3	11	0
Beterraba sacarina	-	-	-	-	-	-
Culturas industriais	-	-	-	-	-	-
Culturas hortícolas	371	42	369	41	3	0
Flores e plantas ornamentais	1	...	1	...	-	-

Unidade Geográfica	Total		Cultura principal		Cultura secundária	
	Expl (n <sup>a</sup> )	Área (ha)	Expl (n <sup>a</sup> )	Área (ha)	Expl (n <sup>a</sup> )	Área (ha)
Sementes de culturas forrageiras	-	-	-	-	-	-
Sementes e propágulos de outras culturas não lenhosas	-	-	-	-	-	-
Outras culturas temporárias	82	7	72	3	13	4

Fonte: INE, RGA, 1999 – RAA

Na ilha Graciosa predominam os sistemas policulturais (Secretaria Regional da Agricultura e Floresta, 2007), sendo que a vinicultura (produção de vinho) tem também um significado considerável (1513 hectolitros no ano de 2006). De acordo com os dados da produção das culturas agrícolas principais em 2005 e 2006 constata-se mais uma vez a importância da vinha e da produção de milho para grão e forragem, no contexto das atividades agrícolas desenvolvidas na ilha Graciosa (Quadro 2.5.14).

**Quadro 2.5.14** | Culturas Agrícolas

Localização Geográfica	Culturas Agrícolas (Principais)	2005	2006
		Produção	Produção
Ilha Graciosa	Batata do Cedo (t)	388	388
	Milho-Forragem (t)	4 948	4 948
	Milho-Grão (t)	155	155
	Vinho (hl)	1 210	1 513

Fonte: SREA

O Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas 2005 (IEEA 05) apurou cerca de 324 mil explorações agrícolas em Portugal, menos 92 mil que o RGA 99. Sendo Que, em cada 6 anos, praticamente uma em cada cinco explorações desapareceu. Na RAA o número de explorações também decresceu 21% comparativamente com os valores registados no RGA 99. A análise da evolução do número de explorações por classes de dimensão da SAU, revela que foram as explorações mais pequenas que desapareceram, aumentando assim a SAU média por exploração (Quadro 2.5.15). Constatou-se ainda, que de acordo com os dados do RGA 99, o número de explorações agrícolas com SAU da RAA representam 4,7% do número de explorações com SAU existentes em Portugal e 3,1% da área (ha) das explorações com SAU no País.

**Quadro 2.5.15** | Dimensão média das explorações, por região (1999-2005)

Unidade geográfica	1999	2005	Varição (1999-2005) %
Portugal	9,3	11,4	22,3
Continente	9,8	12,0	22,3
RAA	6,3	8,0	27,7

Fonte: INE

Na ilha Graciosa verificou-se uma redução do número de explorações com efetivo animal em todas as espécies (um decréscimo de 27%), e uma redução de 18% do número de efetivos animal. Contudo, verificou-se um aumento do número do efetivo pecuário (espécies de bovinos, suínos, ovinos, caprinos) em 24% e colmeias/cortiços (23%), enquanto que os efetivos das espécies equídeos, aves e coelhos registaram uma taxa de variação negativa de -29%, -

36% e -86% respetivamente (Quadro 2.5.16). Contrariamente, o número de explorações com efetivo pecuário reduziu 22%.

**Quadro 2.5.16** | Efetivo animal por espécie e explorações agrícolas com efetivo animal

Espécies	Portugal		Continente		RAA		Ilha Graciosa	
	Explorações (nº)	Efetivo (nº)						
Bovinos	102 457	1 415 188	90 617	1 172 437	9 873	238 396	353	5 494
Suínos	132 630	2 418 426	121 681	2 332 864	7 188	61 894	532	1 590
Ovinos	71 203	537	69 360	2 917 719	845	4 951	3	304
Caprinos	55 014	241	49 164	519 018	3 014	9 063	154	514
Equídeos	62 439	96 741	58 162	90 544	4 261	5 885	365	485
Aves	265 670	42 631 471	247 348	41 397 586	10 380	676 718	679	9 934
Coelhos	100 097	1 673 702	98 351	1 654 957	645	5 882	5	8
Colmeias e cortiços	17 220	285 230	16 680	279 928	212	3 255	3	112
Efetivo pecuário (bovinos, suínos, ovinos e caprinos)	361 304	3 834 392	330 822	6 942 038	17 906	300 290	1042	818

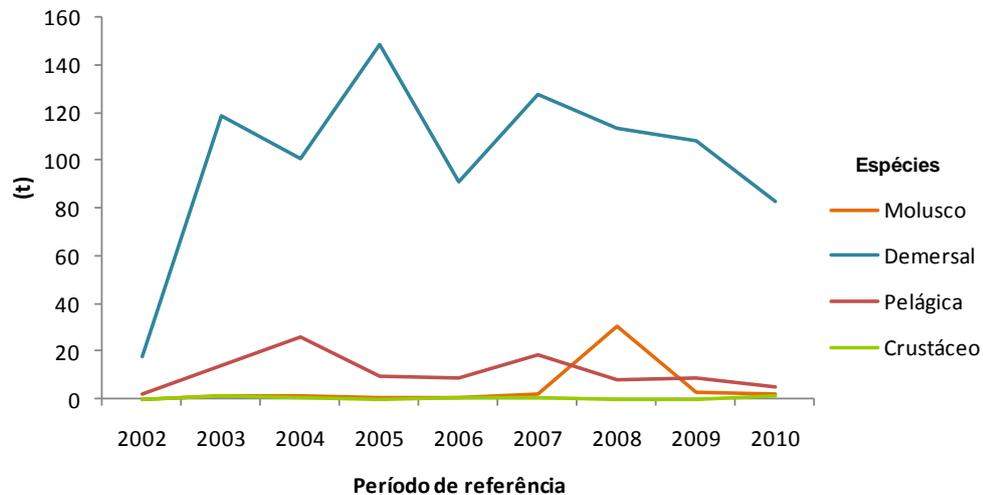
Fonte: INE, RGA, 1999 – RAA

### 2.5.2.2 | Pesca

A atividade piscatória tem uma relevância económica importante para a RAA, representando 5% do emprego e 40% das exportações, segundo dados da Comissão Europeia (2006). O principal alvo na pesca demersal é o goraz devido ao seu valor económico.

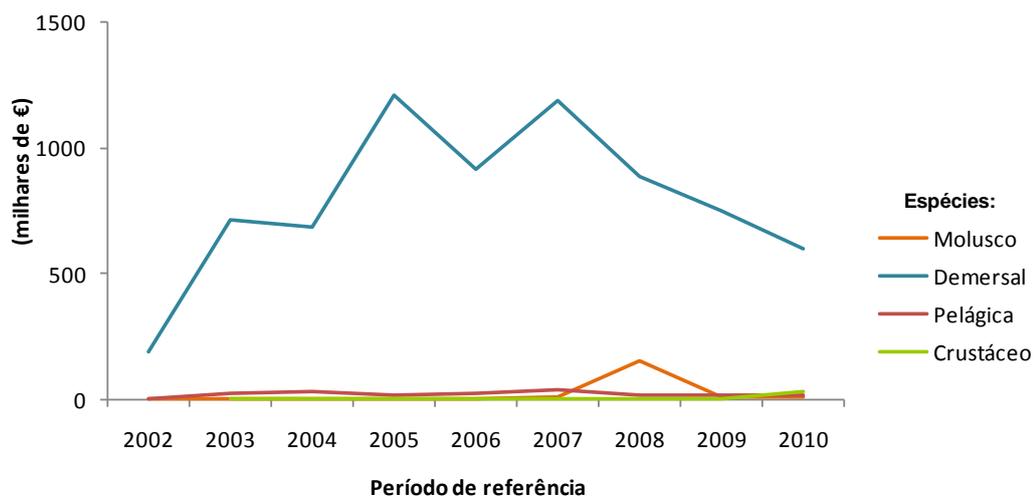
A atividade da pesca continua a exercer uma significativa influência no ordenamento do território de alguns aglomerados nos Açores, dominados pelo efeito indutor de movimentos e de serviços de pequena escala que os portos piscatórios determinam (SRAM, 2007). Na ilha Graciosa existem 2 portos de pesca: os portos da Praia da Graciosa e Santa Cruz da Graciosa.

A Atividade piscatória, medida pelo pescado descarregado nos portos, traduziu-se no ano de 2010 em volumes da ordem das 91 toneladas, às quais correspondem valores brutos na ordem de 652 170 milhares de euros, embora se trate de uma atividade com fortes flutuações, nomeadamente devido a flutuações de preço verificou-se uma diminuição da quantidade de pescado (Figura 2.5.6 e Figura 2.5.7).



Fonte: SREA

Figura 2.5.6 | Total de Pesca descarregada nos portos da ilha Graciosa (toneladas).



Fonte: SREA

Figura 2.5.7 | Valor de Pesca descarregada nos portos da ilha Graciosa (milhões de €).

O setor de pescas açoriano possui inúmeras fragilidades, tal como acontece no Continente, relacionadas com uma frota pesqueira antiquada e pouco competitiva, sem condições para armazenar peixe por tempo prolongado e sem condições para saídas superiores a 24 horas. Esta situação torna-se ainda mais problemática, uma vez que existem incentivos regionais e comunitários importantes para a modernização da frota pesqueira (SRAM, 2007).

No ano de 2008 o setor das pescas e aquicultura gerou um valor acrescentado bruto de 599 milhares de euros e um volume de negócios de 886 milhares de euros. Segundo dados do INE, existiam 25 empresas que desenvolviam atividades neste setor com 37 pessoas ao serviço.

O setor de atividade da pesca e aquicultura representa 8,5% do VAB nas empresas da ilha Graciosa e 3% do VAB nas empresas da RAA (Quadro 2.5.17).

**Quadro 2.5.17** | Volume de negócios, valor acrescentado bruto, número de empresas e pessoal ao serviço nas empresas do setor das pescas e aquicultura para o ano 2008

Unidade geográfica	VAB (milhares de €)	Empresas (n.º)	Vol. de negócios (milhares de €)	Pessoal ao Serviço (n.º)
Portugal	187 650	4 792	408 370	13 513
Continente	161 756	4 231	349 265	11 700
RAA	20 064	497	49 036	1 384
Ilha Graciosa	599	25	886	37

Fonte: INE

### 2.5.2.3 | Indústria transformadora

Verifica-se que as indústrias transformadoras apresentam um peso relativamente reduzido na economia da RAA, sendo responsável no ano de 2008 por apenas 13% do VAB nas empresas por setores de atividade desta região e 13% do pessoal ao serviço nas empresas da RAA. Trata-se do setor económico que inclui as atividades que mais diretamente estão sujeitas à concorrência internacional, dado o carácter transacionável dos bens que nele são produzidos e, por outro lado, a estreiteza do mercado regional e a situação periférica e fragmentada do território contribuem de forma marcante para a dificuldade de indústrias nascentes se consolidarem;

No seu conjunto, as indústrias transformadoras verificaram em anos recentes um crescimento moderado quer em termos de emprego quer em termos de VAB, (SRAM, 2008).

Na ilha Graciosa, as indústrias alimentares (10 empresas), as indústrias da madeira (12 empresas) e fabricação de têxteis (5 empresas) ocupam as posições mais proeminentes. Segundo dados do INE, no ano de 2008, as empresas deste setor geraram um VAB de 640 milhares de €, um volume de negócios de 1 558 milhares de euros e existiam cerca de 73 pessoas ao serviço do setor da indústria transformadora na ilha Graciosa (Quadro 2.5.18).

**Quadro 2.5.18** | Volume de negócios, valor acrescentado bruto, número de empresas e pessoal ao serviço nas empresas das indústrias transformadoras para o ano 2008

Unidade geográfica	Volume de negócios (milhares de €)	Valor acrescentado bruto (milhares de €)	Empresas (n.º)	Pessoal ao serviço (n.º)
Portugal	83 071 315	18 923 047	79 589	773 090
Continente	81 854 539	18 622 447	77 432	758 522
RAA	798 453	157 759	1 180	8 205
Ilha Graciosa	1 558	640	30	73

Fonte: INE

### 2.5.2.4 | Turismo

Considera-se que o turismo é uma atividade emergente na RAA, contudo não se observa uma expansão assinalável nos últimos anos na ilha Graciosa, uma vez que no período de oito anos apenas foi criado mais um estabelecimento hoteleiro, existindo no ano 2009 quatro estabelecimentos hoteleiros nesta ilha, correspondendo a 5% dos estabelecimentos na RAA (Quadro 2.5.19).

No que refere ao posicionamento estratégico das ilhas no domínio do turismo, a ilha Graciosa encontra-se numa periferia intermédia, juntamente com a ilha das Flores.

**Quadro 2.5.19** | Estabelecimentos hoteleiros (N.º) por localização geográfica, anual

Localização geográfica	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
RAA	62	69	75	83	83	81	83	82
Ilha Graciosa	3	3	3	3	3	3	3	4

Fonte: INE

A partir de 2008, verificou-se uma redução do número de dormidas e hóspedes na RAA, sendo evidente a desaceleração do ritmo de crescimento turístico, uma vez que, comparativamente com Portugal, a procura turística dos Açores evoluiu acima da média nacional no período de 2001 a 2005 (Direção Regional de Turismo dos Açores). Contrariamente, a ilha Graciosa regista um aumento sustentado do número de hóspedes, bem como do número de dormidas, que apesar de irregulares continuam a aumentar (Quadro 2.5.20).

**Quadro 2.5.20** | Dormidas (N.º) e Hóspedes nos estabelecimentos hoteleiros por localização geográfica, anual

Localização geográfica	Dormidas e Hóspedes	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
RAA	Dormidas	777 935	804 028	965 084	1 135 588	1 180 096	1 184 375	1 127 513	1 004 804
	Hóspedes	249 179	239 796	281 419	281 419	337 213	...	353 479	327 901
Ilha Graciosa	Dormidas	9 976	10 957	9 558	8 264	9 298	8 012	8 953	9 512
	Hóspedes	3 597	3 611	3 642	3 642	3 857	...	3 629	4 075

Fonte: INE

As empresas de alojamento e restauração localizadas na ilha Graciosa geraram no ano de 2008 1% do valor acrescentado bruto das empresas deste setor na RAA e representa 9% do VAB das empresas da ilha Graciosa. Para o mesmo período, a ilha Graciosa dispunha de 53 pessoas ao serviço das empresas de alojamento e restauração, representando cerca de 7% do total de pessoal ao serviço nas empresas da ilha Graciosa. No que refere ao volume de negócios, para o mesmo ano, as empresas do setor de alojamento e restauração tiveram um volume de negócios de 619 milhares de euros (Quadro 2.5.21).

**Quadro 2.5.21** | Volume de negócios, valor acrescentado bruto, número de empresas e pessoal ao serviço nas empresas de alojamento e restauração para o ano 2008

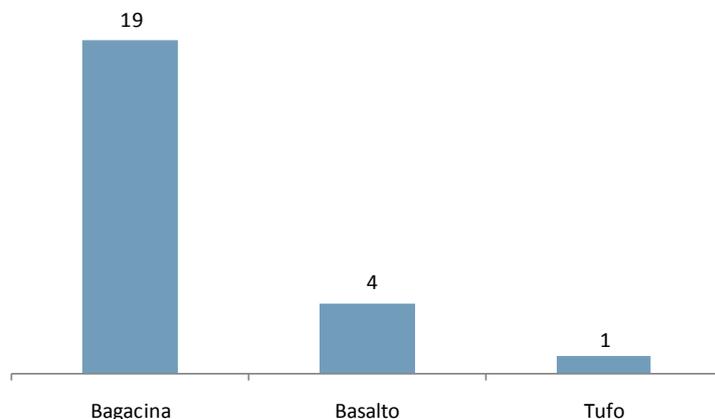
Unidade geográfica	VAB (milhares de €)	Empresas (n.º)	Vol. de negócios (milhares de €)	Pessoal ao Serviço (n.º)
Portugal	3 440 738	85 528	9 844 191	289 439
Continente	3 109 382	81 935	9 088 192	269 955
RAA	70 675	1 455	194 960	5 468
Ilha Graciosa	619	...	3278	53

Fonte: INE

### 2.5.2.5 | Indústria extrativa

De acordo com o Estudo GEOVALIA – Prospeção e Avaliação de Recursos Minerais dos Açores (ARENA, 2007), na ilha Graciosa foram identificadas 22 explorações e zonas de extração de inertes, em atividade ou abandonadas, das quais 9 explorações apresentavam claros indícios de atividade recente.

Os materiais geológicos explorados nas áreas identificadas são: a bagacina (em 19 explorações), o basalto (em 4 explorações) e o tufo (em 1 exploração).



Fonte: ARENA, 2007

**Figura 2.5.8** | Materiais geológicos explorados e n.º de explorações identificadas.

Os locais de exploração de recursos minerais identificados ocupam uma área com 12,09 hectares, com uma média de 0,55 hectares por exploração. A distância média entre cada exploração de recursos minerais é de 0,62km. Das áreas estudadas, 3 apresentam potencialidade para aterro e 1 estava com aterro em execução.

De acordo com a SRE/DRCIE apenas 1 das áreas de exploração de inertes se encontra licenciada na ilha Graciosa, no entanto, 3 estão identificadas como áreas de indústria extrativa no Plano Diretor Municipal (PDM) de Santa Cruz da Graciosa.

Das áreas estudadas, nenhuma se localizava em espaços naturais protegidos.

No projeto GEOVALIA foi ainda apresentado para as explorações e zonas de extração de inertes da ilha Graciosa os seguintes graus de significância:

- Muito significativa (7 áreas, 32% do total);
- Significativa (11 áreas, 50% do total);
- Pouco significativa (4 áreas, 19,7% do total).

Salienta-se no entanto, que o INE não dispõe de valores referentes ao número de empresas associadas à indústria extrativa, nem valores de VAB, volume de negócios e pessoal ao serviço nas empresas deste setor na ilha Graciosa.

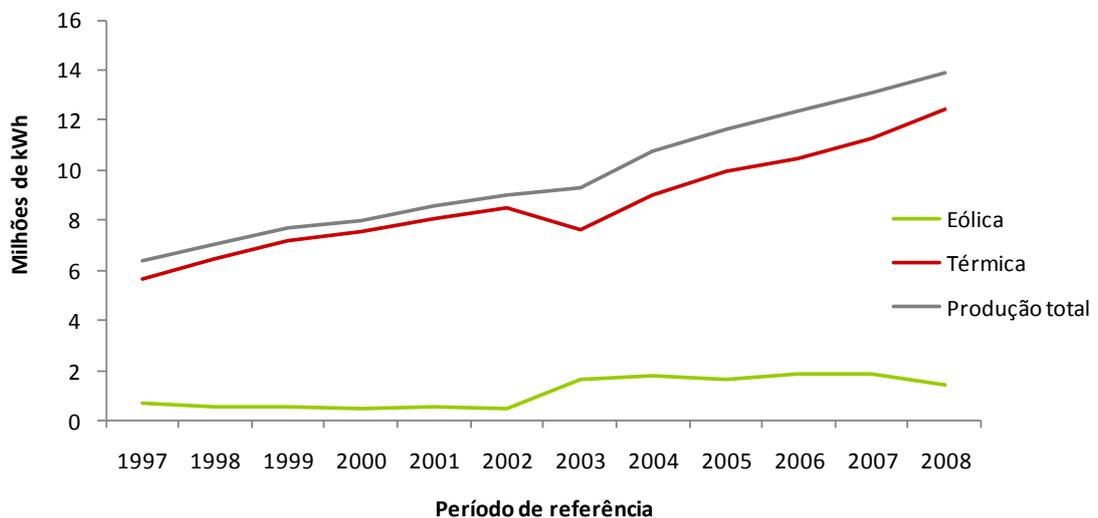
### 2.5.2.6 | Energia

Na RAA existem problemas estruturais ao nível da produção de energia que não são passíveis de ser ultrapassados com base nas tecnologias atualmente disponíveis. A morfologia do mar dos Açores torna impossível a ligação elétrica por cabo entre as ilhas e, muito menos, à rede continental e europeia. Isto significa que cada ilha tem de ter um sistema

de produção de energia elétrica independente e, portanto, suporta custos de produção de energia substancialmente elevados quando comparados com os continentais, (SRAM, 2007).

As fontes de energia primárias nas diferentes ilhas dos Açores baseiam-se sobretudo em combustíveis fósseis importados (fuel, gasóleo, gasolina). Todavia, as fontes de energia renováveis como a energia hídrica e eólica registam ainda evoluções pouco significativas. De acordo com dados da SREA, 96% da energia elétrica, no ano de 2008, era de origem Térmica.

Na ilha Graciosa denota-se um aumento na produção de energia eólica desde o ano de 2003, com o conseqüente decréscimo da energia térmica. Contudo a produção de energia eólica não é constante ao longo do período em análise. No ano de 2008, 90% da produção de energia elétrica era de origem térmica e apenas 10% era de energia eólica. No ano de 2003 registou-se a percentagem mais baixa de produção de eletricidade de origem térmica (82%) e conseqüentemente, a produção de energia elétrica de origem eólica atingiu o ponto mais elevado de produção (18%).



Fonte: SREA

Figura 2.5.9 | Produção de energia elétrica (kwh), por ano

No que respeita ao consumo de energia, a procura doméstica representa a componente mais significativa, embora os consumos comerciais e serviços se mostrem mais dinâmicos nos últimos anos. Pelo contrário, os consumos industriais e agrícolas têm-se caracterizado por um crescimento muito modesto (Quadro 2.5.22).

Quadro 2.5.22 | Consumidores de eletricidade (N.º) por tipo de consumo para a ilha Graciosa

Período de referência	Total	Doméstico	Não doméstico	Indústria	Agricultura
1998	2 737	2 365	338	30	4
1999	2 756	2 373	347	31	5
2000	2 811	2 406	366	34	5
2001	2 842	2 419	379	40	4
2002	2 887	2 440	360	84	3
2003	2 914	2 477	347	85	5
2004	2 955	2 518	385	46	6

Período de referência	Total	Doméstico	Não doméstico	Indústria	Agricultura
2005	2 972	2 529	389	47	7
2006	2 994	2 564	372	49	9
2007	3 007	2 586	363	49	9
2008	3 058	2 610	385	52	11

Fonte: INE

Relativamente às vendas de combustíveis para o período 2000/2008, na ilha Graciosa verifica-se um aumento das vendas de gasóleo (53%) e gasolina sem chumbo 95 (53%). Contrariamente verifica-se um decréscimo das vendas de gasolina (-2%) e G.P.L. em garrafas (-2%).

Salienta-se que as Séries Estatísticas de 1998-2008 não apresentam as séries temporais completas para todas as tipologias de combustíveis (Quadro 2.5.23).

**Quadro 2.5.23** | Vendas (incluindo consumos próprios) das empresas distribuidoras - ilha Graciosa

Combustíveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Gasolinas (litro)</b>	717 110	730 912	740 581	795 706	758 399	916 733	686 032	771 823	699 661
Sem chumbo 98	260 761	231 110	181 807	142 929	93 872	69 262		29 008	
Sem chumbo 95	456 349	499 802	558 774	652 777	664 527	847 471	686 032	742 815	699 661
<b>Petróleo (litro)</b>	...	...	...	520	...	...	...	...	...
<b>Fuel ligeiro (kg)</b>	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Fuel pesado (kg)</b>	...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Gasóleo (litro)</b>	3 601 582	3 759 150	4 099 868	3 877 475	4 713 671	4 890 717	4 453 611	5 115 134	5 505 803
<b>G.P.L. garrafas (kg)</b>	408 934	406 880	421 730	413 664	425 466	407 409	407 353	408 837	401 365

Fonte: INE

### 2.5.2.7 | Contas regionais

A análise da repartição do VAB por grandes setores de atividade para o período 1998-2008, sistematizado no Quadro 2.5.24, permite identificar os grandes traços estruturais da economia açoriana. Esta análise é efetuada com base nos dados disponíveis do INE.

Constata-se um elevado grau de terciarização da economia, que tem como grande componente as atividades associadas à administração pública e aos setores sociais da educação e da saúde (atividades L, M e N do Quadro 2.5.24). O conjunto das atividades terciárias representava em 2008 74% do VAB, o setor secundário representava 16% do VAB e o setor primário representava 10% do VAB. Nos serviços de natureza económica destacam-se as atividades de comércio, transportes e atividades imobiliárias (atividades G, I, K do Quadro 2.5.24)

De 1998 a 2008 assiste-se a um aumento do contributo dos setores terciário e secundário (ainda que com um ritmo de crescimento menor) e a uma diminuição do VAB associado ao setor primário.

Salienta-se no entanto, que não é bem visível a relevância das atividades associadas ao turismo, contudo uma parte das atividades de comércio, de transporte e atividades imobiliárias possa ser induzida pelos serviços turísticos, uma vez

que o VAB para as atividades de alojamento e restauração permanecem com uma importância relativamente pequena, (SREA, 2007) mas com tendência crescente.

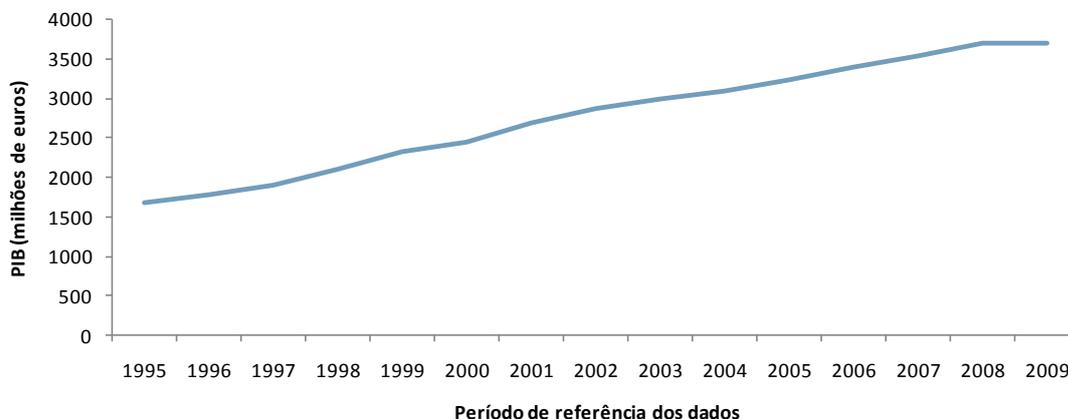
**Quadro 2.5.24** | Valor acrescentado Bruto (VAB) a preços de base por ramos de atividade e Produto Interno Bruto (PIB) a preços de mercado, em milhões de euros, base 2000

Código dos ramos/Descrição	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>A</b> Agricultura, Produção Animal, Caça e Silvicultura	224	258	255	258	267	267	275	269	258	236	213
<b>B</b> Pesca	34	37	41	37	44	46	48	52	58	69	63
<b>C</b> Industrias Extrativas	10	9	10	10	9	9	9	7	7	7	7
<b>D</b> Industrias Transformadoras	117	125	128	128	146	154	156	166	174	188	180
<b>E</b> Produção e distribuição de Eletricidade, Gás e Água	32	32	45	55	61	69	83	92	108	126	130
<b>F</b> Construção	129	130	132	166	172	161	173	162	164	175	173
<b>G</b> Comércio por Grosso e a Retalho; Reparação de Veículos Automóveis, Motociclos e Bens de Uso Pessoal e Doméstico	165	181	194	217	253	271	283	289	303	322	340
<b>H</b> Alojamento e Restauração (Restaurantes e Similares)	59	63	69	75	76	82	95	105	107	107	111
<b>I</b> Transportes, Armazenagem e Comunicações	139	164	164	192	188	191	191	200	218	225	228
<b>J</b> Atividades Financeiras	59	69	74	89	83	95	90	95	114	121	174
<b>K</b> Atividades Imobiliárias, Alugueres e Serviços Prestados às Empresas	192	206	217	236	249	276	283	311	310	325	320
<b>L</b> Administração Pública, Defesa e Segurança Social Obrigatória	266	285	294	308	335	356	372	385	415	409	423
<b>M</b> Educação	98	107	166	184	194	193	196	199	198	229	255
<b>N</b> Saúde e Ação Social	116	130	140	158	174	178	187	193	220	235	225
<b>O</b> Outras Atividades de Serviços Coletivos, Sociais e Pessoais	39	50	32	34	40	43	40	40	49	56	56
<b>P</b> Famílias com Empregados Domésticos	20	21	22	23	26	28	29	32	34	36	38
<b>Q</b> Organismos Internacionais e Outras Instituições Extraterritoriais	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>1700</b>	<b>1868</b>	<b>1981</b>	<b>2171</b>	<b>2318</b>	<b>2421</b>	<b>2510</b>	<b>2597</b>	<b>2738</b>	<b>2866</b>	<b>2936</b>

Nota: Os dados de 2007 e 2008 ainda são preliminares

Fonte: INE

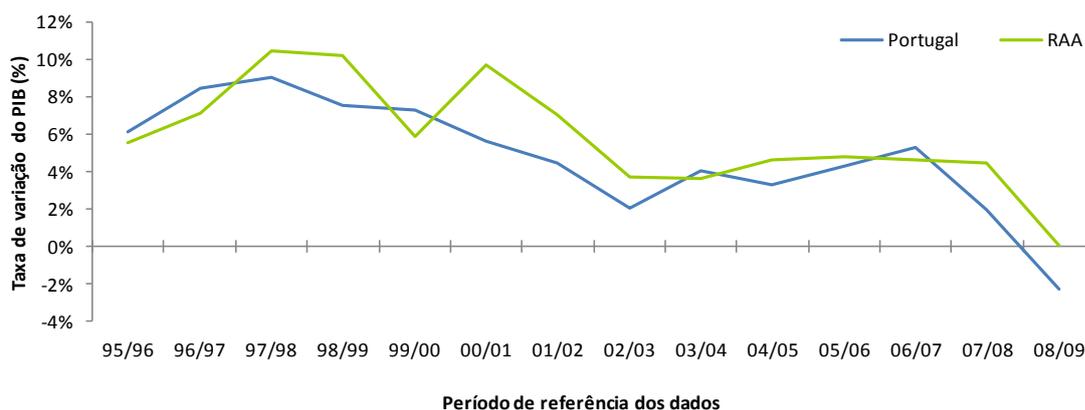
Ao longo do período de 1995-2009, o PIB dos Açores representava em média 2% do PIB português, sendo os Açores a região (NUT2) com menor dimensão (Figura 2.5.10).



Fonte: Contas Regionais Preliminares – INE, 2011

Figura 2.5.10 | PIB – RAA.

O ano de 2009 é caracterizado por uma taxa de variação negativa do PIB nacional, mas em termos nominais, o PIB regional apresentou variações negativas em todas as regiões com exceção da RAA (0,1%), (Figura 2.5.11).



Fonte: Contas Regionais Preliminares – INE, 2011

Figura 2.5.11 | PIB Regional – Taxa de variação anual.

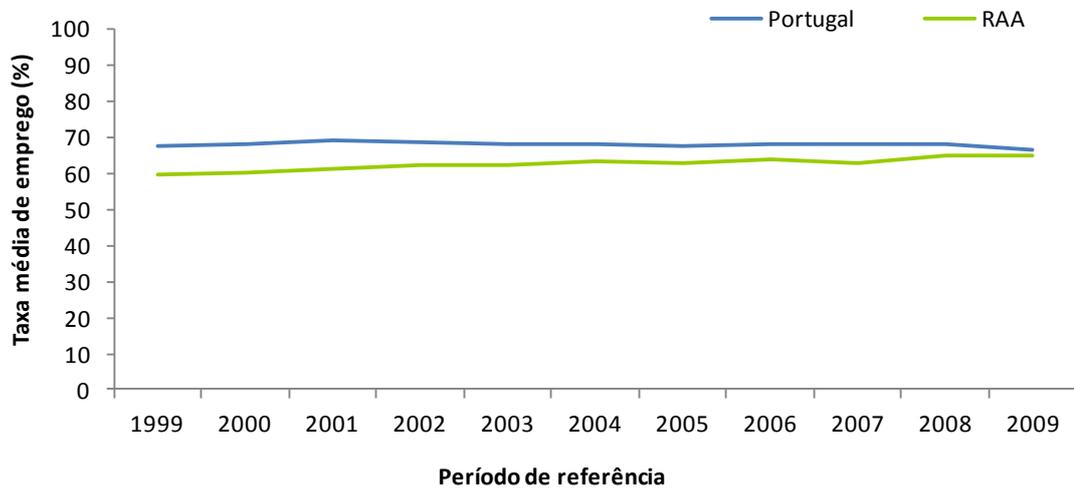
De acordo com a análise dos resultados dos Censos 2001, verificou-se que a ilha Graciosa tem uma taxa de desemprego superior aos valores da RAA e do País, constatando-se a situação inversa no que refere à taxa de emprego. No que refere à taxa de atividade a ilha Graciosa apresenta valores inferiores aos registados para a Região e para o País (Quadro 2.5.25). A taxa de atividade na Região é inferior à registada no conjunto do País.

Quadro 2.5.25 | Taxa de emprego, taxa de atividade e taxa de desemprego (%) por local de residência à data dos Censos 2001

Indicadores	Portugal	Continente	RAA	Ilha Graciosa
Taxa de atividade (%) da população residente por Local de residência, à data dos Censos 2001	48	48	42	39
Taxa de emprego (%) por Local de residência, à data dos Censos 2001	53	54	50	43
Taxa de desemprego (%) por Local de residência, à data dos Censos 2001	7	7	7	8

Fonte: INE

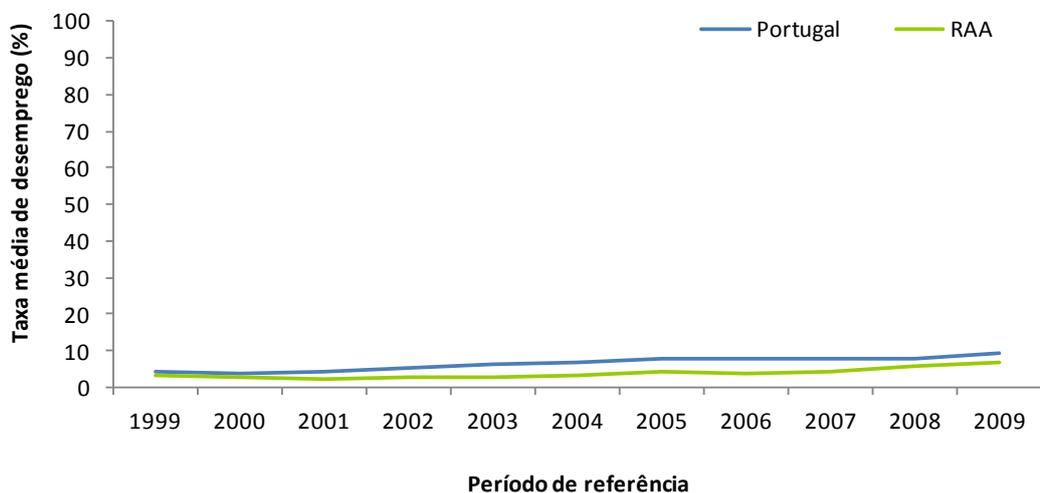
A taxa média de emprego (Figura 2.5.12) para a RAA tem vindo a aproximar-se dos valores verificados para o País na última década. Inclusivamente no ano de 2009, enquanto que a taxa média de emprego para Portugal decresceu, na RAA verificou-se um aumento, distando apenas 1% do País.



Fonte: INE

Figura 2.5.12 | Taxa média de emprego, série 1998 (%) para a RAA, anual.

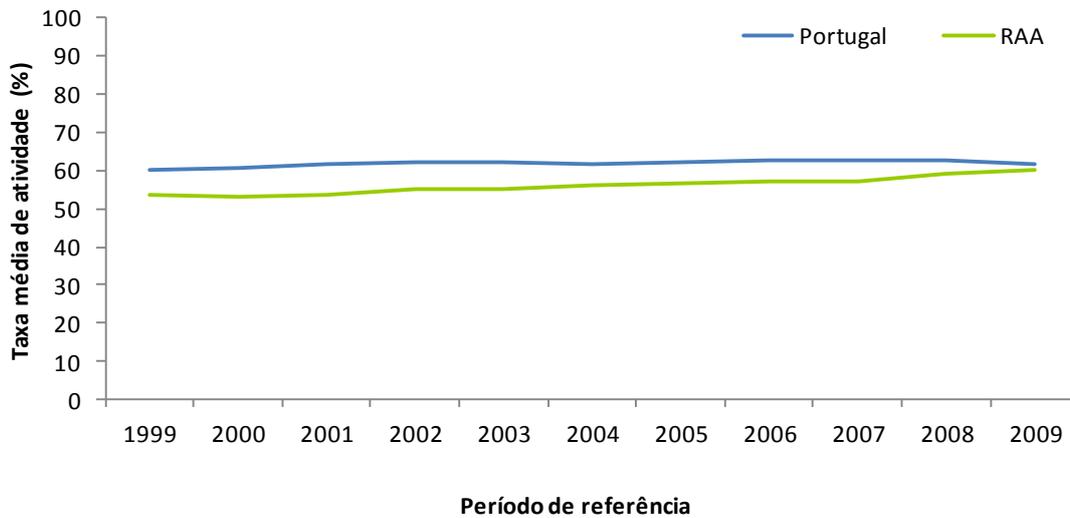
Considerando o período dos dados em análise, a RAA apresenta sempre uma taxa de desemprego inferior à verificada para o País. No entanto, assiste-se ao aumento progressivo da taxa de desemprego nesta região, acompanhando assim, a tendência evolutiva registada no País (Figura 2.5.13).



Fonte: INE

Figura 2.5.13 | Taxa média de desemprego, série 1998 (%) para a RAA, anual.

A taxa média de atividade, que corresponde à proporção entre a população ativa e a população total, na RAA é ligeiramente inferior ao verificado para o País (Figura 2.5.14). No entanto tem-se registado uma aproximação sucessiva entre os valores registados para a RAA e para o País, sendo que, no ano de 2009 o País registava uma taxa média de atividade de 62%, enquanto que para a Região dos Açores esse valor era de 60%.



Fonte: INE

Figura 2.5.14 | Taxa média de atividade, série 1998 (%) para a RAA, anual.

## 2.6 | Caracterização do uso do solo e ordenamento do território

### 2.6.1 | Capacidade de uso do solo

As cartas de capacidade de uso do solo dos Açores, produzidas pelo Departamento de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores (Sampaio, J. *et al.*, 1987), constituem representações interpretativas que classificam os solos tendo em consideração as suas aptidões naturais para usos agrícolas e florestais. A método adotado, baseado no sistema de classificação utilizado pelo *Soil Conservation Service* dos Estados Unidos, compreende sete classes de capacidade de uso, em que os riscos de deterioração e/ou as limitações agronómicas aumentam gradualmente da classe I para a classe VII.

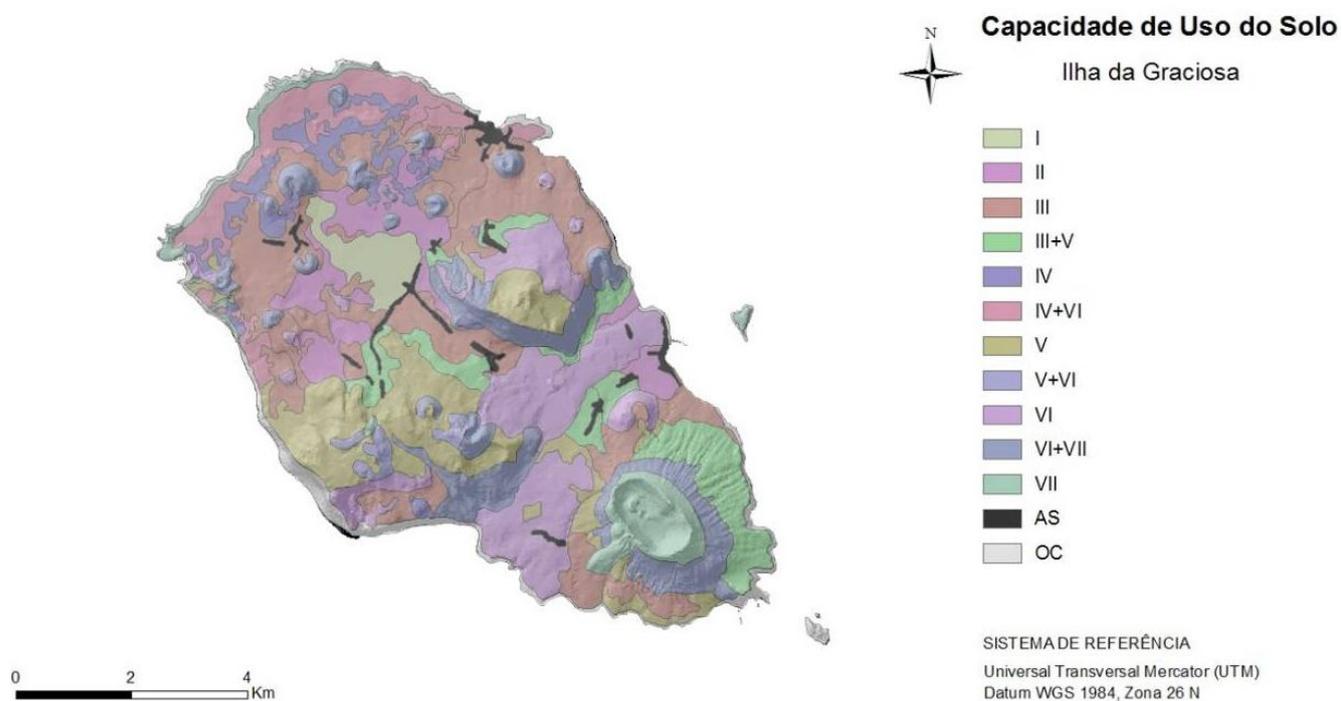
As classes de I a IV incluem os solos aráveis, os quais podem ser de uso permanente (classes I e II) ou de uso ocasional (classes III e IV). As classes de V a VII compreendem os solos não aráveis, que podem ter as seguintes utilizações potenciais: pastagem melhorada (classes V), pastagem natural e/ou floresta (VI) e reserva natural (classe VII). O sistema de classificação admite a combinação/associação de duas classes em simultâneo.

Numa segunda divisão, são consideradas as subclasses que reúnem solos que apresentam as mesmas limitações dominantes ou riscos. São quatro as subclasses consideradas para o Arquipélago dos Açores:

- e – erosão e escoamento superficial. É constituída pelos solos duma classe em que a suscetibilidade, os riscos ou os efeitos da erosão constituem o fator dominante da limitação;
- s – limitações do solo na zona radicular. Abrange os solos em que predominam as limitações com que as culturas se deparam na zona mais intensamente explorada pelas raízes, como a espessura efetiva, a baixa fertilidade ou a fraca resposta aos fertilizantes, a salinidade e/ou alcalinidade, a pedregosidade, os afloramentos rochosos, etc;

- *w* – encharcamento. É constituída pelos solos em que o principal fator limitante da sua utilização ou determinante dos riscos a que o solo está sujeito é o excesso de água;
- *m* – microrrelevo. É caracterizado por situações de morfologia muito irregular.

A Figura 2.6.1 e o Quadro 2.6.1 apresentam a situação de referência relativa à ilha Graciosa. Numa análise geral, verifica-se que cerca de 30% da sua superfície pertence às classes I a III (solos aráveis), o que revela uma excelente aptidão dos solos para agricultura. É na zona de Guadalupe onde se concentram os solos mais produtivos, pertencentes à classe I, característica pouco comum nas outras ilhas dos Açores. Em oposição, os solos da classe VII situam-se na parte Sudeste da ilha, sobretudo nas vertentes do maciço da Caldeira. Os resultados são ilustrativos da aptidão natural da Graciosa para a atividade agrícola, embora se verifique uma prevalência das pastagens, tal como acontece nas restantes ilhas açorianas.



Fonte: Sampaio, J. et al. (1987)

Figura 2.6.1 | Carta de capacidade de uso do solo da ilha Graciosa.

Quadro 2.6.1 | Classes de capacidade de uso do solo na ilha Graciosa

Capacidade de Uso do Solo			
Classes	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	% da ilha
A. Social	122,6	1,2	2,0
I	165,1	1,7	2,7
II	390,1	3,9	6,4

Capacidade de Uso do Solo			
Classes	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	% da ilha
III	1 262,8	12,6	20,6
III+V	499,3	5,0	8,1
IV	266,1	2,7	4,3
IV+VI	397,8	4,0	6,5
O. Costeira	263,3	2,6	4,3
V	780,9	7,8	12,7
V+VI	64,8	0,6	1,1
VI	872,2	8,7	14,2
VI+VII	730,9	7,3	11,9
VII	315,3	3,2	5,1
<b>Total</b>	<b>6 131,3</b>	<b>61,3</b>	<b>100,0</b>

## 2.6.2 | Usos do solo

Nos Açores, a ocupação do território exibe um padrão semelhante em todas as ilhas, uma vez que os principais povoados, com as mais diversas funções (administrativas, comerciais, portuárias), instalaram-se, preferencialmente, ao longo da faixa costeira e nas imediações das baías mais abrigadas. Esta localização periférica foi mantida aos longos dos séculos, quer pelas necessidades de comunicação, quer por condicionalismos biofísicos, relacionados com a orografia acidentada e com condições climáticas adversas registadas em altitude.

A humanização da paisagem açoriana foi um processo gradual, com ritmos e intensidades diferenciadas, decorrentes dos ciclos produtivos que marcaram a história económica dos Açores. Numa primeira fase, o arroteamento das florestas para alargamento das áreas de cultivo limitou-se às zonas de baixa e de média altitude. Porém, as alterações ao coberto vegetal expandiram-se definitivamente para o interior, com a implantação do modelo monocultural baseado na produção agropecuária. À medida que as pastagens aumentavam de representação, as florestas naturais foram relegadas para as encostas mais íngremes e inacessíveis das ilhas, formando habitats cada vez mais fragmentados. Neste seguimento, as florestas de produção passam a assumir progressivamente maior importância, designadamente os povoamentos de criptoméria.

Com base na Carta de Ocupação do Solo da RAA (SRAM/DROTRH, 2007) e considerando a situação global do arquipélago (Figura 2.6.2), verifica-se que o uso dominante é a pastagem (composição natural e artificial), representando cerca de 41,3% do território regional (988,2km<sup>2</sup>). As florestas equivalem a 22,2% (519,7km<sup>2</sup>), seguindo-se os espaços agrícolas, com 14,1% (330,6km<sup>2</sup>). As áreas de vegetação natural e as áreas urbanas representam 12,8% (298,8km<sup>2</sup>) e 4,9% (115,9km<sup>2</sup>), respetivamente. Os restantes 3,6% correspondem a áreas ocupadas por incultos, a lagoas e a áreas descobertas. Contudo, estes valores variam bastante de ilha para ilha, traduzindo as características do território e a intensidade das atividades produtivas.

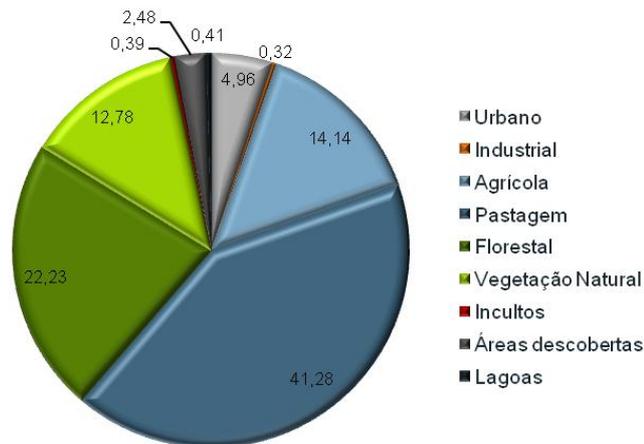


Figura 2.6.2 | Ocupação do solo no Arquipélago dos Açores (%).

De acordo com as Figuras 2.6.3 e Figura 2.6.4, na Graciosa os espaços agrícolas e as pastagem apresentam a maior expressão relativa de todo o arquipélago dos Açores, representando 35,3% (23,3km<sup>2</sup>) e 43,2% (28,6km<sup>2</sup>) da superfície da ilha, respetivamente. Na situação oposta, a área de vegetação natural tem uma percentagem insignificante, correspondendo a 0,4% do território insular (0,3km<sup>2</sup>), estando hoje circunscrita a uma pequena mancha no interior da Caldeira. Quanto à superfície florestal, que corresponde a 12,4% (8,2km<sup>2</sup>), os valores relativos são também inferiores à média regional, tendo apenas alguma representação nos cones vulcânicos da Plataforma Noroeste, na Serra da Fonte e nas vertentes da Caldeira. Os espaços urbanos, que não ultrapassam os 5% de ocupação do solo (3,3km<sup>2</sup>), distribuem-se ao longo dos principais eixos rodoviários, assumindo maior desenvolvimento em Santa Cruz da Graciosa.

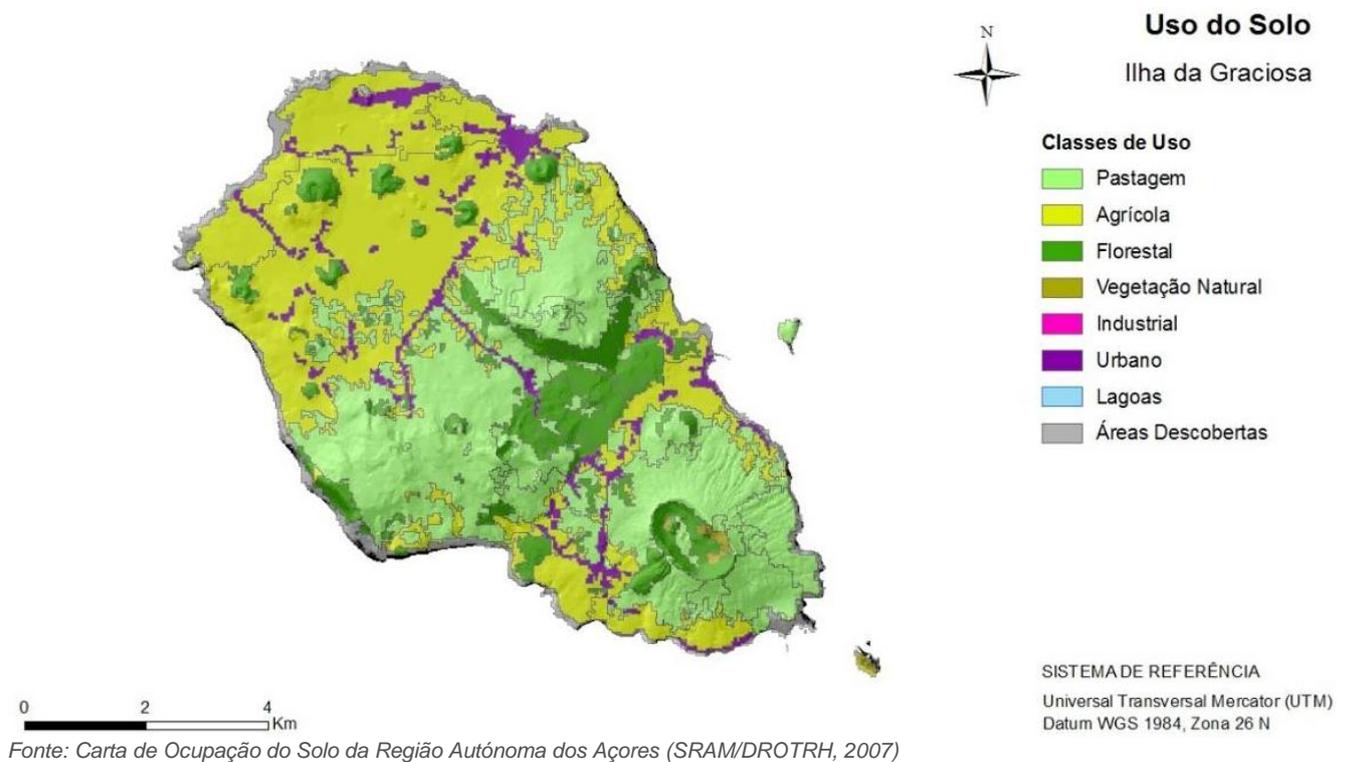


Figura 2.6.3 | Carta de ocupação do solo da ilha Graciosa.

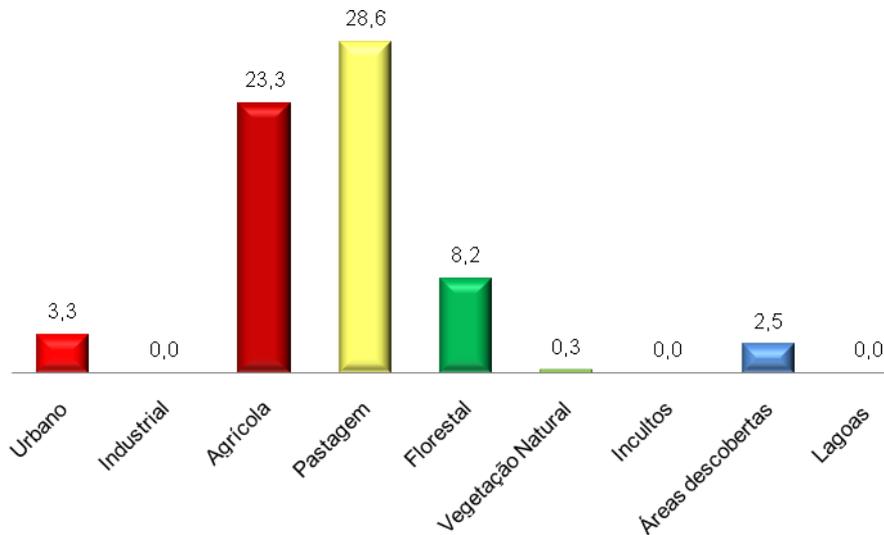


Figura 2.6.4 | Ocupação do solo na ilha Graciosa (km<sup>2</sup>).

## 2.6.3 | Sistema de gestão territorial

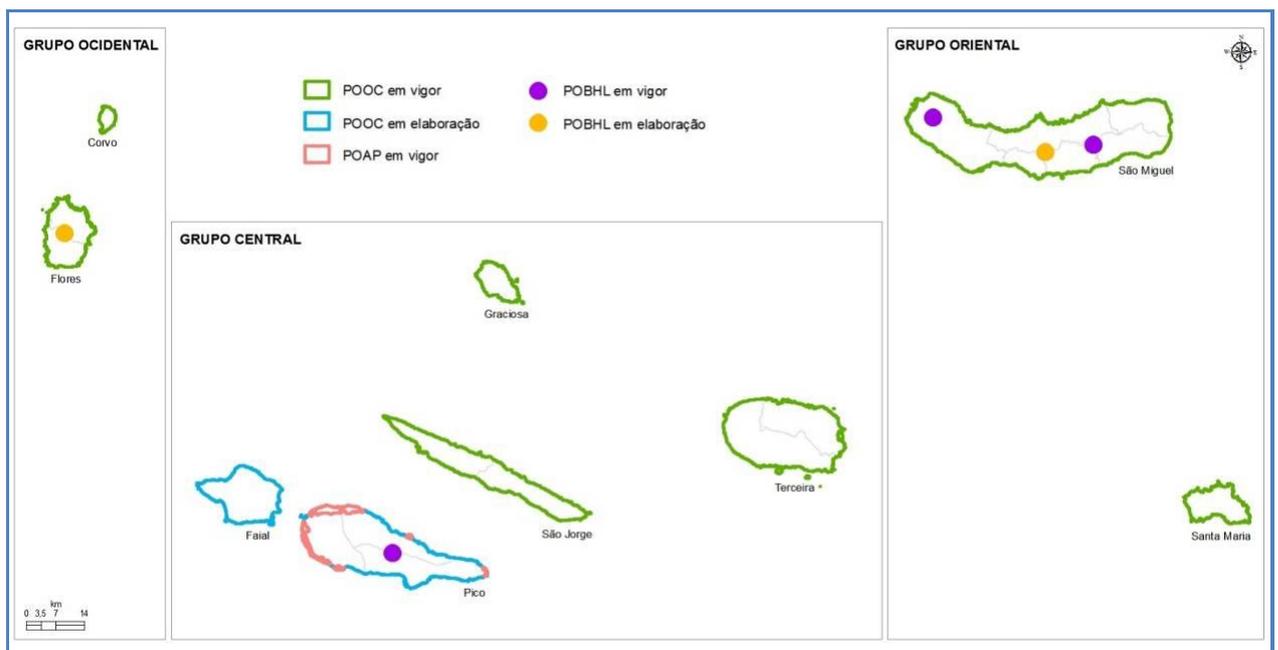
### 2.6.3.1 | Enquadramento

A Lei n.º 48/98, de 11 de agosto, alterada pela Lei n.º 54/07, de 31 de agosto, institui as bases da política de ordenamento do território e urbanismo, definindo os âmbitos espaciais (nacional, regional e local) e os Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) que a concretizam:

- Instrumentos de Desenvolvimento Territorial. Têm natureza estratégica e expressam as grandes opções de organização do território, bem como o quadro de referência para a elaboração dos instrumentos de planeamento territorial. Destes instrumentos fazem parte o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território e os Planos Regionais e Intermunicipais de Ordenamento do Território;
- Instrumentos de Planeamento Territorial. Têm natureza regulamentar e definem o regime de uso e transformação do solo, os modelos de ocupação e os parâmetros de aproveitamento do solo. Integram os Planos Municipais de Ordenamento do Território (Planos Diretores Municipais, Planos de Urbanização e Planos de Pormenor);
- Instrumentos de Política Setorial. Têm natureza estratégica e incluem os planos e programas de ação da administração pública com expressão territorial em diversos domínios, como transportes, energia, habitação, turismo, comércio, indústria, florestas, ambiente, etc;
- Instrumentos de Natureza Especial. Têm natureza regulamentar e constituem um meio supletivo de intervenção do governo, estabelecendo regimes de salvaguarda de valores e recursos naturais. Englobam os Planos Especiais de Ordenamento do Território, nomeadamente os Planos de Ordenamento de Áreas Protegidas, de Albufeiras de Águas Públicas, da Orla Costeira e de Estuários.

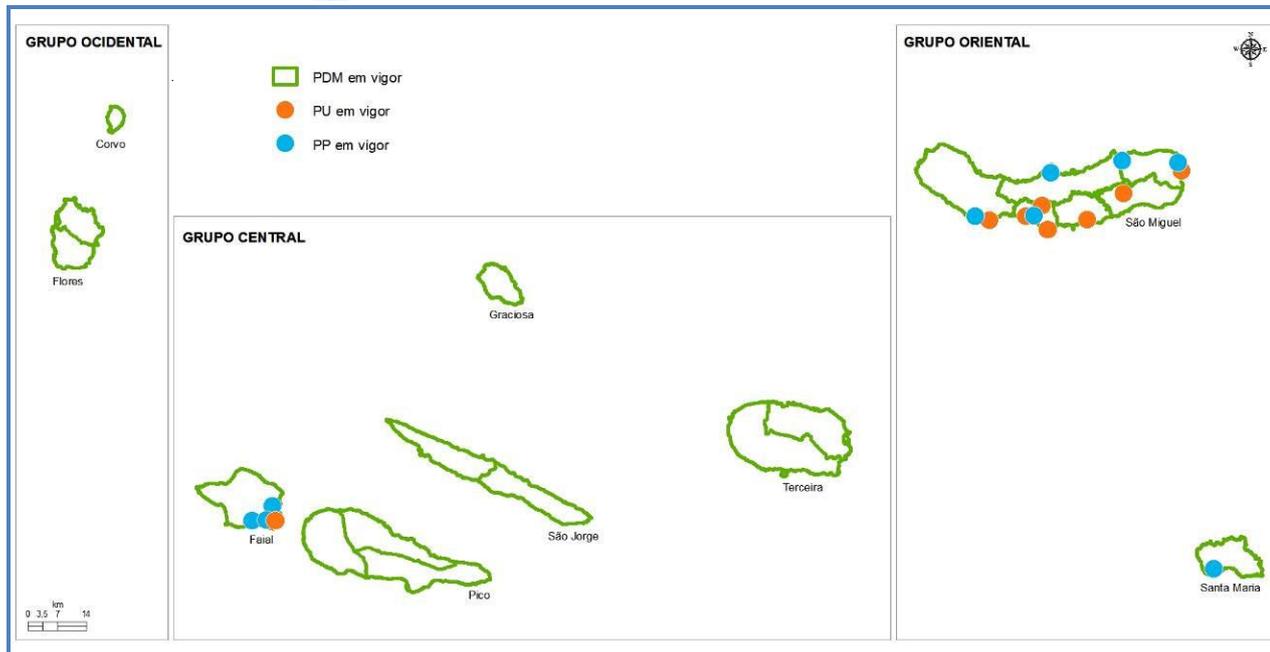
Com a adaptação do Regime Jurídico dos IGT à RAA, através do Decreto Legislativo Regional n.º 14/2000/A, de 23 de maio, com a redação que foi conferida pelo Decreto Legislativo Regional n.º 43/2008/A, de 8 de outubro, foram criados os Planos de Ordenamento de Bacia Hidrográfica de Lagoa (POBHL), enquanto Instrumentos de Natureza Especial. O seu regime reporta-se aos Planos de Ordenamento das Albufeiras de Águas Públicas, com as respetivas especificidades e adequações de carácter orgânico.

Na RAA têm sido desenvolvidas, nos últimos anos, diversas iniciativas políticas nos domínios do planeamento, ordenamento do território e conservação da natureza, traduzidas em produção legislativa e na elaboração de planos e de outros instrumentos de intervenção. Presentemente, estão em vigor o Plano Regional do Ordenamento do Território, 8 Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), 3 POBHL, 1 Plano de Ordenamento de Área Protegida (POAP), 3 Planos Setoriais com incidência territorial (PS), 19 Planos Diretores Municipais (PDM), 8 Planos de Urbanização (PU) e ainda 9 Planos de Pormenor (PP). Por sua vez, encontram-se em fase de aprovação o POOC da ilha do Pico e, em fase final de elaboração, o POOC da ilha do Faial. Em início de trabalhos estão 2 POBHL (ilhas de São Miguel e das Flores). As Figuras 2.6.5 e 2.6.6 representam a situação regional relativa aos Planos Especiais de Ordenamento do Território e aos Planos Municipais de Ordenamento do Território, respetivamente.



Fonte: SRAM – DSOT (2010)

Figura 2.6.5 | Planos Especiais de Ordenamento do Território em vigor na RAA.



Fonte: SRAM – DSOT (2010)

**Figura 2.6.6 | Planos Municipais de Ordenamento do Território em vigor na RAA.**

Adicionalmente, encontra-se também em vigor o Plano Regional da Água da RAA (PRA), aprovado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 19/2003/A, de 23 de abril, cujos objetivos visam estabelecer a utilização eficiente dos recursos hídricos, tendo em vista a valorização, proteção e a gestão sustentável da água no Arquipélago dos Açores. As linhas de orientação estratégica do PRA têm especial incidência na melhoria da oferta e gestão da procura da água para as populações e atividades económicas, na proteção da qualidade da água e dos recursos naturais, com destaque para os ecossistemas com especial interesse e ainda a prevenção e minimização da poluição e dos riscos associados a fenómenos hidrológicos extremos.

Dado que não constitui um Instrumento de Gestão Territorial, em conformidade com o quadro legal vigente, o PRA é analisado de forma transversal noutros capítulos deste relatório. Contudo, destaca-se um conjunto de orientações estratégicas e as principais linhas de intervenção que as concretizam (Quadro 2.6.2).

**Quadro 2.6.2 | Orientações estratégicas relevantes do PRA**

Orientação Estratégica	Linhas de Intervenção
Melhorar a oferta e gerir a procura de água para as populações e atividades económicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>i) Promover utilizações de água com fins múltiplos e minimizar, adequadamente, os conflitos de usos;</li> <li>ii) Garantir a proteção das origens de água;</li> </ul>
Proteger a qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> <li>i) Promover a proteção e melhoria da qualidade da água dos meios hídricos naturais superficiais, subterrâneos, costeiros e de transição;</li> <li>ii) Garantir que a descarga final de águas residuais urbanas e industriais não afete a qualidade e usos dos meios recetores;</li> </ul>
Proteger os recursos naturais, com destaque para os ecossistemas de especial interesse.	<ul style="list-style-type: none"> <li>i) Proteger e requalificar o recurso água e o meio envolvente, com vista à sua valorização ecológica, ambiental e patrimonial, assegurando a manutenção da riqueza e diversidade dos sistemas hídricos e dos ecossistemas aquáticos e terrestres associados;</li> <li>ii) Fomentar a minimização e a compensação dos impactes ambientais causados pela artificialização dos meios hídricos e garantindo a manutenção de um regime de caudais ambientais e, em particular, de caudais ecológicos;</li> </ul>

Orientação Estratégica	Linhas de Intervenção
Prevenir e minorar riscos associados a fenómenos hidrológicos extremos e a acidentes de poluição	<ul style="list-style-type: none"> <li>i) Promover a minimização de riscos associados a fenómenos hidrológicos extremos, designadamente pela aplicação correta dos instrumentos de ordenamento do território e tendo em consideração os fatores de risco existentes;</li> <li>ii) Minimizar as situações de risco de poluição accidental e efetuar a gestão adequada das substâncias perigosas;</li> <li>iii) Assegurar a prevenção e o controlo integrado da poluição associada às atividades industriais;</li> <li>iv) Promover a adequada gestão dos resíduos sólidos, reduzindo-se as potenciais fontes de poluição hídrica;</li> </ul>
Articular o ordenamento do território com o ordenamento do domínio hídrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>i) Articular o ordenamento do território com o do domínio hídrico, definindo adequadas diretrizes e condicionamentos nos instrumentos de gestão territorial e integrando as políticas de recursos hídricos nos diferentes instrumentos de gestão do território;</li> <li>ii) Promover o licenciamento e controlo dos usos do domínio hídrico;</li> <li>iii) Promover a valorização económica dos recursos hídricos de interesse paisagístico, cultural, de recreio e lazer, turístico, energético ou outro, desde que compatível com a preservação dos meios hídricos;</li> <li>iv) Promover o planeamento e gestão integrada das águas superficiais, subterrâneas e costeiras, fomentando o ordenamento dos usos e ocupações do domínio hídrico, nomeadamente da orla costeira, das bacias hidrográficas das lagoas, das ribeiras e das zonas de recarga de aquíferos, através da elaboração de instrumentos de gestão do território adequados;</li> </ul>
Ajustar o quadro institucional e adequar o quadro normativo regional	<ul style="list-style-type: none"> <li>i) Otimizar o quadro de gestão da água na Região, nomeadamente o regime de planeamento, o regime jurídico do domínio hídrico e o modelo de gestão dos sistemas aos diferentes níveis do ciclo da água, incluindo o saneamento de águas residuais;</li> </ul>

Fonte: Decreto Legislativo Regional n.º 19/2003/A, de 23 de abril

### 2.6.3.2 | Metodologia

Para efeitos de análise do Sistema de Gestão Territorial, foram considerados os IGT mais relevantes para o planeamento e gestão recursos hídricos na RAA, nomeadamente o Plano Regional de Ordenamento do Território dos Açores (PROTA), o Plano de Ordenamento Turístico da RAA, o Plano Setorial da Rede Natura 2000 da RAA e os Planos Especiais e Municipais de Ordenamento do Território atualmente em vigor. Para cada instrumento são referenciados os objetivos, as orientações estratégicas e as medidas e propostas de ação preconizadas, considerando as matérias que possam ser pertinentes para a elaboração dos PGRH.

### 2.6.3.3 | Análise dos instrumentos de gestão territorial

#### 2.6.3.3.1 | Plano Regional de Ordenamento de Território dos Açores (PROTA)

O PROTA, aprovado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 26/2010/A, de 12 de agosto, é um instrumento de natureza estratégica que apenas vincula as entidades públicas, mas estabelece um conjunto de normas orientadoras de uso, ocupação e de transformação do solo, associadas ao modelo territorial, que servem de referência para a elaboração e revisão dos planos especiais, intermunicipais e municipais de ordenamento do território e para a definição e enquadramento de programas de intervenção, cuja natureza e âmbito comportem significativas implicações territoriais.

O modelo territorial traduz a estrutura geral de organização espaço regional e as suas relações dinâmicas, o sentido de evolução dos sistemas estruturantes e interdependências funcionais com vista à concretização da estratégia de desenvolvimento preconizada para a Região. Os sistemas estruturantes são o sistema produtivo, o sistema de proteção e valorização ambiental, o sistema urbano e rural e o sistema de acessibilidades e equipamentos. Todos estes quatro pilares de desenvolvimento têm repercussões, diretas ou indiretas, no planeamento e gestão dos recursos hídricos, sobretudo o sistema de proteção e valorização ambiental, que representa o quadro de referência biogeofísico do modelo territorial da Região.

As normas orientadoras de gestão e uso do território estabelecem as condições e os critérios de aplicação das opções estratégicas de base territorial para a RAA, compreendendo três grupos atendendo à sua natureza e aplicação: as

normas gerais, que contêm as orientações de carácter genérico e transversal para o uso e gestão do território, referentes a cada um dos sistemas estruturantes; as normas específicas de carácter setorial, que definem as orientações setoriais ou por domínio de intervenção; as normas específicas de carácter territorial, que incluem as orientações para cada unidade territorial de ilha para efeitos de aplicação do PROTA.

Em relação ao sistema de proteção e valorização ambiental, as normas gerais incidem, sobretudo, na preservação da biodiversidade e nas áreas de especial interesse para a conservação da natureza. No que diz respeito às orientações com vista à gestão dos recursos hídricos, salienta-se o ordenamento do litoral e dos ecossistemas lacustres insulares, apontando para a *elaboração de planos de ordenamento da orla costeira e de bacias hidrográficas das lagoas classificadas como vulneráveis, “em risco” ou “em dúvida”, face aos objetivos ambientais da DQA*, os quais devem estar concluídos nos próximos 3 anos. No caso do sistema produtivo é proposto que *o reordenamento do território rural deve ser promovido em estreita articulação com as políticas de reflorestação e com o controlo seletivo e espacial da intensidade das atividades agropecuárias, tendo em vista a criação de um instrumento de regeneração dos ecossistemas lacustres insulares (...)*.

Em relação às normas específicas de carácter setorial, o PROTA dedica um capítulo próprio para a gestão da água e saneamento ambiental, cujas normas orientadoras podem ser sintetizadas nos seguintes tópicos:

- A estrutura institucional que assegura a administração da Região Hidrográfica dos Açores deve ser estabelecida no prazo máximo de nove meses, ficando incumbida de elaborar o Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores no prazo máximo de 2 anos;
- As entidades competentes devem promover medidas e ações que fomentem a minimização de riscos (reabilitação de linhas de água em perímetros urbanos, infraestruturas de contenção de cheias e inundações, etc.) e a proteção da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (delimitação das zonas de proteção de origens de água, identificação de captações ou aquíferos em risco de sobre-exploração, etc.);
- Deve ser assegurado pelas entidades competentes a dotação de infraestruturas e equipamentos abastecimento de água, drenagem e tratamento de águas residuais e gestão de resíduos. Para além disso, devem também estar definidas as formas alternativas de abastecimento ou origens alternativas de água, para situações de poluição, catástrofe ou outras;
- Os sistemas lagunares e respetivas zonas adjacentes não abrangidos por Planos Especiais de Ordenamento do Território devem ser sujeitos a restrições de utilidade pública e a servidões administrativas, a publicar por regulamento regional.

Para além das anteriores, existem também orientações com implicações diretas na gestão dos recursos hídricos, embora incorporadas noutros setores de intervenção, como seja o agroflorestal. O PROTA aponta que *nas zonas envolventes das lagoas sujeitas a eutrofização deve ser promovida a progressiva extensificação e, caso necessário, a proibição de pastagens em altitude, estimulando a sua transição para zonas de menor altitude e a utilização de animais de menor porte com vista à preservação dos ecossistemas e, consequentemente, à melhoria da qualidade das águas das lagoas.*

Por último, no que concerne às normas específicas de caráter territorial para a ilha Graciosa, pouco ou nada é preconizado em matéria relacionada diretamente com a gestão de recursos hídricos.

#### **2.6.3.3.2 | Plano de Ordenamento Turístico da Região Autónoma dos Açores (POTRAA)**

O POTRAA, aprovado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 38/2008/A, de 11 de agosto, e suspenso parcialmente pelo Decreto Legislativo Regional n.º 13/2010, de 7 de abril, constitui num PS que visa, fundamentalmente, orientar as decisões públicas de intervenção no domínio turístico, devendo as suas normas serem incorporadas nos planos territoriais mais restritos, designadamente nos Planos Municipais de Ordenamento do Território.

O POTRAA apresenta como objetivo principal o desenvolvimento e afirmação de um setor turístico sustentável, que garanta o desenvolvimento económico, a preservação do ambiente natural e humano e que contribua para o ordenamento do território insular e para a atenuação da disparidade entre os diversos espaços constitutivos da Região. Este objetivo global é subdividido em objetivos complementares:

- Desenvolver as diversas componentes do sistema turístico regional de forma a torná-lo mais competitivo e suscetível de assumir um lugar de destaque na economia regional;
- Garantir uma correta expansão das atividades turísticas, evitando conflitos com outras funções e proporcionando uma ocupação e mobilização do território de acordo, com as políticas regionais de ordenamento do território e com normas específicas a definir em sede de Plano;
- Desenvolver medidas tendo em vista garantir que o desenvolvimento do setor turístico regional se processe de forma harmónica e equilibrada tendo em conta as características naturais, humanas, económicas específicas da Região, garantindo, deste modo, a sua continuidade no tempo em condições de manutenção de competitividade e qualidade;
- Adotar medidas tendo como objetivo assegurar uma repartição equilibrada dos fluxos turísticos de acordo com as potencialidades e capacidades das diversas ilhas, mas também, dentro de cada uma destas, entre as diversas áreas que as constituem (de acordo com as vocações específicas).

A concretização dos objetivos definidos no POTRAA é realizada através da implementação das Linhas Estratégicas de Desenvolvimento (LED). As implicações destas linhas estratégicas no domínio hídrico traduzem-se, essencialmente, ao nível da preservação e valorização do património natural da Região. Importa anotar que o POTRAA, ao integrar as bacias das lagoas e outros ecossistemas fundamentais nos Espaços Ecológicos de Maior Sensibilidade, tem em conta a preservação destes espaços, no que à ocupação turística diz respeito. Refira-se, ainda, que a utilização racional da água e o reforço dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais devem presidir à ocupação turística.

#### **2.6.3.3.3 | Plano Setorial da Rede Natura 2000 da Região Autónoma dos Açores (PSRN2000)**

O PSRN2000 foi aprovado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 20/2006/A, de 6 de junho, retificado pela Declaração de Retificação n.º 48-A/2006, de 7 de agosto, e alterado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 7/2007/A, de 10 de abril. Este plano define o âmbito e o enquadramento legal das medidas de conservação dos habitats e das espécies da fauna e flora selvagens, necessárias à prossecução dos objetivos de conservação dos valores naturais existentes, tendo em linha de conta o desenvolvimento económico e social das áreas abrangidas.

Como instrumento de política setorial que assegura a implementação da Rede Natura 2000 na RAA, vincula as entidades públicas, designadamente no sentido de, na elaboração, aprovação ou alteração dos IGT, se desenvolver e aplicar o seu quadro estratégico. O PSRN2000 tem como área de incidência específica as Zonas Especiais de Conservação (ZEC) e as Zonas de Proteção Especial (ZPE) legalmente instituídas na RAA, tendo como objetivos gerais os seguintes:

- Proteger o estado selvagem de espécies e ecossistemas;
- Promover a pesquisa científica e manutenção de serviços ambientais;
- Salvaguardar as especificidades naturais e culturais;
- Promover a compatibilidade entre conservação da natureza, turismo, recreio e lazer;
- Promover ações de sensibilização e educação ambiental;
- Usar de forma sustentável os recursos existentes nos ecossistemas naturais.

O PSRN2000 desenvolve, para cada uma das nove ilhas, as medidas minimizadoras e preventivas que devem ser postas em prática ou tomadas em consideração noutros IGT, com vista à redução ou eliminação das ameaças para as respetivas ZEC e ZPE.

Na ilha Graciosa, as disposições do PSRN2000 aplicam-se às ZEC Ilhéu de Baixo – Restinga e Ponta Branca, bem como às ZPE Ilhéu de Baixo e Ilhéu da Praia. As principais ações que afetam a integridade destes ecossistemas prendem-se com o aumento do pastoreio/pisoteio, introdução de espécies exóticas de fauna e flora e deposição clandestina de resíduos, cujos impactes manifestam-se na diminuição da biodiversidade, degradação do coberto vegetal e dos efetivos populacionais de aves marinhas.

Relativamente às recomendações setoriais e medidas reguladoras, que devem ser consideradas e integradas em todos os IGT, destacam-se aquelas que mais interferem com o planeamento e gestão dos recursos hídricos:

- Aplicar o Código de Boas Práticas Agrícolas e atribuir incentivos à extensificação agropecuária;
- Promover a recuperação de áreas de áreas naturais degradadas e controlar a rejeição de efluentes pecuários e silagens;
- Melhorar a gestão dos resíduos sólidos e aumentar a fiscalização relativa à deposição clandestina de resíduos;
- Interditar o pastoreio no ilhéu da Praia.

Quando as medidas reguladoras do PSRN2000 vierem a ser transpostas para os Planos Municipais de Ordenamento do Território ou para os Planos Especiais de Ordenamento do Território, na área de intervenção do PSRN2000 deverão ser interditas atividades como: o lançamento de águas residuais industriais ou domésticas não tratadas, excedentes de pesticidas ou de caldas de pesticidas, nos cursos e planos de água, no solo ou no subsolo; a deposição de sucatas, de inertes ou de outros resíduos sólidos e líquidos que causem impacto visual negativo ou poluam o solo, o ar ou a água; o pastoreio nas áreas de proteção das turfeiras e restantes zonas húmidas. Nos mesmos termos, ficam condicionadas a

parecer prévio da DRA a alteração do uso atual dos terrenos das zonas húmidas ou marinhas, a instalação de infraestruturas de saneamento básico, entre outras.

#### **2.6.3.3.4 | Plano de Ordenamento da Orla Costeira da Ilha Graciosa (POOC GRACIOSA)**

O POOC Graciosa, aprovado pelo Decreto Regulamentar Regional n.º 13/2008/A, de 25 de julho, tem como área de intervenção “as águas marítimas costeiras interiores e respetivos leitos e margens”, integrando a “zona terrestre de proteção”, cuja largura máxima é de 500m contados a partir da linha que limita a margem das águas do mar; e a “faixa marítima de proteção”, que tem como limite máximo a batimétrica dos 30m. Os objetivos específicos preconizados no POOC Graciosa são os seguintes:

- Definir critérios de prevenção para áreas de risco geológico;
- Preservar o património natural, em especial os recursos marinhos;
- Qualificar as zonas de paisagem com interesse geológico;
- Estruturar condições de utilização de áreas com potencial interesse paisagístico e de áreas de cultura tradicional da vinha;
- Requalificar as áreas afetas a zonas balneares (ZB);
- Fomentar a requalificação dos núcleos urbanos integrados nas áreas de projeto;
- Promover o reforço de proximidade geográfica e da identidade local com as restantes ilhas do grupo central;
- Qualificar e recuperar locais de degradação paisagística decorrente da exploração de massas minerais;
- Propor medidas de mitigação de impactes específicos decorrentes da gestão de resíduos sólidos urbanos;
- Promover o empreendedorismo e a oferta de serviços;
- Promover soluções para os conflitos de usos existentes na fruição do Porto da Praia.

Para cada objetivo são definidos projetos de ação que consubstanciam o respetivo programa de execução. Referem-se, em seguida, aqueles que se consideram relevantes no âmbito da gestão dos recursos hídricos, nomeadamente:

- Estabelecimento do perfil das massas de água costeiras e limpeza das zonas costeiras para que estas apresentem um estado de “boa qualidade” com vista à melhoria da qualidade do ambiente e proteção da saúde humana;
- Melhoria da cobertura do saneamento básico, criando uma ligação efetiva da população ao sistema de drenagem e cumprindo assim a legislação nacional e comunitária no que respeita a descarga de águas residuais;

- Educação e sensibilização ambiental;
- Manutenção de uma base de dados de apoio à gestão do domínio público hídrico;
- Implementação de um modelo de gestão ambiental participada dos recursos e valorização da componente biológica;
- Monitorização de elementos meteorológicos relevantes para a gestão dos recursos hídricos;
- Monitorização dos recursos hídricos relevantes para a gestão do território.

#### 2.6.3.3.5 | Plano Diretor Municipal de Santa Cruz da Graciosa (PDM SANTA CRUZ)

O PDM Santa Cruz, aprovado através do Decreto Regulamentar Regional n.º 6/2007/A, de 8 de fevereiro, centraliza os seus objetivos no desenvolvimento do mercado local, na valorização dos recursos naturais e no reforço do setor turístico. Estes objetivos prendem-se, essencialmente, com a consolidação das atividades económicas da ilha. Das propostas relevantes para a gestão dos recursos hídricos destacam-se as seguintes:

- Proteção e controlo da qualidade da água para consumo, promovendo o conhecimento dos recursos hídricos utilizáveis, a proteção das zonas de captação e a monitorização da qualidade da água;
- Promoção da qualidade da água nos meio hídricos eliminando os focos de poluição pontual (descargas de efluentes domésticos ou industriais não tratados, lixeiras, etc.), bem como a poluição associada a atividades agropecuárias;
- Desenvolvimento das infraestruturas de drenagem e tratamento de águas residuais domésticas e drenagem pluvial e urbana;
- Criação de um sistema de gestão de resíduos.

#### 2.6.3.4 | Síntese conclusiva

O Quadro 2.6.3 sistematiza as principais estratégias de atuação relativas a cada IGT analisado, naquilo que diz respeito ao planeamento e gestão dos recursos hídricos.

**Quadro 2.6.3** | Síntese da análise dos Instrumentos de Gestão Territorial

PROTA	<b>Instrumentos de Desenvolvimento Territorial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proteger os sistemas lacustres, com obrigatoriedade de elaboração de PEOT para as lagoas regionais classificadas como vulneráveis;</li> <li>- Minimizar os riscos naturais e proteger a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;</li> <li>- Aumentar os níveis de cobertura das infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais;</li> <li>- Valorizar a classificação como Reserva da Biosfera.</li> </ul>
POTRAA	<b>Instrumentos de Política Setorial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proteger, preservar e valorizar os recursos naturais;</li> <li>- Atribuir prioridade à elaboração de POBHL;</li> <li>- Articular os IGT com o desenvolvimento turístico da Região.</li> </ul>
PSRN2000	<b>Instrumentos de Política Setorial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar o código de boas práticas agrícolas e incentivar a extensificação agropecuária;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interditar o pastoreio no ilhéu da Praia;</li> <li>- Melhorar a gestão dos resíduos sólidos e controlar a deposição clandestina;</li> <li>- Garantir a articulação do PSRN200 com POTRAA.</li> </ul>
POOC Graciosa	<p><b>Instrumentos de Natureza Especial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir diques para controlo de caudais;</li> <li>- Estabelecer o perfil das massas de água costeiras e proceder à limpeza das zonas costeiras;</li> <li>- Promover ações de sensibilização ambiental;</li> <li>- Monitorizar os recursos hídricos relevantes para a gestão do território;</li> <li>- Melhorar os níveis de atendimento dos sistemas de saneamento básico.</li> </ul>
PDM Santa Cruz da Graciosa	<p><b>Instrumentos de Planeamento Territorial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proteger as captações de água e promover a respetiva monitorização da qualidade;</li> <li>- Implementar as infraestruturas de drenagem e tratamento de águas residuais domésticas;</li> <li>- Eliminar os focos de poluição associados a descargas de efluentes das atividades agropecuárias;</li> <li>- Implementar um sistema de gestão de resíduos.</li> </ul>

Numa apreciação global, importa, desde já, destacar o carácter algo genérico com que as matérias relativas ao planeamento e gestão dos recursos hídricos são tratadas pelos diferentes instrumentos. Dos aspetos focados pela generalidade dos instrumentos analisados salienta-se a melhoria dos níveis de atendimento das infraestruturas de saneamento básico (drenagem e tratamento de águas residuais), considerando que permanecem claras insuficiências de cobertura, bem como das infraestruturas de abastecimento de água. Também as orientações no sentido superar o passivo ambiental relacionado com a deposição descontrolada de resíduos, enquanto fonte de contaminação dos solos e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, surge como medida estratégica para a melhoria da qualidade ambiental. Por último, identificam-se algumas medidas avulsas que visam, de forma transversal, contribuir para proteção da água, as quais não são contextualizadas nem operacionalizadas em programas e ações.

## 2.7 | Caracterização dos usos e necessidades de água

Este subcapítulo tem como principal objetivo a caracterização e diagnóstico da situação atual e retrospectiva de referência no que respeita aos consumos e necessidades de água por tipologia de uso. As tipologias de uso consideradas foram as seguintes:

- Urbano: contempla uso doméstico de água e outros usos equiparados, tal como comércio e serviços;
- Turismo: contempla uso de água em hotelaria associado à população flutuante estimada, caracterizada pelos turistas e ocupantes temporários da ilha, bem como outros usos ou atividades de índole turística considerados relevantes (p.e. campos de golfe, etc.);
- Agricultura: contempla o uso de água para a produção agrícola, nomeadamente, para a rega de culturas;
- Pecuária: contempla o uso de água para a produção pecuária e outros usos associados à atividade;
- Indústria: contempla o uso de água na atividade associada à indústria, nomeadamente, indústria transformadora e extrativa, e outros usos associados à atividade;

- Produção de energia: contempla o uso de água na atividade de produção de energia termoelétrica e hidroelétrica;
- Outros usos: contempla o uso de água nas atividades aeroportuária e portuária.

Esta caracterização permitirá realizar uma avaliação global das pressões associadas ao uso de água e consequentes efeitos na qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Importa referir que a aferição dos resultados foram dificultados pela ausência da mesma desagregação nos principais referenciais estratégicos do setor e inventários nacionais, obrigando por vezes a realizar determinadas suposições e considerações extraordinárias que prejudicam a clareza na explanação e interpretação dos resultados.

Devido à grande quantidade de informação envolvida, apenas são apresentados os principais resultados ao nível do concelho e ilha, remetendo para anexo os resultados desagregados ao nível da freguesia, para a totalidade da série temporal assumida (2000 – 2009), e para todas as tipologias de uso ou setores intervenientes.

## 2.7.1 | Consumos de água por tipologia de uso

### Urbano

De acordo com a informação de base disponibilizada apenas será possível quantificar os consumos do setor doméstico e comércio e serviços. De acordo com os dados recolhidos concluiu-se que a ilha Graciosa consome cerca de 230dam<sup>3</sup> de água por ano no setor doméstico (Quadro 2.7.1), ao passo que o setor de comércio e serviços apresenta uma quebra nos consumos de água face aos valores registados em 2004, reduzindo de praticamente 50dam<sup>3</sup> para aproximadamente 17dam<sup>3</sup> de água consumida pelo setor (Quadro 2.7.2). Assim, assume-se que o uso urbano totaliza um consumo na ordem dos 248dam<sup>3</sup> de água (Quadro 2.7.3).

**Quadro 2.7.1** | Consumo de água para o setor doméstico

Território	Consumo de água (m <sup>3</sup> /ano)						
	Doméstico						
	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2009
<b>Graciosa</b>	<b>215 739</b>	<b>236 200</b>	<b>235 769</b>	<b>n.d.</b>	<b>203 561</b>	<b>230 692</b>	<b>n.d.</b>
Santa Cruz da Graciosa	215 739	236 200	235 769	n.d.	203 561	230 692	n.d.

Fonte: INSAAR

Nota: Não estão disponíveis dados de base relativos aos anos intermédios para os quais não se apresentam resultados  
n.f. – Valor considerado não fidedigno  
n.d. – não disponível

**Quadro 2.7.2** | Consumo de água para o setor de comércio e serviços

Território	Consumo de água (m <sup>3</sup> /ano)						
	Comércio e Serviços						
	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2009
<b>Graciosa</b>	<b>22 104</b>	<b>35 622</b>	<b>49 722</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>17 235</b>	<b>n.d.</b>
Santa Cruz da Graciosa	22 104	35 622	49 722	n.d.	n.d.	17 235	n.d.

Fonte: INSAAR

Nota: Não estão disponíveis dados de base relativos aos anos intermédios para os quais não se apresentam resultados.  
n.f. – Valor considerado não fidedigno  
n.d. – não disponível

**Quadro 2.7.3** | Consumo total de água para o setor urbano

Território	Consumo de água (m <sup>3</sup> /ano)						
	Urbano <sup>8</sup>						
	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2009
<b>Graciosa</b>	<b>237 843</b>	<b>271 822</b>	<b>285 491</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>247 927</b>	<b>n.d.</b>
Santa Cruz da Graciosa	237 843	271 822	285 491	n.d.	n.d.	247 927	n.d.

Fonte: INSAAR.

Nota: Não estão disponíveis dados de base relativos aos anos intermédios para os quais não se apresentam resultados.

n.f. – Valor considerado não fidedigno

n.d. – não disponível

### Turismo

De modo geral, os inquéritos recolhidos não se mostraram em quantidade e com qualidade de conteúdos significativa para permitir a aferição de determinados resultados, tal como se sucede para o setor turístico. Além disso, as fontes bibliográficas consultadas não desagregavam os registos de consumo relativo ao setor turístico. Por estes motivos, a obtenção de registos para o setor de turismo foi impossível de se realizar. Recomenda-se, que a curto prazo venha a existir uma compatibilização de designações, âmbitos e metodologias de cálculo ao nível das tipologias de uso de recursos hídricos entre os respetivos planos de gestão estratégica e inventários nacionais ou regionais.

### Agricultura e Pecuária

Nos quadros seguintes apresentam-se os consumos da ilha Graciosa provenientes da rede pública e de abastecimento de água registados para a agricultura e pecuária. Estes setores são apresentados de forma conjunta devido à ausência de desagregação disponível nas fontes bibliográficas consultadas.

**Quadro 2.7.4** | Consumo de água pública nas atividades agrícola e pecuária

Território	Consumo de água da rede pública (m <sup>3</sup> /ano)							
	Agricultura e Pecuária							
	1998	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2009
<b>Graciosa</b>	<b>n.d.</b>	<b>34 365</b>	<b>36 942</b>	<b>32 353</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>
Santa Cruz da Graciosa	n.d.	34 365	36 942	32 353	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Nota: Não estão disponíveis dados de base relativos aos anos intermédios para os quais não se apresentam resultados

Fonte: INSAAR

De acordo com os resultados publicados pelo INSAAR, verifica-se que a ilha Graciosa regista um consumo anual de cerca de 32dam<sup>3</sup> de água da rede pública. Não existe rede dedicada ou separativa para uso agrícola ou pecuário na ilha Graciosa (Quadro 2.7.4).

### Indústria

No quadro seguinte são apresentados os consumos anuais de água pública registados pelo INSAAR das atividades industriais existentes nos municípios da ilha Graciosa ao longo da série temporal disponível.

<sup>8</sup> Considerando o uso doméstico e comércio e serviços.

De acordo com os últimos registos efetuados, observa-se que as atividades industriais na ilha Graciosa consomem anualmente em média cerca de 92dam<sup>3</sup> de água pública (Quadro 2.7.5).

**Quadro 2.7.5** | Consumo de água pública nas atividades industriais

Território	Consumo de água pública (m <sup>3</sup> /ano)				
	Indústria				
	2000	2002	2004	2005	2007
<b>Graciosa</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>36 146</b>	<b>n.d.</b>	<b>91 793</b>
Santa Cruz da Graciosa	n.d.	n.d.	36 146	n.d.	91 793

Fonte: INSAAR

Nota: Não estão disponíveis dados de base relativos aos anos intermédios para os quais não se apresentam resultados.

### Produção de Energia

Os consumos anuais de água no setor de produção de energia elétrica na ilha Graciosa são bastante insignificantes face a outras tipologias de uso, dado que não existe produção de energia hidroelétrica.

O consumo de água na atividade de produção termoelétrica de energia refere-se também a uso consumptivo de água para efeitos de refrigeração dos motores, sendo realizado em circuito fechado, bem como produção de vapor de água, utilizações várias em oficinas, e usos equivalentes a domésticos como, por exemplo, lavagens, sanitários e rega.

Assim, na ilha Graciosa verifica-se um consumo anual na produção de energia termoelétrica na ordem dos 180m<sup>3</sup> de água (Quadro 2.7.6).

**Quadro 2.7.6** | Consumo de água na produção de energia

Território	Consumo de água (m <sup>3</sup> /ano)				
	Energia				
	2000	2002	2004	2006	2010 <sup>9</sup>
<b>Graciosa</b>	<b>180</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>
Termoelétrica	180	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hidroelétrica	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Fonte: EDA/PRA

Nota: Não estão disponíveis dados de base relativos aos anos intermédios para os quais não se apresentam resultados

### Outros Usos

De acordo com os dados disponíveis, a única unidade portuária da Graciosa consome cerca de 102m<sup>3</sup> de água por ano proveniente da rede pública de abastecimento (Quadro 2.7.7).

Devido à ausência de informação disponível, não foi possível publicar quaisquer consumos de água nas marinas ou portinhos existentes, bem como nas instalações aeroportuárias.

<sup>9</sup> Ausência de valor fidedigno para 2009 considerou-se o valor disponível mais atual relativo a 2010.

**Quadro 2.7.7** | Consumo de água em unidades portuárias

Consumo de água (m <sup>3</sup> /ano)		
Unidades Portuárias		
Território	Unidade Portuária	2009
<b>Graciosa</b>	<b>Graciosa</b>	<b>102</b>
Santa Cruz da Graciosa	Porto da Graciosa	102
Santa Cruz da Graciosa	Aeródromo da Graciosa	0

Fonte: Inquérito PGRHI, 2010 e PRA

Seguidamente, e em jeito de conclusão, são apresentados os consumos totais para a ilha Graciosa por tipologia de uso (Quadro 2.7.8).

**Quadro 2.7.8** | Consumo total de água por tipologia de uso para a ilha Graciosa

Consumo totais de água Graciosa		
Tipologia de Uso	Consumo (m <sup>3</sup> /ano)	Ano de Referência
Urbano <sup>10</sup>	247 927	2007
Turismo	n.d.	n.d.
Agricultura + Pecuária	32 353	2004
Indústria	91 793	2007
Produção de Energia	180	2000
Outros usos	102	2009
<b>Total - Graciosa</b>	<b>372 355</b>	-

## 2.7.2 | Necessidades de água por tipologia de uso

### Urbano

O cálculo da estimativa das necessidades de água no setor urbano teve como base as capitações apresentadas de seguida (Quadro 2.7.9). Optou-se por considerar exclusivamente as capitações da tipologia rural para efeitos de cálculo das necessidades hídricas dos concelhos abrangidos dado que não se detetaram diferenças significativas no padrão de consumo. Os resultados obtidos são relativos à população residente considerando-se que esta se traduz em necessidades domésticas. Não foi possível aferir as necessidades relativas ao setor de comércio e serviços. Assume-se, para efeitos de cálculo uma taxa de perdas de água na rede de abastecimento de 35%, verifica-se que a ilha Graciosa apresenta uma necessidade hídrica anual para o setor urbano pouco acima dos 316dam<sup>3</sup> (Quadro 2.7.10).

**Quadro 2.7.9** | Captações de referência para o cálculo das necessidades hídricas para uso urbano

Captações de Necessidades Hídricas (L/hab/dia)	
Urbano	
Tipologia de território	Residentes
<b>Rural</b>	<b>130</b>
Semi-Urbano	150
Urbano	170

<sup>10</sup> Considerando os setores domésticos e comércio e serviços.

Quadro 2.7.10 | Necessidades totais de água para uso urbano

Território	Necessidades de água (m <sup>3</sup> /ano)						
	Urbano <sup>11</sup>						
	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2009
<b>Graciosa</b>	<b>298 828</b>	<b>301 583</b>	<b>306 003</b>	<b>308 309</b>	<b>309 910</b>	<b>312 537</b>	<b>316 316</b>
Santa Cruz da Graciosa	298 828	301 583	306 003	308 309	309 910	312 537	316 316

## Turismo

O cálculo da estimativa das necessidades de água no setor turismo teve como base as capitações apresentadas de seguida (Quadro 2.7.11). Optou-se por considerar exclusivamente as capitações da tipologia rural para efeitos de cálculo das necessidades hídricas dos concelhos abrangidos dado que não se detetaram diferenças significativas no padrão de consumo. Os resultados obtidos são relativos à população flutuante, considerando-se que se traduz em necessidades turísticas afetas à hotelaria. Assume-se, para efeitos de cálculo uma taxa de perdas de água na rede de abastecimento de 35%. Deste modo, verifica-se que a ilha Graciosa apresenta uma necessidade hídrica anual para o setor turístico na ordem dos 20,7dam<sup>3</sup> (Quadro 2.7.12).

Não foram identificados outros usos de índole turística suscetíveis de contribuir para as necessidades hídricas desta tipologia de uso.

Quadro 2.7.11 | Capitações de referência para o cálculo das necessidades hídricas para uso turístico (hotelaria)

Capitações de Necessidades Hídricas (L/hab./dia)		
Tipologia de território	Turismo	
	Ocupantes temporários	Turistas
<b>Rural</b>	<b>130</b>	<b>300</b>
Semi-Urbano	150	300
Urbano	170	300

Quadro 2.7.12 | Necessidades de água para uso turístico (hotelaria)

Território	Necessidades de água (m <sup>3</sup> /ano)						
	Turismo						
	2000	2002	2004	2005	2006	2007	2009
<b>Graciosa</b>	<b>19 780</b>	<b>19 917</b>	<b>20 148</b>	<b>20 268</b>	<b>20 352</b>	<b>20 489</b>	<b>20 687</b>
Santa Cruz da Graciosa	19 780	19 917	20 148	20 268	20 352	20 489	20 687

## Agricultura

Em termos de necessidades de água, a tipologia de exploração agrícola na ilha Graciosa (tipicamente constituída por pastagens e culturas de sequeiro) é pouco relevante. Com efeito, não se verificam práticas de regadio, apenas em pequenas propriedades, hortas e pomares particulares que são pontualmente regados (principalmente no período estival), mas sem significância à escala de um PGRHI.

<sup>11</sup> Considerando apenas o setor doméstico.

## Pecuária

As necessidades hídricas afetas à produção pecuária foram estimadas com base em captações por cabeça normal para cada tipo de cabeça, de acordo com os coeficientes apresentados de seguida (Quadro 2.7.13). Apenas se consideram representativos os efetivos pecuários bovinos e suínos.

De acordo com os dados de base provenientes do Recenseamento Geral da Agricultura (RGA) e cálculos subsequentemente efetuados, denota-se um ligeiro crescimento das necessidades hídricas em consequência do aumento registado no efetivo pecuário existente na ilha Graciosa entre 1999 e 2009. Assim, estima-se que a ilha Graciosa necessite de cerca de 72dam<sup>3</sup> de água por ano satisfazer as necessidades hídricas do seu efetivo pecuário (Quadro 2.7.14).

**Quadro 2.7.13** | Necessidades hídricas específicas por tipo de cabeça

Necessidades Hídricas Específicas Pecuária	
Tipo de Cabeça	NHE (m <sup>3</sup> /CN/ano)
Bovinos	14,60
Suínos	7,40

Fonte: PNA

**Quadro 2.7.14** | Necessidades de água para uso pecuário

Território	Necessidades de água (m <sup>3</sup> /ano) Pecuária	
	1999	2009
<b>Graciosa</b>	<b>68 347</b>	<b>71 953</b>
Santa Cruz da Graciosa	68 347	71 953

## Indústria

As necessidades de água associadas ao uso industrial foram aferidas com base no número de trabalhadores para os principais setores de atividades observados nas estatísticas oficiais.

Dado que não existiam dados de base discriminados por Código de Atividade Económica (CAE) para toda a série temporal do presente Plano, apenas existindo por setor, houve a necessidade de estimar uma captação média para cada ilha com base no número de trabalhadores por CAE para o ano de 2009 disponibilizados pela Direção Regional de Apoio ao Investimento e à Competitividade (DRAIC), tendo em consideração as captações específicas por CAE consignadas no PNA.

De acordo com a metodologia adotada e explanada anteriormente, estima-se que a ilha Graciosa necessite de cerca de 32dam<sup>3</sup> de água por ano para satisfazer as necessidades hídricas das suas atividades de indústria transformadora (Quadro 2.7.15).

**Quadro 2.7.15** | Necessidades de água para a indústria transformadora

Território	Necessidades de água (m <sup>3</sup> /ano) Indústria transformadora						
	2000	2001	2004	2005	2007	2008	2009
<b>Graciosa</b>	<b>0</b>	<b>4 352</b>	<b>7 344</b>	<b>7 072</b>	<b>17 136</b>	<b>19 856</b>	<b>31 824</b>

Necessidades de água (m <sup>3</sup> /ano)							
Indústria transformadora							
Santa Cruz da Graciosa	0	4 352	7 344	7 072	17 136	19 856	31 824

As atividades económicas com maior dotação nas necessidades hídricas aferidas para a ilha Graciosa são a fabricação de gelados e sorvetes (14dam<sup>3</sup>/ano), abate de gado para produção de carne (6dam<sup>3</sup>/ano), e indústria do leite e derivados (2dam<sup>3</sup>/ano).

Seguidamente, são apresentadas as necessidades de água para a indústria extrativa, que foram aferidas com base nos volumes licenciados pela DRAIC. Verifica-se que as atividades extrativas existentes na ilha Graciosa necessitam de pouco mais de 15dam<sup>3</sup> de água por ano para manter a sua atividade (Quadro 2.7.16).

**Quadro 2.7.16** | Necessidades de água para as atividades de indústria extrativa

Necessidades Hídricas			
Indústria Extrativa			
Ilha	Local de Extração	Empresas (n.º)	Volume licenciado (m <sup>3</sup> /ano)
Graciosa	Orla Costeira <sup>12</sup>	1	14 900

Neste sentido, verifica-se que os consumos totais para a indústria<sup>13</sup> rondam os aproximadamente os 46,7dam<sup>3</sup>.

### Produção de Energia

Para a aferição das necessidades hídricas do setor de produção de eletricidade considera-se que as necessidades hídricas equivalem aos consumos observados. Dado que o consumo de água utilizado nos sistemas de refrigeração não dependem diretamente da energia produzida também se assumem os quantitativos constantes para toda a série temporal do Plano. Estimam-se necessidades hídricas anuais relativas à produção de energia termoelétrica na ordem dos 180m<sup>3</sup> para a ilha Graciosa (Quadro 2.7.17).

**Quadro 2.7.17** | Consumo de água na produção de energia

Necessidades Hídricas (m <sup>3</sup> /ano)					
Território	Energia				
	2000	2002	2004	2006	2010 <sup>14</sup>
<b>Graciosa</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
Termoelétrica	180	180	180	180	180
Hidroelétrica	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Nota: Não estão disponíveis dados de base relativos aos anos intermédios para os quais não se apresentam resultados  
Fonte: EDA / PRA

### Outros Usos

Dada a ausência de informação de base para o cálculo das necessidades hídricas nas instalações aeroportuárias e portuárias, assume-se que estas são equivalentes aos consumos de água observados. Assim, assumem-se

<sup>12</sup> Inseridas na área terrestre do POOC.

<sup>13</sup> Considerando para efeitos de cálculo as principais atividades da indústria transformadora e extrativa.

<sup>14</sup> Ausência de valor fidedigno para 2009 considerou-se o valor disponível mais atual relativo a 2010.

necessidades hídricas na ordem dos 102m<sup>3</sup> de água por ano nas unidades portuárias e aeroportuárias existentes na ilha Graciosa tal como se demonstra pelo Quadro 2.7.18.

**Quadro 2.7.18** | Necessidades de água em unidades portuárias e aeroportuárias

Necessidades Hídricas (m <sup>3</sup> /ano)		
Unidades Portuárias e Aeroportuárias		
Território	Unidade	
<b>Graciosa</b>	<b>Total</b>	<b>102</b>
Santa Cruz da Graciosa	Porto da Graciosa	102
Santa Cruz da Graciosa	Aeródromo da Graciosa	0

Fonte: Inquérito PGRHI, 2010

Seguidamente, e em jeito de conclusão, são apresentados as necessidades totais anuais para a ilha Graciosa por tipologia de uso (Quadro 2.7.19).

**Quadro 2.7.19** | Necessidades totais de água por tipo de uso para a ilha Graciosa

Necessidades totais de água		
Tipologia de Uso	Necessidades (m <sup>3</sup> /ano)	Ano de Referência
Urbano <sup>15</sup>	316 316	2009
Turismo	20 687	2009
Agricultura	N.A.	-
Pecuária	71 953	2009
Indústria	46 724	2008
Produção de Energia	180	2000
Outros usos	102	2009
<b>TOTAL - GRACIOSA</b>	<b>454 962</b>	-

### 2.7.3 | Avaliação do balanço entre necessidades, disponibilidades e potencialidades

De acordo com os resultados estimados, a ilha Graciosa apresenta umas necessidades hídricas totais na ordem dos 538dam<sup>3</sup> por ano. As disponibilidades hídricas totais mostram-se suficientes para comportar as necessidades hídricas estimadas, visto que se estimam umas disponibilidades hídricas superficiais na ordem dos 6 mil dam<sup>3</sup> por ano e aproximadamente 15 mil dam<sup>3</sup> por ano de água disponível a partir de recursos subterrâneos. Em resultado, e dado que os volumes de água captados são provenientes de origens subterrâneas, estima-se um balanço hídrico subterrâneo positivo, não obstante ser uma das ilhas onde as necessidades hídricas apresentam um maior grau de pressão face às disponibilidades hídricas existentes (Quadro 2.7.20).

**Quadro 2.7.20** | Balanço hídrico para a ilha Graciosa

Parâmetro	Balanço Hídrico	
	Tipologia	Volumes anuais (m <sup>3</sup> )
<b>Necessidades hídricas</b>	Urbano <sup>16</sup>	316 316
	Turismo	20 687

<sup>15</sup> Doméstico.

<sup>16</sup> Considerando apenas setor doméstico.

Balanço Hídrico		
Parâmetro	Tipologia	Volumes anuais (m <sup>3</sup> )
	Agricultura	N.A.
	Pecuária	71 953
	Indústria	46 724
	Produção de Energia	180
	Outros usos	102
	<b>Total</b>	<b>454 962</b>
Disponibilidades hídricas	Superficiais	6 182 038
	Subterrâneas	15 000 000
	<b>Total</b>	<b>21 182 038</b>
BALANÇO HÍDRICO	<b>Nec. / Disp. Supf.</b>	<b>7,36%</b>
	<b>Nec. / Disp. Subt.</b>	<b>3,03%</b>
	<b>Nec. / Disp. totais</b>	<b>2,15%</b>

Importa notar que os resultados obtidos para alguns setores, sofreram uma influência considerável devido à ausência e indisponibilização de dados de base atualizados, que obrigaram à realização das assumpções ou estimativas referidas. As principais limitações surgiram nos setores da produção de energia e outros usos (setor portuário e aeroportuário) onde, devido à ausência de colaboração da maior parte das entidades de referência destes setores na Região, houve a necessidade de, na maioria dos casos, se considerarem os dados de consumo de água registados pelo PRA em 2000 como base para a estimativa das necessidades hídricas, constituindo um fator limitante para a qualidade dos resultados obtidos, não só pela antiguidade da informação disponível, mas também agravado pela típica e significativa variação anual do consumo de água no setor hidroelétrico, que pode prejudicar uma correta aferição das necessidades hídricas neste setor. Outro aspeto sensível nesta análise, e que apresenta uma significativa probabilidade de afetação dos resultados, é a taxa de perdas de água considerada para o uso urbano (35%), ausente de resposta na maioria das entidades gestoras contactadas, tendo-se optado por uma taxa de perdas comumente assumida pelos referenciais bibliográficos do setor.

## 2.8 | Caracterização dos serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais

### 2.8.1 | Sistemas de abastecimento de água

#### 2.8.1.1 | Modelos de gestão

A ilha Graciosa assegura os serviços através de um modelo constituído a partir da própria Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa, quer para os serviços das componentes em “Alta” como em “Baixa”.

### 2.8.1.2 | Atendimento do serviço

De acordo com a informação recolhida nas entidades gestoras, o serviço de abastecimento de água em ambos os concelhos da ilha Graciosa é assegurado na plenitude, configurando um nível de atendimento máximo (100%), sendo traduzido por uma população residente servida de praticamente 5 mil habitantes em Santa Cruz da Graciosa.

### 2.8.1.3 | Origens de água e infraestruturas de captação

De acordo com o cadastro nacional de infraestruturas do INSAAR são representados os sistemas, infraestruturas e equipamentos constituintes dos serviços de abastecimento de água (Figura 2.8.1).

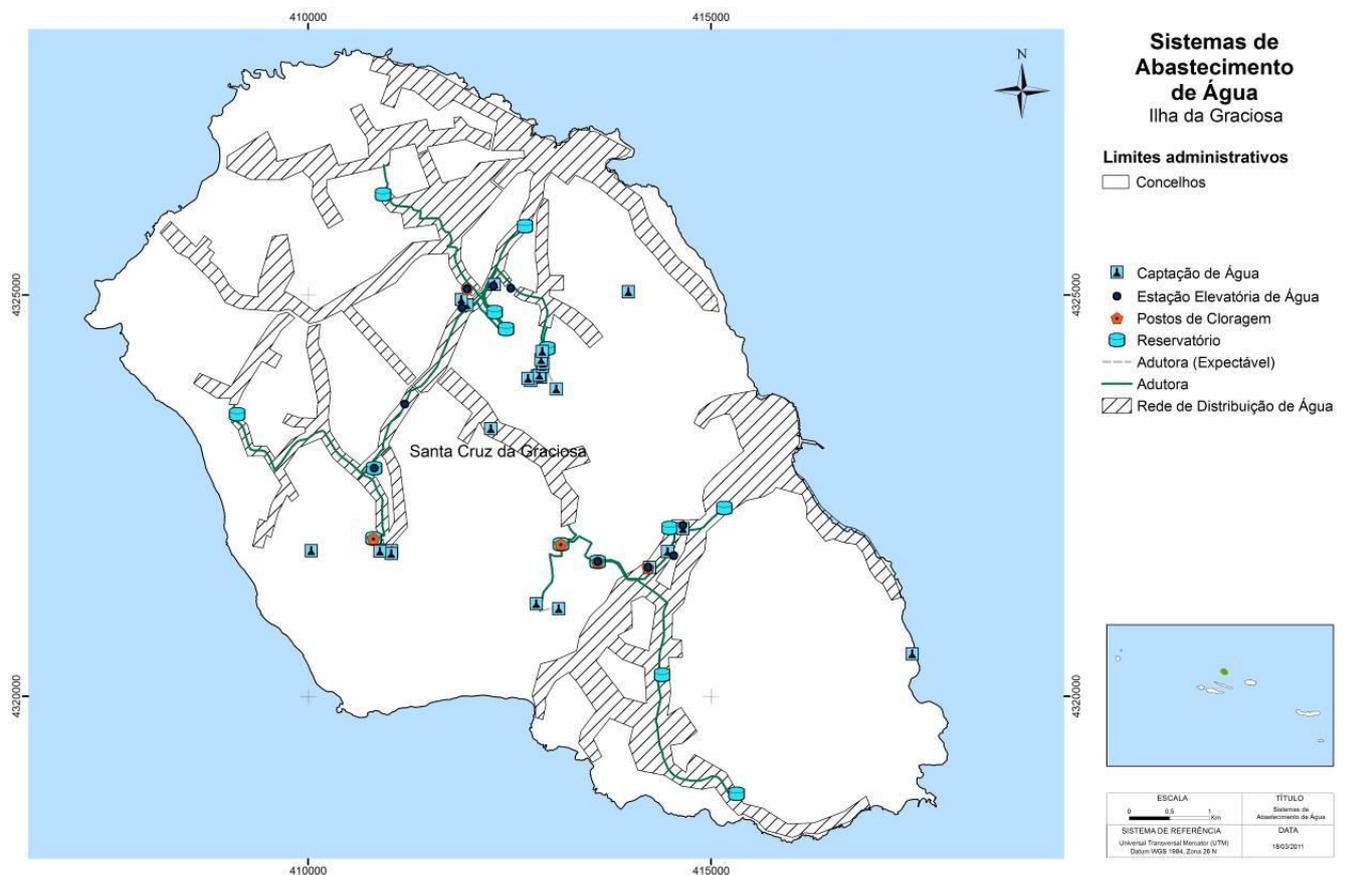


Figura 2.8.1 | Representação gráfica do sistema de abastecimento de água da ilha Graciosa.

De acordo com a informação disponibilizada pelo INSAAR, o serviço público de abastecimento de água de Santa Cruz da Graciosa é constituído por dois sistemas (Sistema da Zona Norte e Zona Sul) sendo servidos por 25 captações, todas de origem subterrânea, tendo-se registado um volume total captado na ordem dos 1,2 mil dam<sup>3</sup> de água (Quadro 2.8.1).

**Quadro 2.8.1 | Caracterização das captações de água existentes no concelho de Santa Cruz da Graciosa**

Graciosa – Santa Cruz da Graciosa	
Captações de Água	
	Total
N.º de Captações	25
N.º de Captações Superficiais	0

Graciosa – Santa Cruz da Graciosa	Total
<b>Captações de Água</b>	
N.º de Captações Subterrâneas	25
Volume Captado (m <sup>3</sup> /ano)	1 211 699

Fonte: INSAAR

#### 2.8.1.4 | Infraestruturas de tratamento de água

Os dois sistemas são constituídos por cinco postos de cloragem de água no concelho de Santa Cruz da Graciosa, localizados na freguesia de Guadalupe (Sistema da Zona Norte), e Luz e São Mateus (Sistema Zona Sul). Estes tratam toda a água consumida, cerca de 1,2 mil dam<sup>3</sup> de água (Quadro 2.8.2).

**Quadro 2.8.2** | Caracterização de estações de tratamento de água e postos de cloragem existentes no concelho de Santa Cruz da Graciosa

Graciosa – Santa Cruz da Graciosa	Sistema 1 – Zona Norte	Sistema 2 – Zona Sul	Total
<b>Estações de Tratamento de Água</b>			
N.º ETA	0	0	0
N.º PC	2	3	5
Caudal Tratado (m <sup>3</sup> /ano)	743 993	467 706	1 211 699

Fonte: INSAAR

#### 2.8.1.5 | Infraestruturas de transporte, elevação, armazenamento e distribuição de água

Relativamente às infraestruturas de transporte, elevação e armazenamento, em Santa Cruz da Graciosa existem nove estações elevatórias, sendo que seis delas pertencem ao sistema da Zona Norte e três ao sistema da Zona Sul. Existem também 14 reservatórios de água constituintes do sistema de Santa Cruz da Graciosa com uma capacidade útil total de 2 000m<sup>3</sup> de água (Quadro 2.8.3).

**Quadro 2.8.3** | Caracterização das estações elevatórias e reservatórios existentes no concelho de Santa Cruz da Graciosa

Graciosa – Santa Cruz da Graciosa	Sistema 1 – Zona Norte	Sistema 2 – Zona Sul	Total
<b>Transporte, elevação, e armazenamento</b>			
N.º Estações Elevatórias	6	3	9
N.º Reservatórios	8	6	14

Fonte: INSAAR

#### 2.8.1.6 | Inventário de outras infraestruturas hidráulicas

Não existem outras infraestruturas hidráulicas, como centrais hidroelétricas ou açudes na ilha Graciosa.

### 2.8.2 | Sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais

#### 2.8.2.1 | Modelos de gestão

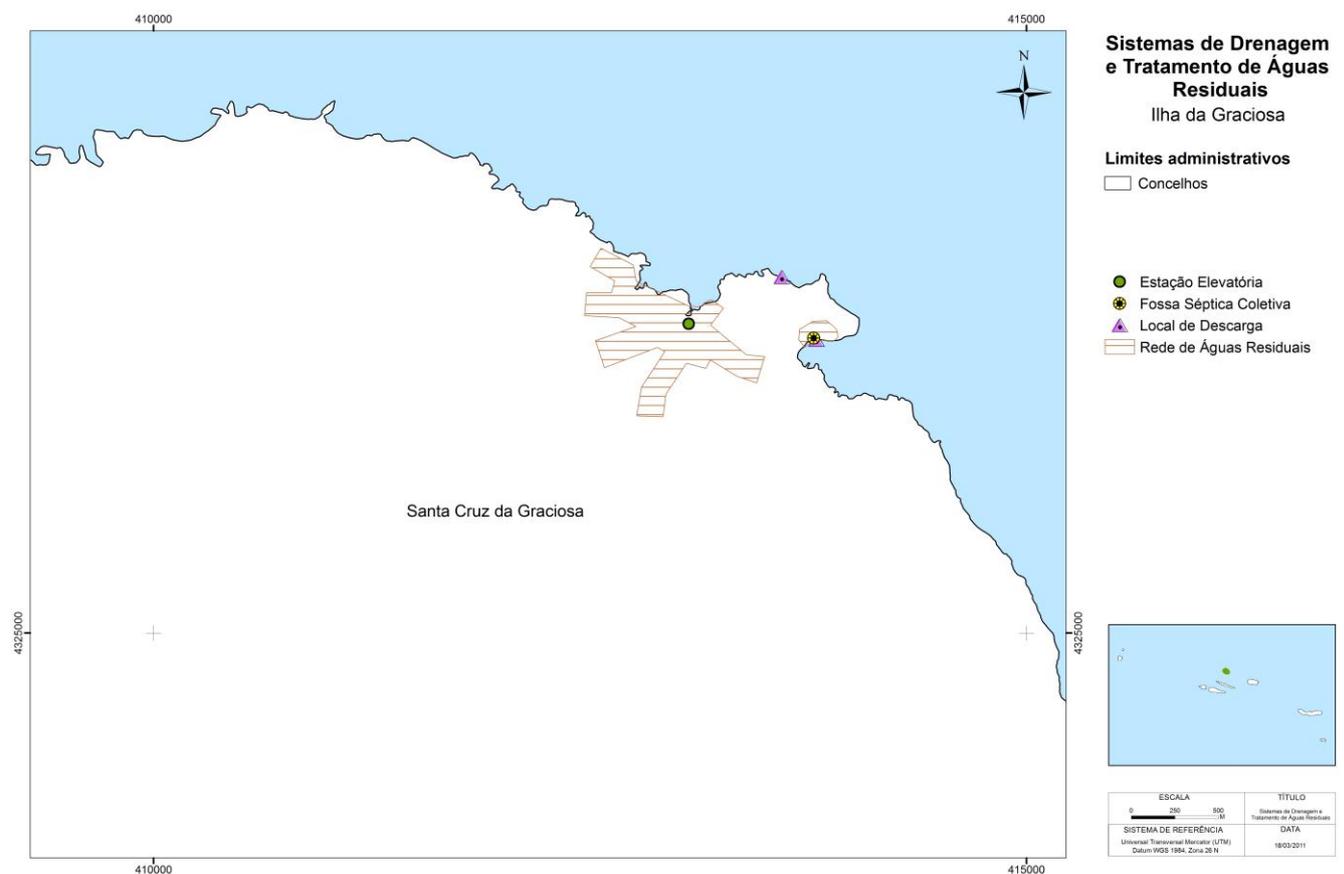
Os serviços de saneamento de águas residuais na ilha Graciosa são praticados dentro do mesmo modelo de gestão definido nos serviços de abastecimento de água. Assim, este serviço é gerido pela própria Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa, que assegura ambas as componentes em “Alta” e “Baixa” dos serviços de drenagem e tratamento de águas residuais.

### 2.8.2.2 | Atendimento do serviço

De acordo com a informação recolhida nas entidades gestoras, a população servida e ligada em Santa Cruz da Graciosa pela rede de drenagem implementada ronda os 17%, localizada na vila de Santa Cruz (15%) e no cais da barra (2%). Esta população é servida por sistema de tratamento preliminar e primário constituído por uma estação de residuais urbanas (ETAR do Paúl) e uma fossa séptica coletiva no cais da barra.

### 2.8.2.3 | Infraestruturas de coleta, transporte, elevação e rejeição de águas residuais

De acordo com o cadastro nacional de infraestruturas do INSAAR são representados os sistemas, infraestruturas e equipamentos constituintes dos serviços de saneamento de águas residuais (Figura 2.8.2).



**Figura 2.8.2 |** Territorialização dos sistemas, infraestruturas e equipamentos de saneamento de águas residuais da ilha Graciosa.

De acordo com a informação disponibilizada pelo INSAAR, o serviço público de saneamento de águas residuais de Santa Cruz da Graciosa é formado por dois sistemas, sendo que o sistema que serve a vila de Santa Cruz possui uma estação elevatória e um ponto de rejeição na Ponta da Pesqueira que descarrega as águas residuais drenadas após tratamento na ETAR no Paúl (Quadro 2.8.4). Já o sistema localizado no cais da barra possui um ponto de rejeição após tratamento na fossa séptica coletiva existente. Estima-se que o ponto de rejeição localizado na Ponta da Pesqueira emita cerca de 47dam<sup>3</sup> de águas residuais tratadas, e o ponto de rejeição do cais da barra cerca de 3dam<sup>3</sup>.

**Quadro 2.8.4** | Caracterização das infraestruturas de coleta, transporte, elevação e rejeição de águas residuais no concelho de Santa Cruz da Graciosa

Graciosa – Santa Cruz da Graciosa	
Coleta, transporte e rejeição	
N.º Estações Elevatórias	1
N.º Pontos de rejeição	2

#### 2.8.2.4 | Infraestruturas de tratamento de água residuais

De acordo com a informação disponibilizada pelo INSAAR, Santa Cruz da Graciosa dispõe de uma estação de tratamento primário de águas residuais (ETAR do Paúl) localizada na Ponta da Pesqueira, próxima da vila de Santa Cruz da Graciosa, capaz de tratar cerca de 47dam<sup>3</sup> de águas residuais e uma fossa séptica coletiva no cais da barra capaz de tratar 3dam<sup>3</sup> de águas residuais (Quadro 2.8.5).

**Quadro 2.8.5** | Caracterização das infraestruturas de tratamento de águas residuais no concelho de Santa Cruz da Graciosa

Graciosa – Santa Cruz da Graciosa	
Tratamento de Águas Residuais	
N.º FSI	n.d.
N.º FSC	1
N.º ETAR	1

#### 2.8.2.5 | Águas residuais produzidas por tipo

A estimativa dos volumes gerados (Quadro 2.8.6) teve em consideração capitações médias apresentadas por *Metcalf&Eddy*. Assim, para a produção doméstica de águas residuais considerou-se uma taxa de 90 litros por habitante por dia, 62,5 litros por trabalhador por dia para produção industrial e 50 litros por empregado por dia para produção em atividades de comércio e serviços. Aplicando estas taxas aos dados de base considerados para o Plano de população residente, população flutuante, e pessoal ao serviço por setor de atividade, obteve-se a seguinte estimativa de volumes de águas residuais urbanas geradas.

**Quadro 2.8.6** | Estimativa de volume de águas residuais urbanas geradas por origem

Origem	Volumes gerados (m <sup>3</sup> /ano)			
	Águas residuais urbanas			
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
	2000 <sup>17</sup>		2009 <sup>18</sup>	
Doméstico	153 245	153 245	162 213	162 213
Turístico	8 933	8 933	9 398	9 398
Industrial	365	365	1 665	1 665
Comércio e serviços	4 709	4 709	5 585	5 585

<sup>17</sup> Valores referentes à origem comércio e serviços são relativos ao ano de 2002 e os industriais relativos a 2001 por ausência de informação de base.

<sup>18</sup> Valores referentes às origens industriais e comércio e serviços são relativos ao ano de 2008 por ausência de informação de base.

O setor doméstico e comércio e serviços são os setores mais representativos em termos de volume de águas residuais geradas. De referir que os volumes totais de águas residuais urbanas relativos ao ano de 2008 correspondem a cerca de quase 10 mil habitantes equivalentes<sup>19</sup>, sendo que cerca de 221 habitantes equivalentes provêm de atividades industriais ou de comércio e serviços.

As respetivas cargas orgânicas correspondentes aos volumes anteriormente aferidos (Quadro 2.8.8 e Quadro 2.8.12), tiveram também como base de cálculo as capitações sugeridas por *Metcalf&Eddy* para os diferentes parâmetros analíticos considerados: CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, Azoto e Fósforo (Quadro 2.8.7).

Para estimar as cargas orgânicas geradas nas águas residuais urbanas de origem industrial e comércio e serviços consideraram-se os habitantes equivalentes correspondentes ao volume de águas residuais produzido, assumindo-se que um habitante equivalente produz 90 litros por ano de águas residuais urbanas.

**Quadro 2.8.7** | Capitações de carga orgânica gerada para o setor urbano

Capitações de cargas orgânicas geradas (g/hab <sub>eq</sub> /dia)				
Águas residuais urbanas				
CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	Azoto	Fósforo
60	120	90	10	3

Fonte: PRA, *Metcalf & Eddy*, 2003

**Quadro 2.8.8** | Estimativa de CBO<sub>5</sub> gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem

Carga de CBO <sub>5</sub> gerado (kg/ano)				
Águas residuais urbanas				
Origem	2000 <sup>17</sup>		2009 <sup>18</sup>	
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
Doméstico	102 164	102 164	108 142	108 142
Turístico	5 955	5 955	6 265	6 265
Industrial	243	243	1 110	1 110
Comércio e serviços	3 139	3 139	3 723	3 723

**Quadro 2.8.9** | Estimativa de CQO gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem

Carga de CQO gerado (kg/ano)				
Águas residuais urbanas				
Origem	2000 <sup>17</sup>		2009 <sup>18</sup>	
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
Doméstico	204 327	204 327	216 284	216 284
Turístico	11 910	11 910	12 530	12 530
Industrial	487	487	2 220	2 220
Comércio e serviços	6 278	6 278	7 446	7 446

<sup>19</sup> Considerando que um habitante equivalente gera cerca de 90 litros por dia de águas residuais urbanas.

**Quadro 2.8.10** | Estimativa de SST gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem

Carga de SST gerado (kg/ano)				
Águas residuais urbanas				
Origem	2000 <sup>17</sup>		2009 <sup>18</sup>	
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
Doméstico	153 245	153 245	162 213	162 213
Turístico	8 933	8 933	9 398	9 398
Industrial	365	365	1 665	1 665
Comércio e serviços	4 709	4 709	5 585	5 585

**Quadro 2.8.11** | Estimativa de azoto gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem

Carga de azoto gerado (kg/ano)				
Águas residuais urbanas				
Origem	2000 <sup>17</sup>		2009 <sup>18</sup>	
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
Doméstico	17 027	17 027	18 024	18 024
Turístico	993	993	1 044	1 044
Industrial	41	41	185	185
Comércio e serviços	523	523	621	621

**Quadro 2.8.12** | Estimativa de fósforo gerado pelas águas residuais urbanas por concelho e tipo de origem

Carga de fósforo gerado (kg/ano)				
Águas residuais urbanas				
Origem	2000 <sup>17</sup>		2009 <sup>18</sup>	
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
Doméstico	5 108	5 108	5 407	5 407
Turístico	298	298	313	313
Industrial	12	12	56	56
Comércio e serviços	157	157	186	186

De forma a estimar os volumes de águas residuais geradas encaminhadas para cada tipologia de tratamento existente ou descarregadas diretamente no meio ambiente foi necessário recorrer de forma integrada à base de dados do INSAAR e inquéritos recolhidos pelas entidades gestoras de forma a aferir qual a população ligada à rede de drenagem e que encaminhamento era dado por tipologia ou nível de tratamento aos volumes gerados por freguesia. Em resultado dessa integração de informação estimaram-se taxas de distribuição dos volumes gerados de águas residuais urbanas.

Relativamente à estimativa das cargas removidas e emitidas para o meio foram aferidas tendo em consideração as seguintes taxas de remoção por nível de tratamento (Quadro 2.8.13).

**Quadro 2.8.13** | Taxas de remoção de cargas orgânicas consideradas por nível de tratamento

Taxas de remoção de cargas orgânicas consideradas por nível de tratamento (%)					
Águas residuais urbanas					
Nível de tratamento	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	Azoto	Fósforo
FSI	40%	40%	50%	5%	2%
FSC <sup>20</sup>	20%	20%	50%	0%	0%
ETAR (Tratamento preliminar) <sup>20</sup>	20%	20%	50%	0%	0%
ETAR (Tratamento primário) <sup>20</sup>	20%	20%	50%	0%	0%
ETAR (Tratamento secundário) <sup>21</sup>	70% <sup>(1)</sup>	60% <sup>(1)</sup>	70% <sup>(1)</sup>	15% <sup>(2)</sup>	15% <sup>(2)</sup>

Em resultado, obtiveram-se os seguintes volumes e cargas removidas e emitidas a nível do concelho (Quadro 2.8.14 a Quadro 2.8.19). As cargas emitidas contemplam aquelas que não sofreram qualquer tipo de tratamento (descarga direta) e as cargas que apesar terem sido sujeitas a tratamento não foram removidas devido à eficiência do sistema de tratamento. Considera-se que os volumes de origem industrial e comércio e serviços são por defeito encaminhados para o sistema de tratamento a cargo da entidade gestora municipal. Apenas não se considera esta assumpção quando não existe outra forma de tratamento disponível no município, respeitando-se nestes casos o definido pelas taxas de distribuição referidas anteriormente.

**Quadro 2.8.14** | Estimativa do volume total de águas residuais urbanas encaminhadas por tipo de destino

Volume de águas residuais urbanas encaminhadas por tipo de destino (m <sup>3</sup> /ano)				
Águas residuais urbanas				
Origem	Graciosa		Santa Cruz da Graciosa	
	2000	2009	2000	2009
FSI	135 083	135 083	142 940	142 940
FSC	2 135	2 135	2 259	2 259
ETAR	24 961	24 961	26 412	26 412
Descarga direta	0	0	0	0

**Quadro 2.8.15** | Estimativa de CBO<sub>5</sub> removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio

Carga de CBO <sub>5</sub> removido e emitido (kg/ano)				
Águas residuais urbanas				
Origem	Graciosa		Santa Cruz da Graciosa	
	2005	2008	2005	2008
FSI	37 158	37 158	37 902	37 902
FSC	304	304	312	312
ETAR	3 555	3 555	3 651	3 651
Emitido	74 459	74 459	76 730	76 730

<sup>20</sup> Fonte: Decreto Legislativo Regional n.º 18/2009/A, de 19 de outubro

<sup>21</sup> Fonte: (1) Mackenzie&Davis; (2) Mano, 2002

**Quadro 2.8.16** | Estimativa de CQO removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio

Carga de CQO removido e emitido (kg/ano)				
Origem	Águas residuais urbanas			
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
	2005		2008	
FSI	74 315	74 315	75 805	75 805
FSC	608	608	624	624
ETAR	7 109	7 109	7 301	7 301
Emitido	148 918	148 918	153 461	153 461

**Quadro 2.8.17** | Estimativa de SST removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio

Carga de SST removido e emitido (kg/ano)				
Origem	Águas residuais urbanas			
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
	2005		2008	
FSI	69 670	69 670	71 067	71 067
FSC	1 140	1 140	1 171	1 171
ETAR	13 512	13 512	13 913	13 913
Emitido	88 890	88 890	91 743	91 743

**Quadro 2.8.18** | Estimativa de azoto removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio

Carga de azoto removido e emitido (kg/ano)				
Origem	Águas residuais urbanas			
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
	2005		2008	
FSI	774	774	790	790
FSC	0	0	0	0
ETAR	0	0	0	0
Emitido	18 472	18 472	18 976	18 976

**Quadro 2.8.19** | Estimativa de fósforo removido das águas residuais urbanas por tipo de sistema de tratamento e emitido para o meio

Carga de fósforo removido e emitido (kg/ano)				
Origem	Águas residuais urbanas			
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
	2005		2008	
FSI	93	93	95	95
FSC	0	0	0	0
ETAR	0	0	0	0
Emitido	5 681	5 681	5 835	5 835

Além das águas residuais urbanas, existe a emissão de efluentes das atividades produtivas de setores como a agricultura, pecuária e indústria, que devem ser tidas em consideração, não só pela sua significância volumétrica, mas também devido às suas cargas orgânicas. Neste sentido, seguidamente serão caracterizadas as águas residuais não urbanas associadas aos setores agricultura, pecuária e indústria.

## Agricultura

As cargas orgânicas foram estimadas tendo em consideração as seguintes taxas de exportação e áreas agrícolas patentes nas Cartas de Ocupação do Solo (Quadro 2.8.20 e Quadro 2.8.21).

Não é possível aferir os volumes de águas residuais produzidos pelo setor agrícola dado que se desconhece o volume de água sujeita a contaminação com nutrientes nem qual a fração que chega a atingir os aquíferos, ficando retida no solo.

**Quadro 2.8.20** | Taxas de exportação de nutrientes para o setor agrícola

Taxas de exportação (kg/ha/ano)	
Azoto	Fósforo
10	0,3

Fonte: COELHO, DIOGO, ALMEIDA (UNL)

**Quadro 2.8.21** | Estimativa das cargas orgânicas emitidas pela agricultura em 2009

Cargas orgânicas emitidas		
Agricultura		
Território	Azoto (kg/ano)	Fósforo (kg/ano)
Santa Cruz da Graciosa	24 914	874
<b>TOTAL – Graciosa</b>	<b>24 914</b>	<b>874</b>

## Pecuária

O cálculo das cargas de cargas orgânicas e nutrientes emitidos pela pecuária (Quadro 2.8.23) foi efetuado assumindo os coeficientes de emissão de nutrientes publicados pelo *Código de Boas Práticas Agrícolas*, e capitações de cargas orgânicas emitidas publicadas pelo Plano de Bacia Hidrográfica do rio Lima e representadas de seguida (Quadro 2.8.22).

**Quadro 2.8.22** | Coeficientes de emissão para o setor pecuário por tipo de cabeça

Tipo de cabeça	Coeficientes de emissão				
	CBO <sub>5</sub> (g/animal/dia)	CQO (g/animal/dia)	SST (g/animal/dia)	Azoto (kg/animal/ano)	Fósforo (kg/animal/ano)
Bovinos	405	458	5000	105	35

**Quadro 2.8.23** | Estimativa das cargas orgânicas emitidas para o meio pela pecuária

Origem	Carga orgânicas emitidas (kg/ano)			
	Pecuária		Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa		
	1999		2009	
CBO <sub>5</sub>	650 282	650 282	690 638	690 638
CQO	735 381	735 381	781 018	781 018
SST	8 028 175	8 028 175	8 526 400	8 526 400

Carga orgânica emitidas (kg/ano)				
Origem	Pecuária			
	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa
Azoto	461 895	461 895	490 560	490 560
Fósforo	153 965	153 965	163 520	163 520

## Indústria

A aferição do volume e cargas orgânicas geradas e rejeitadas no setor industrial (Quadro 2.8.25 e Quadro 2.8.26) tiveram em consideração as seguintes capitações (Quadro 2.8.24). Desconhece-se quais os sistemas e equipamentos de pré-tratamento das principais indústrias referidas anteriormente, bem como o destino dado aos seus efluentes. Em caso de desconhecimento de informação, considera-se o cenário mais conservativo, traduzido neste caso pela não remoção de carga orgânica e consequente emissão desta para o meio.

Não foi possível aferir os volumes e cargas orgânicas inerentes a outras atividades consideradas relevantes no contexto insular, tais como, a indústria transformadora de pesca (conserveira), ou da cerveja e refrigerantes, devido à ausência de informação de base disponível.

**Quadro 2.8.24** | Capitações volumétricas e de carga das águas residuais emitidas para o meio para o setor industrial

Capitações volumétricas e de carga de águas residuais					
Indústria					
Tipo de Atividade	Volume rejeitado	CBO <sub>5</sub> (g/L)	SST (g/L)	Azoto (mg/L)	Fósforo (mg/L)
Indústria de transformação de carnes	8,0 m <sup>3</sup> /t-carcaça	1,8	6	140	15
Indústria de laticínios	5,5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> -leite	10	0,8	150	50

Fonte: PRA

**Quadro 2.8.25** | Estimativa das águas residuais emitidas pelas principais atividades industriais

Águas Residuais emitidas pelas atividades industriais			
Tipo de Atividade	Volume rejeitado (m <sup>3</sup> /ano)		Freguesias afetas
	2000	2009	Santa Cruz da Graciosa
Indústria de transformação de carnes	1 098	1 502	- Santa Cruz da Graciosa
Indústria de laticínios	5 248	7 465	- Santa Cruz da Graciosa

Fonte: SREA, DRAF, IAMA, Inquérito PGRHI, 2010

**Quadro 2.8.26** | Estimativa das cargas orgânicas emitidas para o meio pelo setor industrial

Cargas orgânicas emitidas								
Tipo de Atividade	Indústria							
	CBO <sub>5</sub> (kg/ano)		SST (kg/ano)		Azoto (kg/ano)		Fósforo (kg/ano)	
	2000	2009	2000	2009	2000	2009	2000	2009
Indústria de transformação de carnes	1 977	2 703	6 591	9 009	154	210	16	23
Indústria de laticínios	52 483	74 650	4 199	5 972	787	1 120	262	373

Tipo de Atividade	Cargas orgânicas emitidas							
	Indústria							
	CBO <sub>5</sub> (kg/ano)		SST (kg/ano)		Azoto (kg/ano)		Fósforo (kg/ano)	
	2000	2009	2000	2009	2000	2009	2000	2009
<b>TOTAL – Graciosa</b>	<b>54 460</b>	<b>77 353</b>	<b>10 790</b>	<b>14 981</b>	<b>941</b>	<b>1 330</b>	<b>279</b>	<b>396</b>

Nota: as cargas orgânicas estimadas são relativas aos volumes referidos no quadro anterior e referem-se maioritariamente aos principais estabelecimentos industriais referenciados no mesmo quadro

### Outros Usos

Não foram identificados outros usos significativos na ilha Graciosa.

## 2.9 | Análise de perigos e riscos

O presente documento enquadra-se nos trabalhos conducentes à elaboração do Relatório de Progresso 1, relativo ao Plano de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (PGIRH) das ilhas Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico, Faial, Flores e Corvo. Neste documento descrevem-se os perigos que atuam ao nível das diferentes ilhas do arquipélago dos Açores e que podem afetar o bom funcionamento das nascentes e furos para abastecimento público.

A caracterização dos perigos geológicos foi, em parte, elaborada com base na recolha e compilação da documentação existente sobre as várias temáticas, produzida ao longo dos últimos anos pelo Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos (CVARG).

### 2.9.1 | Alterações climáticas

A análise das alterações climáticas será realizada de forma global, ou seja, uniforme para a RAA. Esta medida foi adotada devido à falta de informação das condições climáticas existentes na maioria das ilhas. No entanto foi possível realizar-se o estudo da elevação do nível médio do mar, adotando-se os níveis de elevação do mar apresentados no quarto relatório do Intergovernmental Painel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 2007).

#### 2.9.1.1 | A vulnerabilidade das ilhas face à alteração climática

Tal<sup>22</sup> como a generalidade dos arquipélagos atlânticos, a vulnerabilidade das ilhas dos Açores à alteração climática é elevada. Pese embora algumas circunstâncias que atenuam a amplitude da alteração expectável para determinados indicadores climáticos quando comparados com outras zonas do globo, como no caso da temperatura que beneficia do efeito termoregulador do oceano, não devem ser confundidos ou minimizados os impactes resultantes da alta dependência que estas regiões apresentam face ao seu clima e à sua evolução futura. Em boa verdade, atendendo às características geográficas e morfológicas dos territórios insulares de origem vulcânica, mesmo num cenário de menores amplitudes da variação climática expectável, podem corresponder à escala regional impactes ambientais e socioeconómicos mais problemáticos.

<sup>22</sup> Nota prévia: neste capítulo é seguido de perto parte do texto original de Azevedo (2011) em fase de publicação.

Exemplo disso é a particular sensibilidade das regiões insulares no que se refere aos mecanismos climáticos que determinam a hidrologia das ilhas, setor de importância vital e transversal a toda a sociedade, economia e ecossistemas insulares, atendendo ao facto de ser o clima a única fonte natural de água doce, condicionar os mecanismos relacionados com o seu retorno à atmosfera, regular em larga medida as disponibilidades hídricas do solo, bem como a forma como a água escoar em superfície ou se infiltra em profundidade contribuindo para as suas reservas.

Caracterizadas por apresentarem uma grande heterogeneidade geológica, e uma extensão de fronteira com o mar desproporcionada face à pequena dimensão do território, as ilhas dos Açores apresentam processos hidrológicos com uma expressão temporal e espacial peculiares. A predominância do escoamento torrencial de superfície, a rápida e permanente descarga natural dos níveis freáticos, as descargas laterais dos aquíferos através das estruturas fissuradas subsuperficiais (típicas de ambientes vulcânicos), bem como as condições circundantes de apertada fronteira com a água salgada do mar, conduzem a que as reservas em água doce tenham um tempo de residência curto bem como um decaimento muito acelerado da sua qualidade. Estes aspetos revelam-se particularmente sensíveis nas ilhas mais pequenas ou em unidades geológicas mais recentes.

Assim, previsíveis alterações nas características verticais da atmosfera, com implicações no respetivo comportamento microfísico e termodinâmico, bem como a alteração dos atuais padrões da sua circulação e interação com o oceano, com significativas implicações nos respetivos processos de troca de massa e de energia, podem afetar importantes mecanismos responsáveis pela geração, regularização e deposição da precipitação nas ilhas, designadamente os relacionados com a precipitação de origem frontal e orográfica. Da mesma forma é expectável que estas alterações se reflitam nas disponibilidades em água líquida em suspensão e transportada pelo caudal atmosférico, a qual constitui um expressivo montante hídrico interceptado pela vegetação em altitude. É da manutenção e regularidade de todos estes mecanismos que dependem as reservas hídricas insulares, a capacidade produtiva dos sistemas agrícolas, bem como a subsistência de ecossistemas de reconhecida importância universal.

Também no domínio da hidrologia, o incremento da virulência dos episódios meteorológicos extremos, designadamente a ocorrência de períodos prolongados de seca ou a concentração dos fenómenos da precipitação, terá implicações nas reservas hídricas, nos processos de escoamento e nos riscos associados à ocorrência de cheias e de movimentos de massa dos solos.

Da mesma forma, o previsível incremento da severidade climática, quando associado à dispersão territorial, às suas características morfológicas e estruturais, e à sua dependência de acessibilidades por ar ou por mar, afetará de forma previsível a operacionalidade do setor dos transportes, com reflexos na produtividade e na economia, ou mesmo a integridade das respetivas infraestruturas.

Particular atenção deve ser dada à possibilidade de as tempestades tropicais de fim de ciclo que, no passado, se dissipavam às nossas latitudes, poderem ter agora a sua vida e percurso prolongados pela elevação da temperatura superficial da água do mar.

Por outro lado, a subida do nível do mar, também ela consequência do clima e da sua evolução futura, constituindo uma pressão circundante aos territórios insulares, revela-se como uma séria ameaça aos recursos, ecossistemas e infraestruturas costeiras, bem como às populações e territórios mais periféricos.

### 2.9.1.2 | A evolução do clima dos Açores

Tendo como base a análise das séries climáticas produzidas ao longo do período de tempo em que são efetuadas observações meteorológicas regulares no arquipélago dos Açores, em particular as que resultam das observações nas ilhas de S. Miguel e Terceira, bem como o seu tratamento com base em diferentes metodologias de normalização dos dados<sup>23</sup>, designadamente as adotadas no projeto SIAM\_II<sup>24</sup>, e apesar da complexidade da interpretação dos resultados, foi possível identificar o seu comportamento ao longo do século XX, o qual se resume nos seguintes aspetos:

- As observações efetuadas nas ilhas dos Açores, designadamente em Angra do Heroísmo, indicam que o seu clima sofreu uma evolução caracterizada por dois períodos de aquecimento, intercalados por um período de arrefecimento (conforme Figura 2.9.1);
- A tendência de evolução das temperaturas extremas médias diárias é de um aumento sistemático e consistente a partir do fim da década de 70 do século passado, com sinal mais evidente nas temperaturas mínimas diárias, pese embora já se tenham verificado períodos de maior aquecimento, e de maiores amplitudes térmicas, designadamente o observado ao longo das décadas de 30 e 40;
- No que se refere à precipitação, a evolução observada apresenta grande irregularidade interanual (cf. Figura 2.9.2), verificando-se uma variabilidade significativa no seu padrão sazonal;

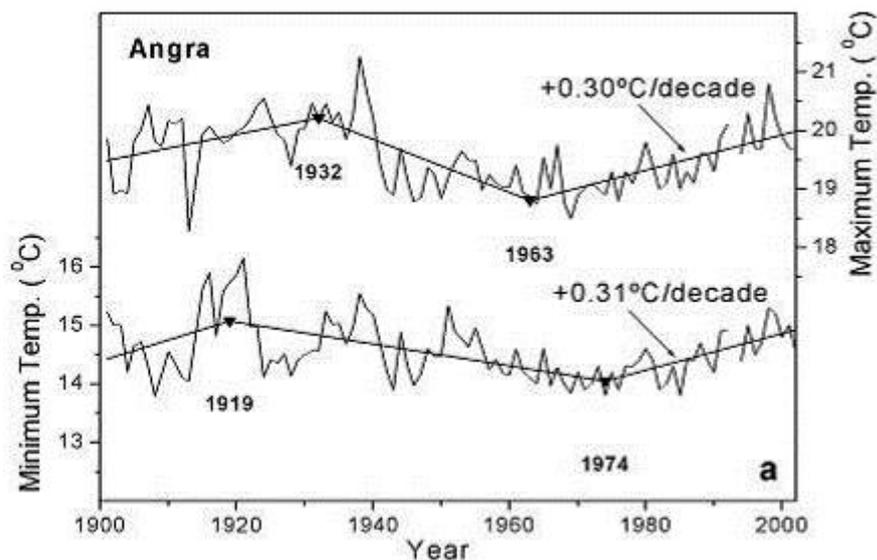


Figura 2.9.1 | Séries temporais de Tmin, Tmax – Angra do Heroísmo/Terceira.

<sup>23</sup> Nota: tal como é referido no documento final do projeto SIAM\_II, os valores das séries da temperatura observada nas diferentes estações dos Açores, tal como nas da generalidade do país, foram sujeitas a metodologias de normalização face às condicionantes e alteração de posicionamento das estações meteorológicas pelo que se aconselha a leitura do documento original.

<sup>24</sup> F. D. Santos e P. Miranda (editores) (2006) - Alterações Climáticas em Portugal - Cenários Impactos e Medidas de Adaptação - Projeto SIAM\_II, Gradiva, Lisboa, 2006.

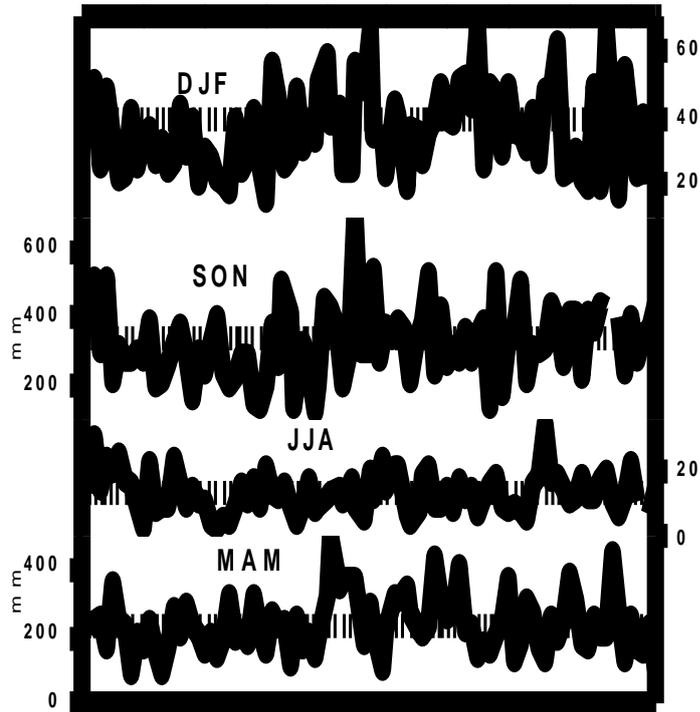


Figura 2.9.2 | Precipitação sazonal – Angra do Heroísmo (Terceira)

- A tendência da precipitação a partir da década de 70 é negativa, pese embora já se terem verificado períodos em que se observaram valores da precipitação significativamente mais baixos do que os atuais, designadamente ao longo das décadas de 20 a 30;
- Tal como seria de esperar, o significado hídrico da variabilidade interanual da precipitação é mais elevado entre os meses de setembro a fevereiro.

### 2.9.1.3 | Cenários e projeções climáticas para os Açores

Os cenários climáticos considerados no projeto SIAM\_II constituem uma estimativa da provável evolução do clima global no próximo século. Para o efeito, consideram-se 3 cenários de emissão de gases de estufa e recorreu-se a dados de diversos modelos globais e regionais<sup>25</sup>.

A diferença entre os diferentes resultados, no conjunto de cenários considerado, permite concluir por uma grande incerteza associada às projeções climáticas analisadas.

No entanto, em todos os cenários da evolução do clima futuro na zona da bacia atlântica onde se enquadram as ilhas do Açores é possível verificar unanimidade na previsão de um aumento da temperatura do ar, muito embora este aumento não se preveja tão grave como nas regiões continentais, designadamente para o continente português. Este

<sup>25</sup> MIRANDA, P.M.; A., M.A. VALENTE, A.R. TOMÉ, R. TRIGO, M. F. COELHO, A. AGUIAR, E. B. AZEVEDO (2006): "O CLIMA DE PORTUGAL NOS SÉCULOS XX E XXI", F. D. Santos e P. Miranda (editores) Alterações Climáticas em Portugal - Cenários Impactos e Medidas de Adaptação - Projeto SIAM\_II, Gradiva, Lisboa, 2006.

facto é atribuído à maior inércia térmica oceânica e às trocas de calor sensível e latente entre este meio e a atmosfera.

Tendo como base os dados produzidos no âmbito do projeto SIAM\_II foram identificados, com diferentes graus de probabilidade, os seguintes aspetos expectáveis para o clima futuro dos Açores para o período de 2080-2100:

- Os aumentos da temperatura máxima deverão situar-se entre 1°C e 2°C;
- Um aumento do número de “dias de verão” e de “noites tropicais”, muito embora não sejam previstas ondas de calor tão graves como as previstas para as regiões continentais, nem de frio excessivo, em consequência do efeito termoregulador oceânico;
- Uma maior “irregularidade” do regime sazonal do clima com implicações significativas nos ciclos fenológicos e produtivos;
- No que se refere à precipitação, a incerteza do clima futuro é substancialmente maior. Para esta variável prevê-se uma maior variabilidade interanual e sazonal;
- Os resultados indicam uma diminuição progressiva da precipitação, não verdadeiramente quantificável, embora menor da que se estima para o continente português e arquipélago da Madeira, acompanhada de uma alteração significativa no seu regime de deposição;
- Uma maior probabilidade de ocorrerem fenómenos meteorológicos extremos, em particular um aumento dos episódios de precipitação intensa com origem em células convectivas mais localizadas, bem como uma maior probabilidade de ocorrerem períodos de seca prolongada;
- Atendendo à tendência do aumento da temperatura superficial do oceano, estão criadas as condições para que as tempestades de origem tropical subam mais no Atlântico, atingindo com mais frequência e maior virulência a latitude dos Açores.

#### 2.9.1.4 | Elevação do nível médio do mar

Segundo o quarto relatório do IPCC (2007), as causas para a elevação do nível médio do mar estão relacionadas com a expansão termal dos oceanos (à medida que as águas aquecem vão se expandindo, através do derretimento das massas de gelo existentes no oceano) e a perda das massas de gelo nos continentes, devido ao derretimento destas mesmas massas de água.

Os cenários apresentados pelo IPCC (2007) para a elevação do mar foram obtidos com base nos anos de 1988-1990, não considerando possíveis mudanças repentinas na dinâmica do fluxo de gelo. Sendo assim os cenários foram projetados para 2090-2099 e o cenário mais desfavorável (A1FI<sup>26</sup>) ostenta uma elevação de 0,26-0,59m. No entanto esta subida do nível do mar não será geograficamente uniforme, com variações regionais de, aproximadamente 0,15m.

---

<sup>26</sup>O SRES apresenta quatro cenários A1, A2, B1e B2, diferenciando-se entre eles as características sociais, económicas, demográficas, tecnologias e ambientais, divergindo para resultados cada vez mais irreversíveis e resultando em diferentes níveis de emissões de GEE. O cenário A1FI é um sub-cenário do A1 e tem as seguintes características: o mundo seria orientado pelo mercado, a economia teria um crescimento mais rápido per capita, em 2050 daria o pico populacional seguindo-se de um declínio, as interações regionais serão fortes e existirá uma convergência de rendimento e por último existirá um uso intensivo de energia fóssil.

A Figura 2.9.3 não é muito elucidativa quanto à variação do nível do mar, devido às condições geomorfológicas das orlas costeiras. As ilhas vulcânicas são por natureza ilhas com orlas costeiras muito elevadas, em relação ao nível médio do mar, e com declives muito acentuados. O maior valor para a elevação do nível médio do mar é de 0,59m, valor este de pouca representatividade devido aos fatores já enumerados.

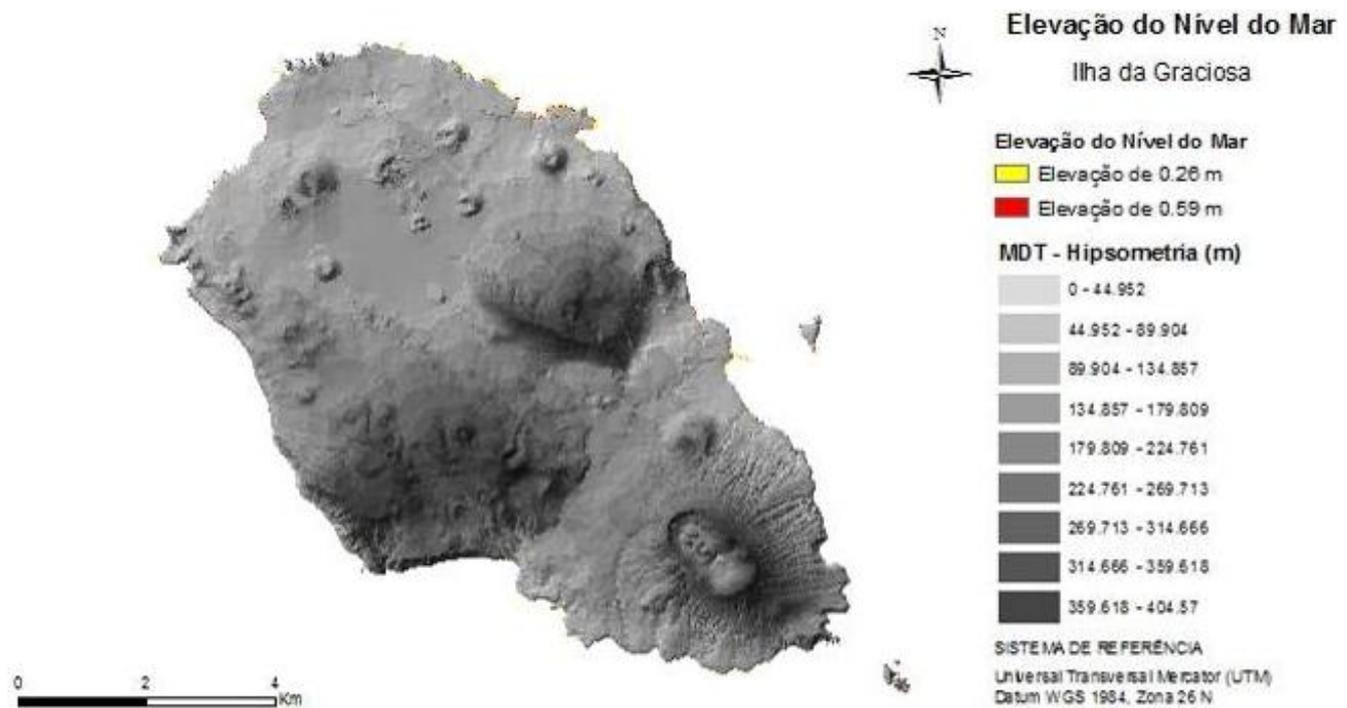


Figura 2.9.3 | Elevação do nível médio do mar na ilha Graciosa.

A elevação do nível do mar ocupará uma área de 0,18Km<sup>2</sup> ao longo da orla costeira. As zonas mais afetadas pela elevação do nível médio do mar será a zona da Praia (Figura 2.9.4) e a zona de Santa Cruz da Graciosa (Figura 2.9.5).

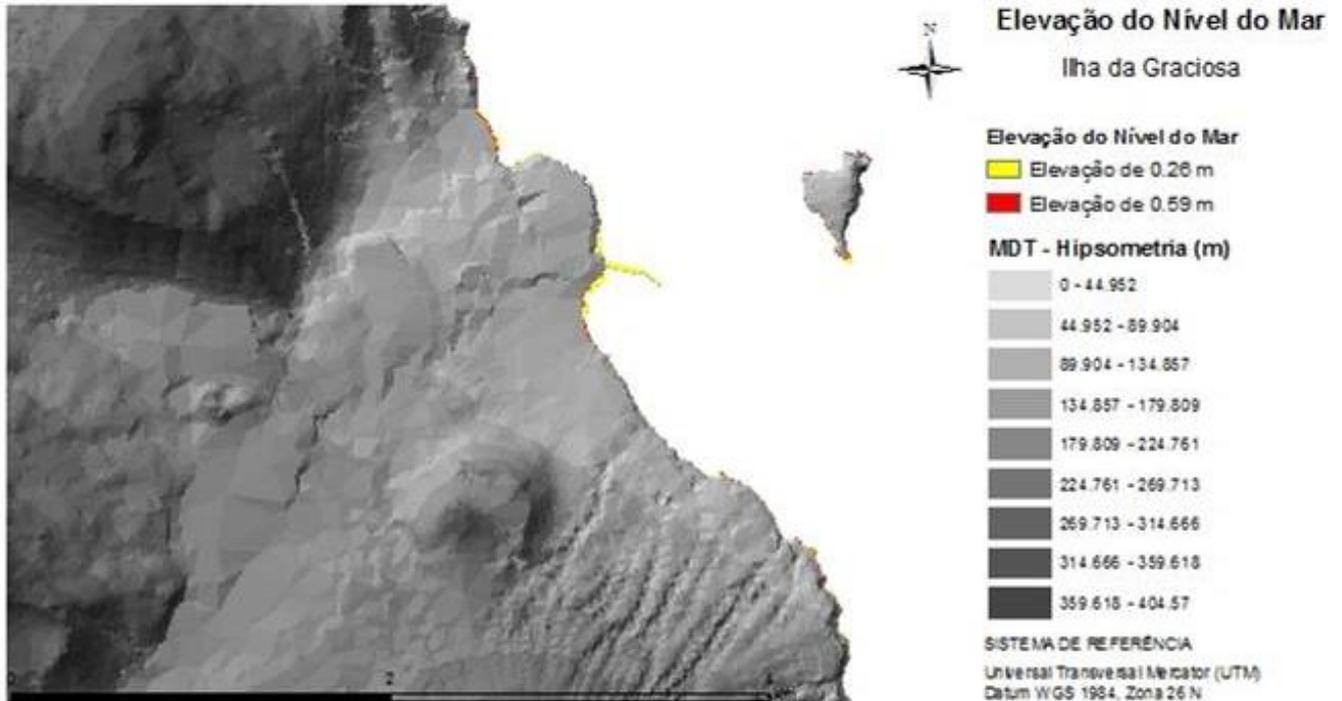


Figura 2.9.4 | Elevação do nível do mar na zona da Praia na ilha Graciosa.

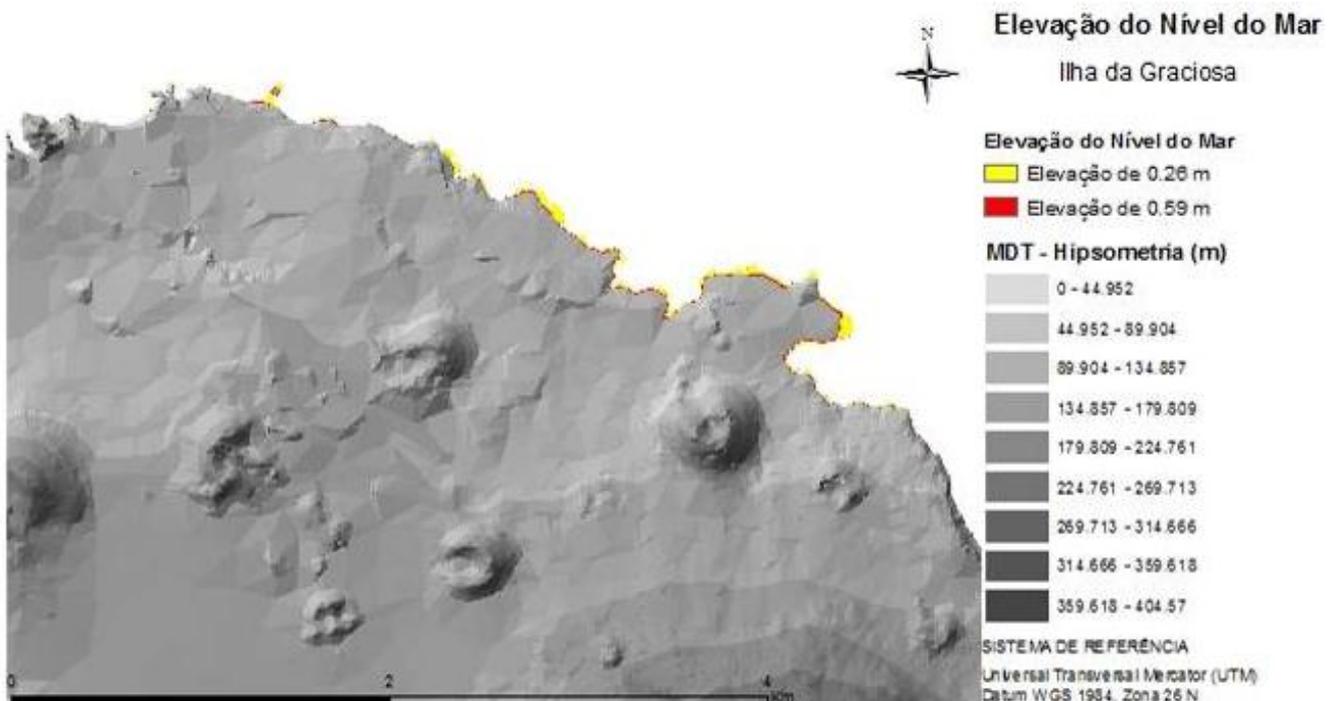


Figura 2.9.5 | Elevação do nível do mar na zona em Santa Cruz da Graciosa.

## 2.9.2 | Cheias

A presente secção respeita à identificação do risco de cheia associado às principais bacias hidrográficas identificadas e para as quais se efetuou o cálculo dos caudais de ponta para os diferentes períodos de retorno, tal como identificado no capítulo 2.4.4.1. Diversas unidades de drenagem por corresponderem a bacias hidrográficas agregadas, pela ausência de linha de água principal alocada ou por impossibilidade de cálculo da respetiva densidade de drenagem, resultaram na inviabilidade de aplicação da metodologia definida.

O Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, aprova o quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, com o objetivo de reduzir as suas consequências prejudiciais, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, e indo igualmente ao encontro da preocupação relativa à mitigação dos efeitos das inundações, estabelecida na Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro.

Em estreita articulação com o que virão a constituir os Planos de Gestão dos riscos de inundações, o presente Plano, a fim de evitar e reduzir os impactos negativos das inundações, e em consonância com o disposto no art.º 5º, do Capítulo II, do Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, procurou definir uma metodologia de cariz exploratório que visa a integração dos diferentes fatores compreendidos e outros, de natureza hidráulica, que se julgam pertinentes. Esta abordagem constitui assim a avaliação preliminar dos riscos de inundações prevista no referido art.º 5º, do supracitado diploma legal.

Dada a ausência de registos e estudos, acessíveis e fiáveis, sobre a evolução a longo prazo, nomeadamente do impacto das alterações climáticas na ocorrência de inundações, a metodologia preconizada procura atender, entre outros, aos fatores compreendidos no referido art.º 5º. Assim, e procurando sumariar os referidos fatores:

- Cartas da região hidrográfica à escala apropriada, incluindo os limites das bacias hidrográficas;
- Influência inerente a dados topográficos;
- Afetação dos solos com o seu atual uso;
- Uma descrição das inundações ocorridas no passado que tenham tido impactos negativos importantes.

Em consonância com o disposto na Diretiva n.º 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, são vários os tipos de inundações que ocorrem em toda a Comunidade: cheias de origem fluvial, cheias repentinas, inundações urbanas e inundações marítimas em zonas costeiras. Pelo exposto, os objetivos da gestão dos riscos de inundações deverão ser fixados pelos próprios Estados- Membros e basear-se nas particularidades locais e regionais.

No contexto da RH9 esta especificidade prende-se com a natureza torrencial da maioria dos cursos de água, bem como com os declives bastante pronunciados associados. Assim, o risco ligado ao fenómeno de cheia no contexto regional prende-se com as características dinâmicas dos respetivos escoamentos. Para que tal fenómeno seja perfeitamente caracterizável e associável a impactos negativos para a saúde humana, ambiente, património cultural, infraestruturas e atividades económicas, serão necessários futuros estudos de hidrodinâmica de cariz aprofundado, sobretudo para as unidades de drenagem agora identificadas como de risco elevado.

Assim, optou-se por definir uma metodologia capaz de elaborar um mapeamento aproximado do risco de cheia das principais bacias hidrográficas de cada uma das ilhas da RH9. Para este efeito, conjugaram-se as seguintes fontes de informação:

- Caudal de ponta específico, para o período de retorno de 100 anos;
- Densidade de drenagem média de cada bacia hidrográfica;
- Ocupação do solo;
- Registo histórico do número de ocorrências de cheia.

O mapeamento do risco de cheia para as diferentes bacias hidrográficas foi elaborado tendo em conta o cruzamento de fatores acima enumerados, suportado pela utilização de métodos de análise espacial em Sistemas de Informação Geográficos (SIG).

No que respeita à variável caudal de ponta específico, optou-se pela utilização dos seus valores para o período de retorno de 100 anos, correspondente à cheia centenária, frequência de ocorrência estabelecida para a análise de acordo com a Diretiva 2007/60/CE, recentemente transposta para o Direito Interno pelo DL 115/2010, de 22 de outubro.

Este valor de escoamento, encontrado através da fórmula cinemática do NRCS (capítulo 2.4.4.1), face à sua natureza conceptual, permite atender às características do movimento de água na bacia hidrográfica, levando o seu pressuposto de cálculo em consideração as noções de tempo de concentração e de chuvada crítica. Acresce o facto desta variável se encontrar expressa de forma independente da área, evitando assim a consideração de valores de escoamento de ponta muito elevados, apenas pelo facto da área de drenagem ser igualmente elevada. Desta forma, entende-se que o valor do escoamento de ponta utilizado como efetivamente representativo de maiores valores de escoamento associados a eventos de precipitação extrema, para cada uma das bacias hidrográficas em apreço.

No âmbito da aplicação da presente metodologia, e atendendo à gama de valores encontrada para esta variável, foram consideradas 3 classes de escoamento de ponta específico ( $Q_{esp}$ ), agrupadas de forma crescente, de acordo com o seu grau de risco para a ocorrência do fenómeno de cheia. Estas classes são apresentadas no Quadro 2.9.1.

**Quadro 2.9.1** | Classes de escoamento de ponta específico de acordo com o seu grau de risco para o fenómeno de cheia

Caudal de ponta específico ( $m^3/s/Km^2$ ) T = 100 anos	Grau de risco
< 5,5	Reduzido
5,5 – 7,5	Moderado
> 7,5	Elevado

Atendendo a que a densidade de drenagem se traduz em diferentes condicionalismos, nomeadamente os geomorfológicos e geológicos, que determinam a capacidade de uma bacia hidrográfica conduzir o seu escoamento superficial aquando a ocorrência do fenómeno de cheia, este fator assume assim grande relevância.

Desta forma, e de acordo com a metodologia adotada, apresentam-se no Quadro 2.9.2 as três classes de densidade de drenagem ( $D_d$ ) associadas ao grau de risco de ocorrência do fenómeno de cheia.

**Quadro 2.9.2** | Classes de densidade de drenagem de acordo com o seu grau de risco para o fenómeno de cheia

Densidade de drenagem (Km <sup>-1</sup> )	Grau de risco
> 10	Reduzido
5 – 10	Moderado
< 5	Elevado

Relativamente à ocupação do solo, foram consideradas apenas duas classes de risco de ocorrência de cheia, procurando refletir uma maior ou menor propensão que a ocupação solo induz no fenómeno.

Considerando as classes presentes na carta de ocupação de solo mais recente existente para a RAA, entendeu-se que a classe relativa à ocupação urbana adita um maior risco de ocorrência do fenómeno de cheia, pelo seu reconhecido efeito de impermeabilização de áreas. Por outro lado, as classes de ocupação de solo relativas à ocupação florestal, vegetação natural, pastagem e agrícola, foram consideradas como eventualmente atenuantes da severidade destas ocorrências. Assim, e de forma exploratória, foi considerado que a existência de uma ocupação de solo urbana correspondente a uma área superior a 10% da área total da bacia hidrográfica em análise contribui decisivamente para a ocorrência de cheia. Ao invés, se esta classe de ocupação de solo corresponder a menos de 10% da área total da bacia entende-se que o risco não será potenciado por este fator. No Quadro 2.9.3 apresentam-se as duas classes de risco consideradas de acordo com o fator ocupação do solo (OS).

**Quadro 2.9.3** | Classes de ocupação de solo de acordo com o seu grau de risco para o fenómeno de cheia natural

Classes de ocupação de solo	Grau de risco
Urbano < 10% da área da bacia hidrográfica	Reduzido
Urbano ≥ 10% da área da bacia hidrográfica	Elevado

Finalmente, e dada a relevância do registo histórico *per si*, a sua ponderação atendeu simultaneamente ao número de ocorrências registadas para cada bacia hidrográfica, bem como o tipo de dano então causado – material, humano ou ambos. Os resultados parciais são então somados, motivando assim um enfoque a este parâmetro, como resulta da interpretação da Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro. No Quadro 2.9.4 é apontada a ponderação numérica atribuída ao registo histórico.

**Quadro 2.9.4** | Classes de ponderação do registo histórico de acordo com o seu grau de risco para o fenómeno de cheia

Tipo de Danos	Ponderação de tipo de danos	N.º Ocorrências	Ponderação de tipo de ocorrências	Classificação Final
Materiais	1	1	1	2 - 6
Pessoais	2	2	2	
Ambos	3	>2	3	

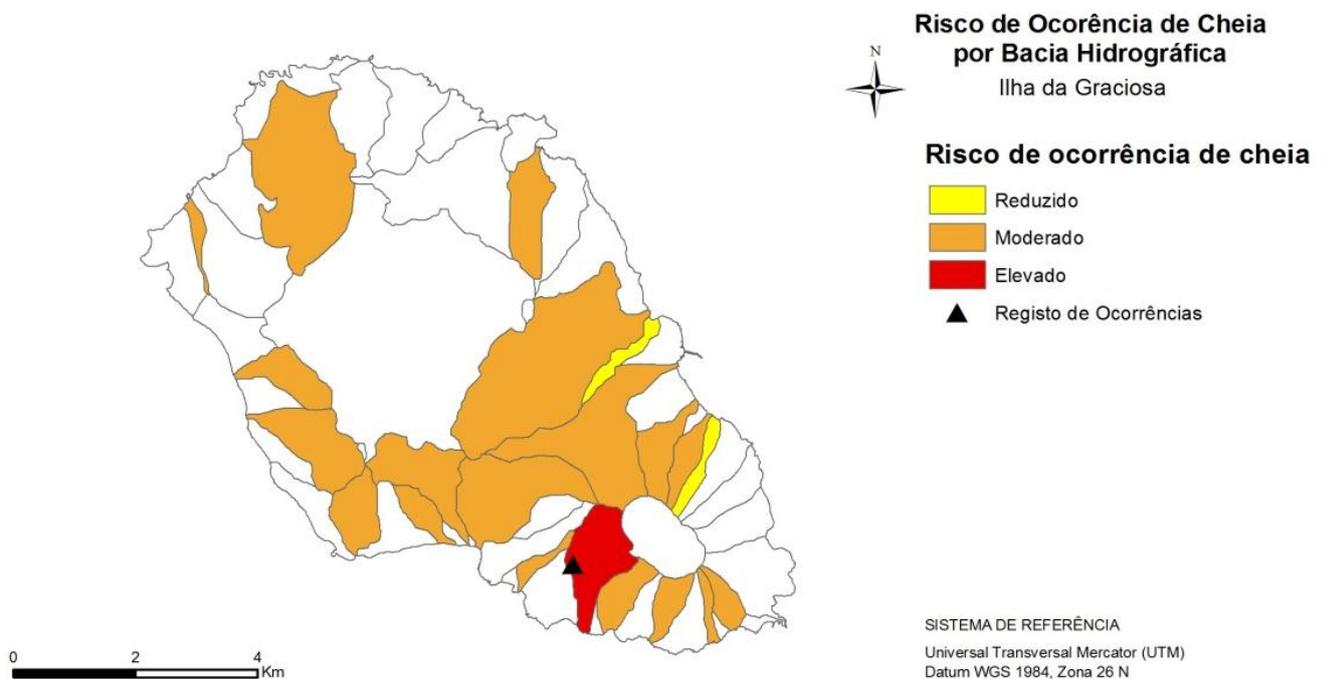
A soma integral dos índices assim definidos conduziu à obtenção de n classes para cada uma das bacias hidrográficas em apreço. Estas foram alvo de uma reclassificação final, revertendo 3 classes de risco - baixo, moderado e elevado - de acordo com a ponderação apresentada no Quadro 2.9.5.

**Quadro 2.9.5** | Escala de reclassificação para o grau de risco de ocorrência de cheias

Soma dos índices	Grau de risco
$\leq 5$	Reduzido
6 a 7	Moderado
$> 7$	Elevado

### 2.9.2.1 | Mapeamento do risco de cheia natural por bacia hidrográfica

O mapeamento do risco de ocorrência de cheia associado às principais bacias hidrográficas encontra-se representado na Figura 2.9.6.



**Figura 2.9.6** | Classificação das bacias hidrográficas da ilha Graciosa de acordo com o seu risco de cheia.

Como já referido, e à semelhança do elaborado nos estudos de base do PRA, as bacias hidrográficas agregadas, que geralmente se caracterizam por não terem uma linha de água associada ou uma delimitação própria, impossibilitam a aplicação da fórmula semiempírica do NRCS. Assim, e dada a ausência de um valor de caudal de ponta específico associado, torna-se impossível aplicar a metodologia de avaliação de risco de cheia preconizada. As áreas a branco, na Figura 2.9.6, correspondem a bacias com as características mencionadas. A classificação, por índice, dos fatores considerados para a aferição qualitativa do risco de ocorrência do fenómeno em análise, bem como a sua ponderação final, encontra-se sumariado no Quadro 2.9.6.

**Quadro 2.9.6** | Classificação do risco de ocorrência de cheia de acordo com os fatores considerados

Código bacia	Nome bacia	Classificação				
		Histórico	$Q_{esp}$	$D_d$	OS	Final
GRB10	Bacias Agregadas	-	3	2	1	Moderado
GRB11	Nome desconhecido	-	2	3	1	Moderado

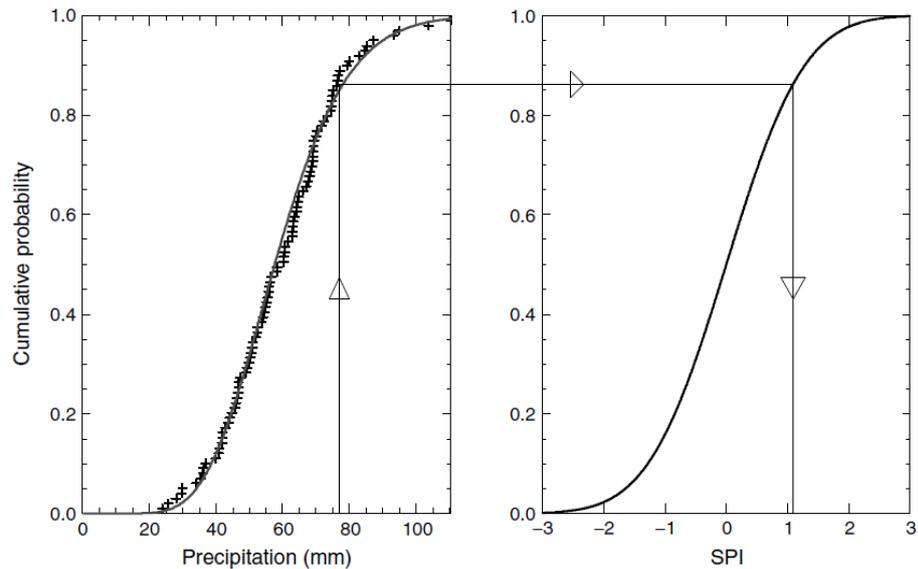
Código bacia	Nome bacia	Classificação				
		Histórico	Q <sub>esp</sub>	D <sub>d</sub>	OS	Final
GRB12	Nome desconhecido	-	3	3	1	Moderado
GRB14	Nome desconhecido	-	3	3	1	Moderado
GRB15	Nome desconhecido	-	3	3	1	Moderado
GRB16	Bacias Agregadas	-	1	3	1	Reduzido
GRB17	Grota da Ventosa	-	3	2	1	Moderado
GRB18	Nome desconhecido	-	3	2	1	Moderado
GRB19	Nome desconhecido	-	3	2	1	Moderado
GRB2	Nome desconhecido	-	2	3	1	Moderado
GRB20	Nome desconhecido	-	3	3	1	Moderado
GRB21	Nome desconhecido	-	3	3	1	Moderado
GRB22	Nome desconhecido	-	3	3	1	Moderado
GRB23	Nome desconhecido	-	2	3	1	Moderado
GRB3	Nome desconhecido	-	3	3	1	Moderado
GRB4	Nome desconhecido	-	2	3	2	Moderado
GRB5	Grota da Ribeira	2	3	2	2	Eliminado
GRB6	Bacias Agregadas	-	3	3	1	Moderado
GRB7	Grota da Lombada	-	3	2	1	Moderado
GRB8	Nome desconhecido	-	3	1	1	Reduzido
GRB9	Nome desconhecido	-	3	2	1	Moderado

### 2.9.3 | Secas

Tal como referido no capítulo 2.4.4.2, as secas não são caracterizáveis de forma eficaz em termos de caudais. Atendendo a este facto, optou-se pela utilização de um índice capaz de traduzir défices em termos de precipitações acumuladas para determinado intervalo temporal. Entendeu-se como regionalmente mais adequado o índice SPI – Standardized Precipitation Index.

O índice SPI – Standardized Precipitation Index, desenvolvido e apresentado por Mckee, Doesken & Kleist (1993), tem como principal objetivo quantificar o défice de precipitação para diferentes escalas temporais, tendo por base a correspondente probabilidade de ocorrência dos registos de precipitação. Genericamente, o resultado do índice SPI pode ser entendido como o número de desvios-padrão que um determinado valor de precipitação acumulada apresenta face à média histórica correspondente, para a região em análise.

O cálculo do SPI para qualquer localização é, então, baseado nos registos históricos de precipitação, aos quais é ajustada uma função de distribuição de probabilidade, habitualmente a função Gamma. Por sua vez, esta distribuição probabilística é depois transformada na distribuição normal de modo a que o SPI médio, para a região e período de análise, seja 0 e o desvio padrão seja igual à unidade (Figura 2.9.7).



Fonte: Lloyd-Hughes & Saunders (2002)

Figura 2.9.7 | Exemplo do processo de cálculo do índice SPI.

A aplicação da distribuição *Gamma* a registos de precipitação, foi considerada pela primeira vez por Thom (1958), demonstrando o bom ajuste da mesma a este tipo de variável. A distribuição *Gamma* é dada pela seguinte função densidade de probabilidade  $g(x)$  (1):

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \text{ para } x > 0 \quad (1)$$

Sendo  $\alpha$  e  $\beta$  parâmetros de forma e de escala respetivamente,  $x$  o valor de precipitação e  $\Gamma(\alpha)$  a função Gamma.

Desta forma, o cálculo do SPI envolve um ajuste da função de distribuição Gamma a uma determinada frequência de distribuição dos valores de registo de precipitação de uma estação de monitorização, sendo os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  estimados de forma específica, para cada escala temporal de análise (1, 3, 6, 9 meses, etc.) e para cada mês do ano. No entanto, uma vez que a função Gamma é indefinida para o valor 0, foi considerado que a função de distribuição de probabilidade completa  $H(x)$  é dada por (2):

$$H(x) = q + (1 - q)g(x) \quad (2)$$

Sendo  $q$  a probabilidade de ocorrência do valor 0, que pode ser aproximada pela frequência de ocorrência de zeros na série de registos e  $g(x)$  a probabilidade cumulativa da função Gamma. Uma vez que este índice é normalizado, tanto os climas mais secos, como os mais húmidos podem ser representados pelo SPI.

Porém, se as condições de humidade do solo variam com as anomalias de precipitação num curto espaço de tempo de resposta (1 a 3 meses), a recarga de águas subterrâneas, os níveis de escoamento e o armazenamento só sofrem variações num período de tempo mais alargado (6 a 12 meses). Por esse facto, são normalmente consideradas diferentes escalas temporais, de 3, 6, ou 12 meses, por exemplo, para avaliação dos registos de precipitação (McKee, Doesken & Kleist, 1993, 1995; Hayes et al, 1999).

O SPI-3 meses reflete a afetação das condições de água no solo a curto e médio prazo e fornece uma estimativa da precipitação sazonal. Como tal é importante comparar esses resultados com escalas de tempo mais longas, pois pode ocorrer um período de precipitação normal durante um período de seca.

Através do SPI-6 meses, por sua vez, é possível distinguir a precipitação ao longo de diferentes estações do ano, o que poderá representar anomalias nas reservas de água e nos caudais dos rios.

O SPI-12 meses está diretamente associado a falta de água em reservas de água, caudais e níveis de água subterrânea, os quais correspondem a escalas de tempo longas. Valores negativos deste índice podem estar, no entanto, associados a valores positivos em períodos inferiores a 12 meses.

As principais vantagens do SPI na avaliação de situações de seca são: (i) a sua simplicidade, sendo unicamente baseado em valores de precipitação mensal, (ii) a sua versatilidade de cálculo para qualquer escala temporal, possibilitando a representatividade da afetação de seca em diferentes fases do ciclo hidrológico, e (iii) a sua distribuição normalizada, o que possibilita que as frequências de ocorrência das diferentes classes de seca sejam consistentes para qualquer região e escala temporal (Hayes et al, 1999).

A partir dos resultados do índice SPI é, então, possível detetar a ocorrência de défices de precipitação (sempre que se verificam valores negativos de SPI), sendo classificados de acordo com a escala de intensidade de seca, definida por McKee, Doesken & Klein (1993, 1995) e indicada no Quadro 2.9.7.

**Quadro 2.9.7** | Escala de classificação do SPI de acordo com a intensidade de seca

Classificação SPI		
Valores de SPI	Intensidade de seca	Frequência de ocorrência (%)
-0,99 a 0	Seca ligeira	24
- 1,49 a – 1,0	Seca moderada	9,2
- 1,99 a – 1,5	Seca severa	4,4
< - 2,0	Seca extrema	2,3

Fonte: McKee, Doesken & Klein, 1993; 1995

Tal como descrito, os dados de input para o cálculo do índice SPI correspondem a séries completas de precipitação mensal. Assim, foram analisadas as estações meteorológicas/ udométricas e os dados de registos de precipitação mensal existentes na ilha Graciosa.

Os postos de avaliação das séries de precipitação foram selecionados considerando aqueles cujas séries de registos eram mais extensas e completas e que possuíam localização geográfica definida (georreferenciados).

Assim, os postos selecionados para a ilha Graciosa são devidamente identificados no Quadro 2.9.8.

**Quadro 2.9.8** | Estações meteorológicas / udométricas selecionadas – ilha Graciosa

Ilha	Estação	Origem
Graciosa	Barro Branco	INMG
	Carapacho	INMG
	Victória	INMG

No presente documento o cálculo do risco de seca tem como unidade de análise a generalidade da própria ilha. Todavia, encontra-se atualmente em desenvolvimento, o cálculo do risco de ocorrência deste fenómeno por área de influência dos postos meteorológicos/ udométricos identificados na ilha Graciosa.

### 2.9.3.1 | Definição do período de análise

No que toca ao período de avaliação, o SPI deverá ter por base um período de tempo tão longo quanto possível, atendendo à extensão máxima das séries de registos existentes. Não sendo estipulado um período mínimo para a validade de aplicação do índice SPI, é habitualmente apontado um período de 30 anos como razoável para a preservação das características estatísticas associadas à variável em causa. No que toca à ilha Graciosa, todavia, o período de avaliação foi definido atendendo ao período máximo dos registos existentes nos postos seleccionados (16 anos), tal como surge refletido no Quadro 2.9.9.

**Quadro 2.9.9 | Estações meteorológicas / udométricas seleccionadas – ilha Graciosa**

Estação	Data de início	Data de fim	Período de Análise
Barro Branco	Ago-79	Set-95	Out 79 - Set 95
Carapacho	Fev-79	Set-95	
Victória	Fev-79	Set-95	

As séries de registos das estações seleccionadas não apresentam falhas no período de análise definido.

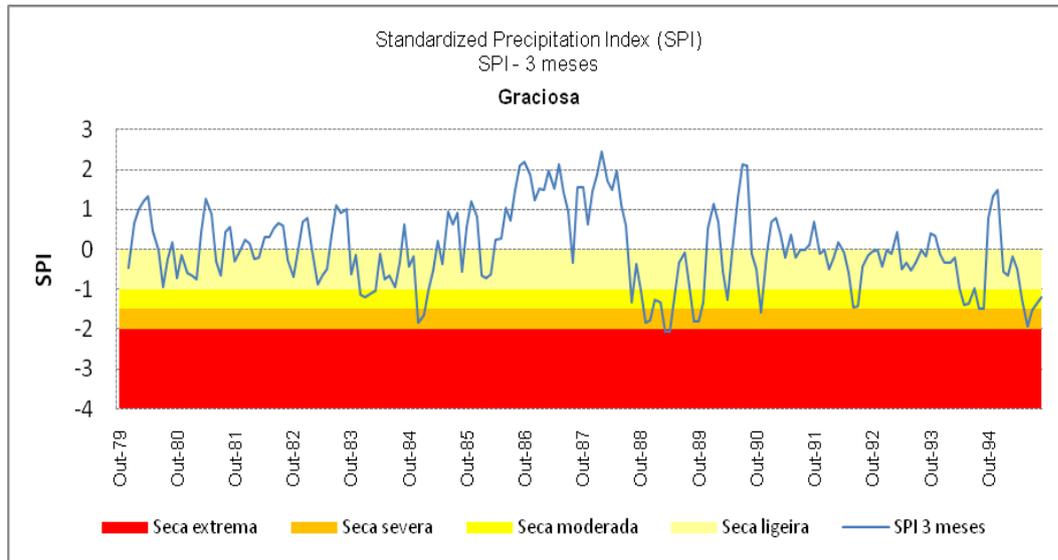
A partir dos dados completos de precipitação mensal dos postos indicados, foi determinada a série de precipitação mensal ponderada para a ilha Graciosa para o período de avaliação (outubro de 1979 a setembro de 1995). Para o efeito foi considerada a representatividade dos polígonos de Thiessen de cada estação. A série de precipitação mensal surge representada no Quadro 2.9.10.

**Quadro 2.9.10 | Precipitação mensal para a ilha Graciosa**

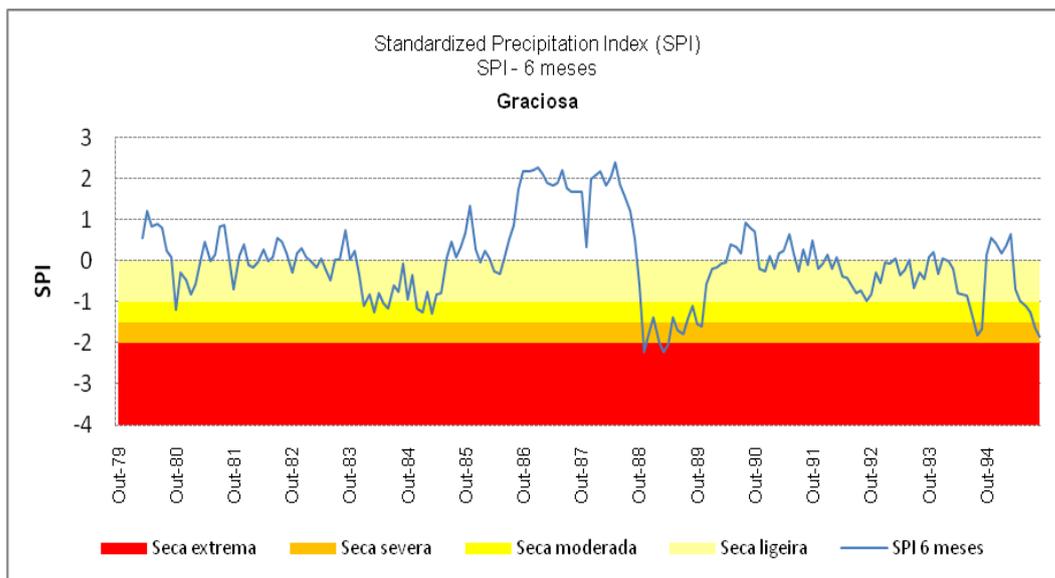
Ano hid.	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
1979/80	77,2	136,7	117,6	127,8	154,5	93,4	105,7	43,3	42,6	44,6	41,2	76,6
1980/81	68,9	167,7	87,1	48,5	127,6	135,2	84,5	50,4	41,7	48,1	59,5	71,1
1981/82	79,0	170,7	122,3	58,0	118,4	87,6	70,6	73,8	75,9	39,0	39,0	65,1
1982/83	85,0	169,8	146,0	75,7	93,1	50,4	72,3	65,3	73,4	69,5	22,5	109,8
1983/84	60,3	143,2	89,9	41,1	108,4	59,8	80,2	34,8	44,4	51,5	29,9	100,4
1984/85	72,1	138,8	47,2	64,6	134,8	41,8	93,1	59,7	90,5	38,0	36,7	56,8
1985/86	170,4	171,0	68,9	63,0	132,0	39,8	100,1	91,0	58,9	41,8	85,3	134,4
1986/87	170,1	143,3	125,3	172,9	146,2	130,9	91,1	139,3	44,2	17,9	63,1	148,5
1987/88	124,7	86,0	241,2	141,9	158,6	125,5	81,6	141,1	30,6	14,8	53,2	71,3
1988/89	45,3	105,9	109,5	55,7	60,9	36,6	45,2	70,6	59,5	29,8	19,6	40,4
1989/90	74,3	132,8	183,3	98,4	90,8	51,1	39,7	120,7	106,1	28,5	75,9	45,3
1990/91	77,2	113,5	161,1	110,0	108,8	88,9	43,7	104,6	32,8	25,1	76,4	57,3
1991/92	138,4	118,8	99,6	94,4	107,9	90,8	51,3	39,7	35,0	41,3	46,4	61,2
1992/93	117,5	140,3	75,1	124,9	109,0	76,8	39,2	81,1	45,1	25,0	65,3	56,4
1993/94	132,0	153,1	66,5	102,9	123,3	38,3	36,3	69,5	24,5	35,5	35,2	28,0
1994/95	216,2	162,4	75,6	70,4	124,0	70,8	28,7	51,4	28,5	32,9	37,0	38,9

### 2.9.3.2 | Cálculo do índice SPI - Ilha

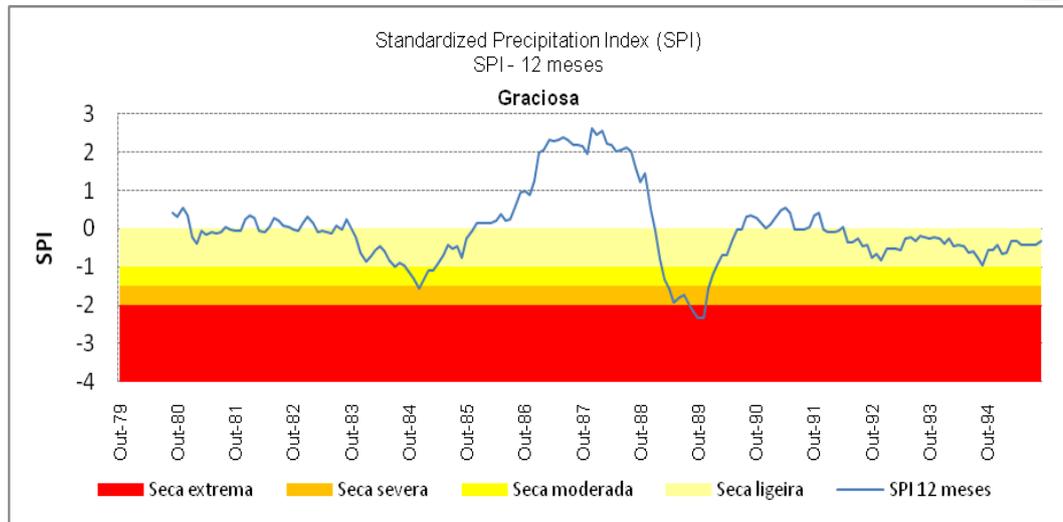
A partir dos dados de precipitação mensal ponderada foi determinado o índice SPI para as escalas temporais de 3, 6 e 12 meses, para o período de avaliação considerado (outubro de 1979 – setembro de 1995). Os resultados para a ilha Graciosa são apresentados nas Figura 2.9.8, Figura 2.9.9 e Figura 2.9.10.



**Figura 2.9.8** | Resultados do índice SPI para a escala temporal a 3 meses para a ilha Graciosa (período de outubro de 1979 a setembro de 1995).



**Figura 2.9.9** | Resultados do índice SPI para a escala temporal a 6 meses para a ilha Graciosa (período de outubro de 1979 a setembro de 1995).



**Figura 2.9.10 |** Resultados do índice SPI para a escala temporal a 12 meses para a ilha Graciosa (período de outubro de 1979 a setembro de 1995).

Pela análise dos resultados obtidos é possível verificar uma maior variabilidade do SPI-3 meses, face aos correspondentes SPI-6 meses e SPI-12 meses. Tal deve-se ao facto do SPI-3 meses ser muito sensível a variações da quantidade de precipitação em períodos de tempo mais reduzidos.

De facto, o SPI-3 meses fornece uma comparação da precipitação ao longo de um período específico de 3 meses, com totais de precipitação desse mesmo período para todos os anos da série. Como exemplo, o SPI-3 meses para o fim de fevereiro compara a precipitação total de Dezembro-Janeiro-Fevereiro de um determinado ano com totais de precipitação de dezembro a fevereiro de todos os anos da série.

Por sua vez, o SPI-12 meses efetua a comparação da precipitação de 12 meses consecutivos com os mesmos 12 meses dos anos anteriores da série histórica. Como esta escala de tempo é o resultado cumulativo de períodos mais curtos que podem estar acima ou abaixo do normal, o SPI mais longo vai tender para zero, exceto quando uma tendência específica está a ocorrer (período seco ou chuvoso prolongado).

Os resultados do SPI- 6 meses correspondem a uma indicação intermédia entre a variabilidade entre estações do ano do SPI-3 meses e as tendências mais longas apontadas pelo SPI-12 meses. Por exemplo, o SPI-6 meses no final de março é um bom indicador da quantidade de precipitação que ocorre no período de outono e inverno, podendo representar a capacidade de recuperação das principais origens de água da região.

Tomando como base os resultados do índice SPI-12 meses, para a ilha Graciosa, no período de análise de 16 anos (outubro de 1979 a setembro de 1995), foram consideradas apenas as classes de seca moderada a extrema, que correspondem a situações com impactos mais significativos face à seca ligeira que, no fundo corresponde à variabilidade habitual em torno da média.

Assim, as principais situações de seca identificadas pelo SPI-12 meses verificaram-se, por ordem cronológica:

- Entre outubro de 1984 e março de 1985, tendo sido atingido o nível de seca severa em dezembro de 1984;

- Entre fevereiro e dezembro de 1989, correspondente ao período de seca mais significativo do período de análise, em termos de duração e severidade, tendo sido atingido o nível de seca extrema entre setembro e novembro de 1989.

Importa ainda notar que, no período de análise, se verifica uma reduzida variabilidade interanual do SPI-12 meses, verificando-se apenas duas situações mais significativas de precipitação abaixo da média.

Analisando, por comparação, o SPI-3 e SPI-6 meses verifica-se que, também nessas escalas temporais, a situação mais gravosa do período analisado corresponde ao ano de 1989. Verifica-se igualmente que, no restante período de avaliação existiu uma alternância entre períodos de seca e de normalidade, o que justifica a relativa estabilidade verificada nos valores de SPI-12 meses.

### 2.9.3.3 | Cálculo do índice SPI – Postos

Para avaliar a distribuição espacial da afetação de seca foi efetuada uma avaliação do SPI para cada posto de monitorização, admitindo a área de influência determinada pelos polígonos de Thiessen (Quadro 2.9.11).

Os resultados obtidos para o mesmo período de avaliação (outubro de 1979 – setembro de 1995) e para as mesmas escalas temporais (3, 6 e 12 meses), encontram-se sistematizados no Anexo I, sendo representados graficamente nas Figuras 2.9.11 a 2.9.19.

Quadro 2.9.11 | Características de altitude e área de influência (polígonos de Thiessen) das estações seleccionadas

Estação	Altitude (m)	Área polígono de Thiessen (km <sup>2</sup> )
Barro Branco	122	29
Carapacho	27	9
Victória	50	22

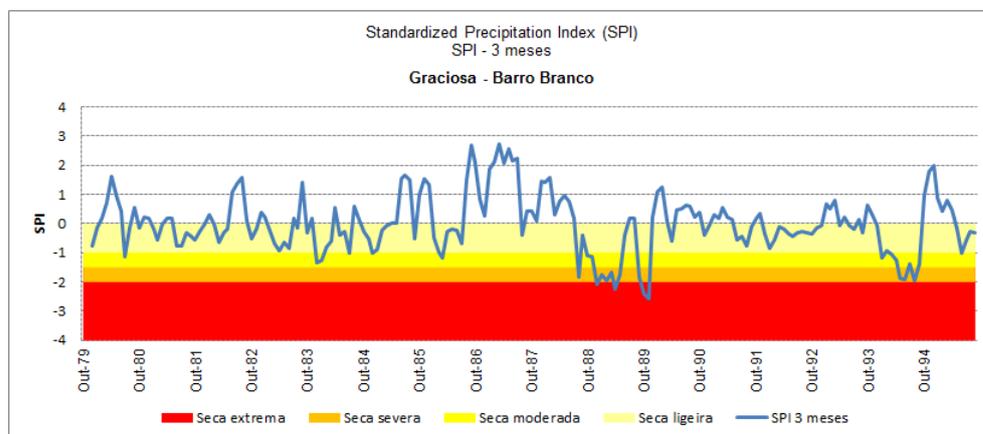


Figura 2.9.11 | Avaliação do índice SPI – 3 meses, Posto Barro Branco.

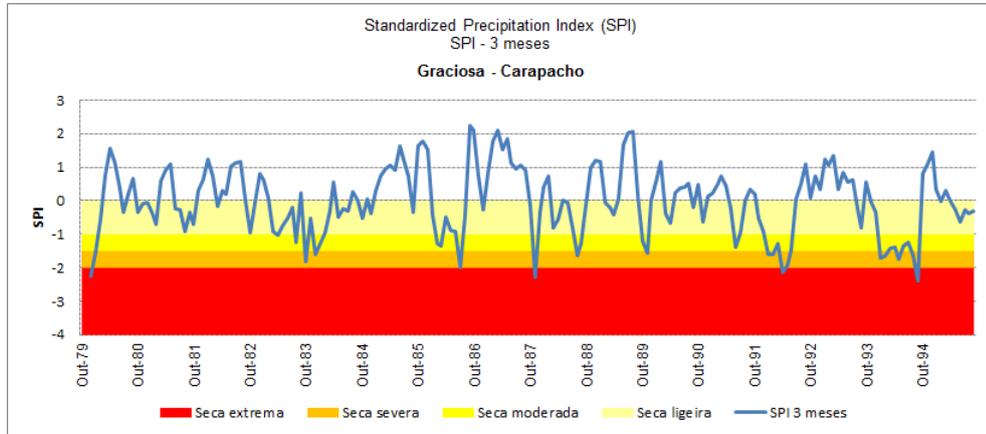


Figura 2.9.12 | Avaliação do índice SPI – 3 meses, Posto Carapacho.

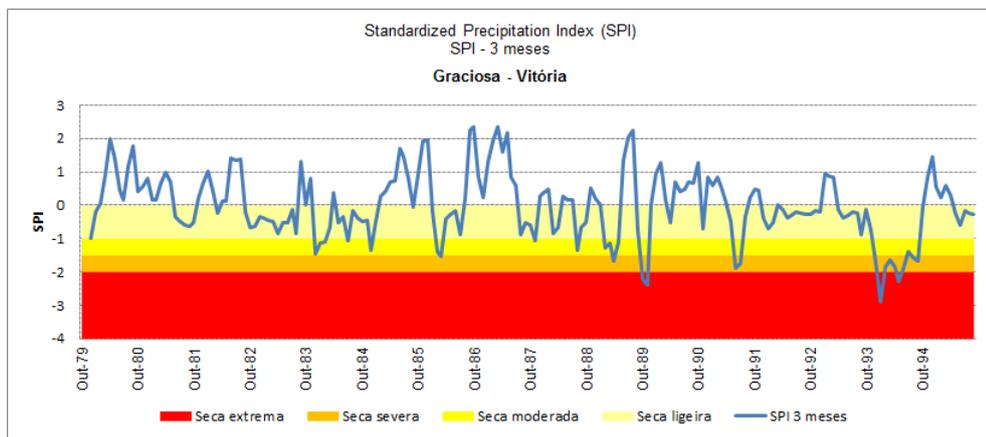


Figura 2.9.13 | Avaliação do índice SPI – 3 meses, Posto Vitória.

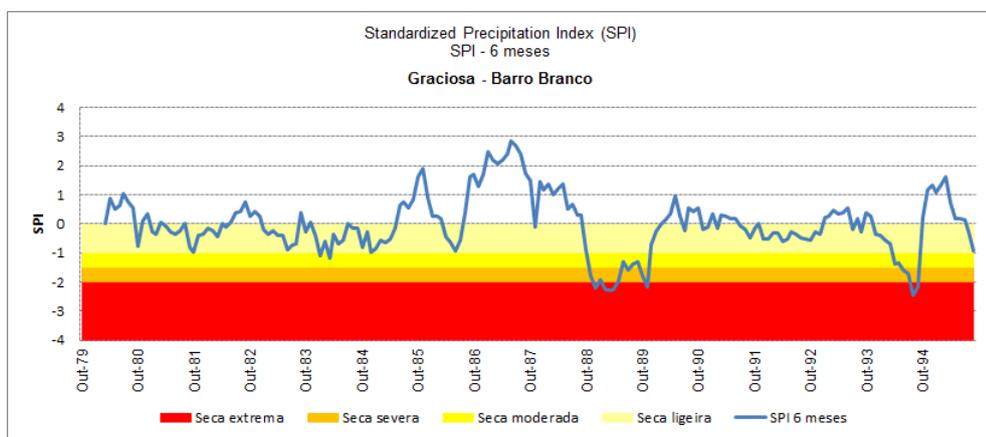


Figura 2.9.14 | Avaliação do índice SPI – 6 meses, Posto Barro Branco.

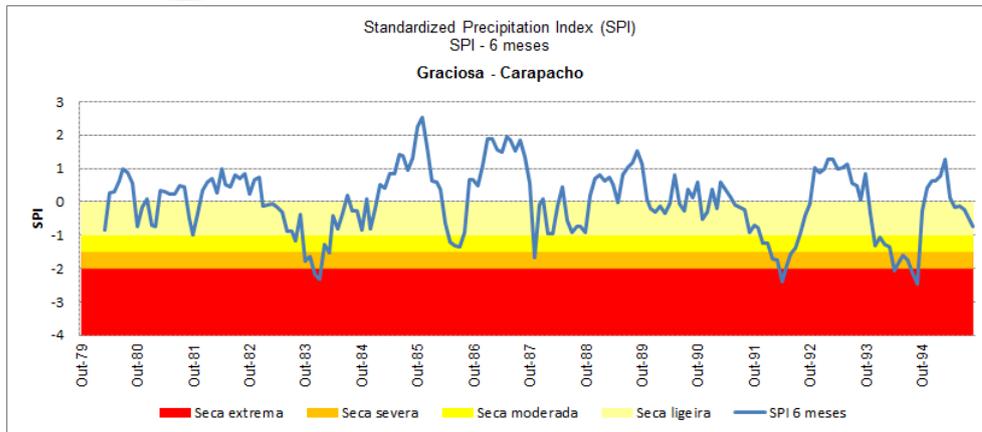


Figura 2.9.15 | Avaliação do índice SPI – 6 meses, Posto Carapacho.

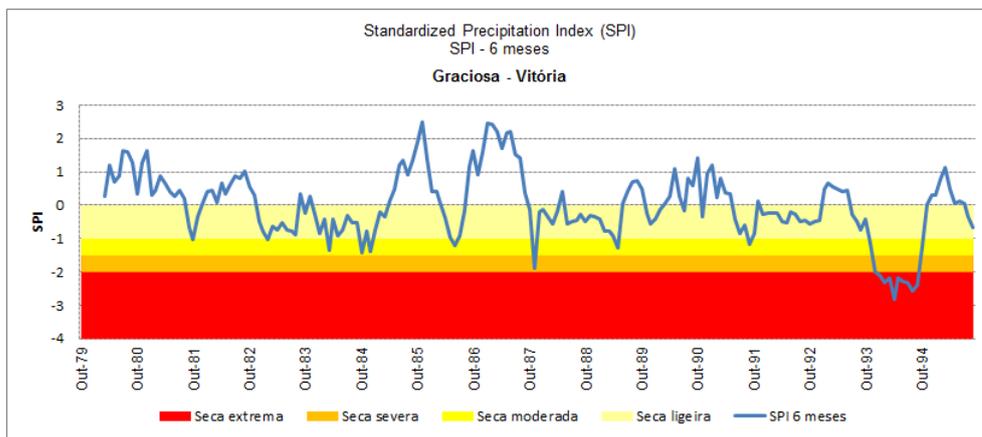


Figura 2.9.16 | Avaliação do índice SPI – 6 meses, Posto Vitória.

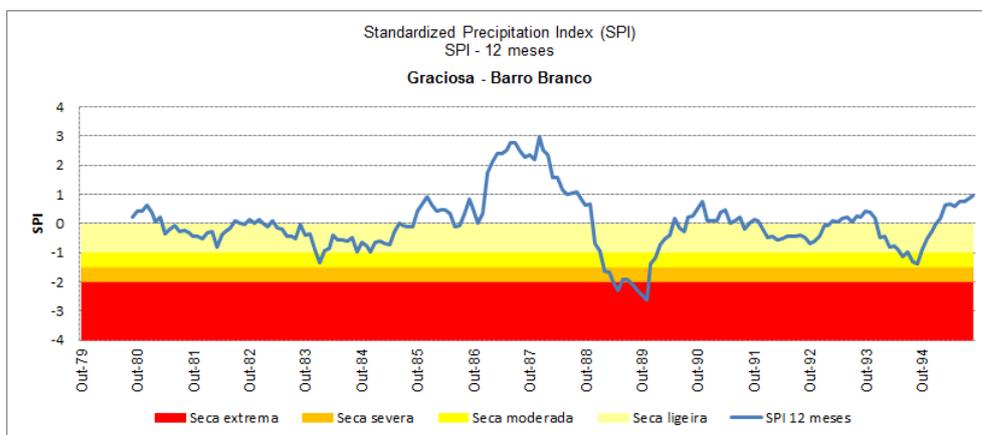


Figura 2.9.17 | Avaliação do índice SPI – 12 meses, Posto Barro Branco.

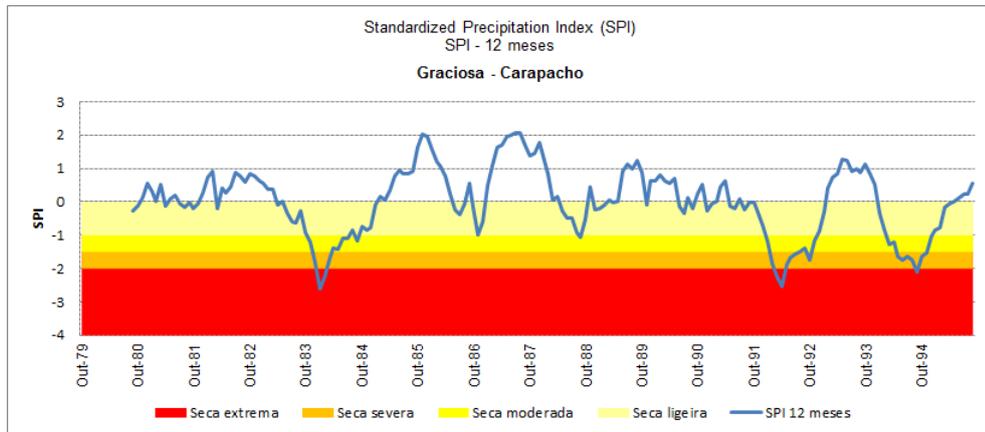


Figura 2.9.18 | Avaliação do índice SPI – 12 meses, Posto Carapacho.

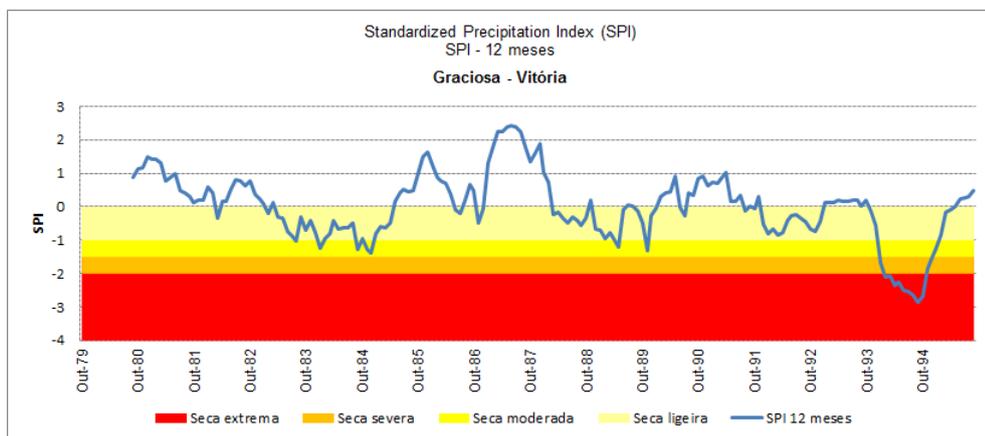


Figura 2.9.19 | Avaliação do índice SPI – 12 meses, Posto Vitória.

Com base nos resultados obtidos foi efetuada uma avaliação da percentagem de meses, do período de análise, em que, cada posto, apresenta valores de SPI inferiores a -1.0, correspondentes a situações de seca moderadas a extremas. O resultado dessa avaliação para as 3 escalas temporais encontra-se sistematizada no Quadro 2.9.12.

Quadro 2.9.12 | Avaliação dos resultados do SPI por posto

Estação	SPI 3	SPI 6	SPI 12
	% meses em seca moderada a extrema	% meses em seca moderada a extrema	% meses em seca moderada a extrema
Barro Branco	14,2%	11,2%	8,8%
Carapacho	16,3%	15,5%	17,7%
Vitória	14,2%	11,2%	11,0%

No Quadro 2.9.12 são salientados os postos mais afetados no período de análise, em cada escala temporal.

Considerando o SPI-12 meses representativo da afectação das principais reservas de água e níveis de água subterrânea, verifica-se que a área mais afetada por situações de seca é a representada pelo posto de Carapacho, representativo de cerca de 9km<sup>2</sup>, 15,5% da área total da ilha.

## 2.9.4 | Erosão hídrica e transporte de material sólido

A análise da vulnerabilidade à erosão hídrica na ilha Graciosa é fundamental para o planeamento e gestão dos recursos hídricos, tendo em consideração as consequências significativas que podem resultar deste tipo de fenómenos, nomeadamente a perda de solo e conseqüente redução da capacidade de infiltração e de retenção de água do solo, o que induz uma menor capacidade de absorção da água da chuva e, conseqüentemente, um maior escoamento e menor disponibilidade de água para a vegetação. Destas ações resultam a mobilização de sedimentos para as zonas costeiras e de transição, bem como eventuais implicações na qualidade da água.

A metodologia utilizada para a análise e cruzamento dos indicadores acima referenciados é adaptada da metodologia desenvolvida por Andrade *et al.* (1987) e Andrade (1990) e teve como suporte o cruzamento de cinco mapas temáticos com informação relativa à densidade de drenagem, ao declive, à precipitação média anual, à litologia e à ocupação do solo. Os valores da densidade de drenagem e da precipitação média anual são os constantes do ficheiro Excel SAV\_Ribeiras\_2011, cedido pela Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos (DROTRH). Estes valores correspondem à densidade de drenagem por bacia hidrográfica e à precipitação média por bacia hidrográfica. As classes e respetivos índices de erosão definidos para estes parâmetros são os constantes do quadro 2.9.13.

**Quadro 2.9.13 |** Classificação da suscetibilidade à erosão

Suscetibilidade à Erosão		1	2	3	4	5
		Baixa	Moderada	Média	Alta	Muito Alta
Densidade de Drenagem (km/km <sup>2</sup> )	Classes	0 - 2,2	2,2 – 4,4	4,4 – 6,6	6,6 – 8,8	> 8,8
	I.E.	1	2	3	4	5
Declive (graus)	Classes	0 - 1,7	1,7 – 6,6	6,6 – 15,2	15,2 – 26,2	≥ 26,2
	I.E.	1	2	3	4	5
Litologia	Classes	1	2	3		
	I.E.	1	3	5		
Ocupação do Solo	Classes	Espaços urbanos	Mato	Floresta	Solos Agrícolas	Pastagem
	I.E.	1	2	3	4	5
Precipitação Média Anual (mm)	Classes	<1018	1018 - 1268	1268 - 1519	1519 - 1769	> 1769
	I.E.	1	2	3	4	5

Os declives foram calculados com recurso a uma ferramenta do ArgGis, para uma malha de 10X10 m, a partir das cartas do Instituto Geográfico do Exército (IGEOE), à escala 1:25 000, tendo sido consideradas cinco classes (0 - 1,7°; 1,7° – 6,6°; 6,6° – 15,2°; 15,2° – 26,2°; ≥ 26,2°), em que os índices de erosão mais elevados correspondem aos maiores declives. Para a elaboração do mapa de litologias recorreu-se à carta vulcanológica da ilha Graciosa (Gaspar, 1996), e agruparam-se os materiais aflorantes segundo critérios litológicos, considerando apenas três classes: (1 – aluviões, areias de praia, cascalheiras de praia, depósitos de vertente, aterros, desaterros, terraplanagens, piroclastos

submarinos de natureza basáltica *s. l.*, depósitos vulcanoclásticos indiferenciados, depósitos freatoplanianos, depósitos de escoadas piroclásticas, lahars e *surges*, depósitos hidromagmáticos e pedra-pomes; 2 – piroclastos subaéreos de natureza basáltica *s. l.* e brechas de natureza essencialmente traquítica; 3 – escoadas lávicas de natureza basáltica *s. l.* e traquítica *s. l.*) cujos índices de erosão são 1, 3 e 5 respetivamente. As cartas de ocupação do solo foram produzidas com base nas imagens do satélite LANDSAT 7 e foram cedidas pela DROTRH. Atribuíram-se os índices de erosão de acordo com o fator K, para as diferentes classes de utilização do solo.

Neste contexto, através do cruzamento da densidade de drenagem e declive, precipitação e litologia (ABCD) com a ocupação do solo (E) produziu-se o mapa de vulnerabilidade à erosão hídrica para a ilha Graciosa (Figura 2.9.20).

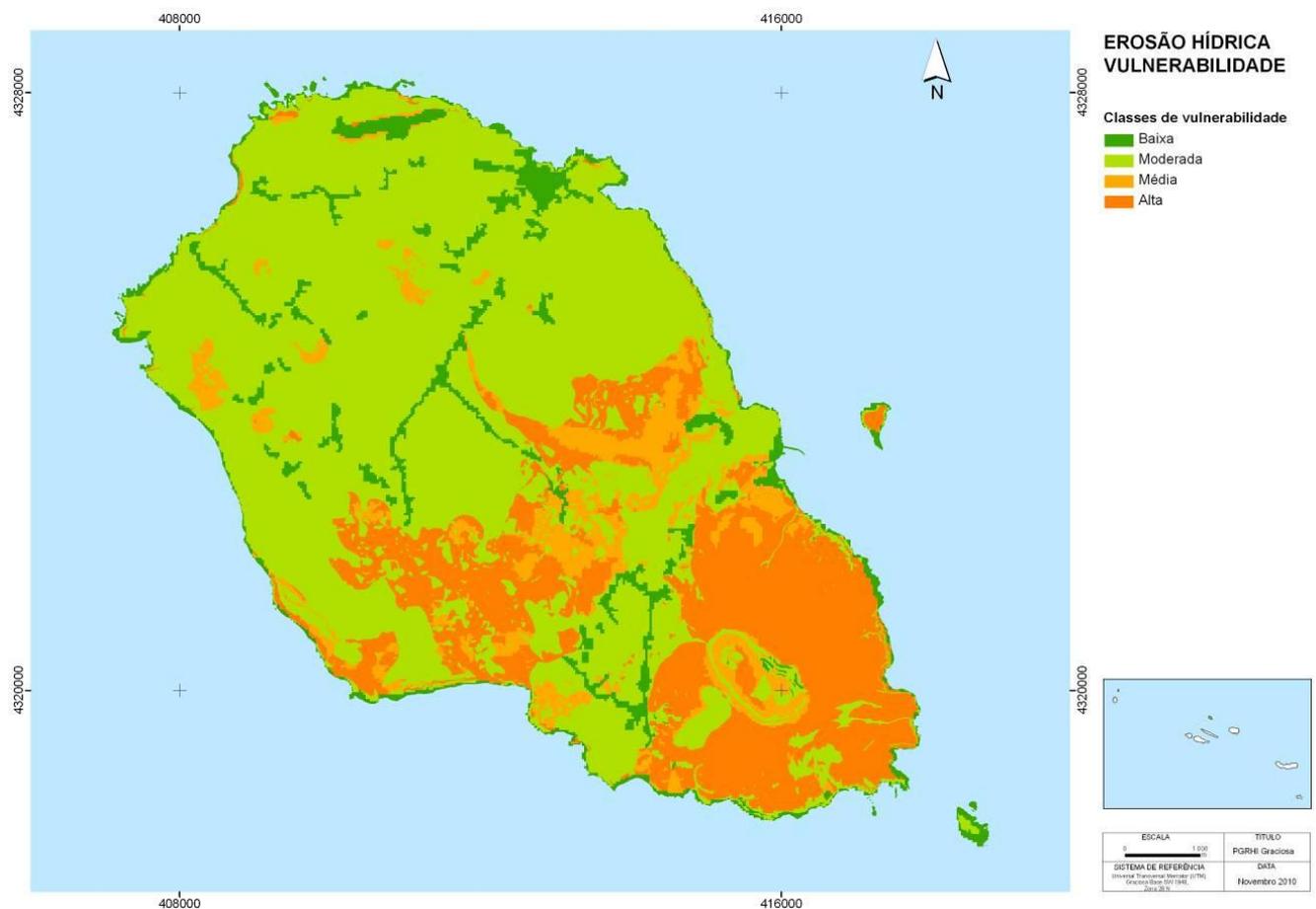


Figura 2.9.20 | Mapa de vulnerabilidade à erosão hídrica da Graciosa.

Como se pode observar na figura a vulnerabilidade à erosão é moderada em todo o setor NW da ilha e média a alta nas serras Branca e das fontes, bem como nas vertentes do Maciço da Caldeira.

### 2.9.5 | Erosão costeira e capacidade de recarga do litoral

A erosão costeira resulta do défice sedimentar entre a carga sólida disponível e a capacidade de transporte sedimentar das ações energéticas dos agentes da natureza. Na generalidade do litoral costeiro dos Açores a erosão manifesta-se pelo desmonte das arribas costeiras, que pode conduzir ao desmoronamento parcial ou total dos edificados, de estradas

e/ou de infraestruturas básicas situadas nas imediações da faixa litoral, proporcionando situações de perigo à ocupação da mesma, assim como, facultar a intrusão salina nos sistemas aquíferos de base.

No domínio da orla costeira a ilha é caracterizada por um litoral que alterna zonas alcantiladas e zonas onde os declives são mais suaves. De entre as arribas alcantiladas merecem referência: a costa SW, entre a Baía da Folga e Porto Afonso (Figura 2.9.21); a zona de Redondo e da Ponta da Barca; o troço entre Santa Catarina e Trás do Outeiro, na costa NE e o troço a sul de Fenais até à Ponta do Carapacho no extremo SE da ilha. Quanto aos setores com declives mais suaves há a salientar: a costa de Vitória entre Redondo e Ponta da Barca; a costa NE, desde o Barro Vermelho até Santa Catarina; o troço entre a Baía da Lagoa e Fenais (Figura 2.9.22); a costa entre a Ponta do Carapacho e a Baía da Folga, exceto a costa na Ponta do Enxudreiro e no Porto da Folga.



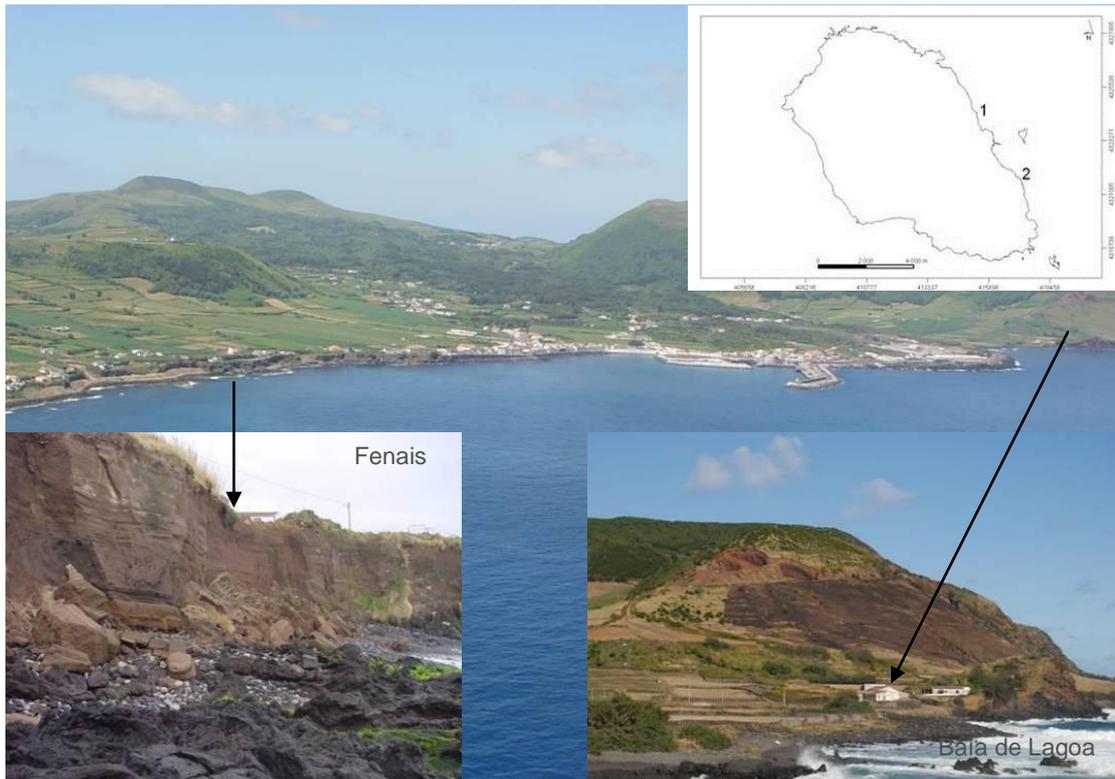
**Figura 2.9.21** | Vista de um setor da costa com arribas alcantiladas entre (1) a Baía da Folga e (2) Porto Afonso (Pacheco *et al.*, 2006).

Além da ação modeladora da erosão marinha, cujos mecanismos foram descritos por Borges (2003), há a assinalar o controlo tectónico em algumas zonas da costa Graciosense, como admite Gaspar (1996).

Em termos de recarga do litoral há que considerar o importante contributo proveniente do desmonte das arribas. A caracterização da linha de costa é utilizada como forma de sistematizar uma realidade complexa em classes mais simples e homogêneas. A tipologia da faixa costeira da ilha Graciosa (Figura 2.9.23) foi realizada por Borges (2003).

A vulnerabilidade das orlas costeiras à erosão depende de vários fatores, sendo o substrato geológico um dos mais influentes. O processo erosivo é potencialmente mais rápido nas arribas constituídas por material desagregado ou pouco consolidado (*e.g.* depósitos piroclásticos não consolidados), contrariamente ao esperado em costas formadas por

rochas mais resistentes (e.g. escoadas lávicas). De entre os outros fatores, destacam-se, além do declive, a tectónica. De facto, a atuação dos elementos estruturais (Mapa 2) faz-se sentir não só pela movimentação das estruturas mas também pelo desenvolvimento de planos de fraqueza que vão potenciar os fenómenos de erosão. Na ilha Graciosa, estes traduzem-se em troços da linha de costa paralelos às linhas de fraqueza (e.g. zona do Porto da Folga) ou em baías que evoluem através de planos de falha (e.g. baías dos Homiziados e do Engrade).



**Figura 2.9.22** | Vista de um setor da costa com declives mais suaves entre a Baía da Folga (1) e Porto Afonso (2). Atente-se no aspeto friável dos produtos (depósitos vulcanoclásticos indiferenciados e depósitos piroclásticos de fluxo) que constituem a arriba (Pacheco *et al.*, 2006).

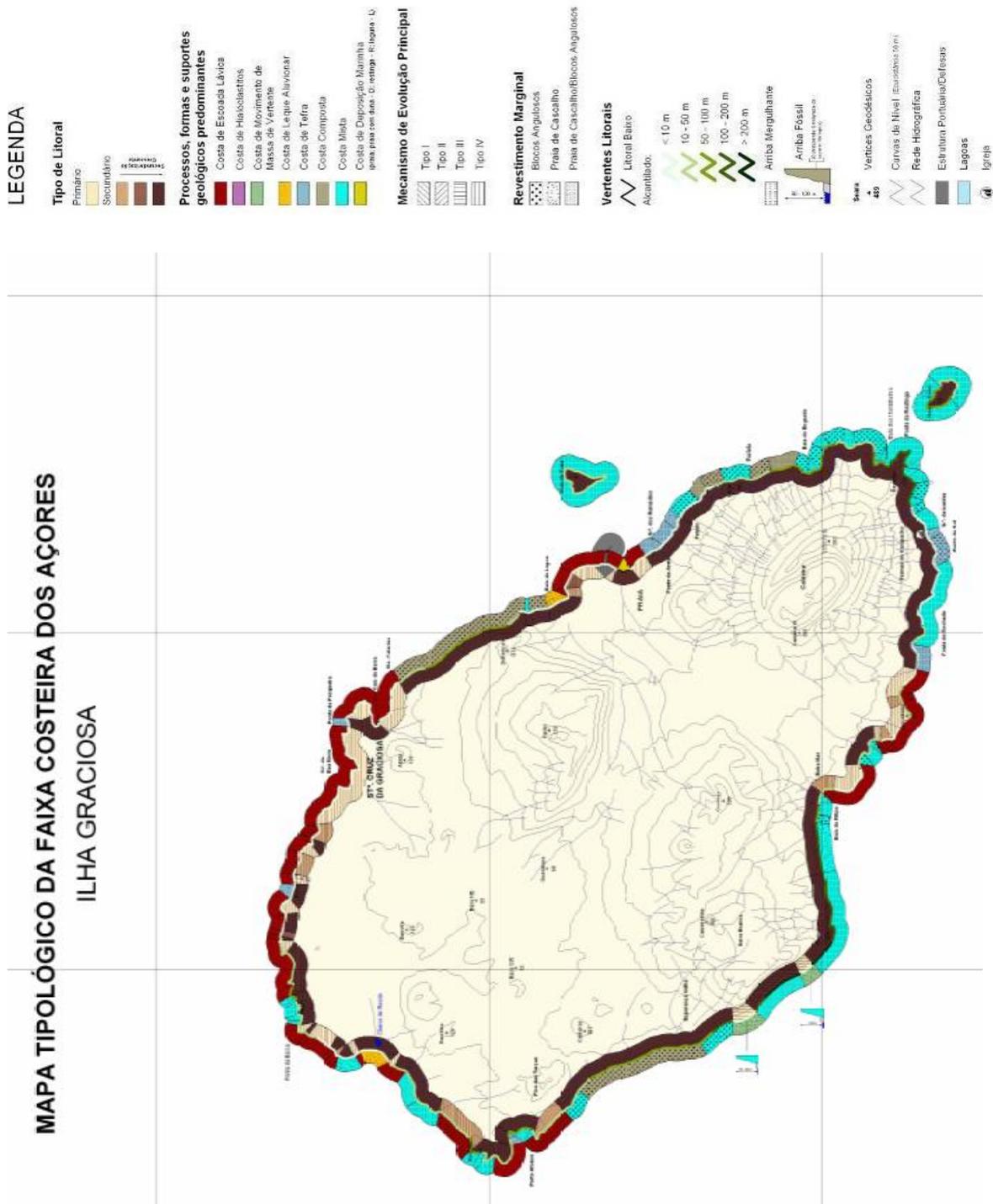


Figura 2.9.23 | Mapa tipológico da faixa costeira da ilha Graciosa (Borges, 2003).

Aquando da realização do Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) da ilha Graciosa, foi produzida uma carta de suscetibilidade a movimentos de vertente que põe em evidência a diferença o comportamento dos diferentes troços

da costa (Figura 2.9.24). No caso da ilha Graciosa, para além da suscetibilidade aos movimentos de vertente, há que ter em conta as características friáveis dos produtos vulcânicos que constituem extensos setores da costa que muito contribuem para a recarga do litoral.

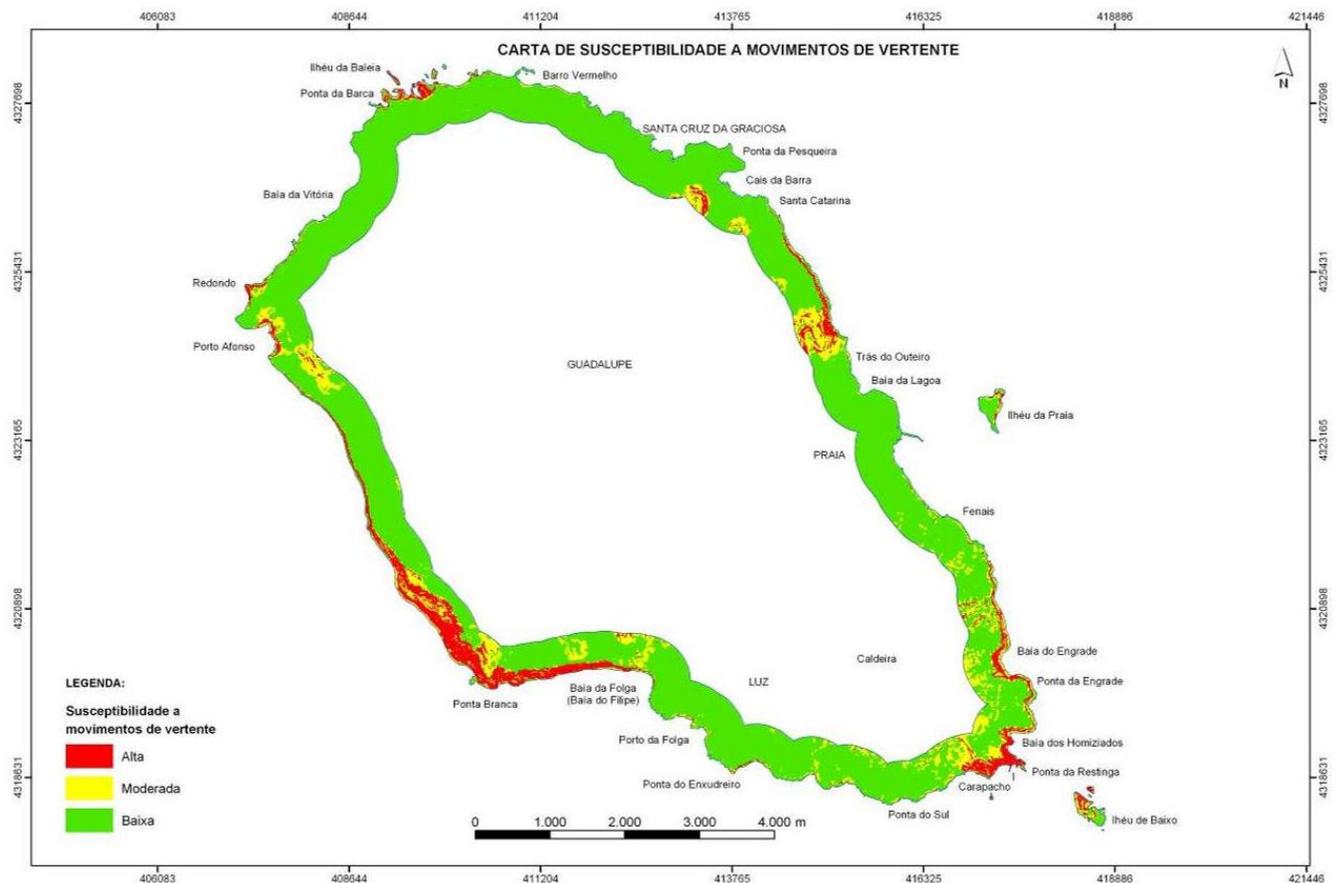


Figura 2.9.24 | Carta de suscetibilidade a movimentos de vertente da ilha Graciosa (Pacheco *et al.*, 2006).

De um modo geral, o perigo de erosão costeira demonstra a necessidade e importância de uma política clara de desenvolvimento sustentado e de planos de gestão e ordenamento, especialmente o plano da orla costeira, nomeadamente no que se refere ao uso do litoral. O conhecimento da erosão costeira e da capacidade de transporte sedimentar é importante na avaliação da envolvente das massas de água costeiras e de transição, com eventual repercussão na qualidade da respetiva água. A quantidade de sedimentos em suspensão e a dispersão dos próprios sedimentos nas massas de água dependem fortemente do clima de agitação e das correntes que resultam das marés e da agitação marítima local.

### Marés

Na Região dos Açores existem cinco marégrafos, localizados em:

- Santa Cruz das Flores (Latitude 39°27'.2N; Longitude 31°07'.2N);
- Angra do Heroísmo (Latitude 38°39'.0N; Longitude 27°13'.4N);
- Horta (Latitude 38°32'.0N; Longitude 28°37'.3N);

- Ponta Delgada (Latitude 37°44'.1N; Longitude 25°40'.3N);
- Vila do Porto (Latitude 36°56'.7N; Longitude 25°08'.9N).

A maré na faixa costeira dos Açores é do tipo semidiurno regular, ou seja com duas preia-mares e duas baixa-mares bem marcadas, com amplitude média em águas vivas variando entre 1 e 1,3m, consoante a estação. A amplitude média anual de maré varia entre 0,75 e 1m, valores que denunciam um litoral microtidal, segundo Davies (1964) *in* Hayes (1975), ou microtidal a mesotidal baixo, segundo Hayes (1979). Estas amplitudes estão provavelmente relacionadas com a extensão considerável de uma plataforma submarina, de pequena profundidade, ainda capaz de interagir e empolar a onda de maré.

No arquipélago dos Açores a maré enche de W e SW e na vazante propaga-se de E e NE (Instituto Hidrográfico, 1981). De acordo com a informação contida nas Tabelas de Maré, os valores de amplitude máxima previsível para condições meteorológicas médias, excedem cerca de 40cm, em aproximadamente 10% dos casos, os valores médios de águas vivas na Terceira, Faial e Flores. Contudo, em situações de temporal, estes máximos podem ser ultrapassados em consequência da sobrelevação temporária de origem meteorológica do plano de água.

A informação contida nas Tabelas de Maré sugere que, do extremo oriental para o extremo ocidental do arquipélago, se verifica que: 1) os valores da amplitude de maré diminuem; 2) as preia-mares máximas tendem a alcançar cotas inferiores; 3) as baixa-mares mínimas tendem a alcançar cotas superiores.

As correntes de maré são em geral fracas com exceções pontuais. As correntes oceânicas são relativamente fracas, inferiores a 0,5 m/s e são essencialmente influenciadas pela Corrente do Golfo e pela Corrente subtropical do Norte. De dezembro a abril predominam as direções para SE e de maio a novembro para S.

Na Graciosa não existe um marégrafo em funcionamento. Os elementos que se seguem foram recolhidos no site do Instituto Hidrográfico e dizem respeito ao porto de Angra do Heroísmo. Este está localizado no cais da Figueirinha. A análise Harmónica é efetuada a partir de um ano de observações maregráficas (1997). As alturas de Maré são referidas ao nível do Zero Hidrográfico, que está 1,00m abaixo do nível médio adotado e 5,385m abaixo da marca de contacto existente na borda do poço do marégrafo.

A maré astronómica é do tipo semidiurno regular, com cotas médias que variam entre Preia-Mar (PM) +1,6 e Baixa-Mar (BM) +0,3 (águas vivas) e PM +1,2 e BM +0,7 (águas mortas). As cotas extremas das marés vivas são próximas de PM +1,7 e BM +0,3. A maré enche de W e SW e na vazante propaga-se para E e NE. Cerca de 4,7% das Preia-Mares atingem cotas superiores a 1,7m e 12,0% das Baixa-Mares cotas inferiores a 0,4 m.

A maré meteorológica (sobrelevação devido à persistência dos ventos e da agitação ou a variações acentuadas da pressão atmosférica) assume valores ligeiramente variáveis ao longo da costa. É nas zonas de águas costeiras “encaixadas” (baías) que a maré meteorológica pode assumir valores de oscilação mais significativos. Não se dispõe de elementos relativos à maré meteorológica. A sobreposição da maré astronómica com a maré meteorológica deverá agravar as cotas anteriores pelo menos para:

- Cota da Máxima Preia-Mar das Águas Vivas: 2,00 ZH;
- Cota da Máxima Baixa-Mar das Águas Vivas: 0,00 ZH.

A persistência de ventos fortes ou a ocorrência de pressões atmosféricas anómalas poderá agravar os referidos valores.

#### *Agitação marítima local*

No Arquipélago dos Açores existe um conjunto de estações ondógrafo, no âmbito do projeto CLIMAAT/CLIMARCOST, conduzido pela Universidade dos Açores, e cuja informação pode ser consultada na página do referido projeto. A informação disponibilizada pelo Instituto Hidrográfico pode ser consultada a partir de um mapa onde se acede às últimas informações obtidas para cada estação, e ainda através de um conjunto de tabelas e gráficos. Atualmente existem seis ondógrafos de registo de agitação marítima a funcionar na Região dos Açores.

**Quadro 2.9.14** | Registo da agitação marítima dos ondógrafos nos Açores

Ilha	Boia	Posição	Último registo
Graciosa	Graciosa (Noroeste)	39° 05' 21N – 27°57' 73W	Operacional
Flores	Flores (Sul)	39°21' 86N – 31°10' 00W	07/07/2009
Faial/Pico	No canal	38°35' 26N – 28°32' 26W	30/10/2008
Terceira	Praia da Vitória	38°45' 00N – 27°00' 58W	Operacional
São Miguel	Ponta Delgada	37°43' 53N – 25°43' 28W	20/11/2008
Santa Maria	Santa Maria (Sul)	36°55' 21N – 25°10' 02W	09/07/2009

Fonte: POOC Faial (2009)

Nestes ondógrafos são fornecidos on-line os seguintes dados: Altura Significativa (Hz), Altura máxima (Hmáx), Período Médio, Período Máximo Observado, Período Onda de Altura Máxima, Direção da Agitação e a Temperatura da água à superfície.

A comparação entre dados de agitação registados nos diferentes ondógrafos, para o mesmo período de tempo, evidencia a dependência da localização da boia em relação aos rumos da agitação e trajetórias dos temporais. Por exemplo, no dia 23 de março de 2006 registaram-se ondas com alturas máximas de 12m em Ponta Delgada (exposta a Sul, ondas de W) enquanto na Praia da Vitória os valores máximos não atingiram os 4m (POOC Graciosa, 2006).

Estas boias ondógrafo não estão instaladas há tempo suficiente nas águas oceânicas envolventes do Arquipélago dos Açores, de forma a possibilitar uma análise estatística adequada do clima de agitação, nomeadamente em termos de extremos associáveis a diversos períodos de retorno (por exemplo 100 anos).

A agitação marítima junto à costa depende do estado do mar ao largo, da batimetria da faixa de redução de profundidades e do contorno da linha de costa. No caso dos Açores a agitação marítima assume particular importância, uma vez que este arquipélago está situado em pleno Atlântico Norte, podendo a distância de coleta (fecht) ser imensa, assim como a variedade de rumos que aportam ao seu litoral.

Para uma melhor caracterização do clima de agitação podem-se utilizar:

- Os resultados do modelo de reconstituição da agitação Meteorological Office (Britânico), com rumos, alturas significativas e períodos de pico das ondas ao largo, no ano, no inverno e no verão;

- Os dados do U.S. Naval Oceanographic Office (USNOO), de 1963, sob a forma de rosas de agitação mensais, de ondulação e de vaga, com distribuição de alturas e de rumos (octantes) e indicações de relações alturas/períodos;
- A reconstituição do estado do mar em São Miguel (Pires, 1995), projeto STORMS, com modelação numérica para reconstituir as características da agitação a partir de campos sinóticos de vento (6 anos).

Segundo os dados USNOO, a distribuição anual da ondulação nos Grupos Central e Oriental é idêntica entre si, com os rumos de W e NW a serem os que têm maior número de incidências. No entanto, a homogeneidade da distribuição anual das incidências é menos marcada no Grupo Central, sendo a vaga de SW, W e NW mais frequente. No inverno, o rumo de NW perde alguma relevância a favor da vaga de S. Em relação à ondulação, no inverno os rumos de W apresentam maior energia, mas os rumos de SW e NW são igualmente importantes. Trata-se de um regime de agitação muito energético (POOC Graciosa, 2006).

A distribuição de rumos das ondas provenientes do largo é localmente afetada por fenómenos de empolamento, de refração, de difração e de reflexão. Há zonas parcialmente abrigadas, pelo menos em relação a alguns dos quadrantes, devido à existência de formações naturais (as “pontas”) ou de estruturas artificiais (quebra-mares). Os fenómenos de empolamento e de refração verificam-se na interação da agitação com os fundos e agravam ou desagravam localmente as alturas das ondas. A difração verifica-se em torno de “obstáculos” à propagação da agitação (uma ilha, um promontório, uma “ponta”, um rochedo). O “obstáculo” proporciona algum grau de proteção. As reflexões são mais acentuadas em paramentos verticais ou muito inclinados (arribas rochosas, cais, muros de suporte). As baías e enseadas proporcionam algum grau de abrigo natural em relação à agitação proveniente de alguns dos rumos (POOC Graciosa, 2006).

Só através da elaboração de planos de agitação, recorrendo a modelos numéricos e dispondo de informação topo-hidrográfica detalhada, é possível averiguar quais os valores locais dos rumos, alturas e comprimentos de onda ao longo do perímetro de cada ilha e, em particular, nos seus portos e portinhos.

## 2.9.6 | Movimentos de massas

O peculiar enquadramento geológico reflete-se, naturalmente, na elevada atividade sísmica e vulcânica registada na região, que normalmente é geradora de fenómenos secundários, como os movimentos de vertente. A situação Atlântica dos Açores é, por outro lado, propícia à ocorrência de períodos marcados por elevadas precipitações, fator que com relativa frequência tem estado na base de importantes movimentos de vertente, como comprovam os eventos registados desde o seu povoamento. A característica mais marcante neste tipo de acontecimentos diz respeito ao seu caráter violento e impetuoso, marcado por vezes com perdas humanas, económicas, culturais e sociais.

Podem ser desencadeados por erupções vulcânicas, sismos e precipitações intensas e/ou prolongadas, ou pela ação conjunta dos precursores atrás mencionados. Apesar das causas geradoras dos fenómenos de instabilidade geomorfológica serem variadas, as condições meteorológicas constituem o processo mais comum para o seu desencadeamento no arquipélago dos Açores.

Do ponto de vista físico, os processos de instabilidade geomorfológica resultam do desequilíbrio entre as forças que induzem a instabilidade de um talude e aquelas que promovem a resistência ao movimento. Este desequilíbrio implica a

evolução de uma vertente estável para um estado de instabilidade, através de uma redução da resistência ao corte e/ou um aumento da tensão tangencial. Os fatores mais comuns para a redução da resistência ao corte correspondem à meteorização físico-química e à saturação progressiva dos solos, enquanto os movimentos de soerguimento ou abatimento tectónico, a erosão fluvial, as escavações, o aumento de cargas estáticas e dinâmicas em taludes, a infiltração da água e o crescimento da vegetação manifestam-se como as principais causas do aumento da tensão tangencial.

De acordo com a classificação apresentada por Varnes (1978) os mecanismos envolvidos nos movimentos de vertente incluem os desabamentos, balançamentos, deslizamentos, expansões laterais e escoadas. Informações detalhadas sobre cada tipologia, materiais envolvidos, descrições e aspetos morfológicos, causas, velocidades na movimentação de cada tipologia podem ser encontrados por exemplo em WP/WLI (1993), Cruden e Varnes (1996), Dikau et al. (1996), Zêzere (1997; 2000), Marques (2004) e Amaral (2005).

Observações pontuais permitem verificar que os mecanismos envolvidos que afetam as nascentes e/ou captações de água correspondem às tipologias de desabamentos ou queda de rochas e a deslizamentos translacionais superficiais, podendo estes últimos evoluir para escoadas detriticas, cuja mistura de materiais sólidos indiferenciados (e.g., fragmentos rochosos de natureza e dimensão variável, bem como elementos do coberto vegetal) com a presença de significativas quantidades de água tornam este perigo geológico extremamente destruidor no seu trajeto e acumulação.

O processo de infiltração de água no solo e as variações transientes da pressão de água (na forma negativa – sucção matricial; e na forma positiva – pressão neutra) são os fatores mais comuns no desencadeamento de movimentos de vertente. Existem duas modalidades de mecanismos de instabilização provocadas pela água no solo em resultado da precipitação: (a) diminuição da resistência ao corte por decréscimo da coesão aparente em função da diminuição da sucção em solos não saturados. (b) diminuição da resistência ao corte por aumento das pressões neutras ao nível dos planos de rotura potenciais devido à subida do nível freático. Os dois processos hidrológicos só representam as condições favoráveis à instabilidade caso atinjam uma profundidade crítica, determinada pelo declive do terreno e pelos parâmetros físico-mecânicos.

Os sismos e outros tipos de vibrações nos solos (naturais e antropogénicas) provocam igualmente fenómenos denominados liquefação dos solos. A magnitude dos sismos é determinante no que se refere às áreas afetadas por movimentos de vertente causados por eventos sísmicos. Keefer (1984) sugere que a magnitude crítica para o desencadeamento de movimento de vertente é aproximadamente 4 (Mw). Movimentos de vertente desencadeados por um sismo de tal magnitude ocorrerão numa área na ordem da dezena de quilómetros, tal como se verificou no Vulcão do Fogo a 20 e 21 de setembro de 2005 (Marques et al., 2005), quando um sismo de magnitude 4,3 (ML) gerou algumas centenas de movimentos de vertente por uma área de aproximadamente 10km<sup>2</sup>. Por outro lado, sismos de magnitudes superiores, como o ocorrido a 9 de julho de 1998 no Faial (5,6 MD), poderão gerar movimentos de vertente numa área na ordem da centena ou até milhar de km<sup>2</sup>.

Nos sismos de menor magnitude podem ocorrer roturas do solo ou de rochas, dando a origem a deslizamentos translacionais superficiais e a queda de blocos, respetivamente. Nos sismos de grande magnitude usualmente estão na origem de movimentos translacionais profundos e de escoadas detriticas de grandes proporções. Exemplos disso são: (1) a escoada de detritos desencadeada pelo sismo de 9 de julho de 1998 na ribeira do Risco, com um volume aproximado de material envolvido da ordem dos 250 000m<sup>3</sup> (Madeira et al., 1998) e a escoada de detritos desencadeada pelo sismo de 22 de outubro de 1522, com um volume de material envolvido aproximado de 4,6 milhões

de m3 (Marques, 2004), a qual provocou a morte de 5 000 pessoas e a destruição de Vila Franca do Campo, então capital de S. Miguel (Frutuoso, 1522 - 1591†).

A análise dos movimentos de vertente e da sua perigosidade pode ser realizada com recurso a técnicas determinísticas e probabilísticas, baseadas em modelos de estabilidade e análises estatísticas, respetivamente, e que cujas tarefas de execução são complexas e morosas. A componente determinística para avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente é efetuada através da combinação integrada de modelos hidrológicos e geotécnicos. Este tipo de abordagem apresenta sucesso quando se trabalha a escalas de trabalho reduzidas e específicas (e.g., taludes). No entanto, a escalas mais abrangentes (e.g., escala da bacia, escala regional), o conhecimento espacial das propriedades hidrológicas e geotécnicas, bem como a tipologia dos sistemas hidrológicos das vertentes constituem elementos de difícil quantificação, pelo que este tipo de abordagem raramente é utilizado.

Em oposição, os modelos probabilísticos para a avaliação da suscetibilidade através da análise estatística, constituem ferramentas interessantes na produção de resultados satisfatórios para a identificação de locais com a propensão para a instabilidade geomorfológica. Para tal, um dos requisitos necessários na produção dos algoritmos é através do cruzamento da informação obtida na inventariação sistemática de movimentos de vertente que ocorreram no passado, com vários mapas temáticos (e.g., geologia, declive, litologia, curvatura das vertentes, etc.) da área em estudo.

Atualmente, no âmbito do projeto Riscos, através de uma prestação de Serviços para a SRAM, estão em elaboração as cartas de suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente à escala de ilha, para todo o arquipélago dos Açores. Neste sentido, até à presente data ainda estão a ser realizados os trabalhos de inventariação de movimentos de vertente, de modo a levar à execução dos algoritmos matemáticos necessários para a produção dos mapas de suscetibilidade, que no futuro poderão ser integrados neste documento de modo a melhorar a qualidade do mesmo.

No entanto, têm sido realizados alguns trabalhos de carácter pontual à escala da bacia de modo a avaliar a suscetibilidade a movimentos de vertente para o vale da Ribeira Quente, no concelho da Povoação (Marques et al., 2009). Da análise do trabalho efetuado, e tendo em consideração as características morfométricas de 1495 movimentos de vertente, foi possível identificar que os setores caracterizados com declives superiores a 35°, exposições a SE, S, e SW, morfologias côncavas, as áreas de contribuição superiores a 3 000 m<sup>2</sup>, as áreas florestadas, distâncias aos vales entre 80 e 100 m e as classes litológicas constituídas por depósitos piroclásticos pomíticos apresentam uma propensão para o desencadeamento de movimentos de vertente na área de trabalho referida.

Em termos da avaliação da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente desencadeados por eventos sísmicos, Marques et al. (2007) elaboraram um trabalho que incidiu sobre a atividade geomorfológica desencadeada pela crise sísmica de 2005 no Vulcão do Fogo, Ilha de São Miguel, através da análise com o recurso à regressão logística. Os autores concluíram que os declives superiores a 35°, as classes litológicas que apresentam materiais não coesos como os depósitos piroclásticos pomíticos, e a distância epicentral assumem-se como fatores preponderantes no desencadeamento da instabilidade geomorfológica. A distância epicentral apresenta-se relevante no contexto do desencadeamento de movimentos de vertente, sendo que há uma diminuição da favorabilidade à instabilidade com o aumento da distância epicentral, diretamente relacionada com a atenuação da energia sísmica.

Os resultados dos trabalhos realizados até à presente data podem-se constituir indicadores viáveis para uma análise preliminar da suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente estendida às restantes ilhas do arquipélago visto que o enquadramento morfológico, tectónico e geológico não oferece grandes disparidades.

Assim, a presença de depósitos piroclásticos de queda e de fluxo muito friáveis, caracterizados por valores nulos de coesão e ângulo de atrito interno elevados à saturação, associados a vertentes com declives acentuados, fazem com que algumas zonas do arquipélago dos Açores apresentem uma elevada suscetibilidade à ocorrência de movimentos de vertente. Estas áreas correspondem, grosso modo, a arribas (vivas, mortas ou fósseis), escarpas de falha, bordos de caldeiras, taludes e cabeceiras de linhas de água.

A instabilidade em taludes constituídos por um substrato rochoso está intimamente ligada ao tipo de estrutura geológica, à morfologia, ao estado de alteração, ao tipo e natureza dos níveis que constituem os maciços e à presença de fissuras com percolação de água, pelo que é importante identificar quais os fatores condicionantes de modo a quantificar a estabilidade do maciço em relação à sua condição de equilíbrio físico.

A considerável complexidade geológico-geotécnica, morfológica e hidrogeológica dos terrenos vulcânicos do arquipélago dos Açores conduz a importantes variações espaço-temporais, a diferentes escalas e processos de instabilidade de vertentes. Assim, para uma avaliação pormenorizada dos mecanismos que possam afetar cada nascente/furo de abastecimento público deve de ser efetuado à escala local, em virtude das limitações inerentes às bases cartográficas existentes (e.g., topográfica, geológica).

No que respeita à ilha Graciosa fazem parte da base de dados da inventariação 5 nascentes e 11 furos para abastecimento público. A Figura 2.9.25 ilustra a distribuição das nascentes e furos para abastecimento humano, inseridas no mapa de declives da ilha.

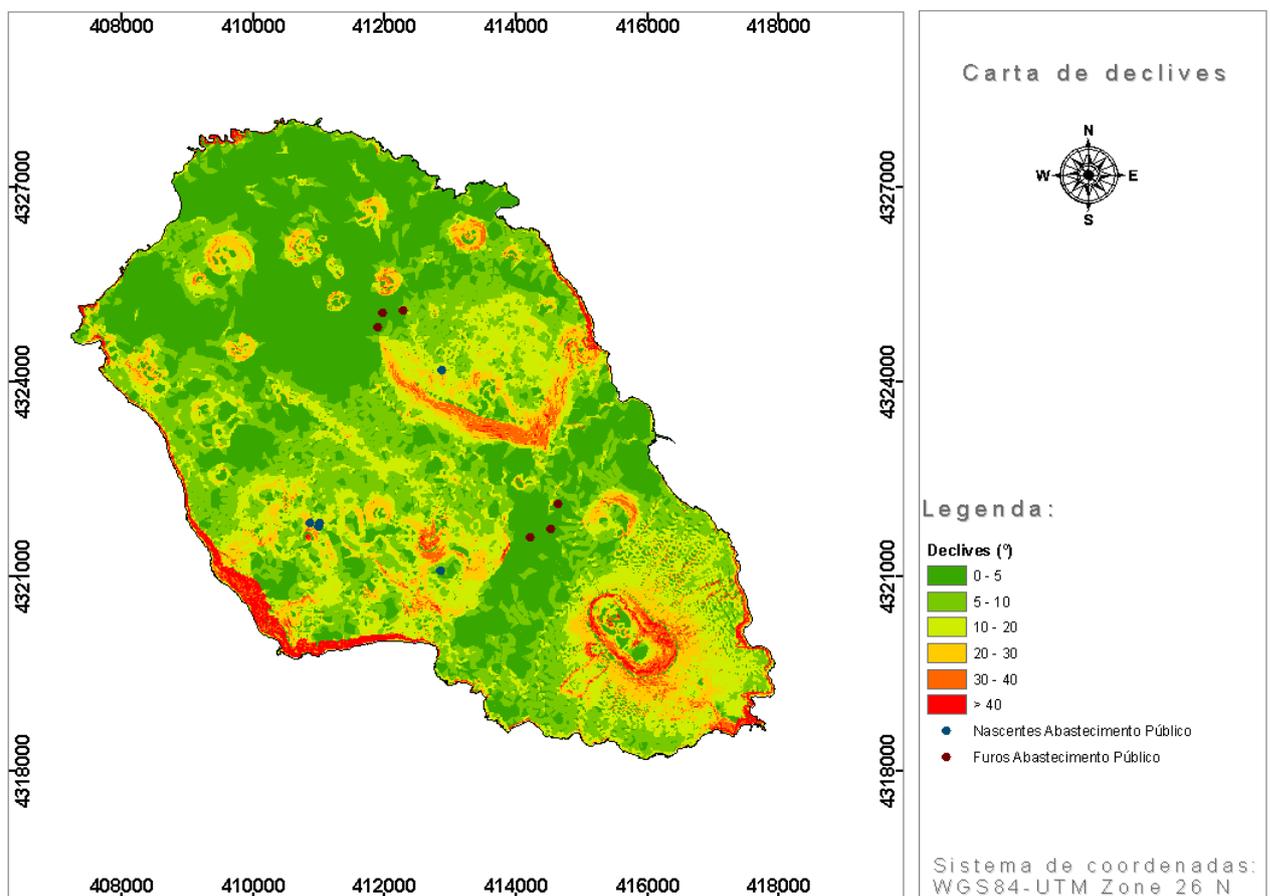


Figura 2.9.25 | Mapa de declives da ilha Graciosa e localização das nascentes e furos para abastecimento público.

De um modo geral, os problemas relacionados com os processos de instabilidade de vertentes que possam colocar em perigo as nascentes e furos de abastecimento público na ilha Graciosa, desencadeados por sismos e/ou precipitações intensas, são reduzidos em virtude do enquadramento geomorfológico e geológico.

No entanto, há a destacar o elevado número de formações rochosas de pequena e média dimensão e exposição, situadas a montante da nascente da Serra das Fontes I-VIII e aos reservatórios denominadas de Grotas 1, Grotas 2 e Fontes (Figura 2.9.26), que face à uma potencial propagação cinemática destes materiais rochosos em virtude da ocorrência de um sismo de elevada magnitude, poderão colocar risco a supracitada nascente, bem como os reservatórios, criando condições para a destruição parcial e/ou total.

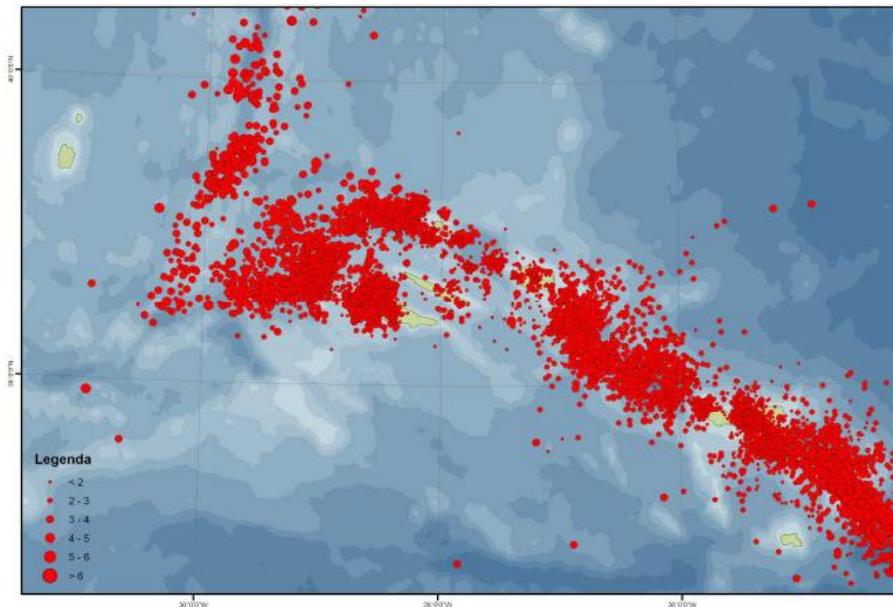


**Figura 2.9.26** | Presença de blocos rochosos de grandes dimensões, que poderão afetar os reservatórios e nascentes da Serra das Fontes. As setas indicam a presença de blocos rochosos a montante de reservatórios e de uma nascente.

## 2.9.7 | Sismos

As expressões morfológicas de assinatura tectónica de carácter regional e local, a sismicidade instrumental e a documental histórica, permitem verificar que o arquipélago dos Açores situa-se sob influência de relevantes setores sismogénicos.

Neste contexto merece especial destaque a atividade registada ao nível da CMA e ao nível do RT (Figura 2.9.27).



Fonte: dados do CIVISA (2009)

Figura 2.9.27 | Carta epicentral dos eventos registados entre 1997 e 2009.

Fruto do enquadramento geoestrutural, algumas ilhas têm sido atingidas por diversos sismos ao longo da história, tendo mesmo atingido intensidades de grau IX-X na Escala de Mercalli Modificada (EMM), por vezes com consequências devastadoras. As consequências de sismos históricos sentidos na ilha Terceira estão descritas no Quadro 2.9.15.

Quadro 2.9.15 | Principais sismos sentidos na ilha Graciosa

Caracterização Geral de Perigos Naturais					
Data	Intensidade	Ilha mais afetada	Zona mais afetada	Magnitude	Consequências
1730-06-13	IX-X (?)	Graciosa	Luz e Praia		Destruição quase total.
1837-01-21	IX (?)	Graciosa	Luz e Praia		Destruição quase total.

Fonte: Garpar et al., 1999 e Coutinho, 2000

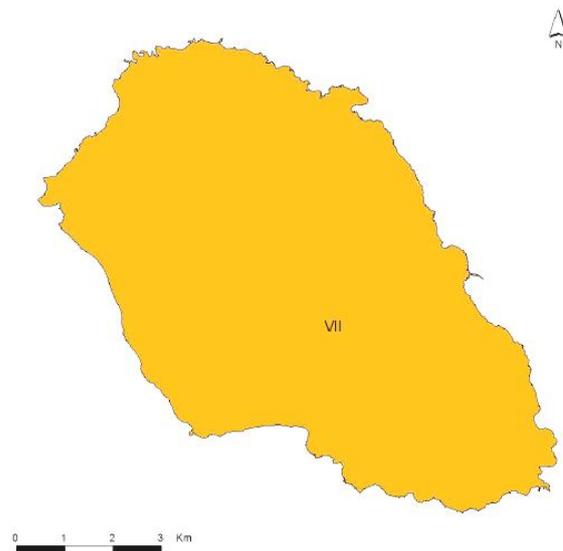
No domínio dos perigos geológicos importa sublinhar o sísmico, na medida em que os eventos desta natureza são frequentes no arquipélago e face ao contexto geoestrutural, a distância epicentral e a magnitude do evento podem desencadear outros fenómenos como o vulcânico, a instabilidade de vertentes e os tsunamis.

A ilha Graciosa tem sido afetada por importantes eventos ao longo da sua história. A atividade sísmica nesta ilha é caracterizada pela ocorrência de crises sísmicas ou eventos de grande intensidade causadores de grande impacto.

Neste contexto, assumem especial destaque as crises sísmicas de 1717, 1868 e 1989, e os terremotos de 13 de junho de 1730 e de 21 de janeiro de 1837, sentidos na ilha Graciosa com intensidade máxima de IX-X (EMM).

Desde o início do século XX, os eventos que atingiram maiores intensidades foram os sismos de 1 de janeiro de 1980 (VII) e o de 26 de junho de 1989 (VI/VII) (EMM). A análise da sismicidade histórica e da instrumental aponta para algumas zonas sismogénicas como potencialmente geradoras de sismos passíveis de atingir significativamente a ilha Graciosa, nomeadamente as estruturas tectónicas no flanco oriental da Bacia W da Graciosa (crise sísmica de 1989), na Bacia E da Graciosa, estruturas tectónicas a SE, ao longo da fratura definida pela distribuição das réplicas do sismo

de 1 de janeiro de 1980 e, menos frequentemente, a N da ilha (Gaspar, 1996). A figura 2.9.28 apresenta a carta de intensidades sísmicas máximas verificadas na ilha Graciosa, tendo por base a reanálise dos registos de mais de cinco séculos de ocupação humana, com base na EMS-1998.



Fonte: Silva (2005)

Figura 2.9.28 | Carta de intensidades máximas históricas (EMS-1998) para a ilha Graciosa.

## 2.9.8 | Vulcões

A atividade vulcânica observada na região dos Açores tem-se centrado, predominantemente, ao longo do Rift da Terceira (s.l.). Desde o início do povoamento das ilhas, no século XV, foram registadas pelo menos 28 erupções vulcânicas, 15 das quais em terra e 13 no mar (Figura 2.3.5), que cobrem um vasto leque de estilos eruptivos e magnitudes (Medeiros, 2009). Estas erupções concentram-se preferencialmente ao longo do eixo de orientação geral WNW-ESE, havendo a registar nos últimos cinco séculos erupções nas ilhas do Pico, Faial, S. Jorge, Terceira e S. Miguel.

Da análise da localização e sequência cronológica das várias erupções históricas observadas no arquipélago merece destaque a proporção de erupções submarinas e litorais, que ascende a 48% do total das erupções registadas, sendo este valor provavelmente subestimado, pois nem todas as erupções submarinas se manifestam à superfície do oceano e, mesmo de entre estas, nem todas terão sido observadas.

A atividade vulcânica histórica no arquipélago dos Açores conta cerca de 28 erupções, entre episódios subaéreos e submarinos, abrangendo um largo espectro de estilos eruptivos e magnitudes, o que evidencia o elevado perigo vulcânico a que estas ilhas se encontram sujeitas. As erupções históricas nos Açores localizam-se, grosso modo, ao longo de uma larga faixa de orientação geral WNW-ESE, o designado Rift da Terceira (s.l.), tendo-se registado erupções nas ilhas de S. Miguel, Terceira, S. Jorge, Pico e Faial. Muito provavelmente, o número de erupções ocorridas nos últimos cinco séculos é muito superior, uma vez que nem todas as erupções submarinas apresentam manifestações à superfície, e mesmo quando o fazem, poderão não ser observadas.

A ilha Graciosa encontra-se localizada numa zona ativa do arquipélago dos Açores e, embora não haja registos de vulcanismo histórico, produziu 10 erupções, de diversos estilos eruptivos, nos últimos 12 000 anos, tendo a última erupção ocorrido há menos de 2 000 anos no Pico do Timão (Gaspar, 1996).

Considerando a história eruptiva recente da ilha Graciosa pode-se constatar que uma futura erupção poderá ter lugar tanto na Plataforma NW como na região do Vulcão Central. O registo geológico mostra erupções de natureza basáltica (s.l.) ou traquítica (s.l.), efusivas ou explosivas, magmáticas e/ou hidro-vulcânica. A atividade vulcânica de caráter fortemente explosivo (subpliniano ou pliniano) poderá ocorrer essencialmente ao nível da caldeira do Vulcão Central, enquanto os episódios efusivos e moderadamente explosivos (do tipo estromboliano) poderão ocorrer de uma forma generalizada em toda a ilha, com particular incidência ao longo de fraturas de orientação NW-SE. É ainda de admitir a possibilidade, embora remota, da instalação de domos de natureza traquítica (s.l.) associados ao Vulcão Central.

É igualmente de considerar a possibilidade de ocorrência de erupções submarinas relativamente próximas da costa (do tipo surtsiano), idênticas à que deu origem ao Ilhéu de Baixo.

### 2.9.9 | Tsunamis

Os *tsunamis* são ondas de grande dimensão geradas por eventos sísmicos com epicentro no mar, erupções vulcânicas ou grandes movimentos de vertente que ocorrem em domínios subaéreos ou submarinos.

A análise do perigo de *tsunamis* nos Açores assume-se como uma tarefa difícil em virtude da documentação histórica existente ser reduzida, incompleta e por vezes dúbia. Contudo, os dados recolhidos revelam que este é um perigo real para o arquipélago. Segundo Cabral (2009), nos últimos 500 anos, o arquipélago dos Açores foi afetado por 12 *tsunamis* com origem em fenómenos geológicos (sismos e movimentos de vertente), por 6 eventos associados a inundações da costa com origem em fenómenos atmosféricos extremos, e ainda por um *tsunami* cuja origem permanece desconhecida.

Cabral (2009) considera seis áreas com potencial tsunamigénico, apresentando estilos tectónicos particulares e mecanismos tsunamigénicos distintos: (1) a região dos Açores, (2) o domínio da Falha Gloria, (3) o domínio do Sudoeste Ibérico, (4) a região dos Grandes Bancos da Terra Nova, (5) a região das Caraíbas e (6) a região das Canárias.

Baptista e Miranda (2009) referem que os *tsunamis* com origem sísmica gerados nos Açores não apresentam potencial para afetar zonas para além do próprio arquipélago, uma vez que resultam maioritariamente de mecanismos de desligamento com baixo potencial tsunamigénico. No entanto, um evento que se localize fora dos limites do arquipélago pode apresentar um potencial tsunamigénico para a região dos Açores dada a existência de oceano livre. O exemplo mais significativo relaciona-se com o originado na sequência do terramoto de 1 de novembro de 1755, que afetou as zonas costeiras do arquipélago. O tsunami atingiu *run-up* de 11 a 15 m na ilha Terceira, resultando na morte de 6 pessoas (Andrade *et al.*, 2006).

Ainda no que concerne aos eventos de origem tectónica, Cabral (2009) refere que os *tsunamis* de maior magnitude com registo nos Açores estão maioritariamente associados a sismos com magnitude superior a 7. Aqui se incluem os *teletsunamis* históricos de 1755 e de 1761 gerados no domínio do SW Ibérico. São ainda conhecidos os registos de *tsunamis* de caráter regional como os ocorridos em 1939, 1941, 1969 e 1975, com origem na Falha Gloria e no domínio

do SW Ibérico. No que se refere aos eventos locais, gerados na região dos Açores, verifica-se que os sismos mais energéticos estão na origem de *tsunamis* locais de pequena magnitude.

Importa também realçar que o arquipélago dos Açores se situa numa área de grande instabilidade meteorológica que se traduz em frequentes tempestades com ventos fortes e períodos de intensa pluviosidade. Tal facto é responsável pela forte ação erosiva a que as ilhas dos Açores se encontram sujeitas, levando, em muitos casos, à ocorrência de movimentos de vertente de grandes dimensões com potencial tsunamigénico, desencadeados principalmente em arribas.

Um fenómeno menos frequente está relacionado com a geração de *tsunamis* com origem em fatores meteorológicos, sendo, deste modo, denominados por *tsunamis* meteorológicos ou *meteotsunamis*.

Pese embora não sejam conhecidos relatos de *tsunamis* desencadeados pela atividade vulcânica, a ocorrência daqueles fenómenos não deve de ser descurada em virtude do enquadramento vulcânico que o arquipélago dos Açores patenteia.

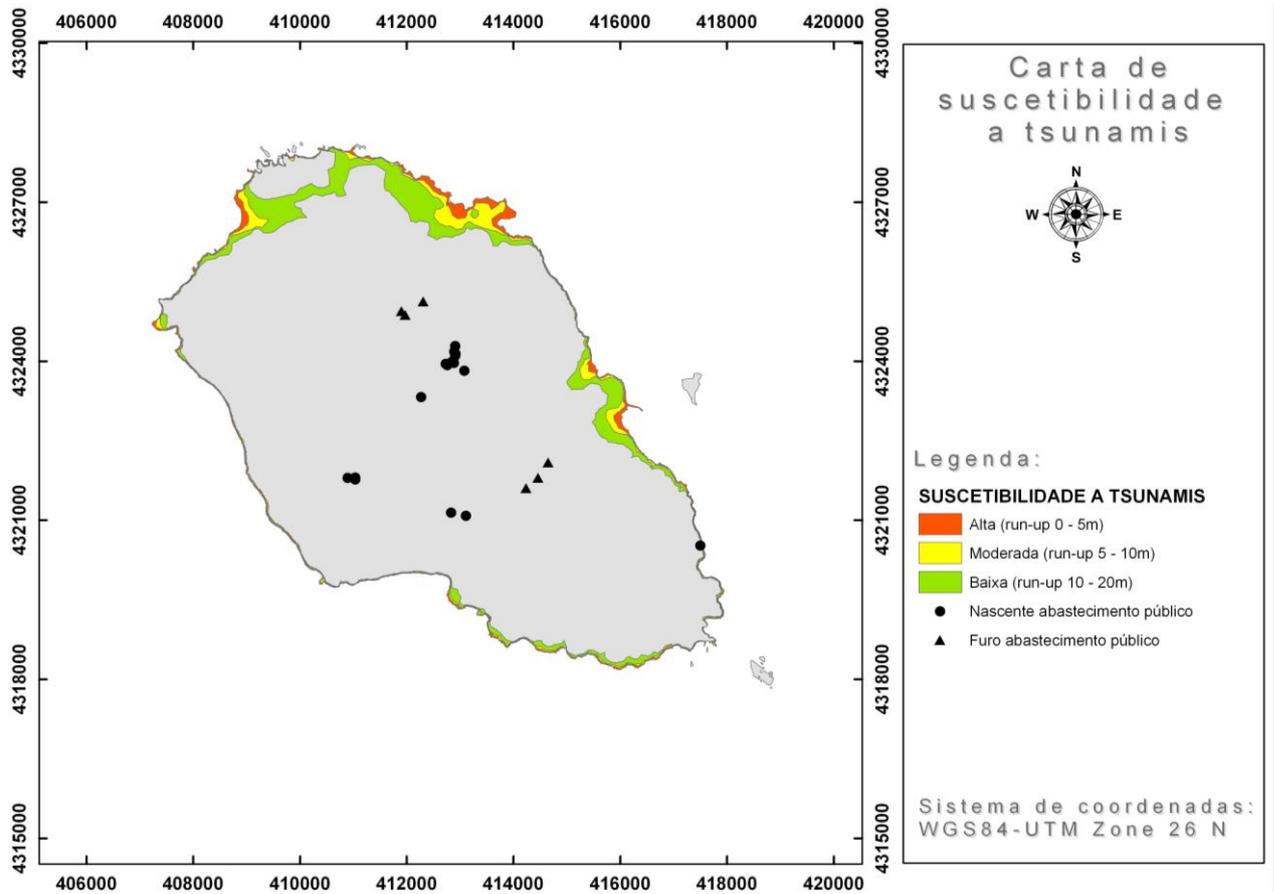
Em virtude da sua localização geográfica e do seu enquadramento geodinâmico, o arquipélago dos Açores encontra-se vulnerável à ação de *tsunamis* que podem ter origem em fontes tsunamigénicas locais ou distantes. Neste contexto, é de admitir que as zonas litorais, nomeadamente as de cotas mais baixas de todas as ilhas possam ser afetadas por inundações resultantes de *tsunamis* com origem local, regional ou mesmo atlântica.

Tendo em atenção o run-up máximo atingido nos eventos passados, bem como a cota a que se localizam a maioria das nascentes e furos para abastecimento público, consideram-se as mais vulneráveis de serem inundadas por um tsunami as áreas costeiras situadas a uma cota inferior a 10m. Neste contexto foi elaborada uma carta de suscetibilidade à inundações por *tsunamis* para cada ilha do arquipélago em análise, tendo em consideração o run-up máximo histórico registado.

A ilha Graciosa também pode ser afetada por *tsunamis*, que poderão ter origem local, regional ou atlântica. Embora não existam muitas evidências da ocorrência de importantes *tsunamis* na Graciosa, os dados históricos demonstram que o terramoto de 1755, a SW de Portugal continental, e a ação combinada do sismo de 1757 com a instabilidade de vertente, a N de S. Jorge, estiveram na origem de *tsunamis* que afetou a ilha Graciosa.

Tendo em consideração que os *tsunamis* gerados em resultado da atividade sísmica local, regional e atlântica ou mesmo vulcânica e geomorfológica subaérea e submarina, e dada a localização das principais zonas ativas sob o ponto de vista geoestrutural, é de admitir que os setores S e SW da costa da ilha Graciosa sejam aqueles que se encontram mais expostos à ação de eventos desta natureza. Não obstante, a carta de suscetibilidade a *tsunamis* da Graciosa (Figura 2.9.29), tendo por base a topografia da ilha, mostra importantes áreas de inundações em Santa Cruz da Graciosa (de Santa Catarina ao Barro Vermelho), Praia (de Santa Luzia à Baía da Lagoa) e Baía da Vitória, salientando a elevada vulnerabilidade destes locais. Merece igualmente destaque a elevada suscetibilidade evidenciada em Porto Afonso e em todo o troço de costa entre a Baía da Folga e as Termas do Carapacho.

Em virtude das nascentes e furos para abastecimento público se situarem a cotas mais elevadas, estas não se encontram vulneráveis à inundações por *tsunamis*. Não obstante, poderá haver contaminação dos aquíferos nas cotas mais baixas.



**Figura 2.9.29** | Carta de suscetibilidade a tsunamis – Carta produzida a partir da altimetria do IGEOE, na escala 1:25 000. O run-up máximo de cada classe considerada corresponde à cota máxima da área inundada.

## 2.9.10 | Infraestruturas

Na RAA o risco associado às infraestruturas está relacionado com as centrais hídricas e os seus respetivos açudes. Não havendo grandes bacias hidrográficas com a possibilidade de armazenamento de água, as centrais hídricas, ou o aproveitamento a fio de água são a única forma de aproveitamento hidroelétrico desta região.

Um dos problemas das energias renováveis, como a energia hídrica, é a dependência das condições climáticas, não havendo uma constante produção de energia elétrica. No entanto a forte precipitação que se faz sentir no arquipélago e os seus declives acentuados são pontos a favor desta energia. Os declives acentuados originam uma densa rede radial de drenagem ao longo dos maciços vulcânicos. Esses caudais escoados bem como a sua velocidade de escoamento são grandes.

Existem vários tipos de riscos que podem ser associados às centrais hídricas, como riscos internos e externos. Os riscos internos considerados serão todos os riscos associados à estrutura da central, como rotura do açude, envelhecimento das estruturas e explosão da central. Esta última consideração pode ter como fonte vandalismo, ação humana, ou por ações hidráulicas, como mudanças de pressões. Os riscos naturais, ou externos, considerados serão as tempestades, cheias, deslizamento de terrenos e os sismos. Estes riscos naturais estão associadas a estas centrais, devido às condições geológicas e climatológicas da região (Santos, 2006).

Segundo o Regulamento de Segurança de Barragens, Diário da República 1.ª série – N.º 198 – 15 de outubro de 2007, artigo 4.º, o planeamento de emergência é um conjunto de medidas que integra a avaliação dos danos potenciais e os procedimentos a adotar pelos diferentes intervenientes com vista a fazer face a situações de emergência associadas a ondas de inundação. O sistema de alerta é definido como o conjunto organizado de recursos humanos e meios técnicos que tem por funções informar os serviços e agente de proteção civil face à iminência, ocorrência ou evolução de uma situação de emergência.

Contudo, na ilha Graciosa não existem infraestruturas desta tipologia.

## 2.9.11 | Poluição accidental

O risco associado à poluição accidental pode ser caracterizado segundo fontes de poluição tóxicas e difusas. Considera-se poluição tóxica a poluição causada por uma forma de matéria ou de energia bem identificada e a poluição difusa como a poluição que é causada por múltiplas matérias ou energias.

### 2.9.11.1 | Poluição tóxica

No estudo da RH9 foram identificadas várias fontes de poluição tóxica no decorrer da caracterização e avaliação das massas de água superficiais, subterrâneas e costeiras, nomeadamente:

- Instalações PCIP: as instalações mencionadas no Decreto-Lei n.º 172/2008, Anexo I, existentes na região do RH9 são:
  - 1.1 – Energia: Instalações de combustão com potência calorífica de combustão superior a 50MW;
  - 5.4 – Aterros de resíduos urbanos ou de outros resíduos não perigosos, com exceção dos aterros de resíduos inertes, que recebam mais 10t por dia ou com uma capacidade total superior a 25 000t;
  - 6.4 – Instalações destinadas a: a) Matadouros com uma capacidade de produção de carcaças superior a 50t por dia; b) ii) Matérias-primas vegetais com uma capacidade de produção de produto acabado superior a 300t por dia (valor médio trimestral); c) Tratamento e transformação de leite, sendo a quantidade de leite recebida superior a 200t por dia (valor média anual);
  - 6.6 – Instalações para a criação intensiva de aves de capoeira ou de suínos, com espaço para mais de: a) 40 000 aves; b) 2 000 porcos de produção (de mais de 30kg);
- Efluentes Urbanos:
  - Tratamento de águas residuais;
  - Descargas de águas residuais;
- Efluentes Industriais:
  - Indústrias de laticínios;

- Matadouros;
- Unidades de preparação de carne;
- Indústria transformadora da pesca e conservas;
- Indústria cervejeira e de refrigerantes;
- Aterros Sanitários;
- Indústria Extrativa;
- Substâncias Perigosas;
- Transportes Marítimos.

São identificadas no Quadro 2.9.16 as atividades desenvolvidas nas áreas das massas de água subterrâneas e costeiras, para a ilha Graciosa, que contribuem ou possam contribuir como fontes de poluição tóxica.

**Quadro 2.9.16** | Fontes de poluição tóxica na ilha Graciosa

Fontes de Poluição Tóxica	Concelho, Local	Tipologia
Fossa séptica coletiva	Santa Cruz, Cais da Barra	Águas costeiras
Descarga direta em meio recetor	Santa Cruz, Ponta da Pesqueira	Águas costeiras
Fábrica de lacticínios	Santa Cruz	Águas costeiras
Matadouro da Graciosa	Santa Cruz	Águas costeiras
Vazadouro	Santa Cruz, Barro Vermelho	Águas costeiras
Dragagem de areia	Santa Cruz, Ponta da Barca e esperança Velha	Águas costeiras
Dragagem de areia	Santa Cruz, entre Beira Mar e Ponta do Enxudreiro	Águas costeiras
Indústria extrativa	Santa Cruz, São Mateus	Águas costeiras
Pressão associada à pressão turística	Santa Cruz	Águas costeiras
Substâncias Perigosas	Santa Cruz	Águas costeiras
Armazenagem de combustíveis - Bencom, S.A	Santa Cruz, Praia	Águas costeiras
Efluentes domésticas	Santa Cruz	Águas subterrâneas
Efluentes industriais	Santa Cruz	Águas subterrâneas

### 2.9.11.2 | Poluição difusa

São identificadas para toda a RH9 como principais fontes de poluição difusa:

- As atividades e usos associados à agricultura/floresta e agropecuária;
- As rejeições domésticas e industriais;
- Outras pressões (escorrências de zonas urbanas, lixeiras a céu aberto, limpeza de fossas, operações associadas a atividades marítimas).

Na ilha Graciosa em específico são identificadas no Quadro 2.9.17 algumas atividades que poderão contribuir como fontes de poluição difusa sobre determinadas massas de água.

**Quadro 2.9.17** | Fontes de poluição difusa na ilha Graciosa

Atividade	Concelho, Local	Tipologia
Agropecuária	Santa Cruz	Águas costeiras
Vazadouro	Santa Cruz	Águas costeiras
Pecuária	Santa Cruz	Águas subterrâneas
Agricultura e exploração florestal	Santa Cruz	Águas subterrâneas

## 3 | Caracterização das Massas de Água

### 3.1 | Massas de água superficiais

A identificação e caracterização das massas de água superficiais constituem importantes pontos focais no âmbito do novo quadro da política da água, no sentido em que esses corpos de água constituem as unidades de gestão onde se avaliará o estado do recurso resultante da aplicação dos objetivos ambientais traçados. De acordo com a DQA, uma massa de água de superfície é “uma massa distinta e significativa de águas de superfície, como por exemplo um lago, uma albufeira, um ribeiro, rio ou canal, um troço de ribeiro, rio ou canal, águas de transição ou uma faixa de águas costeiras”.

A implementação deste conceito de massa de água deve ser entendido como uma ferramenta para a prossecução dos objetivos ambientais e não como um objetivo em si (WFD-CIS, 2003). Neste sentido, uma massa de água deve ser uma subunidade coerente de uma bacia hidrográfica à qual possam ser aplicados os objetivos da DQA. Só uma correta definição e caracterização das massas de água permitirá a determinação precisa do seu estado e a sua comparação com os objetivos ambientais para ela definidos.

#### 3.1.1 | Tipos de massas de água

Os tipos de massas de água são grupos de massas de água com características geográficas e hidrológicas relativamente homogéneas, consideradas relevantes para a determinação das condições ecológicas.

Para a ilha Graciosa e segundo a definição apresentada na DQA (Parlamento & UE, 2000) estão presentes massas de água relevantes das seguintes categorias:

- Águas costeiras.

##### 3.1.1.1 | Delimitação das ecorregiões e dos tipos de massas de água

De acordo com a Lei da Água, as massas de água de superfície serão diferenciadas por tipos, adotando uma metodologia de agrupamento de corpos de água com características físicas e morfológicas homogéneas, mediante a aplicação do Sistema A ou do Sistema B. No Sistema A é aplicado um conjunto de fatores obrigatórios, aos quais acresce um conjunto de fatores facultativos no Sistema B.

No âmbito do PRA, procedeu-se inicialmente à diferenciação das massas de água superficiais quanto ao tipo, tendo-se testado a aplicação do Sistema B nas lagoas e do Sistema A nas ribeiras, águas costeiras e massas de água artificiais, em resultado da escassez de informação disponível para estas categorias. Os resultados obtidos com a aplicação do sistema A demonstraram interesse em aplicar o Sistema B na classificação das ribeiras da RH9, tendo em conta as especificidades derivadas das condições geográficas, climáticas e geológicas do arquipélago e de modo a permitir uma maior representatividade desta categoria.

A DQA define para o sistema A, 25 ecorregiões com base nas massas de água interiores (rios e lagos), para os seus Estados-Membros. Como na RAA as massas de água interiores foram tipificadas de acordo com os sistema B, não

poderemos delimitar uma ecorregião para este tipo de massas de água. Nos termos do Decreto-Lei n.º 112/2002, de 17 de abril, o Arquipélago dos Açores encontra-se na Região Hidrográfica 9 de Portugal (RH9), que integra todas as bacias hidrográficas de todas as ilhas do arquipélago, incluindo as respetivas águas subterrâneas e águas costeiras.

### 3.1.1.1.1 | Ribeiras

A primeira proposta de tipificação das ribeiras dos Açores foi elaborada no âmbito do PRA em 2001 (DROTRH & INAG, 2001), tendo então sido adotado o Sistema A. Essa classificação abrangia apenas 8 ribeiras agrupadas num único tipo (A-R-P/M/S), correspondente a ribeiras com pequenas bacias (10 a 100 Km<sup>2</sup>), de média altitude (entre os 200 e 800 m) e de natureza siliciosa, localizadas em São Miguel e Flores. Em 2006, no âmbito do Relatório Síntese da Caracterização da Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores (SRAM & INAG, 2006), foi proposta uma nova tipologia para as ribeiras dos Açores assente no sistema B (fatores obrigatórios: latitude, longitude, altitude, dimensão (baseado na área de drenagem) e geologia; fator facultativo: o caudal fluvial – escoamento). Para o fator altitude foi considerada uma única classe de variável contínua, enquanto para o fator geologia foi considerado que todas as ribeiras estão inseridas em bacias de natureza siliciosa (os solos vulcânicos integram na sua composição compostos siliciosos). Para o fator dimensão optou-se por utilizar as classes de dimensão do sistema A, de acordo com as quais todas as ribeiras designadas na Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores são de pequena dimensão (área de drenagem entre 10 e 100 Km<sup>2</sup>). O fator facultativo caudal (escoamento) fluvial foi constituído por uma única classe que engloba as ribeiras de caudal permanente. A lista de fatores utilizados encontra-se resumida no Quadro 3.1.1.

**Quadro 3.1.1** | Lista de fatores utilizados na definição da tipologia das ribeiras na Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores

	Fatores	Variável	Classes
Fatores obrigatórios	Latitude	Latitude (°)	Classe única que contém os limites da região hidrográfica
	Longitude	Longitude (°)	Classe única que contém os limites da região hidrográfica
	Altitude	Altitude (m)	Variável contínua
	Dimensão	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Pequena: $10 \leq P \leq 100$
			Média: $100 < M \leq 1\ 000$
Geologia	Tipo de solo	Calcário: C Silicioso: S Orgânico: O	
Fatores facultativos	Categoria do caudal fluvial	Categoria do caudal	Caudal permanente: P

Esse sistema de tipificação das ribeiras da RH9 permitiu circunscrever a classificação apenas às ribeiras de caudal permanente e eliminar a diferenciação das massas de água em função da altitude, transformando esta numa classe única. Com esta alteração, a autoridade de gestão dos recursos hídricos pretendia evitar a fragmentação das massas de água e abranger um maior número dos cursos de água designados, até então limitado pela dimensão em cada classe de altitude. A classificação aí proposta considera um único tipo (B-R-C/P/S/P) de ribeiras nos Açores. A designação adotada assenta no sistema de classificação utilizado (B), na categoria de massa de água (R), na classe

altitude contínua (C), na pequena dimensão das massas de água (P), na composição siliciosas do substrato (S) e na natureza permanente do caudal (P).

Entretanto, os estudos sobre as comunidades biológicas (diatomáceas e macroinvertebrados bentónicos) das ribeiras mostraram a existência de distintas comunidades tipo em locais considerados de referência, isto é, em locais com baixos níveis de pressão antrópica. Gonçalves *et al.* (2007) identificaram três grupos distintos de ribeiras, um característico da ilha das Flores (R\_FL) e outros dois dentro da ilha de São Miguel (R\_SMG\_A e R\_SMG\_B). Segundo os autores, parece ser óbvio que o fator latitude é bastante importante na distribuição das comunidades no arquipélago dos Açores, mas alertaram para a necessidade de estudos mais aprofundados em relação aos outros elementos (hidromorfológicos e físico-químicos) definidos pela DQA, que deverão ser efetuados para confirmar a validade destes tipos definidos somente pela componente biológica e para a necessidade do aumento dos locais de referência para validar os resultados obtidos, uma vez que o universo de locais até então estudado era composto por apenas seis possíveis locais de referência.

Apesar de ainda subsistirem numerosas lacunas no que se refere à caracterização hidromorfológica destas massas de água, nomeadamente a necessidade de implementação do sistema de caracterização e avaliação do habitat ribeirinho (e.g. RHS – River Habitat Survey), o conhecimento sobre as comunidades biológicas destes habitats é hoje bastante mais vasto. Dados recentes sobre as comunidades de organismos bentónicos (diatomáceas e macroinvertebrados) das ribeiras que integram a rede de monitorização das massas de água interiores da Região Hidrográfica Açores mostram que a sua distribuição está fortemente correlacionada com a altitude. Esse gradiente altitudinal é evidente quando se analisam a totalidade das ribeiras (Figura 3.1.1), onde poderá estar mascarado pelo aumento da pressão antrópica com a diminuição da altitude, como também quando consideramos apenas as ribeiras com impacte antrópico pouco significativo (Figura 3.1.2). Este resultado não é surpreendente pois é conhecida a relação entre a distribuição das diatomáceas e dos macroinvertebrados com a altitude (e.g. Van Dam, Mertens, Sikeldam, 1994; Dudgeon, 2008; Hughes *et al.*, 2009; Fisher *et al.*, 2010).

De acordo com Dudgeon (2008), a altitude é o principal fator determinante da composição e diversidade dos macroinvertebrados em ribeiras de regiões tropicais. Numa recente caracterização em larga escala, abrangendo 1197 locais e 1397 amostras, de diferentes tipos de biótopos de diatomáceas em diversos países da Europa e a sua relação com diversas variáveis ambientais, confirmou-se que a altitude é um dos principais fatores na explicação da variabilidade das comunidades de diatomáceas bentónicas (Fisher *et al.*, 2010). De acordo com os autores deste estudo, o efeito da altitude está provavelmente relacionado com carateres hidrológicos, tais como, a sazonalidade do caudal e a velocidade e tipo de corrente, separando troços de rios de baixa altitude e elevada ordem dos troços localizados a altitude elevada e de baixa ordem.



dos locais incluídos na rede de monitorização de ribeiras da RH9 não permitem estabelecer com rigor os limites de separação altitudinal entre esses tipos. Por outro lado, a divisão das ribeiras em tipos baseados na altitude, conduziria à fragmentação e à consequente redução do número de ribeiras abrangidas por este sistema de classificação pois o número de massas de água com dimensão superior a 10km<sup>2</sup> em cada tipo altitudinal seria muito reduzido (como já havia sido constatado na execução do PRA). Esta situação poderia ser obviada com a introdução de um novo limite mínimo para as classes de tamanho, de forma idêntica ao que foi efetuado para a categoria lagoas. Tal opção iria aumentar de forma muito significativa o número de massas de água designadas na categoria rios, o que, nesta fase, iria colocar enormes constrangimentos à gestão destes ecossistemas.

Assim, face às lacunas de conhecimento ainda existentes e aos constrangimentos ao nível da gestão destes ecossistemas, optou-se por considerar neste plano de gestão de recursos hídricos um único tipo de ribeiras na Região Hidrográfica Açores, coincidente com o adotado pela SRAM/INAG (2006) no Relatório Síntese de Caracterização da Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores, cujas principais características são apresentadas no Quadro 3.1.2. No âmbito dos programas de medidas do PGRH da RH9 serão propostos estudos que permitam reavaliar a tipologia de rios nos Açores tendo em consideração o gradiente altitudinal, a dimensão mínima da área de drenagem e o tipo de caudal.

**Quadro 3.1.2** | Tipo identificado para a categoria rios na Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores

Designação do tipo	Fatores Obrigatórios					Fator facultativo
	Altitude (m)	Latitude (°)	Longitude (°)	Dimensão (km <sup>2</sup> )	Geologia	Categoria do caudal fluvial
B-R-C/P/S/P	Contínua (C) 0-1105	36°45' a 39°43'	24°32' a 31°17'	Pequena (P)	Silicioso (S)	Permanente (P)

Todas as ribeiras identificadas na ilha Graciosa possuem bacias de drenagem com área inferior a 10km<sup>2</sup>, e são todas de caudal não permanente. Assim, na ilha Graciosa não existe nenhuma massa de água da categoria rios que se inclua na tipologia definida.

### 3.1.1.1.2 | Lagoas

A primeira proposta de tipificação das lagoas dos Açores foi elaborada no âmbito do PRA em 2001, onde foi adaptado o Sistema B abrangendo vinte e duas lagoas divididas em cinco tipos, localizadas em cinco ilhas do Arquipélago. Esta classificação colocou dificuldades pois dois dos tipos incluíam apenas uma lagoa (lagoa Verde e lagoa do Caiado).

Uma segunda proposta foi elaborada por Gonçalves et al, (2006b), onde os autores, após uma classificação morfo-climática, definiram três tipos de lagoas para o Arquipélago dos Açores. Nesta tipologia, os principais fatores de separação assentaram na profundidade e na dimensão da massa de água das lagoas. Para a definição das tipologias, estes autores, apresentaram uma proposta que assenta na análise dos fatores indicados no Quadro 3.1.3.

**Quadro 3.1.3** | Lista de fatores utilizados na definição da tipologia de lagoas na Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores

	Fatores	Variável	Classes
Fatores obrigatórios	Latitude	Latitude (°)	Classe única que contém os limites da região hidrográfica
	Longitude	Longitude (°)	Classe única que contém os limites da região hidrográfica
	Altitude	Altitude (m)	Baixa: B <200 Média: 200 <M <900 Grande: G > 900

Fatores	Variável	Classes
Dimensão	Área do plano de água (km <sup>2</sup> )	Micro: 0,01 < MI < 0,5 Muito pequena: 0,5 < MP < 5 Pequena: 5 < P < 10 Média: 10 < M < 100 Grande: G > 100
		Rochas ácidas (traquitos s.l.) Rochas básicas (basaltos s.l.)
Fatores facultativos	Profundidade média	Profundidade média das águas (m) Pouco Profunda: PP <3 Profunda: 3 <P <15 Muito Profunda: MP> 15
	Forma	Coefficiente de circularidade – K <sub>0</sub> Alongada k <sub>0</sub> <0.5 Elíptica k <sub>0</sub> > 0.5 - <0.8 Circular k <sub>0</sub> > 0.8
	Tempo de residência	Tempo (anos) Curto < 0.3 Médio >0.3-<1 Longo > 1
	Características de mistura	Mistura Holomítico Monomítico
Outros fatores	Enquadramento geomorfológico	Caldeira de subsidência Maar Cratera em cone de pedra pomos Cratera em cone de escórias Anel de tufos Depressão tectónica Depressão topográfica
	Índice de permanência	Muito pequeno<0.1 Pequeno >0.1 - <0.5 Médio >0.5 - <1 Grande >1
	Índice de desenvolvimento das margens	Pequeno <1.2 Médio <1.2 – <1.5 Grande >1.5
	Área da bacia hidrográfica	Área (Km <sup>2</sup> ) Muito Pequena<0.01 Pequena >0.01 – <0.1 Média>0.1 - <1 Grande>1
	Declive média da bacia hidrográfica	Pequeno < 25% Médio 25 a 50 % Grande > 50%
	Precipitação média anual da bacia hidrográfica	Precipitação (mm) Baixa < 2000 Média >2000 - <4000 Elevada >4000

Para os fatores altitude e profundidade média adotaram as classes propostas no Anexo II da DQA. Relativamente à latitude e longitude optaram por considerar uma classe única para todo o arquipélago, considerando que o seu gradiente não se traduz numa diferenciação ecológica destes sistemas. Atendendo às dimensões das lagoas regionais, definiram-se cinco classes de dimensão, consideram como limite mínimo para a classe de micro dimensão 1ha (0,01km<sup>2</sup>), o intervalo entre 0,5 e 5Km<sup>2</sup> para as de muito pequena dimensão, entre 5 e 10Km<sup>2</sup> para as de pequena dimensão e mantiveram-se os intervalos definidos no sistema A da DQA para as classes de maior dimensão (média e grande). A classificação geológica natural comporta apenas duas classes: rochas ácidas e rochas básicas. As rochas ácidas, ricas em sílica, incluem os traquitos em sentido lato. As rochas básicas, com teores de sílica muito inferiores, incluem os basaltos em sentido lato. A caracterização geológica foi feita com base em Zbysewski (1961), Azevedo (1998) e Nunes (1999). Quanto à morfologia do edifício vulcânico onde se encontra a lagoa – enquadramento geomorfológico – adotaram pela classificação proposta por Constância *et al*, (1997).

Após análise detalhada, Gonçalves *et al.* (2006b) definiram três tipos de lagoas para o Arquipélago dos Açores. Um dos tipos existente apenas na ilha de São Miguel, é constituído pelas lagoas de maior dimensão (área superior a 80ha) localizadas no interior de caldeiras de subsidência, compreendidas entre os 300 e 500m de altitude. São lagoas profundas, monomíticas, com índices de permanência e tempos de residência elevados. O segundo tipo de lagoas, predominante na ilha das Flores, incluem-se lagoas de reduzida dimensão localizadas maioritariamente no interior de crateras de explosão hidromagmática (Maars), compreendidas entre os 400 e 550m de altitude. As lagoas deste tipo são igualmente profundas mas têm índices de permanência muito inferiores. O terceiro tipo, presente nas ilhas de São Miguel, Pico, Flores e Corvo, é representado por lagoas de reduzida dimensão, de baixa profundidade, consequentemente sem estratificação, e com um índice de permanência muito baixo ( $\leq 0,1$ ), compreendidas entre os 600 e 800m de altitude.

Posteriormente, Gonçalves (2008) e Gonçalves *et al.*, (2008) verificaram que de todas as comunidades biológicas por eles estudadas (fitoplâncton, diatomáceas e macroinvertebrados bentónicos), o fitoplâncton e as diatomáceas bentónicas são as comunidades que produzem uma classificação mais próxima da obtida pela análise morfo-climática. Contudo, a análise destas comunidades permitiu distinguir apenas dois grupos de lagoas, um deles coincidente com o terceiro tipo morfo-climático e o outro corresponde ao conjunto dos dois primeiros tipos. A junção destes dois tipos de lagoas havia já sido discutida na classificação abiótica (Gonçalves *et al.*, 2006b) tendo sido então confirmada pela análise das componentes fitoplâncton e de diatomáceas bentónicas.

São assim definidos dois tipos de lagoas nos Açores: lagoas profundas (B-L-M/MI-MP/S/P) e lagoas pouco profundas (B-L-M/MI/S/PP). O tipo B-L-M/MI-MP/S/P é caracterizado por lagoas profundas, monomíticas, de pequena a grande dimensão, localizadas no interior de caldeiras de subsidência ou crateras de explosão hidromagmática (Maars), situadas a média altitude. Nestas lagoas a zona limnética é bastante maior que a zona litoral o que resulta no predomínio das comunidades planctónicas relativamente às bentónicas. O tipo B-L-M/MI/S/PP caracteriza-se por lagoas de baixa profundidade, consequentemente sem estratificação, de muito pequena dimensão, com um índice de permanência muito baixo ( $\leq 0,1$ ) e localizadas a média a elevada altitude. Nestas lagoas a zona limnética está praticamente ausente, predominando, por isso, as comunidades bentónicas litorais.

Todas as lagoas identificadas na ilha Graciosa possuem dimensões inferiores a  $0,01\text{km}^2$ . Assim, na ilha Graciosa não existe nenhuma massa de água da categoria lagoas que se inclua nas tipologias definidas.

### 3.1.1.1.3 | Águas costeiras e de transição

Segundo a DQA, designam-se por águas costeiras “as águas de superfície localizadas entre terra e uma linha cujos pontos se encontram a uma distância de uma milha náutica (1852m), na direção do mar, a partir do ponto mais próximo da linha de base a de delimitação das águas territoriais, estendendo-se, quando aplicável ao limite exterior das águas de transição”.

Por sua vez, as águas de transição designam as “massas de água de superfície na proximidade da foz dos rios, que têm um carácter parcialmente salgado em resultado da proximidade de águas costeiras, mas que são significativamente influenciadas por cursos de água doce”. As massas de água salobra que ocorrem na Região dos Açores não constituem sistemas na proximidade da foz de rios, nem são significativamente influenciados por cursos de água doce. No entanto, constituem massas de água que, pela sua situação de fronteira entre o ambiente terrestre e o ambiente marinho, apresentam características intermédias, nomeadamente no que se refere à salinidade. Encontram-se nestas condições

algumas lagoas costeiras que, apesar da sua grande importância em termos ecológicos e socioeconómicos, não são sujeitas a procedimentos de monitorização de quantidade e qualidade das suas águas (PRA, 2001b).

Os fatores previstos para a definição da tipologia destas massas de água são apresentados no Quadro 3.1.4. Entre os fatores, poderá discriminar-se a latitude e longitude específica de cada grupo de ilhas. A generalidade dos restantes fatores é comum a qualquer ilha.

**Quadro 3.1.4** | Lista de fatores propostos para a definição da tipologia das águas superficiais costeiras e de transição da RH9

Categories	Descritores	Fatores	Variáveis/critérios	Classes
Águas de transição	Obrigatórios	Latitude	Latitude (°)	36° 45' - 39° 43'
		Longitude	Longitude (°)	24° 32' - 31° 17'
		Amplitude das marés	Amplitude média das marés (m)	Pequena amplitude: P < 2 Média amplitude: 2 < M < 4 Grande amplitude: G > 4
		Salinidade	Salinidade anual (‰) média	Água doce: A < 0,5 Oligohalina: 0,5 < O < 5 Mesohalina: 5 < M < 18 Polihalina: 18 < P < 30 Euhalina: 30 < E < 40
	Facultativos	Profundidade	Profundidade das águas (m) média	Pouco profunda: PP < 3 Profunda: 3 < P < 15 Muito profunda: MP > 15
		Temperatura média	Temperatura das águas (°C) média	A definir com base nos dados da rede de monitorização
Águas costeiras	Obrigatórios	Latitude	Latitude (°)	36° 45' - 39° 43'
		Longitude	Longitude (°)	24° 32' - 31° 17'
		Amplitude das marés	Amplitude média das marés (m)	Pequena amplitude: P < 2 Média amplitude: 2 < M < 4 Grande amplitude: G > 4
		Salinidade	Salinidade anual (‰) média	Água doce: A < 0,5 Oligohalina: 0,5 < O < 5 Mesohalina: 5 < M < 18 Polihalina: 18 < P < 30 Euhalina: 30 < E < 40
	Facultativos	Profundidade	Profundidade das águas (m) média	Pouco profunda: PP < 30 Profunda: 30 < I < 200 Profunda: P > 200
		Temperatura média	Temperatura das águas (°C) média	A definir com base nos dados da rede de monitorização

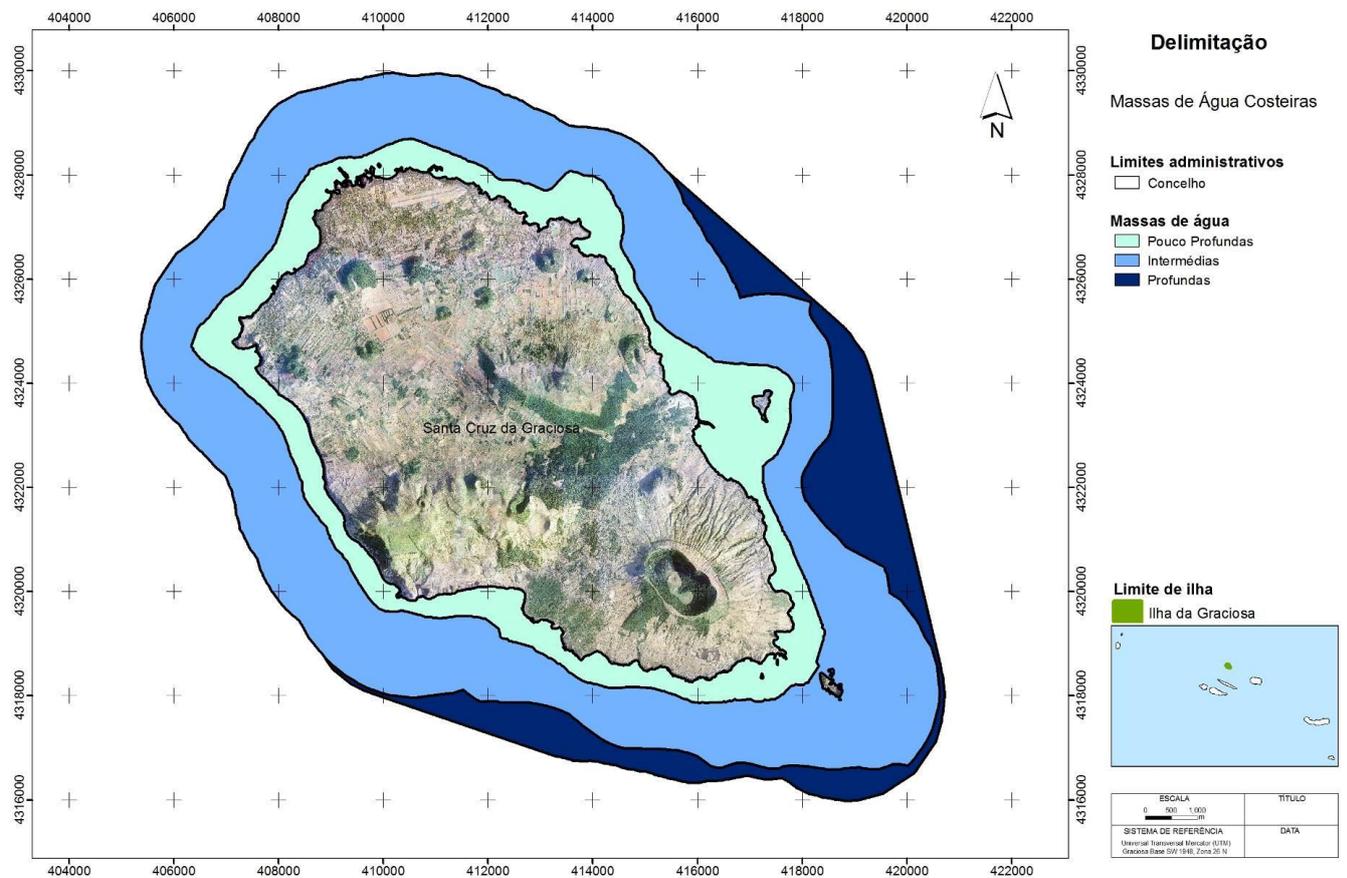
Assim, tendo em conta os condicionalismos anteriormente descritos, as águas costeiras foram classificadas de acordo com os fatores obrigatórios de Eco-Região, salinidade e profundidade, tendo sido indentificadas como pertencentes à Eco-Região do Atlântico Norte e como Euhalinas, classe cujos valores de salinidade se encontram entre 30 e 40 ‰, em toda a gama de profundidades. As três categorias de profundidade (pouco profundas, intermédias e profundas) encontram-se representadas em todas as ilhas. Estas três categorias são propostas, tendo por base o trabalho de Azevedo, 2005, de acordo com a variação da profundidade média, Quadro 3.1.5.

**Quadro 3.1.5** | Lista de tipos propostos para a categoria “Água Costeira” nos Açores

Tipo	Ecorregião	Salinidade média anual	Profundidade média
PP	Atlântico Norte	Eu-halino (30-40 ‰)	Pouco profundas (< 30 m)
I	"	"	Intermédias (30-200 m)
P	"	"	Profundas (> 200 m)

Fonte: Azevedo (2005)

A Figura 3.1.3 apresenta as massas de água costeiras delimitadas para a ilha Graciosa.



**Figura 3.1.3** | Massas de água costeiras designadas e delimitadas para a ilha Graciosa.

Assim, as principais características para estas massas de água estão sistematizadas no Quadro 3.1.6.

**Quadro 3.1.6** | Tipo identificado para a categoria águas costeiras na ilha Graciosa

Designação do tipo	Código	Fatores Obrigatórios		
		Ecorregião	Profundidade	Salinidade (%)
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	Atlântico Norte	Pouco Profunda	Euhalina
A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	Atlântico Norte	Intermédia	Euhalina
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	Atlântico Norte	Profunda	Euhalina

#### 3.1.1.1.4 | Massas de água fortemente modificadas

Não foram identificadas massas de água fortemente modificadas nas águas interiores nem nas águas de transição e costeiras da RAA. Nos termos previstos pela DQA, o processo de identificação provisória poderá ser retomado se existir informação adicional, ao longo do processo de implementação da DQA, que permita colmatar as lacunas de conhecimento existentes. Os dados disponíveis não indicam alterações hidromorfológicas significativas, derivadas de alterações físicas, nas massas de água (RSCRHA, 2006).

No que concerne às massas de água fortemente modificadas, deve efetuar-se uma identificação preliminar em função da magnitude das suas alterações hidromorfológicas, como resultado das alterações físicas provocadas pelas atividades humanas que poderão impedir o alcance do bom potencial ecológico. No caso de se dispor previamente de dados suficientes para a avaliação dos elementos hidromorfológicos, pode-se prescindir da identificação preliminar. A caracterização da RH9 desenvolvida pela DROTRH da SRAM não evidencia, de acordo com os dados atualmente disponíveis, alterações hidromorfológicas significativas em nenhuma das ilhas da RAA, nem, especificamente, para Graciosa.

Refira-se ainda que para a identificação definitiva de uma massa de água provisoriamente candidata a fortemente modificada é necessário avaliar os elementos hidromorfológicos de referência que sejam afetados pela alteração física, e verificar o incumprimento dos valores correspondentes ao Bom estado. Para tal, é fundamental concluir a caracterização das condições de referência do estado ecológico para as massas de água superficiais da Região.

No entanto, no caso das massas de água costeiras, devem ser propostas/consideradas para que sejam classificadas como “Massas de Água Fortemente Modificadas”, zonas que apresentem uma alteração significativa ao nível da: hidromorfologia, da área intertidal, da função, da artificialização das margens, do regime de agitação e correntes dominantes locais. Nestas características inserem-se as todas as áreas portuárias comerciais e de recreio áreas que necessitam de uma reflexão da atual classificação, devido às intervenções que têm vindo a ser efetuadas. Deste modo será proposto em programa de medidas a definição dos parâmetros e consequente redelimitação de massas de água fortemente modificadas.

#### 3.1.1.1.5 | Massas de água artificiais (AA)

De acordo com o Relatório Síntese de Caracterização da Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores (SRAM/INAG, 2006), efetuou-se uma identificação preliminar de massas de água artificiais para a RH9, onde foram apenas encontradas lagoas artificiais nesta categoria de massas de água. A tipologia das massas de água artificiais foi definida com base nos seguintes critérios: latitude, longitude, altitude, dimensão (baseado na área do plano de água) e profundidade (profundidade média das águas). Sendo as lagoas artificiais estanques, o fator geologia não foi tido em conta, uma vez que a qualidade da água não é influenciada pela natureza do solo adjacente.

À data do referido relatório foram identificadas para a RH9 três lagoas artificiais cujas características são apresentadas no Quadro 3.1.7.

**Quadro 3.1.7** | Principais características das massas de água artificiais identificadas na Região Hidrográfica Arquipélago dos Açores

Massa de água artificial	Categoria (massa de água natural semelhante)	Altitude (m)	Fatores Obrigatórios			Profundidade
			Latitude (°)	Longitude (°)	Dimensão (km <sup>2</sup> )	
Lagoa artificial Altares/Raminho	Lagos	Média	36°45' a 39°43'	24°32' a 31°17'	0,0763	*
Lagoa artificial do Faial	Lagos	Média	36°45' a 39°43'	24°32' a 31°17'	0,0072	*
Lagoa artificial do Corvo	Lagos	Média	36°45' a 39°43'	24°32' a 31°17'	0,0032	*

Contudo, o aperfeiçoamento e evolução das metodologias ao longo dos últimos anos levou à constatação de que, de facto, a adaptação que foi efetuada aos fatores obrigatórios para identificação e delimitação dessas massas de água era demasiado profunda, e não se revelou adequada a identificação dessas massas de água no âmbito do artigo 5.º da DQA, uma vez que seria necessário alterar significativamente as dimensões mínimas obrigatórias para que estas fossem consideradas.

Neste contexto, foi assumido que estas massas de água não devem ser incluídas nos PGRHI e, subsequentemente, no PGRH–Açores.

### 3.1.1.2 | Distribuição dos tipos

No Quadro 3.1.8 é apresentada a distribuição dos tipos e número de massas de água para as categorias de águas de superfície acima referidas para a ilha Graciosa.

**Quadro 3.1.8** | Distribuição dos tipos de massas de água e número de massas de água por tipo na ilha Graciosa

Categoria	Designação do Tipo	Código	Número de Massas de Água
Ribeiras	B-R-C/P/S/P		0
Lagoas	B-L-M/MI-MP/S/P		0
	B-L-M/MI/S/PP		0
Águas de transição	-		-
Águas costeiras	A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	1
	A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	1
	A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	1
Águas fortemente modificadas	-		-
Águas artificiais	-		-

### 3.1.1.3 | Identificação das condições de referência

A implementação de uma rede de monitorização das massas de água interiores da RH9 para a caracterização físico-química e biológica dessas massas de água iniciou-se em 2003 nas ilhas de São Miguel e Santa Maria, tendo sido alargada às ilhas do Pico, Faial, Flores e Corvo em 2005. Esta rede teve como objetivo caracterizar as massas de água da RH9 e definir e/ou confirmar os locais de referência para a determinação do estado ecológico. Os resultados obtidos

para as águas superficiais interiores (Gonçalves *et al*, 2005; Gonçalves *et al*, 2006a; Gonçalves *et al*, 2007; 2008; Gonçalves *et al*, 2009a; b) (Gonçalves *et al*, 2005; Gonçalves *et al*, 2006a; Gonçalves *et al*, 2007; 2008; Gonçalves *et al*, 2009a; b) permitiram confirmar que alguns dos locais designados à priori como referências possuem comunidades características de meios com reduzido impacte antrópico mas que outros apresentam alterações significativas nesses comunidades. Seguidamente, apresentam-se os locais considerados referência para cada categoria e tipo de massa de água superficiais interiores.

#### 3.1.1.3.1 | Ribeiras

Como foi referido anteriormente no ponto 3.1.1.1 – Ribeiras, não existe nenhuma massa de água identificada para a categoria rios que se inclua na tipologia definida para a RH9, não podendo assim haver locais de referência para a ilha Graciosa.

#### 3.1.1.3.2 | Lagoas

Como foi referido anteriormente no ponto 3.1.1.2 – Lagoas, não existe nenhuma massa de água identificada para a categoria lagoas que se inclua na tipologia definida para a RH9, não podendo assim haver locais de referência para a ilha Graciosa.

#### 3.1.1.3.3 | Águas costeiras e de transição

Na ilha Graciosa, e no que diz respeito às águas costeiras, iniciou-se, em abril de 2011, um conjunto de campanhas de monitorização, com o objetivo de caracterizar as condições de referência. Existem estudos sobre essas massas de água que poderão contribuir para a validação dos tipos definidos e para a seleção de locais de referência. A partir da análise pericial efetuada verificou-se, devido às próprias características tipológicas das massas de água costeiras e as pressões antropogénicas existentes, é provável, que para as três tipologias de águas costeiras da RH9, as massas de água costeiras não apresentem desvios significativos ao Bom estado ecológico. Contudo, até à data não foram desenvolvidas metodologias para a definição dos valores de referência.

Segundo o RCRH, 2006, a delimitação das massas de água costeiras Pouco Profundas (< -30 m) utilizou o critério geométrico, traçando linhas perpendiculares à linha paralela à linha de base deslocada de uma milha para o lado do mar, perpendiculares essas que terminam na costa em coincidência com o limite das linhas que delimitam em terra as Regiões Hidrográficas. Para as massas de água costeiras de profundidade Intermédia e Profundas o critério geométrico foi reajustado, tendo sido abrangidas na delimitação as zonas homogéneas contíguas. A delimitação foi realizada de acordo com a análise pericial por Azevedo, 2005.

Para a delimitação das massas de água da categoria águas costeiras aplicou-se sequencialmente os fatores gerais da metodologia de delimitação das massas de água. Para as três tipologias das águas costeiras da RH9, todas de costa aberta, o principal critério de delimitação baseou-se na análise pericial das pressões significativas. Verificou-se que as pressões sobre as águas costeiras na RH9 estão associadas a zonas de elevada densidade populacional, desde logo pela poluição gerada pelas águas residuais urbanas e industriais, mas também porque é aí que estão localizados os portos e se tendem a concentrar as estruturas de lazer costeiro. Na ausência de elementos de caracterização, as pressões antropogénicas identificadas e referidas acima foram consideradas como indicador da qualidade química e ecológica das águas costeiras da RH9 e assim referência para a delimitação das massas de água costeiras.

Verificou-se que as pressões antropogénicas eram insignificativas ou mesmo nulas para os tipos de massas de água costeiras Intermédias e Profundas, pelo que a sua delimitação baseou-se nas variações tipológicas e nas próprias características geográficas da RH9, tendo em conta o contorno da ilha.

Apesar da monitorização iniciada, as massas de água costeiras carecem do estabelecimento de parâmetros quantitativos (métricas, índices) das condições de referência, que permitam, de uma forma simples, determinar/quantificar o desvio das massas de água em análise.

## 3.2 | Massas de água subterrâneas

### 3.2.1 | Delimitação das massas de água

Como referido no ponto 2.3.4 do presente relatório, na ilha Graciosa foram delimitadas nove massas de água. A respetiva delimitação, realizada no âmbito do relatório de caracterização preliminar da RH9, assentou sobre os sistemas aquíferos cartografados no decurso da elaboração do PRA (DROTRH, 2006). A representação cartográfica das massas de água subterrâneas pode encontrar-se no referido subcapítulo do relatório.

As massas de água delimitadas são as seguintes:

- Massa de água Compósito

Com uma área aflorante da ordem de  $3,80\text{km}^2$ , esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 6,5% da superfície da Graciosa, correspondendo à bordadura SE, assim como a um setor numa posição central em relação ao edifício vulcânico que domina a metade oriental da ilha. Confronta com as massas de água subterrâneas Sequência Hidromagmática Superior e Luz – Rebentão da Lagoa. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Santa Cruz da Graciosa.

- Massa de água Folga

Com uma área aflorante da ordem de  $0,47\text{km}^2$ , esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 0,8% da superfície da Graciosa, correspondendo a um pequeno setor localizado na costa S da ilha, na sua metade oriental, e confronta a N com a massa Luz – Rebentão da Lagoa. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Santa Cruz da Graciosa.

- Massa de água Cruz do Barro Branco

Com uma área aflorante da ordem de  $0,42\text{km}^2$ , esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 0,7% da superfície da Graciosa, correspondendo a um pequeno setor localizado no interior da ilha, numa posição mediana, e confronta com as massas Serra das Fontes e Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Santa Cruz da Graciosa.

- Massa de água Luz – Rebentão da Lagoa

Com uma área aflorante da ordem de  $6,99\text{km}^2$ , esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 11,5% da superfície da Graciosa, correspondendo ao setor ocidental da ilha, e confronta a E com a massa Central. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Santa Cruz da Graciosa.

- Massa de água Serra Dormida

Com uma área aflorante da ordem de  $4,2\text{km}^2$ , esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 6,9% da superfície da Graciosa, correspondendo a um setor transversal à ilha, numa posição de charneira entre o modelado característico das metades ocidental e oriental. Confronta a SE com as massas Compósito e Sequência Hidromagmática Superior, e para NW com as massas Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe, Serra das Fontes e Serra Dormida. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Santa Cruz da Graciosa.

- Massa de água Sequência Hidromagmática Superior

Com uma área aflorante da ordem de  $7,68\text{km}^2$ , esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 12,6% da superfície da Graciosa, correspondendo a um extenso setor na metade oriental da ilha, e confronta em toda a sua bordadura com a massa Compósito, e a NW com a massa Luz – Rebentão da Lagoa. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Santa Cruz da Graciosa.

- Massa de água Serra Branca

Com uma área aflorante da ordem de  $0,97\text{km}^2$ , esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 1,7% da superfície da Graciosa, correspondendo a um setor limitado à costa S da ilha, na sua metade ocidental, e confronta a N com a massa Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Santa Cruz da Graciosa.

- Massa de água Serra das Fontes

Com uma área aflorante da ordem de  $1,95\text{km}^2$ , esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 3,1% da superfície da Graciosa, correspondendo a um relevo acentuado, localizado na zona central da ilha, numa posição mediana, e confronta a N e W com a massa plataforma de Santa Cruz – Guadalupe, e a S também com as massas Cruz do Barro Branco e Luz – Rebentão da Lagoa. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Santa Cruz da Graciosa.

- Massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe

Com uma área aflorante da ordem de  $34,18\text{km}^2$ , esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 56,2% da superfície da Graciosa, dominando o setor ocidental da ilha, e confronta a E com as massas Serra das Fontes, Cruz do Barro Branco, Serra Dormida, Compósito e Luz – Rebentão da

Lagoa, e para S com a massa Serra Branca. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Santa Cruz da Graciosa.

### 3.2.2 | Caracterização das massas de água

#### 3.2.2.1 | Características gerais dos estratos da área de drenagem

A descrição das características gerais dos estratos da área de drenagem das massas de água subterrâneas delimitadas na ilha Graciosa foi efetuada com base nos trabalhos de Zbyszewski (1970), Zbyszewski et al. (1972), Maund (1985), Gaspar & Queiroz (1995), Gaspar (1996), Cruz (2001, 2004) e França et al. (2005).

##### 3.2.2.1.1 | Massa de água Compósito

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos de altitude e basal, porosos e fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água integra-se no Complexo Vulcânico de Vitória – Vulcão Central, especificamente na Séries Inferior e Superior da Unidade do Vulcão Central (Subunidades A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L M, N, O, P e Q). A Unidade do Vulcão Central engloba as escoadas lávicas e os depósitos piroclásticos associados a diversos centros eruptivos localizados no setor SE da ilha.

Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995) a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Piroclastos submarinos de natureza basáltica *s.l.* (Pico da Sr<sup>a</sup> da Saúde e ilhéus da Folga e do Ilhéu de Baixo);
- Piroclastos subaéreos de natureza basáltica *s.l.*;
- Escoadas lávicas *aa* e *pahoehoe* de natureza basáltica *s.l.* e depósitos piroclásticos indiferenciados;
- Depósitos hidromagmáticos da Ponta da Restinga;
- Escoadas lávicas *aa* e *pahoehoe*, piroclastos subaéreos de natureza basáltica *s.l.*, e depósitos vulcanoclásticos indiferenciados (de queda e de fluxo);
- Hidroclastos de natureza basáltica *s.l.*;
- Depósitos freatomagmáticos dos centros eruptivos intracaldeira.

##### 3.2.2.1.2 | Massa de água Folga

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos do tipo basal, fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos em altitude, livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água integra-se no Complexo Vulcânico de Vitória – Vulcão Central, especificamente na Série Superior da Unidade do Vulcão Central (Subunidade R). A Unidade do Vulcão Central engloba as escoadas lávicas e os depósitos piroclásticos associados a diversos centros eruptivos localizados no setor SE da ilha.

Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995) a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas basálticas do tipo aa, ricas em xenólitos gabroicos.

#### 3.2.2.1.3 | Massa de água Cruz do Barro Branco

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos do tipo basal, predominantemente fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos em altitude, livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água integra-se no Complexo Vulcânico da Serra Branca. Este Complexo apresenta termos vulcânicos mais evoluídos, nomeadamente escoadas lávicas espessas e depósitos vulcanoclásticos de natureza traquítica.

Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995) a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas de natureza traquítica;
- Brechas de natureza essencialmente traquítica;
- Localmente podem observar-se depósitos piroclásticos de queda e de fluxo, assim como depósitos epiclásticos (correspondendo a brechas que nalguns casos são extremamente compactas).

#### 3.2.2.1.4 | Massa de água Luz – Rebentão da Lagoa

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos de basais, predominantemente fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos em altitude, livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água integra-se no Complexo Vulcânico de Vitória – Vulcão Central, Unidade de Vitória. Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995) a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas aa e piroclastos subáereos de natureza basáltica s.l. do Pico do Timão.

A massa de água engloba, ainda, depósitos do Complexo Vulcânico de Vitória – Vulcão Central, especificamente da Série Superior da Unidade do Vulcão Central (Subunidades T e U). Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995), estes depósitos correspondem às seguintes litologias:

- T2 – Escoadas lávicas basálticas do lago intracaldeira;

- U – Lavas e vulcaniclastos do Beco.

#### 3.2.2.1.5 | Massa de água Serra Dormida

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos de altitude, predominantemente porosos, nomeadamente aquíferos em altitude, livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água integra piroclastos subaéreos indiferenciados e piroclastos do Pico das Caldeirinhas e do Pico Timão, pertencentes ao Complexo Vulcânico de Vitória – Vulcão Central, Unidade de Vitória, que definem um relevo positivo que se alonga sensivelmente de W

Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995) a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Piroclastos subaéreos de natureza basáltica *s.l.* de origem indiferenciada;
- Piroclastos subaéreos de natureza basáltica *s.l.* do Pico do Timão;
- Escoadas lávicas e piroclastos subaéreos de natureza basáltica *s.l.* da Caldeirinha.

#### 3.2.2.1.6 | Massa de água Sequência Hidromagmática Superior

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos de altitude e basal, porosos e fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água integra-se no Complexo Vulcânico de Vitória – Vulcão Central, especificamente na Série Superior da Unidade do Vulcão Central (Subunidade S, T e V). A Unidade do Vulcão Central engloba as escoadas lávicas e os depósitos piroclásticos associados a diversos centros eruptivos localizados no setor SE da ilha.

Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995) a massa de água compreende as seguintes litologias:

- S1 – Depósito de *lapilli* pomítico e cinzas hidromagmáticas;
- S2 – Escoadas piroclásticas e *lahars* inferiores;
- S3 – *Surges* com depósitos de queda intercalados;
- S4 - Nível de queda rico em líticos;
- S5 – *Lahars* e escoadas piroclásticas superiores;
- T1 – Depósito de piroclastos basálticos de origem hidromagmática;
- V- Depósitos hidromagmáticos intracaldeira.

### 3.2.2.1.7 | Massa de água Serra Branca

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos do tipo basal, predominantemente fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos em altitude, livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água integra-se no Complexo Vulcânico da Serra Branca. Este Complexo apresenta termos vulcânicos mais evoluídos, nomeadamente escoadas lávicas espessas e depósitos vulcanoclásticos de natureza traquítica.

Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995) a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas de natureza traquítica;
- Brechas de natureza essencialmente traquítica;
- Localmente podem observar-se depósitos piroclásticos de queda e de fluxo, assim como depósitos epiclásticos (correspondendo a brechas que nalguns casos são extremamente compactas).

### 3.2.2.1.8 | Massa de água Serra das Fontes

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos em altitude, livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, fissurados ou porosos, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água integra-se no Complexo Vulcânico da Serra das Fontes, que corresponde à unidade geológica mais antiga da ilha. Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995) a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas de natureza basáltica *s.l.* (basaltos a mugearitos);
- Localmente podem observar-se intercalações de depósitos vulcanoclásticos.

### 3.2.2.1.9 | Massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos basais, predominantemente fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos em altitude, livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, porosos e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água integra escoadas lávicas e piroclastos subaéreos indiferenciados, assim como as emissões dos Picos da Terça e de Barcelos, pertencentes ao Complexo Vulcânico de Vitória – Vulcão Central, Unidade de Vitória, que definem um relevo positivo que se alonga sensivelmente de W

Considerando a escala estratigráfica proposta por Gaspar (1996) e Gaspar & Queiroz (1995) a massa de água compreende as seguintes litologias:

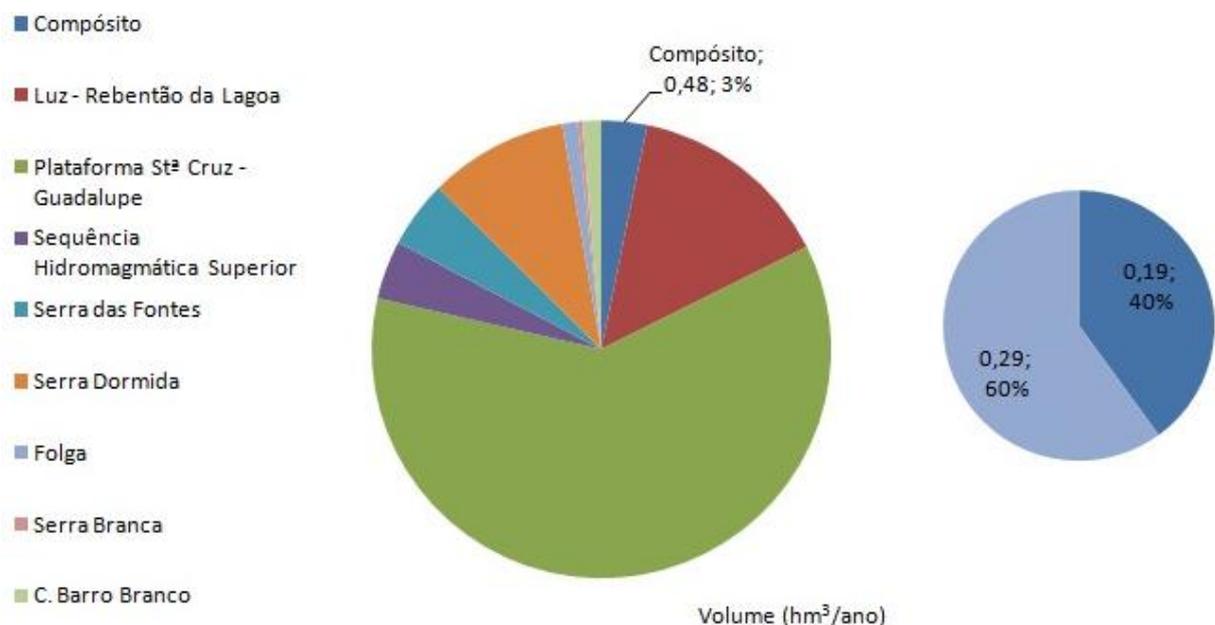
- Piroclastos subaéreos de natureza basáltica *s.l.* de origem indiferenciada;
- Escoadas lávicas indiferenciadas de natureza basáltica *s.l.*;

- Escoadas lávicas e piroclastos subáereos de natureza basáltica s.l. dos Picos da Terça e de Barcelos.

### 3.2.2.2 | Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis

Como apresentado no ponto 2.3.5 do presente relatório, os recursos hídricos subterrâneos na ilha Graciosa são, no geral, elevados, totalizando 582hm<sup>3</sup>/ano. A massa de água com recursos mais elevados é a designada por Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe, a que corresponde um volume de recursos subterrâneos igual a 9,14hm<sup>3</sup>/ano (Figura 3.2.1 a 3.2.4).

Considerando uma fração não disponível igual a 40% dos recursos estimados a longo prazo, i.e. a recarga, valor que se estima poder compensar os constrangimentos geológicos e hidrogeológicos e, paralelamente, ser suficiente para assegurar a parte do escoamento subterrâneo que alimenta os cursos de água, as disponibilidades reais nas massas de água subterrâneas da Graciosa são respetivamente iguais a: 0,37hm<sup>3</sup>/ano (Sequencia Hidromagmática Superior), 0,1hm<sup>3</sup>/ano (Serra Branca), 0,43hm<sup>3</sup>/ano (Serra das Fontes), 0,88hm<sup>3</sup>/ano (Serra Dormida), 5,5hm<sup>3</sup>/ano (Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe), 0,29hm<sup>3</sup>/ano (Compósito), 0,12hm<sup>3</sup>/ano (Complexo do Barro Branco), 0,03hm<sup>3</sup>/ano (Folga) e 1,3hm<sup>3</sup>/ano (Luz – Rebentão da Lagoa) (Figura 3.2.1 a 3.2.9).



**Figura 3.2.1 |** Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Compósito no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).

- Compósito
- Luz - Rebentão da Lagoa
- Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
- Sequência Hidromagmática Superior
- Serra das Fontes
- Serra Dormida
- Folga
- Serra Branca
- C. Barro Branco

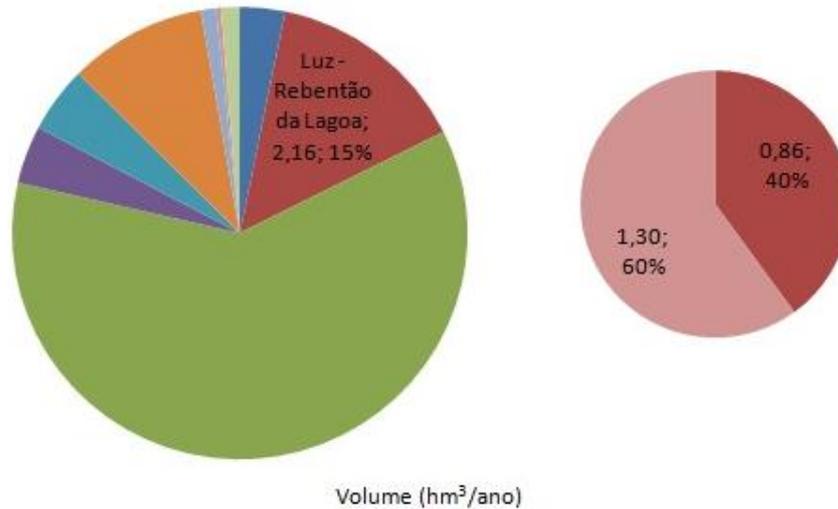


Figura 3.2.2 | Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Luz – Rebentão da Lagoa no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).

- Compósito
- Luz - Rebentão da Lagoa
- Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
- Sequência Hidromagmática Superior
- Serra das Fontes
- Serra Dormida
- Folga
- Serra Branca
- C. Barro Branco

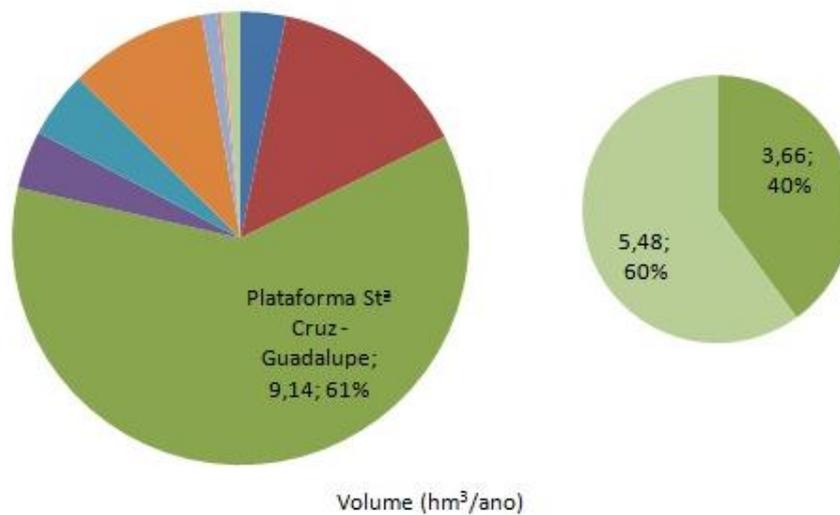
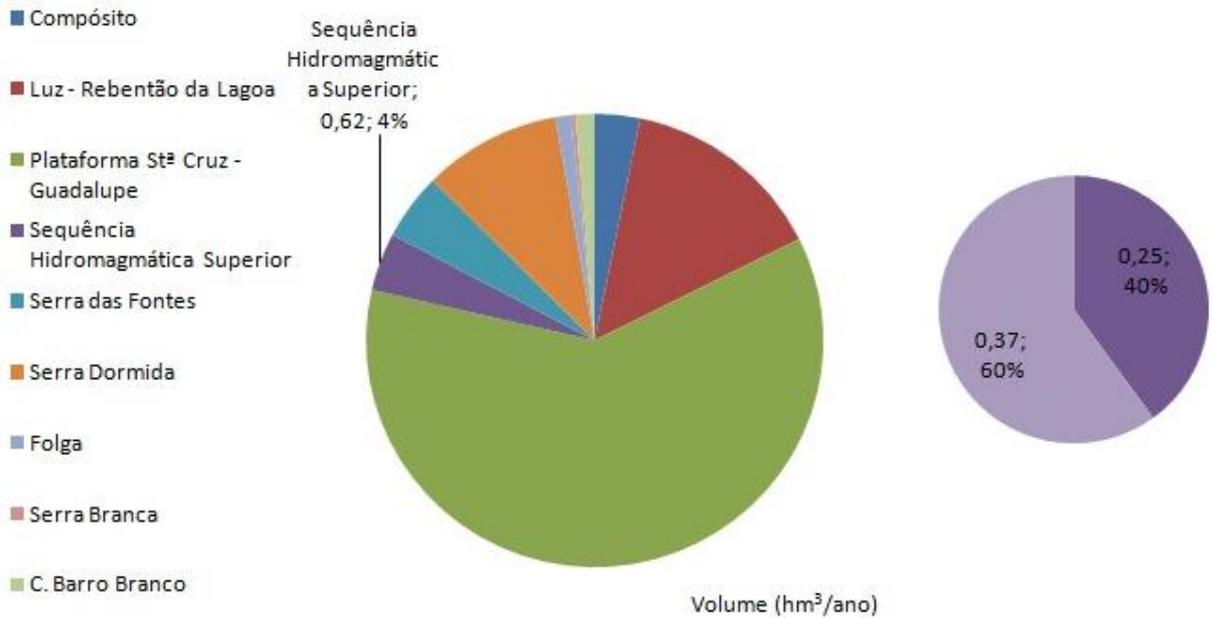
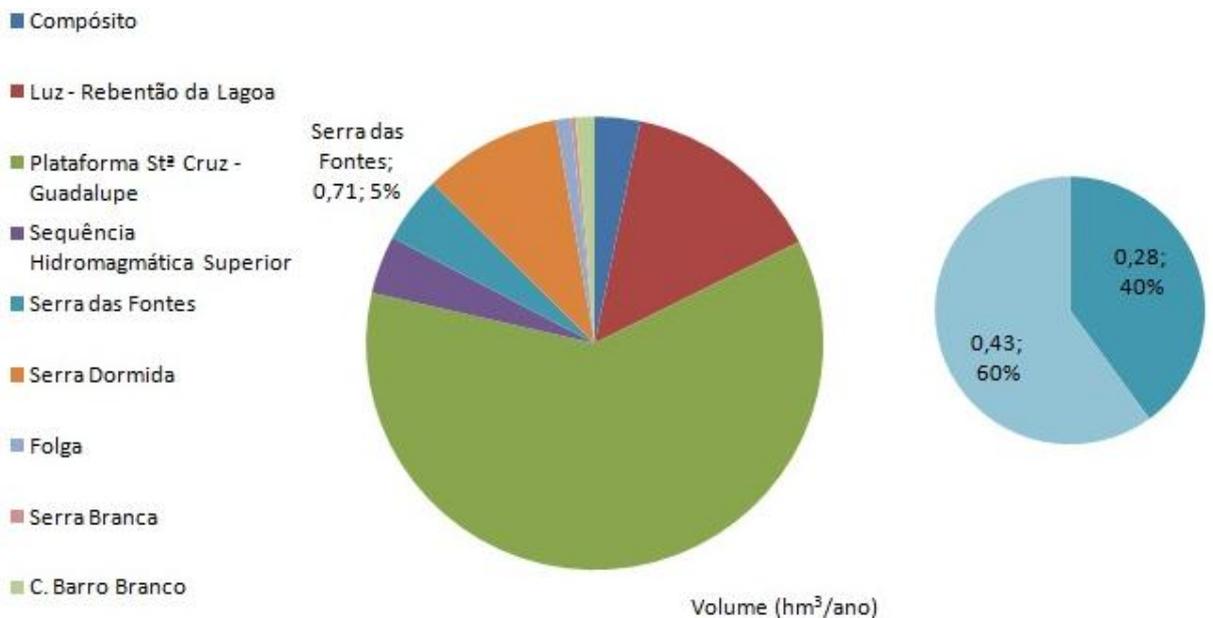


Figura 3.2.3 | Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).



**Figura 3.2.4** | Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Sequencia Hidromagnética Superior no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).



**Figura 3.2.5** | Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Serra das Fontes no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).

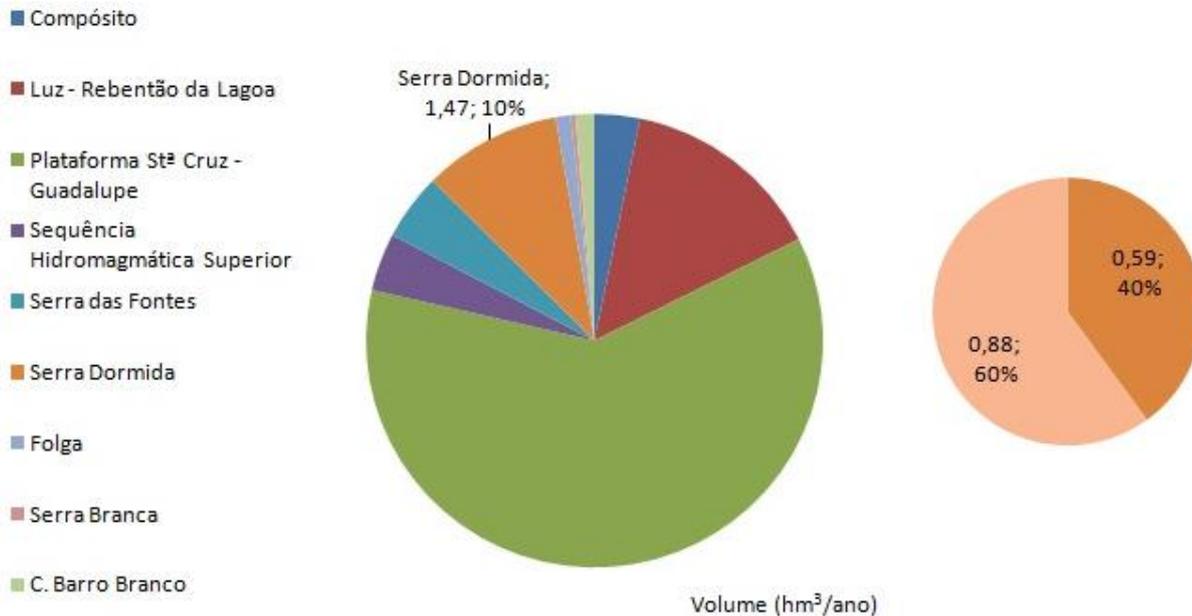


Figura 3.2.6 | Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Serra Dormida no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).

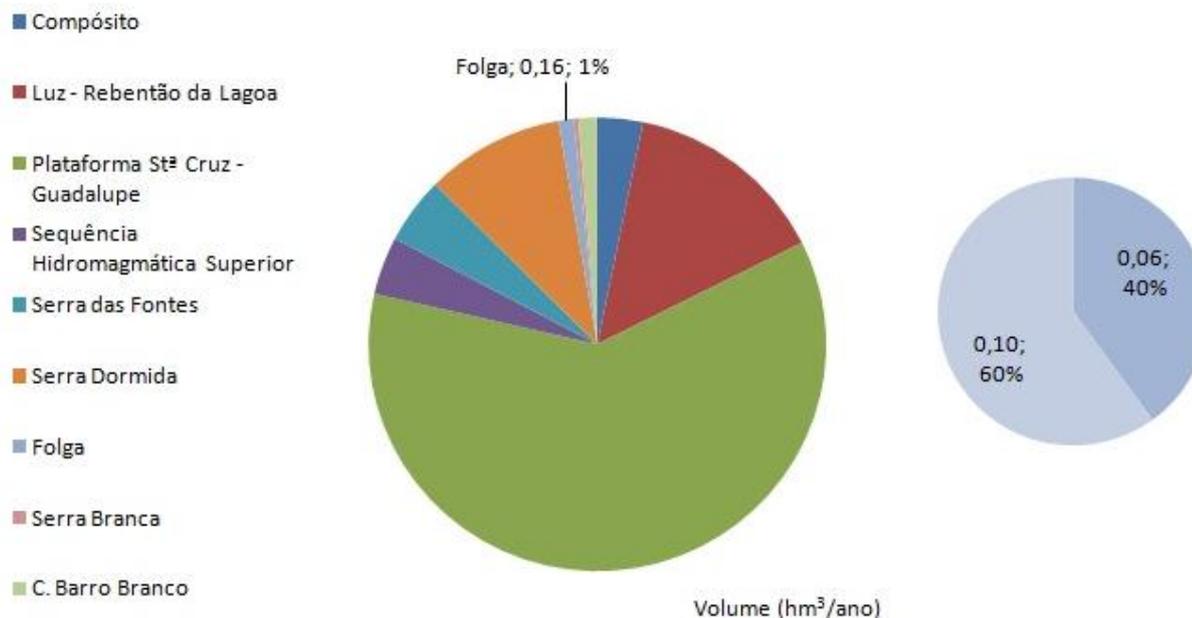
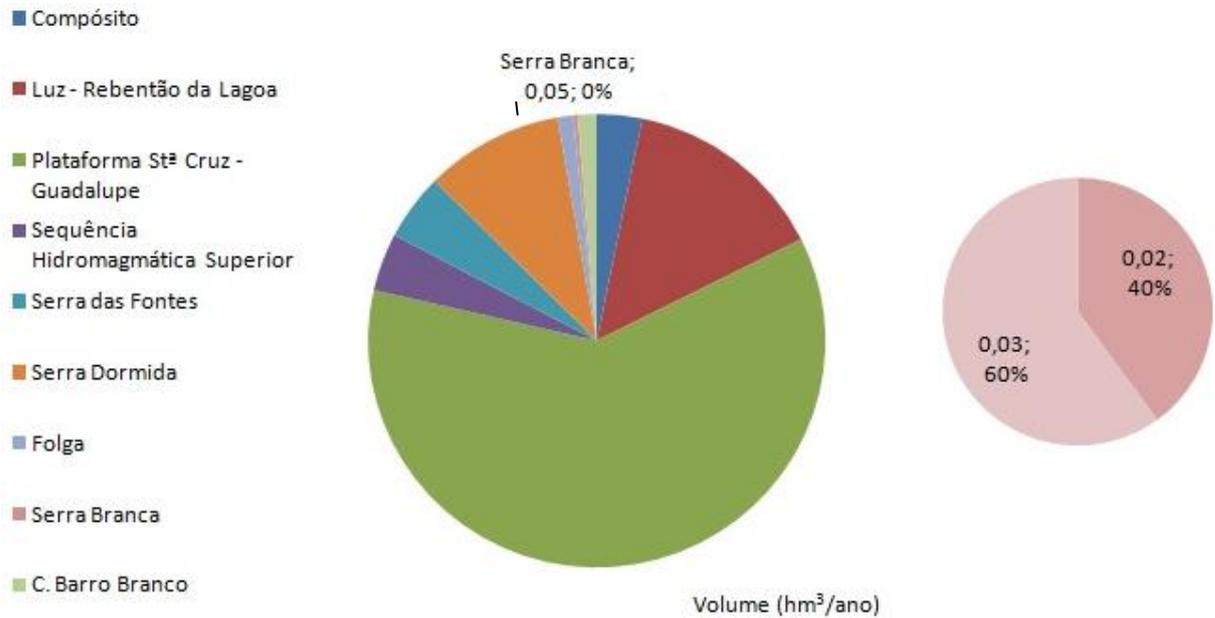
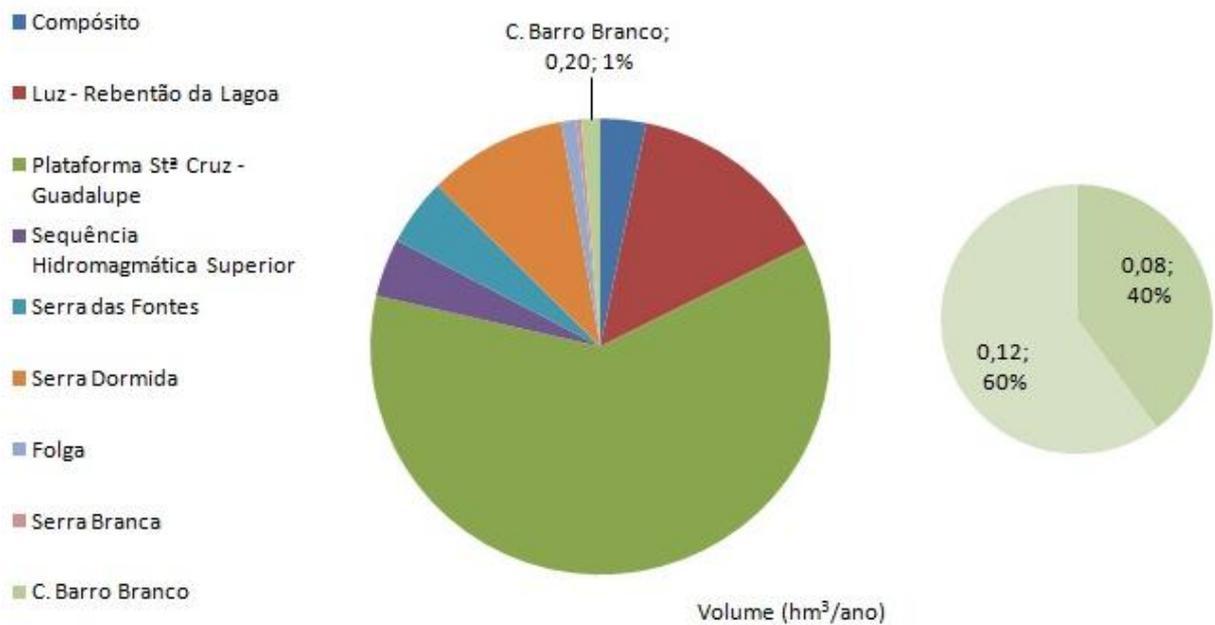


Figura 3.2.7 | Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Folga no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).



**Figura 3.2.8** | Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Serra Branca no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).



**Figura 3.2.9** | Representação dos recursos hídricos subterrâneos na massa de água Complexo do Barro Branco no contexto geral da ilha Graciosa (esquerda), e distribuição das frações consideradas como disponível (60%) e não explorável (40%).

### 3.2.2.3 | Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos

Os fatores determinantes para a delimitação de áreas preferenciais de recarga consideradas no âmbito do presente trabalho são:

- Precipitação útil (precipitação média anual – evapotranspiração real média anual);
- Ocupação do solo;
- Geologia;
- Densidade de drenagem;
- Declive.

Neste contexto, foram elaborados mapas com a distribuição espacial do potencial de recarga, tendo por base o cruzamento cartográfico dos fatores acima mencionados. Finalmente delimitaram-se as áreas preferenciais de recarga, a partir do cruzamento dos fatores referidos, utilizando os *softwares ArcMap® e ArcView®*.

A informação de base para cada um dos parâmetros foi:

- Precipitação útil (elaborada a partir da informação do ponto 2.2 do presente relatório);
- Ocupação do solo (DROTRH, 2007);
- Geologia (Zbyszewski *et al.*, 1972; Gaspar & Queiroz, 1995);
- Densidade de drenagem;
- Declives.

As classes definidas em cada um dos mapas e os respetivos índices de potencial de recarga (Ipr) estão sistematizados no Quadro 3.2.1.

**Quadro 3.2.1** | Classes de potencial de recarga

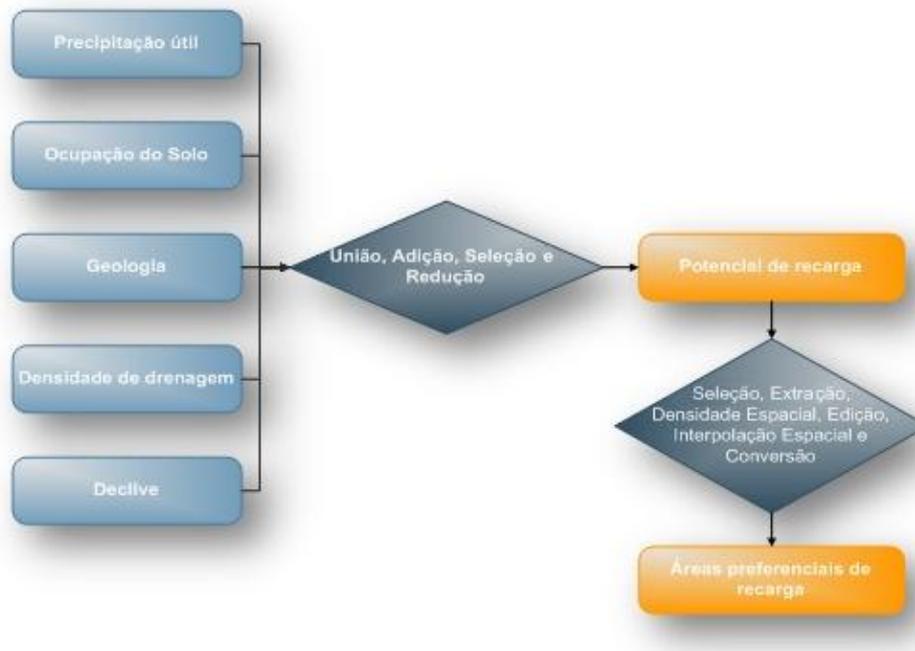
Fatores	Classes	Índice de potencial de recarga	Potencial recarga
Precipitação útil (mm)	<1050	1	Reduzida
	1050 – 1800	2	Baixa
	1800 – 2500	3	Moderada
	2500 – 3300	4	Alta
	> 3300	5	Muito alta
Ocupação do solo	Industrial Urbano Áreas descobertas	1	Reduzida
	Agrícola	3	Moderada
	Pastagem	4	Alta
	Lagoas Floresta Vegetação Natural	5	Muito alta

Fatores	Classes	Índice de potencial de recarga	Potencial recarga
Geologia	Litologias de permeabilidade reduzida	1	Reduzida
	Litologias de permeabilidade baixa	2	Baixa
	Litologias de permeabilidade mediana	3	Moderada
	Litologias de permeabilidade alta	4	Alta
	Litologias de permeabilidade muito alta	5	Muito alta
Densidade de drenagem (km <sup>-1</sup> )	>18	1	Reduzida
	12 - 18	2	Baixa
	8 - 12	3	Moderada
	2.5 - 8	4	Alta
	<2.5	5	Muito alta
Declives (%)	<2	5	Muito alta
	2 – 10	4	Alta
	10 – 20	3	Moderada
	20 - 45	2	Baixa
	>45	1	Reduzida

O mapa de potencial de infiltração foi produzido através do cruzamento dos cinco mapas temáticos e baseou-se na soma dos índices de potencial de infiltração, tendo-se obtido no máximo 21 classes, as quais foram novamente reduzidas a cinco. As áreas preferenciais de recarga foram extraídas ao mapa anterior, com base na seguinte correspondência final, uniforme para todas as ilhas em análise na RH9, de forma a facilitar eventuais comparações:

- Recarga muito reduzida –  $I_{pr} \leq 8$ ;
- Recarga reduzida –  $8 < I_{pr} \leq 12$ ;
- Recarga moderada –  $12 < I_{pr} \leq 16$ ;
- Recarga elevada –  $16 < I_{pr} \leq 20$ ;
- Recarga muito elevada –  $I_{pr} > 20$ .

Na figura 3.2.10 apresenta-se o conjunto de operações efetuadas no decurso do cruzamento da informação constante nos cinco mapas temáticos.



**Figura 3.2.10** | Análise espacial utilizada no cruzamento dos mapas temáticos.

Na Figura 3.2.11 representa-se a distribuição das zonas preferenciais de recarga na ilha Graciosa, classificadas em função das categorias acima mencionadas. A análise do cartograma permite evidenciar que na ilha predominam as classes de recarga moderada a elevada, embora se observem regiões representativas de todas as classes.

As classes de recarga moderada a elevada predominam na metade ocidental da ilha Graciosa, enquanto na extremidade SE dominam as classes moderada a reduzida. A classe de recarga muito reduzida está apenas representada em pequenos setores da faixa costeira a SE da Graciosa.

Considerando o âmbito territorial das massas de água subterrâneas, constata-se que as classes de recarga elevada e muito elevada ocupam uma extensa área da superfície aflorante da massa Luz – Rebentão da Lagoa, e uma área menos significativa, mas mesmo assim importante das massas de água Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe e Serra Dormida. Nestas últimas, a classe de recarga elevada distribui-se, respetivamente, na zona central e numa região a N das respetivas superfícies.

Em contraste, nas áreas de influências das massas de água Serra Branca, Folga, Compósito, Serra das Fontes, Cruz do Barro Branco e Sequência Hidromagmática Superior predominam as classes de recarga moderada a reduzida. Na área das massas Serra do Cume, Cruz do Barro Branco e Sequência Hidromagmática Superior ocorrem alguns regiões em que a classe de recarga é elevada. Esta variabilidade explica a gama de valores de taxa de recarga estimados, apresentados no ponto 2.3.5 do presente relatório.

A ocupação do solo nas áreas classificadas como de recarga elevada a muito elevada corresponde predominantemente a vegetação natural, num setor central da ilha, e a pastagem e agrícola nas restantes zonas, neste último caso podendo implicar impactos negativos sobre a qualidade da água subterrânea (Figura 3.2.11).

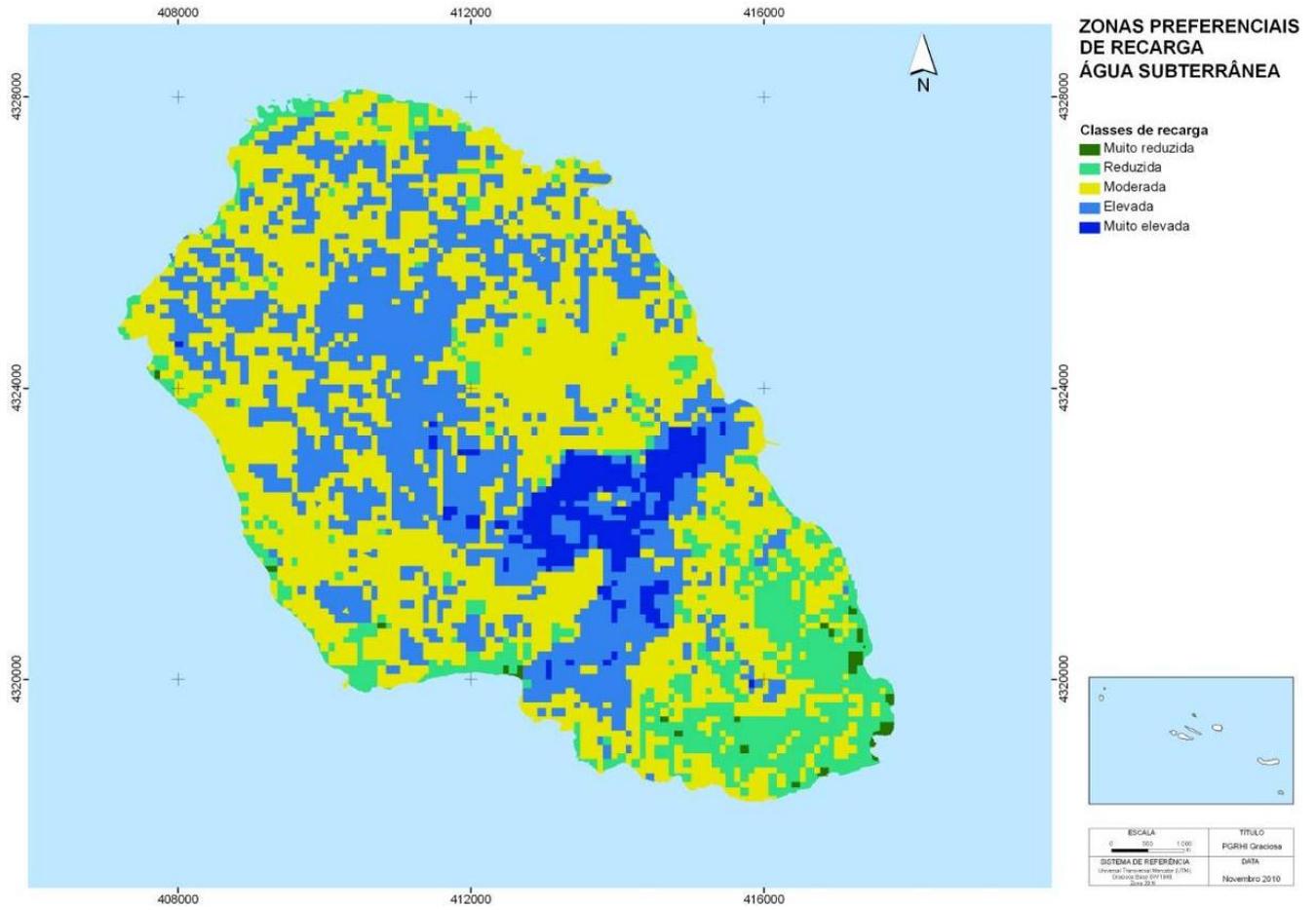


Figura 3.2.11 | Delimitação das áreas potenciais de recarga na ilha Graciosa.

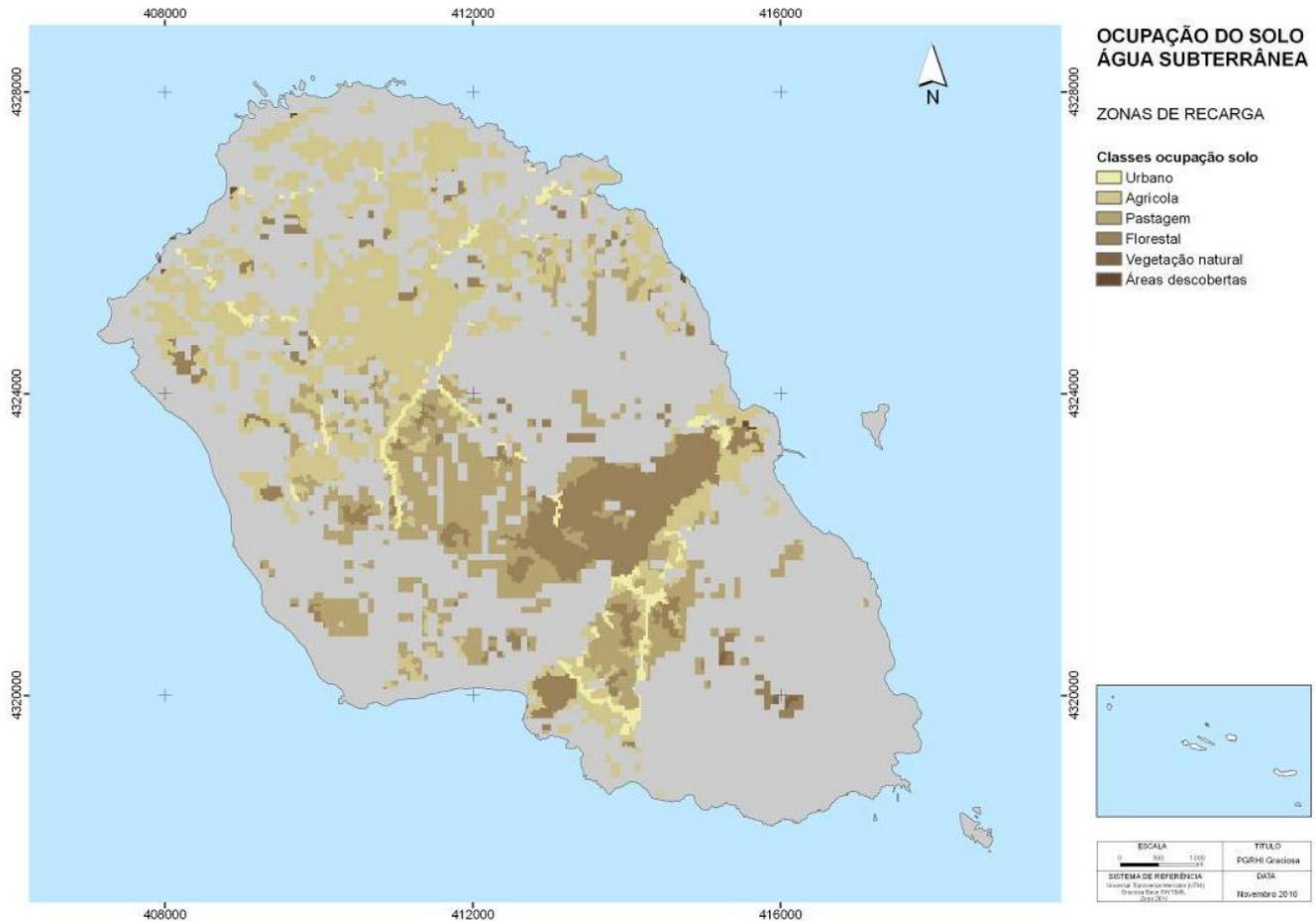


Figura 3.2.12 | Ocupação do solo nas áreas correspondentes às classes de recarga elevada a muito elevada.

### 3.2.2.4 | Massas de água em risco

O Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, estabelece que as massas de água subterrâneas consideradas como em risco da não cumprir os objetivos da Diretiva-Quadro da Água, como definidos na Lei da Água, devem ser alvo de uma caracterização aprofundada, que deve incluir informações relevantes sobre o impacte das atividades humanas. Esta avaliação mais aprofundada visa, por um lado, aferir a importância desse risco e, por outro lado, a identificação das medidas necessárias nos termos do art. 30º da Lei da Água (Lei 58/2005, de 29 de dezembro).

A Portaria n.º 1284/2009, de 19 de outubro, que define o conteúdo dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH), limita o âmbito desta caracterização aprofundada ao disposto no Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, mais especificamente no n.º 2.2, Parte II do Anexo I, que contempla informações pertinentes sobre:

- As características geológicas da massa de água subterrânea, incluindo a extensão e o tipo das unidades geológicas;
- As características hidrogeológicas da massa de água subterrânea, incluindo a condutividade hidráulica, a porosidade e o confinamento;

- As características dos solos e depósitos superficiais na área de drenagem que alimenta a massa de água subterrânea, nomeadamente a espessura, a porosidade, a condutividade hidráulica e as propriedades de absorção desses solos e depósitos;
- As características de estratificação das águas no interior da massa de água subterrânea;
- O inventário dos sistemas superficiais associados, incluindo ecossistemas terrestres e massas de água superficiais, com os quais a massa de água subterrânea está dinamicamente relacionada;
- Estimativas das direções e caudais de transferência de águas entre a massa de água subterrânea e os sistemas superficiais associados;
- Dados suficientes para calcular a taxa de recarga global média anual a longo prazo;
- Caracterização da composição química das águas subterrâneas, incluindo a especificação do contributo da atividade humana.

No relatório síntese de caracterização da RH9 todas as 54 massas de água subterrâneas delimitadas foram designadas como em Bom estado (DROTRH, 2006), e esta classificação eximiria a realização de caracterizações mais aprofundadas à escala das mesmas. Contudo, no presente relatório muitas das informações requeridas na legislação para as massas em risco foram, na verdade, apresentadas para o universo das 54 massas subterrâneas delimitadas na RH9, sempre que para tal foi possível coligir informação. São exemplos, a caracterização geológica das massas de água subterrâneas (ponto 3.2), a caracterização hidrogeológica (ponto 2.3.4), a descrição da composição química das águas subterrâneas, incluindo a especificação do contributo da atividade humana das massa de água subterrânea (pontos 2.3.4 e 4.1.2) e a recarga média anual a longo prazo (ponto 2.3.5).

Relativamente à caracterização dos solos e depósitos superficiais na área de drenagem que alimenta a massa de água subterrânea, não existem dados de base ao nível da RH9 que permitam caracterizar, para mais a uma escala adequada, os parâmetros requeridos (espessura, porosidade, condutividade hidráulica e as propriedades de absorção).

No que concerne à caracterização da estratificação das águas no interior da massa de água subterrânea, também não existem dados que permitam a respetiva análise, quer no âmbito dos resultados analíticos obtidos por intermédio da rede de monitorização do estado químico, quer a partir de outros estudos, nomeadamente de carácter académico.

A identificação dos sistemas superficiais associados, incluindo ecossistemas terrestres e massas de água superficiais, com os quais a massa de água subterrânea está dinamicamente relacionada, é efetuada considerando as massas de água de superfície designadas no âmbito do relatório síntese de caracterização da RH9 (DROTRH, 2006). Não existem estudos que permitam estabelecer esta relação do ponto de vista quantitativo, o que dificultou, inclusivamente, a determinação do estado quantitativo (ponto 5 do presente relatório), e inibe efetuar estimativas das direções e caudais de transferência de águas.

Neste contexto, para as massas de água subterrâneas em que a análise de estado efetuada no presente relatório contrarie a designação atribuída anteriormente, são identificadas, qualitativamente, as massas de água superficiais e os ecossistemas terrestres associados.

No caso vertente da ilha Graciosa, o estado químico da massa de água subterrânea Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe foi designado como Mediocre no presente relatório. No entanto, não existem massas de água de superfície associadas designadas no âmbito da implementação da Diretiva-Quadro da Água, ou ecossistemas dependentes, pelo que não se revela necessário proceder como indicado anteriormente.

### 3.3 | Zonas protegidas e áreas classificadas

A DQA, transposta para o direito interno pela Lei da Água, determina que na elaboração dos PGRH devem ser registadas e identificadas as seguintes zonas protegidas (Artigo 4.º):

- Zonas destinadas à captação de água para consumo humano;
- Zonas designadas para a proteção de espécies aquáticas de interesse económico;
- Massas de água designadas como águas de recreio, incluindo zonas designadas como ZB;
- Zonas sensíveis em termos de nutrientes, incluindo as zonas vulneráveis e as zonas designadas como zonas sensíveis;
- Zonas que exigem proteção especial para a conservação dos habitats e das espécies diretamente dependentes da água;
- Áreas de infiltração máxima.

#### 3.3.1 | Águas superficiais

##### 3.3.1.1 | Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano

Nos termos do Artigo 7.º da DQA e do n.º 4 do Artigo 48.º da Lei da Água, “em cada região hidrográfica devem ser identificadas todas as massas de água destinadas à captação para consumo humano que forneçam mais de 10 m<sup>3</sup> por dia, em média, ou que sirvam para mais de 50 habitantes, assim como, as massas de água previstas para esses fins, e é referida, sendo caso disso, a sua classificação como zonas protegidas”.

Na ilha Graciosa a água que se destina ao consumo humano provém de captações em massas de água subterrâneas (nascentes e furos de captação). Assim, considerando a legislação em vigor, não existem zonas destinadas à captação de águas superficiais para consumo humano nesta ilha.

##### 3.3.1.2 | Zonas designadas para a proteção de espécies aquáticas de interesse económico

Na RH9 não estão classificadas massas de água para a proteção de espécies aquáticas de interesse económico (suporte de vida aquícola), nos termos estabelecidos pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto (águas piscícolas e águas conquícolas). No território continental, as águas aquícolas para fins conquícolas e piscícolas são definidas em função da qualidade da água e, no caso das primeiras, ainda em função da qualidade dos bivalves. Compete ao IPIMAR

proceder à classificação das águas conquícolas (Artigo 41.º, alínea 1), bem como fixar as normas de qualidade aplicáveis aos parâmetros listados no Anexo XIII do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto (Artigo 42.º, alínea 2).

Contudo, no que se refere à exploração de recursos biológicos marinhos, nos Açores as zonas delimitadas com este propósito visam proteger as populações de lapas e de amêijoas, estas últimas apenas existentes na Lagoa da Caldeira de Santo Cristo (ilha de São Jorge).

As Zonas de Reserva Integral da Apanha de Lapas existentes nos Açores foram fixadas pelo Decreto Regulamentar Regional n.º 14/93/A, 31 de julho (artigo 4.º), que aprova o regulamento da apanha de lapas, com a Declaração de Retificação n.º 182/93, 30 de setembro. A Portaria n.º 43/93, de 2 de setembro, estabelece as condições para a captura de moluscos univalves sem fins comerciais.

Na ilha Graciosa encontram-se demarcadas as seguintes Reservas Integrais da Apanha de Lapas (Figura 3.3.1): da Baixa do Redondo à Ponta dos Fenais, incluindo o Ilhéu da Praia, da Baía do Carapacho até à Ponta do Feliciando, incluindo pequenos ilhéus, Ponta Branca e Ilhéu (Baixa de Afonso Correia e Ponta Branca) e Baía de Vitória até Baía das Diagaves, incluindo pequenos ilhéus (Ponta da Barca e Ilhéus do Barro Vermelho).

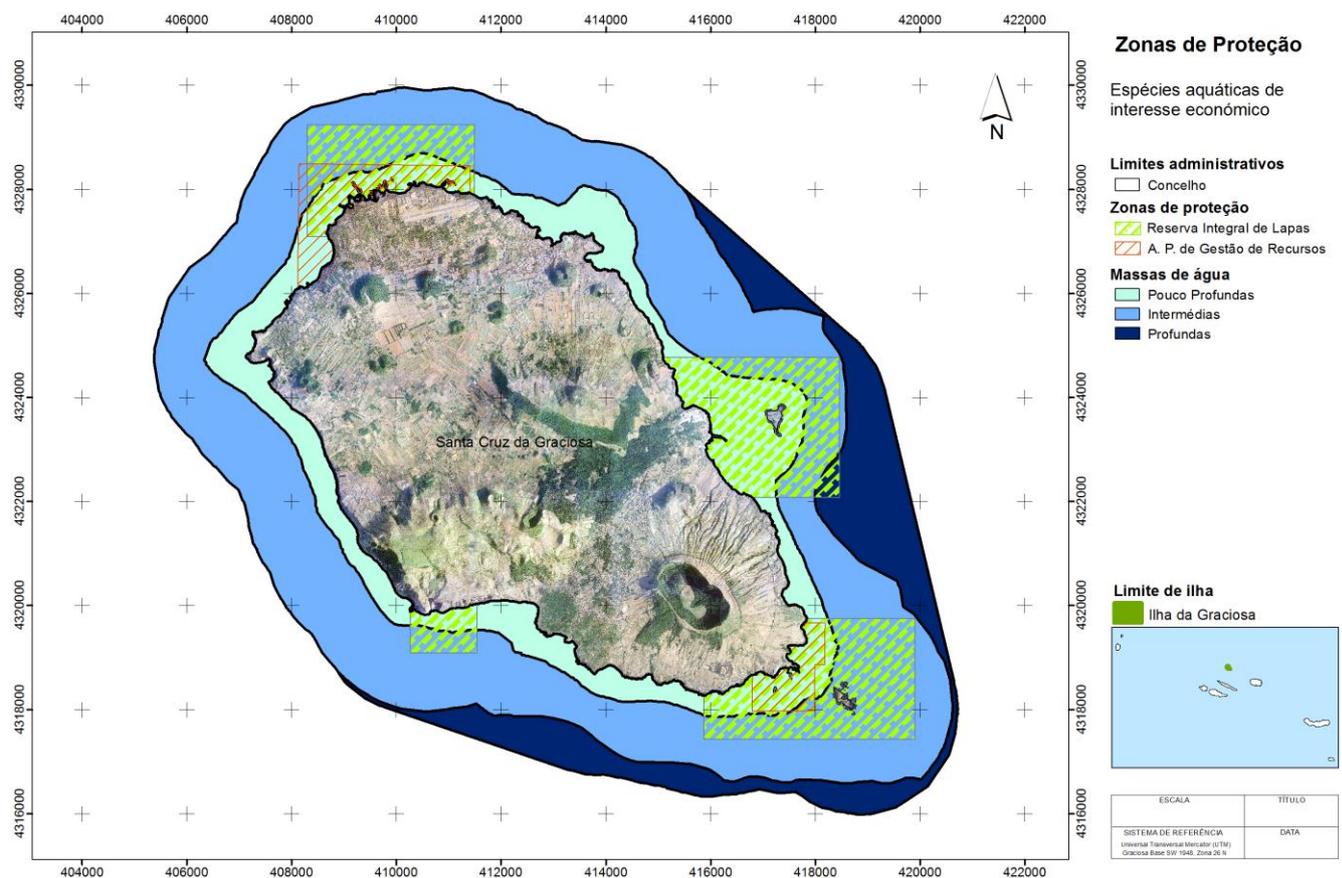


Figura 3.3.1 | Reservas Integrais da Apanha de Lapas na ilha Graciosa

Estas zonas de reserva foram integradas no Parque Natural da ilha Graciosa (Decreto Legislativo Regional n.º 45/2008/A, de 5 de novembro), com as classificações da União Internacional para a Conservação da Natureza de Áreas

Protegidas de Gestão de Recursos e Reservas Naturais: Ponta da Restinga, Ponta Branca e Ponta da Barca; Ilhéu de Baixo e Ilhéu da Praia, respetivamente.

### 3.3.1.2.1 | Águas conquícolas (PRA)

Nos Açores essa classificação não existe. No continente, as águas aquícolas para fins conquícolas e piscícolas são definidas em função da qualidade da água e no caso das primeiras ainda em função da qualidade dos bivalves. Compete ao IPIMAR proceder à classificação das águas conquícolas (Art. 41º, alínea 1), bem como fixar, para as águas classificadas, as normas de qualidade aplicáveis aos parâmetros listados no Anexo XIII (Art. 42º, alínea 2).

### 3.3.1.3 | Massas de água designadas como águas de recreio

Na RH9, as massas de água designadas como águas de recreio reportam-se às águas balneares. O Decreto-Lei n.º 135/2009, de 3 de junho, instituiu o regime jurídico de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares e de prestação de informação ao público sobre as mesmas, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/7/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de fevereiro, relativa à gestão da qualidade das águas balneares.

Para a análise da conformidade da água compatível com a prática banhear (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto), a Direção Regional do Ambiente realiza análises sistemáticas durante a época banhear (controlo mensal experimental), que decorre normalmente entre 1 de junho e 30 de setembro, considerando os seguintes parâmetros físicos e biológicos: coliformes totais; *escherichia coli*; enterococos intestinais; óleos minerais; substâncias tensoactivas; fenóis; pH; oxigénio dissolvido, turvação; temperaturas do ar e da água do mar.

Em 2010, foram designadas 53 águas balneares no Arquipélago dos Açores, das quais três pertencem à ilha Graciosa: Barra/Santa Cruz, Piscina do Carapacho e Praia (Quadro 3.3.1). Refira-se, no entanto, que a primeira foi posteriormente suspensa a sua identificação através da Portaria n.º 792/2010, de 15 de julho, complementada pela classificação de uso suspenso no POOC Graciosa (Portaria n.º 957/2010, de 24 de agosto).

**Quadro 3.3.1 | Águas balneares na ilha Graciosa (2010)**

Ilha	Concelho	Designação	Classificação da qualidade
Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Barra/Santa Cruz (*)	
		Piscina do Carapacho	Excelente
		Praia	Excelente

(\*) Água banhear suspensa pela Portaria n.º 792/2010, de 15 de julho e pela Portaria n.º 9557/2010, de 24 de agosto

Fonte: Direção Regional do Ambiente (2010); Portaria n.º 148/2010, de 25 de fevereiro de 2010

No decorrer da respetiva época banhear não foram registadas quaisquer situações de não conformidade com as normas de qualidade estipuladas na legislação já que, para a totalidade das amostras recolhidas, os parâmetros respeitam os valores máximos recomendados. Assim, segundo dados da Direção Regional do Ambiente, a água banhear monitorizada na ilha Graciosa apresenta “Excelente Qualidade”.

### 3.3.1.4 | Zonas sensíveis em termos de nutrientes

De acordo com a legislação em vigor, as zonas sensíveis em termos de nutrientes compreendem as áreas designadas como zonas vulneráveis ao abrigo da Diretiva n.º 91/676/CEE do Conselho, de 12 de dezembro (Diretiva Nitratos), alterada pelo Regulamento n.º 1881/2003/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de setembro, e as áreas designadas como zonas sensíveis nos termos da Diretiva n.º 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio (tratamento de águas residuais urbanas), alterada pela Diretiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 21 de fevereiro.

#### Zonas Vulneráveis

O Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 68/99, de 11 de março, estabelece o regime legal de proteção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola, transpondo para o direito nacional a Diretiva Nitratos (Diretiva n.º 91/676/CEE, de 12 de dezembro). Por seu turno, o Decreto Legislativo Regional n.º 6/2005/A, de 17 de maio, transpõe para a RAA a Diretiva Nitratos e a Portaria n.º 47/2006, de 22 de junho, estabelece o Programa de Ação para as Zonas Vulneráveis da RAA, designadas pela Portaria n.º 1100/2004, de 3 de setembro, que aprova a Lista Nacional de Zonas Vulneráveis.

Segundo o Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro, as “zonas vulneráveis são as áreas que drenam para as águas identificadas nos termos do Artigo 4.º (águas poluídas ou suscetíveis de poluição e zonas vulneráveis) nas quais se pratiquem atividades suscetíveis de contribuir para a poluição das mesmas”. Na sua identificação, devem ser considerados os seguintes critérios:

- Águas doces superficiais utilizadas ou destinadas à produção de água para consumo humano que contenham ou apresentem risco de vir a conter uma concentração de nitratos superior a 50 mg/l, se não forem tomadas as medidas previstas no Artigo 7.º (Programas de Ação);
- Águas subterrâneas que contenham ou apresentem risco de conter uma concentração superior a 50 mg/l se não forem tomadas as medidas previstas no Artigo 7.º (Programas de Ação);
- Lagoas, outras massas de água doce, estuários e águas costeiras que se revelem eutróficas ou se possam tornar eutróficas a curto prazo, se não forem tomadas as medidas previstas no Artigo 7.º (Programas de Ação).

Na RH9 encontram-se designadas 8 zonas vulneráveis correspondentes a lagoas e respetivas áreas de proteção (Portaria n.º 1100/2004, de 3 de setembro), as quais estão submetidas a Programas de Ação. Estes sistemas lacustres encontram-se igualmente abrangidos por POBHL, aprovados ou em fase de elaboração.

Refira-se, contudo, que na ilha Graciosa não foi designada qualquer massa de água superficial com estatuto de zona vulnerável.

#### Zonas sensíveis

O Decreto-Lei n.º 152/97, de 3 de setembro (com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 348/98, de 9 de novembro, pelo Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de junho, e pelo Decreto n.º 198/2008, de 8 de outubro), transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio (relativa ao tratamento de águas residuais urbanas), alterada pela Diretiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 21 de fevereiro.

Os diplomas mencionados estabelecem os critérios de identificação das zonas sensíveis e menos sensíveis. Assim, uma determinada extensão de água deve ser identificada como zona sensível se pertencer a uma das seguintes categorias:

- *Lagos naturais de água doce, outras extensões de água doce, estuários e águas costeiras que se revelem eutróficos ou suscetíveis de se tornarem eutróficos num futuro próximo se não forem tomadas medidas de proteção;*
- *Águas doces superficiais destinadas à captação de água potável cujo teor em nitratos possa exceder a concentração de nitrato (50 mg/l) estabelecida nas disposições pertinentes da Diretiva n.º 75/440/CEE, de 16 de julho, relativa à qualidade das águas superficiais destinadas à produção de água potável, se não forem tomadas medidas de proteção;*
- *Zonas em que é necessário outro tratamento, para além do previsto no Artigo 5.º, para cumprir o disposto nas diretivas do Conselho.*

Na identificação de zonas menos sensíveis devem ser consideradas baías abertas, estuários e outras águas costeiras com uma boa renovação das águas que não estão sujeitas à eutrofização nem a empobrecimento de oxigénio, ou cuja eutrofização ou empobrecimento de oxigénio na sequência das descargas de águas residuais urbanas se considera improvável.

O quadro normativo em vigor foi recentemente transposto para a RAA, através do Decreto Legislativo Regional n.º 18/2009/A, de 19 de outubro. Contudo, a publicação da lista de zonas sensíveis e menos sensíveis ao abrigo deste diploma regional ainda não foi efetuada para a RAA.

### **3.3.1.5 | Zonas que exigem proteção especial para a conservação dos habitats e das espécies diretamente dependentes da água**

No que concerne às zonas protegidas para a conservação de habitats e espécies diretamente dependentes da água, consideram-se na RH9 as

áreas que integram a Rede Natura 2000 e as áreas abrangidas pelos Parques Naturais de Ilha (PNI). Refira-se, desde já, que no processo de reclassificação da Rede Regional de Áreas Protegidas, nos termos do Decreto Legislativo Regional n.º 15/2007/A, de 25 de junho, os PNI contemplam todas as áreas protegidas anteriormente classificadas ou reclassificadas, as áreas importantes para as aves (IBA), as áreas que pertencentes à Rede Natura 2000, bem como as Reservas Integrais da Apanha de Lapas. Integram, ainda, as zonas húmidas de importância Internacional classificadas ao abrigo da Convenção de Ramsar.

#### **Rede Natura 2000**

A Rede Natura 2000 consiste numa estrutura ecológica que resulta da implementação das Diretivas “Aves” e “Habitats”, respetivamente a Diretiva n.º 79/409/CEE do Conselho, de 2 de abril (e subseqüentes alterações) e a Diretiva n.º 92/43/CEE do Conselho, de 21 de maio (e subseqüentes alterações). Trata-se de uma rede ecológica europeia cujos objetivos visam assegurar a biodiversidade, através da conservação ou do restabelecimento dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagem num estado de conservação favorável, da proteção, gestão e controlo das espécies bem como da regulamentação da sua exploração.

O Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de abril, alterado pelo Decreto-Lei n.º 49/2005, de 24 de fevereiro, procedeu à transposição para o direito nacional das Diretivas Aves e Habitats, estabelecendo os princípios e os instrumentos que deverão conter as medidas de gestão e salvaguarda necessárias à garantia de conservação dos habitats naturais e das espécies da fauna e da flora selvagens.

Por sua vez, o Decreto Legislativo Regional n.º 18/2002/A, de 16 de maio, adaptou à RAA a legislação nacional e o Decreto Legislativo Regional n.º 20/2006/A, de 6 de junho, retificado pela Declaração de Retificação n.º 48-A/2006, de 7 de agosto, e alterado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 7/2007/A, de 10 de abril, publicou o Plano Setorial da Rede Natura da RAA.

A Rede Natura 2000 compreende as áreas classificadas como ZPE e Sítios de Importância Comunitária (SIC), entretanto classificados na RAA como ZEC, através do Decreto Regulamentar Regional n.º 5/2009/A, de 3 de junho. Em termos globais, a Rede Natura 2000 no Arquipélago dos Açores compreende 39 áreas (45 464ha), das quais 23 são ZEC (33 639ha) e 15 são ZPE (11 825ha), abrangendo áreas marinhas e terrestres.

Na ilha Graciosa encontram-se designadas duas ZEC e duas ZPE, que totalizam aproximadamente 354ha, dos quais 149ha corresponde a área terrestre e 205ha a área marinha (Figura 3.3.2 e Quadro 3.3.2): ZEC Ilhéu de Baixo, Restinga e Ponta Branca; ZPE Ilhéu de Baixo e Ilhéu da Praia.



Figura 3.3.2 | Rede Natura 2000 na ilha Graciosa.

Quadro 3.3.2 | Áreas que integram a Rede Natura 2000 na ilha Graciosa

Ilha	ZEC/ZPE	Código	Designação	Área terrestre			Área marinha			Área Total	
				(ha)	Km <sup>2</sup>	(%)	(ha)	Km <sup>2</sup>	(%)	(ha)	Km <sup>2</sup>
Graciosa	ZEC	PTGRA0015	Ilhéu de Baixo, Restinga	39,6	0,4	16,2	204,1	2,0	83,8	243,7	2,4
		PTGRA0016	Ponta Branca	68,6	0,7	100,0	–	–	–	68,6	0,7
	ZPE	PTZPE0029	Ilhéu de Baixo	31,2	0,3	97,1	0,9	0,0	2,9	32,1	0,3
		PTZPE0030	Ilhéu da Praia	9,9	0,1	98,8	0,1	0,0	1,2	10,0	0,1

### Parque Natural de Ilha

A reforma instituída pelo Decreto Legislativo Regional n.º 15/2007/A, de 25 de junho, respeitante ao novo regime jurídico de classificação e gestão da Rede Regional de Áreas Protegidas, veio consagrar os Parques Naturais de Ilha e o Parque Marinho dos Açores (PMA) como as duas tipologias de áreas protegidas na RAA. Uma das vertentes da implementação deste diploma concretizou-se com a criação do Parque Natural da Ilha Graciosa (PNI da Graciosa), através do Decreto Legislativo Regional n.º 45/2008/A, de 5 de novembro.

O PNI da Graciosa contempla todas as áreas protegidas anteriormente classificadas ou reclassificadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 19/93, de 23 de janeiro, adaptado à RAA pelo Decreto Legislativo Regional n.º 21/93/A, de 23 de dezembro, e outras cuja criação é contemporânea do Decreto-Lei n.º 613/76, de 27 de julho. Também passam a integrar o PNI da Graciosa a Reserva Florestal Natural Parcial da Caldeira da Graciosa, criada pelo Decreto Legislativo Regional n.º 27/88/A, de 22 de julho, ao abrigo do Decreto Legislativo Regional n.º 15/87/A, de 24 de julho, e que o Decreto Legislativo Regional n.º 15/2007/A, de 25 de junho, reclassificou como reserva natural. Foram igualmente abrangidas outras áreas com estatutos legais de proteção, como sejam as submetidas ao regime da Rede Natura 2000 e ao das Reservas Integrais da Apanha de Lapas.

Com o propósito de congregar, sob o mesmo quadro jurídico, todos os espaços com especial interesse para a conservação da natureza, ainda que não legalmente vinculativos, o PNI da Graciosa integra as Áreas Importantes para as Aves – *Important Bird Area* (IBA) e as zonas húmidas de importância internacional, designadas ao abrigo da Convenção de Ramsar, designadamente as seguintes: Ilhéu de Baixo e Costa Adjacente, Ilhéu da Praia, Ilhéu da Baleia e Ponta da Barca e Serra Branca (IBA); Caldeira do Enxofre (Lista Ramsar).

Nestes termos, o PNI da Graciosa integra 8 áreas com categorias diferenciadas consoante os valores naturais e paisagísticos presentes e os objetivos de gestão preconizados, sendo estes os princípios que presidem à nomenclatura de classificação da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN). A Figura 3.3.3 e o Quadro 3.3.3 identificam as áreas do PNI da Graciosa, que totaliza cerca de 1108 ha, dos quais 342 ha correspondem a área terrestre e 419 ha a área marinha: Reservas Naturais (Ilhéu de Baixo e Ilhéu da Praia); Monumento Natural Regional (Caldeira da Graciosa), Áreas Protegidas para a Gestão de *Habitats* ou Espécies (Ponta da Restinga, Ponta Branca e Ponta da Barca); Áreas Protegidas de Gestão de Recursos (Costa Sudeste e Costa Noroeste).

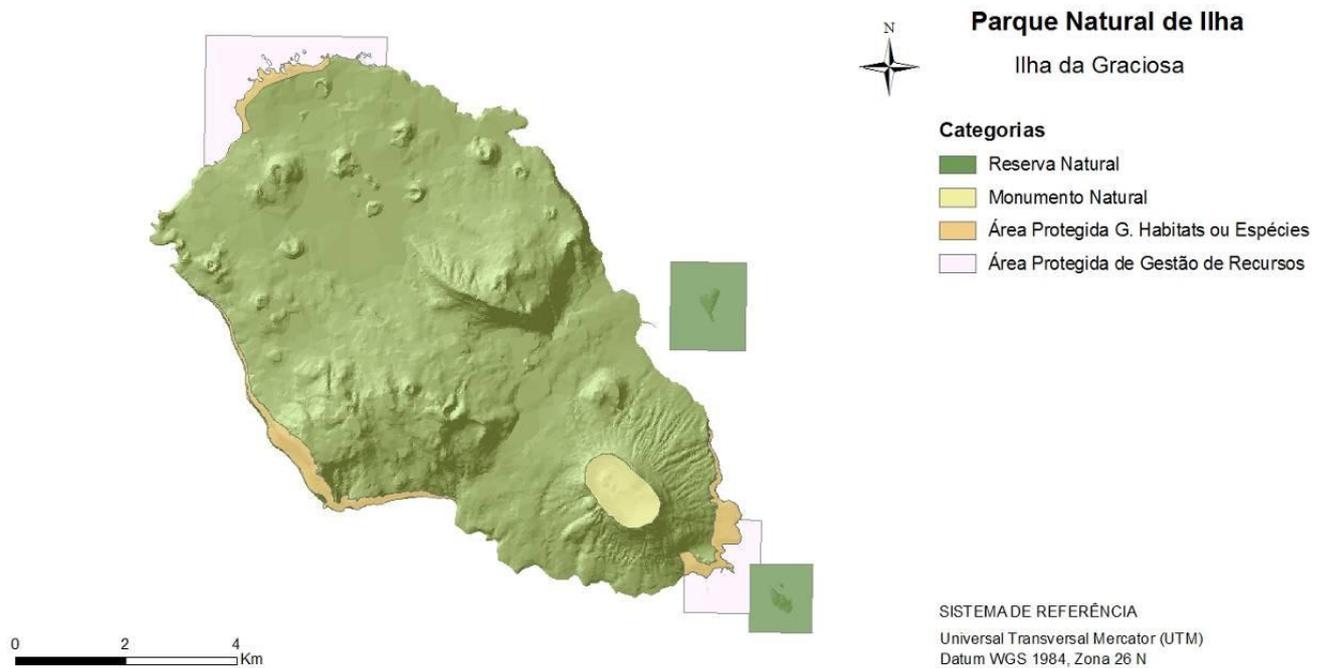


Figura 3.3.3 | Parque Natural da Ilha Graciosa.

Quadro 3.3.3 | Áreas que integram o Parque Natural da Ilha Graciosa

Ilha	Área Protegida	Designação	Área terrestre			Área marinha			Área Total	
			(ha)	Km <sup>2</sup>	(%)	(ha)	Km <sup>2</sup>	(%)	(ha)	Km <sup>2</sup>
Graciosa	Reserva Natural	Ilhéu de Baixo	9,8	0,1	7,0	129,3	1,3	93,0	139,1	1,4
		Ilhéu da Praia	9,9	0,1	4,5	208,6	2,1	95,5	218,6	2,2
	Monumento Natural	Caldeira da Graciosa	119,9	1,2	100,0	–	–	–	119,9	1,2
	Área Protegida para a Gestão de Habitats ou Espécies	Ponta da Restinga	70,2	0,7	100,0	–	–	–	70,2	0,7
		Ponta Branca	101,5	1,0	100,0	–	–	–	101,5	1,0
		Ponta da Barca	39,6	0,4	100,0	–	–	–	39,6	0,4
	Área Protegida de Gestão de Recursos	Costa Sudeste	0,4	0,0	0,3	135,5	1,4	99,7	135,9	1,4
		Costa Noroeste	–	–	–	283,1	2,8	100,0	283,1	2,8

### 3.3.2 | Águas subterrâneas

#### 3.3.2.1 | Zonas protegidas de interesse para as massas de água subterrâneas

No que respeita às categorias de áreas protegidas que, no contexto hidrogeológico da RH9, estão relacionadas com as massas de água subterrâneas, são de referir:

- As zonas designadas por normativo próprio para a captação de água destinada ao consumo humano;
- As zonas de infiltração máxima.

Importa salientar que na RH9 as zonas vulneráveis delimitadas ao abrigo da Diretiva relativa à proteção da água contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola referem-se exclusivamente a massas de água de superfície.

De acordo com o enquadramento legal em vigor, que decorre do espírito da Diretiva-Quadro da Água, nos planos de região hidrográfica devem ser identificadas todas as massas de água subterrânea destinadas a captação para consumo humano que forneçam mais de 10m<sup>3</sup> por dia em média ou que sirvam mais de 50 pessoas. Resulta desta disposição, e aliás como sublinhado no Documento-Guia n.º 16 (CEC, 2006), que esta tarefa implica a delimitação da massa de água como um todo, o que implica que as zonas de produção incluam as áreas de proteção imediata, intermédia e alargada dos pontos de água definidos ao abrigo do disposto no Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de setembro. Estas últimas, e sobre as quais efetivamente recaem medidas de proteção, podem por seu turno englobar áreas de mais do que uma massa de água.

As normas e os critérios para a delimitação das zonas de proteção às captações de água subterrânea, quando estas sejam destinadas ao abastecimento público de aglomerados populacionais com mais de 500 habitantes, ou quando o caudal é superior a 100m<sup>3</sup>/dia, são estabelecidas de acordo com o Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de setembro. No diploma mencionado, que transpõe para a ordem jurídica interna a obrigatoriedade de definir as áreas de proteção, são definidas três zonas contíguas de defesa, em que a imediata é de aplicação universal:

- Zona de Proteção Imediata - imediatamente junto da captação de água subterrânea, deve promover a proteção direta das próprias instalações da captação;
- Zona de Proteção Intermédia - área exterior contígua à zona de proteção imediata, de forma a promover a eliminação ou redução da poluição da água subterrânea, mediante a limitação, ou mesmo proibição, de atividades e/ou instalações suscetíveis de ter um impacto negativo sobre a qualidade da água subterrânea. Estas atividades correspondem a ações diretas, relacionadas com a percolação de poluentes, ou indiretas, por modificação do fluxo natural para a captação ou das condições de infiltração junto do ponto de água;
- Zona de Proteção Alargada - área exterior contígua à zona de proteção intermédia, definida de forma a promover a proteção da água subterrânea face a poluentes persistentes, de difícil atenuação natural (compostos orgânicos, substâncias radioativas, metais pesados, hidrocarbonetos e nitratos). Tal como na área de proteção contígua as atividades humanas podem ser condicionadas e/ou interditas, atendendo às características do foco de poluição (modo de descarga e volume de poluentes rejeitados) e dos poluentes (natureza) e às condicionantes geológicas e hidrogeológicas.

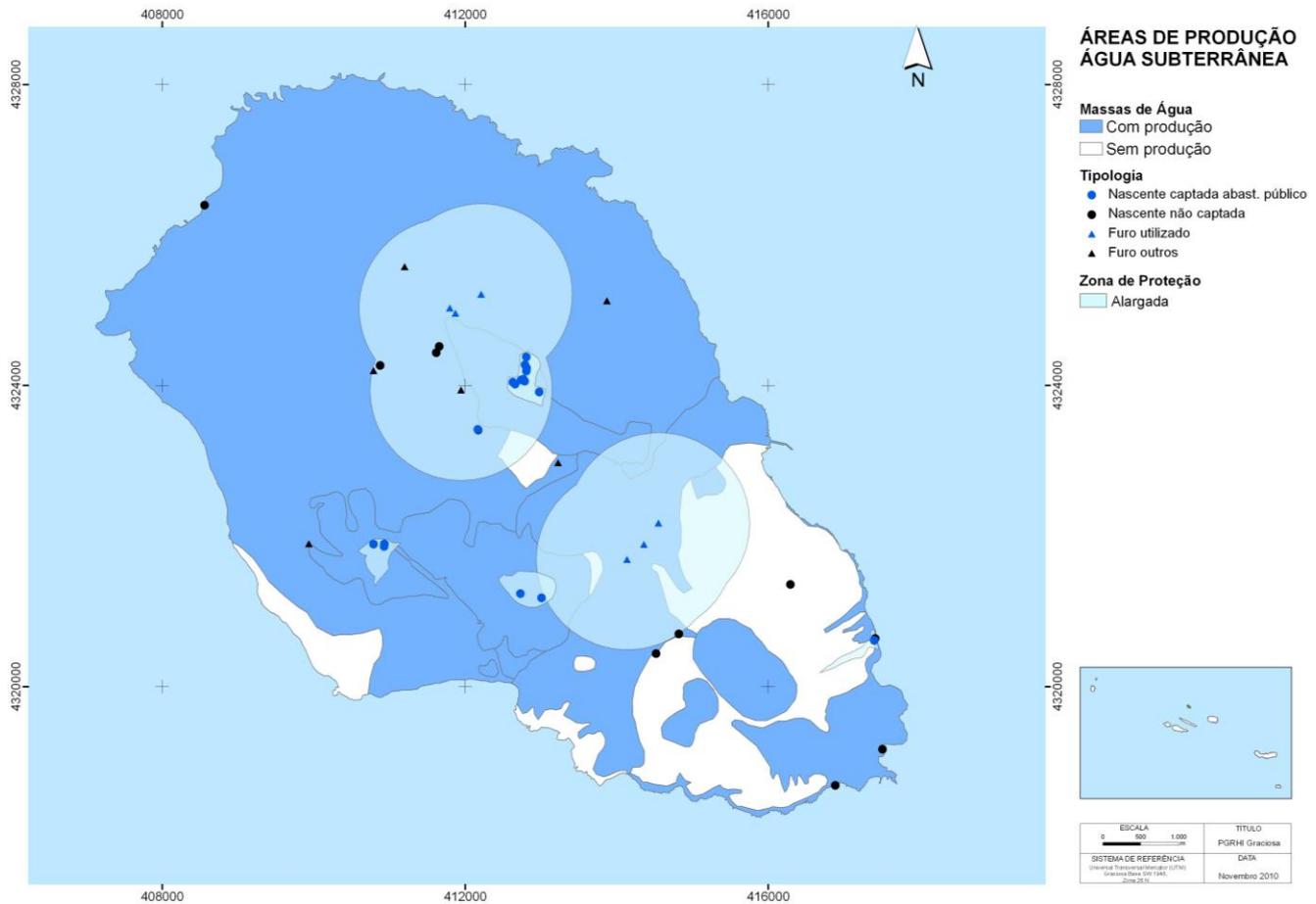
Na Figura 3.3.4 procede-se à identificação das massas de água destinadas à produção de água subterrânea para consumo humano, de acordo com os critérios referidos, assim como se representam as áreas de proteção alargada atualmente delimitadas para as nascentes e furos captados, embora ainda não regulamentados a nível da RH9.

No caso vertente da ilha Graciosa as massas de água subterrâneas destinada à produção de água para consumo humano são a Compósito, Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe, Serra das Fontes, Serra Dormida e Luz – Rebentão da Lagoa (Quadro 3.3.10). Como referido no ponto 3.4.2. do presente relatório, na ilha Graciosa foram inventariadas um total de 9 captações com um volume de extração superior a 10m<sup>3</sup>/dia, que correspondem a 3 nascentes (11% do total da ilha) e 6 furos (50% do total), distribuídos predominantemente no primeiro caso na massa de água Serra Dormida, e no segundo caso na massa de água Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe, a maior parte das quais destinadas à produção de água para uso humano.

O somatório da extração média anual nas captações é igual a 1,14hm<sup>3</sup>/ano (Quadro 3.3.4). A massa de água Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe é aquela em que se verifica o maior volume de extração nas captações com um caudal médio maior que 10m<sup>3</sup>/ano, totalizando 1,07hm<sup>3</sup>/ano, valor muito superior aos registados nas outras massas, que variam entre 0 e 0,04hm<sup>3</sup>/ano (Serra das Fontes).

No que concerne às zonas de proteção das origens de água, decorrentes da aplicação do Decreto-lei n.º 382/99, de 22 de setembro, a situação atual na ilha Graciosa encontra-se reportada no Quadro 3.3.5 (Coutinho *et al.*, 2007). Dos elementos supramencionados, pode concluir-se que todos os pontos de água captados nas massas de água daquela ilha possuem zonas de proteção já definidas.

Em qualquer caso, ressalva-se que relativamente a alguns destes pontos de água para os quais existem áreas de proteção estudadas, e em particular no caso das nascentes, este procedimento não é obrigatório, na medida que não atingem os critérios de volume de extração e/ou de população servida impostos pela legislação. Deste modo, as medidas de proteção inerentes aos constrangimentos às atividades humanas que devem ser observados nas zonas de proteção às origens ainda não são efetivas, o que passará pela adaptação dos critérios nacionais à realidade da RH9, e pela respetiva regulamentação que atualmente ainda não foi feita.



**Figura 3.3.4** | Massas de água subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano de acordo com os critérios estabelecidos na legislação. No cartograma representa-se igualmente as áreas de proteção alargada das nascentes captadas e furos para uso humano.

**Quadro 3.3.4** | Caracterização das zonas protegidas relativas às massas de água subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano de acordo com os critérios estabelecidos na legislação

Massa de Água	Nº total de pontos de água		Nº de pontos de água captados		Extração (hm <sup>3</sup> /ano)	Descarga total (hm <sup>3</sup> /ano)	Fração da descarga total (%)
	Nascentes	Furos	Nascentes	Furos			
Compósito	4	0	1	0	0,00	0,00	0,00
Luz - Rebentão da Lagoa	1	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	6	12	1	6	1,07	1,07	100,00
Sequência Hidromagmática Superior	2	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Serra das Fontes	10	0	10	0	0,04	0,04	100,00
Serra Dormida	5	0	5	0	0,03	0,03	100,00

**Quadro 3.3.5** | Caracterização das áreas de proteção dos pontos de água captados para consumo humano, de acordo com o Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de setembro

Massa de Água	Nº Total de Captações		Nº Total com PP	
	Nº Nascentes Captadas	Nº Furos Captados	Nº Nascentes com PP	Nº Furos com PP
Compósito	1	0	1	0
Luz - Rebentão da Lagoa	0	0	0	0
Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	1	6	1	7
Sequência Hidromagmática Superior	0	0	0	0
Serra das Fontes	10	0	10	0
Serra Dormida	5	0	5	0

### 3.3.2.3 | Zonas de infiltração máxima

Relativamente às áreas de máxima infiltração estas não são alvo de qualquer medida regulamentadora específica. Não obstante, o facto de estarem consideradas no sistema de valorização e proteção ambiental definido no PROTA, que entre outros aspetos abrangem o sistema hídrico, nas suas componentes superficial e subterrânea, faz com que indiretamente estejam abrangidas nas normas de carácter geral deste Plano. Assim as áreas ecológicas complementares definidas no âmbito do PROTA devem ser entendidas como a macro-estrutura ecológica regional a integrar na revisão ou na elaboração dos PMOT, sem prejuízo das adaptações necessárias, com um regime transitório até à publicação da RER.

Em qualquer caso, em virtude do seu carácter genérico no que concerne às zonas de infiltração, ressaltava-se a impossibilidade de no presente relatório avaliar o sucesso das medidas de proteção e valorização desta componente dos sistemas ambientais definidos no modelo territorial do PROTA para cada uma das ilhas integradas na RH9.

## 3.4 | Pressões naturais e incidências antropogénicas significativas

### 3.4.1 | Água superficiais

De acordo com a alínea b) do n.º 1, do artigo n.º 29, da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, os PGRH requerem “a identificação das pressões e a descrição dos impactes significativos da atividade humana sobre o estado das águas superficiais e subterrâneas, com a avaliação, entre outras, das fontes tóxicas e difusas de poluição, das utilizações existentes e previstas e das alterações morfológicas significativas”.

O Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, no seu anexo III, regulamenta a avaliação de pressões sobre as águas superficiais e as águas subterrâneas e respetivo impacte. De acordo com o n.º 1.1 deste anexo, devem ser identificadas e avaliadas as pressões antrópicas significativas a que as massas de água superficiais de cada região e bacia hidrográfica podem estar sujeitas, designadamente as provenientes das fontes tóxicas e difusas indicadas neste ponto.

### 3.4.1.1 | Águas superficiais interiores

Não existem massas de água da categoria ribeiras e lagoas identificadas para a ilha Graciosa.

### 3.4.1.2 | Águas costeiras e de transição

No caso das águas de transição e costeiras do arquipélago do Açores, estas apresentam um conjunto de particularidades, que conduzem a uma identificação das pressões nestas massas de água única no planeamento de recursos hídricos no panorama Português. Dessas particularidades destacam-se: o facto de serem ilhas, a formação geológica, a dimensão das ilhas, a inexistência de plataforma continental, a sua localização geográfica, especificidades ecológicas e ecossistémicas únicas, a delimitação anelar das massas de água costeiras.

Para Região Autónoma do Açores, os estudos disponíveis, relacionados com a qualidade marinha, são reduzidos. Deste modo, acresce a dificuldade de quantificar, de forma precisa, as pressões existentes nesta região.

A metodologia proposta apresenta duas fases distintas: uma relacionada com a identificação das principais forças motrizes e uma segunda onde se identificam e quantificam as principais pressões relevantes. A identificação das principais forças motrizes (ou *Driving Forces* na terminologia DPSIR), que se definem como qualquer intervenção humana que produza um efeito ambiental, baseou-se na análise de diversos trabalhos e na experiência e no conhecimento da região.

Deste modo a identificação das pressões, para as massas de água costeiras e de transição, decorre do desenvolvimento de um modelo que pretende qualificar as pressões originadas em todas as bacias hidrográficas da ilha, a partir das estimativas das cargas geradas domésticas, industriais e da agropecuária, entre outros setores relevantes, que podem atingir as águas costeiras através das linhas de água ou por descargas diretas

#### 3.4.1.2.1 | Forças motrizes

Da análise efetuada, as forças motrizes identificadas prendem-se com: a população, a pecuária, a agricultura, a indústria, o desenvolvimento portuário e outras fontes.

#### População

A população da ilha Graciosa distribui-se de forma assimétrica, sendo que a bacia do centro urbano de Santa Cruz da Graciosa (cerca de 1000 habitantes) a que apresenta a maior efetivo populacional (Figura 3.4.1 e Figura 3.4.2). Esta região terá particular interesse na determinação de cargas de origem doméstica, expondo uma probabilidade mais elevada no que respeita à pressão exercida.

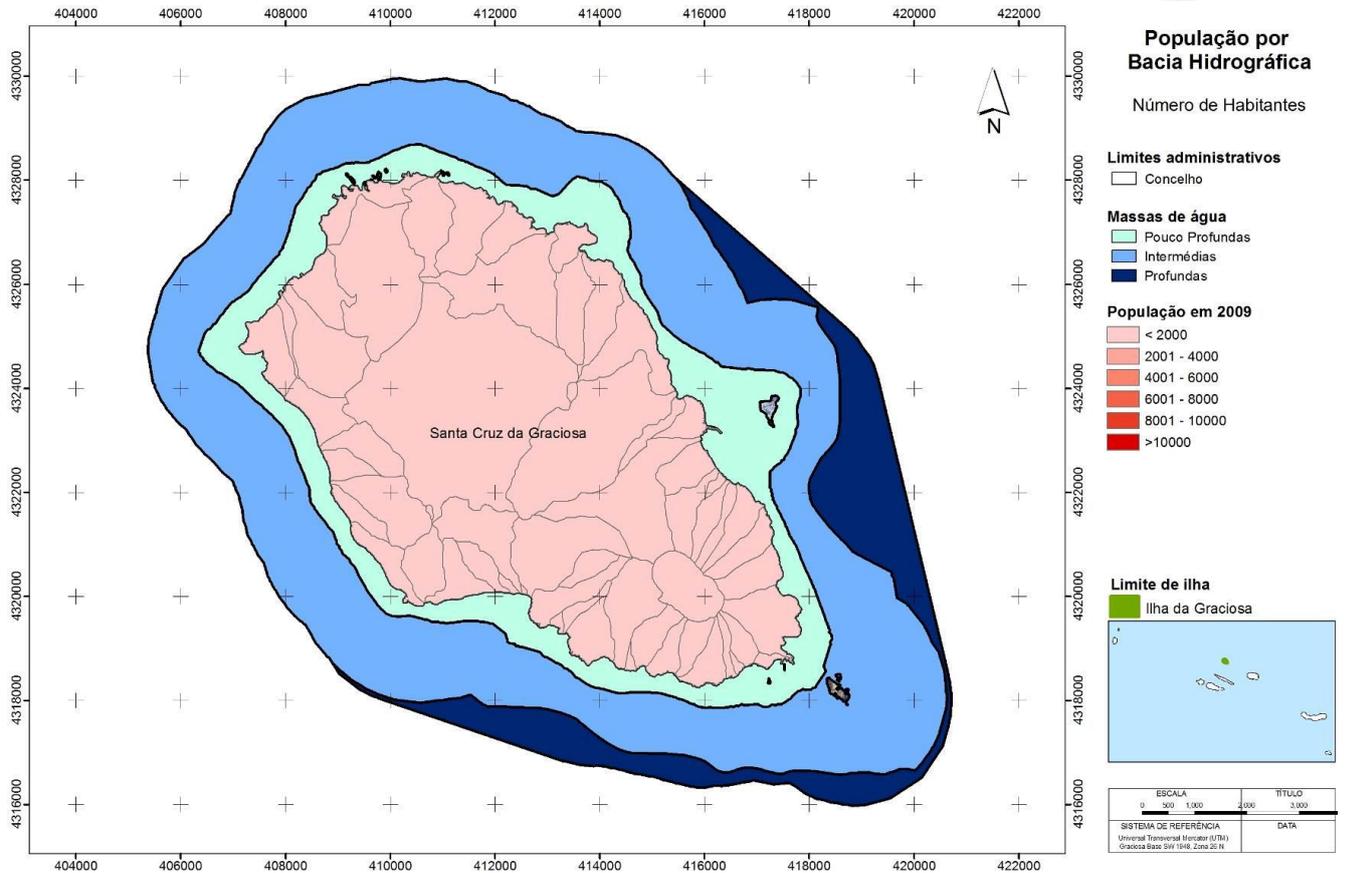


Figura 3.4.1 | Efetivo populacional por bacia hidrográfica na ilha Graciosa.

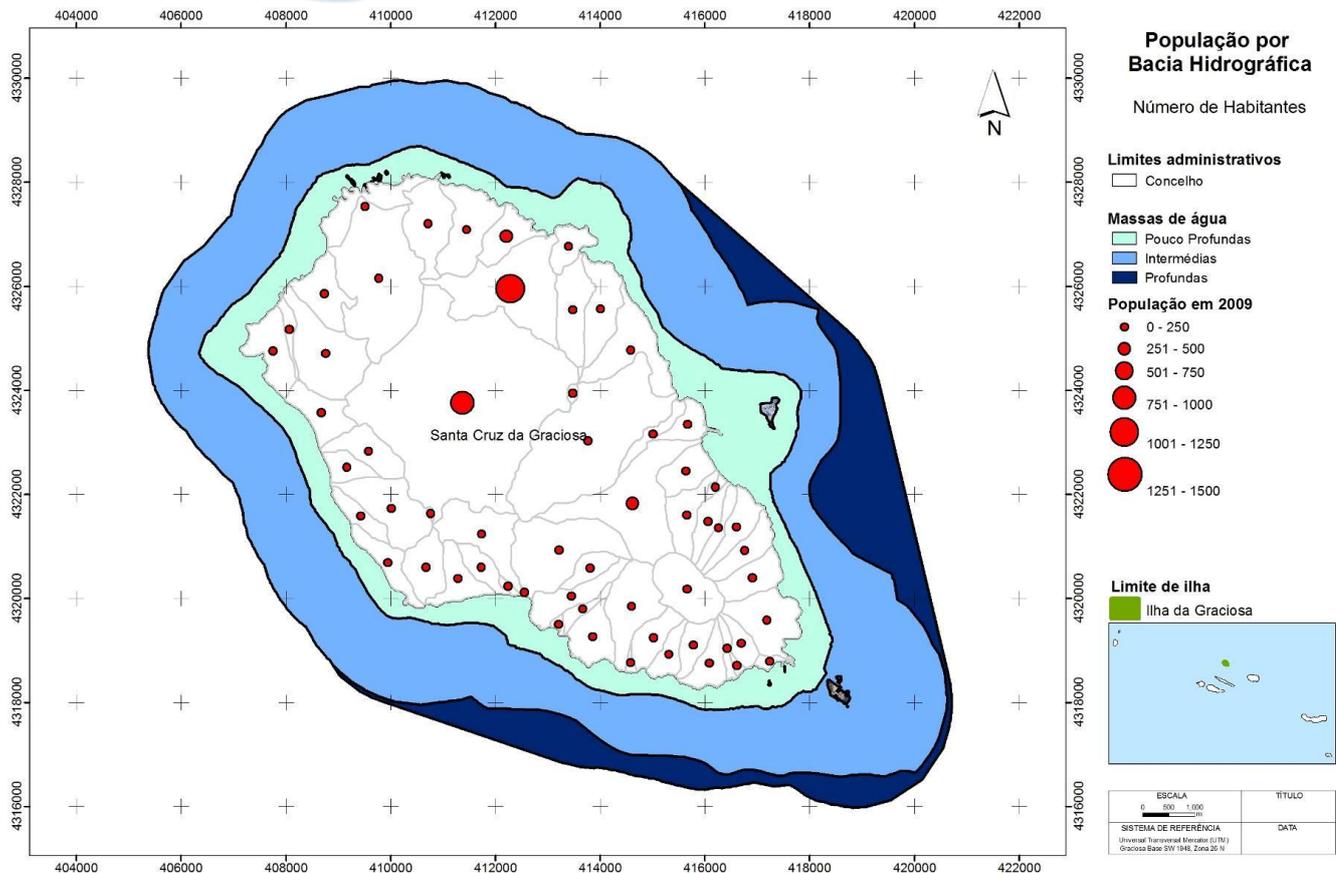


Figura 3.4.2 | Número de habitantes por bacia hidrográfica na ilha Graciosa.

Atualmente, esta ilha apresenta uma densidade populacional da ordem dos 81hab/km<sup>2</sup>, verificando-se que a densidade populacional tem vindo a aumentar no período entre 2001-2009. Os espaços urbanos distribuem-se pela faixa costeira e zona central, acompanhando os principais eixos rodoviários, tendo uma maior representação na sede de concelho de Santa Cruz da Graciosa.

### Indústria

Na ilha Graciosa, a atividade industrial centrada na indústria transformadora apresenta um peso relativamente reduzido na economia da RAA, sendo responsável por 13% VAB. No seu conjunto, as indústrias transformadoras verificaram em anos recentes um crescimento moderado quer em termos de emprego quer em termos de VAB, (SRAM, 2008).

Na ilha Graciosa, as indústrias alimentares (10 empresas), as indústrias da madeira (12 empresas) e fabricação de têxteis (5 empresas) ocupam as posições mais proeminentes (Quadro 2.5.18).

Para além da indústria tradicional, considera-se a indústria do turismo, visto que é uma atividade emergente, na RAA. Contudo, não se observa uma expansão assinalável nos últimos anos na ilha Graciosa, uma vez que no período de oito anos apenas foi criado mais um estabelecimento hoteleiro, existindo no ano 2009 quatro estabelecimentos hoteleiros nesta ilha, correspondendo a 5% dos estabelecimentos na RAA (Quadro 2.5.19).

## Pecuária

Como foi referido anteriormente, no ponto 2.5.2.1, o setor primário apresenta um peso significativo na economia da RAA, em particular nas atividades ligadas à pecuária. De acordo com os dados INE, a ilha Graciosa apresenta um efetivo pecuário (bovinos, suínos, ovinos e caprinos) de cerca de 7 900 animais, correspondentes a 1 042 explorações. Deste modo, é de esperar que este efetivo contribua significativamente para as cargas orgânicas que terão como destino final as águas costeiras. Recordando a análise do uso do solo efetuada no ponto 2.6.2, as pastagens apresentam uma das expressões mais elevadas de todo o Arquipélago, 43,2% (28,6km<sup>2</sup>) da superfície da ilha. Esta predominância da pastagem deve-se à intensificação das explorações agropecuárias, conduzindo ao declínio dos espaços florestais e de vegetação natural, traduzida na Figura 3.4.3 pelo número de cabeças de gado bovino.

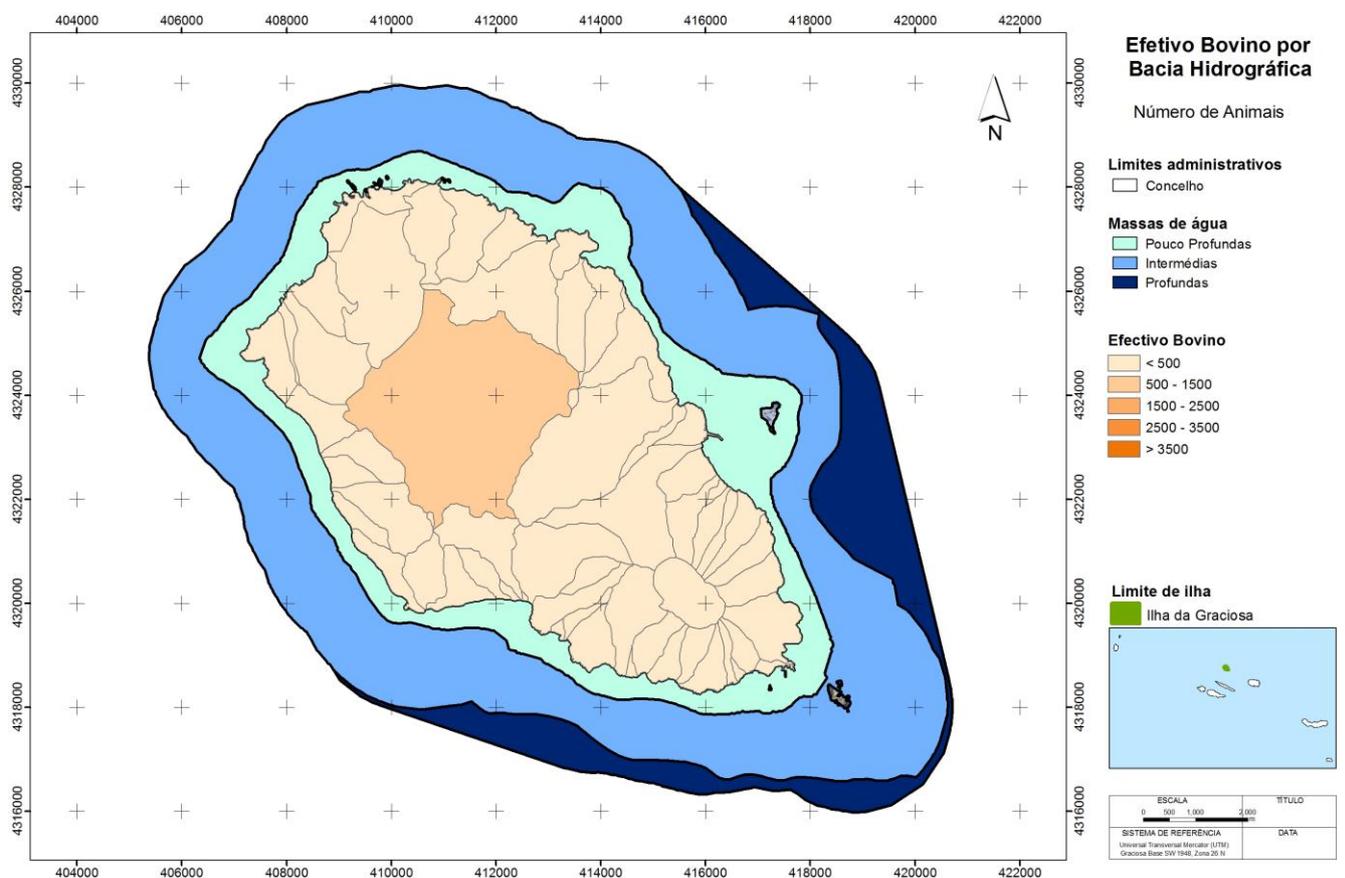


Figura 3.4.3 | Etetivo bovino por bacia hidrográfica na ilha Graciosa.

Analisando a Figura 3.4.4, verifica-se que a ilha Graciosa apresenta para maioria das bacias hidrográficas um valor de animais na classe 0-250, existindo apenas três bacias hidrográficas na classe 250-500 e apenas uma na classe com mais de 1000 animais, localizando-se na região central a ilha, contribuindo de forma reduzida para carga poluente no que respeita às águas costeiras. Contudo, na análise de pressões naturais e antropogénica significativas esta bacia hidrográfica foi considerada como uma bacia com drenagem costeira, ou seja, o pior cenário em termos de carga poluente de origem pecuária.

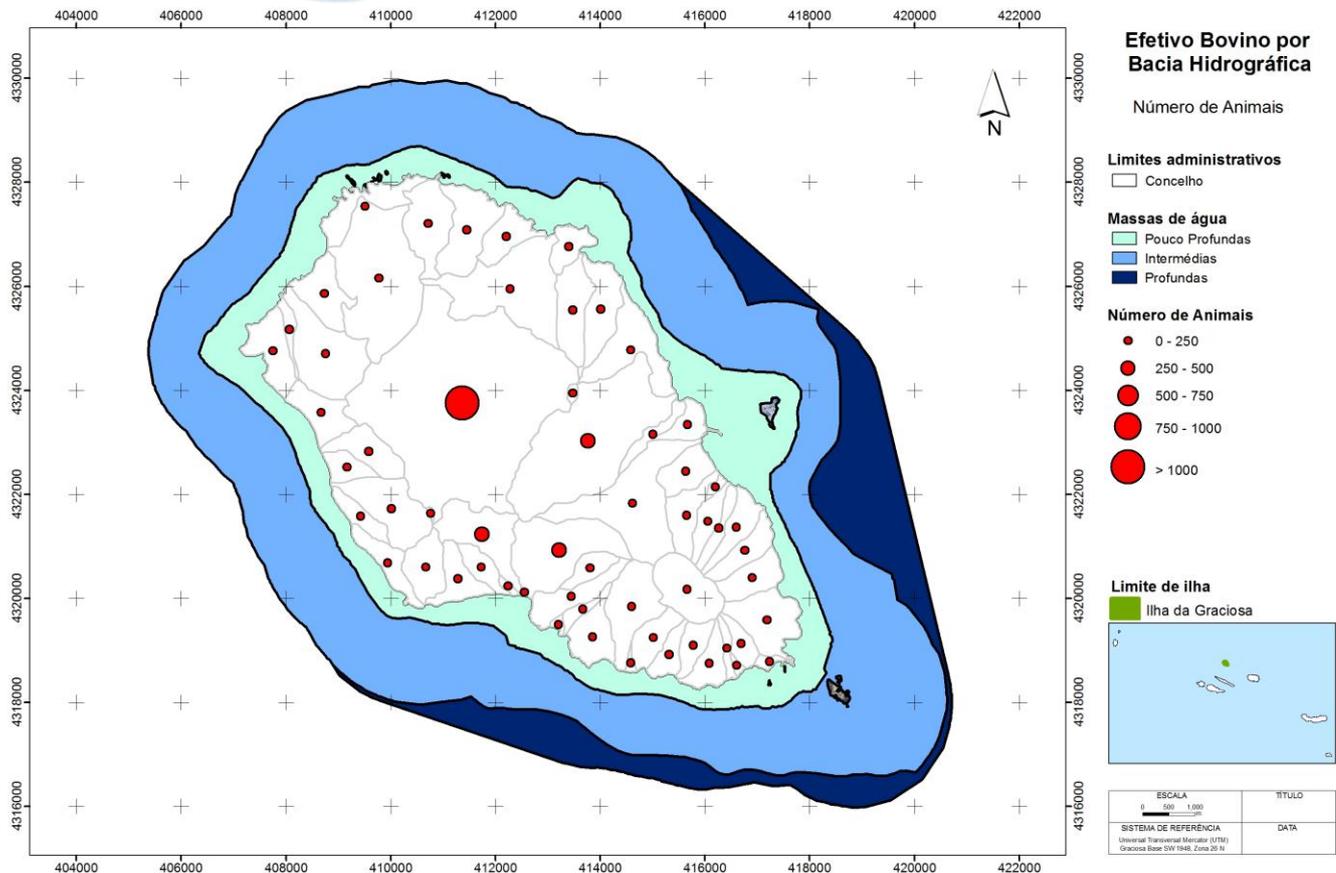


Figura 3.4.4 | Número de animais por bacia hidrográfica na ilha Graciosa.

## Agricultura e Floresta

Os espaços agrícolas, que representam cerca de 35,3% da ocupação do solo (23,3km<sup>2</sup>), encontram-se associados aos aglomerados populacionais, observando-se uma distribuição quase contínua na região localizada a norte da ilha Graciosa (Figura 2.6.3). As explorações de culturas permanentes com maior importância no contexto da ilha Graciosa são a vinha (com 506 explorações e uma área de 175 hectares) e os citrinos (com 217 explorações e uma área de 20 hectares), (Quadro 2.5.13).

Na ilha Graciosa, existem 728 explorações que praticam culturas temporárias e que ocupam uma extensão de 853 hectares, sendo que as culturas temporárias mais comuns na ilha Graciosa são as forrageiras e a batata (Quadro 2.5.14). Destas culturas temporárias, prevalecem como principais o milho para forragem, a vinha e a batata do Cedo (Quadro 2.5.14). Este número de produção de milho para forragem deve-se à especialização das explorações da ilha Graciosa em bovinos de leite e bovinos para gado e carne.

Relativamente à floresta, podem ser distinguidas dois tipos: a de vegetação natural, com cerca de 0,4% (0,3km<sup>2</sup>), e a mancha florestal, com cerca de 12,4% (8,2km<sup>2</sup>), valores inferiores à média regional, tendo apenas alguma representação nos cones vulcânicos da Plataforma Noroeste, na Serra da Fonte e nas vertentes da Caldeira.

### **Desenvolvimento Portuário**

O desenvolvimento portuário centra-se essencialmente em três vetores: a construção e ampliação de zonas portuárias comerciais e de recreio (marinas), a exploração de recursos vivos (pesca) e os transportes de bens/mercadorias e de passageiros.

A atividade piscatória, medida pelo pescado descarregado nos portos da ilha Graciosa (o porto da Praia da Graciosa e o porto de Santa Cruz da Graciosa), traduziu-se, no ano de 2010, em volumes da ordem das 91 toneladas, aos quais correspondem valores brutos na ordem de 652 170 milhares de euros, embora se trate de uma atividade com fortes flutuações.

O transporte de passageiros por via marítima assume atualmente, no conjunto da RAA, uma importância muito relativa. No entanto, o transporte marítimo de passageiros poderá (e deverá) assumir um papel mais relevante no curto-médio prazo e poderá ser uma componente de pressão sobre as águas costeiras (PROTA, 2008).

No que diz respeito ao transporte de mercadorias, os portos desempenham assim um papel primordial no abastecimento às ilhas e no escoamento da produção açoriana, pelo que este tem sido um setor privilegiado pelos investimentos regionais. Dentro das pressões mais significativas do tráfego marítimo de mercadorias, salienta-se o transporte de hidrocarbonetos. Evidencia-se ainda que as águas portuguesas são cruzadas diariamente, por largas dezenas de navios, sendo muitos deles navios petroleiros. Com efeito, muito do tráfego de crude, que se efetua desde os centros de produção até aos grandes centros de consumo (como é o caso do Norte da Europa), passa ao largo da costa portuguesa, elevando, de forma significativa, o risco de acidente.

Finalmente, a náutica de recreio tem, nos últimos anos, registado um crescimento significativo, como resultado da construção das marinas e núcleo de recreio náutico. Contudo na ilha Graciosa não existe qualquer marina, estando os barcos de recreio distribuídos pelos portos de pesca e portinhos existentes.

### **Outros usos**

No que concerne a outros usos, salienta-se a extração de inertes nas proximidades ou nas zonas costeiras, assim como a exploração balnear que se reflete numa pressão temporária durante a época balnear e numa pressão contínua resultante da artificialização da orla costeira, em consequência da criação de infraestruturas balneares de apoio.

#### **3.4.1.2.2 | Pressões identificadas**

Na metodologia de identificação de pressões foi considerada a lista apresentada no Quadro 3.4.1, baseada no IMPRESS (2002) e na experiência adquirida. As pressões foram divididas em quatro grupos: (i) Poluição em que são consideradas as fontes tóxicas e difusas de origem urbana, industrial, agrícola e pecuária; (ii) as morfológicas; (iii) as hidromorfológicas; (iv) as biológicas e usos e (v) outras.

As pressões de origem tóxica sobre as massas de água podem estar relacionadas com a ausência de tratamento de águas residuais doméstica, industrial e agrícola, com a ocupação urbana e agrícola dos solos.

As pressões de origem difusa estão relacionadas com as atividades agrícolas, pecuária e de pastagem.

As pressões morfológicas traduzem-se pelas alterações físicas nos leitos e nas margens das massas de água, de origem antropogénica, que têm como impacto alterações na hidrodinâmica e morfodinâmica das massas de água. Como

exemplos de pressões pode-se referir as extrações de inertes, a deposições de sedimentos, as remoções de substratos, os esporões, os quebra-mares, os canais de navegação, a ocupação das margens e as obras marginais.

As pressões hidromorfológicas são alterações dos regimes hidráulico e hidrológico das massas de água, de origem antropogénica, que têm como impacte alterações no estado e no potencial ecológico dessas massas de água. São exemplos de pressões hidromorfológicas:

As variações nas características hidrodinâmicas com a introdução de estruturas portuárias, de recreio e de defesa (por exemplo, volume, velocidade, profundidade, da altura de onda e direção dominante);

Alteração localizada do regime de correntes e propagação da onda de maré.

As pressões biológicas significativas correspondem as pressões como a pesca, o transporte marítimo de mercadorias introdução de espécies exóticas que podem ter um impacte direto nos recursos vivos, do ponto de vista quantitativo ou qualitativo.

**Quadro 3.4.1** | Lista de pressões consideradas

Pressão			
Poluição	Alterações morfológicas	Alteração do regime hidrológico	Biologia e Usos
<b>Fontes tóxicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Descargas Urbanas               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissários sem tratamento</li> <li>- Emissários com tratamento</li> <li>- Descarga com tratamento</li> <li>- Descargas com tratamento</li> </ul> </li> <li>. Descargas Industriais</li> <li>. Transportes Marítimos</li> <li>. Extração de inertes</li> <li>. Sedimentos</li> <li>. Materiais basálticos</li> <li>. Lixiviados de Aterros Sanitários</li> </ul> <b>Fontes difusas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Descargas Industriais</li> <li>. Agroalimentares</li> <li>. Construção</li> <li>. Combustíveis</li> <li>. Lixiviados</li> <li>. Agricultura e Floresta</li> <li>. Pecuária</li> </ul>	Construção e ampliação de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obras de defesas</li> <li>- Marinas</li> <li>- Portos de pesca e Comercias</li> <li>- Estruturas de defesa (esporões, quebra-mares, obras de defesa aderente)</li> <li>- Dragagens</li> </ul>	Alteração da dinâmica costeira: <ul style="list-style-type: none"> <li>Obras de defesa aderente;</li> <li>Esporões;</li> <li>Quebra-mares</li> </ul>	Exploração de recursos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesca</li> <li>- Aquacultura</li> </ul> Mudanças na biodiversidade: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introdução de espécies</li> <li>- Introdução de doenças</li> </ul> Recreio: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Praias</li> <li>- Piscinas naturais</li> </ul>

### 3.4.1.2.3 | Poluição tóxica

As fontes de poluição tóxicas identificadas são as descargas costeiras diretas, como os efluentes urbanos e os industriais. Os primeiros incluem as águas residuais domésticas de populações costeiras e provenientes de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Também as linhas de água que transportam efluentes urbanos, industriais e agrícolas podem ser consideradas como fontes de poluição tóxica para as massas de água costeiras.

Com base nos vários documentos consultados identificaram-se as seguintes pressões:

- Efluentes Urbanos;
- Efluentes Industriais;

- Resíduos;
- Extração de Inertes;
- Transportes Marítimos.

#### 3.4.1.2.3.1 | Efluentes urbanos – Pontos de descarga

Acompanhando o desenvolvimento económico que se tem verificado na Região, a implementação de infraestruturas de saneamento básico associadas às águas residuais têm registado alguns progressos, embora ainda não se tenha atingido uma situação satisfatória e uniforme em todas as ilhas (PROTA, 2007).

Segundo as normas comunitárias (Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho) todos os municípios com mais de 15 000 habitantes deveriam tratar as suas águas residuais até ao ano 2000 enquanto aqueles cuja população se situa entre os 2 000 e 15 000 habitantes poderiam ver este prazo prorrogado até 2005. Nos Açores esta situação está longe da realidade (PRA, 2001).

Apenas cerca de 33% da população é servida por saneamento básico. Regra geral as casas têm uma fossa com um sumidouro. Mesmo as populações com redes de drenagem raramente têm tratamento de esgotos e não se sabe a percentagem de população que está servida com este tipo de tratamento (PRA, 2001).

De facto, verifica-se que a população ligada aos sistemas de drenagem é inferior à população servida em quase todos os concelhos da Região pois, apesar de já existirem coletores, as ligações domiciliárias não são efetuadas, mantendo-se em funcionamento os sistemas individuais por fossas sépticas (PROTA, 2007).

O modelo de dispersão populacional e ao atraso estrutural que ainda se verifica na Região (muitas vezes devido à dificuldade em promover economias de escala), conduz a níveis de atendimento da rede de drenagem de águas residuais são bastante reduzidos o que se reflete na prevalência do recurso a fossas sépticas individuais (PRA, 2006)

Deste modo, apenas uma reduzida percentagem da população apresenta tratamento de águas residuais, e em que o tratamento é, por vezes, insuficiente face ao tipo de meio recetor, introduzindo cargas no meio recetor, neste caso particular as águas costeiras.

Para o caso específico da ilha Graciosa, e conforme exposto no ponto 2.8.2, a população servida e ligada em Santa Cruz da Graciosa pela rede de drenagem implementada ronda os 17%, localizada na vila de Santa Cruz (15%) e no cais da barra (2%). Esta população é servida por sistema de tratamento preliminar e primário constituído por uma estação de residuais urbanas (ETAR do Paúl) e uma fossa séptica coletiva no cais da barra (Quadro 3.4.2).

**Quadro 3.4.2 |** Percentagem de atendimento em drenagem e tratamento de águas residuais

Ilha	Concelho	Atendimento em drenagem de águas residuais (%)	Atendimento em tratamento de águas residuais (%)
Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	17	15
	<b>Total</b>	17	15



#### 3.4.1.2.3.2 | Efluentes industriais

A maior parte das indústrias instaladas nos Açores pertencem ao ramo alimentar, pelo que o volume mais significativo de efluentes gerados é de origem orgânica, e por isso biodegradáveis. O processo de licenciamento de descargas de efluentes industriais encontra-se ainda numa fase preliminar, não existindo dados precisos relativos à sua localização, caracterização e quantificação (PROTA, 2008).

As descargas diretas de efluentes industriais no meio hídrico ou no solo, sem tratamento ou sujeitas a tratamento pouco apropriado às suas especificidades, representam uma ameaça efetiva à qualidade das águas na Região

Os setores industriais que contribuem mais significativamente para a geração de cargas poluentes na Região é a indústria agropecuária nomeadamente as indústrias de lacticínios (responsável por cerca de 88% do total das cargas geradas), os matadouros, as unidades de preparação e conservação de carne, a indústria transformadora da pesca e conservas e a indústria cervejeira e de refrigerantes.

De acordo com o PRA, as indústrias agropecuárias existentes na Graciosa são: Fábrica de lacticínios e matadouro de Santa Cruz da Graciosa.

Por sua vez, a fábrica de lacticínios (Pronicol), única unidade industrial significativa na ilha faz tratamento dos efluentes numa Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI) com tratamento secundário, composto por duas lagoas anaeróbias e uma anaeróbia. Os efluentes tratados são rejeitados na costa oceânica perto das instalações industriais (Quitadouro).

#### 3.4.1.2.1.3 | Instalações com Regime de Prevenção e Controlo Integrado de Poluição (PCIP)

Não existem instalações abrangidas pelo Diploma PCIP na ilha Graciosa.

#### 3.4.1.2.3.4 | Resíduos

As infraestruturas existentes em grande parte das ilhas mostram-se insuficientes para encaminhar convenientemente todas as tipologias de resíduos, provocando situações ambientalmente pouco adequadas para a gestão dos mesmos.

Relativamente ao vazadouro controlado da ilha Graciosa, localizado no local de Barro Vermelho (freguesia de Santa Cruz), não possui Estação de Tratamento de Águas Lixivantes (ETAL). É de referir ainda que, de acordo com o PEGRA (Plano Estratégico de Gestão de Resíduos da RAA) está prevista a construção de um Centro de Processamento e de um Centro de Valorização Orgânica por Compostagem (POOC-Graciosa, 2008).

A situação regional relativamente à produção de resíduos hospitalares pode ser inferida pelos Relatórios Síntese dos Resíduos Hospitalares elaborados anualmente pela Direção Regional de Saúde, cujos valores estimam em 2009 uma produção de cerca de 1 164 toneladas de resíduos hospitalares.

Por fim, registe-se que será expectável a produção de resíduos radioativos associados a atividades de diagnóstico médico, mas os contactos estabelecidos (nomeadamente com a DRA, com a Direção Regional de Saúde e com algumas unidades hospitalares) não permitiram quantificar a sua produção.

De acordo com o POOC – Graciosa, 2008, a exploração de recursos naturais, nomeadamente a extração de areias do fundo do mar e perante a ausência de um regime jurídico relativo ao desenvolvimento e gestão da atividade extrativa, a DSRH/DRA tem concedido autorizações de dragagens de areia dos fundos marinhos. No caso específico da ilha Graciosa, tem sido autorizada a dragagem de areia na Ponta da Barca e esperança Velha e entre as localidades Beira Mar e Ponta do Enxudreiro. De acordo com o Projeto GEMAS estão definidas duas áreas para a extração de areias licenciadas (Figura 3.4.6).

Outro aspeto a ter em consideração é a exploração de inertes localizados nas arribas costeiras podem influenciar de forma significativa da qualidade das massas de água costeiras e a alteração dos ecossistemas.

Na figura 3.4.6, apresentam-se os locais cadastrados pela SRAM, com o fim de exploração de inertes, verificando-se que a maioria das explorações, junto à linha de costa, se localiza na freguesia de São Mateus.

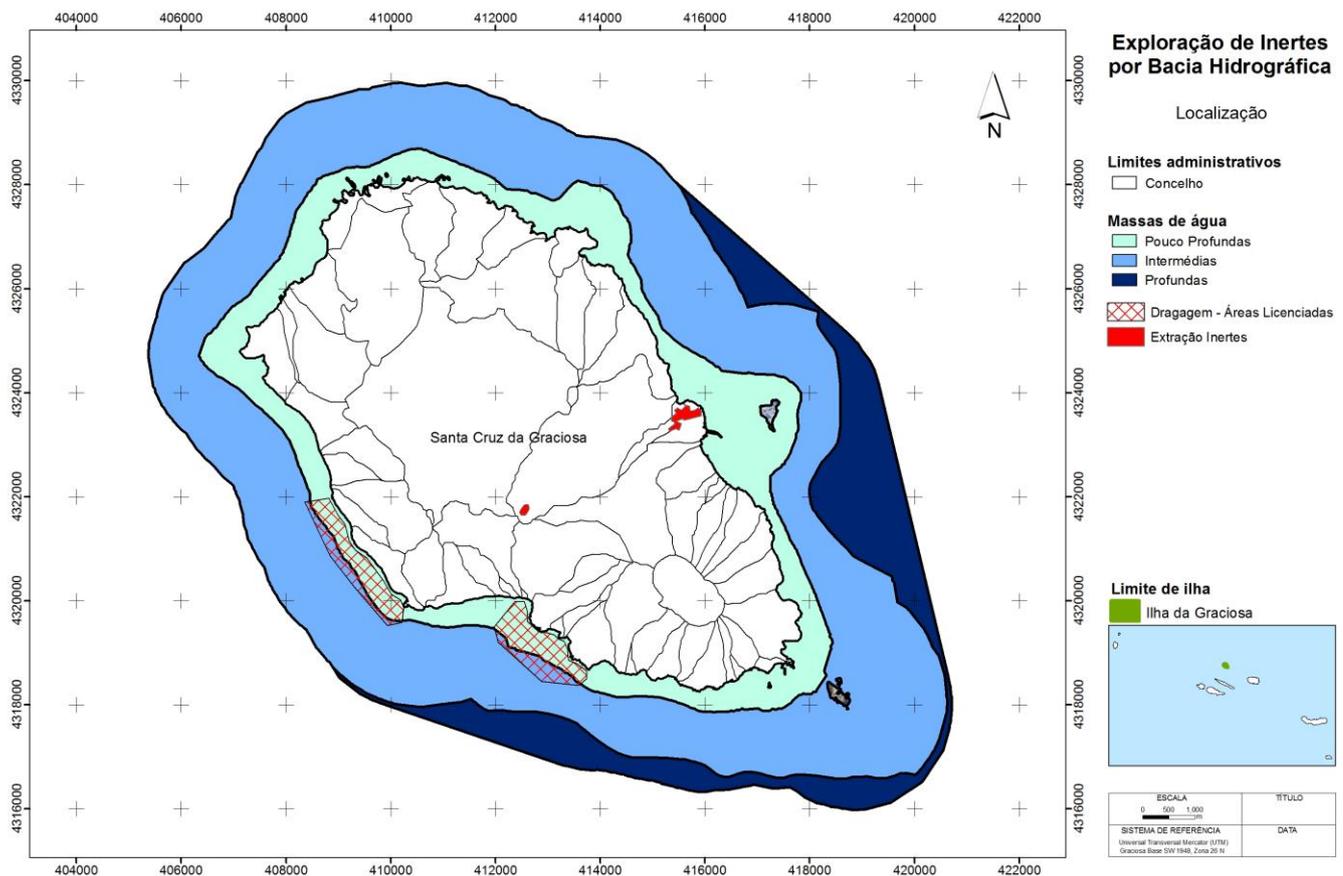


Figura 3.4.6 | Localização das explorações de inertes cadastradas e áreas de drenagem licenciadas.

#### 3.4.1.2.3.6 | Turismo

Como referido anteriormente a indústria do turismo, visto que é uma atividade emergente na RAA. Contudo, não se observa uma expansão assinalável nos últimos anos na ilha Graciosa, uma vez que no período de oito anos apenas foi criado mais um estabelecimento hoteleiro, existindo no ano 2009 quatro estabelecimentos hoteleiros nesta ilha.

De acordo com o Plano de Ordenamento Turístico da Região Autónoma das Açores, as relações entre ordenamento de atividades, proteção do ambiente e conservação da natureza determinam a importância dos aspetos espaciais, conduziu à delimitação dos Espaços Ecológicos de Maior Sensibilidade, isto é, áreas com algum tipo de condicionamentos de índole biofísica ou ambiental (algumas com expressão legal, como é o caso das Áreas Protegidas).

Os seguintes Espaços Ecológicos de Maior Sensibilidade incluem as seguintes reservas, parques ou zona de proteção:

- Reservas Naturais;
- Reservas Florestais;
- Paisagens Protegidas;
- Biótopos;
- Zonas de Proteção Especial (ZPE);
- Zonas Especiais de Conservação (ZEC);
- Zonas de Risco de Erosão;
- Falésias;
- Zonas Costeiras;
- Bacias Hidrográficas de Lagoas.

Todos estes Espaços são áreas de grande sensibilidade biofísica e/ou paisagístico-ambiental que não apresentam aptidão para a ocupação turística, ou onde esta é, manifestamente, indesejável por motivos de conservação. Nestes Espaços apenas serão admitidas as unidades de alojamento decorrentes dos regimes próprios aplicados aos espaços abrangidos e, genericamente, a recuperação e valorização de edifícios pré-existentes. Sendo que atualmente estes usos ainda não se consideram como uma pressão significativa.

#### 3.4.1.2.3.7 | Substâncias perigosas

Relativamente às águas costeiras, no caso do Açores, uma das origens que é importante considerar é o transporte marítimo que transporta muitas substâncias perigosas: petróleo, gás liquefeito, fertilizantes, pesticidas e outros químicos industriais. Acidentes ou descuidos durante as operações de rotina ou mesmo perdas de carga em tempestades podem constituir meios de entrada destas substâncias no meio marinho.

O controlo das descargas operacionais de produtos químicos encontra-se regulamentado no Anexo II da convenção Internacional MARPOL 73/78 classificando as substâncias líquidas nocivas em quatro categorias em função do grau de nocividade que apresentam.

De acordo com o PRA, verificou-se não haver qualquer tipo de dados referentes à composição e volume dos efluentes industriais da Região. Das várias indústrias existentes na Região, existem algumas cujas águas residuais são suscetíveis de conterem substâncias perigosas incluídas nas listas I e II. Contudo no caso da ilha Graciosa o número desse tipo de indústria terá um significado muito reduzido.

Os dados relativos a substâncias perigosas, disponíveis para as águas costeiras do Arquipélago dos Açores, são escassos e referentes a amostragens pontuais de um determinado composto e apesar do isolamento dos Açores os níveis de metais pesados e outros químicos no ambiente do Arquipélago não parecem diferir significativamente dos observados noutras áreas do Atlântico Norte (Santos *et al.*, 1994). Isto é particularmente verdade para os níveis de metais pesados em grandes peixes migratórios (Monteiro & Lopes, 1990), níveis de mercúrio em cefalópodes (Monteiro *et al.*, 1992) e aves marinhas (Monteiro *et al.*, 1998). Monteiro *et al.* (1992) encontraram níveis surpreendentemente altos de mercúrio em polvos provenientes de localizações costeiras sob influência urbana como portos, comparados com os níveis encontrados em locais remotos.

Isto sugere que mercúrio proveniente de fontes antropogénicas nas zonas urbanas atinja a espécie através da cadeia alimentar e/ou sedimentos costeiros (Monteiro *et al.*, 1992). Santos *et al.* (1994) sugerem que esta contaminação esteja relacionada com efluentes urbanos, descuido na “eliminação” de pilhas usadas e utilização de tintas antivegetativas. No entanto esta pressão não é considerada significativa na ilha Graciosa.

#### 3.4.1.2.3.8 | Transportes marítimos

O transporte de passageiros por via marítima assume atualmente, no conjunto da RAA, uma importância muito relativa. No entanto, o transporte marítimo de passageiros poderá (e deverá) assumir um papel mais relevante no curto-médio prazo e que poderá ser uma componente de pressão sobre as águas costeiras (PROTA, 2008).

Contudo é ao nível do transporte de mercadorias que pela característica insular dos Açores, poderá surgir as pressões mais significativas. A reduzida dimensão de algumas ilhas, aliada à sua dispersão física, torna o abastecimento à RAA um problema sempre presente. Os portos desempenham assim um papel primordial no abastecimento às ilhas e no escoamento da produção açoriana, pelo que este tem sido um setor privilegiado pelos investimentos regionais.

Dentro das pressões mais significativas do tráfego marítimo de mercadorias salienta-se o transporte de hidrocarbonetos. As águas portuguesas, são sulcadas diariamente, por largas dezenas de navios, sendo muito deles navios petroleiros. Com efeito, muito do tráfego de crude desde os centros de produção até aos grandes centros de consumo, como é o caso do Norte da Europa, passa ao largo da costa portuguesa.

Sendo assim verificamos que o "RISCO" de acidentes é uma constante permanente, nas águas costeiras. O risco de poluição por hidrocarbonetos e por substâncias perigosas, seja ele operacional ou accidental, no meio aquático depende de múltiplos fatores, no entanto, a maior parte da poluição por hidrocarbonetos resulta de operações portuárias de rotina ou acidentes em operações de descarga e ou em instalações de armazenamento. As zonas portuárias com terminais petrolíferos estão desta forma sujeitas a um maior risco de poluição accidental ou operacional (REOTA, 2003).

Constituem-se como origem das principais fontes de poluição por hidrocarbonetos (PRA, 2001):

- Acidentes marítimos tais como encalhes, afundamentos e abaloamentos de navios tanques petrolíferos ou de outros navios que transportam cargas de hidrocarbonetos e combustível próprio;
- Todos os navios tanques petrolíferos que despejem resíduos de combustível líquido e águas das cavernas poluídas por hidrocarbonetos;
- Todos os navios tanques petrolíferos que despejem hidrocarbonetos derivados dos métodos de lavagem dos seus tanques e das operações de deslastragem;
- Todos os navios, que não sejam navios tanques petrolíferos, que despejem o lastro e as lavagens dos tanques de combustível líquido;
- Todos os terminais que possam originar fugas de produtos durante as operações de carga/descarga e abastecimento de combustíveis aos navios e barcaças de todos os navios atracados num terminal ou amarrados a um terminal ao largo;
- Todas as operações de trasfega de hidrocarbonetos de um navio tanque petrolífero para outro, tais como aliviamento ou descarga por intermédio de barcaças;
- Todas as fontes de origem terrestre tais como, óleos lubrificantes e outros hidrocarbonetos eliminados;
- Queda de hidrocarbonetos que se tenham evaporado para a atmosfera.

As substâncias perigosas movimentadas nos portos do Açores correspondem sobretudo a combustíveis líquidos, nomeadamente gasolina, gasóleo, jet-fuel e gás liquefeito. Estes chegam aos Açores, mais propriamente a S. Miguel uma vez por mês, vindo de Sines, em quantidades de cerca de 14 a 18 mil toneladas, e quatro vezes por ano chegam à Base dos EUA na ilha Terceira. Para as outras ilhas o transporte deste material inflamável é feito a partir da ilha de S. Miguel (PRA, 2001).

De acordo com o PRA, 2001, o desconhecimento por parte das autoridades marítimas acerca do volume e tipo de tráfego marítimo (e carga transportada) que atravessa a ZEE dos Açores, não fazendo escala nos portos da Região, não permite quantificar este mesmo tráfego nem determinar a probabilidade da ocorrência de um acidente com um petrolífero nas águas marinhas dos Açores.

O armazenamento de hidrocarbonetos faz-se em todas as ilhas dos Açores e estes armazéns de hidrocarbonetos são na sua grande maioria localizados em zonas litorais, o que para além do risco inerente às operações de carga/descarga dos hidrocarbonetos, existe a agravante da sua localização.

No Quadro 3.4.3 apresentam-se as instalações de armazenagem de combustíveis, mais na ilha Graciosa, e os volumes das substâncias armazenadas.

**Quadro 3.4.3** | Instalações de armazenagem de combustíveis

Ilha	Empresa	Localização	Substâncias armazenadas	Volume por tanque (m <sup>3</sup> )
Graciosa	Bencom, S.A	Praia, Sta Cruz	Gasóleo	250
			Gasolina	2x100; 50

Na contaminação acidental de recursos hídricos, observa-se que, a situação mais perigosa e de maior risco deve-se a descargas acidentais de hidrocarbonetos junto à orla costeira, ou no porto, com navios de transporte de hidrocarbonetos. A situação descrita poderá ter diferentes magnitudes, marcadamente catastróficas, acidentais ou incidentais. No ano 2000, foram descarregados acidentalmente na orla costeira cerca de 160m<sup>3</sup> de hidrocarbonetos (SRA, 2001).

#### 3.4.1.2.4 | Poluição difusa

A poluição difusa é causada pela escorrência e infiltração no solo da precipitação, resultando do arrastamento de poluentes naturais e antropogénicos pelo escoamento superficial, até às massas de água rios, lagos, transição, costeiras e subterrâneas. No âmbito geográfico em que nos encontramos uma parte significativa tem como *output* final as massas águas costeiras que rodeiam as ilhas. Neste capítulo podem incluir-se os excessos de fertilizantes e fitofarmacêuticos dos terrenos afetos à pastagem e agricultura, óleos, gorduras, substâncias tóxicas, erosão do solo dos terrenos agrícolas e floresta, materiais sedimentares das áreas urbanas, erosão das margens das linhas de água e movimentos de massas em eventos extremos de precipitação.

De um modo geral as cargas poluentes difusas ocorrem em períodos de tempo intermitentes estando relacionados com a ocorrência de eventos meteorológicos. A intensidade está intimamente ligada com a intensidade e duração do evento de precipitação, sendo o uso do solo um fator determinante nas características deste tipo de poluição.

As metodologias para identificar e quantificar as principais fontes de poluição, geralmente são usadas hipóteses simplificadas e métodos expeditos. No presente PGRHI, para estimar as cargas de origem difusa, consideraram-se as cargas obtidas para as bacias hidrográficas de cada ilha, afetado de um coeficiente de escoamento superficial considerado no balanço hidrológico.

De seguida apresenta-se a identificação e a avaliação de impactes associados a:

- Agricultura/floresta e Pecuária;
- Outras pressões (escorrências de zonas urbanas, lixeiras a céu aberto, limpeza de fossas, operações associadas a atividades marítimas).

##### 3.4.1.2.4.1 | Agricultura/Floresta e pecuária

A poluição difusa é caracterizada por ocorrer sobre áreas extensas, transportada por escoamento superficial ou dispersão aérea, entrando no meio recetor de forma difusa e intermitente. Pode ser considerada uma das principais causas de degradação ambiental na Região, constituindo a atividade agropecuária, a sua principal fonte (REOT, 2001).

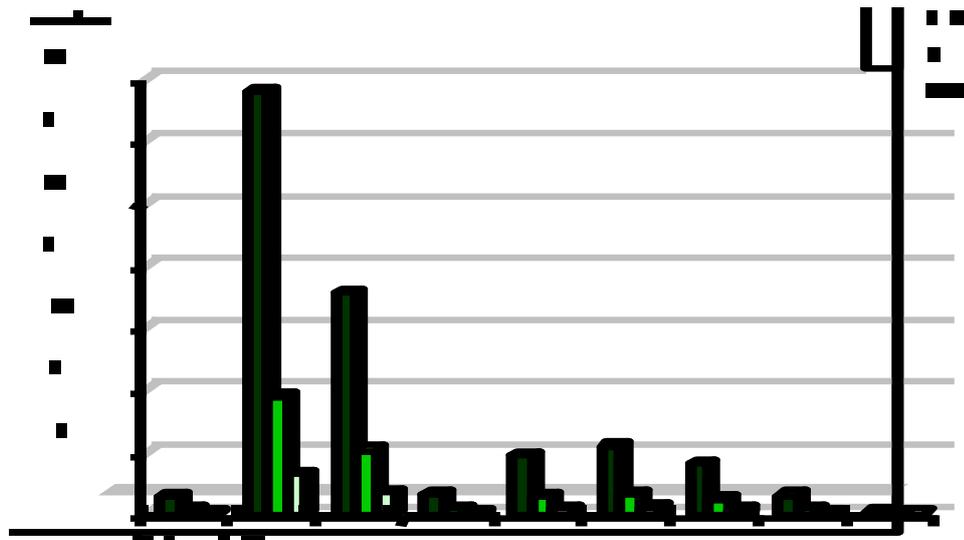
Nos Açores, é bem visível o surgimento de uma auréola castanha no mar ao redor das ilhas, após uma grande chuva, resultado da grande erosão a que os solos estão sujeitos. Paralelamente com os sedimentos, são arrastados fertilizantes, pesticidas e outras substâncias perigosas, que vão contribuir para a contaminação das águas costeiras e suas comunidades biológicas. Os sedimentos suspensos, particularmente areias finas e argilas, podem asfixiar os organismos marinhos, colmatando os seus órgãos respiratórios e de alimentação, e reduzem a luz disponível para a fotossíntese. Após assentamento, estes sedimentos podem cobrir as superfícies fotossintéticas, subterrâneas os organismos bentónicos e tornar os substratos rochosos desadequados para a fixação de organismos (PRA, 2001).

A poluição difusa resultante, sobretudo, da atividade agropecuária, assume grande significado como fonte de contaminação dos recursos hídricos (águas interiores e costeiras). Por serem dispersas, irregulares e sem uma localização específica, as descargas não pontuais são de difícil controlo, especialmente numa Região onde o modelo económico assenta na bovinicultura.

Não estando ainda terminado o modelo de qualificação de pressões em desenvolvimento, conforme referido no ponto 3.4.1.2, os dados relativos à quantificação da contaminação difusa que atinge as zonas costeiras, e assumindo que as linhas de águas interiores (superficiais e subterrâneas) integram grande parte da contaminação difusa existente a montante das zonas costeiras, apresenta-se na Figura 3.4.7 os valores referentes às cargas geradas pelos efetivos pecuários em termos de Carência Química em Oxigénio em cinco dias e Cargas de Fosfato Geradas, determinadas em 2001 no âmbito do PRA.

O gráfico evidencia a fraca expressividade das cargas poluentes geradas pela atividade pecuária na ilha Graciosa.

As cargas decorrentes da aplicação de fertilizantes devem também ser consideradas. Os fertilizantes, aplicados em excesso relativamente à capacidade de absorção das plantas e do solo, muitas vezes em épocas do ano não aconselhadas, constituem um risco de contaminação dos recursos hídricos, atingindo inevitavelmente as zonas costeiras.



Fonte: SRA, 2001

Figura 3.4.7 | Cargas poluentes geradas pela atividade pecuária, por ilha na RAA.

Dada a grande importância que a poluição difusa tem, pela presença vinculada de grandes áreas de pastagem em quase todas as ilhas, potenciadoras de impactos negativos que se fazem sentir nas ribeiras e lagoas, torna-se imprescindível referir a eutrofização. Embora possa ocorrer em zonas costeiras, o forte hidrodinamismo marinho reduz significativamente a sua ocorrência. Contudo, em zonas abrigadas, a probabilidade de eutrofização torna-se maior.

Não obstante, uma das principais fontes de poluição difusas na Graciosa das massas de água costeiras é a agricultura, nomeadamente a agropecuária, devido à aplicação abusiva de fertilizantes nas pastagens e os excrementos dos animais são responsáveis pela contaminação microbiológica de solos e recursos hídricos (POOC-Graciosa, 2008).

Quadro 3.4.4 | Cargas de origem biológica na ilha Graciosa

Agricultura + florestal (t/ano)			Carga Pecuária (t/ano)			
Ntotal	Ptotal	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	Ntotal	Ptotal
24,9	0,9	727,2	838,7	8789,5	513,1	173,2
Agricultura + florestal (kg/dia km <sup>2</sup> )			Carga Pecuária (kg/dia km <sup>2</sup> )			
Ntotal	Ptotal	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	Ntotal	Ptotal
1,1	0,04	32,8	37,9	397,0	23,2	7,8

A Figura 3.4.8 apresenta a espacialização das cargas de origem biológica associadas à pressão difusa para a ilha Graciosa, relativas ao Azoto Total (agricultura, floresta, pecuária, doméstica, industrial).

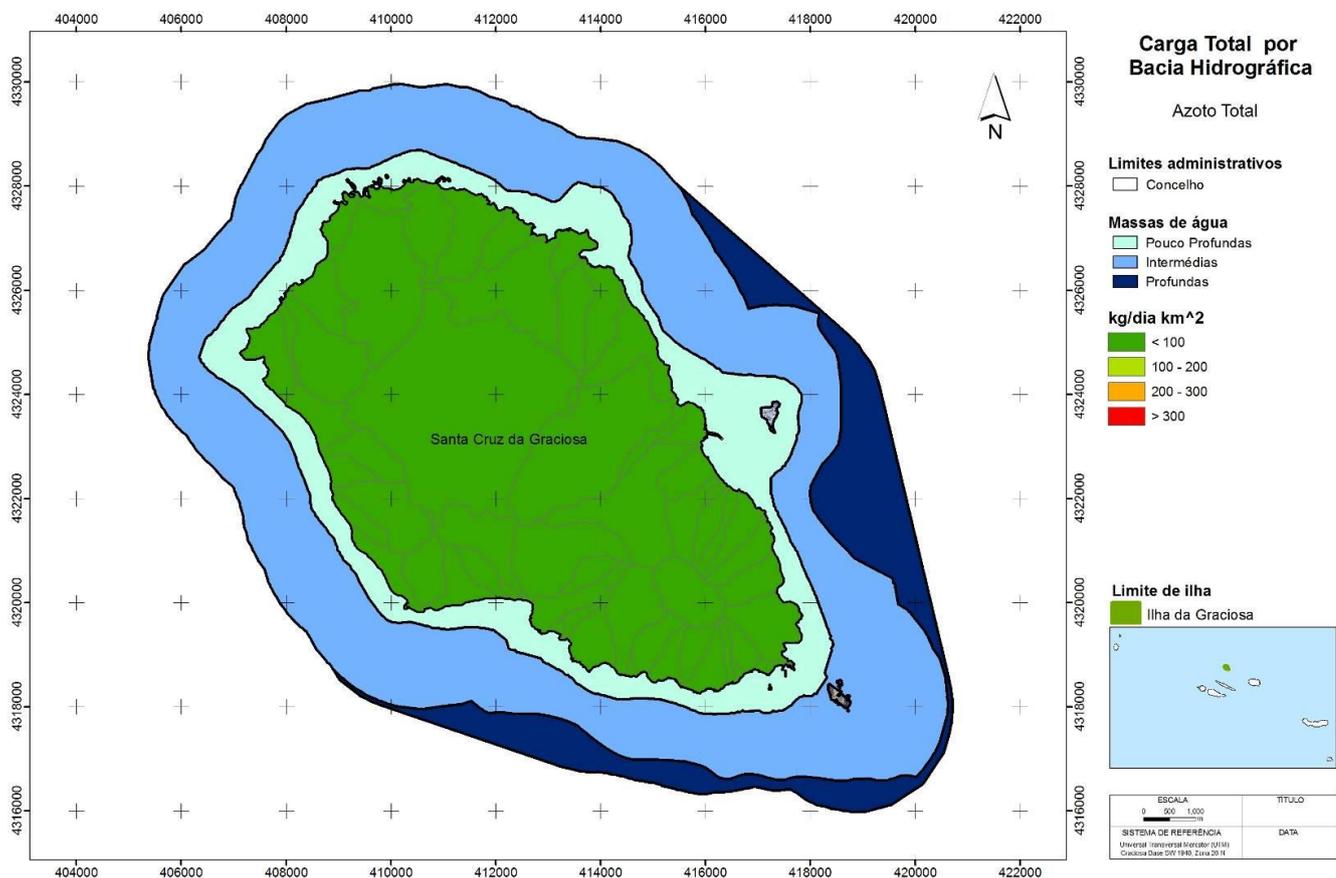


Figura 3.4.8 | Cargas de origem biológica para a ilha Graciosa – Azoto total.

Analisando a Figura 3.4.8, verifica-se que, de acordo com as cargas de azoto total, estabelecidos de acordo com Borja *et al.*, 2005, a contribuição das bacias hidrográficas não ultrapassa o limiar dos 100kg N/dia km<sup>2</sup>. Analisando em termos de carga de Ntotal média, verifica-se que a carga produzida é de cerca de 25,6kg N/dia km<sup>2</sup> e de cerca de 35,4kg N/dia km de linha de costa.

Considerando apenas o escoamento superficial de acordo com o balanço hidrológico, cerca de 30% do escoamento superficial total, como meio de transporte da carga poluente para as linhas de água, verifica-se que em todas as bacias hidrográficas as cargas poluentes de Ntotal apresentam valores ainda mais reduzidos. Em termos de carga de Ntotal média, obtêm-se valores de cerca de 7,7kg N/dia km<sup>2</sup> e 10,6kg N/dia km.

Contudo, reclassificando as classes de carga do Azoto total, apesar de não ultrapassa o limiar dos 100kg N/dia km<sup>2</sup>, verifica-se que as bacias hidrográficas que contribuem com uma carga mais significativa estão localizadas na região sudeste da Caldeira da Graciosa e na região envolvente da Ponta Branca (Figura 3.4.9).

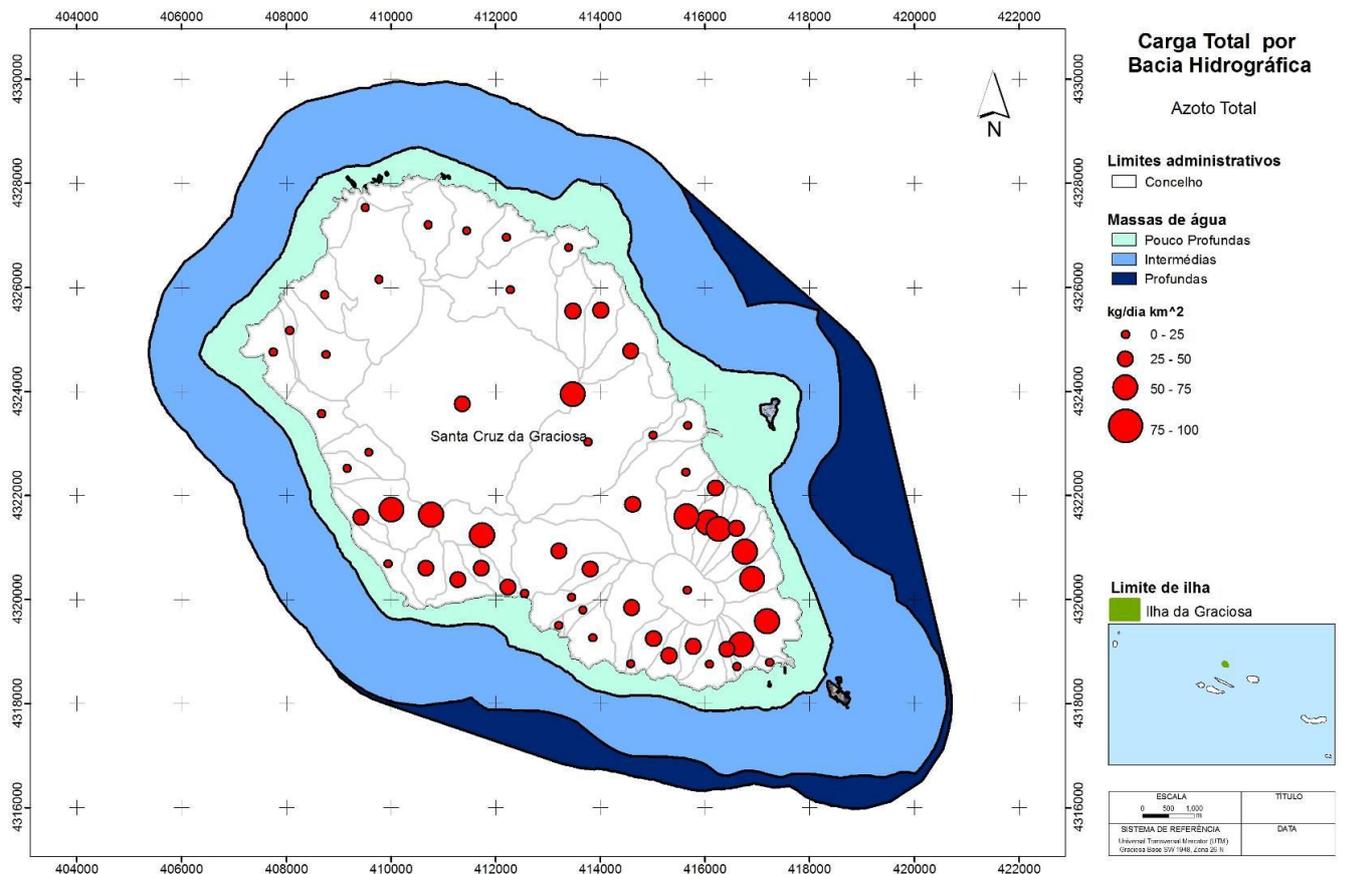


Figura 3.4.9 | Contribuição de cargas de origem biológica por bacia hidrográfica para a ilha Graciosa – Azoto total.

#### 3.4.1.2.4.2 | Outras pressões (Escorrências de zonas urbanas, lixeiras a céu aberto, limpeza de fossas, operações associadas a atividades marítimas)

De acordo com o PRA, 2001, para além das pressões significativas anteriormente referidas existe um conjunto de pressões que poderão contribuir também para a intensificação da poluição difusa:

- A prática generalizada da utilização de lixeiras a céu aberto onde se processa à combustão dos lixos leva a um risco acrescido de poluição difusa para o meio marinho envolvente das ilhas, pois a elevada pluviosidade que caracteriza o clima local rapidamente transporta as substâncias e poeiras presentes nos fumos para a superfície do mar circundante. No entanto, alguns concelhos (Corvo; Calheta-São

Jorge; Horta; Angra do Heroísmo e Praia da Vitória) já reverteram esta situação com a utilização de aterros sanitários;

- As escorrências de águas pluviais também arrastam substâncias provenientes do tráfego de veículos (sobretudo óleos, derivados combustíveis e outros resíduos que são depositados sobre as estradas) e das pistas dos aeroportos, bem como de resíduos industriais. Assim é de esperar que entrem no ambiente marinho quantidades consideráveis de hidrocarbonetos através dos sistemas de drenagem pluvial (que estão geralmente ligados à rede de esgotos quando esta existe) dos centros urbanos, onde também é generalizada a descarga ilegal de óleos usados;
- Considerando a elevada porosidade dos solos em algumas ilhas é lícito pensar que qualquer contaminação destes irá, em última análise, ter ao mar, através da escorrência da água nos solos. Assim será importante considerar que os sumidouros poderão ser uma fonte de contaminação não negligenciável sobretudo em zonas próximas do litoral;
- Na limpeza das fossas, realizada nas diversas ilhas pelos Serviços Municipais, quando existem, ou pelos bombeiros, nem sempre são tomadas as medidas mais corretas para o seu despejo, não sendo raro que este seja efetuado no mar;
- As operações associadas a atividades marítimas, nomeadamente, descargas provenientes dos tanques de carga dos navios-tanque, dos tanques de resíduos e do esgoto de porões e casas de máquinas de todos os navios, constituem também fontes de poluição difusa que são extremamente difíceis de quantificar. A maioria dos navios, dos de carga aos de recreio, utilizam tintas no casco com componentes químicos para aí evitar a fixação e desenvolvimento organismos marinhos. O efeito destas substâncias é garantido por uma solubilização lenta o que obviamente será uma fonte de contaminação difusa da água.

#### 3.4.1.2.5 | Alteração morfológica

As condições da hidromorfologia costeira modificam-se pela ação de agentes naturais (agitação, marés, vulcanismo, tempestades) e antropogénicas (reperfilamento de taludes litorais, aterros, construção de obras de defesa e portuárias, dragagens e extração de inertes).

A transformação do litoral, causada por infraestruturas costeiras, como portos, piscinas, avenidas litorais, etc., nem sempre valoriza ou tem em conta as características biológicas da área afetada. Para além da própria alteração física do local, pode levar a alterações do regime de sedimentação e indiretamente a modificações do meio (PRA, 2001).

As alterações morfológica na zona costeira têm como resultado a modificação da hidrodinâmica local, refletindo-se no padrão natural da direção da agitação (refração, difração e reflexão), da propagação da onda de maré e da regeneração de água em especial dentro das infraestruturas portuárias.

este modo pode distinguir-se um grupo de alterações que apresentam maior influência na morfologia e um outro que para além de alterar a morfologia local altera as condições hidrodinâmicas locais, designadamente: dragagens; obras de defesa costeira (obras aderentes e esporões); piscinas em ZB; e infraestruturas portuárias.

## Dragagens

O licenciamento da dragagem de areia dos fundos marinhos dos Açores compete à SRAM (DROTRH), considerando que a Lei de titularidade dos recursos hídricos (Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro) atribui a jurisdição do domínio público marítimo aos departamentos do Governo Regional dos Açores. Recentemente foi apresentada à Assembleia Legislativa Regional uma proposta de diploma sobre o Regime Jurídico da extração de inertes na faixa costeira e no mar territorial dos Açores, que aguarda os trâmites legais para a sua aprovação.

A dragagem de areias dos fundos marinhos provoca alterações físicas generalizadas que podem ser ruinosas. Os seus efeitos incluem a alteração da topografia dos fundos, a destruição do biota e do seu habitat e a ressuspensão maciça de sedimentos. As partículas de sedimentos ressuspensas retiram oxigénio, podendo provocar situações de hipóxia (pouco oxigénio) ou anóxia (ausência de oxigénio) em áreas localizadas (Norse, 1993), tendo ainda um outro efeito negativo sobre os organismos filtradores, ao provocar a colmatação das suas estruturas filtradoras. Por outro lado, operações de dragagem executadas deficientemente e em locais poluídos, podem provocar a remoção de substâncias contaminantes retidas nalguns leitos de sedimentos.

Para definir as áreas passíveis de extração, a SRAM, em conjunto com o Departamento de Oceanografia e Pescas/Instituto do Mar (DOP/IMAR), desenvolveu o Estudo de Prospecção de Areias Submersas das ilhas do Faial, Pico e São Miguel (2004-2006), que fundamentou o processo de atribuição de licenças, locais e volumes de extração.

Até 1992, a extração de areias foi levada a cabo em praias, tendo provocado o quase desaparecimento das mesmas. Desde então, a SRAM tem atribuído licenças de dragagem de areia do fundo do mar, em algumas ilhas. Tem sido realizada sistematicamente desde 1993, 1992, 1994 nas ilhas de Santa Maria, São Miguel e Terceira respetivamente, e foi pontualmente realizada nas ilhas do Pico e Graciosa entre 1995 e 97 e Corvo durante o ano de 1997.

No Quadro 3.4.5 apresentam-se os volumes totais das licenças, atribuídas a empresas de dragagem da Região.

**Quadro 3.4.5 |** Volumes licenciados na RAA (m<sup>3</sup>/ano)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2009
Terceira	20 000 <sup>1</sup>	60 000 <sup>2</sup>	30 000 <sup>1</sup>	30 000 <sup>1</sup>	30 000 <sup>1</sup>	30 000 <sup>1</sup>	97 500
Pico	-	75 000 <sup>3</sup>	7 500 <sup>3</sup>	7 500 <sup>3</sup>	-	-	28 000
Graciosa	-	2 500 <sup>1</sup>	2 500 <sup>1</sup>	4 000 <sup>2</sup>	-	-	6 900
Flores/Corvo	-	-	-	1 600 <sup>1</sup>	-	-	5 250
São Jorge	-	-	-	-	-	-	10 500
Faial	-	-	-	-	-	-	20 000

Nota: <sup>1</sup>Volume licenciado para a única empresa; <sup>2</sup>Volume licenciado a um total de duas empresas; <sup>3</sup>Volume licenciado a um total de três empresas

Fonte: SRAM

Estas licenças foram atribuídas sem que tenham sido realizados estudos prévios de impacte ambiental nos locais definidos para dragagens. Não existe desta forma uma caracterização dos referidos locais, nem o conhecimento acerca do impacto provocado por esta atividade sobre o ecossistema e as suas comunidades. Apesar de parecerem aparentemente pouco importantes em termos biológicos, estes ecossistemas arenosos são praticamente desconhecidos, não sendo desta forma possível avaliar qual a sua importância em termos ecológicos. Por outro lado, este tipo de substrato é pouco comum no litoral das ilhas, o que só por si justifica uma tomada de precauções acrescida.

As dragagens dentro dos portos levantam questões específicas devido à probabilidade de contaminação da água por ressuspensão de sedimentos contaminados. Embora não existam dados sobre a qualidade ou grau de contaminação dos sedimentos dos Açores, dentro e fora dos portos, é provável que nestes os sedimentos se encontrem mais contaminados.

Torna-se assim indispensável a realização de estudos de impacte ambiental e a análise dos sedimentos nos locais delimitados para dragagens e respetivas zonas adjacentes, por forma a determinar quais os impactes que este tipo de atividade terão nas comunidades marinhas, tentando selecionar locais onde as perturbações inerentes ao processo de dragagem se façam sentir de uma forma menos acentuada.

### Obras de defesa costeira

As estruturas de defesa costeira são implantadas quando se pretende defender aglomerados urbanos ou infraestruturas, nomeadamente viárias, em relação às ações do mar: galgamentos pelas ondas, inundações resultantes dos galgamentos, infraescravações de fundações e erosões.

Na Figura 3.4.10 estão localizadas as obras de defesa costeira, maioritariamente na zona costeira Este, contribuindo decisivamente para a artificialização da linha de costa, alterando as funções originais e contribuindo para a perda da zona intertidal. Analisando a Figura 3.4.10, verifica-se que as obras de defesa costeira de maior dimensão (obras de defesa aderente e muros marginais de retenção e de suporte de rodoviário) localizam-se no perímetro de Santa Cruz da Graciosa e de São Mateus.

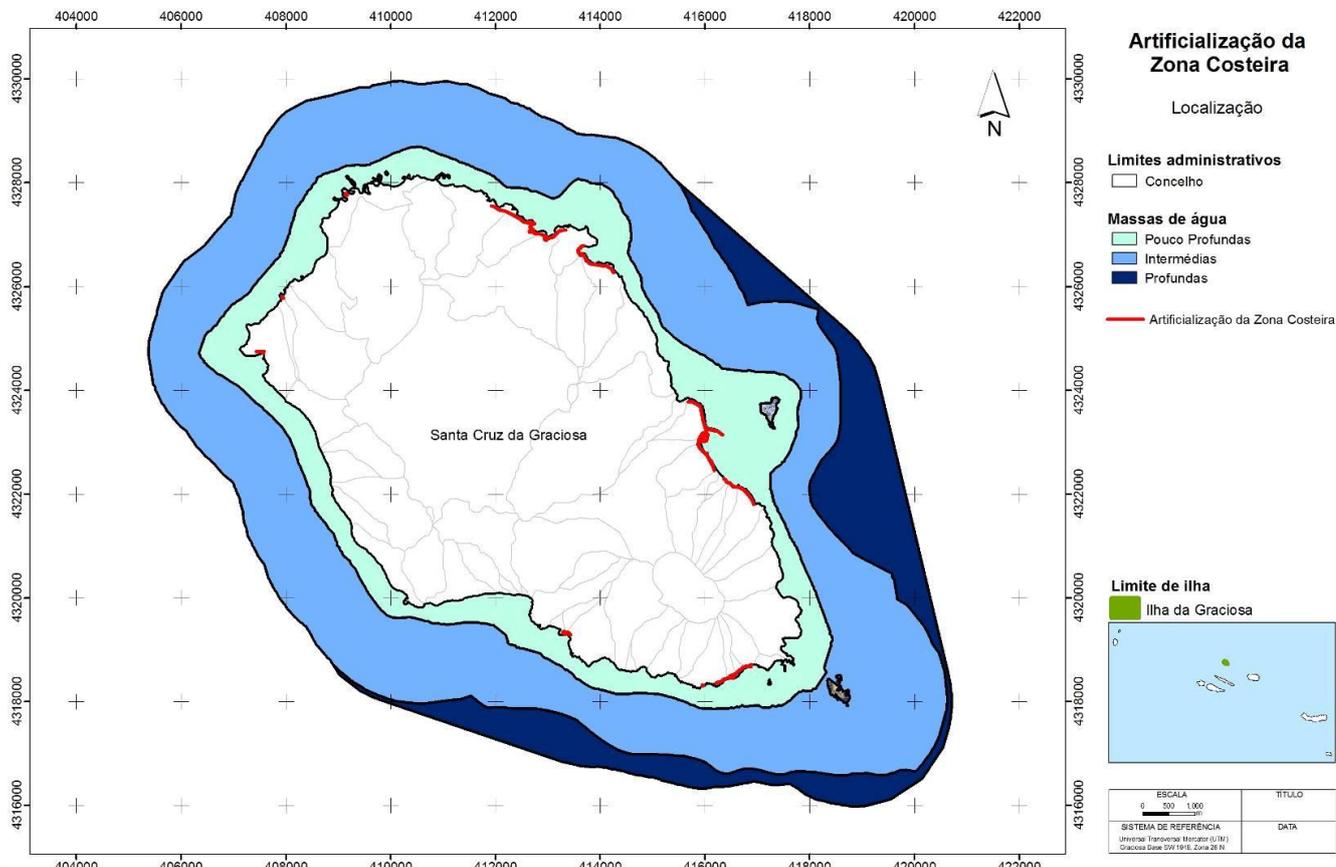


Figura 3.4.10 | Localização das obras de defesa costeira e portuária que contribuem para a artificialização da zona costeira.

Na ilha Graciosa são de assinalar as seguintes obras de defesa costeira:

- Intervenção integrada para a proteção e valorização das piscinas naturais das Termas do Carapacho;
- Proteção costeira da arriba dos Fenais;
- Proteção da muralha da Praia – Santa Cruz da Graciosa;
- Melhoramento da Praia de Vila da Praia;
- Proteção da orla costeira de Santa Cruz da Graciosa;
- Recuperação da Estrada Marginal da Praia;
- Proteção da orla costeira do caminho do Barreiro das Covas;
- Arranjo arquitetónico da ZB do Barro Vermelho;
- Obra longitudinal aderente no interior do Porto de Santa Cruz, junto de limites de casas e da marginal. Paredes verticais rebocadas, fundação protegida por cais antigos da rampa de alagem;
- Extensa obra longitudinal aderente em estrutura em pedra na marginal a nascente do Porto de Santa Cruz, contornando o arruamento marginal até à zona onde se localizam moinhos;
- Próximo posto de Santa Cruz, enraizado na obra longitudinal aderente e inserida numa zona rochosa. Existe uma pequena infraestrutura que funciona como piscina com ligação permanente ao mar (Boqueirão);
- A arriba na marginal em Santa Cruz junto aos moinhos (a nascente) está protegida com enrocamento;
- Construção recente da obra longitudinal aderente de 500 m, a Sul da Praia de S. Mateus – Fenais;
- A Norte existem duas recargas de pedras junto de uma vivenda e da igreja – Fenais;
- Baía a Norte e adjacente ao aeródromo, com praias em enrocamento rolado e areia vermelha – Barro Vermelho;
- Obra longitudinal aderente em pedra, com fundação protegida por um muro avançado em betão com cerca de 58 m de extensão – Barro Vermelho;
- Estrada marginal com duas plataformas de estacionamento e zona de campismo e acesso em escadas ao longo da obra longitudinal aderente – Barro Vermelho;
- Arranjo arquitetónico da ZB do Barro Vermelho;
- Obra longitudinal aderente junto das Termas em pedra, delimitando a estrada marginal e a ZB, com 120 m de comprimento com altura variável de 6 a 5m – Carapacho;

- Na ZB existe um pequeno cais, incorporado na mesma, com cerca de 15m de comprimento e uma pequena obra que delimita uma pequena piscina de fundo arenoso que fica vazia com a maré, e que todos os anos é cheia com areia para constituir uma pequena plataforma;
- Ao longo da marginal e de nascente para poente, assinalam-se ainda as estruturas de defesa e contenção (Carapacho): 1) Obra longitudinal aderente em betão armado, recentemente construída, delimitando e prolongando as plataformas de uma moradia, com cerca de 9m de altura e 30m de comprimento. Esta estrutura avançou cerca de 2,5m em direção ao mar, tendo como referência o alinhamento da arriba junto da estrada marginal; 2) Obra longitudinal aderente em pedra, junto da igreja com uma escada de acesso à pequena praia de areia (acesso privativo); 3) Obra longitudinal aderente em betão armado, recentemente construída no alinhamento de uma arriba associada a uma moradia, com cerca de 9 m de altura e 30 de comprimento; 4) Obra longitudinal aderente em pedra, com cerca de 10m de altura, em razoável estado de conservação, entre o cais e a estrada marginal, com 70m de comprimento;
- Aterro marginal com cerca de 400m a Norte do porto, que se inicia nos moinhos e se prolonga para Norte. É constituído por enrocamento, tout-venant, entulho e alguns plásticos, evidenciando falta de cuidado na sua execução – São Mateus;
- Obra longitudinal aderente de S. Mateus, a Sul do Porto, em pedra vertical. Constitui a marginal de todo o centro urbano desde o porto até uma capela. Tem uma extensão de cerca de 500m. Cerca de 300m têm uma cota de coroamento francamente acima da estrada marginal, cortando a vista para o mar. Permite o acesso ao plano de água através de uma abertura em pórtico – São Mateus.

### **Infraestruturas portuárias**

As obras costeiras, nomeadamente as infraestruturas costeiras, alteram a orla costeira. Ao longo do perímetro das ilhas, encontra-se uma série destas obras, alterando a dinâmica costeira, particularmente em termos hidromorfológicos e hidrodinâmicos do local. Como tal, são apresentadas algumas destas intervenções efetuadas desde 2004, bem como as intervenções referidas nos Planos de Ordenamento da Orla Costeira das ilhas, representando pressões sobre as águas costeiras e de transição.

As estruturas portuárias e os respetivos equipamentos existentes nas ilhas dos Açores, que também podem ser entendidas como zonas de costa artificializada e de pressão, conduzem a eventuais alterações hidromorfológicas e hidrodinâmicas ao longo das zonas costeiras, com impactes nas águas costeiras.

Da análise da figura 3.4.11, verifica-se que as grandes obras portuárias se localizam em São Mateus – Porto da Praia, onde estão localizados dois quebra-mares de grandes dimensões com cerca de 460m e 260m comprimento, e Santa Cruz da Graciosa, com quebramar de maior dimensão com cerca de 110m de comprimento.

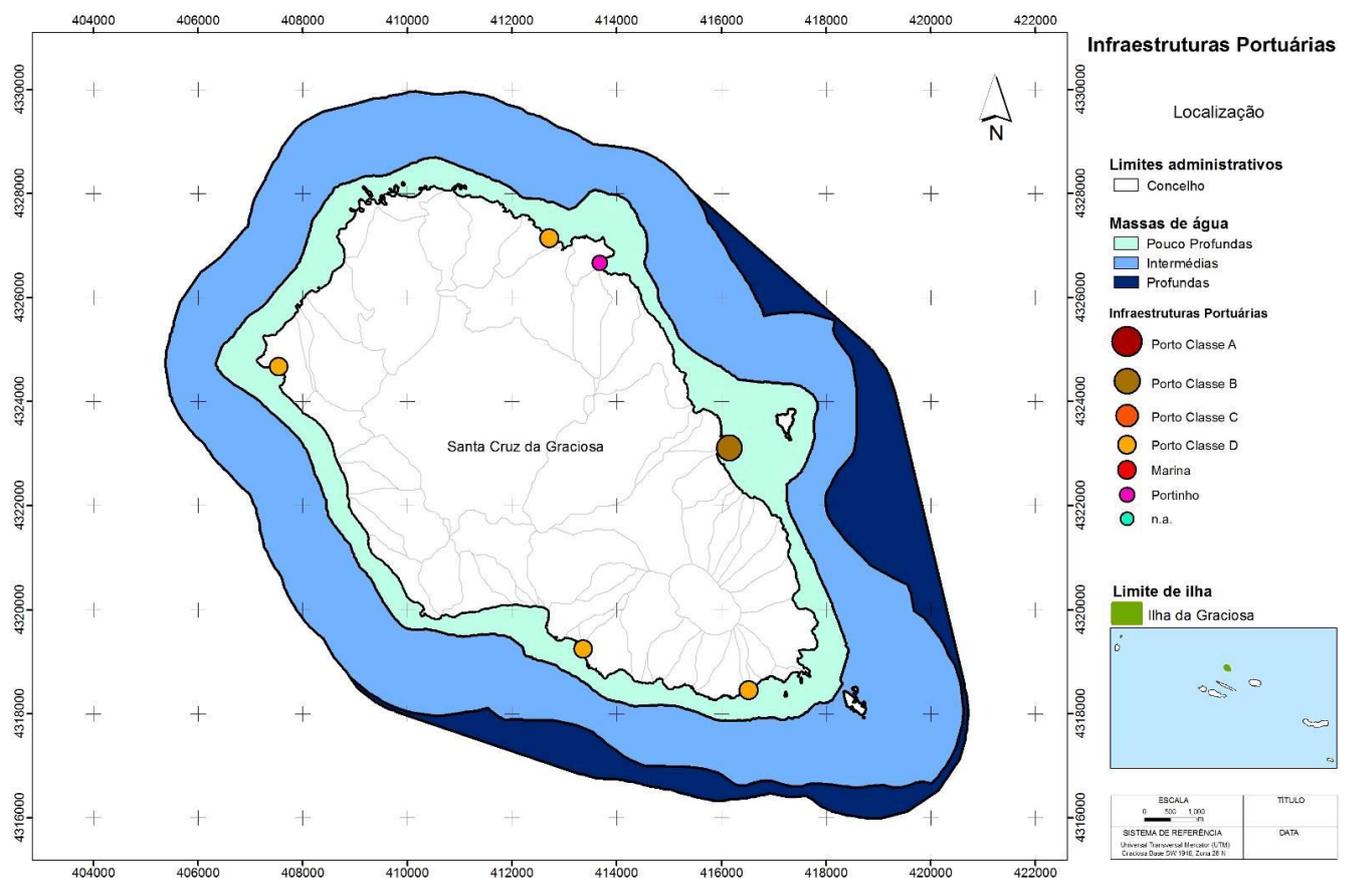
De acordo com o Decreto Legislativo Regional n.º 17/94/A, de 18 de maio, alterado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 13/2000/A, de 20 de maio, sobre os Portos da RAA, verifica-se que na ilha Graciosa estão classificados: os portos da Praia na classe B (área de jurisdição da APTG, SA.); Folga, Santa Cruz, Carapacho e Afonso na classe D e classificado como “portinho” o Porto da Barra (POOC-Graciosa, 2008).

No Quadro 3.4.6 encontram-se listados os portos (5) e o portinho (1) da ilha Graciosa e a respetiva classificação dos portos.

**Quadro 3.4.6** | Listagem de portos e portinhos da ilha Graciosa

Portos		Portinhos	Marinas
Nome	Classe		
Afonso	D	Barra	-
Santa Cruz	D	-	-
Praia	B	-	-
Carapacho	D	-	-
Folga	D	-	-

Fonte: POTRAA (2007)



**Figura 3.4.11** | Localização das infraestruturas portuárias.

Analisando a Figura 3.4.11, verifica-se que as infraestruturas portuárias com maior impacto estão associadas a núcleos urbanos, incrementando a pressão sobre as massas de água costeiras, sendo necessária uma atenção redobrada.

Segue-se ainda a identificação e breve descrição das estruturas portuárias e respetivos equipamentos existentes nas ilhas dos Açores, que também podem ser entendidas como zonas de costa artificializada e de pressão, conduzindo a eventuais alterações hidromorfológicas e hidrodinâmicas ao longo das zonas costeiras, com impactos nas águas costeiras e de transição.

O Porto da Praia (São Mateus) é de Classe B e é a maior infraestrutura portuária da ilha. Entre maio de 2004 e julho de 2005 decorreu a empreitada de construção da obra marítima do setor de pesca do Porto da Praia no valor de 3,6 milhões de euros. Falta construir os armazéns de aprestos e a lota. Reação negativa de parte da população em relação ao facto de ser também um porto de recreio. Tem grande impacte paisagístico em relação à frente urbana e uma extensão limitada do cais de acostagem e do plano de água para o setor de pesca. As principais infra-estruturas e equipamentos são:

- Quebramar principal de taludes com muro-cortina curvilíneo. Cabeça com cubos anti-fer e manto exterior com tetrápodes e cubos anti-fer;
- Cais comercial localizado ao longo do quebramar principal, até cerca de 2/3 do seu comprimento. Inaugurado em abril de 1986. Dotado de cabeços de amarração, defensas com pneus e 4 defensas flutuantes pneumáticas no troço intermédio. Galeria com infra-estruturas de abastecimento ao longo do cais;
- Pequeno parque de contentores junto do enraizamento do cais comercial e do quebramar;
- Máquina de parque para movimentação de contentores;
- Novo quebramar secundário do Porto de Pesca com cabeça e manto em tetrápodes. Muro-cortina defletor curvilíneo;
- Pequeno cais de acostagem junto da cabeça do quebramar. Manto exterior em enrocamento na restante extensão não acostável do quebramar;
- Portinho antigo: constituído por um antigo molhe-cais com muro-cortina onde existe uma grua-torre para a laje de embarcações e escadas de acesso ao mar. Este cais é utilizado para estacionamento de embarcações. O outro cais antigo em pedra com muro-cortina com cerca de 2 m de altura delimita uma doca e uma rampa de alagem;
- Novo porto de pesca constituído pelo já referido quebramar secundário, com um novo cais acostável. Uma torre grua e cabeços de amarração;
- Uma nova doca de alagem em betão;
- Novo terraplano atualmente sem edificações, estando prevista a construção de uma lota e de um armazém de aprestos. Na zona de aterro existia uma praia arenosa que foi totalmente coberta com o aterro.

O Porto de Santa Cruz (Cais do Freire, Calheta) é de Classe D. O “fortim” da Calheta estabelece a “fronteira” entre as instalações mais recentes e as mais antigas do porto de Santa Cruz. Existe este fortim e uma zona rochosa no interior do Porto. Na restante zona existem muros de suporte verticais anexos às construções e à marginal. As infra-estruturas e equipamentos mais recentes são:

- Molhe que serve de cais, com muro-cortina de 3 m de altura, ligeiramente curvilíneo pelo exterior, em betão;

- Obra longitudinal aderente em enrocamento desarrumado junto da plataforma de estacionamento rampeada (42 x largura variável média igual a 16m);
- Plataforma de estacionamento (com média de 56 x 75m<sup>2</sup>) em betão;
- Rampa com 11 x 26m<sup>2</sup> muito danificada na zona entre marés;
- Cais com 60 x 15m<sup>2</sup> (média), com 4 pequenos cabeços de amarração;
- Escada de betão de acesso ao mar e pequena grua de alagem;
- Cinco armazéns de aprestos;
- Atividades náuticas (observação de cetáceos, pesca desportiva, mergulho e passeios).

Tem ainda infraestruturas e equipamentos mais antigos:

- Cais com pequeno muro-cortina com 80cm de altura, não utilizado por embarcações mas a servir de apoio balnear com duas escadas de betão e uma escada metálica. Rampa de acesso. Muros de pedra com infraescavações, plataforma capeada a betão, com extremidade arredondada com cerca de 60 m de comprimento com largura variável de cerca de 18m;
- Rampa (danificada) de alagem entre dois pequenos cais em pedra, com escadas em pedra. Plataforma (28 x 57m<sup>2</sup>) e rampa (17 x 22m<sup>2</sup>).

O Porto da Folga – Classe D (POOC ilha Graciosa, 2008) foi o maior porto de pesca da ilha em termos de número de embarcações e marítimos. A comunidade piscatória passou para o ponto da Praia, pelo que praticamente já não existem pescadores profissionais. É um Porto encaixado num maciço rochoso (de um dos lados), inserido numa baía com grandes blocos de pedra natural. Tem razoáveis condições naturais de abrigo. Infraestruturas e equipamentos:

- Não tem molhe de proteção;
- Pequeno cais acostável com 12m;
- Plataforma rampeada com 35 x 13m<sup>2</sup>;
- Rampa de alagem em mau estado de conservação na zona de entre marés, com 35 x 6m<sup>2</sup>;
- Zona de estacionamento pavimentada e via de acesso pavimentada a cubos;
- Pequena grua de alagem em estado operacional;
- Guincho mecânico;
- Guincho manual em mau estado;
- Guincho elétrico operacional;
- Seis armazéns de aprestos.

O Porto do Carapacho – Classe D (POOC Graciosa, 2008) funciona como ZB. Baía muito aberta. Zona do portinho exposta, flanqueada por afloramentos rochosos dos dois lados. Infraestruturas e Equipamentos:

- Do lado nascente, acesso pedonal em rampa e degraus para um pequeno cais com 11x5m<sup>2</sup>, em razoável estado de conservação;
- Do lado poente acesso rampeado pavimentado com 50m de comprimento paralelo à estrada marginal e uma obra longitudinal aderente em pedra, em razoável estado de conservação;
- Rampa de alagem com 4m de largura, degradada na zona entre marés, que se prolonga para um pequeno parque de estacionamento com (13 x 17m<sup>2</sup>), delimitado por um muro em betão e pavimentado a pedra.

O Porto Afonso – Classe D (POOC, 2008) é uma infraestrutura notável por possuir os “armazéns” de aprestos em cavernas, no interior da arriba, com interesse patrimonial. Infraestrutura encaixada numa baía estreita, protegida por grandes blocos naturais de enrocamento. A arriba tem indícios de instabilidade.

Infraestruturas e Equipamentos:

- Dois postos de fornecimento de água (cabeços);
- Pequeno molhe-cais com 7m de largura média e com 29m de comprimento em pedra na parte inferior e betão na parte superior com algumas infraescavações;
- Está dotado de um pequeno muro-cortina de 60cm de altura e um manto exposto com enrocamento;
- Rampa de alagem com 25m de comprimento e 5m de largura média em deficiente estado de conservação;
- Grua de alagem manual em mau estado de conservação;
- Guincho desativado;
- Escada metálica;
- Seis pequenos “armazéns de aprestos” cavados na rocha;
- Acesso ao porto não pavimentado exceto no troço de aproximação rampeado (betão).

A Barra (Santa Cruz) – Portinho (POOC Graciosa, 2008) localiza-se numa baía orientada a nascente, entre a Ponta da Pesqueira e Santa Catarina. As estruturas precárias que existiam no portinho da Barra possibilitavam a varagem dos botes e o desmanchar dos cachalotes, não existindo uma “fábrica da baleia”. A atividade ter-se-á iniciado no princípio do séc. XX, atingiu o auge na década de 40, seguindo-se o declínio na década de 60 e a sua extinção no início da década de 80. Subsistem as pequenas infraestruturas portuárias e um antigo “caldeirão”. Na envolvente existem elementos notáveis, nomeadamente o Forte da Barra, onde está instalado um clube náutico.

Infraestruturas e Equipamentos:

- Cais em pedra com escadas de acesso e uma torre de elevação de barcos de 5 toneladas, com 50 x 10m<sup>2</sup> média de área;
- Juntas dos blocos de pedra com falta de manutenção;
- Rampa de alagem em pedra com cerca de 14 x 30m<sup>2</sup> de área;
- Guincho mecânico desativado;
- Existem peças de canhões espetados na rocha a servirem de cabeços de amarração e no topo da rampa de alagem, como cabestrante fixo.

O Portinho da Barra é uma estrutura vertical em pedra, delimitando a Norte a via marginal da enseada da Barra. Está em razoável estado de conservação. Existem quatro escadas de acesso ao plano de água ou às rochas.

#### 3.4.1.2.6 | Pressão biológica

A forte ocupação do litoral tem conduzido à redução das áreas de nidificação das aves migratórias. De entre as aves que utilizam o Arquipélago refiram-se o garajau comum, *Sterna hirundo*, o garajau rosado, *Sterna dougalli*, e a cagarra, *Calonectris diomedea borealis*, das quais o garajau rosado encontra-se ameaçado de extinção e as populações de cagaras parecem estar em regressão.

Além disso verifica-se em muitos aglomerados urbanos litorais o despejo de detritos na costa. A estes, que são de natureza vária, há ainda a acrescentar o lixo que é acidentalmente arrastado para a costa pelo mar. Podemos classificar estes detritos de acordo com a sua origem: os relacionados com atividades de recreio e o turismo, os de origem doméstica e os provenientes da atividade piscatória e da navegação.

#### Pescas

A RAA possui uma importante parcela da ZEE portuguesa, a maior da UE. Devido à natureza oceânica das ilhas, o número de bancos de pesca é reduzido e as plataformas que constituem uma possível zona de pesca são bastante irregulares. As capturas de peixes pélagicos (sobretudo tunídeos: bonito e patudo, mas também pequenos pélagicos: chicharro) e de peixes demersais (várias espécies, sendo o goraz a mais importante em termos económicos) constituem as duas pescarias principais dos Açores. Nos últimos anos, em termos de biomassa desembarcada, os demersais tornaram-se no principal recurso, sobretudo por decréscimo das capturas dos tunídeos (REOTA, 2003).

De facto, a biomassa de pescado desembarcado nos Açores tem vindo a diminuir, em grande parte devido às grandes oscilações nas capturas interanuais de tunídeos, devidas a razões ambientais ou ao depuramento destes recursos internacionais (OSPAR, 2000 - Convenção Internacional para a Proteção do Ambiente Marinho do Atlântico NE). A exploração dos recursos demersais parece ter atingido ou ultrapassado os valores máximos de esforços recomendados (Silva *et al.*, 1995; Menezes *et al.*, 1999; Pinho *et al.*, 1999).

De referir que cerca de 96% da pesca descarregada na ilha Graciosa corresponde a peixes marinhos, dos quais se destacam os recursos pélagicos (tunídeos e chicharro) e principalmente os recursos de peixes demersais (diversas espécies de peixes, salientando-se pela importância económica o goraz, cherne e pargo). O total de moluscos e os

crustáceos desembarques em lota (em 2010) correspondem à percentagem restante para perfazer os 100% (SREA, 2011) (Quadro 3.4.7).

**Quadro 3.4.7** | Quantidade de pesca na ilha Graciosa

Anos								
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Quantidade Pesca (Kg)								
Demersal								
18 014	118 501	100 884	148 388	91 175	127 262	113 079	107 900	82 763
Pelágica								
1 894	14 178	25 654	9 514	8 958	18 755	8 359	8 454	5 081
Molusco								
20	1 192	956	550	512	1 997	30 680	2 608	2 048
Crustáceo								
-	1 626	232	16	189	238	72	48	1 338
Outras espécies								
-	-	-	-	-	-	-	-	-

De acordo com o PRA, 2001, o crescimento populacional e do turismo, e a exportação para outros mercados, intensificou a procura de especialidades locais, como o cavaco, *Scyllarides latus*, a lagosta, *Palinurus elephas*, as cracas, *Megabalanus azoricum*, as amêijoas, *Ruditapes decussatus*, as lapas, *Patella sp.*, o polvo, *Octopus vulgaris*, e o mero, *Epinephelus guaza* (Costa *et al.*, 1993).

Um exemplo de sobre-exploração é a apanha de lapas. A intensa exploração das lapas para consumo próprio e fins comerciais terá levado ao seu quase desaparecimento nalgumas ilhas. A proibição da apanha destes moluscos foi então decretada nos grupos Oriental e Central (Santos *et al.*, 1994). Com esta interdição, as populações de lapas têm vindo a recuperar o seu efetivo. Em 1993 foi levantada a interdição embora hajam ainda algumas restrições à sua recolha. O valor comercial destas espécies chegou a ser muito elevado, tendo ocupado o sexto valor económico nas espécies transacionadas nas lotas do arquipélago (Monteiro, 1991). Diversos estudos têm demonstrado que, quer a densidade quer o tamanho máximo destas lapas, têm decrescido nos últimos 20 anos (Martins *et al.*, 1987).

Este facto tem sido atribuído essencialmente à sua exploração, embora possam também estar envolvidos outros fatores. Na ausência de predação exercida pelas lapas, por exemplo, as algas tendem a multiplicar-se, limitando a área de possível fixação das larvas daquele molusco e alterando toda a paisagem e composição do ecossistema.

Segundo Santos *et al.* (1994), 19 espécies de peixes açoreanos têm um estatuto de conservação. Destas, quatro estão comercialmente ameaçadas e quatro são raras. Destas, *Epinephelus guaza* está protegida dos caçadores submarinos e, segundo Santos (1992), a proteção deveria ser alargada ao badejo (*Epinephelus alexandrinus*), espécie aparentada com a anterior mas menos abundante (PRA, 2001).

### Espécies Exóticas

Devido ao fluxo de nutrientes proveniente de terra, a concentração de nutrientes nas águas costeiras é mais elevada do que em alto mar. Isto significa que as alterações biológicas devidas à eutrofização far-se-ão sentir mais em zonas

costeiras e particularmente abrigadas, como lagoas costeiras e baías semifechadas, do que em grandes áreas marinhas abertas.

A sequência de alterações que caracterizam os sucessivos estados da eutrofização no mar, é a seguinte: a) aumento da produção primária, por aumento rápido e excessivo de fitoplâncton; b) alteração na composição das espécies vegetais; c) florescências ("blooms") muito densas, por vezes tóxicas; d) diminuição de oxigénio devido à decomposição das algas que pode levar a condições de anóxia; e) efeitos adversos em peixes e invertebrados; f) impacto na amenidade; g) alteração na estrutura das comunidades bentónicas. Nem todas estas características são observadas em todos os casos e a sequência no seu todo nem sempre é óbvia.

A eutrofização pode alterar o valor recreativo das águas marinhas e prejudicar a prática de diversas atividades tais como, a pesca ou os banhos, daí resultando não só impactos sociais negativos com percas em termos económicos.

De referir, de acordo com a bibliografia consultada ao nível de florescências algais, a problemática da *Caulerpa webbiana*, mais localizada nas ilhas do Faial e Pico e a inexistência de casos de eutrofização nas águas marinhas do Arquipélago dos Açores. Porém, a monitorização das águas em relação a estes aspetos é ainda escassa.

Existe pouca informação disponível sobre o fitoplâncton das águas marinhas da região, sabendo-se, no entanto, existirem espécies de fitoplâncton responsáveis por florescências algais noutras regiões do globo.

As fontes mais comuns de nutrientes no meio marinho, são os efluentes domésticos, as escorrências agrícolas provenientes de práticas de agropecuárias intensivas e efluentes industriais das unidades de processamento alimentar.

A elevada exposição das costas das diversas ilhas do Arquipélago, consequência da sua posição oceânica e grande distância entre elas, bem como a natureza oligotrófica das suas massas de água apresentam-se como vantagens à dispersão de nutrientes e poluentes, o que por si só diminui o risco de eutrofização. Porém em zonas protegidas, como é o caso de baías, portos e marinas, o risco de eutrofização e ocorrência de blooms algais potencialmente tóxicos, torna-se maior.

#### 3.4.1.2.7 | Avaliação das pressões nas águas costeiras e de transição

De acordo com os documentos consultados (IMPRESS, 2002 e Borja, *et al.*, 2004), onde é efetuada uma revisão de ferramentas para a determinação de pressões em meios marítimos, verifica-se que não existe praticamente nenhum método para a avaliação de pressões para estas massas de água.

Deste modo, partindo do catálogo de pressões, foram identificadas e caracterizadas as pressões existentes para a ilha Graciosa, independentemente do significado das diferentes pressões (poluição, artificialização...).

Em certos casos, como na artificialização da linha de costa, foram agrupadas pressões para aumentar o seu significado. Neste caso, incluíram-se aspetos relacionados com a presença de infraestruturas e com as perdas de área intertidal.

Neste seguimento, foi definido um conjunto de pressões, consideradas relevantes, e que poderão causar os principais impactes nesta região insular. Uma vez selecionadas as pressões relevantes, foi necessário classificá-las em significativas ou não significativas. Assim, foram estabelecidos quatro níveis para as pressões relevantes (Elevada, Moderada, Baixa, Ausente).

Estes níveis tenderão a considerar a magnitude da pressão e a sensibilidade do meio. Daqui decorre que a valorização da pressão de uma massa de água será significativa ou não significativa se ocorrem sobre o meio as pressões consideradas. O valor da pressão média global calcula-se com base na atribuição de um valor a cada nível de pressão (Elevada – 6, Moderada – 4, Baixa – 2, Ausente – 0). Com base no valor médio obtido, classificam-se o estado e a pressão: Ausente, se o valor se situar entre 0-1; Baixo, se o valor se situar entre 1-3; Moderado, se o valor se situar entre 3-5; Elevado, se o valor for > 5.

Com base nesta classificação, pode definir-se o estado de pressão:

- Pressão alta (significativa): Existe uma elevada probabilidade de produzir impacte sobre a massa de água;
- Pressão moderada (significativa): Existe uma certa probabilidade de produzir impacte sobre a massa de água;
- Pressão baixa (não significativa): Existe uma elevada probabilidade de não produzir impacte sobre a massa de água;
- Pressão Ausente (não significativa): Não é produzido impacte sobre a massa de água.

Assim, pode concluir que, se o valor obtido for inferior ou igual a 3, a pressão global sobre o meio não terá significado, considerando-se o mesmo estado para o caso de não existirem dados. Seguindo o mesmo princípio, se o valor for superior a 3, a pressão global sobre o meio será significativa.

#### 3.4.1.2.7.1 | Identificação das pressões relevantes

A metodologia apresentada, adaptada de Borja *et al.*, 2005, que utilizou a aproximação *DPSIR* (*Driver, Pressure, State, Impact, Response*), para avaliar o risco de as massas de água costeiras e de transição não atingirem o Bom estado ecológico, no País Basco, Espanha.

Assim, após a identificação e caracterização das pressões, foram estabelecidos grupos de pressões relevantes descritos em seguida:

- Pressão originada pelos nutrientes – relacionar a avaliação das características de mistura, que proporciona a diluição potencial da massa de água em conjunto com a taxa de regeneração ou dinâmica marítima, para as águas costeiras e águas marítimas, respetivamente. Este parâmetro foi utilizado com o objetivo de proporcionar uma medida da sensibilidade da massa de água aos *inputs* de nutrientes. Consequentemente, a comparação da carga total de nutrientes com a sensibilidade e o nível de pressão foram efetuados. Com esta análise pretende-se determinar o efeito potencial das entradas de cargas nutrientes elevadas nas massas de água, em particular a da eutrofização (Quadro 3.4.8).

**Quadro 3.4.8** | Determinação do nível de pressão pela carga de nutrientes, em águas costeiras e de transição, produzido pelas descargas de nutrientes. Modificado de Borja *et al.* 2005. S-Sensibilidade; P-Pressão

Características de mistura	Diluição potencial	Taxa de Renovação (t)*		
		Alta (horas)	Moderada (dias)	Baixa (semanas)
Mistura Total	Alta	Baixa S	Baixa S	Moderada S

Características de mistura	Diluição potencial	Taxa de Renovação (t)*		
		Alta (horas)	Moderada (dias)	Baixa (semanas)
Mistura Parcial	Moderada	Baixa S	Moderada S	Alta S
Estratificação permanente	Baixa	Moderada S	Alta S	Alta S
Carga de CBO <sub>5</sub>		Sensibilidade		
		Baixa	Moderado	Alto
Ausente		Sem P	Sem P	Baixa P
Baixa		Baixa P	Baixa P	Moderada P
Moderada		Baixa P	Moderada P	Moderada P
Alta		Moderada P	Alta P	Alta P
Carga de Azoto		Sensibilidade		
		Baixa	Moderado	Alto
Ausente	<100 kg N/dia km <sup>2</sup>	Sem P	Sem P	Baixa P
Baixa	100-200 kg N/dia km <sup>2</sup>	Baixa P	Baixa P	Moderada P
Moderada	200-300 kg N/dia km <sup>2</sup>	Baixa P	Moderada P	Moderada P
Alta	>300 kg N/dia km <sup>2</sup>	Moderada P	Alta P	Alta P

\* Associada à dinâmica costeira, tendo em consideração as características de agitação marítima, correntes e maré.

- Poluição da água – para este tipo de pressão, devem utilizar-se variáveis de concentração de metais de compostos orgânicos. Este parâmetro pode ser determinado pela percentagem de amostras de água que não cumprem os objetivos de qualidade de acordo com a legislação em vigor (Quadro 3.4.9 e Quadro 3.4.13).

**Quadro 3.4.9** | Número máximo de amostras que poderão não ser conformes (DL 152/97 de 19 de julho, Decreto Legislativo Regional n.º 18/2009/A)

Série de amostras colhidas durante um ano	Número máximo de amostras que poderão não ser conformes
4-7	1
8-16	2
17-28	3
29-40	4
41-53	5
54-67	6
68-81	7
82-95	8
96-110	9
111-125	10
126-140	11
141-155	12
156-171	13
172-187	14
188-203	15
204-219	16
220-235	17
236-251	18

Série de amostras colhidas durante um ano	Número máximo de amostras que poderão não ser conformes
252-268	19
269-284	20
285-300	21
301-317	22
318-334	23
335-350	24
351-365	25

- Sedimentos poluídos – relaciona-se com a superfície de sedimentos contaminados, de acordo com a portaria n.º 1450/2007, de 12 de novembro (Quadro 3.4.10), sendo, deste modo, determinado com base na percentagem de superfície da massa de água que contem sedimentos que não cumprem os objetivos de qualidade, tendo como impacto potencial a produção de toxicidade, a poluição dos ecossistemas, etc. (Quadro 3.4.11).

**Quadro 3.4.10** | Classificação de materiais de acordo com o grau de contaminação: metais (mg/kg), compostos orgânicos (µg/kg)

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
<b>Metais</b>					
Arsénio	<20	20-50	50-100	100-500	>500
Cádmio	<1	1-3	3-5	5-10	>100
Crómio	<50	50-100	100-400	400-1000	>1000
Cobre	<35	35-150	150-300	300-500	>500
Mercurio	<0,5	0.5-1.5	1.5-3.0	3.0-10	>10
Chumbo	<50	50-150	150-500	500-1000	>1000
Níquel	<30	30-75	75-125	125-250	>250
Zinco	<100	100-600	600-1500	1500-5000	>5000
<b>Compostos orgânicos</b>					
PCB (soma)	<5	5-25	25-100	100-300	>300
PAH (soma)	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
HCB	<0,5	0.5-2.5	2.5-10	10-50	>50

- Alterações morfológicas – utilizadas para avaliar várias pressões relevantes provocadas pela artificialização da linha de costa, nomeadamente pela construção de estruturas de defesa costeira e portuária, dragagens dentro e fora das bacias portuárias e deposição (aterros), que provocam importantes impactos relacionados com a artificialização da linha de costa, alteração dos fundos marinhos e margens das massas de água, alteração e perda da habitats e introdução de poluentes nos ecossistemas (Quadro 3.4.11). Considera-se ainda, para as massas de água de transição, a introdução de estruturas transversais e longitudinais que alterem as condições naturais dos padrões hidrodinâmicos, de regeneração/mistura e de profundidade média da massa de água (Quadro 3.4.11).

- Número de amarrações para embarcações (Instalações portuárias – portos, marinas, portinhos) – considera-se um índice de alteração morfológica, podendo ser uma fonte de poluição, de alteração do habitat e indicador da alteração dos fundos (Quadro 3.4.11).
- Pressões biológicas – avaliação do volume de pescas, bem como a introdução de espécies exóticas (Quadro 3.4.11).

**Quadro 3.4.11** | Determinação do nível de pressão global gerado pelas pressões mais relevantes em águas costeiras e de transição

Nível de pressão		Ausente	Baixo	Moderado	Elevado	
Poluição	Água (%)	<5	6-15	16-30	>30	
	Sedimentos (%)	Transição	<10	11-25	26-50	>50
Costeira		<5	6-10	11-25	>25	
Regime hidrológico	Dragagem de sedimentos ( $10^4 m^3/ano$ )	Portos	<1	1-10	11-20	>20
		Outros	<0.1	0.1-1	2-10	>10
Alteração morfológicas	Defesa Costeira (%)	Transição	<10	11-30	30-60	>60
		Costeira	<5	6-10	11-30	>30
	Divisão da Massa de Água (%)	Transição	<10	11-25	26-50	>50
	Profundidade média (m)	Transição	>3	3-1,5	1,5-0,75	<0,75
	Artificialização da LC (%)		<5	6-25	26-50	>50
	Ancoradouros (n)	Portos	<100	101-200	201-500	>500
Outros		<50	51-100	101-200	>200	
Biologia	Espécies Exóticas (n)	0	1	2	3	

Fonte: Modificado de Borja et al. (2005)

Com o objetivo de determinar a pressão global de cada massa de água, a cada nível de pressão é alocado um valor relativo de pressão (6, 4, 2, 0 respetivamente). Deste modo, é possível estabelecer/determinar a pressão média para cada massa de água, sendo possível avaliar a pressão total: ausente (valores entre 0-1), pressão baixa (valores entre 1-3), pressão moderada (valores entre 3-5), e pressão elevada (valores entre >5).

Neste sentido, numa primeira fase foi efetuado um levantamento/estimativa das pressões consideradas relevantes, bem como a quantificação de cada uma das respetivas pressões (Quadro 3.4.12). O levantamento e a quantificação foram elaborados com base em documentos bibliográficos, dados/informação geográfica e ortofotomapas.

**Quadro 3.4.12** | Levantamento das pressões consideradas relevantes e sua quantificação

Pressão							
Poluição		Alterações morfológicas		Alteração do regime hidrológico		Biologia e Usos	
<b>Descargas Urbanas</b>		<b>Infraestruturas Portuárias</b>		<b>Alteração da dinâmica costeira</b>		<b>Exploração de recursos</b>	
Sem tratamento	2	Marinas		Obras de defesa aderente	8	nº empresas	25
Com tratamento	0	Portos de pesca	4	Esporões		<b>Mudanças na biodiversidade</b>	

Pressão							
Poluição		Alterações morfológicas		Alteração do regime hidrológico		Biologia e Usos	
Fontes difusas		Comercias	1	Quebra-mares (>400 m)	1	Introdução de espécies	0
<b>Descargas Industriais</b>		Portinhos	1	Quebra-mares (<400 m)	2	Introdução de doenças	0
Combustíveis	1	<b>Estruturas de defesa</b>		Outros	11	<b>Recreio</b>	
Indústria transformadora (nº de empresas)	30	Obras de defesa aderente	8			Áreas balneares	14
Construção		Esporões					
Fontes difusas		Quebra-mares (>400 m)	1				
<b>Agricultura e Floresta</b>		Quebra-mares (<400 m)	2				
Fontes difusas	53	<b>Dragagens</b>					
<b>Pecuária</b>		Sedimentos 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /ano	3				
Fontes difusas (nº de bacias)	59						
<b>Indústria Extrativa</b>							
Sedimentos							
Bagacina							
Materiais basálticos	26						
Outros materiais							
<b>Lixiviados de Aterros Sanitários</b>	1						
<b>Transportes Marítimos</b>							
Embarcações comerciais (nº de entradas anuais)	213						

Deste levantamento foram apuradas/estimadas cerca de 426 pressões relevantes exercidas sobre as águas costeiras da ilha Graciosa. A distribuição de pressões foi realizada tendo em consideração a área e o perímetro da ilha Graciosa, com o objetivo de quantificar, em termos médios, as pressões exercidas sobre as massas de água costeiras que circundam a ilha em análise.

No entanto, deve ter-se em consideração que existem fundamentalmente duas áreas que, em termos de valores máximos, assumem uma particular relevância. Estas áreas localizam-se em São Mateus, Porto da Praia, e no núcleo urbano de Santa Cruz da Graciosa, em particular nas pressões associadas a carga orgânica domésticas,

hidromorfológicas e portuária comercial. De salientar ainda, as pressões relacionadas com a pesca no que respeita à exploração de recursos e usos

São ainda identificadas e quantificadas as principais forças motrizes responsáveis pelas pressões relevantes identificadas anteriormente. Das forças motrizes destaca-se, em particular, a pecuária, que é responsável por mais de 90% da carga orgânica produzida.

No Quadro 3.4.13 são apresentados e quantificadas as principais forças motrizes que atuam nas massas de água costeiras, o número de pressões identificadas, desdobradas em pressões por área e por quilómetro linear de linha de costa.

**Quadro 3.4.13** | Forças motrizes principais, atuando nas massas de água costeiras, e número de pressões identificadas, pressões por quilómetro quadrado da ilha e por quilómetro linear de linha de costa

Forças motrizes principais			Graciosa
Forças Motrizes	População (n/km <sup>2</sup> )		81
	Indústria	(km <sup>2</sup> )	0
		(n)	30
	Portos		5
	Pescas (t/ano)		91
	Agricultura	(km <sup>2</sup> )	23,3
		(n)	925
	Pecuária (Pastagem)	(km <sup>2</sup> )	28,6
		(n)	1042
	Pressões	Total (n)	
(n/km <sup>2</sup> )		7,6	
(n/km)		10,6	

Das pressões enumeradas, foi identificado um conjunto de pressões relevantes, apresentadas e quantificadas no Quadro 3.4.14.

**Quadro 3.4.14** | Quantificação das pressões relevantes para a ilha Graciosa

Pressões Relevantes			Graciosa
Nutrientes	Carga total média (km <sup>2</sup> )	Kg N/dia.km <sup>2</sup>	25,6
	Carga total média (km)	Kg N/dia.km	35,4
Poluição	Água (%)*		0
	Sedimentos (%)		n.a.
Dragagem de sedimentos (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /ano)	Portos		n.a.
	Outros		0,56
Defesa Costeira (%)			8

Pressões Relevantes		Graciosa
Artificialização da linha de costa (%)		19
Ancoradouros (n)	Portos	50
	Outros	n.a.
Espécies Exóticas (n)		n.a.

\*De acordo com o relatório de monitorização "Caracterização das massas de água costeiras da ilha Graciosa"

Às pressões relevantes das cargas orgânicas, foi efetuada uma análise, tendo em consideração duas aproximações: uma relativa à carga total de Azoto pela área total da ilha ( $\text{Kg N}/\text{dia.km}^2$ ), resultante da soma da carga de todas as bacias hidrográficas, e uma segunda considerando essa mesma carga distribuída pelo perímetro da ilha Graciosa, assumindo uma distribuição uniforme da carga para toda a ilha. Analisando a primeira aproximação, de acordo com a Quadro 3.4.9, verifica-se que a carga poluente apresenta um valor baixo. Considerando que a mistura é total, a diluição potencial alta e a taxa de renovação alta/moderada, devido ao clima de agitação, correntes e marés, verifica-se que as massas de água costeiras apresentam uma sensibilidade baixa. Assim, e de acordo com o proposto no Quadro 3.4.9, verifica-se que a pressão exercida pelo azoto total se classifica como uma pressão Ausente (Sem P). Relativamente à segunda aproximação, de acordo com o Quadro 3.4.9, a pressão é também classificada como Ausente (Sem P).

Este facto é suportado também pelo relatório de monitorização (Agroleico, 2011), no qual é referido que o valor de Azoto total, para as águas pouco profundas, intermédias e profundas é de inferior a  $5\text{mg/L}$ , apresentando valores inferiores aos respetivos valores máximos admissíveis de acordo com o Decreto-lei n.º 236/98.

Relativamente à poluição considerou-se a poluição da água e dos sedimentos. A primeira foi quantificada com base no relatório de monitorização, constando-se que todas as amostras apresentaram valores inferiores aos respetivos valores máximos admissíveis de acordo com o Decreto-lei n.º 236/98. Relativamente aos poluentes específicos, na ilha Graciosa a atividade industrial responsável pela sua produção/utilização apresenta uma reduzida expressão, não tendo significado ou está mesmo ausente, facto que é comprovado pelo relatório de monitorização (Agroleico, 2011), considerando-se assim que a pressão está Ausente. A mesma classificação foi atribuída à poluição dos sedimentos, visto não existirem dados e estarem localizados em áreas restritas como Infraestruturas portuárias.

No que diz respeito às dragagens, de acordo com os dados analisados, considera-se um valor de referência de 2009, onde foram dragados cerca de  $5688\text{m}^3$  de sedimentos, não sendo contudo conhecida a sua localização. Deste modo, as dragagens serão consideradas fora das áreas portuárias, por se considerar mais desfavoráveis à preservação da qualidade das águas costeiras, classificando-se a pressão como Baixa. De referir, que de acordo com o Projeto Gemas, estão previstas duas áreas de dragagens autorizadas. No que respeita às dragagens nas áreas portuárias, visto que se considerou que todo o volume licenciado foi dragado fora das bacias portuárias, considera-se que não ocorreram dragagens, sendo classificada como Ausentes.

Relativamente à defesa da zona costeira, foram consideradas todas as obras de defesa que apresentem a função de proteger zonas urbanas (obras de defesa aderente e esporões) ou portuárias (quebra-mares). Decorrente da análise efetuada, com base na fotografia aérea, concluiu-se que cerca de 8% da linha de costa da ilha Graciosa apresentava obras de defesa costeira, tendo sido a pressão classificada como Baixa. Destas, destacam-se fundamentalmente a obra aderente ( $\cong 400\text{m}$ ) e os quebra-mares do Porto comercial da Praia, São Mateus, e a obra aderente da cidade Santa Cruz da Graciosa, com uma extensão superior a  $900\text{m}$ .

A artificialização da linha de costa foi igualmente estimada com base em ortofotomapas, tendo sido considerado, neste caso, para além das obras de defesa referidas anteriormente, as regiões balneares artificializadas: portinhos (e.g. Santa Cruz da Graciosa) ou piscinas naturais que sofreram a intervenções com a criação de zonas de solário e de recreio, originando a perda e/ou degradação da função intertidal da linha de costa. Com base nesta análise, estima-se que aproximadamente 19% da linha de costa se apresenta artificializada, o que conduziu à classificação de pressão Baixa.

Quanto ao número de ancoradouros/amarrações, foram estimados através da contagem de embarcações presentes no ortofotomapas, atracados nos Portos de pesca e comerciais, obtendo-se um valor de cerca 50 embarcações. Contudo este valor é apenas indicativo, devendo ser considerado com reserva. Deste modo, e de acordo com Quadro 3.4.11, esta pressão é classificada como Ausente. Apesar de terem sido considerados outros locais de ancoragem/amarração, no caso da ilha Graciosa, a sua expressão não possui qualquer significado.

Por último, e quanto às espécies exóticas, não existem dados nem conhecimento sobre a existência de espécies exóticas marinhas nesta região, tendo sido classificada com Ausente. Contudo, com a intensificação tráfego marítimo, em particular através das embarcações de recreio, poderá ocorrer a introdução de novas espécies, devendo ser efetuada uma monitorização efetiva.

#### 3.4.1.2.7.2 | Identificação das pressões significativas

De acordo com a DQA, “as pressões significativas devem ser identificadas”, seja qualquer pressão ou combinação de pressões que possam contribuir para que as massas de água não alcancem o Bom estado ecológico.

Assim, e de acordo com Borja *et al.*, 2004 e 2005, já referido anteriormente, os quatro níveis estabelecidos corresponderão a níveis de significância de pressão de acordo com a seguinte descrição:

- Pressão elevada (significativa), quando existe uma elevada probabilidade de produzir um impacte ecológico ou químico no meio ambiente;
- Pressão moderada (significativa), quando existe alguma probabilidade de produzir um impacte ecológico ou químico no meio ambiente;
- Pressão baixa (não significativa), quando existe uma elevada probabilidade de não ser produzido um impacte ecológico ou químico no meio ambiente;
- Pressão ausente (não significativa), quando não é produzido impacte sobre a massa de água.

No sentido de estabelecer a significância da pressão, recorrendo aos intervalos propostos nos Quadro 3.4.8 e Quadro 3.4.11 classificou-se cada uma das 9 pressões relevantes (Quadro 3.4.15).

**Quadro 3.4.15** | Avaliação do nível de pressão, em termos de pressão relevante. Determinação da pressão global média. A – Ausente; B – Baixa; M – Moderado; E – Elevada; NS – Não Significativa; S – Significativa

Pressões Relevantes	Classificação
Nutrientes Carga Ntotal média (km <sup>2</sup> )	A
Nutrientes Carga Ntotal média (km)	A
Poluição Água (%)	A

Pressões Relevantes	Classificação
Poluição Sedimentos (%)	A
Dragagem de sedimentos (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /ano) - Portos	A
Dragagem de sedimentos (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /ano) - Outros	B
Defesa Costeira (%)	B
Artificialização da linha de costa (%)	B
Ancoradouros (n) - Portos	A
Ancoradouros (n) - Outros	A
Espécies Exóticas (n)	A
<b>Pressão Global Média</b>	<b>A - NS</b>

Posteriormente, cada um dos níveis de pressão relevante foi quantificado, tendo sido atribuído um valor a cada nível de pressão (Elevada – 6, Moderada – 4, Baixa – 2, Ausente – 0). Com base no valor médio obtido, é possível quantificar a pressão global média, que para o caso da ilha Graciosa é classificada como Ausente (Não Significativa) com o valor a situar-se entre 0-1, 0,55 respetivamente.

### 3.4.1.2.8 | Avaliação do risco das massas não alcançarem os objetivos

De acordo com a DQA, deverá ser elaborada/considerada uma avaliação de risco de as massas de água não atingirem os objetivos de estabelecido nessa Diretiva. Deste modo, torna-se necessário estabelecer uma escala que relacione o nível de pressão, referidos e definidos anteriormente, com o nível de impacto.

Pela comparação da pressão global e dos impactes ambientais detetados, obtidos com base no estado ecológico de cada massa de água, Quadro 3.4.16, é possível avaliar o risco de as massas de água não atingirem o Bom estado ecológico.

**Quadro 3.4.16 |** Avaliação do risco de os objetivos da DQA não serem alcançados, baseados no nível significativo de pressão e nos impactos determinado em cada massa de água, modificado de Borja *et al.*, 2005. Não aparente, provável e verificado são níveis equivalentes de impactos pela aproximação pressão-impacto

Pressão		Estado da Massa de Água (ecológico e químico)					
		Excelente	Bom	Moderado	Pobre	Mau	Sem dados
		Impacto					
		Não aparente		Provável	Verificado		
Elevada	Significativa	Risco Baixo		Risco Moderado	Risco Elevado		Risco Moderado
Moderada		Ausência de Risco			Risco Elevado		Risco Baixo
Baixa	Não significativa						
Ausente							

Perspetivando-se que o estado das massas de água seja classificado como **Excelente/Bom**, e tendo-se verificado que o grau de pressão existente nas massas de água costeiras da ilha Graciosa apresenta uma classificação de **Não Significativo**, conclui-se que as estas massas de água apresentam **Ausência de Risco** em não alcançar os objetivos estabelecidos pela DQA.

## 3.4.2 | Águas subterrâneas

### 3.4.2.1 | Poluição tóxica

No presente capítulo procede-se à análise das pressões sobre as massas de água subterrâneas associadas à poluição tóxica. A caracterização dos impactes decorrentes das fontes de poluição tóxica decorre do disposto no Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, nomeadamente da alínea b, parte II do anexo I, e para suporte à elaboração desta tarefa no âmbito dos planos de gestão de região hidrográfica, a UE preparou, inclusivamente, um guia técnico específico (CEC, 2003).

#### 3.4.2.1.1 | Caracterização das cargas poluentes tóxicas

Integram-se nesta categoria as descargas de águas residuais urbanas, que eventualmente poderão provocar impactes sobre a qualidade das águas subterrâneas como sugerido por Cruz et al. (2010a), e as descargas relacionadas com as indústrias de laticínios e de transformação de carnes. Com base na informação existente, e de acordo com os princípios metodológicos reportados no ponto 3.4.1 do presente relatório, foram estimadas as cargas poluentes, expressas de acordo com os parâmetros CBO5 (carência bioquímica de oxigénio), CQO (carência química de oxigénio), N (azoto total), P (fósforo total) e SST (sólidos suspensos totais). A seleção destes parâmetros para a estimativa das cargas poluentes tóxicas derivou dos próprios dados de base disponíveis, e os cálculos foram efetuados por bacia hidrográfica. Face à qualidade dos dados de base existentes, e atendendo à unidade espacial para a qual foram realizados os cálculos, optou-se por não agregar a informação final por massa de água subterrânea, na medida que a realização desta operação podia incrementar o erro associado à estimativa inicial.

Necessariamente que, em face dos parâmetros mencionados, merecem particular atenção aqueles que podem apresentar um impacto sobre a qualidade das águas subterrâneas, nomeadamente os nutrientes azoto e fósforo. Contudo, salienta-se que face ao comportamento do fósforo no meio natural, em que ocorre sobre a forma de espécies de reduzida solubilidade, este elemento acaba por ter um impacto muito pouco significativo sobre a qualidade da água subterrânea relativamente às espécies azotadas.

Ao invés, o azoto (N) apresenta-se em solução segundo três espécies predominantes, duas aniónicas, o nitrito ( $NO_2^-$ ) e o nitrato ( $NO_3^-$ ), e uma catiónica, a amónia ( $NH_4^+$ ). As espécies aniónicas dissolvidas são estáveis numa gama ampla de condições ambientais, pelo que são facilmente lixiviadas e transportadas em solução, constituindo, neste contexto, um maior risco para a qualidade da água subterrânea. Comparativamente com estas formas de carga negativa, a amónia é menos móvel, devido ao facto de tender a ser fortemente adsorvida nas superfícies minerais do solo (Hem, 1985).

A ocorrência de espécies azotadas na água depende da importância deste elemento na nutrição das plantas e animais, mediante a incorporação natural no solo, quer ainda de outros processos resultantes das atividades humanas. A fixação

biológica, simbiótica e não simbiótica, é responsável pela maior parte do azoto incorporado no solo, estimado em  $17.2 \times 10^7$ T/ano (Chatt, 1976 *in* Loução, 1991), e depende da presença de proteínas catalizadoras.

Alguns microrganismos de vida livre, como alguns géneros de bactérias heterotróficas aeróbias (*Azotobacter*, *Beijerinckia*) e anaeróbias (*Clostridium*) procedem à fixação não simbiótica. Outras bactérias, que vivem na dependência de plantas superiores, realizam a fixação simbiótica, de entre as quais se salientam as do género *Rhizobium* (Martinez *et al.*, 1990).

A concentração do azoto no solo sobre a forma de matéria orgânica implica que este elemento, para ser utilizado pelas plantas, tenha de sofrer um processo de mineralização, mediante a degradação bioquímica da matéria azotada. Esta transformação é controlada por microrganismos e pode decompor-se em três fases principais.

No decurso da primeira fase, denominada aminificação, as proteínas e outros compostos azotados são transformados em aminas e aminoácidos. Na fase subsequente, a amonificação, assiste-se à transformação das aminas e aminoácidos em compostos amoniacais por ação de microrganismos heterotróficos.

A nitrificação é a última fase deste processo, conduzindo, por oxidação dos compostos amoniacais à formação do ião nitrito e, posteriormente de nitrato. Este mecanismo de oxidação, catalisado por microrganismos autotróficos, pode ser representado por duas reações sucessivas (Martinez *et al.*, 1990):

- Formação de nitrito por oxidação do ião amónio, num processo controlado pelas nitrosobactérias (*nitrosomonas*)



- Formação de nitrato por oxidação do nitrito, num processo controlado pelas nitrobactérias (*nitrobacter*)



A poluição da água por nitratos pode acarretar graves perdas económicas, resultantes da implementação de programas de prevenção e recuperação de aquíferos contaminados, da necessidade de prospeção e explorar novos pontos de água, bem como dos custos inerentes ao tratamento da água contaminada (Martinez *et al.*, 1990).

Nas Figuras 3.4.12 e 3.4.13 representam-se as cargas poluentes totais anuais de azoto e fósforo estimadas por bacia hidrográfica, verificando-se que é na área dominada pelas massas de água Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe, Serra do Cume e Serra Dormida que ocorrem as maiores cargas poluentes. A respetiva análise permite verificar que a carga mais significativa corresponde ao azoto total, na medida que se observam bacias em que as cargas variam entre 0 e 120,1T/ano (média=8,7T/ano), enquanto relativamente ao fósforo total as cargas variam entre 0 e 40,53T/ano (média=2,9T/ano).

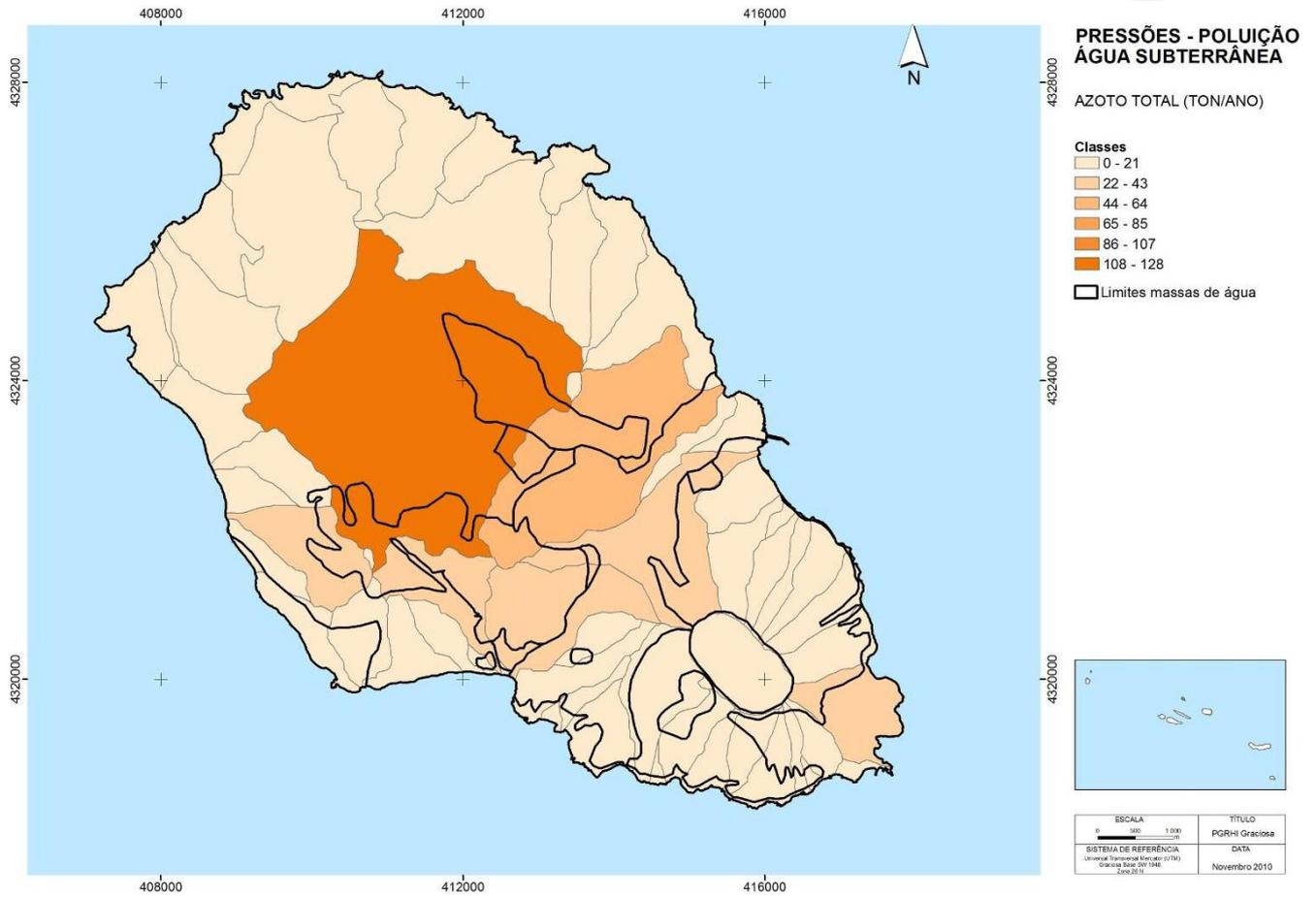


Figura 3.4.12 | Representação gráfica da carga poluente de azoto total na ilha Graciosa.

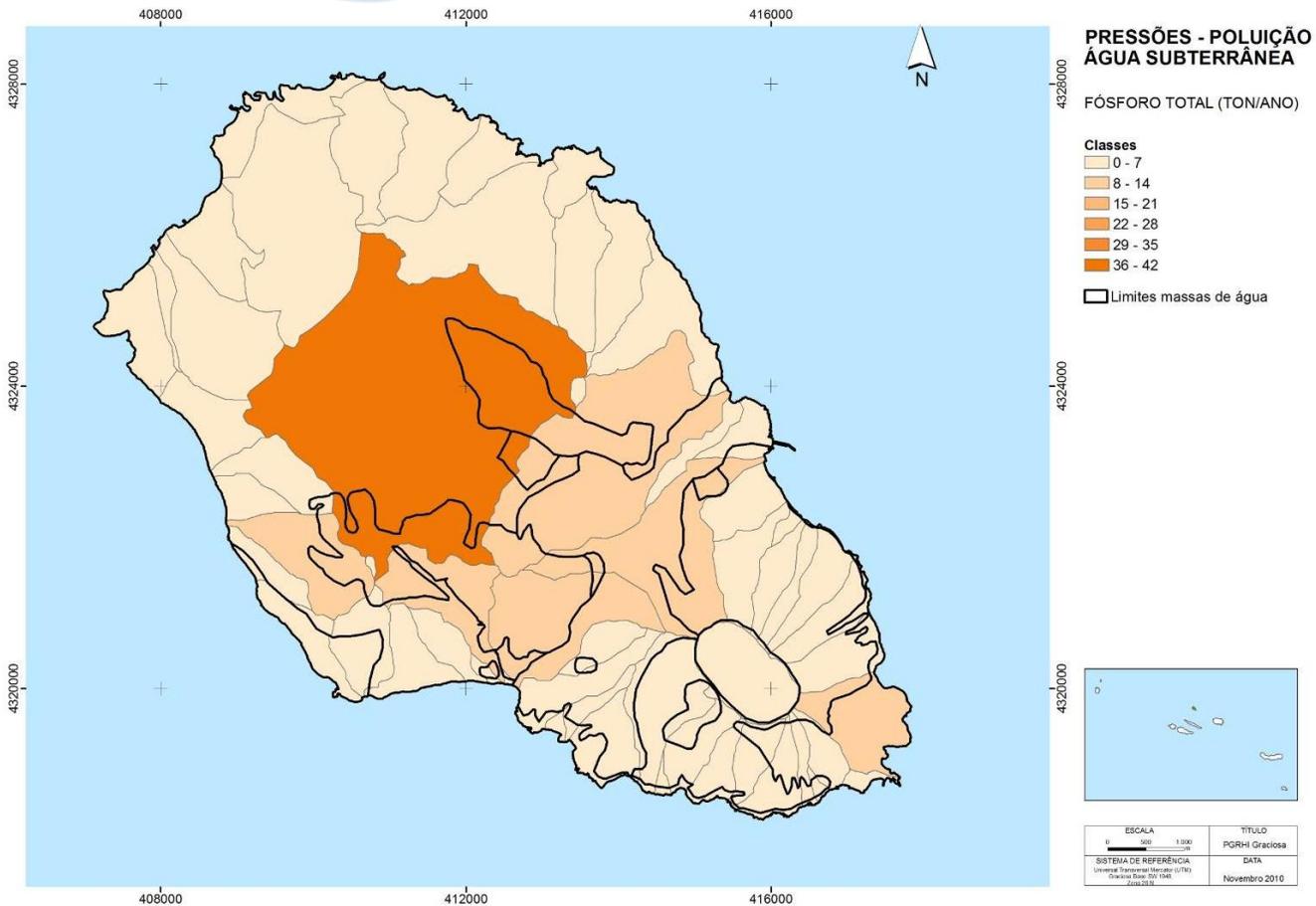


Figura 3.4.13 | Representação gráfica da carga poluente de fósforo total na ilha Graciosa.

Considerando a tipologia dos focos de poluição é possível observar que as cargas poluentes tóxicas (domésticas e industriais) são relativamente pouco significativas comparativamente às cargas difusas, com origem na agricultura, florestas e pecuária, em especial considerando esta última atividade como referência (Figuras 3.4.14 e 3.4.15). Com efeito, a discriminação dos valores de cargas totais de N e P por bacia hidrográfica, evidencia bem o predomínio das cargas difusas, em especial as relacionadas com a atividade pecuária (Quadro 3.4.17).

Quadro 3.4.17 | Distribuição das cargas poluentes por bacia hidrográfica de acordo com a origem

Poluição	Origem	Valores (T N/ano)			Valores (T P/ano)		
		Min	Máx	Média	Min	Máx	Média
Tóxica	Doméstica	0,00	4,42	0,31	0,00	1,34	0,09
	Indústria	0,00	1,12	0,02	0,00	0,37	0,01
	Pecuária	0,00	120,05	8,70	0,00	40,53	2,94
Difusa	Agricultura e Floresta	0,00	4,70	0,42	0,00	0,13	0,01

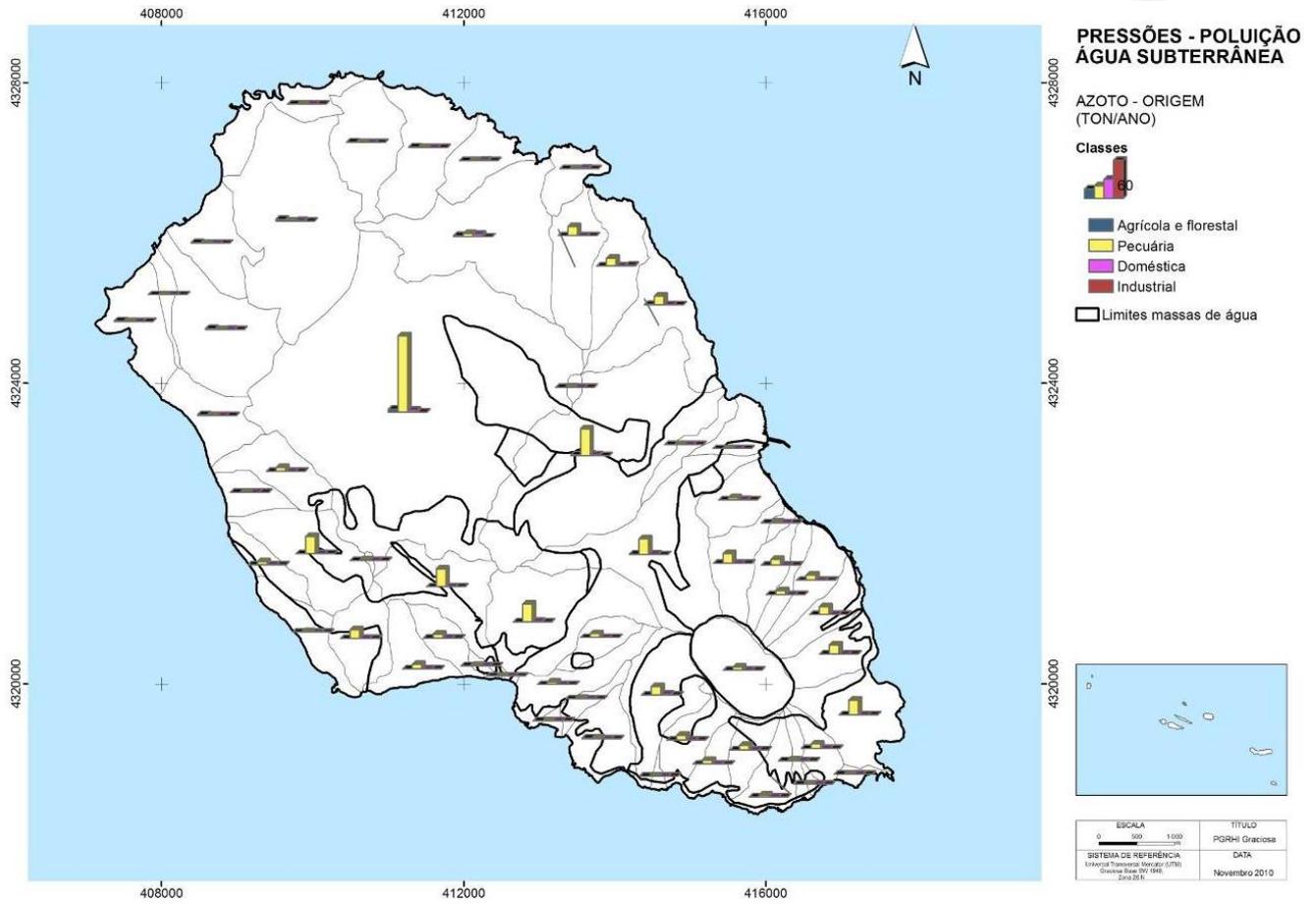


Figura 3.4.14 | Distribuição da carga poluente de azoto de acordo com a origem.

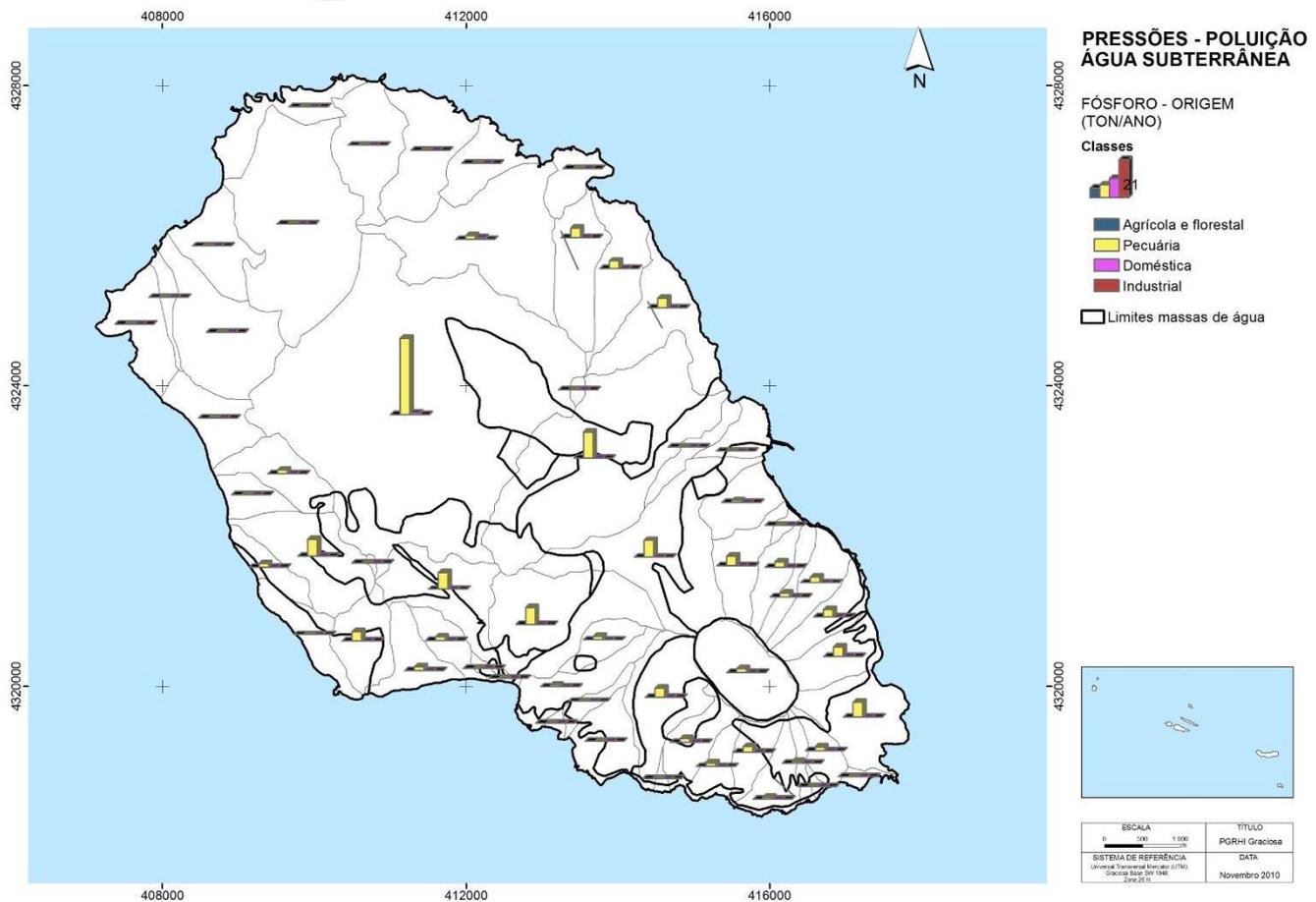


Figura 3.4.15 | Distribuição da carga poluente de fósforo de acordo com a origem.

Os resultados analíticos decorrentes da rede de monitorização de vigilância do estado químico, caracterizada no âmbito do ponto 4.1.2 do presente relatório, mostram que não ocorrem impactes significativos resultantes da poluição por composto azotados associados a fontes tóxicas, o que está de acordo com a análise providenciada por Cruz *et al.* (2010a). Contudo, outros trabalhos demonstram que nalgumas ilhas dos Açores podem ocorrer pontualmente valores elevados de concentração de nitratos nas águas subterrâneas, pelo que esta questão não deverá ser ignorada no âmbito do Plano de Gestão de Região Hidrográfica.

Alem dos nutrientes, e associados aos focos de poluição tóxica, podem ocorrer ainda cargas poluentes relativas a metais pesados e metaloides, compostos orgânicos naturais ou sintéticos e micro-organismos. Se a poluição microbiológica poderá estar relacionada com as descargas de águas residuais urbanas, e pode implicar um impacto significativo sobre as massas de água subterrâneas Cruz *et al.* (2010), os outros grupos de substâncias poluentes não são detetados na rede de monitorização, nem se conhecem estudos que demonstrem a ocorrência de impactes significativos.

Como potenciais focos de poluição tóxica por compostos orgânicos e metais pesados e metaloides devem, ainda, considerar-se os locais de destino final de resíduos sólidos urbanos. Na ilha Graciosa estão inventariados pelas autoridades ambientais um aterro sanitário, explorado pela autarquia, onde é depositado um volume anual da ordem de 1850 m<sup>3</sup>/ano (SRAM, 2007), assim como um vazadouro não controlado. No primeiro caso, salienta-se que no âmbito do

Plano Estratégico de Resíduos dos Açores, a infraestrutura foi designada como vazadouro controlado, a que está associado um risco ambiental considerado como Médio.

### 3.4.2.1.1 | Avaliação de potenciais impactes associados à poluição tóxica

Um dos elementos de suporte da análise relativa ao impacte das pressões tóxicas sobre o estado químico das massas de água subterrâneas, corresponde à vulnerabilidade à poluição, como proposto no Documento-Guia n.º 3 (CEC, 2003), para o qual se recorreu à metodologia DRASTIC (Aller *et al.*, 1987). Optou-se pela utilização desta metodologia quer face à facilidade de discriminação espacial de áreas de vulnerabilidade diversa, quer face à ampla disseminação desta metodologia, em ambientes geológicos e hidrogeológicos muito variáveis, o que facilita a comparabilidade dos resultados.

Para este objetivo considera-se, no presente trabalho, que a vulnerabilidade à poluição corresponde a uma propriedade intrínseca de um sistema hidrogeológico, que depende da sensibilidade do mesmo a impactes de origem natural ou humana (Zaporozec, 1994).

Na RH9 a primeira cartografia de vulnerabilidade foi elaborada a uma escala 1: 200 000, desadequada para os objetivos do presente relatório, e resulta de uma abordagem muito grosseira, assente sobre as litologias dominantes, zonas de recarga e topografia (LNEC, 1993). Posteriormente, a mesma equipa produziu nova abordagem publicada a uma escala semelhante, estritamente assente sobre critérios geológicos, geomorfológicos e estruturais (LNEC, 2001).

O método DRASTIC permite obter uma informação relativa, resultante da ponderação de sete valores, entre 1 e 5, associados a outros tantos parâmetros cuja descrição pode ser consultada na referência original (Quadro 3.4.18). No presente trabalho, não se promoveu a comparação dos resultados obtidos com a ponderação genérica com aqueles resultantes da utilização dos coeficientes específicos aplicáveis à poluição por pesticidas, cuja aplicação se julgou desnecessária na medida que os dados de monitorização não revelavam impactes decorrentes destas substâncias.

Após a quantificação do valor absoluto dos índices DRASTIC, procedeu-se à respetiva representação espacial de acordo com divisão dos resultados em cinco classes:

- Vulnerabilidade muito baixa (índice DRASTIC inferior a 99);
- Vulnerabilidade baixa (índice DRASTIC entre 100 e 119);
- Vulnerabilidade baixa a moderada (índice DRASTIC entre 120 e 139);
- Vulnerabilidade moderada (índice DRASTIC entre 140 e 159);
- Vulnerabilidade elevada (índice DRASTIC 160 e 179);
- Vulnerabilidade muito elevada (índice DRASTIC superior a 180).

**Quadro 3.4.18** | Gama de valores atribuíveis aos parâmetros DRASTIC e respetiva ponderação

Parâmetro DRASTIC	Índice DRASTIC										Peso	Min.	Máx.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Profundidade da zona não saturada	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	5	5	50
Recarga	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	4	4	36

Parâmetro DRASTIC	Índice DRASTIC										Peso	Min.	Máx.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Tipo de material de aquífero											3	3	30
Tipo de solo											2	2	20
Topografia											1	1	10
Impacto da zona não saturada											5	5	50
Condutividade hidráulica											3	3	30
												23	226

A cartografia final põe em evidência que a maior parte da superfície do setor ocidental da ilha corresponde à classe de baixa a moderada vulnerabilidade à poluição, enquanto na zona central ocorre uma faixa de terreno em que a vulnerabilidade se pode designar como predominantemente elevada (Figura 3.4.16). Por outro lado, na extremidade oriental da ilha, predominam as classes de vulnerabilidade baixa a moderada e baixa.

Considerando a área aflorante das massas de água subterrâneas constata-se que na área dominada pela massa Luz – Rebentão da Lagoa predomina a classe de elevada vulnerabilidade. A classe de baixa a média vulnerabilidade corresponde à maioria da área aflorante da massa Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe, enquanto a classe de vulnerabilidade baixa domina as zonas ocupadas pelas massas Serra das Fontes e Serra Dormida. Por seu turno, as restantes massas apresentam áreas que podem ser classificadas como de baixa a muito baixa vulnerabilidade à poluição.

Com o objetivo de avaliar o potencial impacte das atividades antropogénicas, expressas sobre a forma de focos de poluição tóxica, elaborou-se uma cartografia de riscos. Para este efeito, foram elaborados mapas com a distribuição espacial do índice de risco, tendo por base o cruzamento cartográfico, suportado pela utilização dos *softwares ArcMap®* e *ArcView®*, dos fatores a seguir mencionados:

- Cargas poluentes tóxicas (domésticas ou industriais);
- Ocupação do solo (DROTRH, 2007);
- Vulnerabilidade à poluição da água subterrânea;

Após a quantificação do valor absoluto do índice Risco, procedeu-se à respetiva representação espacial de acordo com divisão dos resultados em cinco classes:

- Risco muito reduzido (índice inferior a 5);
- Risco reduzido (índice entre 5 e 10);
- Risco moderado (índice entre 10 e 15);
- Risco elevado (índice entre 15 e 20);
- Risco muito elevado (índice entre 20 e 25).

Os resultados obtidos mostram, para cada ilha, as áreas onde é expectável que ocorram maiores impactes sobre as massas de água subterrâneas. Salienta-se, contudo, que apenas se obtém um resultado relativo, que permite a comparação de áreas contíguas, uma vez que não se discriminam os impactes de acordo com o valor absoluto de carga poluente. Assim, em sequência, apenas se apresentam os mapas relativos ao azoto total por ser, de entre as cargas poluentes que foi possível estimar, aquela que pode causar impactes mais significativos.

Em resultado da aplicação da metodologia referida, apresenta-se, no caso da ilha Graciosa, apenas o mapa de risco referente à poluição tóxica doméstica, uma vez que a carga industrial é muito reduzida (Figura 3.4.17). O cartograma relativo à poluição tóxica doméstica mostra que, com exceção da massa Folga, em todas as massas de água ocorrem zonas em que o risco associado pode ser classificado como muito reduzido a reduzido, estas últimas em particular sobre as massas Luz – Rebentão da Lagoa e Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe. Nesta última massa, ocorrem áreas em que o risco pode ser classificado como moderado, em zonas que correspondem aos centros populacionais de maior dimensão.

Na Figura 3.4.18 apresenta-se a localização do Aterro Sanitário da Graciosa, que se localiza numa área considerada como de baixa vulnerabilidade à poluição, enquanto a lixeira situada na costa SE se encontra numa área designada como de vulnerabilidade muito reduzida. Sem informação que permita estimar as eventuais emissões com foco nesta infraestrutura, salienta-se, contudo, que face a esta inserção, não são expectáveis eventuais impactes sobre as águas subterrâneas.

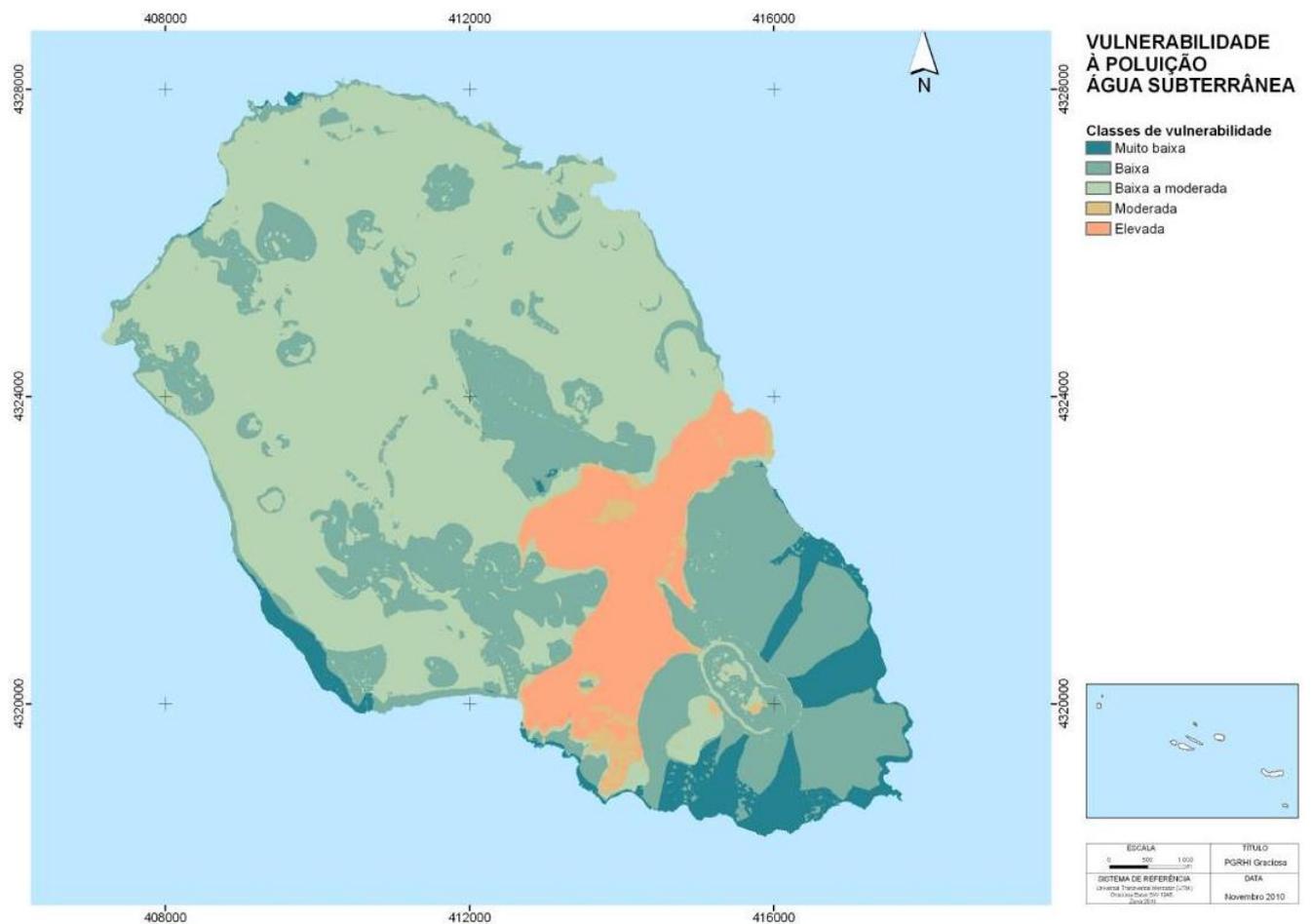


Figura 3.4.16 | Representação cartográfica da vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas.

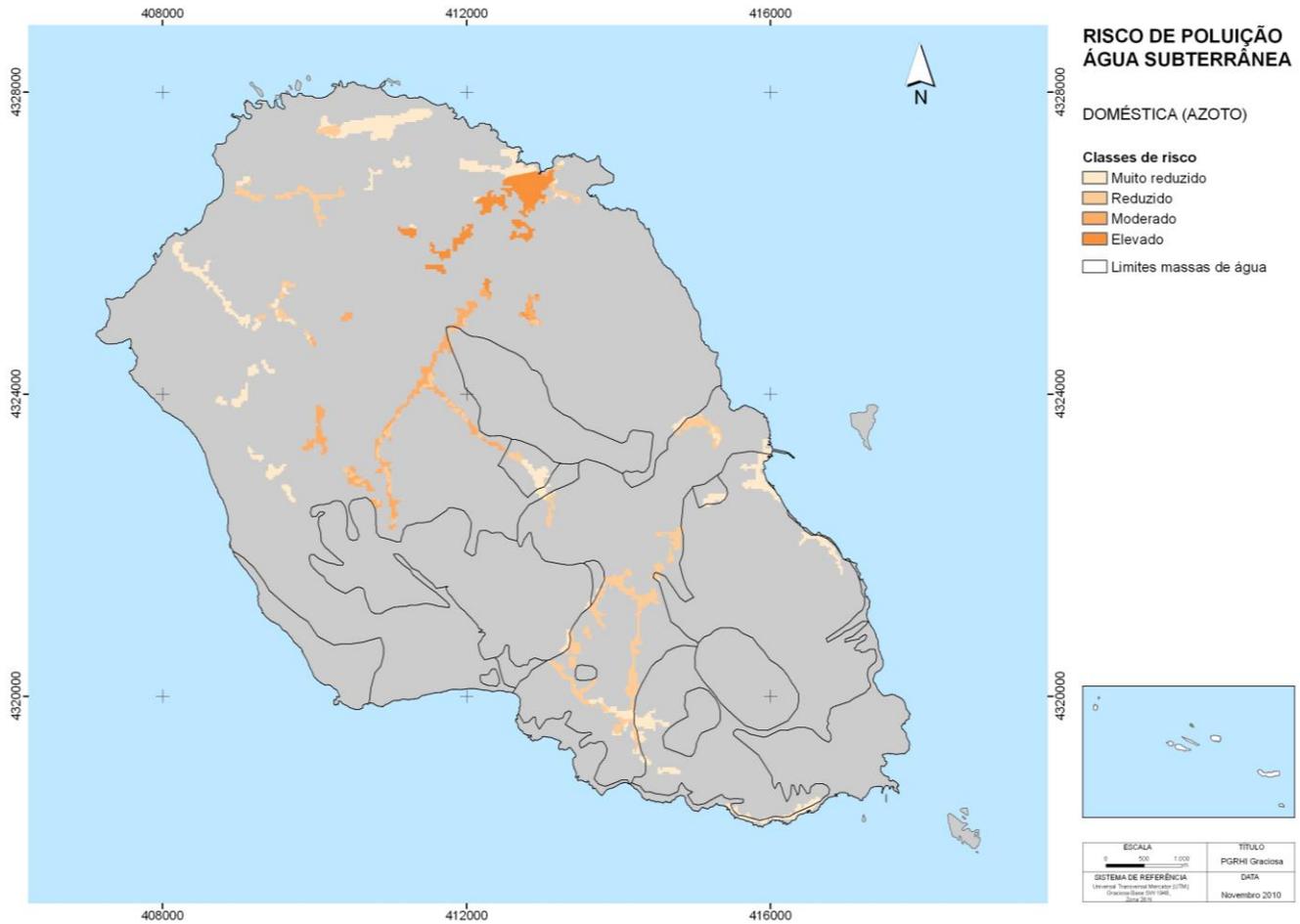
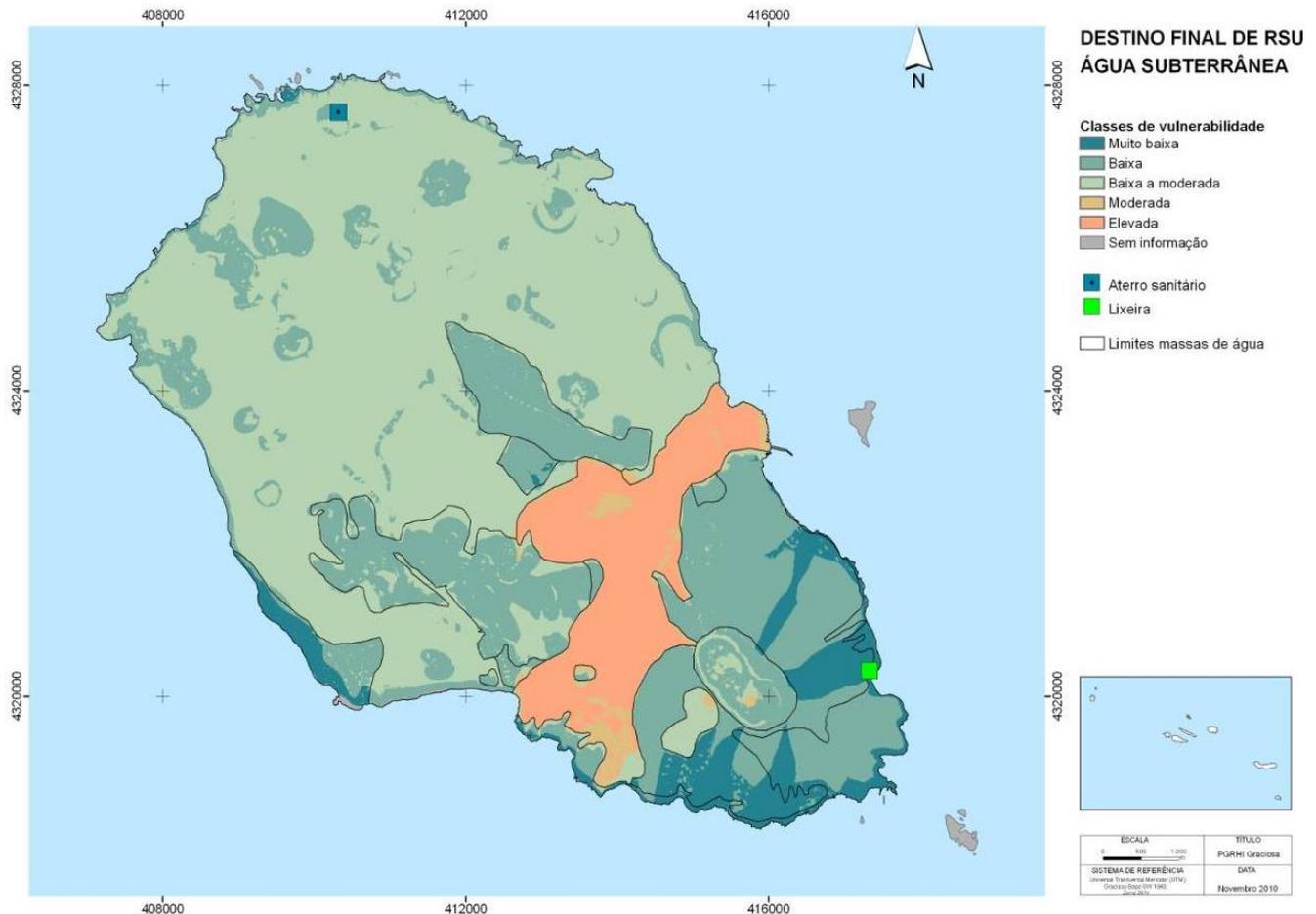


Figura 3.4.17 | Representação cartográfica do risco de poluição tónica doméstica.



**Figura 3.4.18** | Localização dos locais de destino final de RSU em função da vulnerabilidade à poluição das massas de água subterrâneas.

### 3.4.2.2 | Poluição difusa

No presente capítulo procede-se à análise das pressões sobre as massas de água subterrâneas associadas à poluição difusa. A caracterização dos impactes decorrentes das fontes de poluição difusa decorre do disposto no Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, nomeadamente da alínea b, parte II do anexo I, e para suporte à elaboração desta tarefa no âmbito dos planos de gestão de região hidrográfica, a UE preparou, inclusivamente, um guia técnico específico (CEC, 2003).

#### 3.4.2.2.1 | Caracterização das cargas poluentes difusas

Integram-se nesta categoria as emissões associadas à pecuária e às atividades agrícola e florestal. Com base na informação existente, e de acordo com os princípios metodológicos reportados no ponto 3.4.1 do presente relatório, foram estimadas as cargas poluentes, expressas de acordo com os parâmetros CBO<sub>5</sub> (carência bioquímica de oxigénio), CQO (carência química de oxigénio), N (azoto total), P (fósforo total) e SST (sólidos suspensos totais). A seleção destes parâmetros para a estimativa das cargas poluentes tóxicas derivou dos próprios dados de base disponíveis, e os cálculos foram estimados inicialmente por bacia hidrográfica e, posteriormente, agregados por massa de água subterrânea.

Necessariamente que, em face dos parâmetros mencionados, merecem particular atenção aqueles que podem apresentar um impacto sobre a qualidade das águas subterrâneas, nomeadamente os nutrientes azoto e fósforo. Contudo, salienta-se que face ao comportamento do fósforo no meio natural, em que ocorre sobre a forma de espécies de reduzida solubilidade, este elemento acaba por ter um impacto muito pouco significativo sobre a qualidade da água subterrânea relativamente às espécies azotadas.

Nas Figuras 3.4.14 a 3.4.15 apresentadas no ponto 3.4.2 verificou-se que as cargas poluentes mais significativas são difusas, com origem na agricultura, florestas e pecuária, em especial considerando esta última atividade como referência. Com efeito, como elencado no Quadro 3.4.17 (ponto 3.4.2), a discriminação dos valores de cargas totais de N e P por bacia hidrográfica, evidencia bem o predomínio das cargas difusas, em especial as relacionadas com a atividade pecuária.

Os resultados analíticos decorrentes da rede de monitorização de vigilância do estado químico, caracterizada no âmbito do ponto 4.1.2 do presente relatório, mostram que não ocorrem impactes significativos resultantes da poluição por composto azotados associados a fontes difusas, o que está de acordo com a análise providenciada por Cruz *et al.* (2010a). Contudo, outros trabalhos demonstram que nalgumas ilhas dos Açores podem ocorrer pontualmente valores elevados de concentração de nitratos nas águas subterrâneas, pelo que esta questão não deverá ser ignorada no âmbito do Plano de Gestão de Região Hidrográfica.

#### **3.4.2.2.2 | Avaliação de potenciais impactes associados à poluição difusa**

Para avaliar os eventuais impactes decorrentes da poluição difusa procedeu-se de forma similar à adotada para a poluição tóxica. Para este efeito, foram elaborados mapas com a distribuição espacial do índice de risco para a poluição difusa associada à pecuária e às atividades agrícola e florestal.

Os resultados obtidos mostram, para cada ilha, as áreas onde é expectável que ocorram maiores impactes sobre as massas de água subterrâneas. Salienta-se, contudo, que apenas se obtém um resultado relativo, que permite a comparação de áreas contíguas, uma vez que não se discriminam os impactes de acordo com o valor absoluto de carga poluente. Assim, em sequência, apenas se apresentam os mapas relativos ao azoto total, por ser de entre as cargas poluentes que foi possível estimar, aquela que pode causar impactes mais significativos.

Em resultado da aplicação da metodologia referida, apresentam-se os mapas de risco referentes à poluição difusa respetivamente nas Figuras 3.4.19 e 3.4.20.

O cartograma relativo à poluição difusa associada à atividade pecuária mostra que praticamente em todas as massas de água ocorrem zonas de risco muito reduzido. Nas massas Luz – Rebentão da Lagoa, Serra das Fontes, Serra Dormida e Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe ocorrem algumas zonas em que o risco pode ser classificado como reduzido, e nesta última atingem mesmo a designação de risco moderado.

Por outro lado, relativamente à atividade agrícola e florestal, o risco pode ser classificado como muito reduzido em grande parte das massas de água subterrâneas, com exceção em particular da massa Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe onde, na metade NW, ocorre uma extensa zona em que o risco é designado como reduzido a moderado.

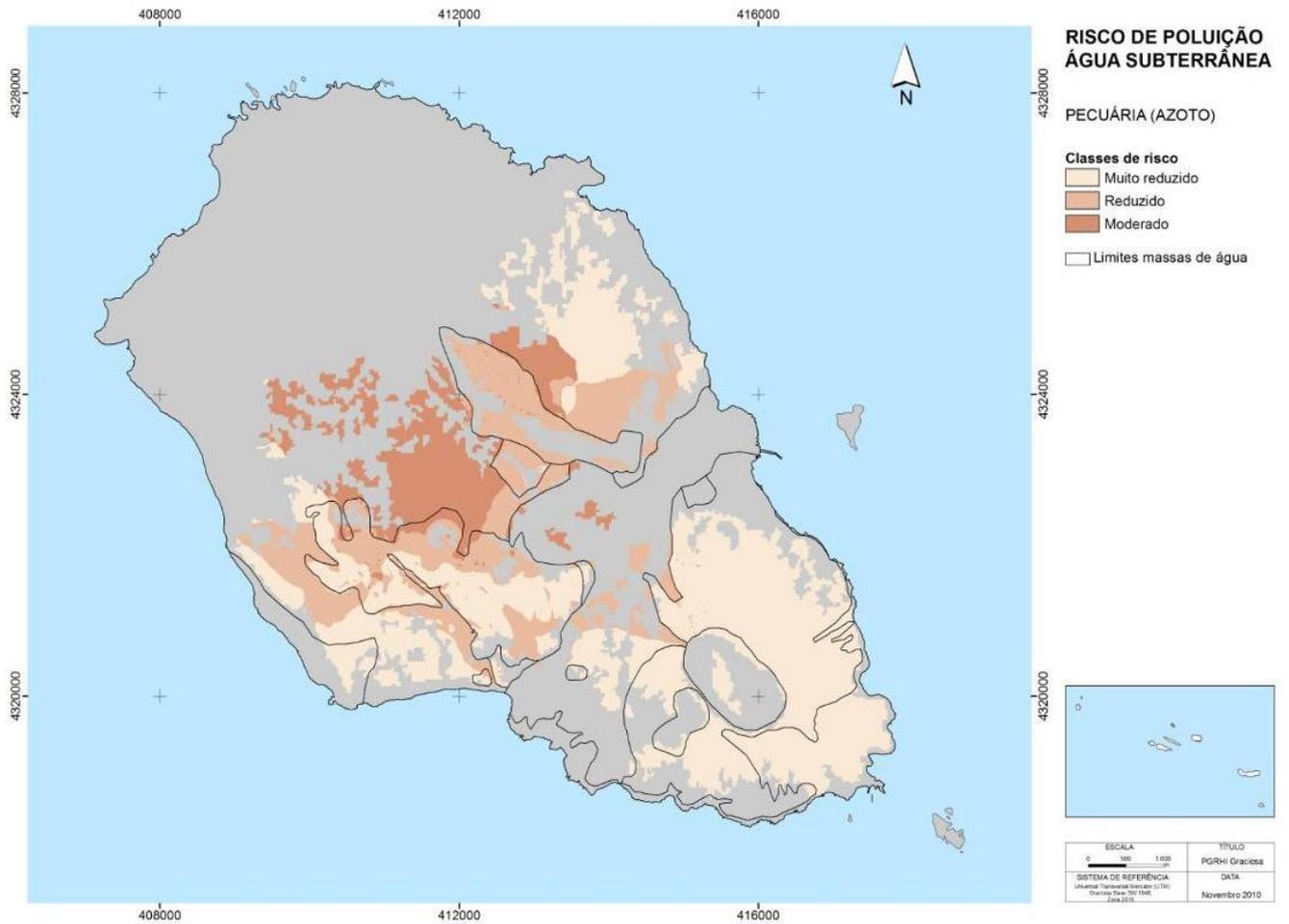


Figura 3.4.19 | Representação cartográfica do risco de poluição difusa associada à atividade pecuária.

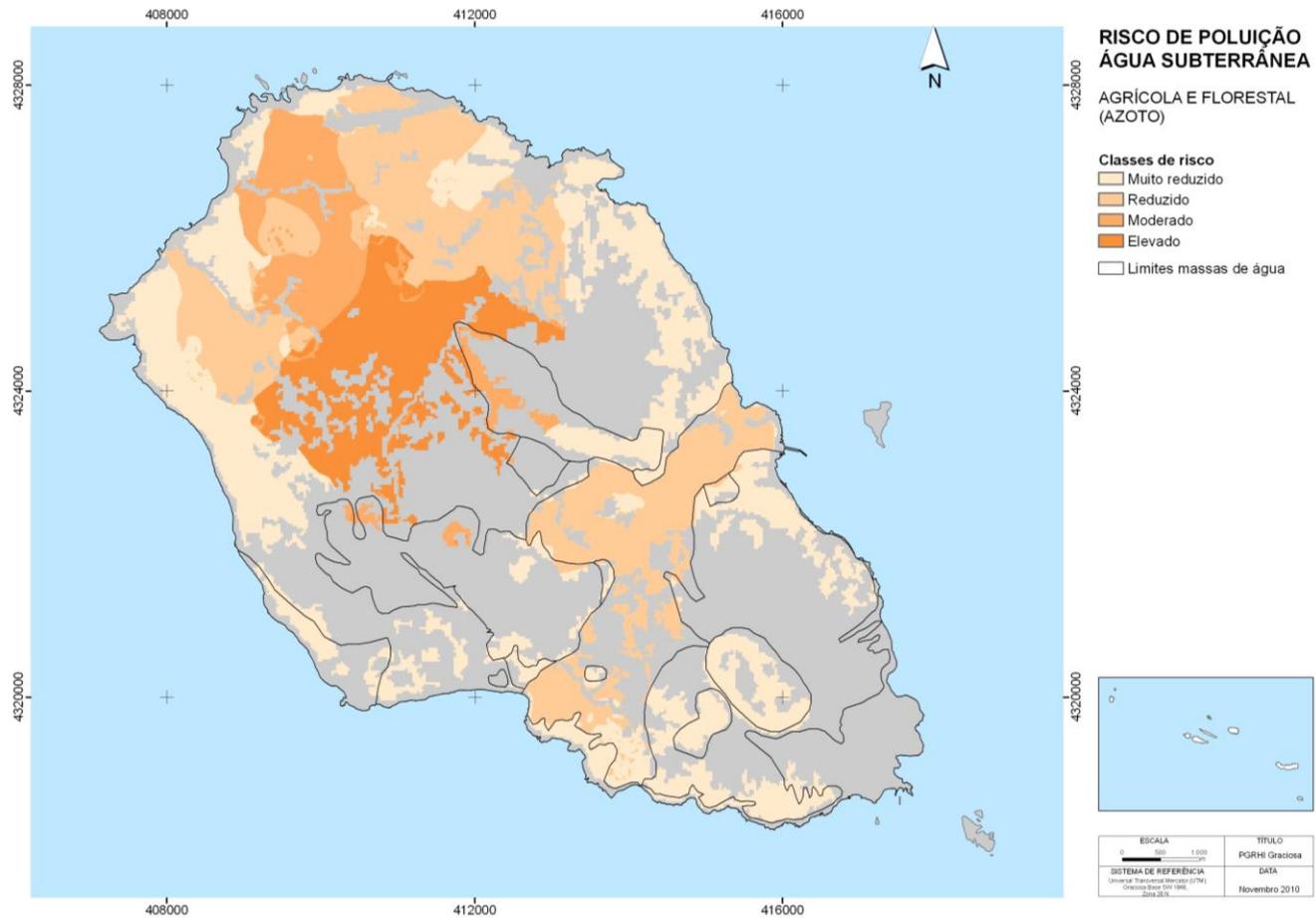


Figura 3.4.20 | Representação cartográfica do risco de poluição difusa associada às atividades agrícola e florestal.

### 3.4.2.3 | Intrusão salina

No presente capítulo procede-se à análise das pressões sobre as massas de água subterrâneas associadas à salinização da água subterrânea, resultante da mistura com sais de origem marinha. A análise de pressões decorrentes da intrusão salina em aquíferos costeiros não está explicitamente considerada no âmbito do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, nem consta no elenco de matérias que obrigatoriamente os planos de gestão de região hidrográfica devem contemplar (Portaria n.º 1284/2009, de 19 de outubro). Esta matéria também não consta do documento-guia específico elaborado pela UE (CEC, 2003).

A salinização é porventura o processo de contaminação da água mais disseminado no mundo, e as suas consequências têm vindo a ser descritas nalgumas ilhas dos Açores. A salinização implica o incremento do conteúdo em algumas das espécies dissolvidas na água, assim como da mineralização total da mesma, e em ilhas oceânicas como as dos Açores pode ser causada sobretudo por intrusão marinha nos sistemas aquíferos basais, e secundariamente por aerossóis enriquecidos em sais de origem marinha. As modificações na composição da água devem-se não só há ocorrência de mistura, como também a processos hidrogeológicos induzidos, de que a ocorrência de trocas iónicas é o exemplo mais comum. Em resultado da salinização observa-se um impacte sobre a qualidade da água, que inclusivamente pode inibir a sua utilização para diversos fins, como o abastecimento humano.

A ocorrência da salinização de aquíferos costeiros está frequentemente associada à sobre-exploração, que ocorre quando numa dada massa de água subterrânea a extração efetuada é superior à recomendada, dando origem à depleção de aquíferos, com a descida dos níveis, o que pode implicar por exemplo custos de bombeamento mais elevados, à degradação da qualidade da água e, inclusivamente, à existência de impactes sobre a qualidade ecológica de massas de água de superfície associadas ou de zonas húmidas, em virtude da destruição dos habitats e da redução da biodiversidade.

Não obstante a definição de sobre-exploração poder ser alvo de alguma subjetividade, em virtude da incerteza associada à estimativa dos recursos renováveis, e ao facto de uma tendência sustentada de descida do nível de água poder não ser um critério seguro para determinar se a extração é igual, ou superior, à recarga, no presente relatório adota-se o conceito mais generalista, mesmo que perdendo algum do respetivo significado hidrogeológico de base. Assim, qualitativamente, uma situação de sobre-exploração é aquela em que, como usualmente é descrito, um aquífero poderá estar quando a extração média ao longo de alguns anos é igual ou superior ao volume médio de recarga.

A ocorrência de fenómenos de intrusão salina, e a análise dos seus efeitos, tem sido alvo de vários estudos técnicos (Cruz & Silva, 2000; Cruz *et al.* 2010b, 2010c). No caso vertente da ilha Graciosa, têm vindo a ser reportados os efeitos da intrusão salina, que inclusivamente provocaram o abandono de furos de captação, com as inerentes consequências económicas e constrangimentos ao abastecimento público.

De forma a identificar os locais em que a pressão associada à intrusão salina é mais acentuada, identificaram-se, com base na informação existente, todos os furos de captação que captam em aquíferos basais, e dentro deste grupo aqueles cuja concentração em cloretos é superior a 225mg/L, valor critério considerado no ponto 5 do presente relatório. A opção pela utilização do teor em cloreto como indicador, em detrimento da condutividade elétrica, resulta do caráter conservativo desta espécie.

No Figura 3.4.21 pode observar-se a distribuição de todos os furos que captam em aquíferos basais, realçando-se em particular aqueles em que o teor de cloretos é superior ao valor critério adotado (225mg/L). A análise do cartograma evidencia que a captação de água no sistema aquífero basal está associada a valores de concentração de cloretos que, num número significativo dos furos existentes na ilha Graciosa, é superior ao limite anteriormente referido.

Realça-se que, inclusivamente, os efeitos do fenómeno de intrusão salina implicaram que uma das massas de água delimitadas na ilha tenha sido considerada como de estado químico Medíocre (ponto 5 do presente relatório). Neste contexto, importa salientar que a construção de novas captações de água em aquíferos basais deve implicar um criterioso estudo hidrogeológico e a adoção das melhores práticas quando da perfuração de novos furos.

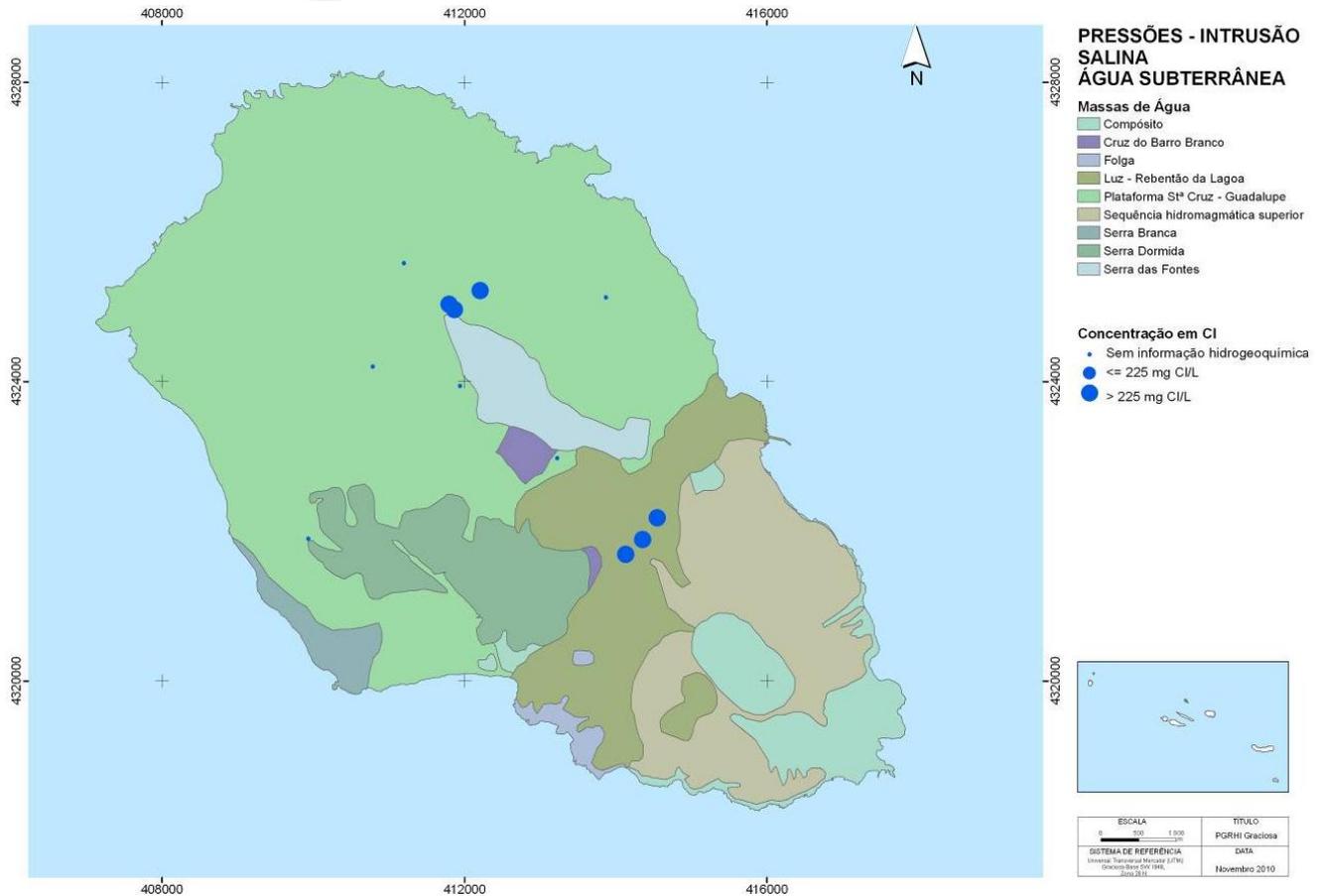


Figura 3.4.21 | Distribuição de furos de captação nos aquíferos basais de acordo com a concentração em cloreto.

### 3.4.2.4 | Captações de água

De acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, no caso em que a caracterização preliminar das massas de água subterrâneas, elaborada de acordo com o respetivo Anexo I, determine uma situação de risco de incumprimento dos objetivos ambientais, devem ser inventariadas as localizações dos pontos de captação de água destinada ao consumo humano ou outro, onde a extração média exceda 10m<sup>3</sup>/dia. Em alternativa, no caso das captações de água destinadas ao consumo humano, pode ser adotado um limiar de 50 pessoas abastecidas para que se proceda à inventariação. Em ambos os casos, e independentemente do critério adotado, devem ser também inventariadas as taxas médias anuais de captação (CEC, 2003).

Independentemente da designação de Bom estado para as massas de água subterrâneas na ilha Graciosa, expressa no relatório de caracterização preliminar da RH9 (DROTRH, 2006), no presente trabalho procedeu-se ao inventário supramencionado não obstante o seu caráter não compulsivo.

A inventariação das captações que forneçam mais de 10m<sup>3</sup> por dia em média, ou em alternativa, que sirvam mais de 50 pessoas, efetuada como elemento de suporte ao presente subcapítulo, é retomada no ponto do presente relatório

referente às zonas de proteção (ponto 3.3.2), nomeadamente no que concerne à identificação no território da região hidrográfica de todas as massas de água subterrâneas destinadas a captação para consumo humano.

Realça-se, ainda, que na RH9 não se procede a ações de recarga artificial de aquíferos, pelo que se excluem da análise subsequente.

Neste contexto, a partir da base de dados relativa aos pontos de água da ilha Graciosa, selecionaram-se aqueles que efetivamente eram captados e, dentro deste grupo, os que cumpriam o critério de volume (i.e. com extração média superior a  $10\text{m}^3/\text{dia}$ ). A opção pelo critério de volume em detrimento do critério relativo ao número de habitantes servido, resultou do facto de se julgar que este último limite, estabelecido na legislação nacional, não foi definido atendendo à realidade da RH9. Em qualquer caso, as diferenças que poderiam emergir adotando o critério populacional seriam negligenciáveis. O limitado número de captações de água subterrânea licenciadas, quer das entidades gestoras de sistemas públicos de abastecimento, quer de particulares, revelou-se um constrangimento à análise efetuada. Optou-se, na ausência de informação relativa ao volume extraído numa captação, por não a considerar como eventual pressão.

Na Figura 3.4.22 apresenta-se a localização das captações de água subterrânea com um volume de extração superior a  $10\text{m}^3/\text{dia}$ , que correspondem a 3 nascentes (11% do total da ilha) e 6 furos (50% do total), distribuídos predominantemente no primeiro caso na massa de água Serra Dormida, e no segundo caso na massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe (Quadro 3.4.19).

Os valores respeitantes às extrações foram obtidos a partir de três referências fundamentais: o levantamento do INSAAR, consultado em linha, o estudo elaborado no âmbito do PRA (Cruz, 2001), o trabalho respeitante ao Estudo de Conceção Geral do Sistema Integrado de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais da RAA (PROCESL-ECOSERVIÇOS-PROSPECTIVA, 2005). Sempre que no INSAAR são indicados valores estes são utilizados e, em caso negativo recorreu-se aos restantes trabalhos referenciados. Relativamente aos pontos atualmente não captados, e em especial no caso da descarga natural das nascentes, a referência fundamental corresponde ao PRA.

O somatório da extração média anual nas captações é igual a  $1,14\text{hm}^3/\text{ano}$ , valor que corresponde a 100% do valor apurado de extração total anual e de descarga anual média nas massas de água, neste último caso considerando também o volume de água emergente nas nascentes não captadas (Quadro 3.4.20). A massa de água Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe é aquela em que se verifica o maior volume de extração nas captações com um caudal médio maior que  $10\text{m}^3/\text{ano}$ , totalizando  $1,07\text{hm}^3/\text{ano}$ , valor muito superior aos registados nas outras massas, que variam entre 0 e  $0,04\text{hm}^3/\text{ano}$  (Serra das Fontes).

Da observação da Figura 3.4.23, depreende-se que, face aos recursos hídricos subterrâneos, a captação de água subterrânea na ilha Graciosa não constitui uma pressão significativa em qualquer das massas delimitadas. Salienta-se que, mesmo considerando uma fração efetivamente disponível de 60% do volume de recursos, como apresentado no ponto 2.3.5. do presente relatório, a pressão das captações de água subterrânea não é significativa.

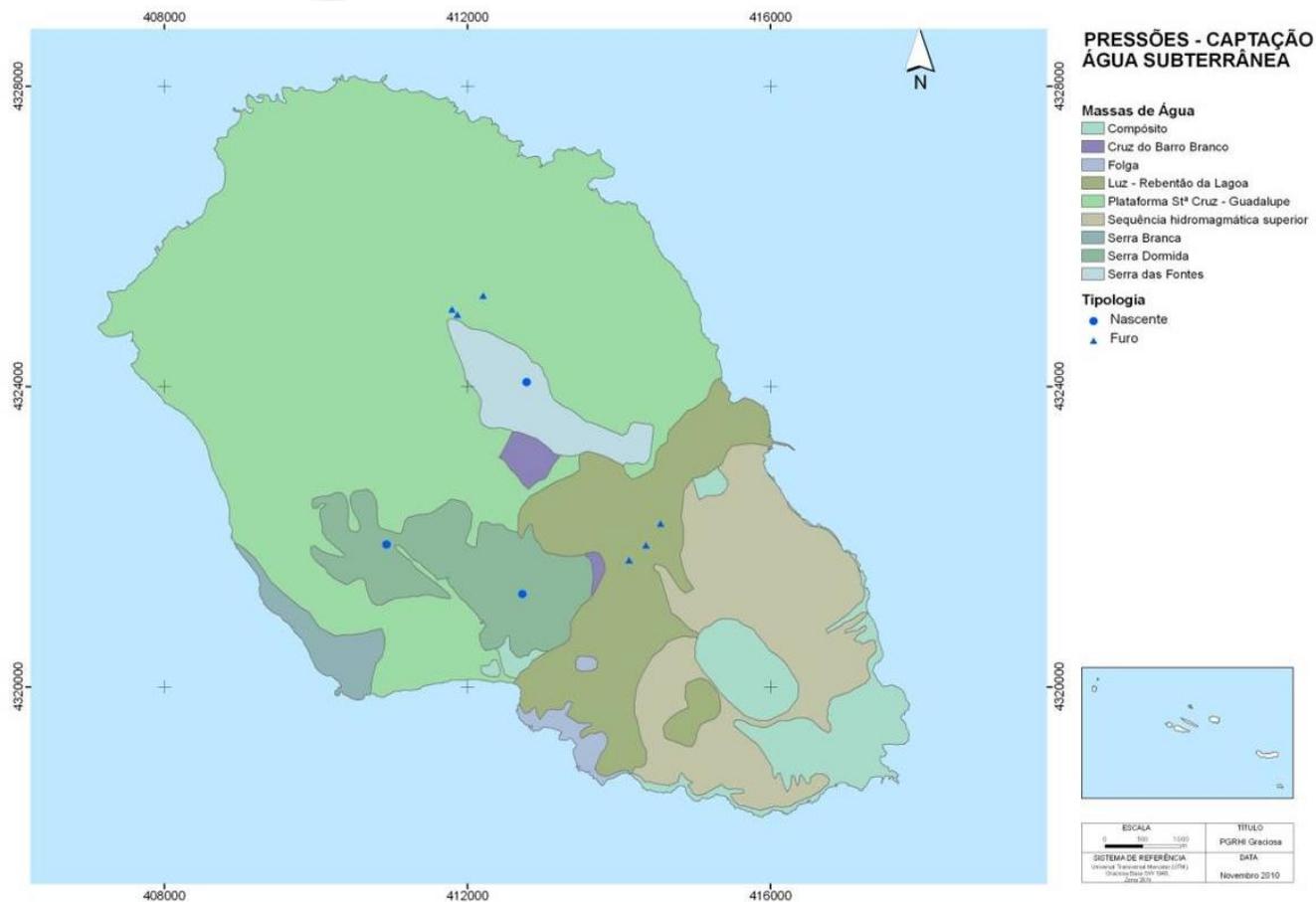


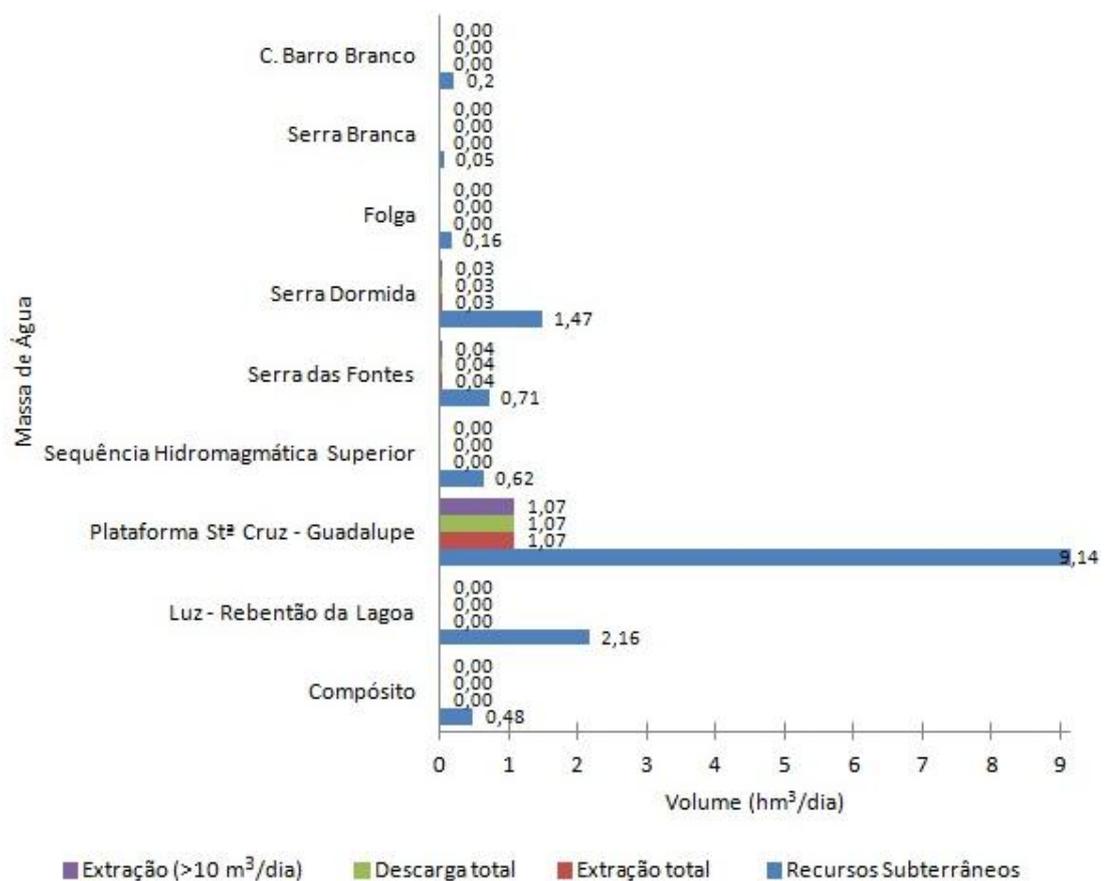
Figura 3.4.22 | Distribuição das captações de água subterrânea com um volume de extração superior a 10m<sup>3</sup>/dia.

Quadro 3.4.19 | Quadro comparativo do número total de pontos de água inventariados e do número de captações existentes nas massas de água delimitadas na ilha Graciosa

Massa de Água	Nº total de pontos de água		Nº de pontos de água captados	
	Nascentes	Furos	Nascentes	Furos
Compósito	4	0	1	0
Luz - Rebentão da Lagoa	1	0	0	0
Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	6	12	1	6
Sequência Hidromagmática Superior	2	0	0	0
Serra das Fontes	10	0	10	0
Serra Dormida	5	0	5	0

**Quadro 3.4.20** | Quadro comparativo do volume de recursos hídricos subterrâneos, da extração e descarga natural totais e da extração média nos pontos de água com caudal superior a 10m<sup>3</sup>/dia

Massa de Água	Recursos Subterrâneos	Extração total	Descarga total	Extração (>10 m <sup>3</sup> /dia)
Compósito	0,48	0,00	0,00	0,00
Luz - Rebentão da Lagoa	2,16	0,00	0,00	0,00
Plataforma St <sup>a</sup> Cruz - Guadalupe	9,14	1,07	1,07	1,07
Sequência Hidromagmática Superior	0,62	0,00	0,00	0,00
Serra das Fontes	0,71	0,04	0,04	0,04
Serra Dormida	1,47	0,03	0,03	0,03
Folga	0,16	0,00	0,00	0,00
Serra Branca	0,05	0,00	0,00	0,00
C. Barro Branco	0,2	0,00	0,00	0,00



**Figura 3.4.23** | Gráfico comparativo do volume médio extraído nos pontos de água com caudal superior a 10m<sup>3</sup>/dia, face à descarga natural total, às extrações totais efetuadas e aos recursos hídricos subterrâneos globais.

## 4 | Redes de Monitorização

### 4.1 | Rede de monitorização do estado das massas de água

A RH9 possui, atualmente, uma rede de monitorização biológica e físico-química das massas de água, que tem como objetivo caracterizar o estado das massas de água desta região hidrográfica a fim de dar cumprimento às Diretivas Comunitárias em vigor, nomeadamente à DQA. Esta rede de monitorização visa, concretamente, a classificação dos estados ecológico e químico das águas superficiais e do estado químico das águas subterrâneas. A implementação da referida rede ocorreu de forma faseada no tempo e no espaço pelas diversas ilhas do Arquipélago em resultado dos condicionalismos financeiros existentes. Iniciou-se em 2003 nas ilhas de São Miguel e Santa Maria, tendo-se expandido em 2005 às ilhas do Pico, Faial, Flores e Corvo. A partir de 2007, a rede de monitorização estendeu-se a todas as ilhas, realizando-se de forma contínua e regular desde então. Contudo, apesar de rede de qualidade da RH9 abranger todas as massas de água relevantes e cumprir as periodicidades previstas no DL 77/2006, tanto a distribuição espacial da rede existente como os parâmetros monitorizados e a sua periodicidade não são suficientes para permitir classificar, com exatidão, as condições ecológicas e químicas de todas as massas de água no âmbito do requerido pela DQA e pela Lei da Água.

No caso das massas de água costeiras e de transição a rede de monitorização iniciou-se em 2008 para as águas costeiras nas ilhas de Santa Maria, São Miguel e Terceira e para as águas de transição na ilha de São Jorge. Posteriormente em 2011 foi alargada às massas de águas costeiras ilhas do Pico, Faial, Graciosa, São Jorge, Flores e Corvo.

#### 4.1.1 | Águas superficiais

Nos termos da Lei da Água, o objetivo de alcançar o Bom estado ecológico e químico das massas de água superficiais (ou bom potencial ecológico e Bom estado químico para as massas de água artificiais ou fortemente modificadas), visa, quando necessário, a aplicação de medidas tendentes à sua proteção e à melhoria do estado. A verificação dos estados ecológico e químico deve, assim, ser auxiliada pelo uso de programas de monitorização de vigilância, operacional e de investigação, cujos alvos de análise referem-se aos elementos de qualidade determinantes do estado ecológico, isto é, elementos biológicos, físico-químicos e hidromorfológicos, e a substâncias químicas prioritárias determinantes do estado químico.

A monitorização de vigilância visa completar o processo de avaliação do impacte, ajudar a elaborar futuros planos de monitorização e avaliar as alterações a longo prazo nas condições naturais e em resultado do alargamento da atividade antropogénica.

A monitorização operacional determina o estado das massas de água identificadas como estando em risco de não cumprimento dos objetivos ambientais e avalia as alterações do estado dessas massas resultantes da implementação dos programas de medidas.

A monitorização de investigação destina-se a complementar as monitorizações de vigilância e operacional, sendo aplicável nos casos de falta de conhecimento sobre as causas de eventuais excessos de poluentes responsáveis pelo não cumprimento de objetivos ambientais e nos casos de avaliação da magnitude e impacte de poluição ambiental.

De acordo com Medeiros *et. al.* (2010), os atuais programas de monitorização implementados na RH9 correspondem à rede de monitorização de vigilância prevista na DQA.

#### **4.1.1.1 | Rede de vigilância**

A monitorização de vigilância cumpre o objetivo de avaliar continuamente o estado das massas de água. A monitorização de vigilância deve ser efetuada considerando um número de massas de água suficientes para fornecer uma avaliação coerente do estado da globalidade das massas de água. Em qualquer caso, será adequado utilizar uma subamostragem estatisticamente representativa para posterior extrapolação.

Neste âmbito, e considerando o contexto específico da RH9 para águas superficiais costeiras e de transição, a monitorização deve ser estabelecida em pontos onde o volume de água presente seja significativo, tendo em conta o contexto específico de cada ilha da RH9.

Em cada ponto de amostragem, conforme decorre do normativo legal, a monitorização deve ser realizada considerando parâmetros indicativos dos elementos de qualidade biológica, hidromorfológica e físico-química geral. Devem também ser alvo de análise os poluentes da lista prioritária dos contaminantes, descarregados nas bacias/sub-bacias hidrográficas, e outros poluentes com descargas significativas na bacia ou sub-bacia hidrográfica.

A monitorização de vigilância deve decorrer durante o período mínimo de um ano, ao longo do período de vigência de cada PGRHI. Não obstante, se o exercício de monitorização de vigilância do PGRHI anterior tiver demonstrado que a massa de água em questão atingiu um estado classificado de “bom” e a análise do impacte das pressões antropogénicas não tiver revelado qualquer alteração dos impactes sobre a massa de água, a monitorização de vigilância deve ser efetuada uma única vez, durante a vigência de 3 PGRHI consecutivos. Relativamente aos parâmetros indicativos dos elementos de qualidade físico-química, de suporte aos elementos biológicos, para as massas de água superficiais, devem aplicar-se as frequências previstas no Quadro 4.1.1

Salvaguarda-se, novamente, a importância da necessidade da frequência do programa de monitorização permitir a obtenção de resultados fiáveis, pelo que o seu planeamento e frequência poderão sofrer adaptações, conforme o levantamento de necessidades especificadas para a RH9, ao longo da implementação dos planos.

##### **4.1.1.1.1 | Ribeiras**

Na ilha Graciosa não estão designadas massas de água na categoria rios, pelo que não existe qualquer rede de monitorização implementada.

##### **4.1.1.1.2 | Lagoas**

Na ilha Graciosa não estão designadas massas de água na categoria de lagoas, pelo que não existe qualquer rede de monitorização implementada.

#### 4.1.1.1.3 | Afluentes de lagoas

Na ilha Graciosa não estão designadas massas de água na categoria de lagoas, pelo que não existe qualquer rede de monitorização implementada.

#### 4.1.1.1.4 | Águas costeiras e de transição

Para cada tipo de massa de águas superficiais devem ser estabelecidas as condições de referência, considerando os elementos de qualidade biológica, hidromorfológica e físico-químicos representativos. Estas condições específicas de referência devem ser obtidas através de uma rede de monitorização de referência, de modelação, da combinação dos 2 anteriores ou de opinião pericial.

A rede de monitorização de referência deve ser constituída por um número suficiente de pontos de monitorização, localizados em massas de águas onde a intervenção humana é nula ou escassa, ou seja, onde as massas de águas apresentem condições semelhantes às condições pristinas. Assim, as condições de referência devem ser estabelecidas e descritas considerando os indicadores representativos de cada elemento de qualidade biológica, hidromorfológica e físico-química.

Quando não for reconhecido um número adequado de locais de referência representativos de uma região, pode-se optar por construir um modelo de predição utilizando dados disponíveis, ou recorrendo a dados de outras regiões com tipos de massas de águas semelhantes.

O recurso à opinião pericial pode ser concretizada nas áreas onde os locais de referência são escassos ou ausentes, e consiste, normalmente, numa indicação das condições de referência previstas expressas qualitativamente, recorrendo, por exemplo, à paleoreconstrução.

Neste âmbito, e considerando o contexto específico da RH9 para águas superficiais costeiras e de transição, a monitorização foi estabelecida em pontos tendo em conta o contexto específico de cada ilha da RH9. A sua monitorização é extremamente dispendiosa devido à logística que envolve (e. g. navios e equipamento), à dimensão das massas de água e requisitos específicos das diferentes épocas para a monitorização dos diferentes parâmetros biológicos e físico-químicos.

Assim, monitorização é fundamental para a avaliação do estado real das massas de água com o objetivo de serem evitadas situações de implementação indevida de programas medidas.

#### **Pontos de monitorização**

O programa de monitorização de águas de transição e costeiras, implementado pela SRAM, iniciou-se em 2008 uma 1<sup>o</sup> ciclo, tendo como objetivo de caracterização das condições de referência, embora até ao momento não tenham sido apresentados valores que a caracterizem e que permitam uma comparação com as condições biológicas e físico-químicas atuais, conduziu a uma classificação objetiva dos estados de massas de água para as massas de água costeiras da ilha Terceira, São Miguel e Santa Maria e para as massas de água de transição da ilha de São Jorge.

Numa 2<sup>a</sup> fase, o programa de monitorização consistiu na monitorização de elementos das águas costeiras das ilhas do Pico, São Jorge, Faial, Graciosa, Flores e Corvo e de transição para a ilha de São Jorge levada a cabo pela Agroléico.

Foi escolhido um ponto de amostragem para as massas de água pouco profundas, intermédia e profunda (Quadro 4.1.1). A colheita da água foi feita a 5m de profundidade para as massas de água costeiras pouco profundas, intermédias e profundas,

**Quadro 4.1.1** | Ponto de monitorização para os elementos de qualidade biológica e físico-química das águas costeira, ilha da Graciosa.

Estação	Massa de água	Coordenadas (UTM)	
		X	Y
<b>Águas Costeiras</b>			
2ª Fase – Agroleico			
GRA – PP	Pouco Profundas	-	-
GRA - AI	Intermédia	-	-
GRA - AP	Profundas	-	-
<b>Águas de Transição</b>			
Não existem na ilha da Graciosa			

### **Parâmetros de monitorização**

O Programa de Monitorização de Vigilância para a avaliação do estado da massa de água envolve, de acordo com a DQA, a monitorização de parâmetros de qualidade biológica (Quadro 4.1.2), hidromorfológica (Quadro 4.1.3) e físico-química e química (Quadro 4.1.4).

**Quadro 4.1.2** | Parâmetros avaliados no âmbito da monitorização dos elementos de qualidade biológica águas costeira e de transição, ilha da Graciosa

Elementos Biológicos	Parâmetros	Águas Costeiras	Águas de Transição
		2ª Fase	2ª Fase
Fitoplâncton	Composição	Sim	Não existem na ilha da Graciosa
	Abundância	Sim	
	Biomassa	Sim	
Restante flora aquática	Composição e Abundância	-	
Invertebrados bentónicos	Composição e Abundância	-	
Fauna piscícola	Composição e Abundância	-	

**Quadro 4.1.3** | Parâmetros avaliados no âmbito da monitorização dos elementos de qualidade hidromorfológica águas costeira e de transição, ilha da Graciosa

Elementos Hidromorfológicos	Parâmetros	Águas Costeiras	Águas de Transição
		2ª Fase	2ª Fase
Regime de Marés	Fluxo de água doce	-	Não existem na ilha da Graciosa
	Direção das correntes dominantes	-	
	Exposição às vagas	-	
Condições Morfológicas	Variação de profundidade	-	
	Estrutura e substrato do leito	-	
	Estrutura da zona intertidal	-	

**Quadro 4.1.4** | Parâmetros avaliados no âmbito da monitorização dos elementos de qualidade físico-química e química de suporte aos elementos biológicos águas costeiras e de transição, ilha da Graciosa.

Elementos Físico-Químicos e Químicos	Parâmetros	Águas Costeiras	Águas de Transição
		2ª Fase	2ª Fase
Elementos gerais	Transparência;	Sim	Não existem na ilha da Graciosa
	Condições térmicas;	Sim	
	Condições de oxigenação;	Sim	
	Salinidade;	Sim	
	Condições relativas aos nutrientes	Sim	
Poluentes específicos	Poluição resultante de todas as substâncias prioritárias identificadas como sendo descarregadas na massa de água;	Sim	
	Poluição resultante de outras substâncias identificadas como sendo descarregadas em quantidades significativas nas massas de água;	-	

Deste plano de monitorização, resulta um 1 campanha para as águas costeiras, vital para a determinação/extrapolação do estado ecológico e físico-químico das massas de águas costeiras da Graciosa. À semelhança das condições de referência, não foram definidas metodologias, métricas ou índices que permitam a classificação do estado ecológicos, em particular.

### Frequência de Monitorização

O 1º ciclo do programa de monitorização das águas costeiras e de transição iniciou-se no verão de 2008, finalizando no verão de 2009. Este programa envolveu a avaliação das massas de água costeiras, pouco profundas, intermédias e profundas da ilha Terceira, da ilha de São Miguel e da ilha de Santa Maria e as águas de transição da ilha de São Jorge.

No entanto, a 2ª fase iniciada em 2011, o programa de monitorização estendeu-se às ilhas do Pico, São Jorge, Faial, Graciosa, Flores e Corvo e de transição para a ilha de São Jorge, levada a cabo pela Agroleico.

A periodicidade, época de amostragem e frequência prevista varia com o tipo de elemento de qualidade (Quadro 4.1.5).

**Quadro 4.1.5** | Parâmetros avaliados no âmbito da monitorização dos elementos de qualidade físico-química e química de suporte aos elementos biológicos águas costeiras, ilha da Graciosa

Parâmetros	Frequência a DQA	Programa de Monitorização															
		2008				2009				2010				2011			
		CPP	CI	CP	T	CPP	CI	CP	T	CPP	CI	CP	T	CPP	CI	CP	T
<b>Elementos Biológicos</b>																	
Fitoplâncton	6 meses													1	1	1	
Restante flora aquática	3 anos																
Invertebrados bentónicos	3 anos																

Parâmetros	Frequência a DQA	Programa de Monitorização															
		2008				2009				2010				2011			
		CPP	CI	CP	T	CPP	CI	CP	T	CPP	CI	CP	T	CPP	CI	CP	T
<b>Elementos Biológicos</b>																	
Fauna piscícola	3 anos																
<b>Elementos Hidromorfológicos</b>																	
Regime de Marés	6 anos																
Condições Morfológicas	6 anos																
<b>Elementos Físico-Químicos e Químicos</b>																	
Parâmetros físico-químicos	3 meses													1	1	1	
Químicos	3 meses																
Substâncias prioritárias	1 mês													1	1	1	

\*1 amostragem das condições relativas a nutrientes; 3 amostragens de salinidade e temperatura.

Para o caso específico das águas costeiras da ilha da Graciosa, os resultados da Agroleico revelam que os elementos avaliados apresentam valores inferiores aos valores máximos admissíveis estabelecidos pela legislação em vigor.

A este nível, e em função dos resultados obtidos, o plano de monitorização estipulado no Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, podendo ser considerada alargamento na periodicidade dos parâmetros avaliados face aos resultados obtidos (Quadro 4.1.6).

**Quadro 4.1.6** | Periodicidade para o programa de monitorização adaptado de Neto *et al.* (2009a)

Elementos de Qualidade	Águas costeiras	Águas de Transição
<b>Biológicos</b>		
Fitoplâncton	Anual	Não existem na ilha da Graciosa
Outra flora aquática	Triannual	
Invertebrados bentónicos	Triannual	
Peixes		
<b>Hidromorfológica</b>		
Morfologia	Seis Anos	Não existem na ilha da Graciosa
<b>Físico-química</b>		
Condições térmicas	Anual	Não existem na ilha da Graciosa
Condições de oxigenação	Anual	
Estado em nutrientes	Anual	
Outros poluentes	Anual	
Substâncias prioritárias	Anual	

No entanto, devido à elevada heterogeneidade e variabilidade natural dos ecossistemas marinhos propõe-se que, com o objetivo de reduzir a variabilidade natural nos resultados, a monitorização seja intensificada em determinados períodos sazonais, como por exemplo outono/inverno, nomeadamente os elementos de qualidade físico-química. Este facto está

relacionado com a precipitação significativa que ocorre durante este período, transportando de forma mais significativa cargas orgânicas resultantes das atividades agrícolas e pecuárias, assim como elevadas quantidades de sólidos suspensos. Sugere-se, ainda, que o primeiro programa de monitorização seja mais intensivo (todos os meses no período outono/inverno), pois terá como finalidade identificar os parâmetros mais relevantes.

#### 4.1.1.2 | Rede operacional

A monitorização operacional visa determinar o estado das massas de água classificadas como estando em risco e contempla, posteriormente, a avaliação das alterações do estado após a implementação do programa de medidas.

Este tipo de monitorização foca, especialmente, os parâmetros relacionados com os elementos de qualidade mais suscetíveis às pressões a que estão sujeitas as massas de água, nomeadamente a monitorização de:

- Parâmetros correspondentes aos elementos de qualidade biológica mais sensíveis às pressões a que as massas de água estão sujeitas;
- Todas as substâncias prioritárias descarregadas e outros poluentes descarregados em quantidades significativas;
- Os parâmetros indicativos do elemento de qualidade hidromorfológica mais sensíveis às pressões identificadas.

Estes elementos constituem requisito de monitorização pelo potencial significativo que apresentam em comprometer o cumprimento dos objetivos ambientais explícitos na Lei da Água, devido ao significado ecológico, toxicológico e físico-químico que comportam para uma massa de água.

Para além das massas de água superficiais, que se encontram em risco de não atingir os seus objetivos ambientais, este tipo de monitorização aplica-se, igualmente, às massas de água em que são descarregadas substâncias prioritárias. Os pontos de monitorização para as substâncias prioritárias são selecionados de acordo com o especificado na legislação que estabelece a norma da qualidade ambiental pertinente. Para todos os outros casos, incluindo para as substâncias prioritárias em relação às quais a referida legislação não forneça orientações específicas, os pontos de monitorização devem ser selecionados de acordo com a seguinte metodologia:

- Para as massas de água em risco de sofrerem pressões significativas de fontes tóxicas, deverão ser selecionados pontos de monitorização suficientes, em cada massa de água, para avaliar a magnitude e o impacto das pressões em causa;
- Para as massas de água em risco de sofrerem pressões significativas de fontes difusas, deverá optar-se pela escolha de pontos de monitorização suficientes, num conjunto selecionado dessas massas, para avaliar a magnitude e o impacto das pressões em causa. A seleção das massas de água deverá ser efetuada de forma que essas massas sejam representativas dos riscos resultantes da ocorrência de pressões de fontes difusas e dos riscos associados à impossibilidade de atingir o objetivo de um Bom estado das águas superficiais;
- Para as massas de água em risco de sofrerem pressões hidromorfológicas significativas, deverão ser selecionados pontos de monitorização suficientes, num conjunto selecionado dessas massas, para

avaliar a magnitude e o impacto das pressões em causa. A seleção dessas massas é indicativa do impacto global da pressão hidromorfológica a que está sujeita a totalidade das massas.

O programa de monitorização operacional pode ser alterado durante o período de aplicação do PGRHI, de acordo com a informação obtida no controlo de vigilância. Especificamente para as águas costeiras, sugere-se a frequência de monitorização de acordo com o programa proposto no Quadro 4.1.2.

**Quadro 4.1.2** | Frequência da monitorização para os elementos de qualidade das águas superficiais

Elemento de qualidade	Águas Costeiras	Águas de transição
<b>Biológica</b>		
Fitoplâncton	6 meses	Não existem na ilha Graciosa
Outra flora aquática	3 anos	
Macroinvertebrados	3 anos	
<b>Hidromorfológica</b>		
Morfologia	6 anos	Não existem na ilha Graciosa
Sedimentos	6 meses	
<b>Físico-química</b>		
Condições térmicas	3 meses	Não existem na ilha Graciosa
Oxigenação	3 meses	
Salinidade	3 meses	
Estado em nutrientes	3 meses	
Outros poluentes (*)	3 meses	
Substâncias prioritárias	1 mês	

Legenda: n.a. – Não aplicável; (\*) - Pesticidas: e.g. Linurão, Bentazona, Imidaclopride, Atrazina, Alacloro, Terbutilazina, Metolacolor, Glufosinato de amónio, Desetilatraxina, Desetilsimazina, Diurão, Metribuzina, Clorpirifos, Dimetoato, Metalaxil, EPTC2,4-D.

Na ilha Graciosa não existe uma rede operacional implementada atualmente.

#### 4.1.1.3 | Rede de investigação

A monitorização de investigação visa complementar os outros tipos de monitorização, devendo ser utilizada em casos específicos onde se verifique, por exemplo, falta de informação sobre as causas responsáveis pelo não cumprimento de objetivos ou casos de avaliação da extensão e impacto da poluição ambiental.

Este tipo de monitorização é apenas considerado no caso das massas de água superficiais e deverá ser desenvolvido apenas em determinadas condições, como:

- Quando são desconhecidas as causas pelas quais se verificaram eventuais excessos, de acordo com as normas ambientais e legislação específica;
- Quando a monitorização de vigilância indica a incerteza de se alcançarem os objetivos ambientais em algumas massas de água, especificados na legislação aplicável, e ainda não foi realizada a monitorização operacional para determinar as causas dessa situação;
- Para determinar a magnitude e os impactos de uma contaminação accidental.

O período de monitorização de investigação poderá ser mais intenso em termos de frequência que os restantes programas, de acordo com as necessidades de intervenção para reposição ou cumprimento dos objetivos ambientais, e

poderá ser adaptado e ajustado às características específicas da massa de água, ou parte desta, que está sob investigação, ou apenas de determinados elementos de qualidade que forem considerados mais relevantes.

#### **4.1.1.4 | Avaliação da representatividade e adequabilidade das redes de monitorização**

Como foi referido anteriormente, a rede de monitorização existente está aquém das necessidades determinadas pelo enquadramento legal e técnico no sentido de uma correta avaliação dos estados ecológico e químico das águas superficiais.

##### **4.1.1.4.1 | Rede de monitorização de ribeiras**

Não existe esta categoria de massas de água identificadas, nos termos da DQA, para a ilha Graciosa.

##### **4.1.1.4.2 | Rede de monitorização de lagoas**

Não existe esta categoria de massas de água identificadas, nos termos da DQA, para a ilha Graciosa.

##### **4.1.1.4.3 | Rede de monitorização de águas costeiras e de transição**

De acordo com Ferreira *et al.* (2007) a resolução espacial deve ser determinada com base nas massas de água definidas para cada sistema, com pelo menos uma estação por massa de água. O plano de monitorização proposto cumpre este requisito. No entanto o seu posicionamento, a dimensão das massas de água e a inexistência de informação sobre o estado ecológico e químico, deveriam ter sido definidos diversos pontos de monitorização em todas as massas de água com o objetivo da amostragem ter representatividade espacial. Por outro lado o curto período de monitorização leva a que a representatividade temporal seja de igual modo reduzida.

Observa-se também incerteza relativamente à localização dos pontos de amostragem métodos utilizados, que poderão contribuir para resultados diferentes e por conseguinte análises díspares.

Assim e de acordo com o exposto, a rede de monitorização existente está aquém das necessidades determinadas pelo enquadramento legal e técnico no sentido de uma correta avaliação dos estados ecológico e químico das águas superficiais. De referir ainda, que o período de monitorização é pouco representativo existindo a necessidade de o alargar espacialmente e de o manter em continuidade.

As atuais campanhas de monitorização permitem estabelecer um estado das massas de água. No entanto será necessário desenvolver um plano de monitorização regular que permita comprovar a evolução do estado destas massas de água. Deste modo, em programa de medidas, são apresentadas medidas para o aprofundamento e desenvolvimento de um programa de monitorização que minimize as lacunas de dados, servindo de base a uma classificação do estado da massa de água objetiva.

#### **4.1.1.5 | Rede de monitorização de Zonas Protegidas**

##### **4.1.1.5.1 | Zonas Balneares**

A monitorização da qualidade da água em zonas balneares deverá ser efetuada de acordo com as especificações legais em vigor (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto). Deverão ser monitorizados os parâmetros ao nível sazonal ou

pontualmente quando seja verificada uma deteioração da qualidade da água ou na presença de indícios de eutofização da água.

Para a análise da conformidade da água compatível com a prática balnear (Decreto Lei n.º 236/98, de 1 de agosto), a Direção Regional do Ambiente realiza análises durante a época balnear (controlo mensal experimental), que decorre normalmente entre 1 de junho e 30 de setembro, considerando os seguintes parâmetros físicos e biológicos: coliformes totais; *escherichia coli*; enterococos intestinais; óleos minerais; substâncias tensoactivas; fenóis; pH; oxigénio dissolvido, turvação; temperaturas do ar e da água do mar.

No decorrer da época balnear de 2009, de acordo com o boletim do Governo Regional dos Açores, SRAM, a classificação de qualidade da água foi Boa, não tendo sido registadas nas zonas balneares da ilha Graciosa quaisquer situações de não conformidade com as normas de qualidade estipuladas na legislação, já que, em todos os casos e para a totalidade das amostras recolhidas, os parâmetros respeitam os valores máximos recomendados. Conclui-se que todas as águas balneares monitorizadas na ilha Graciosa apresentam Boa qualidade das águas balneares (Quadro 4.1.7).

**Quadro 4.1.7** | Zonas balneares da ilha da Graciosa

Ilha	Concelho	Água Balnear	Massa de água
Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	Barra/ Santa Cruz	Costeira
		Piscina do Carapacho	Costeira
		Praia	Costeira
		Porto do Carapacho	Costeira
		Santa Cruz Graciosa (antiga Calheta)	Costeira
		Barro vermelho	Costeira

## 4.1.2 | Águas subterrâneas

### 4.1.2.1 | Enquadramento legislativo comunitário

A monitorização da água subterrânea tem como objetivo proporcionar um conhecimento sobre o estado daquele recurso, nas vertentes quantitativa e qualitativa, o que se revela de grande importância em face da crescente pressão antropogénica sobre as massas de água. Esta informação é recolhida pontualmente, pelo que a seleção dos locais de observação é um aspeto fundamental. Outro aspeto fulcral prende-se com a necessidade de estabelecer um conjunto de procedimentos de recolha das amostras, de forma a garantir que o exemplar coletado é de facto representativo da água contida no aquífero (Fetter, 1999).

No decurso da elaboração do PRA, a ausência de redes de monitorização da água subterrânea correspondia a uma das principais lacunas de conhecimento então identificadas (DROTRH-INAG, 2001). No relatório respetivo era expressamente mencionado que “no arquipélago dos Açores existe algum atraso relativamente à situação observada em Portugal continental (Lopes & Cupeto, 1999; Ferreira, 2000), que urge recuperar com celeridade, para mais atendendo ao facto da Diretiva-Quadro da Água (DQA), aprovada em 1998, requerer a monitorização do estado quantitativo e químico das águas subterrâneas”. Neste trabalho era, ainda, referida a necessidade de observar, quando

da definição das redes de monitorização nas diversas ilhas que constituem o arquipélago, o disposto na Diretiva-Quadro da Água, que na altura ainda não tinha sido transposta para o direito interno.

Com efeito, a DQA dispõe no seu art.º 8º que os Estados-Membros devem garantir a elaboração, até 2006, de programas de monitorização do estado das águas subterrâneas, de forma a permitir uma análise aprofundada dos respetivos estados químico e quantitativo, o que corporiza a crescente importância que estas ações assumem na gestão e planeamento da água. Nomeadamente, são objetivos concretos da monitorização a classificação do estado quantitativo e químico de todas as massas de água subterrâneas, ou grupos de massas de água subterrâneas, e no caso concreto das massas de água suscetíveis de falhar o cumprimento dos objetivos ambientais, a obtenção dos dados necessários para desenvolver os programas de medidas considerados para ultrapassar esta situação.

De acordo com a DQA, a monitorização do estado quantitativo pressupõe a observação do regime de níveis freáticos, de acordo com uma frequência de amostragem que tome em consideração as variações de recarga a curto e longo prazo. A definição da geometria da rede deve atender à eventualidade dos aquíferos terem sido considerados em risco de não cumprirem os objetivos ambientais, ou serem transfronteiriços.

A monitorização do estado químico visa não só a recolha de dados sobre o estado químico das massas de água, como permitir caracterizar tendências crescentes de poluição das águas subterrâneas, com base na observação da condutividade e das concentrações de poluentes. Estes aspetos foram posteriormente desenvolvidos mediante a Diretiva 2006/118/CE, de 12 de dezembro, designada como Diretiva das Águas Subterrâneas (DAS).

Neste âmbito, na DQA são separados claramente dois tipos de ações de monitorização, nomeadamente a de vigilância, que visa aquilatar a evolução do estado das águas, e a operacional, desenhada para avaliar, por exemplo, a evolução dos programas de medidas implementados.

Em seguida, apresentam-se os pressupostos de bases destes dois tipos de redes:

- Monitorização de Vigilância:
  - Os seus objetivos são completar e validar a avaliação de impacto das atividades antropogénicas e propiciar dados passíveis de serem utilizados na determinação de tendências a longo prazo, resultantes tanto de alterações das condições naturais como das atividades humanas;
  - A seleção dos pontos de monitorização deve considerar o número de pontos necessários para cada uma das seguintes categorias de massas de água:
    - Massas de água consideradas em risco na sequência da caracterização efetuada nos termos do Anexo II;
    - Massas de água que atravessem a fronteira de um Estado-Membro.
  - Os parâmetros fundamentais a monitorizar são o teor de oxigénio, pH, condutividade elétrica, nitratos e amónia, bem como, os parâmetros que traduzam o impacto das atividades antropogénicas quando as massas de água subterrâneas apresentam um risco de não serem consideradas em Bom estado.
- Monitorização Operacional:
  - Programas realizados nos períodos intercalares dos programas de monitorização de vigilância (de que são complementares);

- Os objetivos gerais destes programas operacionais são a determinação do estado químico de todas as massas ou grupos de massas de água subterrâneas em risco e a determinação da presença de eventuais tendências a longo prazo, de origem antropogénica, para o aumento da concentração de qualquer poluente;
- A frequência deve ser ajustada de forma a determinar o impacto das pressões determinantes mas, no mínimo, deve ser anual;
- A seleção dos pontos de monitorização deve assentar, para além das condicionantes colocadas pelos próprios objetivos inerentes, na avaliação do grau de representatividade dos dados de monitorização respeitantes a um dado ponto relativamente à qualidade da massa ou massas subterrâneas correspondentes.

A DQA estabelece, ainda, que no caso concreto das áreas protegidas os programas de monitorização devem ser complementados com os requisitos específicos decorrentes dos normativos comunitários. São expressamente consideradas como áreas protegidas as seguintes zonas:

- Zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano (nos termos do art. 7º);
- Zonas designadas para a proteção de espécies aquáticas de interesse económico;
- Massas de água designadas como águas de recreio, incluindo zonas designadas como de águas balneares ao abrigo da Diretiva 76/160/CEE;
- Zonas sensíveis em termos de nutrientes, incluindo as zonas designadas como zonas vulneráveis ao abrigo da Diretiva 91/676/CEE (nitratos) e as zonas designadas como zonas sensíveis ao abrigo da diretiva 91/271/CEE (tratamento de águas residuais urbanas);
- Zonas designadas para a proteção de habitats ou de espécies em que a manutenção ou melhoramento do estado da água seja um dos fatores importantes para a proteção, incluindo os sítios relevantes da rede NATURA 2000, designados ao abrigo da Diretiva 92/43/CEE (habitats) e da Diretiva 74/409/CEE (aves).

Relativamente à monitorização das zonas designadas para a captação de água destinada ao consumo humano, são alvo todas as massas de água subterrâneas que forneçam mais de 100m<sup>3</sup>/dia em média, com o objetivo de evitar que ocorram alterações de qualidade da água que impliquem tratamento prévio face ao disposto nas normas (Diretiva 80/778/EEC, com as alterações introduzidas pela Diretiva 98/83/EC; transposição nacional mediante o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, com as alterações introduzidas mediante o Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto). Contudo, e ao contrário do estabelecido para as massas de água de superfície nas mesmas condições, a DQA não estipula critérios adicionais para a monitorização destas massas de água subterrâneas.

#### 4.1.2.2 | Enquadramento legislativo nacional

A publicação da Lei da Água observou todas as questões relacionadas com a monitorização das águas subterrâneas decorrentes do instrumento legal originário (DQA).

Adicionalmente, a transposição da DQA foi complementada pelo Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, relativo a um conjunto de normas eminentemente técnicas e de carácter transitório, dando seguimento ao regime fixado na Lei da

Água. Este Decreto-Lei n.º dispõe sobre a monitorização das águas subterrâneas no Anexo VII do respetivo art. 4º, considerando quer as redes destinadas à observação do estado quantitativo, quer do estado qualitativo.

A monitorização do estado quantitativo das águas subterrâneas assenta na definição de uma rede de monitorização de níveis freáticos dos aquíferos, que deve ser desenhada de forma a cumulativamente permitir obter dados que consubstanciem a avaliação do estado quantitativo das massas ou grupos de massas de água subterrâneas, bem como possibilitem a avaliação dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis. O número de pontos de medição dos níveis e a frequência dos registos devem atender às variações da recarga aquífera a curto e a longo prazos e, ainda, no caso particular das massas de água subterrâneas em risco de não atingirem os objetivos ambientais especificados designados na Lei da Água (Decreto-Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro), assegurar, respetivamente, uma densidade e um número de medidas suficientes para avaliar o impacto das captações e descargas no nível freático dos aquíferos.

A monitorização do estado químico das águas subterrâneas visa proporcionar um quadro coerente e completo, ao nível de bacia hidrográfica, bem como na deteção de eventuais tendências, a longo prazo, do aumento das concentrações de poluentes associado a uma origem antropogénica.

Como disposto na DQA, são estabelecidos dois níveis de ações de monitorização, complementares, nomeadamente a monitorização de vigilância, e como base nos resultados obtidos em cada iteração, i.e. em cada período de vigência do PGRH, um programa de monitorização operacional. Desta forma, os objetivos e natureza de cada uma das redes associadas a estes programas são diversos, como se caracteriza no Quadro 4.1.3.

**Quadro 4.1.3 |** Caracterização dos programas de monitorização do estado químico das águas subterrâneas de acordo com a legislação em vigor (face à realidade geográfica da RH9 excluem-se as disposições relativas às massas de água transfronteiriças)

Programa	Características			
	Objetivos	Geometria	Parâmetros	Frequência
Vigilância	<p>Completar e validar o processo de avaliação do impacto</p> <p>Fornecer informações destinadas a serem utilizadas na determinação de tendências a longo prazo, resultantes tanto de alterações das condições naturais como da atividade antropogénica.</p>	<p>São selecionados pontos de monitorização em número suficiente para cada uma das seguintes categorias de massas de água:</p> <p>Massas de água consideradas em risco na sequência da caracterização efetuada nos termos dos Anexos I e III.</p>	<p>Serão monitorizados em todas as massas de água subterrâneas selecionadas os seguintes parâmetros fundamentais: teor de oxigénio; pH; condutividade elétrica; nitratos; amónia.</p> <p>Para as massas de água identificadas, nos termos dos Anexos I e III, como estando em risco significativo de não serem consideradas em Bom estado, são também monitorizados os parâmetros indicativos do impacto das pressões a que estão sujeitas.</p>	<p>Para cada período de planeamento.</p>
Operacional	<p>Determinar o estado químico de todas as massas ou grupos de massas de água subterrâneas identificadas como estando em risco.</p> <p>Determinar a presença de eventuais tendências a longo prazo, antropogenicamente induzidas, para o aumento da concentração de qualquer poluente.</p>	<p>Efetuada para todas as massas ou grupos de massas de água subterrâneas que, com base tanto no estudo de impacto realizado nos termos do disposto no Anexo III, como na monitorização de vigilância, sejam identificados como estando em risco de não atingirem os objetivos especificados no art. 47º da Lei 58/2005, de 29 de dezembro.</p> <p>A seleção dos pontos de monitorização tem igualmente em conta a avaliação do grau de representatividade dos dados de monitorização.</p>	<p>Indicadores de poluentes responsáveis por a massa ou grupo de massas de água subterrâneas ter sido designada como em risco.</p>	<p>Efetuada nos intervalos entre os períodos de execução dos programas de monitorização de vigilância, com uma frequência suficiente para determinar o impacto das pressões pertinentes, mas, no mínimo, uma vez por ano.</p>

#### **4.1.2.3 | Monitorização do estado quantitativo das águas subterrâneas**

Para a avaliação da rede de monitorização do estado quantitativo das águas subterrâneas concorre o disposto nos seguintes documentos:

- Anexo VII do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março;
- Documento-Guia n.º 7, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2003);
- Documento-Guia n.º 15, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2007).

Com base na informação atual constata-se a inexistência de uma rede de monitorização do estado quantitativo das massas de água subterrâneas delimitadas na ilha Graciosa. Esta lacuna, já identificada no âmbito do PRA (Decreto Legislativo Regional 19/2003/A, de 23 de abril) deve ser corrigida na próxima iteração de elaboração do Plano de Gestão da Região Hidrográfica, na medida que, entre outras vantagens, proporciona informação de base para a determinação do estado das massas de água.

#### **4.1.2.4 | Monitorização do estado qualitativo das águas subterrâneas**

Para a avaliação da rede de monitorização do estado qualitativo das águas subterrâneas concorre o disposto nos seguintes documentos:

- Anexo VII do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março;
- Documento-Guia n.º 7, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2003);
- Documento-Guia n.º 15, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2007).

##### **4.1.2.4.1 | Historial e critérios de estabelecimento dos programas de monitorização**

Na sequência da implementação do PRA, a Secretaria Regional do Ambiente, agora designada por SRAM, desenvolveu, a partir de 2003, uma rede de monitorização do estado químico das águas subterrâneas. Face aos condicionalismos operacionais decorrentes do esforço financeiro associado a esta tarefa, aliado à escassez de recursos humanos vocacionados para esta área nos Açores, foi tomada a opção de desenvolver o projeto por fases, escalonando ao longo do tempo as amostragens a efetuar nas diversas ilhas que compõem a RH9. Desta forma, só a partir de 2007 foi possível universalizar a rede de monitorização de vigilância a todas as ilhas do arquipélago dos Açores (Figura 4.1.1).

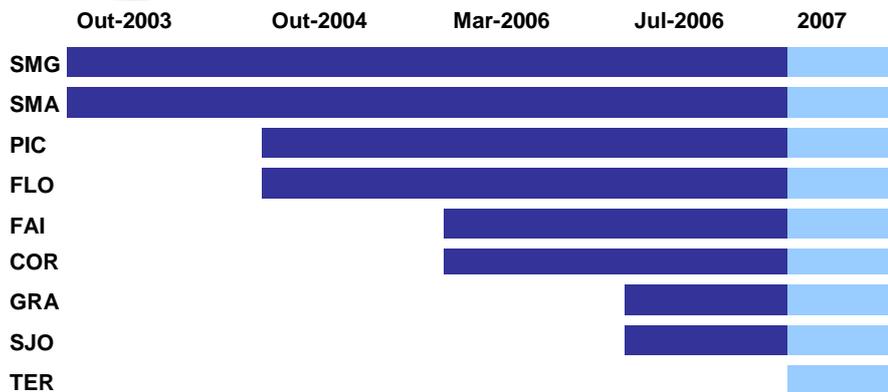


Figura 4.1.1 | Evolução faseada da rede de monitorização do estado químico das águas subterrâneas na RH9.

Os critérios subjacentes à definição da rede de monitorização do estado químico das águas subterrâneas na RH9 encontram-se descritos em Cymbron *et al.* (2005), e visavam genericamente a racionalização no que concerne à representatividade dos meios hídricos e a otimização em termos técnico-económicos. Alguns trabalhos técnico-científicos entretanto publicados contribuem com informação adicional quanto a esta matéria (Cymbron *et al.*, 2006; Cruz *et al.*, 2007a, 2007b, 2010). A ausência de redes pré-existentes determinou a adoção de critérios simplificados, e adequados à informação compilada ao nível do PRA, para o que foram considerados os seguintes critérios na seleção dos pontos de água subterrâneos constituintes da rede de observação:

- Caudal;
- Pressões sobre as massas de água;
- Distribuição geográfica.

A partir de 2009, e na sequência dos resultados entretanto alcançados, a SRAM passou a operar uma rede de monitorização de vigilância, o que obrigou à realização de alguns ajustes ao nível da seleção dos pontos de água. Neste contexto, e sempre que necessário, no presente relatório faz-se menção às designadas redes antiga e atual, para evidenciar as diferenças entre estes estádios de desenvolvimento da rede de monitorização.

A rede antiga era composta por 98 pontos de água, dos quais 67 correspondiam a nascentes e 31 a furos de captação (Quadro 4.1.4). Por seu turno, a rede nova é composta por 100 pontos de água subterrânea, correspondendo a um aumento global de 2% relativamente à anterior, dos quais 69 são nascentes (+ 3%) e 31 são furos (Quadro 4.1.4).

A distribuição geográfica dos pontos de água subterrânea que compõem a rede de monitorização está representada posteriormente à escala de ilha, e será alvo de análise mais pormenorizada no item seguinte do presente relatório.

**Quadro 4.1.4** | Composição das redes de monitorização antiga e atual para a observação do estado químico das massas de água subterrâneas na RH9

	Rede Antiga		Rede Nova	
	Nº Nascentes	Nº Furos	Nº Nascentes	Nº Furos
Santa Maria	7	5	7	6
São Miguel	21	4	24	5
Terceira	10	6	11	6
Faial	5	5	3	2
Pico	2	7	2	7
São Jorge	5	1	5	1

	Rede Antiga		Rede Nova	
	Nº Nascentes	Nº Furos	Nº Nascentes	Nº Furos
Graciosa	4	3	3	4
Flores	10	---	11	---
Corvo	3	---	3	---

#### 4.1.2.4.2 | Localização dos pontos de água monitorizados

A monitorização do estado químico das massas de água subterrâneas na ilha Graciosa teve início no ano de 2006, contemplando uma rede de observação constituída por 4 nascentes e 3 furos (Figura 4.1.2). A nova rede, definida em 2009, compreende 3 nascentes (- 25%) e 4 furos (+ 33,3%). A comparação da geometria de ambas as redes mostra na generalidade uma grande semelhança, com exceção, na atualidade, da adição de 2 furos de captação, respetivamente associados às massas de água Luz – Rebentão da Lagoa e Folga, e da eliminação de uma nascente na massa de água Sequência Hidromagnética. Esta última massa de água ficou, assim, sem qualquer ação de monitorização na nova rede.

Atualmente apenas são monitorizadas 3 massas de água subterrâneas, com redes cujas densidades da rede variam entre 0,117 pontos/km<sup>2</sup> e 0,513 pontos/km<sup>2</sup>, sendo respetivamente iguais a: 0,117 pontos/km<sup>2</sup> (Plataforma Santa Cruz - Guadalupe; anteriormente 0,088 pontos/km<sup>2</sup>), 0,513 pontos/km<sup>2</sup> (Serra das Fontes) e 0,476 pontos/km<sup>2</sup> (Serra Dormida) (Quadros 4.1.5 e 4.1.6).

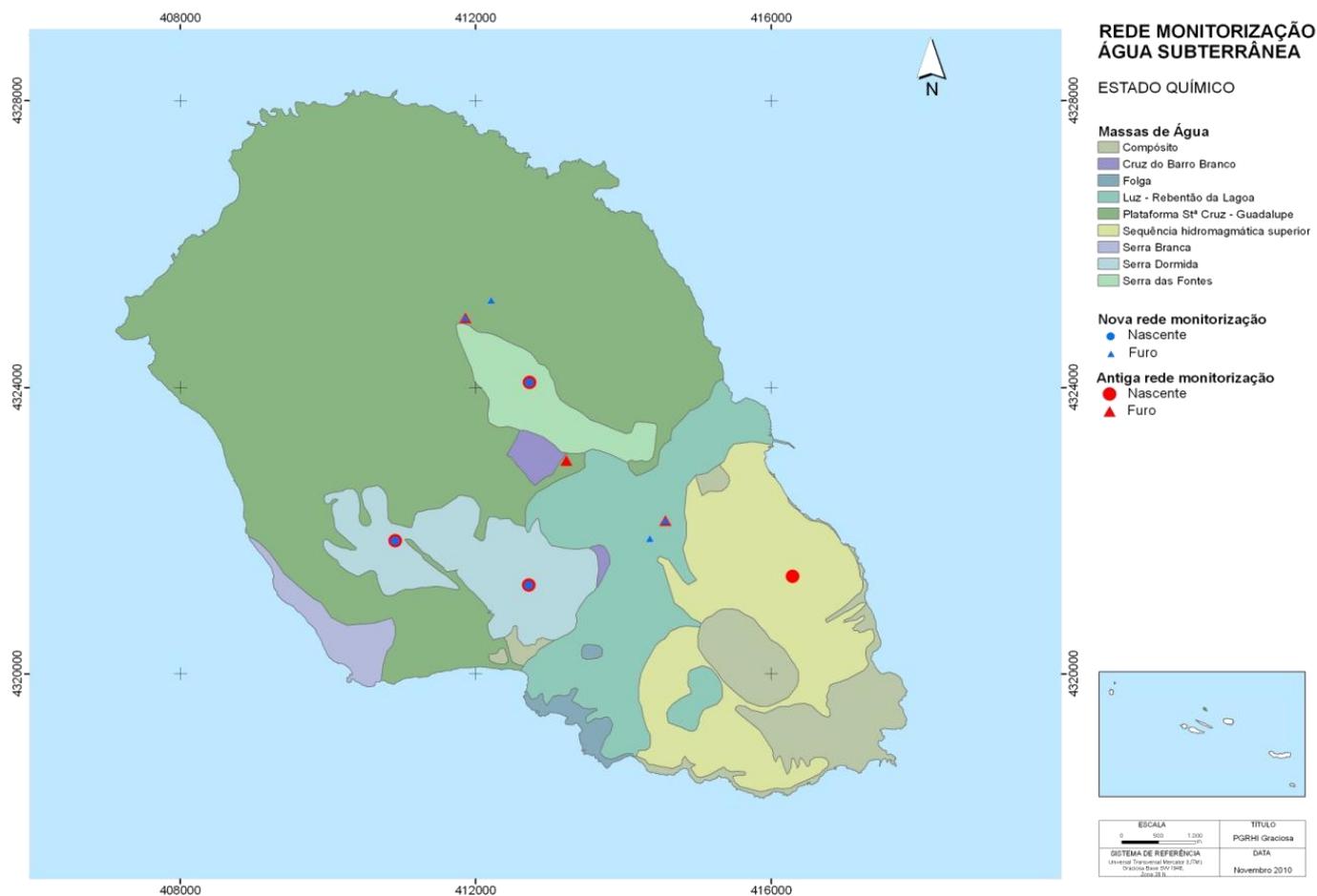


Figura 4.1.2 | Representação cartográfica das redes antiga e nova de monitorização do estado químico.

**Quadro 4.1.5** | Localização dos pontos de água subterrânea integrados na rede de monitorização do estado químico (Coordenadas UTM Datum WGS84, zona 26N)

Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação	Massa de Água	Rede	
							Antiga	Nova
GRA.30	Covas (JHF1 ou IT1)	Furo	412312	4325131	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe		✓
GRA.31	Poço Velho (AC3)	Furo	411971	4324876	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	✓	✓
GRA.32	Trás Pomares ou Fonte do Mato (AC2)	Furo	414652	4322090	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	✓	✓
GRA.34	Trás Pomares ou Praia II (JK5)	Furo	414461	4321804	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe		✓
GRA.37	Barro Branco (Desativado) (JK2)	Furo	413326	4322891	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	✓	
GRA.3	GRA.3	Nascente	416391	4321276	Não	Sequência Hidromagmática Superior	✓	
GRA.16	Serra das Fontes II	Nascente	412886	4323976	Sim	Serra das Fontes	✓	✓
GRA.12	Tanque I	Nascente	411037	4321815	Sim	Serra Dormida	✓	✓
GRA.26	Cova I	Nascente	412831	4321154	Sim	Serra Dormida	✓	✓

**Quadro 4.1.6** | Densidade das redes antiga e nova de monitorização do estado químico

Massa de Água	Nº Pontos de água monitorizados		Área (Km²)	Densidade (Ponto/Km²)	
	Rede antiga	Rede nova		Rede antiga	Rede nova
Plataforma Stª Cruz – Guadalupe	3	4	34,18	0,088	0,117
Sequência Hidromagmática Superior	1	0	7,68	0,130	0,000
Serra das Fontes	1	1	1,95	0,513	0,513
Serra Dormida	2	2	4,20	0,476	0,476

#### 4.1.2.4.3 | Parâmetros e frequência de monitorização

Os parâmetros analisados nas redes antiga e nova de monitorização de vigilância do estado químico, assim como a periodicidade e as metodologias laboratoriais associadas, encontram-se listados nos Quadros 4.1.7 e 4.1.8. Nos referidos quadros são, ainda, listados os parâmetros microbiológicos contemplados nos programas de monitorização, independentemente do facto de não concorrerem para a análise do estado químico das massas de água.

Da comparação dos elementos referenciados em ambos os quadros constata-se que no âmbito da nova rede de monitorização a periodicidade de determinação dos diversos parâmetros passou, na generalidade, a semestral, de forma a adaptar as colheitas de acordo com as estações de águas baixas e altas. Por outro lado, constata-se que na programação dos trabalhos da nova não foi incluída a determinação dos pesticidas, o que resultou, por um lado, do facto das determinações efetuadas antes de 2008 terem apontado sempre abaixo do limite de deteção analítico e, por outro lado, dos constrangimentos financeiros.

Os métodos analíticos utilizados são adequados e vão de encontro ao disposto na legislação. Com efeito, para os doseamentos analíticos efetuados utilizaram-se métodos de referência nacionais e internacionais, que incluíram, na área da microbiologia, a técnica de filtração por membrana. No domínio da físico-química, usaram-se técnicas como a volumetria, gravimetria, electrómetria, turbidimetria, espectrofotometria de absorção molecular (com deteção no visível, no ultravioleta e no infravermelhos), assim como espectrometria de absorção atómica, usando chama, forno de grafite e gerador de hidretos, e cromatografia gasosa.

A qualidade dos resultados obtidos, aferida a partir dos erros de balanço (EB) calculados para as análises em que os elementos maiores são todos fornecidos (Na; Mg; Ca; K; HCO<sub>3</sub>; SO<sub>4</sub>; Cl), é, em geral, boa, tomando como referência que os valores devem estar incluídos no intervalo [-5%, +5%]: o valor médio de EB é igual a +5,47% (desvio padrão: +5,11%), variando os resultados entre +16,52% e -2,28%.

**Quadro 4.1.7** | Parâmetros analisados, periodicidade e métodos analíticos respetivos (A – anual; S – semestral) associados à rede antiga de monitorização de vigilância do estado químico

Parâmetros	Periodicidade		Método Analítico
	Nascentes	Furos	
Temperatura	S	S	Termometria
pH	S	S	Eletrometria
Condutividade Elétrica	S	S	Condutivimetria
Oxigénio dissolvido	S	S	Volumetria
Azoto amoniacal	S	S	EAM
Nitratos	S	S	EAM
Nitritos	S	S	EAM
Cloretos	A	S	Volumetria
Cálcio	A	A	EAA
Magnésio	A	A	EAA
Sódio	A	A	EAA
Potássio	A	A	EAA
Bicarbonato	A	A	Volumetria
Sílica	A	A	EAM
Sulfato	A	A	Nefelometria
Fosfatos	A	A	EAM
Alumínio	A	A	EAA
Ferro	A	A	EAA
Cobre	A	A	EAA
Cádmio	A	A	EAA
Mercúrio	A	A	EAA
Manganês	A	A	EAA
Chumbo	A	A	EAA
Arsénio	A	A	EAA

Parâmetros	Periodicidade		Método Analítico
	Nascentes	Furos	
Pesticidas	A	A	Cromatografia
Hidrocarbonetos totais	A	A	EAM
Coliformes totais	S	S	Filtração por membrana
Coliformes fecais	S	S	Filtração por membrana
Estreptococos fecais	A	A	Filtração por membrana

**Quadro 4.1.8** | Parâmetros analisados, periodicidade e métodos analíticos respetivos (A – anual; S – semestral) associados à nova rede de monitorização de vigilância do estado químico

Parâmetros	Periodicidade		Método Analítico
	Nascentes	Furos	
Temperatura	S	S	Termometria
pH	S	S	Eletrometria
Condutividade Elétrica	S	S	Conduvimetria
Oxigénio dissolvido	S	S	Volumetria
Azoto amoniacal	S	S	EAM
Nitratos	S	S	EAM
Nitritos	S	S	EAM
Cloretos	A	S	Volumetria
Cálcio	S	S	EAA
Magnésio	S	S	EAA
Sódio	S	S	EAA
Potássio	S	S	EAA
Bicarbonato	S	S	Volumetria
Sílica	S	S	EAM
Sulfato	S	S	Nefelometria
Fosfatos	S	S	EAM
Alumínio	S	S	EAA
Ferro	S	S	EAA
Cobre	S	S	EAA
Cádmio	S	S	EAA
Mercúrio	S	S	EAA
Manganês	S	S	EAA
Chumbo	S	S	EAA
Arsénio	S	S	EAA
Hidrocarbonetos totais	S	S	EAM
Coliformes totais	S	S	Filtração por membrana

Parâmetros	Periodicidade		Método Analítico
	Nascentes	Furos	
Coliformes fecais	S	S	Filtração por membrana
Estreptococos fecais	A	A	Filtração por membrana

Como a monitorização dos parâmetros químicos visa a determinação do estado químico das massas ou grupos de águas subterrâneas, os programas adotados devem circunscrever-se, no mínimo, às exigências impostas por este objetivo. Neste contexto, as massas ou grupos de águas subterrâneas estão em Bom estado químico quando se verificam as seguintes condições:

- Conformidade dos resultados da monitorização com as condições definidas no ponto 2.3.2 do anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março;
- Conformidade dos resultados da monitorização com as normas de qualidade (Anexo I do Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro), que retoma genericamente o ponto anterior, e com os limiares estabelecidos;
- Se mesmo que se verificar a não conformidade com uma norma de qualidade ou um limiar, a investigação desenvolvida em seguida demonstrar que (1) não há risco ambiental significativo e, (2) não são violadas as outras condições definidas no ponto 2.3.2. do anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março.

De acordo com o disposto no n.º 2.3. do anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, para avaliar o estado químico das massas de água subterrâneas concorrem as normas de qualidade definidas na tabela 2.3.2 da secção II do anexo V do referido instrumento legislativo (Quadro 4.1.9).

**Quadro 4.1.9** | Normas de qualidade aplicáveis definidas de acordo com o Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março

Poluente	Valor
Nitratos	50mg NO <sub>3</sub> /L
Substâncias ativas de pesticidas, incluindo os respetivos metabolitos e produtos de degradação e reação	0,1µg/L 0,5µg/L (total)

Por seu turno, a Parte B do Anexo I do Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro, dispõe que para a avaliação do estado químico das massas de água subterrâneas devem ser considerados um conjunto de poluentes, listados no Quadro 4.1.10.

**Quadro 4.1.10** | Lista de poluentes inerentes à determinação do estado químico das massas de água subterrâneas de acordo com o Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro

Tipologia	Poluente
Substâncias ou iões, ou indicadores, de origem natural ou resultantes de atividades humanas	Cloreto Sulfato Azoto amoniacal Cádmio Chumbo

Tipologia		Poluente
		Arsénio Mercúrio
Substâncias artificiais	sintéticas	Tricloroetileno Tetracloroetileno
Parâmetro indicativo de intrusões salinas ou outras		Condutividade elétrica

Fonte: de acordo com o Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro

Do cruzamento da informação constante dos Quadros 4.1.9 e 4.1.10 é possível verificar que a rede de monitorização de vigilância da qualidade da água cobre a grande maioria dos parâmetros requeridos pela legislação em vigor, com exceção das substâncias sintéticas artificiais (tricloroetileno e tetracloroetileno) e dos pesticidas. Neste último caso, cabe salientar que esta lacuna é registada no âmbito do programa da nova rede de monitorização, implementado a partir de 2009.

#### 4.1.2.4.4 | Avaliação da representatividade e adequabilidade dos programas de monitorização

##### 4.1.2.4.4.1 | Avaliação da representatividade dos programas de monitorização

Para efeitos de análise da representatividade da rede de monitorização do estado químico na ilha Graciosa, foi calculado o Índice de Representatividade (IR) associado a cada uma das massas de água subterrâneas com rede estabelecida, como proposto no Documento-Guia da Comissão Europeia e em investigação paralela (Grath *et al.*, 2001; CEC, 2007). Para efeitos comparativos, e de forma a avaliar o progresso obtido, o IR foi calculado quer para a rede antiga, quer para a rede atual.

O IR é uma medida da homogeneidade da rede de monitorização de uma dada massa de água, e deve ser salvaguardado, como um pré-requisito estatístico, para que a agregação dos dados obtidos seja passível de ser efetuada com recurso à média aritmética. Para o seu cálculo, procede-se à determinação da menor distância média entre os vários pontos de água e os que lhes ficam mais próximos, expressando este valor em função da percentagem da menor distância média para uma rede ótima por intermédio da expressão matemática seguinte:

$$IR = \frac{37,7}{Dist_{med} \sqrt{\frac{k}{A}}} (\%)$$

Em que:

- $Dis_{med}$ , menor distância média entre o ponto de água e os que lhes ficam mais próximos;
- K, número de pontos de água que integram a rede de monitorização;
- A, área da massa de água.

No caso das massas de água em que o número de pontos de água monitorizados é reduzido, e cumulativamente a dimensão máxima da massa de água ao quadrado (Ext) é maior que o produto entre a área e o número de pontos, deve usar-se uma expressão numérica diversa, dada por:

$$IR = \frac{25 \sqrt{\left(\frac{A}{Ext}\right)^2 + \left(\frac{Ext}{k}\right)^2}}{Dist_{med}} (\%)$$

Quando a rede de monitorização apresenta uma geometria triangular ideal o valor de IR é igual a 100%, decrescendo o valor do Índice à medida que a homogeneidade da rede é menor. Para efeitos de caracterização da rede, considera-se que o valor de IR deve ser igual ou superior a 80%, limiar em que a menor distância média é 25% superior à de uma rede com geometria ideal.

No Quadro 4.1.11 apresentam-se os valores de IR calculados para as massas de água monitorizadas na ilha Graciosa. Os valores de IR inerentes à rede nova variam entre 57,8% e 91,5%, com duas massas de água com valores abaixo do limiar aceitável de 80% (Plataforma Santa Cruz – Guadalupe e Serra das Fontes). Assim, as massas de água não monitorizadas também não evidenciam a representatividade adequada.

**Quadro 4.1.11** | Cálculo do índice de representatividade para as redes antiga e nova de monitorização do estado químico das massas de água subterrâneas na ilha Graciosa

Massa de Água	Densidade(Ponto/Km <sup>2</sup> )		Índice de Representatividade(%)		
	Rede antiga	Rede nova	Rede antiga	Rede nova	Quadrícula (m)
Plataforma St <sup>a</sup> Cruz - Guadalupe	0,088	0,117	66,3	57,8	100x100
Sequência Hidromagmática Superior	0,130	0,000	70,9	---	100x100
Serra das Fontes	0,513	0,513	70,0	70,0	100x100
Serra Dormida	0,476	0,476	91,5	91,5	100x100

#### 4.1.2.4.4.2 | Avaliação da adequabilidade dos programas de monitorização

Os programas de monitorização visam propiciar a informação necessária para que se possa avaliar se os objetivos ambientais contemplados na Diretiva-Quadro da Água serão efetivamente atingidos, o que implica não a ponderação das condições hidrogeológicas, como também a forma como estas podem ser modificadas em resultado de ações antropogénicas (CEC, 2003).

No caso vertente da ilha Graciosa, e da RH9 no seu todo, as ações integradas de monitorização da água subterrânea são relativamente recentes, com início datado do ano de 2003, e por razões financeiras e operacionais restringem-se atualmente aos aspetos de qualidade.

Neste contexto, os considerandos avançados em seguida sobre a adequabilidade são relativos exclusivamente à rede de monitorização de qualidade, reportando-se como grave a lacuna resultante da ausência de redes de monitorização do estado quantitativo, quer ao nível das medições do nível freático/piezométrico, quer dos registos dos caudais de nascentes.

A primeira questão a realçar prende-se com a inobservância dos requisitos mínimos de representatividade. Este facto foi comprovado, como discutido no ponto anterior, pelo cálculo do IR, cujos valores variam entre 57,8% e 91,5%, com duas massas de água com valores abaixo do limiar aceitável de 80% (Plataforma Santa Cruz – Guadalupe e Serra das

Fontes). Necessariamente que as massas de água não monitorizadas presentemente também não evidenciam a representatividade adequada. Urge, assim, que a entidade pública com responsabilidades ao nível da administração da RH9 não só empreenda o aumento do número de pontos de água a monitorizar, como proceda à análise da melhor localização dos locais. Esta tarefa permitirá incrementar o grau de conhecimento relativo ao quimismo das águas subterrâneas.

Outro aspeto emergente prende-se com a melhoria dos aspetos relacionados com a realização de amostragens e de análises químicas. Não obstante o valor médio do erro de balanço ser igual a +5,47%, ocorrem análises em que este valor é mais elevado, o que implica a necessidade de empreender ações para melhorar o controle dos erros associados aos trabalhos laboratoriais. O recurso a laboratórios acreditados, como atualmente ocorre, configura uma vantagem que importa potenciar para trabalhar este aspeto.

O Documento-Guia n.º 15 (CEC, 2007), especificamente devotado aos aspetos da monitorização da água subterrânea, salienta a necessidade de quantificar as incertezas relativas às operações de amostragem e laboratoriais, o que se revela necessário passar a efetuar sistematicamente.

Outra vertente da análise efetuada à adequabilidade das redes de monitorização química prende-se com o cumprimento dos requisitos legais e da cobertura da lista de parâmetros requeridos para a avaliação do estado químico. Neste âmbito, importa realçar que a lista mínima de parâmetros requeridos para a monitorização de vigilância é atualmente observada no lote de análises efetuadas, a que se adiciona o anião cloreto na medida que é um poluente a analisar obrigatoriamente na massa Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe cujo estado foi qualificado de medíocre (Quadro 4.1.10).

Por outro lado, a lista de parâmetros atualmente analisada não cobre as substâncias ativas dos pesticidas, para as quais a legislação em vigor (Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro) estabelece normas de qualidade, nem as substâncias sintéticas artificiais (tricloroetileno e tetracloroetileno), cuja observação é exigida no âmbito da verificação de conformidade do Bom estado das massas de água subterrâneas Quadro 4.1.12).

**Quadro 4.1.12** | Lista mínima de parâmetros a monitorizar de acordo com o Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março ((a) – incluído na listagem na medida que é o poluente responsável pelo facto da massa Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe se encontrar em risco de não atingir o Bom estado)

Parâmetro
Teor de oxigénio
pH
Condutividade elétrica
Nitratos
Amónia
Cloretos <sup>(a)</sup>

#### 4.1.2.5 | Monitorização das zonas protegidas associadas às águas subterrâneas

##### 4.1.2.5.1 | Enquadramento

A Diretiva-Quadro da Água, transposta pela Lei da Água, define as zonas protegidas como as áreas que, face às suas especificidades, exigem proteção especial ao abrigo da legislação comunitária no que respeita à proteção das águas de superfície e subterrâneas ou à conservação dos habitats e das espécies diretamente dependentes da água.

A Lei da Água dispõe que, da mesma forma que a Diretiva-Quadro da Água, para as zonas protegidas as ações de monitorização dos estados químico e quantitativo devem ser complementados pelas especificações constantes de

legislação no âmbito da qual tenha sido criada cada uma dessas zonas. Esta especificidade visa assegurar o cumprimento dos objetivos estabelecidos para as zonas protegidas, em especial aqueles que justificaram a criação das mesmas.

De acordo com a mesma legislação são consideradas como zonas protegidas as seguintes:

- As zonas designadas por normativo próprio para a captação de água destinada ao consumo humano ou a proteção de espécies aquáticas de interesse económico;
- As massas de água designadas como águas de recreio, incluindo zonas designadas como ZB;
- As zonas sensíveis em termos de nutrientes, incluindo as zonas vulneráveis e as zonas designadas como zonas sensíveis;
- As zonas designadas para a proteção de habitats e da fauna e da flora selvagens e a conservação das aves selvagens em que a manutenção ou o melhoramento do estado da água seja um dos fatores importantes para a sua conservação, incluindo os sítios relevantes da rede Natura 2000;
- As zonas de infiltração máxima.

Como referido no ponto 3.3.2. do presente relatório, importa restringir a análise das zonas protegidas que realmente podem ter implicações diretas com as massas de água subterrâneas, nomeadamente:

- As zonas designadas por normativo próprio para a captação de água destinada ao consumo humano;
- As zonas de infiltração máxima.

#### 4.1.2.5.2 | Caracterização das redes de monitorização

De acordo com o enquadramento legal, para cada região hidrográfica devem ser identificadas as massas de água destinadas a captação para consumo humano que forneçam mais de 10m<sup>3</sup> por dia em média, ou que sirvam mais de 50 pessoas. No ponto 3.3.2 do presente relatório procede-se a esta identificação, concluindo-se que na ilha Graciosa as massas de água subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano são a Compósito, Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe, Serra das Fontes, Serra Dormida e Luz – Rebentão da Lagoa.

No âmbito do Decreto-Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, complementado pelo Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, não são avançados critérios específicos para a monitorização das massas de água subterrâneas destinadas à produção para uso humano. No entanto, as ações de monitorização devem propiciar a informação necessária para que estas possam ser avaliadas e geridas (CEC, 2006)

Os critérios e objetivos de qualidade para as águas subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano foram estabelecidos no Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, que precedeu à transposição para o direito interno da Diretiva da UE 78/659/CEE, de 18 de julho. O Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de setembro, que procedeu à transposição da Diretiva 98/83/CE, de 3 de novembro, veio alterar o disposto a legislação anterior, no que concerne ao capítulo devotado à água para consumo humano, quer no seu estado original ou após tratamento, e foi por seu turno revogado por intermédio do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto.

Contudo, e como o próprio Documento-Guia n.º 16 refere, apenas é requerido que, ao invés de observar o lote de parâmetros exigido pela legislação anteriormente referida, sejam monitorizados os parâmetros relacionados com a qualidade da água na captação, previamente a qualquer adução e tratamento, e em especial os relacionados com a avaliação do risco de não cumprimento dos objetivos da DQA (CEC, 2006).

Nas massas de água designadas como em Bom estado não é necessário monitorizar todos os pontos de captação destinados ao uso humano, podendo as ações a desenvolver terem como alvo apenas uma seleção destes. Neste contexto, a monitorização pode ser conduzida conjuntamente com o programa de monitorização de vigilância, aplicando-se os requisitos e critérios inerentes a esta última, que devem ter precedência, aproveitando as sinergias de correntes do facto de muitos dos pontos de água destinados à captação para uso humano já estarem contemplados nesta.

Nas massas de água em risco de não alcançar os objetivos ambientais da DQA, a monitorização de todos os pontos de captação significativos deve ser executada pelo menos duas vezes, antes e durante cada ciclo de planeamento, podendo o alvo ser restringido às áreas onde as pressões responsáveis pela designação sejam mais significativos.

Face ao exposto, e atendendo à realidade da RH9 em geral, e no caso vertente na ilha Graciosa, julga-se que as sinergias resultantes de uma operação conjunta com as ações de monitorização de vigilância do estado químico devem ser procuradas. No Quadro 4.1.13 procede-se à caracterização da atual rede de monitorização de qualidade nas zonas destinadas à produção de água para consumo humano, delineada a partir da distribuição dos pontos de monitorização de vigilância do estado químico. Desde logo, salienta-se a inexistência de ações de monitorização de aspetos quantitativos.

Cabe realçar que os parâmetros atualmente monitorizados cobrem integralmente os principais processos responsáveis pela degradação da qualidade das águas subterrâneas na RH9. Estes correspondem, essencialmente, à poluição difusa, de origem agrícola, ao deficiente saneamento básico, marcado por uma baixa taxa de população ligada a sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, e, nas zonas costeiras, a salinização da água por mistura com sais marinhos (Cruz *et al.*, 2010).

Necessariamente que, face aos problemas de representatividade da rede de monitorização de vigilância do estado químico evidenciados anteriormente, associados à ausência atual de uma rede de monitorização quantitativa, urge ponderar a resolução célere destas duas questões.

**Quadro 4.1.13** | Caracterização da rede de monitorização do quimismo das águas subterrâneas nas zonas de produção para consumo humano

Massa de Água	Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação
Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	GRA.30	Covas (JHF1 ou IT1)	Furo	412312	4325131	Sim
Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	GRA.31	Poço Velho (AC3)	Furo	411971	4324876	Sim
Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	GRA.32	Trás Pomares ou Fonte do Mato (AC2)	Furo	414652	4322090	Sim
Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	GRA.34	Trás Pomares ou Praia II (JK5)	Furo	414461	4321804	Sim
Plataforma Stª Cruz - Guadalupe	GRA.37	Barro Branco (Desativado) (JK2)	Furo	413326	4322891	Não
Serra das Fontes	GRA.16	Serra das Fontes II	Nascente	412886	4323976	Sim
Serra Dormida	GRA.12	Tanque I	Nascente	411037	4321815	Sim
Serra Dormida	GRA.26	Cova I	Nascente	412831	4321154	Sim

## 5 | Avaliação do Estado das Massas de Água

### 5.1 | Sistemas de classificação e avaliação do estado das massas de água

#### 5.1.1 | Águas superficiais

##### 5.1.1.1 | Metodologia geral

A DQA (Parlamento & UE, 2000) estabeleceu um quadro de ação comunitária no domínio da política da água. Esta diretiva impõe a classificação e monitorização do "estado ecológico" das massas de água, definido com base em parâmetros biológicos, hidromorfológicos e físico-químicos. A determinação dos elementos biológicos envolve entre outros, a análise da flora e fauna aquática, bem como a sua abundância. Nos sistemas aquáticos açorianos, a componente peixes não poderá refletir as condições prístinas pois, com exceção das enguias (*Anguilla anguilla*), todas as outras espécies dulcaquícolas existentes na região foram introduzidas pelo homem (Gonçalves *et al*, 2006).

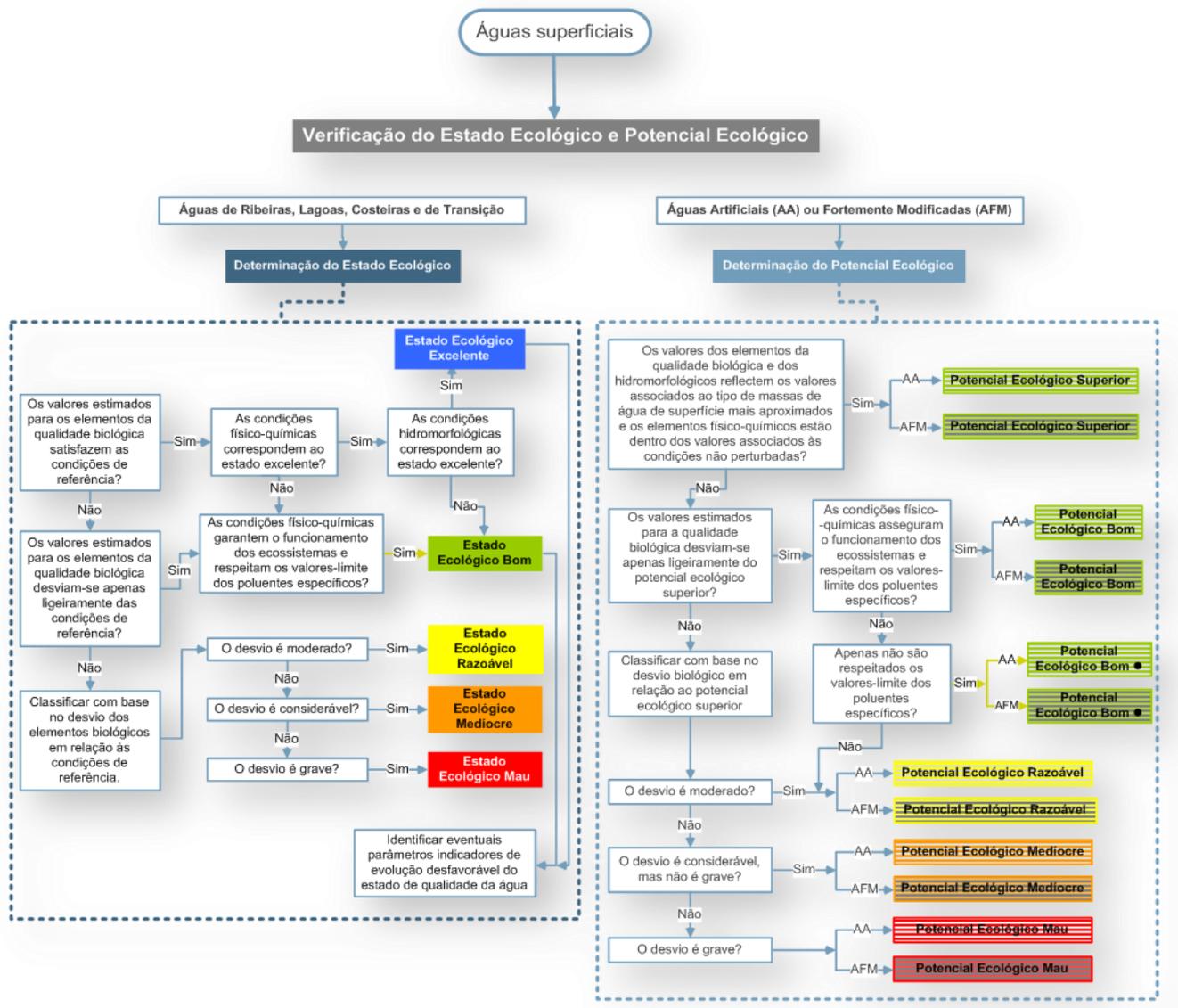
Para efeitos de avaliação do estado ecológico das massas de água superficiais da ilha Graciosa foi efetuado um levantamento da informação mais relevante referente a esses ecossistemas incluída em diversas publicações, nomeadamente INOVA (1996; 1999; 2007), Porteiro (2000), Gonçalves *et al*, (2007) e Gonçalves (2008), bem como a sua sistematização, dando-se prioridade aos elementos de suporte à avaliação da qualidade hidromorfológica, físico-química e biológica das lagoas.

Como foi referido, a DQA constitui um quadro geral para a avaliação da qualidade, proteção, melhoria e recuperação das massas de água, mas não define em concreto os critérios a adotar por cada estado membro nessa avaliação. Em Portugal, de acordo com o disposto no número 5 do artigo 46.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, os critérios para a classificação do estado ecológico das águas de superfície devem ser definidos em normas a aprovar. Para o cumprimento desta determinação legal, o Instituto Nacional da Água (INAG), em conformidade com os requisitos da DQA, integrou a 1ª fase do Exercício de Intercalibração comunitário tendo daí resultado os "Critérios Para a Classificação do Estado das Massas de Água Superficiais – Rios e Albufeiras" (INAG, 2009). Nesse documento é proposto o sistema de classificação do estado das massas de água com base no seu estado ecológico e estado químico e são apresentados os critérios para a classificação do estado das massas de água da categoria rios e diretrizes para a classificação do estado de massas de água fortemente modificadas – albufeiras.

A Região Hidrográfica Açores não integrou o Exercício de Intercalibração e não foram definidos formalmente os critérios para a classificação do estado das suas massas de água. Para além disso, não podem ser adotados os critérios do INAG (2009) por estes não incluírem os tipos de massas de água de superfície existentes na Região Hidrográfica Açores. Face a estas limitações optou-se por efetuar uma classificação tendo por base os estudos científicos desenvolvidos recentemente nos Açores (Gonçalves *et al*, 2006; Gonçalves *et al*, 2007; Gonçalves *et al*, 2008). Apesar de não poderem ser aplicados os critérios de avaliação definidos pelo INAG às lagoas e ribeiras dos Açores, nomeadamente os que dizem respeito aos elementos biológicos utilizados na avaliação do estado ecológico e aos valores de fronteira entre as classes de estado para cada um desses elementos, adotar-se-á o sistema global de

classificação aí proposto, que está em conformidade com o Anexo V da DQA e as orientações dos grupos de trabalho de implementação dessa diretiva (WFD-CIS, 2003a; 2003b; 2005).

O estado de uma massa de água de superfície é definido em função dos seus estados ecológico (Figura 5.1.1) e químico (Figura 5.1.2), considerando-se, de acordo com o princípio do *one out – all out*, o pior dos dois estados (Figura 5.1.3). Portanto, para alcançar o objetivo do Bom estado a DQA requer que as massas de água de superfície atinjam pelo menos o Bom estado ecológico e o Bom estado químico.



Fonte: adaptado de INAG, 2009

Figura 5.1.1 | Verificação do estado ecológico das massas de água superficiais.



Fonte: adaptado de INAG, 2009

Figura 5.1.2 | Verificação do estado químico das massas de água superficiais.



Fonte: INAG, 2009

Figura 5.1.3 | Esquema conceptual do sistema de classificação no âmbito da Diretiva-Quadro da Água/Lei da Água.

De referir que uma vez que não existem massas de água artificiais ou fortemente modificadas para nenhuma das categorias de massas de água superficiais da RAA, a análise do potencial ecológico não será considerada na presente avaliação de estado das massas de água superficiais da ilha do Graciosa.

Contudo, considera-se que num próximo ciclo de planeamento será importante repensar a classificação de algumas das massas de água costeiras.

### 5.1.1.2 | Estado ecológico

#### 5.1.1.2.1 | Ribeiras

Na ilha Graciosa não existem massas de água relevantes, nos termos da DQA, na categoria rios.

#### 5.1.1.2.2 | Lagoas

Na ilha Graciosa não existem massas de água relevantes, nos termos da DQA, na categoria lagoas.

#### 5.1.1.2.3 | Águas costeiras e de transição

A Diretiva n.º 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000 introduz o conceito estado ecológico, que classifica o estado de uma massa de água relativamente às condições de referência. Deste modo a definição do estado de referência é fundamental, visto a partir da definição/estabelecimento das mesmas permite desenvolver os sistemas de classificação.

De acordo com a Diretiva n.º 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000 e Decreto-Lei n.º 77 de 30 de março de 2006, anexo V, o estado ecológico é classificado tendo em consideração diversos aspetos que se apresentam no quadro seguinte:

**Quadro 5.1.1 | Elementos de qualidade biológica, hidromorfológica e elementos físico-químicos a considerar**

Tipo	Elementos Biológicos	Elementos Hidromorfológicos de suporte dos elementos biológicos	Elementos Químicos e Físico-químicos de suporte aos elementos biológicos
Águas de Transição	Composição, abundância e biomassa do fitoplâncton;	Regime de marés;	Elementos gerais;
	Composição e abundância da restante flora aquática;	Direção das correntes dominantes;	Transparência;
	Composição e abundância dos invertebrados bentónicos;	Exposição às vagas;	Condições térmicas;
	Composição e abundância da fauna piscícola;	Condições morfológicas;	Condições de oxigenação;
		Variação da profundidade;	Salinidade;
		Estrutura e substrato do leito;	Condições relativas aos nutrientes;
		Estrutura da zona intermareal;	Poluentes específicos;

Tipo	Elementos Biológicos	Elementos Hidromorfológicos de suporte dos elementos biológicos	Elementos Químicos e Físico-químicos de suporte aos elementos biológicos
			Poluição resultante de todas as substâncias prioritárias identificadas como sendo descarregadas na massa de água;
			Poluição resultante de outras substâncias identificadas como sendo descarregadas em quantidades significativas nas massas de água;
Águas costeiras	Composição, abundância e biomassa do fitoplâncton;	Regime de marés;	Elementos gerais;
	Composição e abundância da restante flora aquática;	Direção das correntes dominantes;	Transparência;
	Composição e abundância dos invertebrados bentónicos;	Exposição às vagas;	Condições térmicas;
		Condições morfológicas;	Condições de oxigenação;
		Variação da profundidade;	Salinidade;
		Estrutura e substrato do leito;	Condições relativas aos nutrientes;
		Estrutura da zona intertidal;	Poluentes específicos;
			Poluição resultante de todas as substâncias prioritárias identificadas como sendo descarregadas na massa de água;
		Poluição resultante de outras substâncias identificadas como sendo descarregadas em quantidades significativas nas massas de água;	

De salientar que até ao momento existem apenas dados relativos a uma campanha de monitorização para as águas costeiras da ilha Graciosa, efetuada durante a primavera de 2011, estando atualmente em avaliação a composição, abundância e biomassa do fitoplâncton existente nas amostras de água recolhidas nos diferentes pontos. Deste modo, à data não foram definidas condições de referência (parâmetros/métricas) relativas aos vários parâmetros das águas costeiras, o que, associado às limitações decorrentes da escassez de dados, inviabiliza a classificação objetiva do estado ecológico das massas de água para a ilha Graciosa de acordo com a prevista no Anexo V da DQA.

#### 5.1.1.2.3.1 | Águas costeiras

A avaliação do estado ecológico das massas de água costeiras pressupõe a determinação do RQE (Rácio de Qualidade Ecológica), de acordo com a Decisão da Comissão 2008/915/CE de 30 de outubro de 2008, em conformidade com o anexo V da DQA e apresentada no Quadro 5.1.1.

Para as águas costeiras foram ou estão a ser efetuadas campanhas de monitorização, embora até ao momento, não tenham sido desenvolvidas propostas de metodologias de condições de referência e delimitação de limites das fronteiras entre RQE e respetivo estado ecológico, pela autoridade competente.

### Elementos Biológicos

#### Fitoplâncton

Até ao momento foi efetuada apenas uma campanha de monitorização relativamente a composição, abundância e biomassa de fitoplâncton, não estando estabelecidas as condições de referência nem metodologias de delimitação das fronteiras dos estados ecológicos, estando contudo em fase de desenvolvimento.

#### Restante flora aquática - Macroalgas

Apesar da campanha de monitorização desenvolvida, este parâmetro biológico não foi contemplado na obtenção de dados relativamente a composição, abundância e biomassa, permanecendo de igualmente por estabelecer as condições de referência e metodologias de delimitação das fronteiras dos estados ecológicos.

#### Invertebrados bentónicos

De igual modo, este parâmetro biológico não foi contemplado na obtenção de dados relativamente a composição, abundância e biomassa, permanecendo igualmente por estabelecer as condições de referência e metodologias de delimitação das fronteiras dos estados ecológicos.

Apesar da falta/reduzido volume de dados, da inexistência do estabelecimento de condições de referência e de metodologias para o estabelecimento dos valores fronteira entre estados biológicos, constata-se que de acordo com a análise de pressões que, para a ilha Graciosa, a classificação obtida é de Ausente - Não Significativa. Comparando o valor global de pressão da ilha em análise com o valor global de pressão obtido para as ilhas de São Miguel e da Terceira (ilhas com mais habitantes e indústria), verifica-se que o nível de significância de pressão apresenta uma classificação global ligeiramente superior (pressão baixa - Não Significativa). Apesar deste facto a classificação dos elementos biológicos atribuída de Neto et al., 2009, é de excelente. Deste modo, extrapola-se que as massas de água costeiras da ilha Graciosa apresentam igualmente um estado excelente para os elementos em apreço (Quadro 5.1.2).

**Quadro 5.1.2** | Classificação dos elementos biológicas para as massas de água costeira da ilha Graciosa

Designação do tipo	Código	Fitoplâncton	Macroalgas	Invertebrados bentónicos	Final
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

## Elementos físicos-químicos de suporte aos elementos biológicos

### Elementos gerais

#### Condições térmicas, de transparência, salinidade e de oxigenação

Na campanha desenvolvida (Agroleico, 2011), os elementos gerais, foram medidos in loco: a transparência da água através de um Disco de Secchi; a temperatura da água recorrendo ao método da análise por termometria; e o oxigénio dissolvido, a condutividade e o pH por potenciometria.

Para as três massas de água costeiras (pouco profundas, intermédias e profundas) apresentam valores de temperatura relativamente semelhantes, variando entre os 16,4 e 16,8°C. Relativamente à transparência as três massas de água apresentam valores de 9m, 11m e 12m para águas pouco profundas, intermédias e profundas, respetivamente. A salinidade apresenta valores constantes para as três massas de água 37‰. Quanto ao oxigénio dissolvido, verifica-se que este parâmetro diminui da massa de água pouco profunda para a profunda, apresentando valores de 10,6mg/L, e 10,3mg/L (Quadro 5.1.3).

**Quadro 5.1.3** | Resultados das análises efetuadas para elementos gerais

Designação do tipo	Código	Temperatura (°C)	Transparência (m)	O2 Dissol (mg/L)	pH
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	16,8	9	10,6	8,47
A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	16,4	11	10,6	8,64
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	16,4	12	10,3	8,27

Fonte: Neto et al., 2009; Agroleico, 2011

#### Condições relativas aos nutrientes

Para estes elementos o volume de dados é pouco significativo, cingindo-se apenas a uma campanha de monitorização (Agroleico, 2011), não estando definida uma metodologia para a determinação dos valores de referência. No entanto, os dados existentes para os parâmetros analisados (Azoto amoniacal, Azoto total, nitratos, nitritos, fosfatos) apresentam valores inferiores aos respetivos valores máximos admissíveis de acordo com o Decreto-lei n.º 236/98 (Quadro 5.1.4). Deste modo considera-se que a massa de água apresenta boa qualidade, sendo o classificado como bom (Quadro 5.1.5).

**Quadro 5.1.4** | Concentração de nutrientes dissolvidos nas massas de água costeiras

Designação do tipo	Código	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Azoto total (mg/L)
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	<0,02	<2	<5
A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	<0,02	<2	<5
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	<0,02	<2	<5
		Fosfatos S (mg/L)	Fosfatos I (mg/L)	Fosforo total (mg/L)
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	<0,02	<0,16	<0,07
A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	<0,02	<0,16	<0,07
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	<0,02	<0,16	<0,07

Fonte: Agroleico, 2011

**Quadro 5.1.5** | Classificação dos físicos-químicos de suporte para as massas de água costeiras da ilha Graciosa

Designação do tipo	Código	Nitrato+Nitrato	Amónia	Fosfato	%O.D.	Final
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

### Elementos hidromorfológicos de suporte aos elementos biológicos

A componente hidromorfológica para as águas costeiras pressupõe a obtenção do RQE com base nos elementos apresentados no Quadro 5.1.1.

Contudo, não estão ainda definidos limites oficiais para a consideração do estado Excelente para os elementos de qualidade hidromorfológica. Assim, a avaliação da qualidade hidromorfológica será baseada na análise das pressões morfológicas e hidrodinâmicas significativas, efetuada na caracterização das pressões naturais e incidências antropogénicas significativas.

Com base no valor médio obtido para as pressões hidromorfológicas, é possível quantificar a pressão média, que para o caso da ilha Graciosa é classificada como Ausente (Não Significativa) com o valor a situar-se entre 0-1, 1 respetivamente. Deste modo, é possível avaliar o estado hidromorfológico com excelente para as três massas de água costeiras (Quadro 5.1.6).

**Quadro 5.1.6** | Classificação dos hidromorfológicos de suporte para as massas de água costeiras da ilha Graciosa

Designação do tipo	Código	Elementos hidromorfológicos	Final
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	Excelente	Excelente
A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	Excelente	Excelente
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	Excelente	Excelente

### Avaliação do estado ecológico das massas de água de costeiras

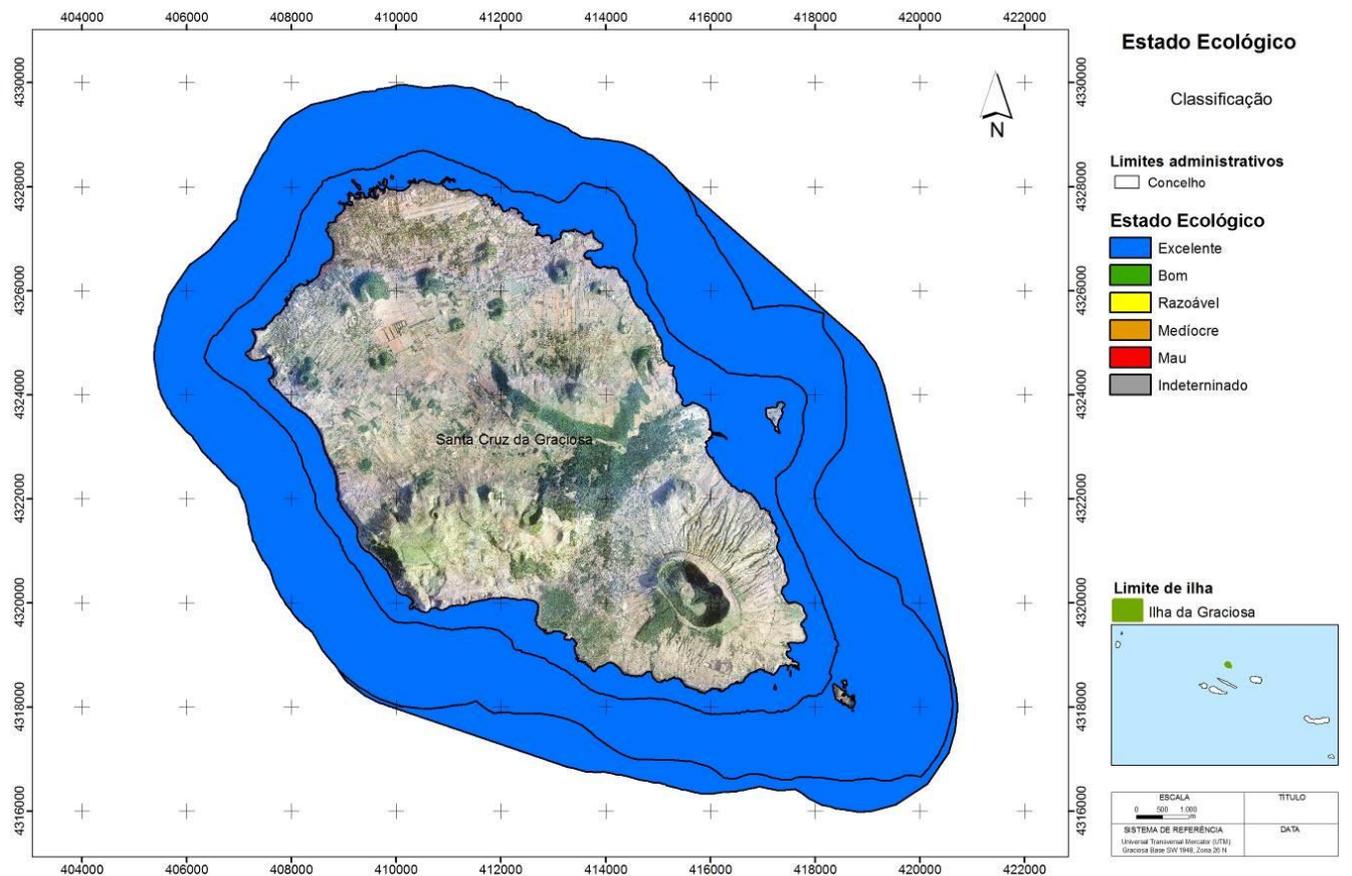
As massas de água costeiras apresentam uma forma anelar, circundando toda a orla das ilhas, agindo deste modo com recetor final de grande parte dos elementos químicos e biológicos por um lado e sofrendo modificações hidromorfológicas como resultado da construção de estruturas portuárias, de obras de defesa e de suporte viário e das dragagens com o objetivo da extração de inertes.

De referir que, por um lado, á data apenas a ilha Graciosa apresenta uma campanha de monitorização realizadas na primavera de 2011 que de acordo com o estipulado no Anexo V da DQA, Diretiva 2000/60/CE, e que por outro até ao momento não foram definidas condições de referência relativas aos vários parâmetros das águas costeiras, baseando-se a classificação do estado ecológico das massas de água para a ilha Graciosa, de acordo com a classificação prevista no Anexo V da DQA, na análise de pressões e a sua comparação/extrapolação das classificações obtidas para a ilha de São Miguel e Terceira.

Assim, de acordo com a classificação obtida da pressão, Não Significativa e da análise comparativa leva a cabo com a ilha de São Miguel e da ilha Terceira, extrapola-se que as massas de água costeiras apresentam um estado ecológico excelente (Quadro 5.1.7 e Figura 5.1.4).

**Quadro 5.1.7** | Classificação do estado ecológico por massas de água costeiras da ilha Graciosa

Designação do tipo	Código	Elementos biológicos	Elementos hídromorfológicos	Elementos químicos de suporte	Final
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
A-C-E//GRA1	PT09GRAC1	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente



**Figura 5.1.4** | Classificação do estado ecológico das massas de água costeiras da ilha Graciosa.

#### 5.1.1.2.3.2 | Águas de transição

Para a ilha Graciosa não estão designadas massas de água da categoria de águas de transição.

### 5.1.1.3 | Estado químico

#### 5.1.1.3.1 | Ribeiras

Na ilha Graciosa não existem massas de água relevantes, nos termos da DQA, nesta categoria.

#### 5.1.1.3.2 | Lagoas

Na ilha Graciosa não existem massas de água relevantes, nos termos da DQA, nesta categoria.

#### 5.1.1.3.3 | Águas costeiras e de transição

Para a ilha Graciosa não estão designadas massas de água da categoria de águas de transição.

A avaliação do estado químico baseia-se nos níveis de concentração de substâncias prioritárias e outros poluentes, ou seja, que apresentam risco significativo para o ambiente aquático, salientando-se os enumerados na Diretiva 86/208/CEE do Conselho, de 12 de junho de 1986, na Diretiva 2008/105/CE de 16 de dezembro de 2008 e no Decreto-lei n.º 103 de 24 de setembro de 2010 (Quadro 5.1.8 e Quadro 5.1.9).

**Quadro 5.1.8** | Normas de Qualidade Ambiental para substâncias prioritárias (Parte A do Anexo III, Coluna C5 e C7 do Decreto-Lei n.º 103/2010 de 24 de setembro)

Nº	Substância	NQA-MA <sup>(1)</sup> (µg/l)	NQA-CMA <sup>(2)</sup> (µg/l)	
1	Alacloro	0,3	0,7	
2	Antraceno	0,1	0,4	
3	Atrazina	0,6	2	
4	Benzeno	8	50	
5	Éter defenílico bromado	0,0002	n.a.	
6	Cádmio e compostos de cádmio (consoante a classe de dureza da água)	Dureza da Água	1	≤ 0,45
			2	0,45
			3	0,6
			4	0,9
			5	1,5
7	C10-13 Cloroalcanos	0,4	1,4	
8	Clorfenvinfos	0,1	0,3	
9	Clorpirifos (clorpirifos-etilo)	0,03	0,1	
10	1,2-Dicloroetano	10	n.a.	
11	Diclorometano	20	n.a.	
12	Ftalato di(2-etil-hexilo) (DEHP)	1,3	n.a.	
13	Diurão	0,2	1,8	
14	Endossulfão	0,005	0,004	
15	Fluoranteno	0,1	1	
16	Hexaclorobenzeno	0,01	0,05	
17	Hexaclorobutadieno	0,1	0,6	
18	Hexaclorociclohexano	0,02	0,02	
19	Isoproturão	0,3	1	
20	Chumbo e compostos de chumbo	7,2	n.a.	
21	Mercúrio e compostos de mercúrio	0,05	0,07	
22	Naftaleno	1,2	n.a.	
23	Níquel e compostos de níquel	20	n.a.	
24	Nonilfenol (4-Nonilfenol)	0,3	2	
25	Octilfenol (4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol)	0,01	n.a.	
26	Pentaclorobenzeno	0,007	n.a.	
27	Pentaclorofenol	0,4	1	

Nº	Substância	NQA-MA <sup>(1)</sup> (µg/l)	NQA-CMA <sup>(2)</sup> (µg/l)
28	Benzo(a)pireno	0,05	0,1
	Benzo(b)fluoranteno	Σ=0,03	n.a.
	Benzo(k)fluoranteno		
	Benzo(g,h,i)perileno	Σ=0,002	n.a.
	Indeno[1,2,3-cd]pireno		
29	Simazina	1	4
30	Compostos de tributilestanho (Catião tributilestanho)	0,0002	0,0015
31	Triclorobenzenos (1,2,3-, 1,2,4- e 1,3,5-triclorobenzeno)	0,4	n.a.
32	Triclorometano	2,5	n.a.
33	Trifluralina	0,03	n.a.

n.a. - Não aplicável

(1) Norma de qualidade ambiental que deve ser comparada com a média aritmética das concentrações da substância especificada medidas em momentos diferentes do ano e que não deve ser excedida;

(2) Norma de qualidade ambiental que deve ser comparada com a concentração máxima anual medida para a substância especificada e que não deve ser excedida.

**Quadro 5.1.9** | Normas de Qualidade Ambiental para outros poluentes (Parte B do Anexo III, Coluna C5 e C7 do Decreto-Lei n.º 103/2010 de 24 de setembro)

Nº	Substância	NQA-MA <sup>(1)</sup> (µg/l)	NQA-CMA <sup>(2)</sup> (µg/l)
6a	Tetracloroeto de carbono	12	n.a.
9a	Aldrina	Σ=0,01	n.a.
	Dieldrina		
	Endrina		
	Isodrina		
9b	DDT total	0,025	n.a.
	p-p'-DDT	0,01	n.a.
29a	Tetracloroetileno	10	n.a.
29b	Tricloroetileno	10	n.a.

O estado químico é definido para duas classes de qualidade: Bom e Insuficiente (INAG, 2009), sendo determinado pelo elemento de pior qualidade química (*one out - all out*).

De acordo com a campanha de monitorização levada a cabo pela Agroleico, na primavera de 2011, os parâmetros analisados estão de acordo com o Anexo III, Coluna C7 do Decreto-Lei n.º 103/2010 de 24 de setembro (Quadro 5.1.8 e Quadro 5.1.9). Outro aspeto a ter em consideração é a análise de pressões naturais e incidências antropogénicas significativas, em que se verificou que as forças motrizes associadas a estas substâncias, são reduzidas ou residuais. Deste modo, é apresentada no Quadro 5.1.10 e Figura 5.1.5, para as três massas de água costeiras, a classificação do estado químico como bom.

**Quadro 5.1.10** | Classificação obtida na avaliação das Substâncias Prioritárias e Outros Poluentes

Designação do tipo	Código	Substâncias prioritárias	Outros poluentes	Final
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	Bom	Bom	Bom
A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	Bom	Bom	Bom
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	Bom	Bom	Bom

Fonte: Agroleico, 2011

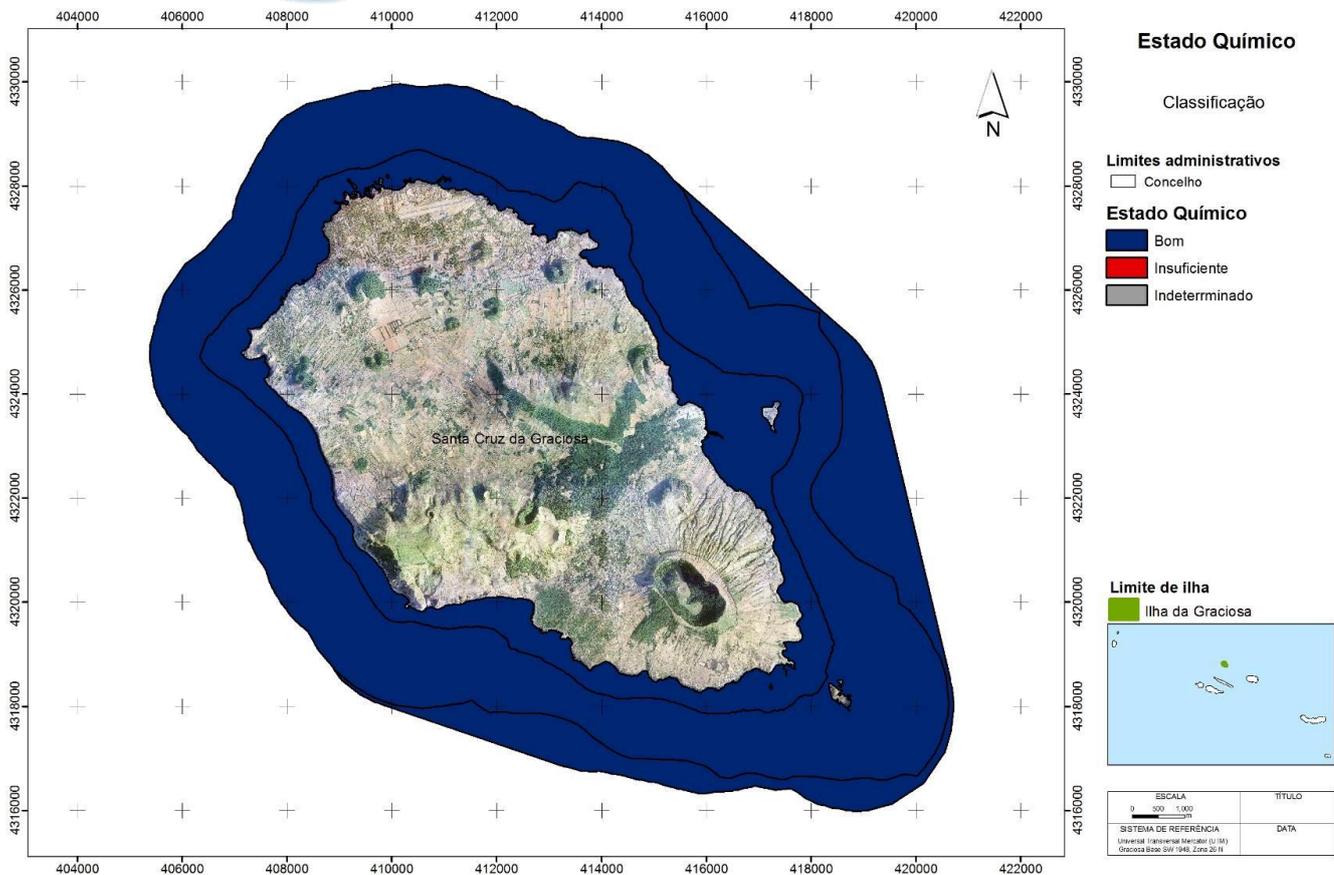


Figura 5.1.5 | Classificação do estado químico das massas de água costeiras da ilha Graciosa.

## 5.1.1.4 | Síntese

### 5.1.1.4.1 | Ribeiras

Não existem massas de água relevantes, nos termos da DQA, da categoria rios na ilha Graciosa.

### 5.1.1.4.2 | Lagoas

Não existem massas de água relevantes, nos termos da DQA, da categoria lagoas na ilha Graciosa.

### 5.1.1.4.3 | Águas costeiras e de transição

#### 5.1.1.4.3.1 | Águas costeiras

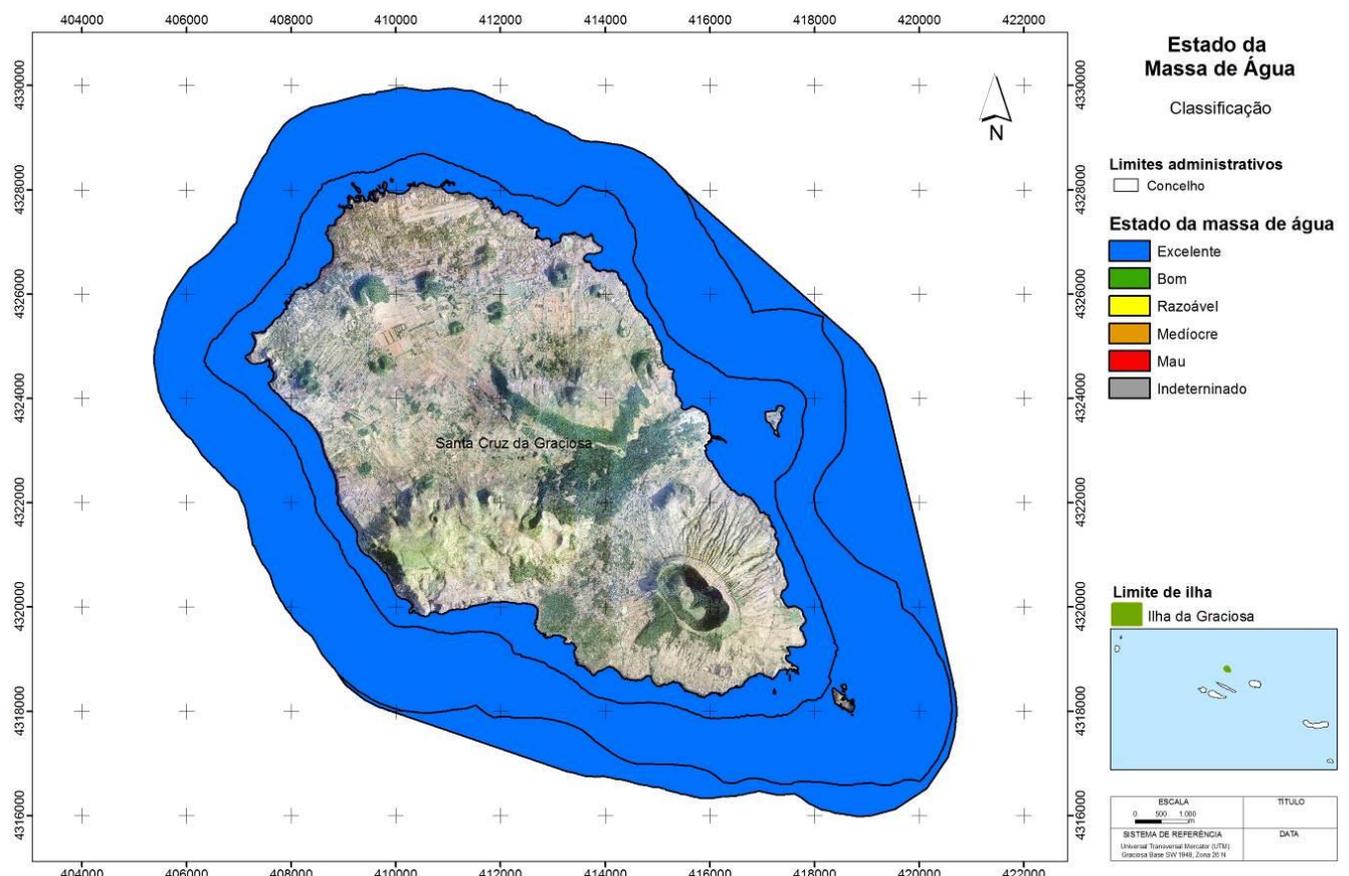
Até ao momento existem apenas dados relativos a uma campanha de monitorização para as águas costeiras da ilha Graciosa, efetuadas durante a primavera de 2011. À data não foram desenvolvidas metodologias para estabelecer as condições de referência e delimitação de limites fronteira do estado ecológico, com objetivo de avaliar de forma efetiva o estado ecológico das massas de água costeiras. Deste modo será vital, o estabelecimento de um programa de monitorização desenvolvido nos moldes do levado a cabo para Portugal continental, denominado EEMA (Avaliação do Estado Ecológico das Massas de Água Costeiras e de Transição e do Potencial Ecológico das Massas de Água

Fortemente Modificadas), tendo em consideração as especificidades biológicas, geológicas, hidromorfológicas, hidrodinâmicas e físico-química da Região Autónoma do Açores.

Assim, de acordo classificação a obtida da pressão, Não Significativa, e da análise comparativa leva a cabo com as ilhas de São Miguel e da Terceira, devido as limitações decorrentes da escassez ou mesmo inexistência de dados, a classificação do estado final das massas de água costeiras para a ilha Graciosa, de acordo com o previsto no Anexo V da DQA, é classificado como excelente (Quadro 5.1.11 e Figura 5.1.6).

**Quadro 5.1.11** | Classificação final do estado para às massas de água costeiras da ilha Graciosa

Designação do tipo	Código	Estado ecológico	Estado químico	Estado Final
A-C-E/PP/GRA1	PT09GRACPP1	Excelente	Bom	Excelente
A-C-E/I/GRA1	PT09GRACI1	Excelente	Bom	Excelente
A-C-E/P/GRA1	PT09GRACP1	Excelente	Bom	Excelente



**Figura 5.1.6** | Classificação do estado das massas de água costeiras da ilha Graciosa.

### 5.1.1.4.3.2 | Águas de transição

Para a ilha Graciosa não estão designadas massas de água da categoria de águas de transição.

## 5.1.2 | Águas subterrâneas

### 5.1.2.1 | Metodologia geral

A determinação do estado das massas ou grupos de massas de água subterrâneas é um dos pilares basilares em que se sustenta a gestão dos recursos hídricos numa dada região hidrográfica. No relatório síntese de caracterização da RH9 todas as 54 massas de água subterrâneas delimitadas foram designadas como Não em Risco de atingir o Bom estado em 2015 (DROTRH, 2006), e esta classificação eximiria a realização de caracterizações mais aprofundadas à escala das mesmas. Contudo, na medida que o presente relatório corresponde à primeira caracterização aprofundada na RH9, suportada por resultados decorrentes das ações de monitorização empreendidas pelas autoridades competentes, optou-se, numa perspetiva mais conservadora, por proceder à avaliação do estado de todas as massas de água de acordo com as metodologias propostas no Documento-Guia n.º 18 (CEC, 2009).

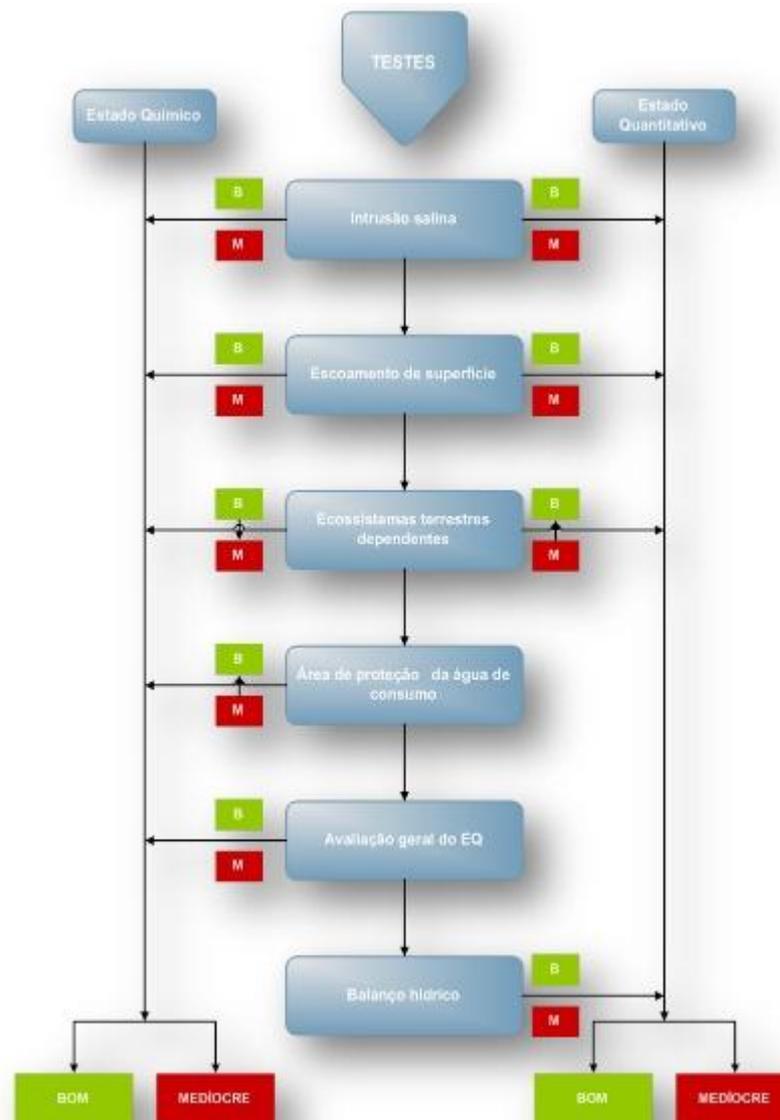
Neste contexto, procedeu-se à aplicação sucessiva de uma série de testes relativos aos estados quantitativo e químico, tendo como resultante desta tarefa a designação de Bom estado ou estado Medíocre (Figura 5.1.7). O pior resultado obtido em cada fileira de testes é adotado como a classificação dos estados quantitativo e químico das massas de água subterrâneas. Por seu turno, a designação global do estado da massa de água subterrânea corresponde à mais adversa das classificações anteriores.

#### 5.1.2.1.1 | Estado quantitativo

No contexto, da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, vulgo Lei da Água, que procede à transposição para o direito interno da Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, datada de 23 de outubro, designada por Diretiva-Quadro da Água (DQA), o Bom estado quantitativo das massas ou grupos de massas de água subterrâneas é aquele *“em que o nível freático é tal que os recursos hídricos subterrâneos disponíveis não são ultrapassados pela taxa média anual de captação a longo prazo, não estando sujeito a alterações antropogénicas que possam impedir que sejam alcançados os objetivos ambientais específicos para as águas superficiais que lhe estejam associadas, deteriorar significativamente o estado dessas águas ou provocar danos significativos nos ecossistemas terrestres diretamente dependentes do aquífero, podendo ocorrer temporariamente, ou continuamente em áreas limitadas, alterações na direção do escoamento subterrâneo em consequência de variações de nível, desde que essas alterações não provoquem intrusões de água salgada ou outras e não indiquem uma tendência antropogenicamente induzida, constante e claramente identificada, suscetível de conduzir a tais intrusões”*.

No âmbito do presente trabalho, para a avaliação do estado quantitativo das águas subterrâneas concorre o disposto nos seguintes documentos:

- Anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março;
- Portaria n.º 115/2009, de 29 de setembro;
- Relatório de caracterização da RH9 (DROTRH, 2006);
- Documento-Guia n.º 18, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2007).



Fonte: adaptado de CEC, 2009

**Figura 5.1.7** | Testes relativos à determinação dos estados quantitativo e químico das massas de água subterrâneas.

Por seu turno, a menção às redes de monitorização do estado quantitativo das águas subterrâneas baseia-se nos seguintes documentos:

- Anexo VII do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março;
- Documento-Guia n.º 7, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2003);
- Documento-Guia n.º 15, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2007).

#### 5.1.2.1.2 | Estado químico

No contexto, da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, vulgo Lei da Água, que procede à transposição para o direito interno da Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, datada de 23 de outubro, designada por Diretiva-Quadro da Água (DQA), o Bom estado químico das massas ou grupos de massas de água subterrâneas é aquele “em que as concentrações de poluentes não apresentem: (1) efeitos significativos de intrusões salinas ou outras, (2) cumpram as normas de qualidade ambiental (NQA) que forem fixadas em legislação específica, (3) não impeçam que sejam alcançados os objetivos ambientais específicos estabelecidos para as águas superficiais associadas nem reduzam significativamente a qualidade química ou ecológica dessas massas e, (4) não provoquem danos significativos nos ecossistemas terrestres diretamente dependentes das massas de água subterrâneas”.

No âmbito do presente trabalho, para a avaliação do estado quantitativo das águas subterrâneas concorre o disposto nos seguintes documentos:

- Anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março;
- Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro;
- Relatório de caracterização da RH9 (DROTRH, 2006);
- Documento-Guia n.º 18, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2007).

Por seu turno, a menção às redes de monitorização do estado químico das águas subterrâneas baseia-se nos seguintes documentos:

- Anexo VII do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março;
- Documento-Guia n.º 7, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2003);
- Documento-Guia n.º 15, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2007).

#### 5.1.2.2 | Estado quantitativo

A avaliação do estado quantitativo é efetuada para todas as massas de água da ilha Graciosa. Esta abordagem é a mais exigente, não obstante o Documento-Guia relativo à avaliação do estado das massas de água indicar expressamente que, quando existem indícios que as mesmas não estão em risco de incumprimento face aos objetivos quantitativos se pode depreender que se encontram em Bom estado o que, face aos resultados do PRA (DROTRH-INAG, 2001) e do próprio relatório síntese de caracterização da Região Hidrográfica (DROTRH, 2006), se poderia considerar como viável na generalidade.

De acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, que complementa a transposição da DQA para o direito interno, a avaliação do estado quantitativo é traduzida pelo qualificativo Bom ou Medíocre, e deve assentar na análise das medições efetuadas na rede de monitorização respetiva. Esta rede deve compreender um número adequado de pontos de monitorização representativos e uma frequência de observação dimensionados de forma a permitir avaliar o nível freático em cada massa ou grupo de massas de água subterrâneas, tomando em consideração as variações da recarga a curto e a longo prazo.

O parâmetro fundamental para a caracterização do estado quantitativo é, de acordo com a legislação em vigor, o nível freático ou piezométrico. Face à ausência de redes de monitorização do estado quantitativo, como referido no ponto 4.1.2 do presente relatório, este âmbito é de alguma forma colocado em causa. No entanto, e como o Documento-Guia n.º 18 da estratégia comum de implementação da DQA refere, a informação sobre os níveis terá geralmente de ser complementada por dados de outro tipo. Por outro lado, há necessidade de adaptar estes pressupostos à realidade da RH9, em que o número de furos é reduzido, ou mesmo inexistente nas ilhas do Corvo e das Flores, na medida que o esforço de captação de águas subterrâneas incidiu especialmente no aproveitamento de nascentes.

Face ao exposto, a impossibilidade de analisar as variações dos níveis freático ou piezométrico por intermédio de séries de observações em redes de monitorização dedicadas, é de alguma forma, atenuado. Desta forma, a determinação do estado quantitativo baseia-se essencialmente na relação entre os recursos disponíveis e a descarga natural dos sistemas, em nascentes, a que acrescem as extrações efetuadas em furos de captação, e assentou especialmente nos seguintes elementos de análise:

- Informação relativa aos recursos hídricos subterrâneos estimados por massa de água, como descrito nos pontos 2.3.5 e 3.2.2.3 do presente relatório;
- Informação relativa às extrações médias anuais efetuadas nos furos de captação, a que se adicionaram os volumes de água descarregados nas nascentes, captadas ou não;
- Informação sobre a contribuição das águas subterrâneas para o escoamento das massas de água de superfície associadas;
- Informação relativa ao estado das massas de água de superfície (ponto 5.2.1.1);
- Informação relativa à identificação de eventuais ecossistemas dependentes afetados por variações dos níveis ou do escoamento subterrâneo.

#### 5.1.2.2.1 | Critérios de estado quantitativo

Os critérios para que uma massa de água se encontre em Bom estado são os seguintes:

- Os recursos hídricos subterrâneos disponíveis são superiores às extrações médias anuais a longo prazo;
- Não ocorrem incumprimentos das massas de água de superfície associadas, face aos objetivos definidos na DQA e na Lei da Água, por efeito de variações dos níveis freático ou piezométrico induzidos por ação humana, com inerente deterioração do quimismo ou das condições ecológicas;
- Inexistência de danos em ecossistemas terrestres dependentes das massas de água subterrâneas, decorrentes de variações dos níveis freáticos ou piezométrico induzidos por ação humana;
- Inexistência de intrusões salinas, ou outras, por efeito de alterações do escoamento subterrâneo induzido por ação humana.

A observação destes objetivos é aferida por intermédio da realização em cadeia de uma série de quatro testes, que genericamente permitem avaliar as variações a longo prazo dos níveis freáticos ou piezométricos decorrentes de ações antropogénicas e os seus impactes. Os referidos testes, e uma breve descrição dos mesmos, é apresentada em seguida (CEC, 2009):

- Teste do balanço hídrico

O teste do balanço hídrico é efetuado tomando como referência a massa de água como um todo, e baseia-se na relação entre os recursos hídricos subterrâneos médios anuais e, por outro lado, as extrações média anuais e a contribuição da descarga de águas subterrâneas para a manutenção da qualidade ecológica nas massas de água de superfície associadas (Figura 5.1.8).

- O Documento-Guia n.º 18 reconhece que o volume de águas subterrâneas efetivamente disponível numa massa de água pode ser substancialmente inferior aos recursos estimados

Na falta de informação apropriada, ou assente em séries temporais consolidadas, a definição do escoamento de base dos cursos de água nas massas de água associadas, que permitiria estimar a contribuição da água subterrânea, não é efetuada. Desta forma, apenas no caso das bacias hidrográficas dos cursos de água designados no âmbito da implementação da DQA (DROTRH, 2006), se procedeu à contabilização da contribuição da água subterrânea para o respetivo escoamento, estimado em 30% do valor médio anual.

- Teste do escoamento de superfície

Este teste permite avaliar o incumprimento dos objetivos ambientais das massas de água de superfície associadas, resultante da deterioração da qualidade química e ecológica, por ação de variações de ordem quantitativa nas águas subterrâneas (Figura 5.1.9). Ao contrário do teste anterior, já são particularizados os impactes sobre cada uma das eventuais massas de água de superfície associadas.

- Teste dos ecossistemas terrestres dependentes

Avalia se existe algum ecossistema terrestre dependente da massa de água subterrânea afetado em resultado da alteração dos níveis freático ou piezométrico, ou por modificação do escoamento subterrâneo (Figura 5.1.10). Apenas os locais considerados como em risco devem ser considerados na determinação do estado quantitativo quanto a este tema, e esta avaliação pode ser baseada na maior ou menor proximidade a pressões, em comunidades indicadoras ou em informações sobre as condições nos sítios.

- Teste da intrusão salina (ou outra)

Este teste avalia a não ocorrência de fenómenos de intrusão salina, ou de água de qualidade inferior a partir de outra qualquer massa de água. Complementa o teste relativo ao mesmo tema aplicado no decurso do processo de determinação do estado químico das massas ou grupos de massas de água subterrâneas.

O volume de águas subterrâneas efetivamente disponível numa massa de água pode ser substancialmente inferior aos recursos estimados por imponderáveis de índole geológica e hidrogeológica (CEC, 2009). No PRA considera-se que a fração dos recursos disponível era de 10% do volume estimado, o que se afigura excessivamente precatório (DROTRH-INAG, 2001).

Em qualquer caso, e de forma a salvaguardar os recursos não exploráveis, no presente trabalho optou-se por considerar uma fração não disponível igual a 40% dos recursos estimados a longo prazo, i.e. a recarga, valor que se estima poder compensar os constrangimentos geológicos e hidrogeológicos e, paralelamente, ser suficiente para assegurar a parte do escoamento subterrâneo que alimenta os cursos de água e que é particularmente importante nos meses mais secos do ano hidrológico. Salienta-se ainda que, ao invés da opção tomada quando da elaboração do PRA, o volume de água emergente nas nascentes não captadas não foi adicionado às extrações, pois é naturalmente descarregado nos cursos de água e, desta forma, o valor a deduzir dos recursos em resultado do escoamento natural acabaria, na prática, por ser ligeiramente superior a 40%.

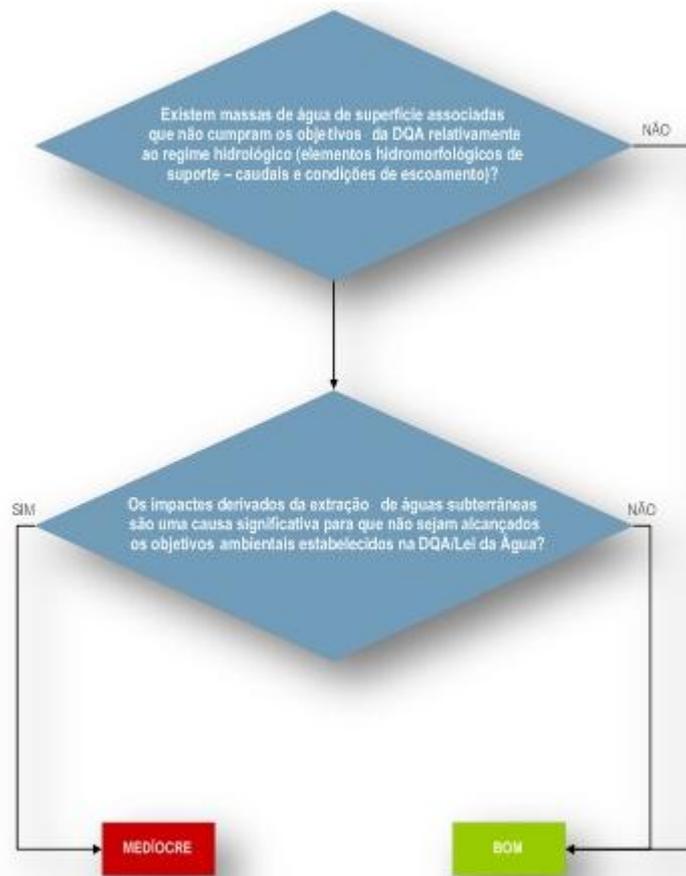
Na falta de informação apropriada, ou assente em séries temporais consolidadas, o escoamento anual médio dos cursos de água nas massas de água associadas foi estimado com base no modelo CIELO, como explicitado no ponto 2.4 do presente relatório. Neste contexto, sempre que existam massas de água de superfície associadas optou-se por considerar uma contribuição adicional das massas de água subterrâneas da ordem de 30%. Esta contribuição é distribuída, para efeitos de cálculo, por todas as massas de água subterrâneas que podem contribuir para o escoamento superficial na bacia designada. Em qualquer caso, e como referido anteriormente, a fração dos recursos não exploráveis já compensará o volume de água subterrânea descarregado naturalmente nos outros cursos de água.

A identificação de danos sobre eventuais ecossistemas terrestres associados às massas de água subterrâneas, e decorrentes de alterações nos níveis ou no regime destas últimas, foi determinada com base na análise de informação existente sobre as ameaças impostas às áreas integradas na Rede Natura 2000, i.e. sobre as SIC e as ZPE (SRAM, 2005, 2007). Recorreu-se ainda à informação, mesmo que indireta, proporcionada pela identificação de espécies (briófitas, plantas vasculares, moluscos, artrópodes e vertebrados) ameaçadas nos Açores (Cardoso *et al.*, 2008). Quer no primeiro caso, quer no segundo, não foram identificados impactes de correntes de alterações no regime das águas subterrâneas.



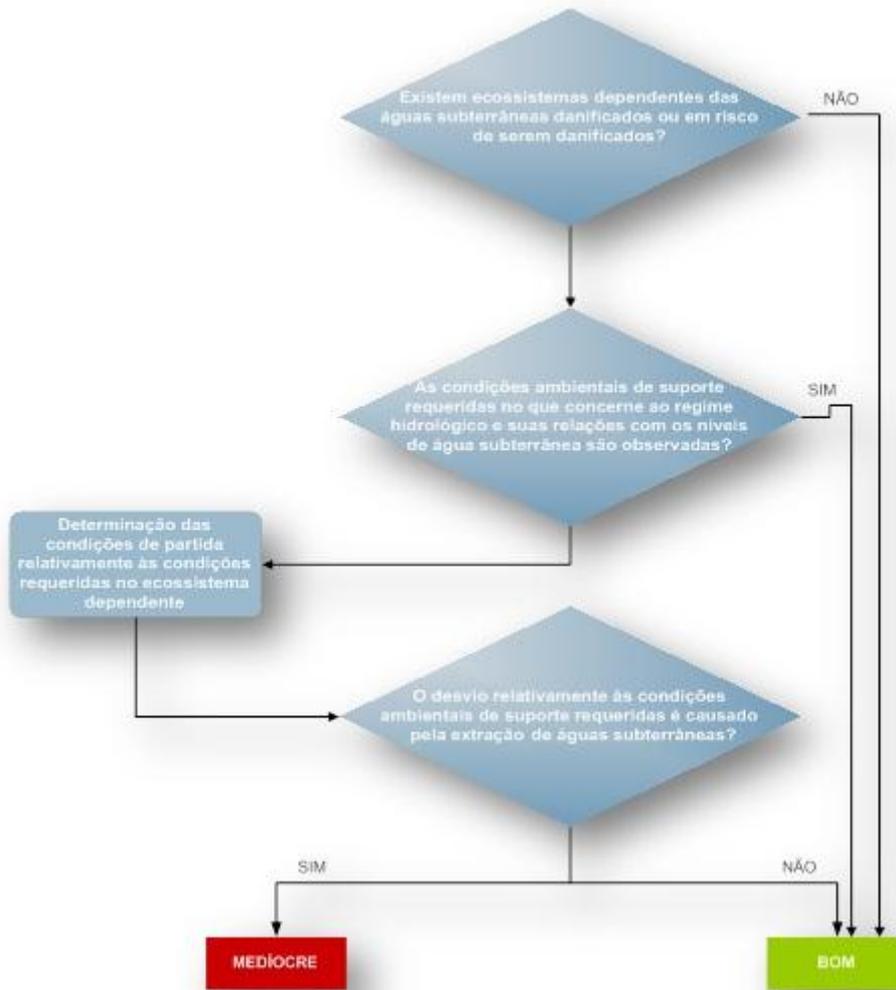
Fonte: adaptado de CEC, 2009

Figura 5.1.8 | Teste de determinação do estado quantitativo das massas de água subterrâneas com base no balanço hídrico.



Fonte: adaptado de CEC, 2009

Figura 5.1.9 | Teste de determinação do estado quantitativo com base no escoamento de superfície.



Fonte: adaptado de CEC, 2009

**Figura 5.1.10** | Teste de determinação do estado quantitativo das massas de água subterrâneas com base nos ecossistemas terrestres dependentes.

#### 5.1.2.2.2 | Resultados da avaliação do estado quantitativo

Nos Quadros 5.1.2 a 5.1.4 apresentam-se os resultados relativos aos vários testes efetuados, concluindo-se que na generalidade as massas de água da ilha Graciosa se encontram em Bom estado quantitativo (Figura 5.1.11)

Para o preenchimento do Quadro 5.1.2, e no que concerne aos valores a atribuir às variáveis recarga e extração anual a longo prazo retomaram-se os valores apresentados nos pontos 2.3.5 e 3.4.2.3. A contribuição das águas subterrâneas para a manutenção do caudal e dos ecossistemas das águas de superfície foi igualado a zero, uma vez que, como anteriormente explicitado, a designação de uma massa de água como em Bom estado quantitativo pressupõe a consideração de uma fração de apenas 60% dos recursos estimados a longo prazo, de forma a tomar em consideração o escoamento de base nos cursos de água.

Não foi considerada a existência de massas de água de superfície designadas no âmbito da implementação da Diretiva-Quadro da Água, bem como ecossistemas associados, como em risco de não cumprir os objetivos ambientais ou de serem danificados em resultado de alterações do escoamento subterrâneo.

**Quadro 5.1.12** | Resultados da aplicação do teste do balanço hídrico, em que o Bom estado implica que  $Ext < 0,60 * RDisp$  (n.d. – não determinado; n.a. – não aplicável face à inexistência de massas de água de superfície associadas)

Massa de água	Os níveis da água subterrânea apresentam uma tendência de descida a longo prazo, tal que os recursos disponíveis são inferiores ao volume de captação média anual a longo prazo?	Relação entre recursos e extrações				Estado
		Recarga anual a longo prazo (hm <sup>3</sup> /ano)	Extração anual a longo prazo (Ext) (hm <sup>3</sup> /ano)	Contribuição das águas subterrâneas para a manutenção do caudal dos rios e dos ecossistemas (hm <sup>3</sup> /ano)	Recursos hídricos subterrâneos disponíveis (RDisp) (hm <sup>3</sup> /ano)	
Sequência Hidro. Superior	n.d.	0,62	0	n.a.	0,62	Bom
Serra Branca	n.d.	0,16	0	n.a.	0,16	Bom
Serra das Fontes	n.d.	0,71	0,04	n.a.	0,71	Bom
Serra Dormida	n.d.	1,47	0,03	n.a.	1,47	Bom
Plat. Sta. Cruz - Guadalupe	n.d.	9,14	1,07	n.a.	9,14	Bom
Compósito	n.d.	0,48	0	n.a.	0,48	Bom
C. Barro Branco	n.d.	0,20	0	n.a.	0,20	Bom
Folga	n.d.	0,05	0	n.a.	0,05	Bom
Luz – Rebentão da Lagoa	n.d.	2,16	0	n.a.	2,16	Bom

**Quadro 5.1.13** | Resultados da aplicação do teste do escoamento superficial

Massa de água	Existem massas de água de superfície associadas que não cumpram os objetivos da DQA relativamente ao regime hidrológico (elementos hidromorfológicos de suporte – caudais e condições de escoamento)?	Os impactos derivados da extração de águas subterrâneas são uma causa significativa para que não sejam alcançados os objetivos ambientais estabelecidos na DQA/Lei da Água?	Estado
Sequência Hidro. Superior	Não	Não	Bom
Serra Branca	Não	Não	Bom
Serra das Fontes	Não	Não	Bom
Serra Dormida	Não	Não	Bom
Plat. Sta. Cruz - Guadalupe	Não	Não	Bom
Compósito	Não	Não	Bom
C. Barro Branco	Não	Não	Bom
Folga	Não	Não	Bom
Luz – Rebentão da Lagoa	Não	Não	Bom

Quadro 5.1.14 | Resultados da aplicação do teste dos ecossistemas terrestres dependentes

Massa de água	Existem ecossistemas dependentes das águas subterrâneas danificados ou em risco de serem danificados?	As condições ambientais de suporte requeridas no que concerne ao regime hidrológico e suas relações com os níveis de água subterrânea são observadas?	O desvio relativamente às condições ambientais de suporte requeridas é causado pela extração de águas subterrâneas?	Estado
Sequência Hidro. Superior	Não	Sim	Não	Bom
Serra Branca	Não	Sim	Não	Bom
Serra das Fontes	Não	Sim	Não	Bom
Serra Dormida	Não	Sim	Não	Bom
Plat. Sta. Cruz - Guadalupe	Não	Sim	Não	Bom
Compósito	Não	Sim	Não	Bom
C. Barro Branco	Não	Sim	Não	Bom
Folga	Não	Sim	Não	Bom
Luz – Rebentão da Lagoa	Não	Sim	Não	Bom



Figura 5.1.11 | Classificação do estado quantitativo das massas de água subterrâneas na ilha Graciosa.

### 5.1.2.3 | Estado químico

No contexto, da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, vulgo Lei da Água, que procede à transposição para o direito interno da Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, datada de 23 de outubro, designada por Diretiva-Quadro da Água (DQA), o Bom estado químico das massas ou grupos de massas de água subterrâneas é aquele “em que as concentrações de poluentes não apresentem: (1) efeitos significativos de intrusões salinas ou outras, (2) cumpram as NQA que forem fixadas em legislação específica, (3) não impeçam que sejam alcançados os objetivos ambientais específicos estabelecidos para as águas superficiais associadas nem reduzam significativamente a qualidade química ou ecológica dessas massas e, (4) não provoquem danos significativos nos ecossistemas terrestres diretamente dependentes das massas de água subterrâneas”.

No âmbito do presente trabalho, para a avaliação do estado quantitativo das águas subterrâneas concorre o disposto nos seguintes documentos:

- Anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março;
- Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro;
- Relatório de caracterização da RH9 (DROTRH, 2006);
- Documento-Guia n.º 18, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2007).

Por seu turno, a menção às redes de monitorização do estado químico das águas subterrâneas baseia-se nos seguintes documentos:

- Anexo VII do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março;
- Documento-Guia n.º 7, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2003);
- Documento-Guia n.º 15, relativo à estratégia comum de implementação da DQA (CEC, 2007);

A avaliação do estado químico é efetuada para todas as massas de água da ilha Graciosa. De acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, que complementa a transposição da DQA para o direito interno, a avaliação do estado químico é traduzida pelo qualificativo Bom ou Medíocre, e deve assentar na análise das medições efetuadas na rede de monitorização respetiva. Esta rede deve compreender um número adequado de pontos de monitorização representativos e uma frequência de observação dimensionados de forma a garantir não só a recolha de dados sobre o estado químico das massas de água, como permitir caracterizar tendências crescentes de poluição das águas subterrâneas, com base na observação da condutividade e das concentrações de poluentes.

Os elementos de referência que concorrem para a avaliação do estado químico são estabelecidos de acordo com o disposto no n.º 2.3. do anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, nomeadamente as normas de qualidade definidas na tabela 2.3.2. da secção II do anexo V do referido instrumento legislativo, retomadas no anexo do Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro, e os limiares a definir para determinados parâmetros e espécies em solução. Os valores normativos estipulados encontram-se discriminados no Quadro 5.1.15, elaborada de acordo com a conjugação das disposições legais decorrentes dos Decretos-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, e n.º 208/2008, de 28 de outubro, e que respeitam nomeadamente às concentrações em nitratos e pesticidas e ao valor da condutividade elétrica da água.

**Quadro 5.1.15** | Normas de qualidade aplicáveis definidas de acordo com o Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março

Poluente	Valor
Nitratos	50mg NO <sub>3</sub> /L
Substâncias ativas de pesticidas, incluindo os respetivos metabolitos e produtos de degradação e reação	0,1µg/L 0,5µg/L (total)
Condutividade elétrica	As modificações deste parâmetro não devem indiciar a ocorrência de intrusão salina ou outras na massa de água

Para a designação de uma massa de água subterrânea como em Bom estado químico concorrem, igualmente, os limiares estabelecidos para as substâncias indicadas nos diversos instrumentos legislativos aplicáveis. Na RH9 ainda não foram estabelecidos valores limiares específicos, encontrando-se em curso um estudo para o efeito.

Neste contexto, a determinação do estado químico assentou especialmente nos seguintes elementos de análise:

- Dados hidrogeoquímicos obtidos no âmbito da operação da rede de monitorização de vigilância;
- Informação relativa ao quimismo das massas de água subterrâneas proveniente de outras fontes;
- Informação relativa ao estado das massas de água de superfície (ponto 5.2.1.1);
- Informação relativa à identificação de eventuais ecossistemas dependentes afetados pelo quimismo das massas de água subterrâneas;
- Informação sobre os valores limiares (INAG, 2009).

### 5.1.2.3.1 | Critérios de estado químico

Os critérios para que uma massa de água se encontre em Bom estado são, de acordo com a legislação em vigor, os seguintes:

- As concentrações de poluentes não indiciam a existência de intrusão salina ou outra (para os vários parâmetros requeridos);
- As concentrações dos vários poluentes não ultrapassam as normas de qualidade aplicáveis;
- As concentrações dos vários poluentes na massa de água subterrânea não impedem que as massas de água de superfície atinjam os respetivos objetivos ambientais tal como definidos na Lei da Água (para os vários parâmetros requeridos);
- Não ocorre redução significativa da qualidade química e ecológica das massas de água de superfície associadas em resultado da concentração de poluentes nesta última (para os vários parâmetros requeridos);

- Não ocorrem impactos sobre os ecossistemas terrestres dependentes da massa de água subterrânea em resultado da concentração de poluentes nesta última (para os vários parâmetros requeridos);
- As modificações do parâmetro não revelam a ocorrência de fenómenos de intrusão salina ou outra (para a condutividade elétrica).

A observação destes objetivos é aferida por intermédio da realização em cadeia de uma série de cinco testes, de que se apresenta uma breve descrição em seguida (CEC, 2009):

- Teste da avaliação geral do estado químico

Este teste toma como referência a situação na massa de água no seu todo, e assenta na avaliação quer da existência de um risco ambiental significativo associado a um ou mais poluentes, quer da capacidade da massa de água de suportar a produção de água para consumo humano (Figura 5.1.12). A realização do teste pressupõe a observação de critérios de qualidade química, a agregação dos dados químicos referentes aos pontos monitorizados, e a consideração do intervalo de confiança inerente à avaliação e da extensão da excedência.

- Teste da intrusão salina ou outra

Procede à análise da eventual existência de fenómenos de intrusão salina, ou outra, que face ao enquadramento hidrogeológico da RH9 estará relacionado com a salinização por mistura com sais marinhos (Figura 5.1.13). Pressupõe, à imagem do teste anterior, a observação de critérios de qualidade química, a agregação dos dados químicos referentes aos pontos monitorizados, e a consideração do intervalo de confiança inerente à avaliação e da extensão da excedência, assim como, neste caso, da localização desta última.

- Teste da transferência de poluentes

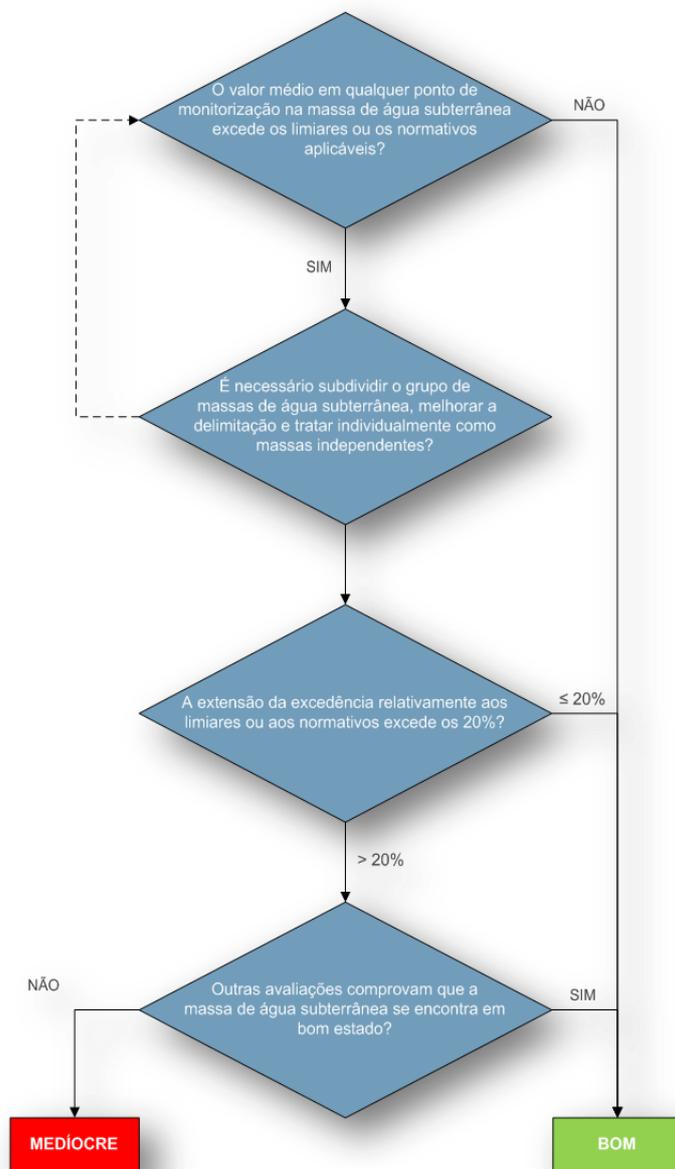
O teste avalia a existência de uma redução significativa da qualidade química e/ou ecológica das massas de água de superfície associadas (Figura 5.1.14). Pressupõe a observação de critérios de qualidade química, a agregação dos dados químicos referentes aos pontos monitorizados, da localização da excedência e do intervalo de confiança inerente à avaliação.

- Teste dos ecossistemas terrestres dependentes

Este teste avalia a existência de danos significativos sobre os ecossistemas terrestres dependentes da massa de água subterrânea (Figura 5.1.15). Implica a consideração de critérios de qualidade química, a agregação dos dados químicos referentes aos pontos monitorizados, o intervalo de confiança inerente à avaliação e a localização da excedência.

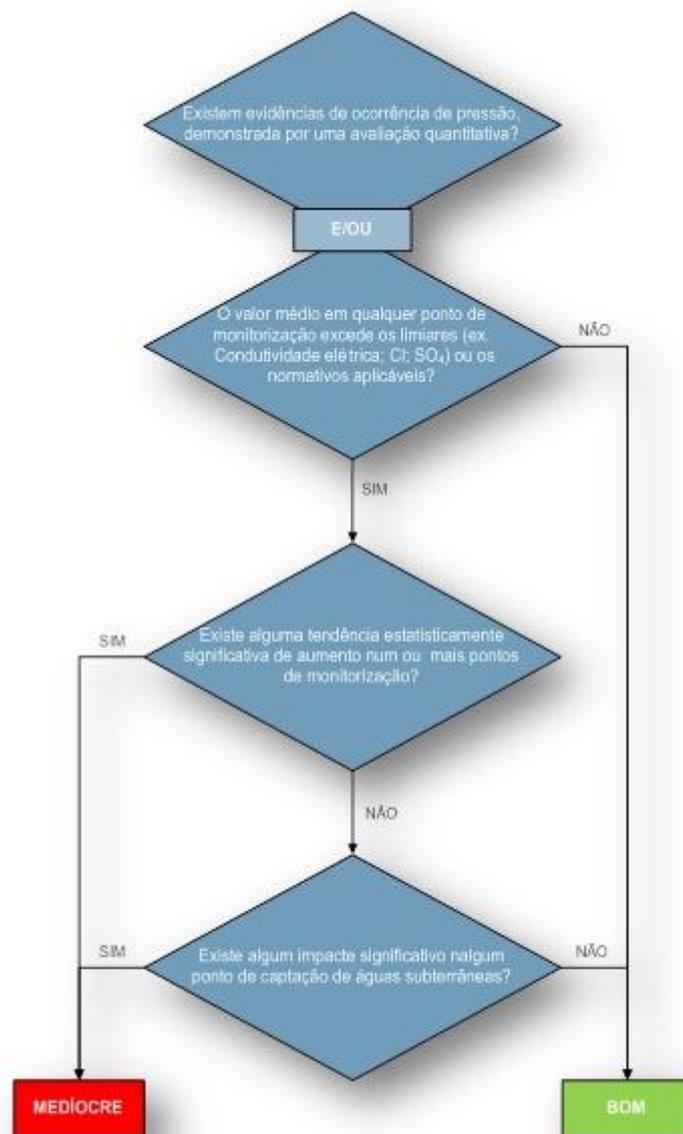
- Teste das zonas de proteção de água para consumo humano

O teste avalia a eventual degradação da qualidade da água destinada à produção de água para uso humano (Figura 5.1.16).



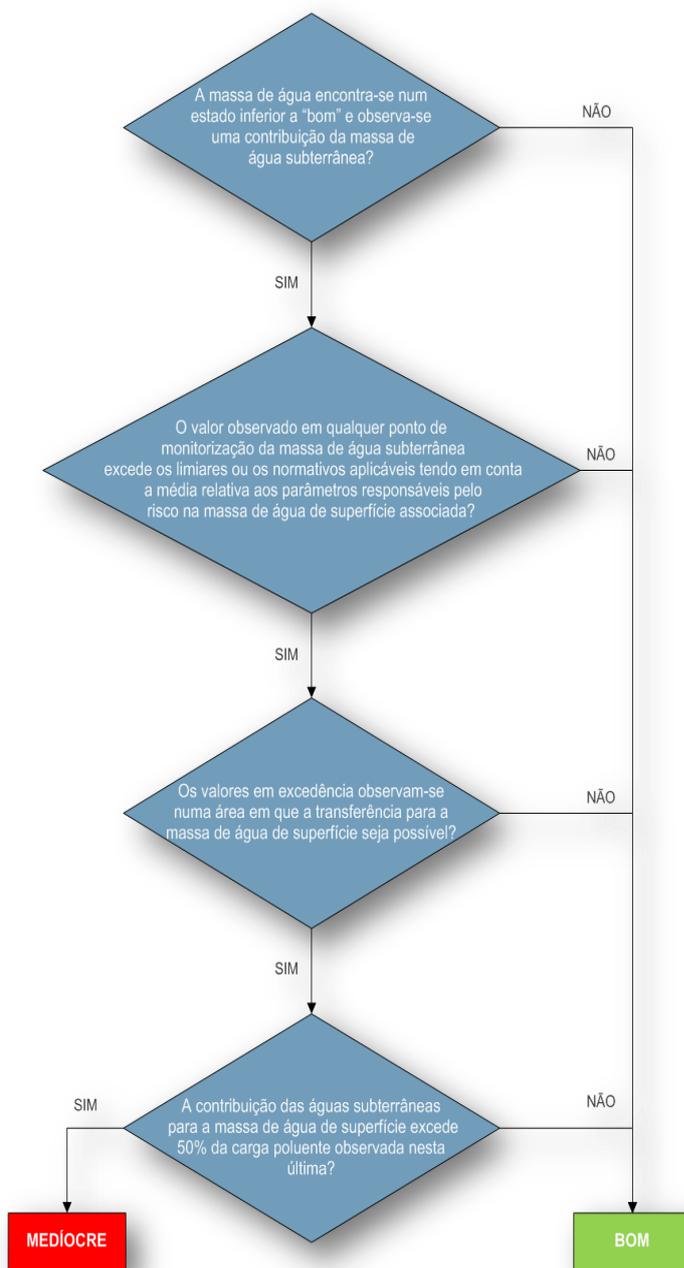
Fonte: adaptado de CEC, 2009

Figura 5.1.12 | Teste de avaliação geral do estado químico.



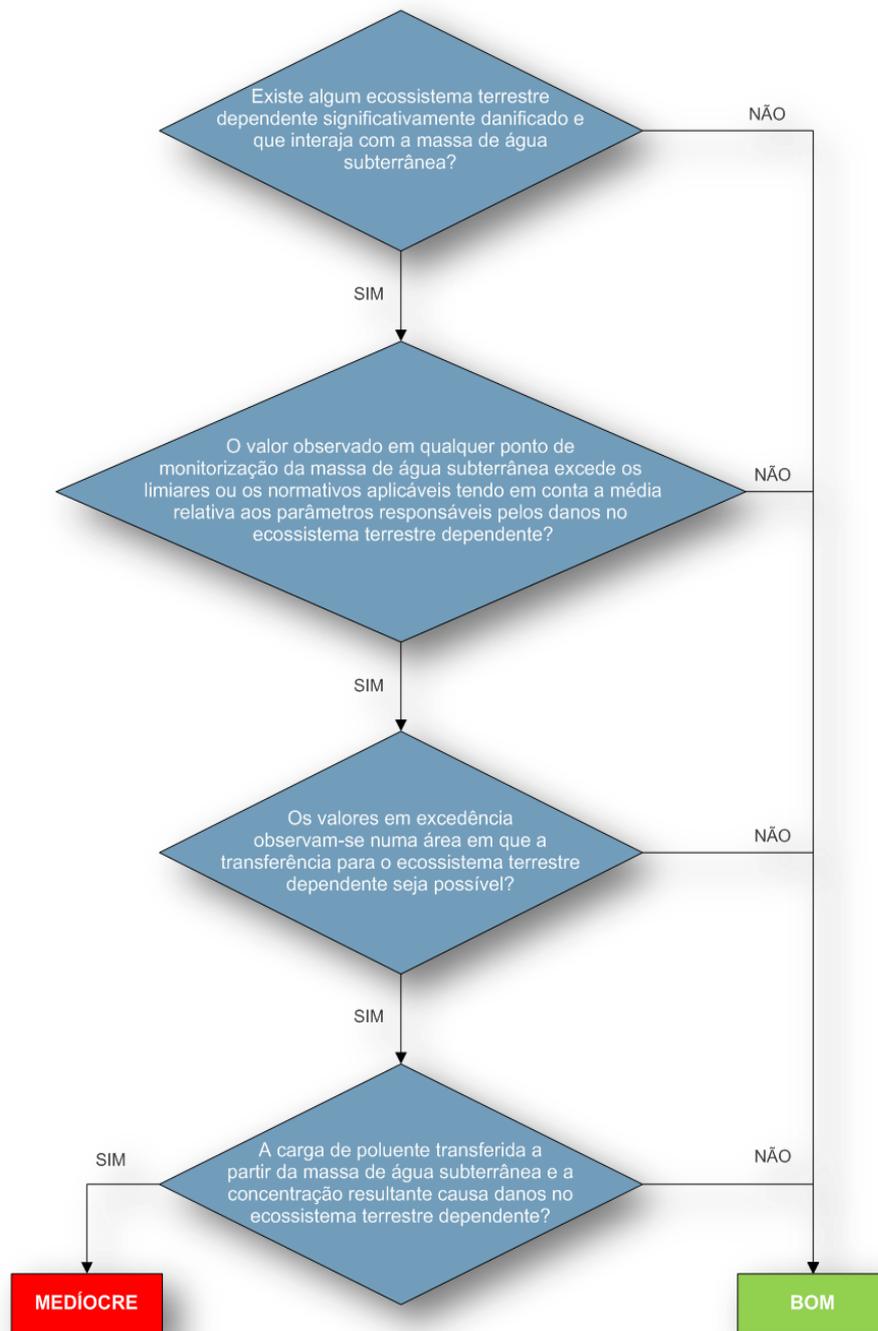
Fonte: adaptado de CEC, 2009

Figura 5.1.13 | Teste de determinação do estado químico com base na existência de intrusão salina ou outra.



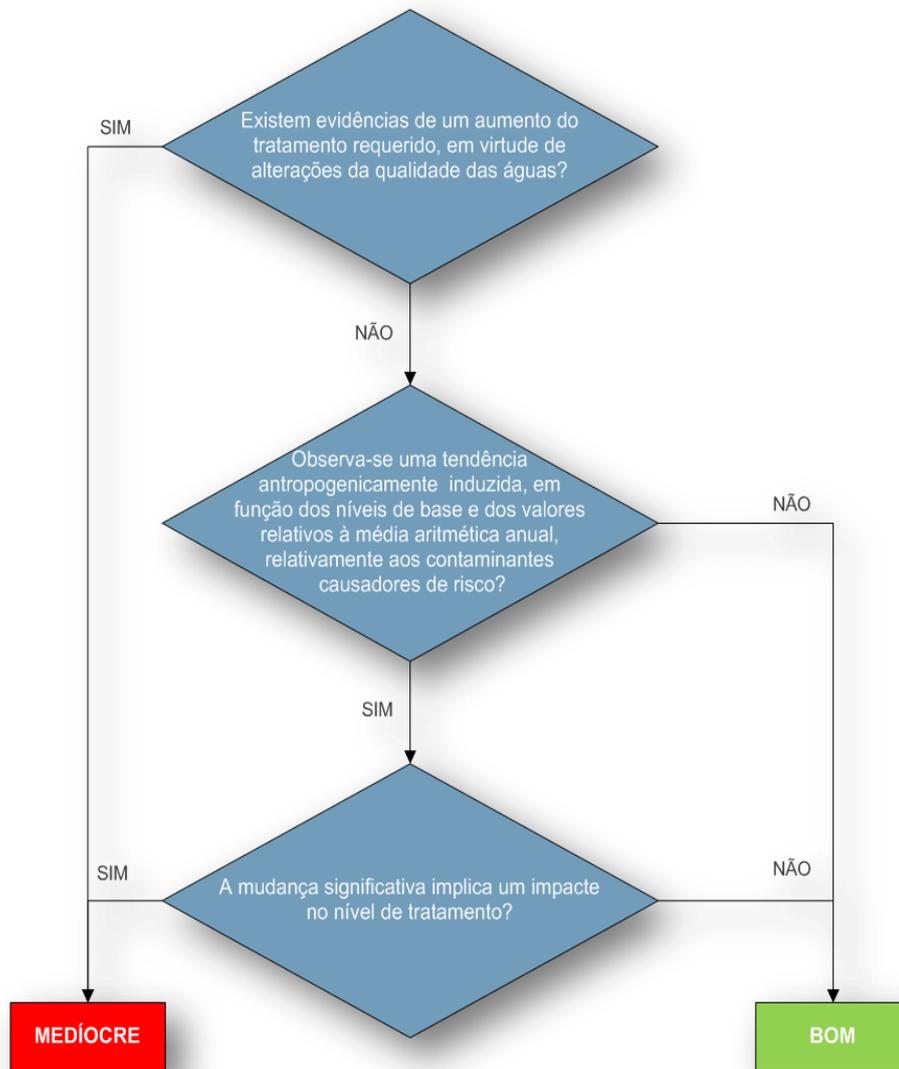
Fonte: adaptado de CEC, 2009

Figura 5.1.14 | Teste de determinação do estado químico com base na transferência de poluentes.



Fonte: adaptado de CEC, 2009

Figura 5.1.15 | Teste de determinação do estado quantitativo com base nos ecossistemas terrestres dependentes.



Fonte: adaptado de CEC, 2009

**Figura 5.1.16** | Teste de determinação do estado químico das massas de água subterrâneas com base nas zonas de proteção de água para consumo humano.

#### 5.1.2.3.2 | Resultados da avaliação do estado químico

No caso da ilha Graciosa os dados relativos ao quimismo das massas de água subterrâneas referem-se ao período em que a rede de monitorização produziu resultados, nomeadamente uma série temporal com início em 2006, embora com hiatos. A reduzida extensão temporal das séries de dados disponíveis à data limitam a análise efetuada no âmbito do presente relatório.

As amostras recolhidas no âmbito da rede de vigilância do estado químico apresentam um pH alcalino, com medianas a variar entre 7,10 e 8,17, e correspondem a águas predominantemente frias a ortotermais (15,5°C a 24,5°C) (Quadro 5.1.16). A mineralização das águas é variável, sendo os valores de mediana da condutividade elétrica mais elevadas na massa de água Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe (1149 - 2850µS/cm), comparativamente às restantes massas monitorizadas, o que resulta do facto de na primeira as águas serem amostradas em furos em que a composição química é influenciada pela mistura com sais marinhos.

A influência deste fenómeno modificador é também demonstrada pelo facto das amostras na massa Plataforma Santa Cruz - Guadalupe patentarem uma tendência cloretada bem marcada, com fácies dominante do tipo cloretada sódica a cloretada sódica magnésiana (Figura 5.1.17). A fácies na amostra da Serra das Fontes é da mesma fácies, o que no caso resultará da influência de sais marinhos transportados por fenómenos atmosféricos, o que será facilitado pelo efeito barreira que o relevo com o mesmo nome pode provocar (Figura 5.1.18). Por seu turno, as amostras recolhidas na Serra Dormida, onde as mineralizações são mais baixas, são dos tipos cloretada bicarbonatada sódica magnésiana a bicarbonatada cloretada sódico magnésiana (Figura 5.1.19). O padrão gráfico dos diagramas de Schoeller respetivos permite verificar que as águas apresentam grande semelhança na composição relativa, diferenciando-se essencialmente pela magnitude de mineralização (Figura 5.1.20 a 5.1.22).

**Quadro 5.1.16** | Valores de mediana apurados para os parâmetros físico-químicos e concentrações em elementos maiores nas águas subterrâneas monitorizadas nas massas de água da ilha Graciosa

Massa de água	Refª PGRHI	Temp °C	pH	OD % de saturação	Cond. (20°C) µS/cm	HCO <sub>3</sub> mg/L	SiO <sub>2</sub> mg/L	SO <sub>4</sub> mg/L	Cl mg/L	Na mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Ca mg/L	NO <sub>3</sub> mg/L
Plataforma Santa Cruz – Guadalupe	GRA.32	20,00	7,15	96,85	2850	108,00	40,00	107,00	898,00	483,00	23,00	70,00	39,00	25,50
	GRA.31	24,50	7,50	99,30	2800	95,50	36,50	81,50	869,00	286,50	11,85	105,00	100,50	16,00
	GRA.30	23,10	7,70	102,20	1149	86,00	37,00	31,00	297,00	217,00	7,90	38,00	36,00	17,00
	GRA.34	20,10	7,10	105,30	1149	86,00	36,00	64,00	480,00	318,00	13,00	44,00	33,00	25,00
Serra das Fontes	GRA.16	18,00	7,80	106,10	979	66,00	34,00	15,80	162,00	75,50	59,35	21,50	18,30	17,00
Serra Dormida	GRA.12	15,50	8,17	101,00	310	102,00	36,00	7,95	49,50	37,50	5,65	9,40	13,50	7,10
	GRA.26	18,00	7,70	97,80	388	105,50	31,50	10,40	60,00	48,00	4,40	12,00	17,00	19,00

Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe

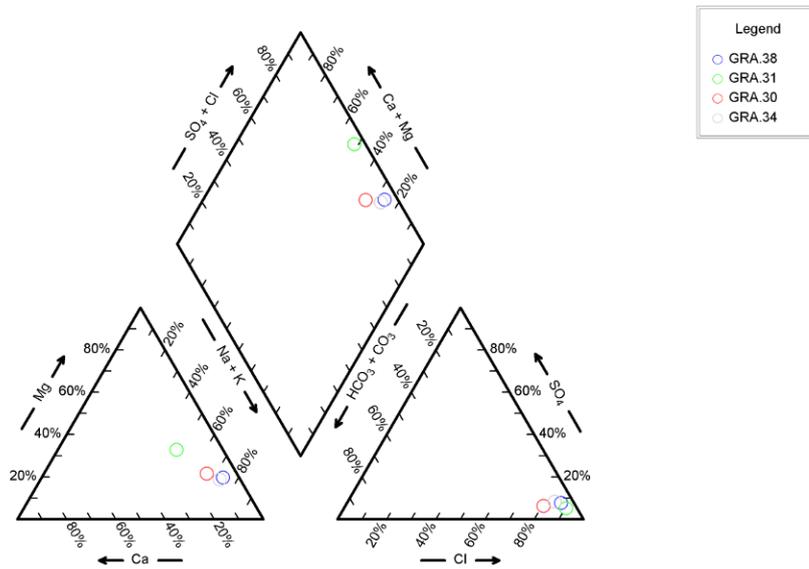


Figura 5.1.17 | Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos).

Serra das Fontes

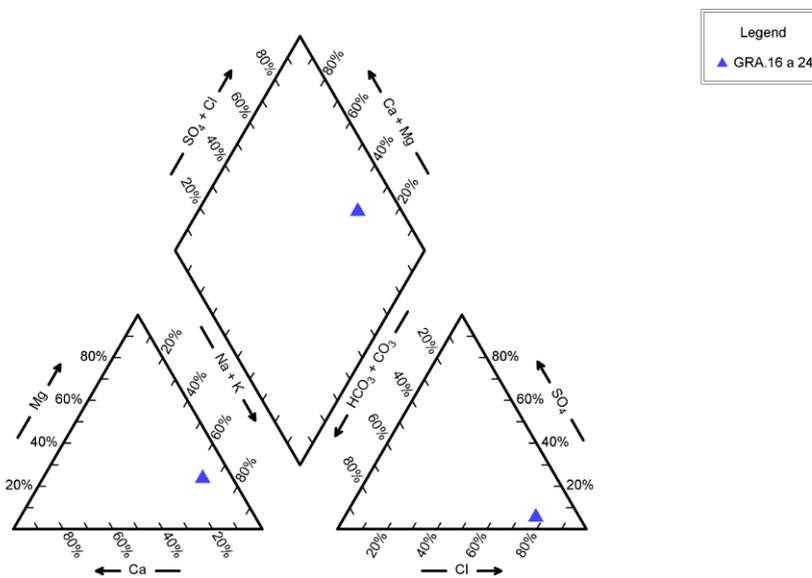
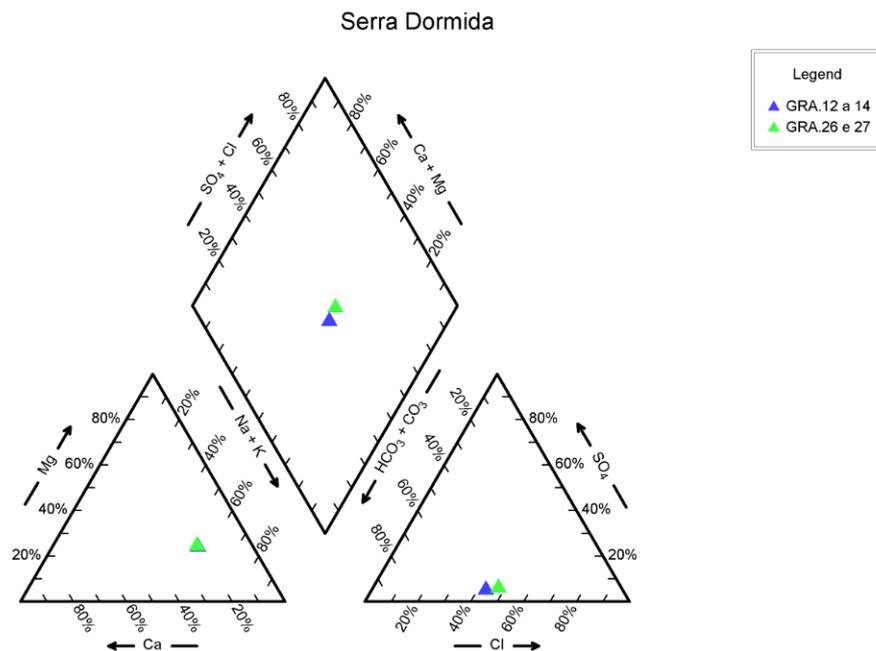
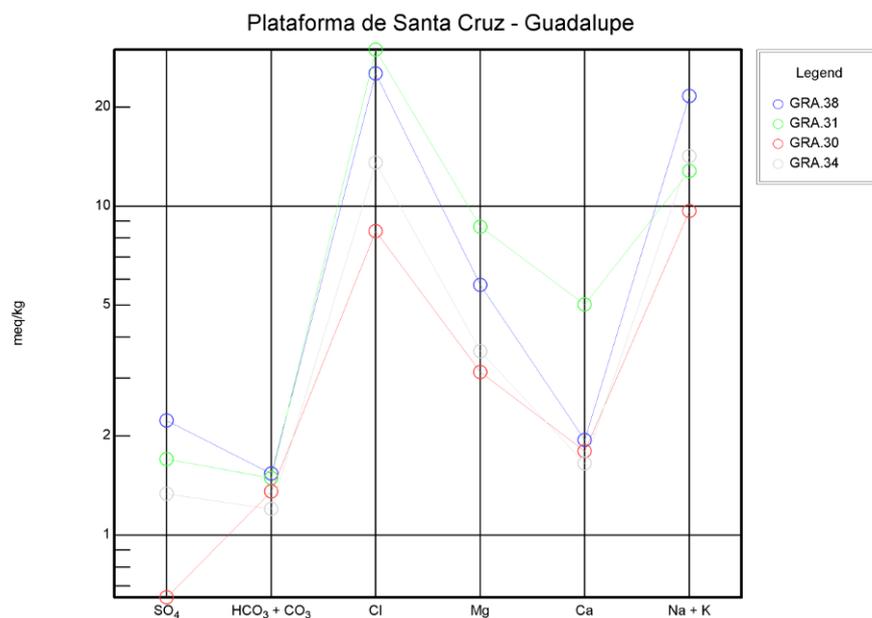


Figura 5.1.18 | Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Serra das Fontes. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos).



**Figura 5.1.19** | Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Serra Dormida. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos).



**Figura 5.1.20** | Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos).

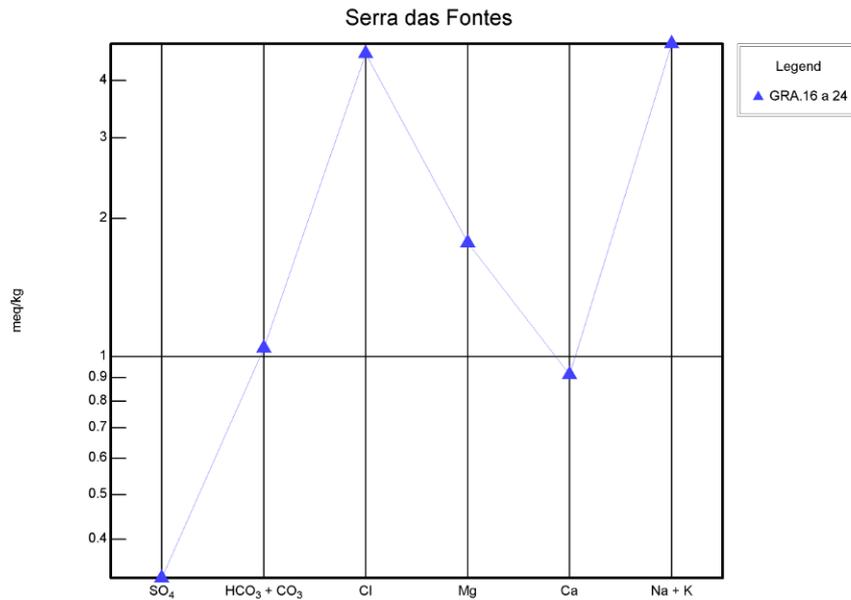


Figura 5.1.21 | Diagrama de Piper relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Serra das Fontes. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos).

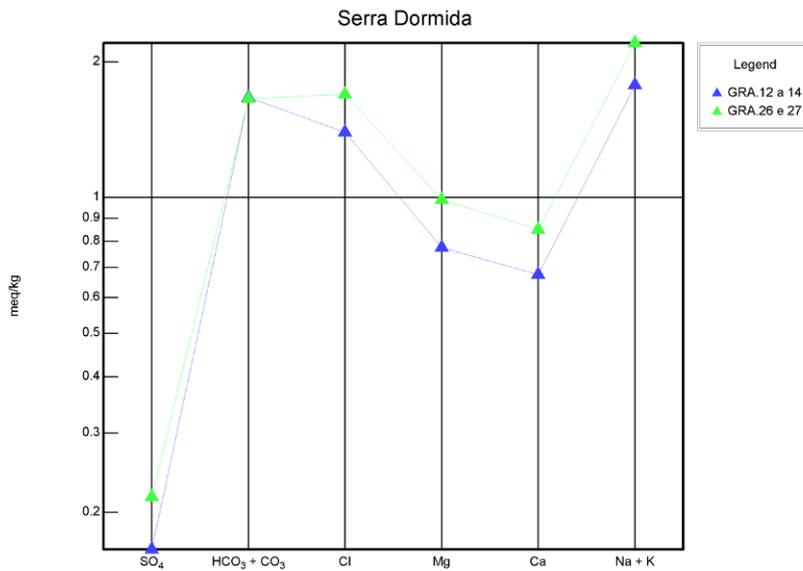


Figura 5.1.22 | Diagrama de Schoeller relativo à mediana da composição química da água monitorizada na massa de água Serra Dormida. (Triângulos – Nascentes; Círculos – Furos).

Para efeitos do tratamento dos dados utilizou-se a metodologia proposta por Grath *et al.* (2001), relativa a um projeto de investigação europeu especificamente devotado às metodologias sobre a caracterização do estado das massas de água e avaliação de tendências. Assim, procedeu-se à agregação espacial dos dados, i.e. a determinação de valores

estatisticamente significativos para toda a massa de água, para o que previamente é necessário efetuar a regularização da informação hidroquímica obtida em cada ponto de água monitorizado.

A regularização dos dados implica o cálculo dos valores médios em cada ponto, o que exige nos casos em que os resultados analíticos referem valores abaixo do limite de deteção (LD) dos métodos laboratoriais aplicados um tratamento específico.

Os valores mínimo ( $MA_0$ ) e máximo ( $MA_{100}$ ) da média dos vários parâmetros nos diversos pontos é calculada por intermédio da aplicação das seguintes expressões numéricas:

$$MA_0 = x_{ijs}^{\min} \frac{1}{n_{ijs} + p_{ijs}} \sum m_{is}$$

$$MA_{100} = x_{ijs}^{\max} = \frac{1}{n_{ijs} + p_{ijs}} \left( \sum_t m_{ts} + \sum_t l_{ts} \right)$$

Em que:

- $n_{ijs}$ , número de dados com o valor  $m_{ijs}$  (no local “s”, no período “j” do ano “i”)
- $p_{ijs}$ , número de dados com o valor abaixo do LD dado por  $l_{ts}$

Na prática  $MA_0$  e  $MA_{100}$  podem estimar-se substituindo os valores nas séries de dados que estão referidos como encontrando-se abaixo do LD respetivamente por 0 e pelo valor do próprio LD, e calcular em cada caso as médias aritméticas. Posteriormente, pode estimar-se o valor médio para o ponto ( $MA_{50}$ ) por:

$$MA_{50} = \frac{MA_0 + MA_{100}}{2}$$

A expressão numérica geral para estimar o valor médio do parâmetro na massa de água é dada por:

$$MA = \frac{1-w}{n} \sum_{s=1}^n x_{ijs}^{\min} + \frac{w}{n} \sum_{s=1}^n x_{ijs}^{\max}$$

Em que:

- $n_{ijs}$ , número de dados com o valor  $m_{ijs}$  (no local “s”, no período “j” do ano “i”);
- $p_{ijs}$ , número de dados com o valor abaixo do LD dado por  $l_{ts}$ ;
- $w$ , fator de ponderação para os valores abaixo do LD.

Para efeitos da determinação de MA utiliza-se usualmente um valor do fator de ponderação igual a 0,5, i.e. o mesmo que substituir os resultados analíticos abaixo do LD por metade deste valor. Neste caso, a expressão numérica resultante é dada por:

$$MA = \frac{1}{n} \sum_{s=1}^n \left( \frac{1}{n_{ijs} + p_{ijs}} \left( \sum_t m_{ts} + \sum_t w l_{ts} \right) \right)$$

O extremo superior do intervalo de confiança para a média a 95% ( $\alpha=0,05$ ) é dada por:

$$CL_{95} = MA + t_{N-1, 1-\alpha/2} \sqrt{N}$$

O valor de  $CL_{95}$  depende do número de pontos monitorizados e da variabilidade das medições entre eles. Genericamente, a diferença entre MA e o valor de  $CL_{95}$  é tanto maior quanto mais acentuada for a heterogeneidade das observações efetuadas nos vários pontos de água monitorizados na massa de água.

Grath *et al.* (2001) propõem que se utilize o valor de  $CL_{95}$  na verificação do Bom estado químico, considerando um teste em que a hipótese nula pressupõe que este não é atingido (por parâmetro a verificar):

- $H_0$ : a massa de água não está em Bom estado, i.e. o valor médio ultrapassa o valor regulamentar/limiar;
- $H_1$ : a massa de água está em Bom estado, i.e. o valor médio não ultrapassa a valor regulamentar/limiar.

A hipótese  $H_1$  é considerada como provada a um nível de significância  $\alpha/2$  se o extremo superior do intervalo de confiança  $1-\alpha$  ( $\alpha=0,05$ ) é inferior ao valor regulamentar/limiar aplicável.

A utilização do  $CL_{95}$  pode ser feita a partir de três pontos de água monitorizados, o que se revela vantajoso, na medida que para a utilização do valor MA seja estatisticamente significativa implica pelo menos uma rede de monitorização na massa de água com 10 pontos.

No caso da condutividade elétrica e da concentração dos elementos maiores (sódio, magnésio, cálcio, potássio, bicarbonato, sulfato, cloreto e nitrato), e para a esmagadora maioria das análises químicas disponíveis, não são referenciados valores abaixo do limite de deteção. Em consequência, e para os parâmetros relevantes para a avaliação, calculou-se a média aritmética em cada ponto pela forma usual.

Face aos dados existentes, na ilha Graciosa foi possível estimar o valor de  $CL_{95}$  apenas para a massa de água Plataforma Santa Cruz - Guadalupe, verificando-se que ocorre a ultrapassagem do valor critério relativo à condutividade elétrica e ao cloreto, sendo patente, face aos valores listados no Quadro 5.1.15, que o próprio MA50 dos vários pontos monitorizados também excede o limite. Esta situação denota a captação de água com maior fração de sais marinhos, e optou-se por atribuir a classificação de estado Medíocre a esta massa de água. Não se procedeu à subdivisão da massa de água, pois a informação geológica e hidrogeológica não se revelou suficiente. Salienta-se, ainda, que esta questão da salinização da água subterrânea nesta massa de água já tinha sido identificada em outros trabalhos (Cruz *et al.* 2010a, 2010b).

No que respeita às massas de água Serra Dormida e Serra das Fontes, não tendo sido possível realizar o cálculo CL<sub>95</sub> por falta de pontos de monitorização em número suficiente, optou-se por apresentar os valores de MA50 para os locais da rede existente, o que permite verificar que não ultrapassam os valores critério, e manter a designação de Bom estado, o que não contraria as disposições legais aplicáveis (Quadro 5.1.17). Os dados existentes relativos ao ponto GRA.3 não permitiram, após o respetivo tratamento, a sua utilização.

Para as massas de água Compósito, C.Barro Branco Folga e Luz – Rebentão da Lagoa, ainda não monitorizadas, optou-se por manter a designação de Bom estado anteriormente atribuída no relatório síntese de caracterização da RH9 (DROTRH, 2006), bem como realizar os testes qualitativos, o que também em nada colide com o exigido pela legislação.

Os valores critério (VC) referidos no Quadro 5.1.17 foram estabelecidos com base nos valores regulamentares e limiares, adotados no primeiro caso a partir da legislação em vigor (Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro), e no segundo caso segundo a proposta do INAG, 2009, considerando uma excedência máxima de 20% (CEC, 2009).

Este limite de excedência é calculado sobre 75% do valor regulamentar/limiar de referência, na medida que esta proporção corresponde ao valor a partir do qual uma massa de água está em risco de não atingir os objetivos ambientais (Grath *et al.* 2001). Aliás, no próprio Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro, considera-se que 75% dos valores regulamentares/limiares corresponde ao ponto de partida para a reversão de eventuais tendências. Como resultante, o VC resulta da multiplicação dos valores limiares/regulamentares por 0,9 (i.e. igual a VL x 0,75 x 1,2).

Nos Quadros 5.1.18 a 5.1.22 apresentam-se os resultados relativos aos vários testes efetuados, concluindo-se que na generalidade as massas de água da ilha Graciosa se encontram em Bom estado químico, com exceção da massa de água Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe (Figura 5.1.23). Em qualquer caso não foram encontrados impactes sobre eventuais massas de água de superfície associadas ou sobre ecossistemas terrestres dependentes.

**Quadro 5.1.17** | Avaliação dos resultados da monitorização do estado químico (n.d. – não determinado; VC – valor critério; VL – valor limiar (INAG, 2009))

Massa de água	Ponto (Refª)	Parâmetros monitorizados													Estado
		pH	Cond (µS/cm)	Cl (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> (µg/L)	Pb (µg/L)	Cd (µg/L)	As (µg/L)	Hg (µg/L)	Pest (µg/L)	TCE (µg/L)	PCE (µg/L)	
Plataforma Santa Cruz - Guadalupe	GRA.30	7,70	1149	297,00	31,00	17,00	10,0	2,5	0,3	2,5	0,1	n.d.	n.d.	n.d.	Medíocre
	GRA.31	7,57	3353	1059,00	81,50	15,00	16,7	2,8	0,3	2,0	0,1	n.d.	n.d.	n.d.	
	GRA.32	7,15	2850	898,00	107,00	25,50	10,0	2,5	0,3	2,5	0,1	n.d.	n.d.	n.d.	
	GRA.34	7,10	1149	480,00	64,00	25,00	10,0	89,0	2,1	2,5	0,1	n.d.	n.d.	n.d.	
	MA	7,38	2125	683,50	70,88	20,63	11,7	24,2	0,7	2,4	0,1	n.d.	n.d.	n.d.	
	CL <sub>95</sub>	7,86	3949	1248,10	121,65	29,23	17,0	92,9	2,2	2,8	0,1	n.d.	n.d.	n.d.	
Sequência Hidromagnética	GRA.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	n.d.	n.d.	n.d.	Bom
	MA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	n.d.	n.d.	n.d.	
	CL <sub>95</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	n.d.	n.d.	n.d.	

Massa de água	Ponto (Refª)	Parâmetros monitorizados													Estado
		pH	Cond (µS/cm)	Cl (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> (µg/L)	Pb (µg/L)	Cd (µg/L)	As (µg/L)	Hg (µg/L)	Pest (µg/L)	TCE (µg/L)	PCE (µg/L)	
Serra das Fontes	GRA.16	7,77	785	162,00	15,80	17,00	10,0	2,8	0,3	2,0	0,1	n.d.	n.d.	n.d.	Bom
	MA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	n.d.	n.d.	n.d.	
	CL <sub>95</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	n.d.	n.d.	n.d.	
Serra Dormida	GRA.12	8,23	311	49,50	7,95	5,93	10,0	2,8	0,3	2,0	0,2	n.d.	n.d.	n.d.	Bom
	GRA.26	7,71	393	60,00	10,40	22,33	13,3	2,8	1,7	2,0	0,1	n.d.	n.d.	n.d.	
	MA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	n.d.	n.d.	n.d.	
	CL <sub>95</sub>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	n.d.	n.d.	n.d.	
VC		5,5-9	2250	225	225	45	450	9	4,5	9	0,9	0,45	0,18	0,27	
VL		5,5-9	2500	250	250	50	500	10	5	10	1	0,5	0,2	0,3	

Quadro 5.1.18 | Resultados do teste da avaliação geral do estado químico (não aplicável)

Massa de água	O valor médio em qualquer ponto de monitorização na massa de água subterrânea excede os limiares ou os normativos aplicáveis ?	É necessário subdividir o grupo de massas de água subterrâneas, melhora a delimitação e tratar individualmente como massas independentes?	A extensão da excedência relativamente aos limiares ou aos normativos excede os 20%?	Outras avaliações comprovam que a massa de água subterrânea se encontra em Bom estado?	Estado
Sequência Hidro. Superior	Não	Não	Não	n.a.	Bom
Serra Branca	Não	Não	Não	n.a.	Bom
Serra das Fontes	Não	Não	Não	n.a.	Bom
Serra Dormida	Não	Não	Não	n.a.	Bom
Plat. Sta. Cruz - Guadalupe	Sim	n.a.	Sim	n.a.	Medíocre
Compósito	Não	Não	Não	n.a.	Bom
C. Barro Branco	Não	Não	Não	n.a.	Bom
Folga	Não	Não	Não	n.a.	Bom
Luz – Rebentão da Lagoa	Não	Não	Não	n.a.	Bom

**Quadro 5.1.19** | Resultados do teste das intrusões salinas ou outras

Massa de água	Existem evidências de ocorrência de pressão, demonstrada por uma avaliação quantitativa?	O valor médio em qualquer ponto de monitorização excede os limiares (ex. Condutividade elétrica; Cl; SO <sub>4</sub> ) ou os normativos aplicáveis?	Existe alguma tendência estatisticamente significativa de aumento num ou mais pontos de monitorização?	Existe algum impacto significativo nalgum ponto de captação de águas subterrâneas?	Estado
Sequência Hidro. Superior	Não	Não	Não	Não	Bom
Serra Branca	Não	Não	Não	Não	Bom
Serra das Fontes	Não	Não	Não	Não	Bom
Serra Dormida	Não	Não	Não	Não	Bom
Plat. Sta. Cruz - Guadalupe	Não	Sim	Não	Sim	Mediocre
Compósito	Não	Não	Não	Não	Bom
C. Barro Branco	Não	Não	Não	Não	Bom
Folga	Não	Não	Não	Não	Bom
Luz – Rebentão da Lagoa	Não	Não	Não	Não	Bom

**Quadro 5.1.20** | Resultados do teste da transferência de poluentes

Massa de água	A massa de água encontra-se num estado inferior a “bom” e observa-se uma contribuição da massa de água subterrânea?	O valor observado em qualquer ponto de monitorização da massa de água subterrânea excede os limiares ou os normativos aplicáveis tendo em conta a média relativa aos parâmetros responsáveis pelo risco na massa de água de superfície associada?	Os valores em excedência observam-se numa área em que a transferência para a massa de água de superfície seja possível?	A contribuição das águas subterrâneas para a massa de água de superfície excede 50% da carga poluente observada nesta última?	Estado
Sequência Hidro. Superior	Não	Não	Não	Não	Bom
Serra Branca	Não	Não	Não	Não	Bom
Serra das Fontes	Não	Não	Não	Não	Bom
Serra Dormida	Não	Não	Não	Não	Bom
Plat. Sta. Cruz - Guadalupe	Não	Não	Não	Não	Bom
Compósito	Não	Não	Não	Não	Bom
C. Barro Branco	Não	Não	Não	Não	Bom
Folga	Não	Não	Não	Não	Bom
Luz – Rebentão da Lagoa	Não	Não	Não	Não	Bom

Quadro 5.1.21 | Resultados do teste dos ecossistemas terrestres dependentes

Massa de água	Existe algum ecossistema terrestre dependente significativamente danificado e que interaja com a massa de água subterrânea?	O valor observado em qualquer ponto de monitorização da massa de água subterrânea excede os limiares ou os normativos aplicáveis tendo em conta a média relativa aos parâmetros responsáveis pelos danos no ecossistema terrestre dependente?	Os valores em excedência observam-se numa área em que a transferência para o ecossistema terrestre dependente seja possível?	A carga poluente transferida a partir da massa de água subterrânea e a concentração resultante causa danos no ecossistema terrestre dependente?	Estado
Sequência Hidro. Superior	Não	Não	Não	Não	Bom
Serra Branca	Não	Não	Não	Não	Bom
Serra das Fontes	Não	Não	Não	Não	Bom
Serra Dormida	Não	Não	Não	Não	Bom
Plat. Sta. Cruz - Guadalupe	Não	Não	Não	Não	Bom
Compósito	Não	Não	Não	Não	Bom
C. Barro Branco	Não	Não	Não	Não	Bom
Folga	Não	Não	Não	Não	Bom
Luz – Rebentão da Lagoa	Não	Não	Não	Não	Bom

Quadro 5.1.22 | Resultados do teste relativo às zonas de proteção de água para consumo humano

Massa de água	Existem evidências de um aumento do tratamento requerido, em virtude de alterações da qualidade das águas?	Observa-se uma tendência antropogenicamente induzida, em função dos níveis de base e dos valores relativos à média aritmética anual, relativamente aos contaminantes causadores de risco?	A mudança significativa implica um impacto no nível de tratamento?	Estado
Sequência Hidro. Superior	Não	Não	Não	Bom
Serra Branca	Não	Não	Não	Bom
Serra das Fontes	Não	Não	Não	Bom
Serra Dormida	Não	Não	Não	Bom
Plat. Sta. Cruz - Guadalupe	Não	Não	Não	Bom
Compósito	Não	Não	Não	Bom
C. Barro Branco	Não	Não	Não	Bom
Folga	Não	Não	Não	Bom
Luz – Rebentão da Lagoa	Não	Não	Não	Bom

Relativamente aos poluentes que implicam que a massa de água Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe seja classificada como medíocre, nomeadamente a condutividade elétrica e o cloreto, não se procedeu à tentativa de

identificação de eventuais tendências significativas estatisticamente de aumento. Com efeito, não se dispunha de séries temporais suficientemente extensas para aplicar a metodologia proposta por Grath *et al.* (2001) ao caso referido.

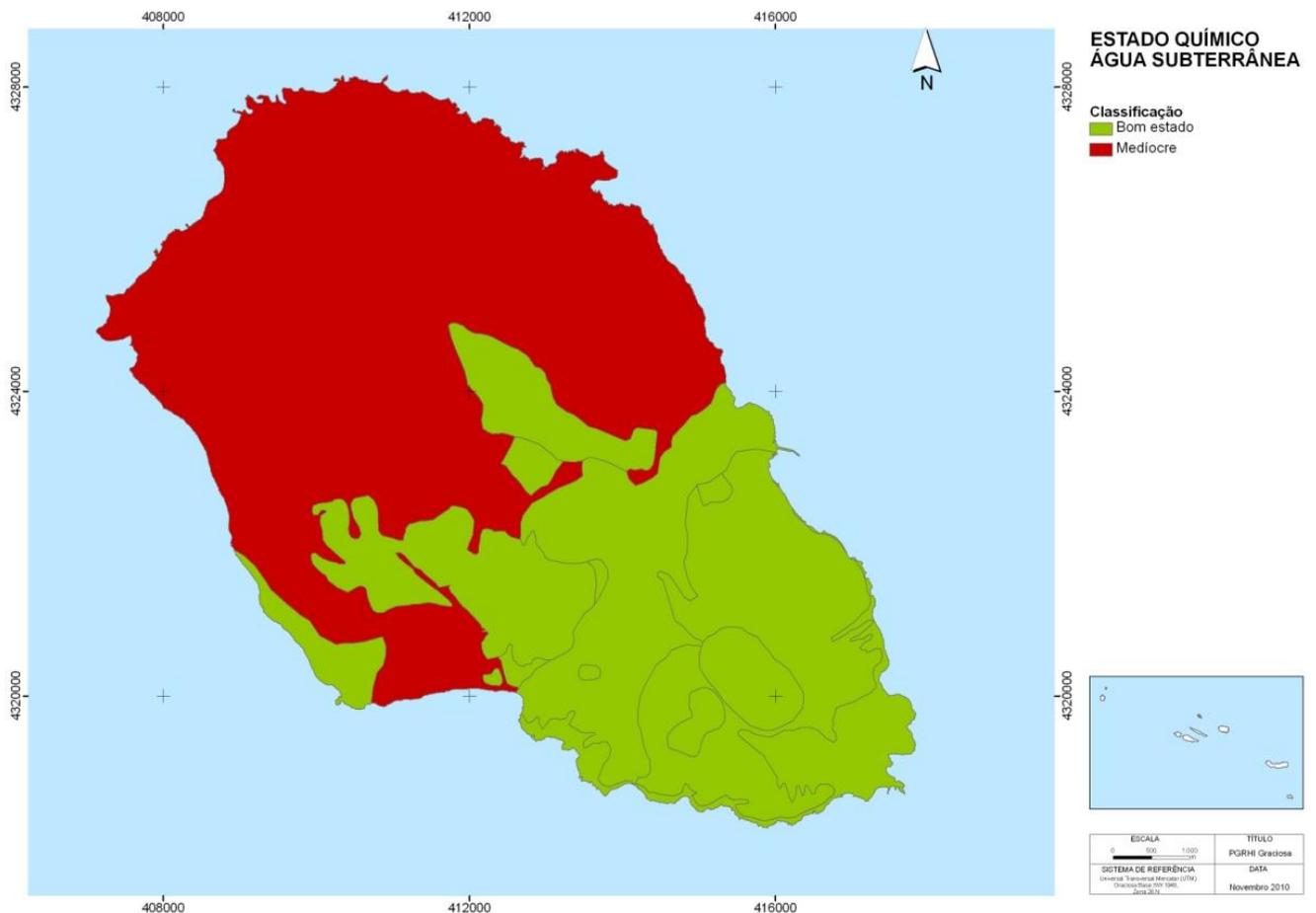


Figura 5.1.23 | Classificação do estado químico das massas de água subterrâneas na ilha Graciosa.

#### 5.1.2.4 | Síntese

A designação do estado de uma massa de água subterrânea resulta da classificação mais adversa observada no decurso da avaliação dos estados quantitativo e químico. Face aos resultados obtidos, a conclusão obtida é que todas as massas de água subterrâneas delimitadas na ilha Graciosa se encontram em Bom estado, com exceção da massa Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe. No caso desta última o estado químico foi classificado como medíocre (Figura 5.1.24).

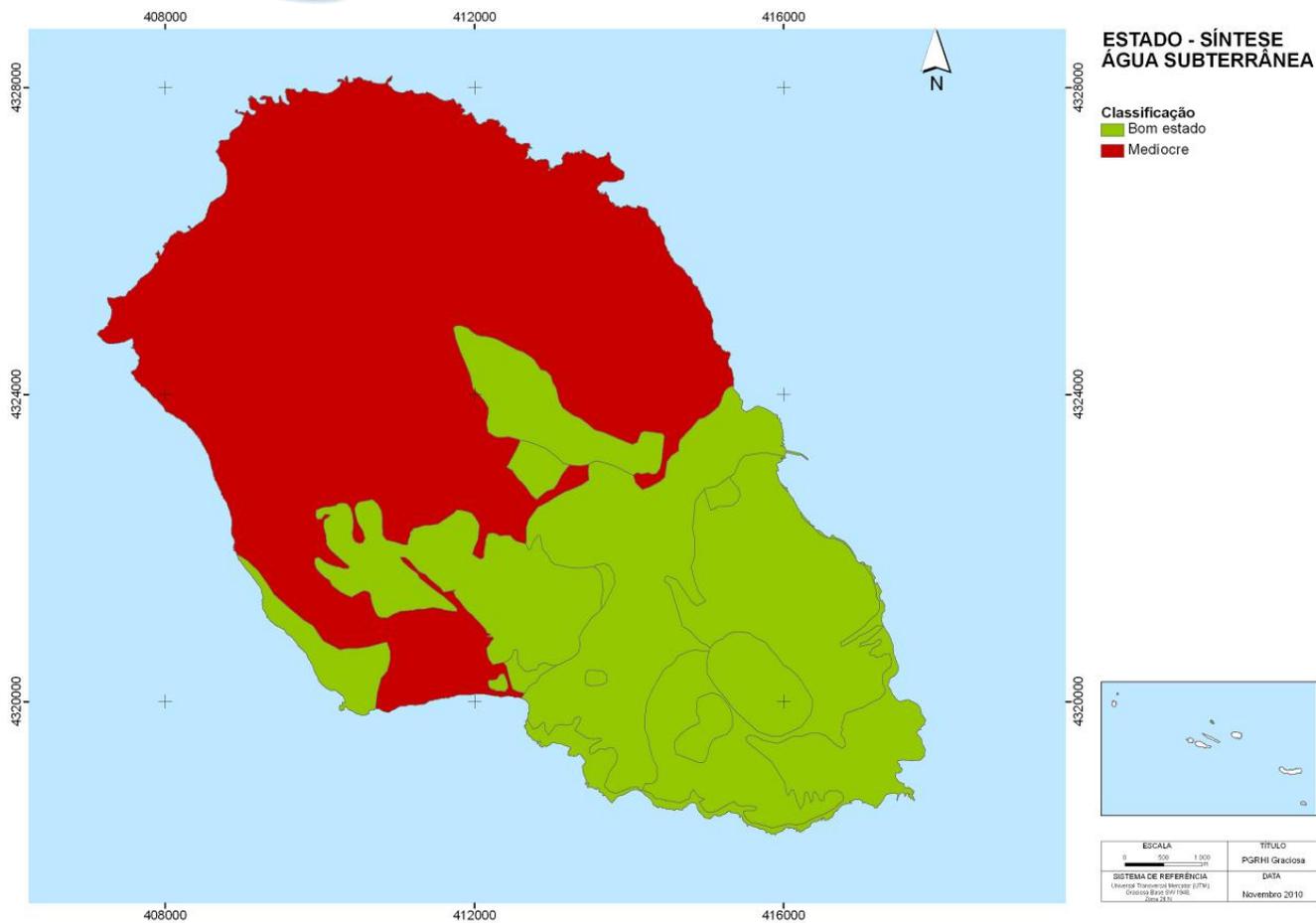


Figura 5.1.24 | Síntese do estado das massas de água subterrâneas da ilha Graciosa.

## 6 | Análise Económica da Água

Este capítulo centra-se numa avaliação do grau de aplicação dos dois princípios chave consagrados na Diretiva-Quadro da Água:

- O princípio da recuperação de custos dos serviços hídricos (incluindo, além dos custos de capital, de operação e de manutenção, os custos ambientais e de recurso);
- O princípio do poluidor-pagador, vertido n.º 1 do artigo 9.º desta diretiva.

A análise económica dos serviços hídricos da ilha Graciosa visa numa primeira instância caracterizar a situação de partida atual, procurando, num segundo plano, perspetivar os desafios futuros que se colocam atendendo às previsões a longo prazo da oferta e da procura de água e respetiva evolução dos seus usos.

Em concreto, as projeções da evolução dos custos dos serviços hídricos, tendo em atenção o princípio da sua recuperação através de tarifas ajustadas à utilização e afetação eficiente destes recursos, serão relevantes para uma análise de sustentabilidade, não apenas numa ótica estritamente financeira, mas igualmente do ponto de vista ambiental e social.

### 6.1 | Avaliação da importância socioeconómica das utilizações da água

A análise das necessidades de água é aqui decomposta em três subsectores chave: atividades agropecuárias, atividades industriais e usos domésticos, sendo que no caso da ilha Graciosa, estes dois últimos são essencialmente servidos a partir de sistemas públicos de abastecimento.

#### 6.1.1 | Atividades agropecuárias

Atendendo a que cerca de 70% das explorações agropecuárias no arquipélago açoriano são ocupadas por pastagens permanentes, as necessidades do setor pecuário assumem clara predominância, destacando-se a criação de gado bovino para a produção de leite e carne. Na generalidade das ilhas açorianas, as necessidades de água para a pecuária são satisfeitas por captações próprias, na grande maioria por nascentes.

Comparativamente aos volumes distribuídos através de redes públicas, as necessidades agropecuárias na ilha Graciosa apresentam uma relação de 1 para 1, proporção essa relativamente próxima da média da região, a qual contrasta com a média nacional, em que esta relação se situa em torno de 7 para 1.

práticas agrícolas tradicionais e a agricultura biológica em detrimento das práticas industriais, tenderá a traduzir-se numa redução dos efetivos pecuários onde o encabeçamento seja hoje excessivo.

Em termos de necessidades de água, a agricultura da Região é pouco importante, mesmo marginal, quando comparada com a pecuária. Com efeito, o regadio é praticamente nulo, existindo apenas pequenas propriedades, hortas e pomares particulares, que são regados nos meses de verão. Assim, durante o período de estiagem, quando as nascentes deixam de satisfazer as necessidades, é natural recorrer-se à rede de abastecimento pública com o objetivo de suprimir essas

carências suplementares, no que toca particularmente à rega de pequenas hortas e pomares. Uma vez que os valores que lhe estão associados são bastante pequenos, estes são habitualmente contabilizados como consumos domésticos.

**Quadro 6.1.1** | Necessidades anuais de água para a agropecuária<sup>27</sup>

Territórios		R.A. Açores	Graciosa
Municípios	Unidades	Total	Santa Cruz da Graciosa
Estimativa de população residente (hab) 2007	('000hab)	244,8	4,9
<b>Necessidades agropecuárias</b>			
2004	000m <sup>3</sup>	10 005	251
2027	000m <sup>3</sup>	9 325	219
Capitação 2004	m <sup>3</sup> /hab/ano	41	50

Em termos prospetivos, é expectável uma gradual redução de necessidades em resultado de tendências de maior especialização na agricultura biológica e o conseqüente aumento de produção de produtos hortícolas e leguminosas (Quadro 6.1.1).

## 6.1.2 | Atividades industriais

As indústrias agroalimentares representam cerca de 80% da produção industrial, entre as quais predominam os laticínios. A maioria das empresas são micro-empresas disseminadas no território, ainda que nas ilhas de São Miguel, Terceira e São Jorge se tenha procurado prosseguir uma política de progressão de atividades em zonas industriais.

A maior parte do abastecimento às instalações industriais é realizado com recurso à rede de distribuição de água, existindo no arquipélago apenas 16 indústrias que recorrem a captações próprias, constituídas principalmente por furos.

No caso da ilha Graciosa, os usos industriais apresentam uma relação de 1 para 5 face aos usos agropecuários, proporção inferior à média da região, embora a intensidade de consumo seja significativamente maior na freguesia de Santa Cruz das Flores. Em termos prospetivos, é expectável uma estabilidade nas necessidades deste setor (Quadro 6.1.2).

**Quadro 6.1.2** | Necessidades anuais de água para as atividades industriais<sup>2</sup>

Territórios		R.A. Açores	Graciosa
Municípios	Unidades	Total	Santa Cruz da Graciosa
Estimativa de população residente (hab) 2007	('000hab)	244,8	4,9
<b>Necessidades de água para consumo industrial</b>			
2004	000m <sup>3</sup>	4 660	51
2024 Cenário prospetivo médio	000m <sup>3</sup>	4 731	48
Capitação 2004	m <sup>3</sup> /hab/ano	19	10

<sup>27</sup> Fonte: "Estudo de Conceção Geral do Sistema Integrado de Abastecimento de água e Saneamento de Águas Residuais da Região Autónoma dos Açores". Para o horizonte a longo prazo foi considerado o cenário prospetivo médio

De acordo com dados mais recentes<sup>28</sup>, e entrando em linha de conta com consumos do Comércio e dos Serviços Públicos, verifica-se que os usos não domésticos globais ascenderam em 2009 a 110 mil m<sup>3</sup>, embora os usos industriais continuem a representar a maioria dos mesmos.

### 6.1.3 | Usos domésticos

Sendo os serviços públicos de abastecimento o principal consumidor de água na ilha Graciosa, as necessidades da população fixa representam cerca de 80% do uso deste serviço, proporção similar à média nacional estimada em 85%. As necessidades associadas à hotelaria tradicional têm uma expressão pouco significativa (Quadro 6.1.3).

**Quadro 6.1.3 |** Necessidades anuais de água para os usos domésticos<sup>3</sup>

Territórios	Unidades	R.A. Açores	Graciosa
		Total	Santa Cruz da Graciosa
Estimativa de população residente (hab.) 2007	('000hab.)	244,8	4,9
Necessidades globais dos usos urbanos e industriais - 2006	000m <sup>3</sup>	18 875	279
Necessidades da população fixa - 2006	000m <sup>3</sup>	13 386	220
% dos usos urbanos e industriais - 2006	%	71%	79%
Necessidades da população fixa - 2027	000m <sup>3</sup>	16 318	219
% dos usos urbanos e industriais - 2027	%	71%	79%
Capitação população fixa 2006	m <sup>3</sup> /hab/ano	55	45
Necessidades da população flutuante - 2006	000m <sup>3</sup>	824	9
% dos usos urbanos e industriais - 2006	%	4%	3%

Em termos prospetivos, o “*Estudo de Conceção Geral do Sistema Integrado de Abastecimento de água e Saneamento de águas Residuais da Região Autónoma dos Açores*”, projeta a 20 anos uma estabilidade nos consumos domésticos na ilha Graciosa, sendo que dados mais recentes da entidade gestora confirmam consumos similares aos quantificados para 2006 (235 mil m<sup>3</sup>), embora mais elevados para os consumidores não domésticos, o que se traduz em necessidades globais dos usos urbanos e industriais na ordem dos 335 mil m<sup>3</sup> em 2009.

### 6.1.4 | Procura global de água

As necessidades globais brutas (incluindo perdas nas redes de abastecimento) de água na ilha Graciosa são assim estimadas próximo dos 750 mil m<sup>3</sup>/ano, sendo que os serviços públicos de abastecimento representam mais de metade das necessidades. (Figura 6.1.1).

<sup>28</sup> Fonte: CMSCG – Inquérito PGRHI, 2010

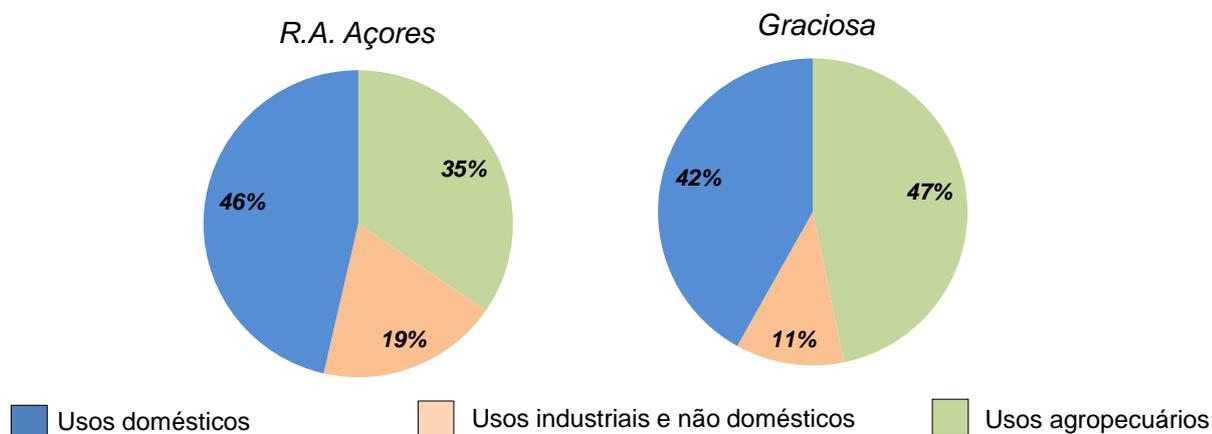


Figura 6.1.1 | Necessidades anuais globais brutas de água por setor -2006.

O gradual decréscimo vertido nas projeções a longo prazo reflete quer uma ligeira redução das necessidades do setor agropecuário, quer os pressupostos de redução de perdas nas redes públicas utilizados nas projeções a longo prazo (dos atuais 30% para níveis entre 15 a 20% da água captada) (Figura 6.1.1).

Quadro 6.1.4 | Necessidades anuais globais brutas de água<sup>3</sup>

Territórios	Unidades	R.A. Açores	Graciosa
		Total	Santa Cruz da Graciosa
Estimativa de população residente (hab.) 2007	('000hab.)	244,8	4,9
Necessidades globais brutas de todos os usos - 2006		41 205	749
Capitação 2006	m <sup>3</sup> /hab/ano	168	153
Necessidades globais brutas de todos os usos - 2027		39 097	602
Variação 2006-2027	%	-5%	-20%
Necessidades globais brutas dos usos urbanos e industriais - 2006		26 964	399
Capitação 2006	m <sup>3</sup> /hab/ano	110	81
Necessidades globais brutas dos usos urbanos e industriais - 2027		27 760	335
Variação 2006-2027	%	3%	-16%

## 6.2 | Nível de recuperação custos

### 6.2.1 | Enquadramento

De acordo com a Diretiva-Quadro da Água, a definição do preço da água deve considerar não apenas o princípio de recuperação dos custos dos serviços de utilização da água, mas também as diversas externalidades associadas à utilização do recurso (custos ambientais e de escassez), uma vez que a sua internalização total ou parcial nas taxas e

tarifas (preço-sombra do recurso água) conduzem a uma maior racionalidade na utilização dos recursos hídricos (INAG, 2001).

Neste contexto, e aplicando a Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro), foi aprovado o REF cujas componentes contemplam uma estimativa dos custos ambientais e de escassez. Com efeito o REF dos recursos hídricos (Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho) constitui um instrumento da maior importância na concretização dos princípios que dominam a Lei da Água, vindo reconhecer que, os instrumentos económicos e financeiros são fundamentais para a racionalização do aproveitamento dos recursos hídricos, uma vez que existem custos públicos e benefícios particulares muito significativos e a compensação dos custos e benefícios associados à utilização dos recursos hídricos constitui uma exigência elementar de igualdade tributária.

O REF na prática resulta na implementação dos seguintes instrumentos económicos e financeiros:

- Sistemas Tarifários;
- Contratos Programa;
- Taxa de Recursos Hídricos (TRH).

A TRH constitui um dos instrumentos essenciais deste diploma e uma das mais importantes inovações de que ele é portador. Nas diversas componentes que a integram, a TRH assenta num princípio de equivalência, o que implica que o utilizador dos recursos hídricos deve contribuir na medida do custo que imputa à comunidade ou na medida do benefício que a comunidade lhe proporciona, uma concretização da igualdade tributária que as ciências do ambiente traduzem geralmente pelas noções do utilizador -pagador e do poluidor-pagador.

A TRH pretende conter diferenciações variadas, algumas procurando refletir o diferente contributo que cada setor económico deve dar para a gestão sustentável dos recursos hídricos, outras procurando refletir a escassez variada que os recursos hídricos mostram ao longo do território continental nacional, e ainda outras procurando acautelar grupos de utilizadores em posição de maior carência económica e social. Deste modo, é definido que a TRH será maioritariamente dirigida aos utilizadores de maior dimensão, que consomem os recursos hídricos com maior intensidade e provocam um desgaste ambiental mais elevado.

A TRH incide sobre diferentes utilizações dos recursos hídricos, denominadas pelo Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, como componentes.

O cálculo da TRH considera, assim, a soma de cinco componentes:

- A - referente à utilização privativa de águas do domínio público hídrico do Estado;
- E - referente à descarga, direta ou indireta, de efluentes sobre os recursos hídricos, suscetível de causar impacto significativo;
- I - referente à extração de materiais inertes do domínio público hídrico do Estado;
- O - referente à ocupação de terreno ou planos de água do domínio público hídrico do Estado;

- U - referente à utilização de águas, qualquer que seja a sua natureza ou regime legal, sujeitas a planeamento e gestão públicos, suscetível de causar impacte significativo.

No caso de uma eventual aplicação futura de um instrumento similar à RAA, assume relevância a experiência da sua aplicação em 2009 (primeiro ano de aplicação integral da TRH) no Continente. Em concreto, atendendo a que o produto de aplicação desta taxa se situou num patamar de cerca de €4,5/ habitante, temos que igual valor transposto para o contexto da região autónoma representaria um valor anual de €1,1 milhões, equivalente a 5% das receitas tarifárias dos serviços públicos de abastecimento e saneamento geradas no arquipélago.

Os *contratos-programa* têm, por sua vez, como objetivo principal, apoiar, técnica ou financeiramente, ações que melhorem a sustentabilidade da gestão da água, nas seguintes áreas:

- Introdução de novas tecnologias visando a maximização da eficiência na utilização da água e a diminuição do potencial contaminante de emissões poluentes;
- Instalação de tecnologias de informação, de comunicação e de gestão automática de sistemas de gestão de recursos hídricos;
- Introdução de técnicas de autocontrolo e monitorização na utilização de água e na emissão de poluição sobre os recursos hídricos;
- Construção de infraestruturas hidráulicas;
- Construção de sistemas de abastecimento de água, de drenagem e tratamento de águas residuais e suas componentes;
- Trabalhos de manutenção e recuperação das margens dos cursos de água e das galerias ripícolas.

Por último, a *definição dos sistemas tarifários* dos serviços públicos de águas visando incentivar a utilização consciente e eficiente dos recursos hídricos constitui o terceiro instrumento previsto no REF, vindo reforçar o ordenamento jurídico já existente.

Está consagrado no ordenamento comunitário e na legislação nacional, designadamente na Lei da Água e na Lei das Finanças Locais (Lei n.º 2/2007, de 15 de janeiro), o princípio da recuperação dos custos, nos termos do qual os tarifários dos serviços de águas e resíduos devem permitir a recuperação tendencial dos custos económicos e financeiros decorrentes da sua provisão, em condições de assegurar a qualidade do serviço prestado e a sustentabilidade das entidades gestoras, não passando para a próxima geração o ónus do envelhecimento precoce das infraestruturas.

Tratando-se de serviços prestados em regime de monopólio, acresce a preocupação de assegurar que as entidades gestoras operam num cenário de eficiência e melhoria contínua de forma a não penalizar indevidamente os utilizadores com custos resultantes de uma ineficiente gestão dos sistemas.

Nos casos em que estes serviços são prestados em modelo de gestão direta, em particular no caso de serviços municipais, adquire especial importância a mitigação de eventuais práticas de subsídio cruzada entre estes serviços e outras atividades desenvolvidas pelas entidades gestoras.

Assim, no apuramento dos proveitos e custos relativos a cada um destes serviços deve-se procurar assegurar, num primeiro plano, a segregação dos serviços de águas de outras atividades desenvolvidas pelas entidades gestoras, quando aplicável, e num segundo plano, a segregação do serviço de abastecimento de água do serviço de saneamento de águas residuais urbanas.

## 6.2.2 | Panorama da Região Autónoma dos Açores

De acordo com os dados da última campanha do Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais (INSAAR), o grau de recuperação dos custos do serviço de abastecimento nesta região é significativamente inferior à média nacional (Quadro 6.2.1).

**Quadro 6.2.1** | Grau de recuperação dos custos com o serviço de abastecimento de água

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores
Municípios		Total	Total
<b>NÍVEL RECUPERAÇÃO DE CUSTOS - ABASTECIMENTO DE ÁGUA - INSAAR 2008</b>			
Custos de exploração e gestão totais	€'000	643 401 €	22 981 €
Investimentos	€'000	189 694 €	6 775 €
Custos Totais	€'000	833 095 €	29 756 €
Receita tarifária	€'000	689 152 €	19 655 €
Outras receitas	€'000	43 672 €	554 €
<b>RECEITAS TOTAIS</b>	€'000	<b>732 824 €</b>	<b>20 209 €</b>
Recuperação de custos totais	%	88%	68%
Recuperação de custos de exploração e gestão	%	114%	88%
Custos totais do serviço de abastecimento por volume distribuído	€/m <sup>3</sup>	1,03 €	1,19 €
Custos de exploração e gestão totais	€/m <sup>3</sup>	1,17 €	1,04 €

Se, em termos unitários, o défice de recuperação de custos nacional do serviço de abastecimento se situa em cerca de €0,15/m<sup>3</sup>, no caso dos Açores, este valor ascende a cerca de €0,50/m<sup>3</sup>, i.e., apenas dois terços dos custos são adequadamente recuperados. Tal resulta da conjugação, quer de custos unitários mais elevados, quer de níveis tarifários inferiores aos aplicados à escala nacional.

Já no que concerne ao serviço de saneamento de águas residuais, o quadro agrava-se, quer em termos nacionais (com um grau de recuperação de custos de apenas 50%), quer no plano da região, em que menos de um terço dos custos deste serviço são adequadamente recuperados (Quadro 6.2.2).

**Quadro 6.2.2** | Grau de recuperação dos custos com o serviço de saneamento de águas residuais urbanas

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores
Municípios		Total	Total
<b>Nível Recuperação de Custos - Drenagem e Tratamento de Águas Residuais - INSAAR 2008</b>			
Custos de exploração e gestão totais	€'000	373 773 €	5 326 €

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores
Municípios		Total	Total
Investimentos	€'000	135 854 €	1 936 €
Custos Totais	€'000	509 627 €	7 262 €
Receita tarifária	€'000	216 288 €	1 905 €
Outras receitas	€'000	42 194 €	145 €
Receitas Totais	€'000	258 482 €	2 050 €
Recuperação de custos totais (%)	-	51%	28%
Recuperação de custos de exploração e gestão (%)	-	69%	38%
Custos totais do serviço de abastecimento por volume distribuído	€/m <sup>3</sup>	1,10 €	1,54 €
Custos de exploração e gestão totais	€/m <sup>3</sup>	0,81 €	1,13 €
Proveitos totais do serviço de abastecimento por volume distribuído	€/m <sup>3</sup>	0,56 €	0,44 €

Uma vez mais, tal resulta da conjugação de custos unitários mais elevados com a aplicação de níveis tarifários inferiores à média nacional, sendo que o primeiro fator assume claramente maior preponderância.

### 6.2.3 | Situação na ilha Graciosa

Os serviços públicos de abastecimento de água para consumo humano e de saneamento de águas residuais urbanas são prestados na ilha Graciosa pela Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa (CMSCG) através dos seus serviços municipais, em concreto o Setor de Águas e Saneamento, integrado na Divisão Técnica de Obras, Urbanismo, Habitação e Ambiente, que conta com 12 efetivos diretamente afetos (num total de 65 na Câmara Municipal).

A acessibilidade física da população da ilha Graciosa ao serviço público de abastecimento de água para consumo humano pode-se considerar praticamente universal. Já no tocante ao serviço de saneamento de águas residuais urbanas, apesar de a quase íntegra dos efluentes recolhidos através de redes fixas ser objeto de tratamento, apenas 17% da população, concentrada em Santa Cruz, é coberta por este serviço (Quadro 6.2.3).

**Quadro 6.2.3** | Serviços públicos de água – níveis de atendimento<sup>3</sup>

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Estimativa de população residente (hab.) 2007	('000hab.)	10 627,4	244,8	4,9
População servida por sistemas públicos em 2008				
Abastecimento de água	%	94	>90	96
Saneamento de águas residuais urbanas (drenagem)	%	78	36	17
Drenagem e tratamento	%	70	27	17

Este nível de atendimento, inferior à média açoriana, corresponde a cerca de um quinto da média nacional. Naturalmente, o desejável alargamento futuro do nível de atendimento deste serviço terá um impacto a nível dos custos dos serviços hídricos que importa perspetivar.

Tendo presente que o volume médio nacional de abastecimento faturado em 2008 a utilizadores finais por entidades gestoras de serviços públicos de abastecimento foi de 57m<sup>3</sup>/hab, observa-se que a intensidade de consumo na ilha Graciosa (pouco inferior à média da região) é superior em cerca de 20% (Quadro 6.2.4).

**Quadro 6.2.4 |** Necessidades anuais de abastecimento através de redes públicas<sup>3</sup>

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Necessidades globais dos usos urbanos e industriais – 2006	000m <sup>3</sup>	-	18 875	279
Volume de água faturado a utilizadores finais – 2008	000m <sup>3</sup>	602 390	19 238	345
Capitação 2008	m <sup>3</sup> /hab/ano	57	79	70
Necessidades globais dos usos urbanos e industriais – 2027	000m <sup>3</sup>	-	22 833	276
Variação 2006-2027	%	-	21	-1

Com base nos níveis de atendimento e assumindo um coeficiente de afluência à rede de 80%, temos que apenas cerca de 50 mil m<sup>3</sup> de efluentes urbanos são recolhidos através de redes públicas de saneamento na ilha Graciosa, o que se traduz numa capitação inferior a um quarto da média nacional (Quadro 6.2.5).

**Quadro 6.2.5 |** Caudais anuais de efluentes drenados através de redes públicas<sup>3</sup>

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
População servida por sistemas públicos em 2008				
Saneamento de águas residuais urbanas (drenagem)	%	78	36	17
Drenagem e tratamento	%	70	27	17
Volume de água faturado a utilizadores finais – 2008	000m <sup>3</sup>	602 390	19 238	345
Capitação 2008	m <sup>3</sup> /hab/ano	57	79	70
Volume total nos sistemas urbanos de drenagem - 2008				
Drenado	000m <sup>3</sup>	463 133	4 708	47
% de afluência às redes de drenagem	%	74	24	14
Capitação 2008	m <sup>3</sup> /hab/ano	44	19	10

Uma análise dos documentos de prestação de contas da CMSCG deverá ter em atenção que os serviços de águas representam:

- Não mais do que 20% dos colaboradores da Câmara Municipal;
- Apenas cerca de 7% do total de proveitos de cerca de 3,6 milhões em 2009, sendo que o essencial das atividades da Câmara é financiado através de transferências e subsídios obtidos.

Em termos patrimoniais, num total de €14,8 milhões de ativos líquidos, as redes de águas e de saneamento estão contabilizadas em, respetivamente, 1,9 e 1,2 milhões de euros, correspondendo no conjunto a 20% daquele valor.

Em termos de investimentos, com a conclusão do reforço do abastecimento à zona Norte da ilha, o foco centrou-se recentemente na remodelação das redes de abastecimento à freguesia da Luz, projeto financiado em €390 mil através da Direção Regional do Planeamento e Fundos Estruturais e que representou em 2009 uma execução financeira de €350 mil.

Os níveis tarifários aplicados ao serviço de abastecimento na ilha Graciosa situam-se abaixo, quer da média do arquipélago, quer da média nacional. Adicionalmente, não só as taxas de atendimento do serviço de saneamento são baixas, como os níveis tarifários aplicados aos utilizadores servidos são muito inferiores aos do serviço de abastecimento. Tal resulta em níveis de proveitos tarifários por habitante relativamente baixos que não permitem sequer recuperar os custos de exploração e gestão (Quadro 6.2.6).

**Quadro 6.2.6** | Análise do grau de recuperação de custos com os serviços públicos de águas na ilha Graciosa

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Receita tarifária serviço de abastecimento	€'000	689 152	19 655	237
Receita tarifária por volume faturado	€/m <sup>3</sup>	1,14	1,02	0,69
Receta tarifária por população servida	€/hab/ano	68,99	89,22	53,63
Receita tarifário serviço de saneamento	€'000	216 288	1 905	9
Receita tarifária por volume de água faturado a utilizadores servidos	€/m <sup>3</sup>	0,46	0,28	0,15
Receta tarifária por população servida	€/hab/ano	26,09	21,62	10,78
<b>NÍVEL RECUPERAÇÃO DE CUSTOS - SERVIÇOS DE ÁGUAS</b>				
Custos de exploração e gestão totais	€'000	1 185 887	28 085	362
Investimentos	€'000	156 835	8 933	168
<b>CUSTOS TOTAIS</b>	€'000	1 342 722	37 018	530
Receita tarifária	€'000	905 440	21 560	246
Outras receitas	€'000	85 866	699	0
<b>RECEITAS TOTAIS</b>	€'000	991 306	22 259	246
Recuperação de custos totais (%)		74	60	46
Recuperação de custos de exploração e gestão (%)		84	79	68

No que concerne à recuperação de custos, a tabela anterior procura isolar a partir dos documentos de prestação de contas da Câmara Municipal os serviços de águas prestados por esta entidade, revelando significativo défice de recuperação de custos com a prestação destes serviços.

## 6.2.4 | Perspetivas futuras

Em termos prospetivos, com base no Estudo de Conceção Geral do Sistema Integrado de Abastecimento de água e Saneamento de Águas Residuais da RAA, as necessidades de investimento futuro são valorizadas em cerca de €9 milhões (Quadro 6.2.7).

**Quadro 6.2.7** | Necessidades de investimento futuras

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Estimativa de população residente (hab.) 2007	('000hab.)	10 627,4	244,8	4,9
<b>Projeção de custos futuros</b>				
Investimento necessário na vertente de abastecimento	€'000		105 026 €	6 254 €
Investimento <i>per capita</i>	€/hab		429 €	1 274 €
Investimento necessário na vertente de saneamento	€'000		178 806 €	3 131 €
Investimento <i>per capita</i>	€/hab		730 €	638 €
Investimento total	€'000		283 832 €	9 385 €
Investimento <i>per capita</i>	€/hab		1 160 €	1 911 €

No que concerne à evolução futura das receitas tarifárias necessárias, embora tal dependa em muito do grau de comparticipação que estes investimentos venham a ter, as receitas tarifárias já geradas pela CMSCG, afiguram-se à partida manifestamente insuficientes (Quadro 6.2.8).

**Quadro 6.2.8** | Projeção de receitas tarifárias necessárias<sup>4</sup>

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Estimativa de população residente (hab.) 2007	('000 hab.)	10.627,4	244,8	4,9
<b>Projeção de custos futuros</b>				
Serviços de águas				
Renda económica do capital	€'000		15 207	503
Custos anuais de exploração	€'000		18 286	462
Custos administrativos	€'000		4 571	116
Total de custos	€'000		38 064	1.080
Reconhecimento de subsídios ao investimento	€'000		0	0
Proveitos tarifários necessários	€'000		38 064	1 080
Receita tarifária atual	€/hab/ano		88	50
Receita tarifária futura (0% de comparticipação)	€/hab/ano		156	220
Receita tarifária futura (50% de comparticipação)	€/hab/ano		124	169
Receita tarifária futura (75% de comparticipação)	€/hab/ano		109	143

Atendendo ao já elevado nível de cobertura do serviço de abastecimento, admite-se que as necessidades de investimento futuro nesta vertente estejam sobreavaliadas ou devam ser reequacionadas. Todavia, mesmo num cenário

em que apenas os investimentos na vertente de saneamento tivessem de ser realizados, um aumento de proveitos tarifários para cerca do dobro dos níveis atuais afigura-se necessário (embora tal não se traduza linearmente em termos de níveis tarifários em virtude de um aumento na taxa de cobertura do serviço de saneamento) (Figura 6.2.1).

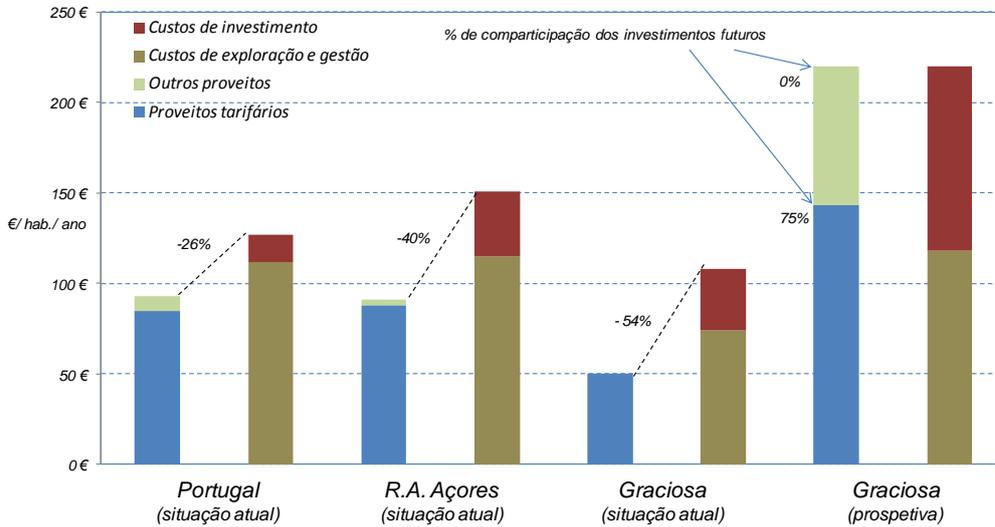
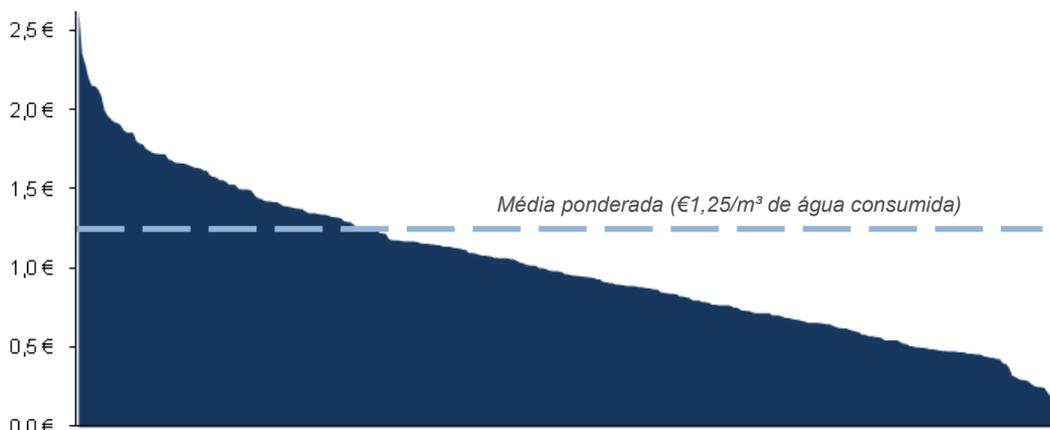


Figura 6.2.1 | Perspetiva sobre o grau de recuperação de custos dos serviços públicos de águas na ilha Graciosa

## 6.3 | Aplicação do regime económico-financeiro

### 6.3.1 | Enquadramento

Verifica-se atualmente em Portugal uma grande disparidade nos tarifários aplicados aos utilizadores finais dos sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano e de saneamento de águas residuais urbanas.



Legenda: ■ Municípios Portugueses (por ordem decrescente).

Figura 6.3.1 | Encargos dos utilizadores domésticos com serviços de águas (abastecimento e saneamento) – consumo mensal de 10m<sup>3</sup> (2009) - Níveis tarifários aplicados em Portugal por município<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Fonte: ERSAR, 2010

Frequentemente, estes tarifários apresentam divergências sem fundamentação técnica e económica aparente, quer no que respeita à sua estrutura, quer no que respeita aos seus valores, não transmitindo por isso aos utilizadores finais os sinais que os orientem no sentido de uma utilização mais eficiente dos serviços e pondo em causa a própria sustentabilidade económica das entidades gestoras, comprometendo a prazo a universalidade e a qualidade dos serviços prestados.

Neste quadro, o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Águas Residuais II (PEAASAR II) preconiza que os tarifários devem possuir uma estrutura progressivamente uniforme em todo o território nacional, devendo os níveis de encargos suportados pelos utilizadores finais, evoluir tendencialmente para um intervalo razoável, compatível com a capacidade económica das populações, mas refletindo um crescente grau de recuperação dos custos pela via tarifária, num cenário de eficiência, nas zonas onde o atual défice é mais notório.

Em particular, e sem prejuízo das competências próprias da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA), assume relevância como referencial de análise emitida a Recomendação IRAR<sup>30</sup> n.º 01/2009, de 28 de agosto (“Recomendação Tarifária”), relativa à formação de tarifários dos serviços públicos de águas e resíduos, dirigida às entidades gestoras dos sistemas municipais e multimunicipais que prestem esses serviços aos utilizadores finais, independentemente do modelo de gestão adotado, bem como às entidades que possuam competência para a aprovação dos respetivos tarifários.

### 6.3.2 | Tipologia das estruturas tarifárias aplicadas

A Recomendação Tarifária preconiza em primeiro plano a utilização de *tarifários bi-partidos*<sup>31</sup> para os serviços de águas e resíduos prestados a utilizadores finais, i.e. com uma componente fixa (aplicada em função do intervalo de tempo de prestação do serviço) e uma componente variável (aplicada em função do nível de utilização do serviço durante esse período):

- Com efeito, não deve ser utilizada apenas uma tarifa fixa, pois não faz refletir no utilizador final o volume de água consumido, encoraja o desperdício e emite um sinal errado do ponto de vista ambiental;
- Também não se recomenda que seja utilizada apenas uma tarifa variável, pois não repercute de forma equitativa os custos por todos os utilizadores finais domésticos, beneficiando utilizadores com mais de uma habitação em detrimento de utilizadores com habitação única<sup>32</sup>;
- Efetivamente, a inexistência de uma componente fixa nos tarifários iria penalizar sobretudo as populações mais desfavorecidas que, indiretamente, teriam que suportar os investimentos realizados para proporcionar água a proprietários de segundas residências, a turistas e a veraneantes, em suma, àqueles que exigem desfrutar do serviço, embora possam não o utilizar com regularidade. Em

<sup>30</sup> IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos.

<sup>31</sup> Assim designados na literatura económica (“two-part tariffs”).

<sup>32</sup> Neste caso, um cidadão que seja proprietário de mais do que uma residência, por não as ocupar simultaneamente, acaba por consumir aproximadamente o mesmo volume de água e conseqüentemente ter o mesmo encargo que teria com uma única habitação, ou mesmo mais baixo, tendo em conta o efeito dos escalões progressivos. Na medida em que obrigou à infraestruturização de mais do que uma residência e continua a pagar o mesmo ou menos, significa que os cidadãos com uma única residência estariam de facto a subsidiá-lo, o que corresponde a uma situação socialmente inaceitável que viola o princípio da equidade.

Portugal esta questão é especialmente relevante, na medida em que entre 25 e 30% das famílias dispõem de segunda habitação<sup>33</sup>.

Com base na análise da informação sobre as entidades gestoras nacionais recolhida ao longo dos anos pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), complementada com referenciais internacionais<sup>34</sup>, será expectável que o peso dos proveitos resultantes de tarifas fixas se situe num referencial entre 15 a 30% dos proveitos tarifários, dependendo das características do território e da tipologia de utilizadores finais<sup>35</sup>.

Neste quadro, a estrutura tarifária aplicada pela CMSCG aos serviços de abastecimento e saneamento prevê a aplicação de tarifas fixas a ambos os serviços, apesar de no caso do serviço de abastecimento esta assumir a designação de “aluguer de contadores”, o que contraria a Lei dos Serviços Públicos Essenciais, e de no caso do saneamento esta ter o enquadramento de “taxa de conservação das redes de tratamento de esgotos”, o que igualmente se afigura contraditório à Lei da Finanças Locais que prevê o seu enquadramento como tarifa (i.e seguindo o regime aplicável aos preços). Por outro lado, os níveis tarifários aplicados situam-se significativamente abaixo, quer da média nacional, quer da média da região autónoma (Quadro 6.3.1).

**Quadro 6.3.1** | Peso da componente fixa nos encargos das famílias com os serviços de águas - 2009<sup>11</sup>

Territórios		Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios	Unidades	Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Encargos dos utilizadores finais domésticos com os serviços de águas (consumo de água de 120 m <sup>3</sup> / ano)	€/ano	150,02	108,69	68,40
Componente fixa	€/ano	44,29	30,00	26,40
% da fatura de serviços de águas	%	29,5	27,6	38,6

A segunda grande linha mestra da Recomendação Tarifária da ERSAR preconiza a aplicação aos serviços de águas (abastecimento e saneamento) prestados a utilizadores finais domésticos de tarifas variáveis estruturadas de forma crescente de acordo com escalões de consumo<sup>36</sup>. No seu relatório de 2009, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE)<sup>37</sup> salienta as seguintes virtudes deste tipo de tarifação:

- Promove a eficiência na utilização dos serviços e a sustentabilidade ambiental dos mesmos, desde que exista medição individual de consumos (situação quase universal no caso do serviço de abastecimento em Portugal) e as tarifas dos últimos escalões sejam suficientemente altas;

<sup>33</sup> De acordo com o Censo de 2001 (INE) existiam em Portugal 5.020 mil alojamentos familiares clássicos, dos quais 3.550 mil eram de residência habitual.

<sup>34</sup> IWA – International Water Association, “*International Statistics for Water Services*”, IWA Specialist Group on Statistics and Economics, 2008

<sup>35</sup> Por exemplo, caso o universo de utilizadores de uma entidade gestora tenha uma maior presença de grandes utilizadores finais não domésticos, será expectável que esta percentagem seja menor

<sup>36</sup> Designadas pela sigla IBT – *Increasing Block Tariffs* na literatura anglo-saxónica

<sup>37</sup> “*Managing Water for All: An OECD perspective on pricing and financing*”, 2009.

- Permitem uma plena recuperação de custos pela via tarifária se for essa a opção da entidade titular dos serviços<sup>38</sup>.

Neste domínio a estrutura tarifária aplicada pela CMSCG ao serviço de abastecimento é atualmente globalmente consistente com as recomendações da ERSAR uma vez que em 2010 foi eliminada a aplicação de escalões progressivos integrais (vulgo “escalões zerados”). Todavia, a não aplicação de tarifa variável ao serviço de saneamento permanece uma desconformidade importante, o que se traduz num peso das tarifas fixas nos proveitos tarifários acima da média.

Como se pode observar no quadro seguinte, em virtude da aplicação de escalões, a tarifa variável média aplicada às famílias aumenta em virtude do nível de consumo destas (Quadro 6.3.2).

**Quadro 6.3.2** | Encargo variável médio das famílias com os serviços de águas para diferentes níveis de consumo anual do serviço de abastecimento – 2009

Territórios		Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios	Unidades	Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Componente variável (60 m <sup>3</sup> )	€/ano	27,17	22,63	12,00
Tarifa variável média	€/ m <sup>3</sup>	0,45	0,38	0,20
Componente variável (120 m <sup>3</sup> )	€/ano	73,41	58,46	42,00
Tarifa variável média	€/ m <sup>3</sup>	0,61	0,49	0,35
Componente variável (180 m <sup>3</sup> )	€/ano	135,70	107,29	90,00
Tarifa variável média	€/ m <sup>3</sup>	0,75	0,60	0,50

Apesar dos limites dos escalões aplicados às famílias (0-5-10-15-25 m<sup>3</sup>/ 30 dias) não corresponderem estritamente ao preconizado pela ERSAR (0-5-15-25), uma vez que se fraciona o segundo escalão em dois não se considera esta diferença materialmente significativa, em particular atendendo ao significativo progresso que representa a eliminação dos escalões progressivos integrais aplicados até 2009.

No que concerne aos tarifários aplicados às atividades económicas, tomando como referencial um consumo mensal de 10 m<sup>3</sup>, verifica-se que o grau de subsidiação cruzada entre o segmento doméstico e os estabelecimentos industriais e comerciais é similar à média nacional (i.e. um nível tarifário aplicado às famílias de cerca de 60% do aplicado às atividades económicas) (6.3.3).

**Quadro 6.3.3** | Encargos dos utilizadores domésticos e não domésticos com os serviços de águas – 2009

Territórios		Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios	Unidades	Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
<b>Encargos dos utilizadores domésticos (serviços de águas)</b>				
Componente fixa	€/ano	44,29	30,00	26,40
% da fatura de serviços de águas	%	29,5	27,6	38,6
Tarifa variável média	€/ m <sup>3</sup>	0,88	0,66	0,35

<sup>38</sup> A principal desvantagem com este tipo de estrutura tarifária é que tende a penalizar situações em que os consumos de diversos fogos são aferidos a partir de um único contador, situação que, felizmente, é muito rara em Portugal

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Encargo médio serviços de águas (120 m³)	€/ m³	1,25	0,91	0,57
<b>Encargos dos utilizadores não domésticos (serviços de águas)</b>				
Componente fixa	€/ano	69,32	55,23	26,40
% da fatura de serviços de águas	%	25,2	25,4	23,9
Tarifa variável média	€/ m³	1,71	1,35	0,70
Encargo médio (120 m³)	€/ m³	2,29	1,81	0,92 €
<b>Encargos utilizadores domésticos com serviços de águas em % dos encargos dos utilizadores não domésticos (comércio e indústria)</b>				
60 m³/ ano	%	50	45	56
120 m³/ ano	%	55	50	62
180 m³/ ano	%	60	59	61

Com efeito, enquanto uma família média suporta um encargo médio de cerca de €0,6/ m³, um cliente do segmento comércio e indústria suporta sensivelmente 50% mais. Tal resulta da aplicação a este segmento de utilizadores de tarifas variáveis mais elevadas, em particular nos casos em que o seu consumo ultrapasse 150 m³/mês.

Os quadros seguintes (Quadros 6.3.4 e 6.3.5) sistematizam o grau de conformidade dos tarifários aplicados pela CMSCG em 2010 com a Recomendação Tarifária da ERSAR, para o serviço de abastecimento e para o serviço de saneamento.

**Quadro 6.3.4** | Questões chave para análise da conformidade de um tarifário com a Recomendação Tarifária da ERSAR n.º 1/2009 – Serviço de abastecimento

Texto	Resposta em conformidade	CM de Santa Cruz da Graciosa (2010)
<b>Serviço de abastecimento</b>		
<b>Utilizadores finais domésticos</b>		
<i>O tarifário prevê a aplicação de tarifa fixa?</i>	Sim	Sim
<i>O tarifário estabelece uma tarifa fixa comum para contadores de calibre não superior a 25 mm?</i>	Sim	Não
<i>O tarifário prevê a aplicação de uma tarifa variável em função do volume de água fornecido?</i>	Sim	Sim
<i>A tarifa variável é diferenciada de forma progressiva de acordo com escalões de consumo, expressos em m³ de água por cada 30 dias?</i>	Sim	Sim
1.º escalão - amplitude	0 a 5	Sim
2.º escalão - amplitude	5 a 15	5 a 10
3.º escalão - amplitude	15 a 25	10 a 15
<i>O valor final da componente variável da fatura é calculado pela soma das parcelas correspondentes a cada escalão? (i.e. não se trata de um tarifário progressivo integral ou também vulgarmente designado tarifário “zerado”)?</i>	Sim	Sim
<b>Utilizadores finais não domésticos</b>		
<i>É aplicado um tarifário comum a todos os utilizadores finais não domésticos (com a possível exceção de IPSS ou equiparadas)?</i>	Sim	Sim

Texto	Resposta em conformidade	CM de Santa Cruz da Graciosa (2010)
<b>Serviço de abastecimento</b>		
<i>O tarifário prevê a aplicação de tarifa fixa?</i>	Sim	Sim
<i>O tarifário prevê a aplicação de tarifa fixa progressiva em função do diâmetro nominal do contador instalado?</i>	Sim	Sim
<i>O tarifário prevê a aplicação aos utilizadores não domésticos (comércio e indústria) de tarifa variável em função do volume de água fornecido?</i>	Sim	Sim
<i>A tarifa variável do serviço de abastecimento é linear (i.e constante por m<sup>3</sup> independentemente do volume faturado, vulgo “escalão único”)?</i>	Sim	Não
<i>A tarifa variável de abastecimento para utilizadores não domésticos apresenta valor idêntico ao 3.º escalão da tarifa variável aplicável aos utilizadores domésticos?</i>	Sim	Não
<b>Serviços auxiliares do serviço de abastecimento</b>		
<i>O tarifário contempla a aplicação de qualquer tarifa em virtude de execução, manutenção e renovação de ramais de abastecimento, incluindo a ligação do sistema público ao sistema predial (para ramais com extensão não superior a 20 metros)?</i>	Não	Sim
<i>O tarifário contempla a aplicação de tarifa em virtude de celebração de contrato de fornecimento de água?</i>	Não	Não
<i>O tarifário contempla a aplicação de tarifa em virtude da instalação de contador individual de consumo de água?</i>	Não	Sim

Como se constata, a estrutura tarifária aplicada ao serviço de abastecimento já se aproxima bastante do recomendado. Porém, no que concerne ao serviço de saneamento, o tarifário aplicado é visivelmente desconforme ao essencial das recomendações, apesar da diferenciação dos valores da tarifa fixa de saneamento em função dos patamares de consumo, no caso dos utilizadores não domésticos se traduzir na prática à aplicação de uma tarifa variável de saneamento.

**Quadro 6.3.5** | Questões chave para análise da conformidade de um tarifário com a Recomendação Tarifária da ERSAR n.º 1/2009 – Serviço de saneamento

Texto	Resposta em conformidade	CM de Santa Cruz da Graciosa (2010)
<b>Serviço de saneamento</b>		
<b>Utilizadores finais domésticos</b>		
<i>O tarifário prevê a aplicação de tarifa fixa?</i>	Sim	Sim
<i>O tarifário estabelece uma tarifa fixa comum para todos os utilizadores domésticos?</i>	Sim	Não
<i>O tarifário prevê a aplicação de uma tarifa variável?</i>	Sim	Não
<i>A componente variável do serviço de saneamento corresponde a uma percentagem constante em função do valor da componente variável do serviço de abastecimento?</i>	Sim	Não
<b>Utilizadores finais não domésticos</b>		
<i>É aplicado um tarifário comum a todos os utilizadores finais não domésticos (com a possível exceção de IPSS ou equiparadas)?</i>	Sim	Sim
<i>O tarifário prevê a aplicação de tarifa fixa?</i>	Sim	Sim
<i>O tarifário estabelece uma tarifa fixa comum para todos os utilizadores não domésticos?</i>	Sim	Não

Texto	Resposta em conformidade	CM de Santa Cruz da Graciosa (2010)
<b>Serviço de saneamento</b>		
<i>O tarifário prevê a aplicação aos utilizadores não domésticos (comércio e indústria) de tarifa variável?</i>	Sim	<b>Não</b>
<i>A tarifa variável do serviço de saneamento é linear (i.e constante por m<sup>3</sup> independentemente do volume faturado, vulgo "escalão único")?</i>	Sim	<b>Não</b>
<b>Serviços auxiliares do serviço de saneamento</b>		
<i>O tarifário contempla a aplicação de qualquer tarifa em virtude de execução, manutenção e renovação de ramais de saneamento, incluindo a ligação do sistema público ao sistema predial (para ramais com extensão não superior a 20 metros)?</i>	Não	<b>Sim</b>

### 6.3.3 | Acessibilidade económica das famílias aos serviços de águas

Os serviços de águas e resíduos são essenciais ao bem-estar geral dos cidadãos, à saúde pública, às atividades económicas e à proteção do ambiente. Por esse facto, os cidadãos têm direito ao acesso tendencialmente universal e à continuidade e à qualidade desses serviços, num quadro de eficiência e equidade de preços.

Adquire assim particular relevância o princípio da defesa dos interesses dos utilizadores, nos termos do qual os tarifários devem assegurar uma correta proteção do utilizador final, evitando possíveis abusos de posição dominante, no que se refere ao acesso, à continuidade, à qualidade e aos encargos suportados pelo utilizador final dos serviços prestados, o que se revela essencial em situações de monopólio natural e/ou exclusivo legal na sua prestação.

Adicionalmente, atendendo ao facto de serem serviços de interesse geral<sup>39</sup>, tal introduz na configuração da sua provisão não apenas o objetivo de universalidade tendencial de acesso em termos físicos, como igualmente uma preocupação de salvaguarda de acessibilidade económica por parte dos utilizadores finais domésticos com menores recursos financeiros.

A população residente em 2007 na ilha Graciosa (4,9 mil habitantes) representa cerca de 2% da população do arquipélago, sendo que o nível de rendimento médio disponível por agregado familiar se situa significativamente abaixo (em quase 40%) da média nacional, pelo que preocupações com a acessibilidade económica futura destes serviços num cenário de plena recuperação de custos assumem particular premissa (Quadro 6.3.6).

**Quadro 6.3.6 | Capacidade económica das famílias – 2007<sup>15</sup>**

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Estimativa de população residente (hab.) 2007	('000 hab.)	10.627,4	244,8	4,9
Índice de poder de compra <i>per capita</i> em 2007 (Portugal = 100)		100,0	83,6	62,2
Rendimento médio disponível por agregado familiar (2007)	€/ mês	2.494	2.084	1 551

<sup>39</sup> Enquadrados na legislação aplicável aos Serviços Públicos Essenciais (Lei n.º 23/96, de 26 de julho, na redação dada pelas Lei n.º 12/2008, de 26 de fevereiro, e Lei n.º 24/2008, de 2 de julho).

Tomando como referência um consumo familiar médio de 120 m<sup>3</sup>/ano, o quadro seguinte sumariza o nível de encargos suportado pelos agregados familiares na ilha Graciosa em 2010 com os serviços de águas<sup>40</sup>. Como se observa (Quadro 6.3.7), o nível de encargos suportado nesta ilha (€0,57/ m<sup>3</sup>), situa-se significativamente abaixo quer da média do arquipélago açoriano (em quase 40%), quer da média portuguesa, neste caso em mais de 50%.

**Quadro 6.3.7 | Encargos das famílias com os serviços de águas – 2009**

Territórios Municípios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Encargos dos utilizadores finais domésticos com os serviços de águas (consumo de água de 120m <sup>3</sup> / ano)	€/ano	150,02	108,69	68,40
Componente fixa	€/ano	44,29	30,00	26,40
% da fatura de serviços de águas	%	29,5	27,6	38,6
Componente variável (120m <sup>3</sup> )	€/ano	105,73	78,68	42,00
Tarifa variável média	€/m <sup>3</sup>	0,88	0,66	0,35
Encargo médio serviços de águas (120m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	1,25	0,91	0,57

No sentido de avaliar a razoabilidade deste nível de encargos do ponto de vista da acessibilidade económica a estes serviços, utilizam-se aqui *Indicadores de Acessibilidade Económica* (IAE), que resultam do quociente entre os encargos médios do agregado familiar com os serviços de águas num município e o rendimento médio disponível por agregado familiar nesse mesmo município.

Apesar de organizações internacionais, como a OCDE, preconizarem que os encargos com os serviços de águas não deverem exceder 3% do rendimento das famílias, importa atender a que este limiar de referência tem em consideração países menos desenvolvidos com características socioeconómicas substantivamente agravadas.

Assim, adaptando este referencial para o contexto português, reporta-se aqui ao Despacho n.º 5/2009 do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional (MAOTDR), de 26 de junho (*Critério para o cálculo das participações comunitárias em projetos do Ciclo Urbano da Água - POVT e POR*) do qual se transcreve:

*“De acordo com as recomendações das organizações internacionais, o encargo com os serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais a suportar pelos utilizadores finais não deve exceder os 2,5% do rendimento das famílias. Dadas as condições específicas do nosso País e a necessidade de assegurar uma transição gradual para valores mais consentâneos com os de uma economia desenvolvida, julga-se que o esforço dos utilizadores no financiamento dos serviços referidos deve ser limitado a 0,75 % do rendimento médio disponível do agregado familiar. Este valor pode ser incrementado até 1,25% em situações de maior escassez de fundos.”*

Este despacho estabelece também limiares em termos absolutos para o encargo familiar médio com os serviços de águas de, respetivamente, €2,5/ m<sup>3</sup> e €3,0/ m<sup>3</sup> (Quadro 6.3.8).

<sup>40</sup> Fonte: ERSAR, 2009. Os pressupostos considerados para o cálculo dos encargos com os serviços para os utilizadores finais domésticos são os seguintes: O encargo anual total incorpora a componente fixa (a qual é apresentada na fatura com diferentes designações) e a componente variável do tarifário. Para efeitos da componente fixa do tarifário foi considerado um diâmetro nominal de contador de 15mm. Nos casos em que este calibre não existe, foi considerado um calibre de contador de 20mm. Não foram consideradas no encargo anual para os utilizadores de outras rubricas (e.g. taxas fixas anuais) não relacionadas com a prestação direta dos serviços. Os valores apresentados não incluem o IVA devido à taxa legal em vigor.

Quadro 6.3.8 | Indicadores de acessibilidade económica – 2009

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Índice de poder de compra <i>per capita</i> em 2007 (Portugal = 100)		100,0	83,6	62,2
Rendimento médio disponível por agregado familiar (2007)	€/mês	2 494	2 084	1 551
Encargo médio abastecimento (120m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	0,87	0,67	0,46
Encargo médio saneamento (120m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	0,38	0,23	0,11
Encargo médio serviços de águas (120m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	1,25	0,91	0,57
Serviço de abastecimento (120m <sup>3</sup> / rendimento médio)	%	0,35	0,32	0,30
Serviço de saneamento (120m <sup>3</sup> / rendimento médio)	%	0,15	0,11	0,07
Serviços de águas (120m <sup>3</sup> / rendimento médio)	%	0,50	0,43	0,37

Como se pode observar, o peso dos encargos na ilha Graciosa, ainda se situa aquém dos referenciais recomendados de 0,75%, essencialmente devido ao menor nível tarifário aplicado ao serviço de saneamento (situação aliás similar ao que se passa no país como um todo), pelo que existe margem para que a contribuição tarifária para o financiamento futuro dos serviços de águas seja maior nesta ilha.

Sem prejuízo do atrás exposto, atendendo a que a percentagem de famílias portuguesas com rendimentos inferiores à remuneração mínima mensal garantida (RMMG – vulgo “salário mínimo”) se estima entre 15 a 20%, importa igualmente analisar o peso dos encargos nas famílias em situação de maior fragilidade económica<sup>41</sup> (Quadro 6.3.9).

Quadro 6.3.9 | Indicadores de acessibilidade económica – famílias de menores rendimentos – 2009

Territórios	Unidades	Portugal	R.A. Açores	Graciosa
Municípios		Total	Total	Santa Cruz da Graciosa
Estimativa de população residente (hab) 2007	('000hab.)	10 627,4	244,8	4,9
Encargo médio serviços de águas (60m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	1,43	1,02	0,64
Encargo médio serviços de águas (120m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	1,25	0,91	0,57
Serviços de águas (120m <sup>3</sup> / rendimento médio)	%	0,50	0,43	0,37
Serviços de águas (60m <sup>3</sup> / RMMG)	%	1,37	0,97	0,61
Serviços de águas (120m <sup>3</sup> / RMMG)	%	2,38	1,73	1,09
Tarifário social (recomendação ERSAR - 60m <sup>3</sup> / RMMG)	%	0,76	-	-
Tarifário social (recomendação ERSAR - 120m <sup>3</sup> / RMMG)	%	1,52	-	-

Utilizando como referencial um nível de rendimento equivalente a uma RMMG (i.e. 6,3 mil euros em 2009), observa-se que quer para os agregados familiares com consumos mais racionalizados (5m<sup>3</sup>/ mês), quer para consumos médios de 10m<sup>3</sup>/ mês (equivalente a uma capitação de 110Lt./ dia/ *per capita* para um agregado de 3 pessoas), o peso atual dos

<sup>41</sup> Em 2008, de acordo com dados da DGCI, 13,5% dos 4.656 mil agregados familiares portugueses apresentaram declarações de IRS (Modelo 1 e 2) com rendimentos inferiores a 5 mil euros/ano. Em 2009, o valor da RMMG foi fixado em 450 euros mês, o que equivale a 6.300 euros/ ano.

encargos se situa muito aquém de 1,5% do rendimento, o que se considera aceitável do ponto de vista de acessibilidade económica.

Consequentemente, só num cenário futuro de maior recuperação de custos dos serviços se tornará mais pertinente a recomendação da ERSAR de que seja oferecido um tarifário social para famílias de fracos recursos, que assegure o acesso à água mesmo em situações sociais extremas, quando o agregado familiar possuir um rendimento bruto que não ultrapasse um determinado valor determinado pelas entidades titulares dos serviços (o qual não deverá exceder o dobro do valor anual da retribuição mensal garantida).

Em concreto, observa-se que os níveis tarifários atualmente aplicados se traduzem num peso destes serviços inferior ao que resultaria da aplicação de um tarifário social nos moldes recomendados pela ERSAR. Este tarifário social recomendado passa através da isenção das tarifas fixas de abastecimento e saneamento e da aplicação ao consumo total da família das tarifas variáveis do primeiro escalão, até ao limite mensal de 15m<sup>3</sup>, mas pressupõe um encargo variável de abastecimento e saneamento da ordem dos €0,80/ m<sup>3</sup>.

## 7 | Referências Bibliográficas

### 2 | Caracterização e diagnóstico de ilha

Abdel-Monen, A., Fernandez, L. & Boone, G., (1975) - K/Ar ages from the eastern Azores group (Santa Maria, São Miguel and the Formigas Islands. Lithos 4, pp. 247-254.

Allen, R. G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998) – Crop Evaporation. Guidelines for computing crop water requirements – FAO 56 – Roma.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop Evaporation. Guidelines for computing crop water requirements, FAO 56, Roma

Andrade (1990) (Andrade, C. (1990) - O ambiente de barreira da Ria Formosa, Algarve – Portugal. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa. 651 pg)

Andrade, C., Gomes, N. e Romariz, C. (1987) - Mapa da erosão hídrica potencial da bacia hidrográfica da Ria Formosa, Relatório Interno. Departamento de Geologia da Universidade de Lisboa. 24 pg.

Assunção, C.T. e Canilho, M.H. (1969) - Notas sobre a petrografia comparada das ilhas Atlânticas. Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciências de Lisboa 11(2): 305-342.

Azevedo (2001) “Açoreana”, Boletim da Sociedade Afonso de Chaves (VOL. IX; FASC.III); Dez 2001

Azevedo, E. B. (1996). Modelação do Clima Insular à Escala Local. Modelo CIELO aplicado à Ilha Terceira – Tese de Doutoramento pela Universidade dos Açores na especialidade das Ciências do Ambiente.

Azevedo, E. B. ; (1996a) - Modelação do Clima Insular à Escala Local. Modelo CIELO aplicado à Ilha Terceira – Tese de Doutoramento pela Universidade dos Açores na especialidade das Ciências do Ambiente. ( 247p).

Azevedo, E. B.; (2002) – Condicionantes Dinâmicas do Clima do Arquipélago dos Açores – Açoreana, Boletim da Sociedade Afonso Chaves. Vol. IX – Fasc. III

Azevedo, E. B.; Pereira, L. S.; Itier, B. (1999a) – Modeling the local Climate in island environments: Water Balance Applications – Agricultural Water Management 40 (1999) 393-403.

Azevedo, E. B.; Pereira, L. S.; Itier, B. (1999b) – Simulation of local Climate in Islands Environments Using a GIS Integrated Model – Emerging Technologies for Sustainable Land Use and Water Management. – Musy et al. (Eds.), Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne, Switzerland.

Azevedo, E. B.; Pereira, L. S.; Itier, B. (1999b) – Simulation of local Climate in Islands Environments Using a GIS Integrated Model – Emerging Technologies for Sustainable Land Use and Water Management. – Musy et al. (Eds.), Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne, Switzerland.

Azevedo, e. b.; Pereira, l. s; Itier, b. (1998) – Modeling the Local Climate in Islands Environments. Orographic Clouds Cover – In: R.S.Schmenauer & Bridman (Eds.). First International Conference on Fog and Fog Collection. IDRC, Ottawa, canada. Pp 433-436

Azevedo, E.B. (1996) – Modelação do clima insular à escala local. Modelo CIELO aplicado à ilha Terceira. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Agrárias, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, 247 pp.

Azevedo, E.B., Rodrigues, A.C., Diogo, P.A. & Rodrigues, M.C. (2002). Infiltração e Escoamento em Pequenas Ilhas Vulcânicas. in proc. do 6º Congresso da Água. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), Porto.

Azevedo, E.B.; Rodrigues, A.C.; Diogo, P.A. Rodrigues, M.C. (2002) – Infiltração e Escoamento em Pequenas Ilhas Vulcânicas – in proc. Do 6º Congresso da Água – Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH) – Porto.

AZEVEDO, E.B.; RODRIGUES, M.C.; FERNANDES, J.F. (2004) – CLIMA - ATLAS BÁSICO DOS AÇORES – Victor Hugo Forjaz, Edt. – OVGA – Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores. Ponta Delgada.

AZEVEDO, J. M. M., WALLENSTEIN, N., PORTEIRO, J. M., AZEVEDO, E. B. E SILVA, R. (2004) - ASSOREAMENTO DE LAGOS VULCÂNICOS: O CASO PARTICULAR DAS LAGOAS DO CALDEIRÃO, ILHA DO CORVO, AÇORES. Anais da 8ª Conferência Nacional de Ambiente. Univ. Nova de Lisboa, 31 de outubro.

Azevedo, J.M.M. (1998) - Geologia e Hidrogeologia da ilha das Flores (Açores - Portugal). Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, D.C.T., Universidade de Coimbra, Coimbra, 2 Vol., Coimbra, 403 pp.

- Azevedo, J.M.M. (1998). Geologia e Hidrogeologia da Ilha das Flores (Açores – Portugal). Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Geologia, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra.
- Azevedo, O.V. (1963). Carta de solos da Ilha Terceira. Relatório final de curso de Engenheiro Agrônomo, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- Belerique, J.H.C. (1993). Caracterização pedológica e carta de capacidade de uso dos solos dos perímetros florestais das ilhas de São Jorge e Graciosa. Relatório de estágio de Licenciatura em Engenharia Agrícola. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- Bettencourt, M. L. (1977) - O clima dos Açores como recurso natural na aplicação especialmente em Agricultura e indústria de Turismo - INMG. Lisboa.
- Booth, B., Croasdale, R. & Walker, G.P.L. (1978) - A quantitative study of five thousand years of volcanism on São Miguel, Azores. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 288: 271-319.
- Castany, G. (1963) – *Traité pratique des eaux souterraines*. Ed. Dunod, Paris, 657 pp.
- Chovelon, P. (1982) - *Évolution volcanotectonique des îles de Faial et de Pico, Archipel des Açores – Atlantique Nord* “Volcanological and tectonic evolution of Pico and Faial islands, Azores archipelago – Atlantic North”. These présentée pour obtenir le titre de Docteur en Sciences, Université Paris-Sud, Paris, 193 pp.
- Coutinho, R., Antunes, P., Freire, P. (2007) – *Perímetros de protecção às captações de água subterrânea – Graciosa – Relatório final*. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 17 pp.
- Coutinho, R.M. (2000) - Elementos para a monitorização sismovulcânica da ilha do Faial (Açores): caracterização hidrogeológica e avaliação de anomalias de Rn associadas a zonas de desgaseificação. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 342 pp.
- Cruz, J.V. & Coutinho, R. (1998) - Breve nota sobre a importância dos recursos hídricos subterrâneos no arquipélago dos Açores. *Açoreana*, 8, pp. 591-594.
- Cruz, J.V. & França, Z. (2006) – Hydrogeochemistry of thermal and mineral springs of the Azores archipelago (Portugal). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 151, pp. 382-398.
- Cruz, J.V. & Silva, M.O. (2000) - Groundwater salinisation in Pico island (Azores, Portugal): origin and mechanisms. *Environmental Geology*, 39, pp. 1181-1189.
- Cruz, J.V. (1992) - Hidrogeologia da ilha de Santa Maria. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada pela FCUL. FCUL, 2 Vol., Lisboa, 486 pp.
- Cruz, J.V. (1997) – *Estudo hidrogeológico da Ilha do Pico (Açores – Portugal)*. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade dos Açores, 2 vol., Ponta Delgada, 433 pp.
- Cruz, J.V. (1997) - Hidrogeologia da Ilha do Pico. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade dos Açores, 2 vol., Ponta Delgada, 433 pp.
- Cruz, J.V. (2001a) – Recursos Subterrâneos. Plano Regional da Água da RAA. Relatório Técnico-Científico 03/DGUA/01, Centro de Geologia Ambiental, DG/UA, Ponta Delgada, 453 pp.
- Cruz, J.V. (2001b) – Salinization of the Basal Aquifer System at Volcanic Islands: Azores Archipelago (Portugal) Case Study. In: Ribeiro, L. (Ed.), *Proceedings 3th International Conference on Future Groundwater Resources at Risk*, CVRM-Geosystems Center, Lisbon, pp. 633-640.
- Cruz, J.V. (2003) - Groundwater and volcanoes: examples from the Azores archipelago. *Environmental Geology*, 44, pp. 343-355.
- Cruz, J.V. (2004) – *Ensaio sobre a água subterrânea nos Açores. História, ocorrência e qualidade*. Ed. SRA, Ponta Delgada, 288 pp.
- Cruz, J.V. & Amaral, C. (2004) - Major ion chemistry of groundwaters from perched-water bodies at Azores (Portugal) volcanic archipelago. *Applied Geochemistry*, 19, pp. 445-459.
- Cruz, J.V., Coutinho, R., Pacheco, D., Cymbron, R., Antunes, P., Freire, P., & Mendes, S. (2011) – Groundwater salinization in the Azores archipelago (Portugal). *Environmental Earth Sciences*, 62, pp.1273-1285.
- Cruz, J.V., Coutinho, R., Pacheco, D., Cymbron, R., Antunes, P., Antune, P., Freire, P, Mendes, S., Fontiela, J. & Anglade, J. (2010a) – Groundwater salinization in the Azores archipelago (Portugal): an overview. In: Condesso de Melo, T., Lebbe, L., Cruz, J.V., Coutinho, R., Langevin, C e Buxo, A. (eds), *Proceedings SWIM 21 – 21st Salt Water Intrusion Meeting*, Ponta Delgada, 109-112.

Cruz, J.V., Coutinho, R.M., Carvalho, M.R., Oskarsson, N. & Gislason, S.R. (1999) - Chemistry of waters from Furnas volcano, São Miguel, Azores: fluxes of volcanic carbon dioxide and leached material. J. Volcanol. Geotherm. Res., 92, pp. 151-167.

Cruz, J.V., Freire, P. & Costa, A. (2010b) - Mineral waters characterization in the Azores archipelago (Portugal). J. Volcanol. Geotherm. Res., 190, pp. 353-364.

Custódio, E. (1989) - Groundwater characteristics and problems in volcanic rock terrains. In: Isotopic techniques in the study of the hydrology of fractures and fissured rocks, IAEA, Vienna, pp. 87-137.

CVARG (2010). <http://www.cvarg.azores.gov.pt/>

Declaração de Rectificação n.º 182/93, 30 de setembro. Rectifica o Decreto Regulamentar Regional n.º 14/93/A, 31 de julho, que aprova o regulamento da apanha de lapas na Região Autónoma dos Açores.

Declaração de Rectificação n.º 48-A/2006, de 7 de agosto. Rectifica o Decreto Legislativo Regional n.º 20/2006/A, de 6 de junho, que aprova o Plano sectorial da Rede Natura 2000 da Região Autónoma dos Açores.

Decreto Legislativo Regional n.º 13/2010, de 7 de abril. Suspende, parcialmente, o Plano de Ordenamento Turístico da Região Autónoma dos Açores, aprovado pelo Decreto Legislativo Regional n.º 38/2008/A, de 11 de agosto.

Decreto Legislativo Regional n.º 14/2000/A, de 23 de maio. Adapta à Região Autónoma dos Açores o Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT).

Decreto Legislativo Regional n.º 15/2007/A, de 25 de junho. Proceda à revisão da Rede Regional de Áreas Protegidas da Região Autónoma dos Açores, determina a reclassificação das áreas protegidas existentes e estabelece o regime jurídico de classificação e gestão da Rede Regional de Áreas Protegidas.

Decreto Legislativo Regional n.º 18/2002/A, de 16 de maio. Adapta à Região Autónoma dos Açores o Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de abril, que procede à revisão da transposição para o direito interno das directivas comunitárias relativas à conservação das aves selvagens (Directiva Aves) e à conservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens (Directiva Habitats).

Decreto Legislativo Regional n.º 18/2009/A, de 19 de outubro. Regula a recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas e procede à transposição para o direito regional a Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio, com as alterações introduzidas pela Directiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 27 de fevereiro. Proceda ainda à revisão da transposição da Directiva n.º 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de junho, alterada pela Directiva n.º 91/692/CEE, do Conselho, de 23 de dezembro, e pelo Regulamento (CE) n.º 807/2003, do Conselho, de 14 de abril, relativa à utilização das lamas de depuração na agricultura, de modo a evitar efeitos nocivos nos solos, na água, na vegetação, nos animais e no homem, incentivando a sua correcta utilização.

Decreto Legislativo Regional n.º 19/2003/A, de 23 de abril. Aprova o Plano Regional da Água da Região Autónoma dos Açores.

Decreto Legislativo Regional n.º 20/2006/A, de 6 de junho. Aprova o Plano sectorial da Rede Natura 2000 da Região Autónoma dos Açores.

Decreto Legislativo Regional n.º 21/93/A, de 23 de dezembro. Adapta à Região Autónoma dos Açores o Decreto-Lei n.º 19/93, de 23 de janeiro, que institui o regime jurídico de classificação da Rede Nacional de Áreas Protegidas.

Decreto Legislativo Regional n.º 26/2010/A, de 12 de agosto. Aprova o Plano Regional de Ordenamento de Território dos Açores.

Decreto Legislativo Regional n.º 38/2008/A, de 11 de agosto. Aprova o Plano de Ordenamento Turístico da Região Autónoma dos Açores.

Decreto Legislativo Regional n.º 43/2008/A, de 8 de outubro. Altera o Decreto Legislativo Regional n.º 14/2000/A, de 23 de maio, que adapta à Região Autónoma dos Açores o RJIGT.

Decreto Legislativo Regional n.º 45/2008/A, de 5 de novembro. Cria o Parque Natural da Ilha Graciosa.

Decreto Legislativo Regional n.º 6/2005/A, de 17 de maio. Transpõe para o direito regional a Directiva n.º 91/676/CEE do Conselho, de 12 de dezembro (Directiva Nitratos).

Decreto Legislativo Regional n.º 7/2007/A, de 10 de abril. Altera o Decreto Legislativo Regional n.º 20/2006/A, de 6 de junho, que aprova o Plano sectorial da Rede Natura 2000 da Região Autónoma dos Açores.

Decreto Regulamentar Regional n.º 13/2008/A, de 25 de julho. Aprova o Plano de Ordenamento da Orla Costeira da Ilha Graciosa.

Decreto Regulamentar Regional n.º 14/93/A, 31 de julho. Aprova o regulamento da apanha de lapas na Região Autónoma dos Açores, fixando as zonas de reserva integral da apanha de lapas.

Decreto Regulamentar Regional n.º 17/2010/A, de 21 de setembro. Altera o Decreto Regulamentar Regional n.º 25/2008/A, de 31 de dezembro, que aprova a orgânica do X Governo Regional dos Açores.

Decreto Regulamentar Regional n.º 5/2009/A, de 3 de junho. Classifica os Sítios de Importância Comunitária (SIC) como Zonas Especiais de Conservação (ZEC), no território da Região Autónoma dos Açores.

Decreto Regulamentar Regional n.º 6/2007/A, de 8 de fevereiro. Ratifica o Plano Director Municipal de Santa Cruz da Graciosa.

Decreto-Lei n.º 135/2009, de 3 de junho. Estabelece o regime jurídico de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares e de prestação de informação ao público sobre as mesmas, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2006/7/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de fevereiro, relativa à gestão da qualidade das águas balneares, e complementando a Lei da Água, aprovada pela Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro.

Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de abril. Procedeu à revisão da transposição para o direito interno das Directivas Aves e Habitats, estabelecendo os princípios e os instrumentos que deverão conter as medidas de gestão e salvaguarda necessárias à garantia de conservação dos habitats naturais e das espécies da fauna e da flora selvagens.

Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de junho. Altera o Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de março, que transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (Zonas Sensíveis).

Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de março. Transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (Zonas Sensíveis).

Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro. Transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/676/CEE, do Conselho de 12 de dezembro de 1991 (Directiva Nitratos).

Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto. Estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.

Decreto-Lei n.º 348/98, de 9 de setembro. Altera o Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de março, transpondo para o direito interno a Directiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 21 de fevereiro.

Decreto-Lei n.º 49/2005, de 24 de fevereiro. Altera o Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de abril, que procedeu à transposição para o direito nacional das Directivas Aves e Habitats, estabelecendo os princípios e os instrumentos que deverão conter as medidas de gestão e salvaguarda necessárias à garantia de conservação dos habitats naturais e das espécies da fauna e da flora selvagens.

Decreto-Lei n.º 68/99, de 11 de março. Altera o Decreto-Lei n.º 235/97, de 3 de setembro, que transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/676/CEE, do Conselho de 12 de dezembro de 1991 (Directiva Nitratos).

Directiva n.º 79/409/CEE do Conselho, de 2 de abril. Relativa à conservação de aves selvagens (Directiva Aves).

Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio. Relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (Zonas Sensíveis).

Directiva n.º 91/676/CEE do Conselho, de 12 de dezembro. Estabelece o regime legal de protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola (Directiva Nitratos).

Directiva n.º 92/43/CEE do Conselho, de 21 de maio. Relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens (Directiva Habitats).

Directiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 21 de fevereiro. Altera a Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (Zonas Sensíveis).

DROTRH (2006) – Relatório síntese de caracterização da Região Hidrográfica, Arquipélago dos Açores, Portugal. DROTRH, Ponta Delgada, 91 pp.

DROTRH–INAG (2001) Plano Regional da Água. Relatório técnico. Versão para consulta pública. DROTRH-INAG, Ponta Delgada, 414 pp.

DROTRH–INAG (2001) Plano Regional da Água. Relatório técnico. Versão para consulta pública. DROTRH-INAG, Ponta Delgada, 414 pp.

EDA – Electricidade dos Açores: <http://www.eda.pt>

EDA Informa, nº 136. 2010 setembro/outubro.

EEG - Empresa de Electricidade e Gaz: <http://www.eeg.eda.pt>

F. D. Santos e P. Miranda (editores) (2006) Alterações Climáticas em Portugal - Cenários Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM\_II, Gradiva, Lisboa.

Feraud, G., Kaneoka, J. e Allegre, C. (1980) - K/Ar ages and stress pattern in the Azores: Geodynamic implications. Earth Planet. Sci. Letters, 46, p. 275-286.

Ferraz-Pinheiro, J., Madruga, J. e Forjaz-Sampaio, J. (1988). Carta de Capacidade de Uso dos Solos da Ilha Terceira, Graciosa e de S. Jorge. Gabinete de Solos, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.

Forjaz, V.H. (1984) – S.Miguel volcanostratigraphic sketch. Dep.Geociências, Univ. Açores, Ponta Delgada, 1 pp.

França, Z. (2000) - Origem e evolução petrológica e geoquímica do vulcanismo da ilha do Pico, Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 372 pp.

França, Z., Nunes, J.C., Cruz, J.V., Duarte, J.F & Forjaz, V.H. (2002) – Estudo preliminar do vulcanismo da ilha do Corvo, Açores. In: Garcia, F.G. & Valero, J.L.B. (Eds.), Proceedings 3ª Assembleia Luso-Espanhola de Geodesia e Geofísica, Tomo II, Editorial UPV, Valência: 727-730.

Gaspar, J.L. (1996) - Ilha Graciosa (Açores). História vulcanológica e avaliação do hazard. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 256 pp.

Gaspar, J.L., Queiroz, G., Pacheco, J.M., Ferreira, T., Wallenstein, N., Almeida, M.H. e Coutinho, R. (2003) - Basaltic lava balloons produced during the 1998-2001 Serreta Submarine Ridge eruption (Azores). In: White, J.D.L., Smellie, J.L. e Clague, D.A. (Eds.) Explosive Subaqueous Volcanism, Geophysical Monograph 140, AGU, Washington D.C., 379 pp.

Guest, J.E., Gaspar, J.L., Cole, P.D., Queiroz, G., Duncan, A.M., Wallenstein, N., Ferreira, T. & Pacheco, J.M. (1999) - Volcanic geology of Furnas volcano, São Miguel, Azores. Journal of Volcanol. and Geotherm. Res. 92: 1-29.

Hayes, M., Svoboda, M., Wilhite, D., Vanyarkho, O., Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 80, No. 3, March 1999, pp 429-438.

IGP (2008). Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP). Instituto Geográfico Português. Lisboa.

INMG (1991) - Normais Climatológicas dos Açores, 1961-1990 - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica. Lisboa.

INSAAR. Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais. Campanhas 2002, 2005, 2006 e 2007.

Krásný, J. (1993) - Classification of transmissivity magnitude and variation. Ground Water, 31, pp. 230-236.

Lei n.º 48/98, de 11 de agosto. Aprova a Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território e Urbanismo (LBOTU).

Lei n.º 54/07, de 31 de agosto. Altera a Lei n.º 48/98, de 11 de agosto, que aprova LBOTU.

Lencastre, A & Franco, F.M. (1984). Lições de Hidrologia. Serviços Editoriais da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Lloyd-Hughes, B., Saunders, M. (2002), A Drought Climatology for Europe, International Journal of Climatology, 2002, 22, pp 1571-1592.

LNEC (1990). Plano para a Gestão dos Recursos Hídricos da Ilha de S. Miguel – Açores. 1º Relatório – Caracterização Geral da Ilha de S. Miguel. LNEC, Relatório 118/91 – NHHF/NP, Lisboa.

Machado, F. (1959) Submarine pits of the Azores Plateau, Bulletin Volcanologique, (série II) 21, pp. 109-116.

Madruga, J.S. (1995). Características e génese do horizonte plácico em solos vulcânicos do arquipélago dos Açores. Dissertação de Doutoramento, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo.

MAOTDR, Decreto-Lei n.º 115/2010, que aprova o quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, com o objectivo de reduzir as suas consequências prejudiciais, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro – 1.ª série, n.º 206, Imprensa Nacional - Casa da Moeda, Lisboa, 22 de outubro de 2010.

Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993), The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eight Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, pp. 179-186.

Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1995), Drought monitoring with multiple time scales. Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, pp. 233-236.

- Medina, J.M.B e Grilo, J.T. (1981). Esboço pedológico da Ilha Graciosa (Açores). Instituto Nacional de Investigação Científica. Centro de Pedologia da Universidade Técnica de Lisboa e Universidade dos Açores
- MIRANDA, P.M.; A., M.A. VALENTE, A.R. TOMÉ, R. TRIGO, M. F. COELHO, A. AGUIAR, E. B. AZEVEDO (2006): “O CLIMA DE PORTUGAL NOS SÉCULOS XX E XXI”, F. D. Santos e P. Miranda (editores) Alterações Climáticas em Portugal - Cenários Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM\_II, Gradiva, Lisboa, 2006.
- MIRANDA, P.M.; Valente, M.V.; Tomé, A.; Azevedo, E.B.; Trigo, R.; Aguiar, R.; – (2006) - “Cenários Climáticos Futuros” – in CLIMAAT\_II, Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos, FEDER-INTERREG\_III B, Açores Madeira e Canárias – D. Santos e R. Aguiar (editores) – Direcção Regional do Ambiente da Madeira, pgs.24-33.
- Moore, R.B. (1990) Volcanic geology and eruption frequency, São Miguel, Azores. Bull. Volcanol. 52: 602-614.
- Morisseau, M. (1987) - Les éruptions hydromagmatiques et les xénolites associés: signification géothermique. Exemples de Flores et de Faial (Açores). Thèse présentée pour obtenir le titre de Docteur en Sciences, Université de Paris XI, Orsay, 493 pp.
- Needham, H. e Francheteau, J. (1974) - Some characteristics of the rift valley in the Atlantic Ocean near 36° 48' north. Earth and Planet. Sci. Lett. 22: 29-43.
- Needham, H., Francheteau, J. (1974) Some characteristics of the rift valley in the Atlantic Ocean near 36° 48' north. Earth and Planetary Science Letters, 22, pp. 29- 43.
- Nunes, J.C. (1999) – A actividade vulcânica na ilha do Pico do pliocénico superior ao holocénico: mecanismo eruptivo e hazard vulcânico. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 357 pp.
- Nunes, J.C. (2000) - Notas sobre a geologia da Terceira. Açoreana 9: 205-215.
- Pacheco, J.M., T. Ferreira, T., Queiroz, G., Wallenstein, N., Coutinho, R., Cruz, J.V., Pimentel, A., Silva, R., Gaspar, J.L., e Goulart, C. (2011) - Notas sobre a geologia do arquipélago dos Açores (in press).
- Parlamento Europeu e Conselho da UE, Directiva 2007/60/CE – Directiva relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundação, Comissão Europeia, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Bruxelas, 23 de outubro de 2007.
- Pinheiro, J.A. (1990). Estudo dos principais tipos de solos da ilha Terceira (Açores). Dissertação de Doutoramento, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- Portal das Energias Renováveis: <http://www.energiasrenovaveis.com>
- Portaria n.º 1100/2004, de 3 de setembro. Aprova a Lista Nacional de Zonas Vulneráveis e as Cartas de Zonas Vulneráveis do território português.
- Portaria n.º 148/2010, de 25 de fevereiro. Aprova a lista de zonas balneares costeiras dos Açores identificadas como águas balneares para a época balnear de 2010 e define a duração da respectiva época balnear
- Portaria n.º 43/93, de 2 de setembro. Estabelece as condições para a captura de moluscos univalves sem fins comerciais na Região Autónoma dos Açores.
- Portaria n.º 47/2006, de 22 de junho. Aprova o Programa de Acção para as zonas vulneráveis n.º 1 (Serra Devassa), n.º 2 (São Brás) e n.º 3 (Congro), na Ilha de São Miguel, n.º 6 (Capitão) e n.º 7 (Caiado) na Ilha do Pico e n.º 8 (Fundá), na Ilha das Flores, constituídas pelas bacias hidrográficas das lagoas, conforme Portaria n.º 1100/2004, de 3 de setembro.
- PROCESL-ECOSERVIÇOS-PROSPECTIVA (2005). Estudo de Concepção Geral do Sistema Integrado de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais da RAA – Sub-Fase 1.1 – Estudo de Base - Volume V - Ilha Graciosa, Ponta Delgada, 38 pp.
- Queiroz, G. (1997) - Vulcão das Sete Cidades (S. Miguel, Açores): história eruptiva e avaliação do hazard. Dissertação de Doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Vulcanologia, Departamento de Geociências, Universidade dos Açores, 226 pp.
- Queiroz, G., Gaspar, J.L., Cole, P.D., Guest, J.E., Wallenstein, N., Duncan, A.M. e Pacheco, J.M. (1995) - Erupções vulcânicas no vale das Furnas (ilha de S. Miguel, Açores) na primeira metade do Séc. XV. Açoreana 8(1): 159-168.
- Regulamento n.º 1882/2003/CEE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de setembro. Altera a Directiva n.º 91/676/CEE do Conselho, de 12 de dezembro, relativa ao regime legal de protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola (Directiva Nitratos).
- Ricardo, R.P; Madeira, M.A.M; Medina, J.M.B. (1979). Enquadramento taxonómico dos principais tipos de solos que se admitem ocorrerem no Arquipélago dos Açores. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, **39**. Lisboa.

Rodrigues, M. C. (2002) – Recursos Hídricos e Património Natural – Tese de Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza. Universidade dos Açores.

Rodrigues, R. (1995) – Hidrologia de Ilhas Vulcânicas – Tese de Doutoramento. LNEC, Lisboa;

Roger g. Barry (1992) – Mountain Weather & Climate – 2nd edition – Routledge Editors. London and New York. ISBN 0-415-07112-7. pp. 402

SANTOS, F.D.; VALENTE M.A.; MIRANDA P.M.A.; AGUIAR A., AZEVEDO, E.B.; TOMÉ A.; COELHO F.E. (2004): “CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN THE AZORES AND MADEIRA ISLANDS”, World Resource Review, 16, No 3, 473-491;

Santos, M. Teresa Viseu (2006). Segurança dos Vales a Jusante de Barragens. Metodologias de Apoio à Gestão do Riso. Intituto Superior Técnico (IST). Lisboa.

Schilling, J-G. (1975) – Azores mantle blob: rare-earth evidence. Earth Planet. Sci. Lett., 25, p. 103-115.

Searle, R. (1980) - Tectonics pattern of the Azores spreading centre and triple junction. Earth and Planet. Sci. Lett. 51: 415-434.

Serralheiro, A., Matos Alves, C.A., Forjaz, V.H. & Rodrigues, B. (1987) - Carta vulcanológica dos Açores na escala 1/15000; Ilha de Santa Maria. CV/INIC-DGUA-SRPCA, Ponta Delgada, 2 folhas.

Silva, M. (2005) - Caracterização da sismicidade histórica dos Açores com base na reinterpretação de dados de macrossísmica: contribuição para a avaliação do risco sísmico nas ilhas do Grupo Central. Dissertação de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos, Departamento de Geociências, Universidade dos Açores, 146 pp.

Silveira, D. (2002) - Caracterização da sismicidade histórica da ilha de S. Miguel com base na reinterpretação de dados de macrossísmica: contribuição para a avaliação do risco sísmico. Dissertação de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos, Departamento de Geociências, Universidade dos Açores, 149 p.

Silvério Godinho (1989) – Intensidade, Duração e frequência da Precipitação no arquipélago dos Açores – O Clima de Portugal, Fascículo XLVI. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica.

SRAM/DROTRH (2007). Carta de Ocupação do Solo da Região Autónoma dos Açores. Secretaria Regional do Ambiente e do Mar, Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos, Ponta Delgada.

SREA (2003). Séries estatísticas 1993-2003. Serviço Regional de Estatística dos Açores, Angra do Heroísmo.

SREA (2008). Anuário Estatístico da Região Autónoma dos Açores – 2007. Serviço Regional de Estatística dos Açores. Angra do Heroísmo.

Thom, H.C.S. (1958), A note on the Gamma distribution, Monthly Weather Review, Vol 86, nº 4, pp 117-122.

Weston, F.S. (1964) - List of recorded volcanic eruptions in the Azores with brief reports. Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciências de Lisboa 10(1): 3-18.

White, W.M., Tapia, M. e Schilling, J.-G. (1979) - The petrology and geochemistry of the Azores Islands. Contrib. Mineral. Petrol. 69: 201-213.

Zbyszewski, G. (1970) - Levantamento geológico da ilha Graciosa (Açores). Memórias da Academia das Ciências, t. XIV, p. 163-171.

Zbyszewski, G., Medeiros, A., Ferreira, O. e Torre de Assunção, C. (1972) - Carta Geológica de Portugal na escala 1/25000. Notícia explicativa da folha Ilha Graciosa (Açores). Serv. Geol. Portugal, 31 p.

### 3 | Caracterização das massas de água

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Perry, R. & Hackett, G. (1987) – DRASTIC. A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. EPA, Ada, 622 pp.

Amaral, P. (2005). Monitorização de vertentes instáveis no concelho da Povoação, Olha de São Miguel (Açores): Ensaio com base na utilização de uma Estação Total. Tese de Mestrado. Universidade dos Açores.

Andrade, C., Teixeira, S., Reis, R. & Freitas, C. (1996). The record of storminess of the Portuguese NW coast in newspaper sources. In: “Partnership in coastal zone management”. Taussik, J. & Mitchell, J., Editors. Samara, 159-166 (citado em Borges, 2003).

Bettencourt, M.L. (1979). O clima de Portugal. Inst. Nac. Met. Geof., XVIII, 103 pp (citado em Borges, 2003).

Bird, E.C. (1996). Beach management. Wiley, Chichester, 281 pp (citado em Borges, 2003).

- Bird, E.C. (2000). Coastal geomorphology: an introduction. Wiley, Chichester, 322 pp (citado em Borges, 2003).
- Borges, P. (1995). Contribuição para o conhecimento geológico do litoral sul de São Miguel (Açores). Tese de PPCI, Dep. Geociências da Universidade dos Açores, 168 pp (não publicado).
- Borges, P. (2003). Ambientes Litorais nos Grupos Central e Oriental do Arquipélago dos Açores – Conteúdo e Dinâmica de Microescala. Tese de doutoramento. Universidade dos Açores.
- Bradley, R. (1999). Paleoclimatology. Academic Press, San Diego, 613 pp (citado em Borges, 2003).
- Bryant, E.A. (1993). Natural hazards. Cambridge University Press, Hong Kong, 294 pp (citado em Borges, 2003).
- Bush, D.M., Pilkey, O.H. Jr. & Neal, W.J. (1996). Living by the roles of the sea. Duke University Press, Durham, 179 pp (citado em Borges, 2003).
- Carter, R.W.G. (1999). Coastal environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. 7ª ed., Academic Press, London, 617 pp (citado em Borges, 2003).
- CEC (2003) – Guidance on analysis of pressures and impacts. Guidance Document nº 3, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE), European Communities, Luxembourg, 148 pp.
- CEC (2006) – Guidance on groundwater in drinking water protected areas. Guidance Document nº 16, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE), European Communities, Luxembourg, 34 pp.
- Coutinho, R., Antunes, P., Freire, P. (2006) – Perímetros de protecção às captações de água subterrânea – Terceira – Relatório final. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 52 pp.
- Cruz, J.V. (2001) – Recursos Subterrâneos. Plano Regional da Água da RAA. Relatório Técnico-Científico 03/DGUA/01, Centro de Geologia Ambiental, DG/UA, Ponta Delgada, 453 pp.
- Cruz, J.V. (2004) – Ensaio sobre a água subterrânea nos Açores. História, ocorrência e qualidade. Ed. SRA, Ponta Delgada, 288 pp.
- Cruz, J.V. e Silva, M.O. (2000) - Groundwater salinisation in Pico island (Azores, Portugal): origin and mechanisms. Environmental Geology 39:1181-1189.
- Cruz, J.V., Coutinho, R., Pacheco, D., Cymbron, R., Antunes, P., Freire, P., e Mendes, S. (2010b) – Groundwater salinization in the Azores archipelago (Portugal). Environmental Earth Sciences (em impressão)
- Cruz, J.V., Coutinho, R., Pacheco, D., Cymbron, R., Antunes, P., Antune, P., Freire, P, Mendes, S., Fontiela, J. e Anglade, J. (2010c) – Groundwater salinization in the Azores archipelago (Portugal): an overview. In: Condesso de Melo, T., Lebbe, L., Cruz, J.V., Coutinho, R., Langevin, C e Buxo, A. (eds), Proceedings SWIM 21 – 21st Salt Water Intrusion Meeting, Ponta Delgada, 109-112.
- Cruz, J.V., Pacheco, D., Cymbron, R. & Mendes, S. (2010a) - Monitoring of the groundwater chemical status in the Azores archipelago (Portugal) in the context of the EU Water Framework Directive. Environmental Earth Sciences, 61, pp. 173-186
- Davis, R.A. Jr. (1997). The evolving coast. Scientific American Library, New York, 233 pp (citado em Borges, 2003).
- DROTRH (2006) – Relatório síntese de caracterização da Região Hidrográfica, Arquipélago dos Açores, Portugal. DROTRH, Ponta Delgada, 91 pp.
- DROTRH (2006) – Relatório síntese de caracterização da Região Hidrográfica, Arquipélago dos Açores, Portugal. DROTRH, Ponta Delgada, 91 pp.
- DROTRH (2007) – Carta de ocupação do solo da RAA. DROTRH/SRAM, Ponta Delgada, 54 pp.
- DROTRH/SRA (2000). Plano Regional de Ordenamento do Território dos Açores, Versão para Consulta Pública, Ponta Delgada.
- DROTRH/SRA (2001). Plano Regional da Água, Versão para Consulta Pública, Ponta Delgada.
- Forjaz, V.H. (1989). Coastal environment and S.Miguel geothermal wastes. Symposium on applied and environmental geology, VI coastal geological environments. Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa, 28.3 - 04/89.
- França, Z., Cruz, J.V. Nunes, J.C. & Forjaz, V.H. (2005) - Geologia dos Açores: uma perspectiva actual. Açoreana, 140 pp.
- Gaspar, J.L. & Queiroz, G. (1995) - Carta vulcanológica dos Açores, ilha Graciosa, Folhas “A” e “B” na escala 1:10000. Ed. UA-CV/UA-C.MSCG, Ponta Delgada, 2 folhas.

Gaspar, J.L. (1996) - Ilha Graciosa (Açores). História vulcanológica e avaliação do hazard. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 255 pp.

Godschalk, D.R., Brower, D.J. & Beatley, T. (1989). Catastrophic coastal storms, hazard mitigation and development management. Duke University Press, Durham, 275 pp (citado em Borges, 2003).

Hayes, M.O. (1975). Morphology of sand accumulation in estuaries: an introduction to the symposium. In "Estuarine research, geology and engineering". Cronin, L.E., Editor. Academic Press, New York, 2: 3-22 (citado em Borges, 2003).

Hayes, M.O. (1979). Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. In "Barrier islands". Leatherman, S., Editor. Academic Press, New York, 1-27 (citado em Borges, 2003).

Hem, J.D. (1985) – Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U.S. Geol. Survey Water-Supply Paper 2254, 263 p.

Hickey, K. (1997). Documentary records of coastal floods in Scotland, 1500-1991 AD. Tese de Doutoramento vol. 1, Coventry University, 418 pp (não publicado) (citado em Borges, 2003).

Instituto Hidrográfico (1981) – Roteiro do arquipélago dos Açores. Pub. (N)-IH-128-SN, 237 pp (citado em Borges, 2003).

Komar, P.D. (1997). The Pacific Northwest coast: living with the shores of Oregon and Washington. Duke University Press, Durham, 195 pp (citado em Borges, 2003).

Komar, P.D. (1998) - Beach processes and sedimentation. 2ª ed. Prentice Hall, New Jersey, 544 pp (citado em Borges, 2003).

Lamb, H. (1991). Historic storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe. Cambridge University Press, Cambridge, 204 pp (citado em Borges, 2003).

LNEC (1993) – Desenvolvimento de um inventário das águas subterrâneas de Portugal. Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos e mapeamento DRASTIC da vulnerabilidade dos aquíferos de Portugal. Relatório 179/93 – GIAS, LNEC, Lisboa, 285 pp.

LNEC (2001) – Desenvolvimento de um inventário das águas subterrâneas dos Açores. Relatório final - 3º ano. Fase 3. Relatório 239/01-GIAS, LNEC, Lisboa, 640 pp.

Loução, A. (1991) – Acerca do ciclo do azoto. Ciência, 6, pp. 5-7.

Machado, F. & Freire, T. (1976). Erosão marinha no cone vulcânico dos Capelinhos. Atlântida, XX: 206-209 (citado em PRA, 2001b).

Machado, F. & Freire, T. (1985). Cone dos Capelinhos em 1981. Açoreana, 6(3): 261-266 (citado em PRA, 2001b).

Madeira, J. (1998). Estudos de neotectónica nas ilhas do Faial, Pico e S. Jorge: uma contribuição para o conhecimento geodinâmico da junção tripla dos Açores. Tese de Doutoramento, Dep. Geologia Faculdade Ciências da Universidade Lisboa, 483 pp.

Martinez, A.G., Romero Macias, E. E Caballero Rodriguez, M.J. (1990) – Problemática de la contaminación de aguas subterrâneas por nitratos. In: Livro de Homenagem ao Prof. Doutor Carlos Romariz, Ed. DGFCUL, Lisboa, pp. 127-150.

Maund, J. (1985) - The volcanic Geology, Petrology and Geochemistry of Caldeira Volcano, Graciosa, Azores, and its bearing contemporaneous felsic-mafic oceanic island volcanism. Ph'D Thesis, University of Reading, 333 pp.

Maund, J. (1985) - The volcanic Geology, Petrology and Geochemistry of Caldeira Volcano, Graciosa, Azores, and its bearing contemporaneous felsic-mafic oceanic island volcanism. Ph'D Thesis, University of Reading, 333 pp.

Neto, A., Brotas, V., Azevedo J., Patarra, R., Álvaro, N., Gameiro, C., Prestes, A., Nogueira, E. (2009a). Qualidade de águas costeiras da ilha Terceira (Açores) e proposta de monitorização. Departamento de Biologia, Universidade dos Açores.

Neto, A., Brotas, V., Azevedo, J., Patarra, R., Álvaro, N., Gameiro, C., Prestes, A., Nogueira E. (2009b). Qualidade de águas de transição da ilha de São Jorge e proposta de monitorização. Departamento de Biologia, Universidade dos Açores. iii+32 pp.+Anexos. iii+50 pp.+Anexos.

Pirazzoli, P.A. & Tomasin, A. (1999). Recent abatement of easterly winds in the northern Adriatic. International Journal of Climatology, 19: 1205-1219 (citado em Borges, 2003).

Pires, H.O. (1995). Reconstituição do estado do mar em São Miguel, Açores. Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa: Project STORMS, Relatório Técnico (não publicado) (citado em Borges, 2003).

- POOC Graciosa (2006). POOC da Ilha Graciosa. Fase I – Caracterização e Diagnóstico. Secretaria Regional do Ambiente do Mar, Governo Regional dos Açores, Açores.
- POTRAA (2007). Plano de Ordenamento Turístico da RAA – Plantas de Síntese do Modelo de Organização do Território. Direcção Regional do Turismo – Secretaria Regional da economia. RAA.
- PRA (2000a). Plano Regional da Água – Relatório de Caracterização e diagnóstico da Situação Actual da Hidrografia/Clima/Hidrologia da Superfície. Centro de Geologia Ambiental. Universidade dos Açores.
- PRA (2001a). Plano Regional da Água – Relatório de Identificação e caracterização de riscos Geológicos. Centro de Geologia Ambiental, Departamento de Geociências. Universidade dos Açores.
- PRA (2001b). Plano Regional da Água – Relatório Técnico da Versão para Consulta Pública. RAA.
- PROTA (2008). Plano Regional de Ordenamento do Território para a RAA. Volume 12 – Gestão da Água e Saneamento. SRAM.
- REOT (2001). Relatório do Estado de Ordenamento do Território, Direcção Regional de Ordenamento do Território e Recursos Hídricos.
- REOT (2003). Relatório do Estado de Ordenamento do Território, Direcção Regional de Ordenamento do Território e Recursos Hídricos – SRAM.
- Roger, J.B., Turpin, R.N. & Brand, S. (1982). Hurricane havens handbook for the North Atlantic Ocean. NAVENVPREDRSCHFAC Technical Report TR 82-03 (citado em Borges, 2003).
- RSCRHAA (2006). Relatório Síntese da Caracterização Hidrográfica do Arquipélago dos Açores – Implementação da Directiva Quadro Água. SRAM.
- Shepard, F. (1973). Submarine geology. 3ª ed. Harper & Row, New York, 517 pp (citado em Borges, 2003).
- SRAM (2007) – PEGRA – Plano Estratégico de Gestão de Resíduos dos Açores. SRAM, Horta, 124 pp.
- Viles, H & Spencer, T. (1995). Coastal problems: geomorphology, ecology and society at the coast. Edward Arnold, London, 350 pp (citado em Borges, 2003).
- Zaporozec, A. (1994) – Concept of groundwater vulnerability. In: Vrba, J. & Zaporozec, A. (eds.), Guidebook on mapping groundwater vulnerability. International Contributions to Hydrogeology, 16, Heise, pp. 3-7.
- Zbyszewski, G. (1970) - levantamentos geológicos da ilha Graciosa (Açores). Mem. Academia das Ciências de Lisboa, 14, pp. 163-171.
- Zbyszewski, G., Medeiros, A.C., Ferreira, O.V. & Assunção, C.T. (1972) - Carta Geológica de Portugal; notícia explicativa da folha da ilha Graciosa (Açores). Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 31 pp..

## 4 | Redes de monitorização

- CEC (2003) - Monitoring under the Water Framework Directive. Guidance Document nº 7, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE), European Communities, Luxembourg, 160 pp.
- CEC (2006) – Guidance on groundwater in drinking water protected areas. Guidance Document nº 16, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE), European Communities, Luxembourg, 34 pp.
- CEC (2007) – Guidance on groundwater monitoring. Guidance Document nº 15, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE), European Communities, Luxembourg, 50 pp.
- Cruz, J.V., Pacheco, D., Cymbron, R. e Mendes, S. (2007a) – Monitoring of the groundwater chemical status in the Azores archipelago (Portugal) in the context of the EU Water-framework Directive. In: Ribeiro, L., Chambel, A. e Condeso de Melo, M.T. (Eds.), Proceedings (in CD-ROM) of the XXXV IAH Congress “Groundwater and ecosystems”, Lisbon, 9 pp.
- Cruz, J.V., Pacheco, D., Cymbron, R. e Mendes, S. (2010) – Monitoring of the groundwater chemical status in the Azores archipelago (Portugal) in the context of the EU water Framework directive. Environ. Earth Sci. 61: 173-186.
- Cruz, J.V., Pacheco, D., Cymbron, R., Mendes, S. e Ventura, A. (2007b) – Monitorização da qualidade da água subterrânea das ilhas das Flores e do Pico (Açores). In: Borrego, C., Miranda, A.I., Figueiredo, E., Martins, F., Arroja, L. e Fidélis, T. (Eds.), Actas da 9ª Conferência Nacional do Ambiente, 2º Vol., Aveiro, 572-579.
- Cymbron, R., Pacheco, D., Cabral, M., Cruz, J.V., Domingos, M., Nunes, J.C. e Coutinho, R. (2006) – Monitorização da qualidade das águas subterrâneas das ilhas de Santa Maria e São Miguel da RAA. Anais (em CD ROM) do 8º Congresso da Água “Água, Sede de sustentabilidade”, Figueira da Foz, 14 p.

Cymbron, R., Pacheco, D., Gonçalves, V., Cabral, M., Cruz, J.V., Raposeiro, P., Costa, A., Marques, H., Domingos, M., Nunes, J.C. e Coutinho, R. (2005) – Monitorização da qualidade das águas interiores das ilhas de Santa Maria e São Miguel da RAA. In: Ortega, A., Peña, L. e Rodriguez, G. (Eds.), Técnicas y métodos para la gestión sostenible del agua en la Macaronesia, Canarias, 295-334.

DROTRH-INAG (2001) Plano Regional da Água. Relatório técnico. Versão para consulta pública. DROTRH-INAG, Ponta Delgada, 414 pp.

Ferreira J.G., Abreu, P.F., Bettencourt, A.M. Bricker, S.B. *et al* (2005) Monitoring Plan for Water Quality and Ecology of Portuguese Coastal Waters, Development of Guidelines for the Application of the European Union Water Framework Directive. IMAR, 141 pp.

Ferreira, J.P.L. (2000) - Inventariando, monitorizando e gerindo de forma sustentável recursos hídricos subterrâneos. A situação portuguesa, os desafios da UE e a globalização. Teses e programas de Investigação LNEC, LNEC, Lisboa, 429 pp.

Fetter, C.W. (1999) – Contaminant hydrogeology. Prentice-Hall, Upper Saddle River, 500 pp.

Gonçalves, V. (2008) Contribuição do estudo das microalgas para a avaliação da qualidade ecológica das lagoas dos Açores: fitoplâncton e diatomáceas bentónicas. Universidade dos Açores, Ponta Delgada

Grath, J., Scheidleder, A., Uhlig, S., Weber, K., Kralik, M., Keimel, T. e Gruber D. (2001) - The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. Final Report. Austrian Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management (Ref.: 41.046/01-IV1/00 and GZ 16 2500/2-I/6/00), European Commission (Grant Agreement Ref.: Subv 99/130794), 63 pp.

INAG (2009a) Manual para a avaliação qualidade biológica da água em lagos e albufeiras segundo a DQA - Protocolo de amostragem e análise para o fitoplâncton. INAG I.P., MAOTDR, Lisboa

INAG (2009b) Critérios para a classificação do estado das massas de água superficiais – Rios e albufeiras. INAG I.P., MAOTDR, Lisboa

INAG, DGADR (2008) Poluição provocada por Nitratos de origem agrícola Directiva 91/676/CEE, de 12 de dezembro de 1991 – Relatório (2004-2007)

Lopes, A.R. e Cupeto, C. (1999) - Plano nacional de monitorização de águas subterrâneas. INAG, Lisboa, 18 pp.

Medeiros, M., Mendes, S., Cymbron, R., Pacheco, D. Gaspar, J. (2010) A implementação da DQA na Região Autónoma dos Açores. XV Congresso da Associação Ibérica de Limnologia, Ponta Delgada.

Parlamento, E., UE, C. (2000) Directiva 2000/60/CE – DQA, Comissão Europeia. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Bruxelas, 22 de dezembro de 2000:1-72

SRAM, INAG (2006) Relatório síntese da caracterização da região hidrográfica - Arquipélago dos Açores, Portugal. SRAM edn. SRAM e INAG, Ponta Delgada

## 5 | Avaliação do estado das massas de água

Cardoso, P., Borges, P.A.V., Costa, A., Tristão da Cunha, R., Gabriel, R., Frias Martins, A., Silva, L., Homem, N., Martins, M., Rodrigues, P., Matins, B. & Mendonça, E. (2008) – La perspectiva archipelágica: Azores. In: Martín, J.L., Arechavaleta, M., Borges, P.A.V. & Faria, B. (eds.), Top 100. Las 100 espécies amenazadas prioritarias de gestión en la region europea biogeografica de la Macaronesia. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias, 79-107.

CEC (2003) - Monitoring under the Water Framework Directive. Guidance Document nº 7, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE), European Communities, Luxembourg, 160 pp.

CEC (2007) – Guidance on groundwater monitoring. Guidance Document nº 15, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE), European Communities, Luxembourg, 50 pp.

CEC (2009) – Guidance on groundwater status and trend assessment. Guidance Document nº 18, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/CE), European Communities, Luxembourg, 82 pp.

Cruz, J.V., Coutinho, R., Pacheco, D., Cymbron, R., Antunes, P., Freire, P., e Mendes, S. (2010a) – Groundwater salinization in the Azores archipelago (Portugal). Environmental Earth Sciences (em impressão)

Cruz, J.V., Coutinho, R., Pacheco, D., Cymbron, R., Antunes, P., Antune, P., Freire, P, Mendes, S., Fontiela, J. e Anglade, J. (2010b) – Groundwater salinization in the Azores archipelago (Portugal): an overview. In: Condoso de Melo, T., Lebbe, L., Cruz, J.V., Coutinho, R., Langevin, C e Buxo, A. (eds), Proceedings SWIM 21 – 21st Salt Water Intrusion Meeting, Ponta Delgada, 109-112.

DROTRH (2006) – Relatório síntese de caracterização da Região Hidrográfica, Arquipélago dos Açores, Portugal. DROTRH, Ponta Delgada, 91 pp.

DROTRH–INAG (2001) Plano Regional da Água. Relatório técnico. Versão para consulta pública. DROTRH-INAG, Ponta Delgada, 414 pp.

Grath, J., Scheidleder, A., Uhlig, S., Weber, K., Kralik, M., Keimel, T. e Gruber D. (2001) - The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. Final Report. Austrian Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management (Ref.: 41.046/01-IV1/00 and GZ 16 2500/2-1/6/00), European Commission (Grant Agreement Ref.: Subv 99/130794), 63 pp.

INAG (2009) – Estabelecimento de limiares nas águas subterrâneas. INAG, Lisboa, 21 pp.

INAG (2009) Critérios para a classificação do estado das massas de água superficiais – Rios e albufeiras. INAG I.P., MAOTDR, Lisboa

Inova (1996) Análise das Águas das Lagoas da Região Autónoma dos Açores. Instituto de Inovação Tecnológica dos Açores, Ponta Delgada

Inova (1999) Análise das Águas das Lagoas da Região Autónoma dos Açores. Instituto de Inovação Tecnológica dos Açores, Ponta Delgada

Inova (2007) Resultados das análises efectuadas a água subterrâneas e superficiais das ilhas de Corvo, Flores, Pico e Faial, no período entre fevereiro de 2006 e março de 2007. Instituto de Inovação Tecnológica dos Açores, Ponta Delgada

## 6 | Análise económica da água

INSAAR. Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais. Campanhas 2002, 2005, 2006 e 2007.



## Anexo 2.2.1 | Informação climática disponível e considerações metodológicas

### 1 | Informação climática disponível e aproximações metodológicas

#### 1.1 | Limitações e representatividade da informação

Atendendo às especificidades de enquadramento do arquipélago dos Açores no que diz respeito ao sistema climático, bem como à heterogeneidade geomorfológica característica de cada uma das suas ilhas, a localização das estações climatológicas, quando existentes, suscitam sérias reservas no que se refere à representatividade dos valores observados em relação ao total da área das ilhas onde se encontram instaladas (ver comentários em rodapé). Na generalidade situadas no litoral, próximas do nível do mar, as estações meteorológicas insulares que tradicionalmente servem de base aos modelos de generalização espacial de base geo-estatística são quase sempre as mesmas que se destinam à observação meteorológica para fins sinópticos ou aeronáuticos. Deste modo, e de acordo com os critérios inerentes a este tipo de estações, a informação nelas recolhida, pelo facto de se pretender liberta de influências locais, dificilmente reflete as variações induzidas pelos fatores locais do clima. Aspectos específicos e importantes tais como a orografia e a sua relação com os mecanismos advectivos e de interceção da radiação, impedem que a informação assim recolhida traduza a diversidade das condições climáticas da generalidade do território.

Mesmo no caso das estações udométricas que, em algumas ilhas, apresentam uma maior densidade, o problema da representatividade espacial apresenta-se como um sério obstáculo à caracterização climática com base exclusiva nos valores nelas observados. De facto, pese embora a pequena dimensão dos territórios em análise, a generalidade dos autores que se defrontam com o estudo da variabilidade climática nas ilhas dos Açores, e, em particular, com a variabilidade espacial da deposição da precipitação e dos fatores que interferem no balanço hídrico, referem as dificuldades da generalização espacial da informação disponível nos diferentes postos udométricos a todo o território<sup>42</sup>. Este aspeto decorre da complexidade orográfica das ilhas face a um regime climático envolvente muito irregular e caracterizado por um espectro de variabilidade muito elevado, atendendo particularmente à localização geográfica das ilhas e da sua proximidade ao trajeto zonal das perturbações associadas à frente polar. Desta circunstância resulta que as diferentes ilhas estejam expostas a situações meteorológicas que as abordam praticamente de todos os quadrantes

---

<sup>42</sup> \* Manuel Bettencourt (1979) – a propósito das incongruências das correlações estabelecidas entre a precipitação e a altitude: “... têm uma possível explicação, pois há que atender a que a os valores da precipitação dependem não só da altitude, como também da exposição dos locais que, além do mais, umas vezes estão situados na costa norte e outras vezes na costa sul. Em regra, os valores da precipitação nos Açores são maiores na encosta norte, para a mesma altitude”. em O Clima dos Açores como Recurso Natural – O Clima de Portugal – Fascículo XVIII – INMG.

\* Silvério Godinho (1989), a propósito da colmatação de falhas nas séries da precipitação das ilhas dos Açores: “... para o estudo da precipitação em ilhas montanhosa não nos pareceu aplicável o processo de estimar os valores em falta, não só por, para cada ilha, se não dispor de estações suficientes com séries sem falhas, como, dada a natureza das ilhas, a variabilidade espacial ser muito grande, o que levaria a cometer erros grosseiros na sua estimativa”- em Intensidade, duração e Frequência da precipitação no Arquipélago dos Açores – O Clima de Portugal – Fascículo XLVI – INMG.

\* José Azevedo (1988), constata sobre valores da precipitação observada na ilha das Flores: “ Alguns registos udométricos médios globais acentuadamente dissimilares, mas obtidos em Postos Udométricos muito próximos (por exemplo Sta. Cruz1 (1481,2mm) e Sta Cruz2 (1736,5) no Domínio I), ou situados a cotas semelhantes (por exemplo Fe (1815.5), PC(3280,7) e FF (2675,5), no Domínio III), refletem a intervenção do fator orográfico local, que, embora sendo de quantificação complexa, diminui significativamente a representatividade de alguns PU” – em Geologia e Hidrologia da Ilha das Flores – tese de Doutoramento - Universidade de Coimbra.

e das quais decorrem padrões climáticos distintos e muito complexos<sup>43</sup>. Em situação diferente estão, por exemplo, as ilhas do arquipélago da Madeira, dado que a sua localização, mais a sul, lhes garante um padrão climático mais estável decorrente de uma circulação mais regular e persistente.

Neste enquadramento, a constatação do comportamento não linear entre a altitude e a distribuição da precipitação tem levado alguns autores ao ajustamento de formulações empíricas, predominantemente dependentes da altitude, mas em que incluem outros fatores como a distância ao mar ou configurações específicas do relevo<sup>44</sup>. Pese embora o êxito obtido para algumas situações localizadas, muita da variabilidade espacial fica por explicar, sobretudo as assimetrias verificadas para situações de parametrização idênticas. Esta circunstância resulta, em larga medida, do facto de a distribuição dos campos dos diferentes elementos climáticos nas ilhas ser predominantemente determinado pelos mecanismos termodinâmicos e da conservação da massa associados ao processo de Föhn<sup>45</sup> (conforme Figura A.2.2.1). Neste contexto, dada a interdependência entre os diferentes parâmetros de estado do ar, a deposição de parte da água que condensa por efeito orográfico, para além de conduzir a uma assimetria na distribuição da precipitação, conduz a transformações significativas nas propriedades das massas de ar em progressão que se refletem nos restantes descritores climáticos. Este mecanismo é assim simultaneamente responsável pela configuração dos campos da pressão, da temperatura e humidade do ar, bem como pelos fenómenos associados à ocorrência de nebulosidade orográfica com reflexos na precipitação (direta ou interceptada), das quais decorre, por outro lado, uma interferência significativa no balanço radiativo em altitude. Neste contexto, a direção e a dinâmica da circulação face às características e ao alinhamento do relevo, bem como as características das massas que o abordam ao longo do tempo assumem papel preponderante” (Azevedo, 1996).

Nestas circunstâncias, e no âmbito do presente trabalho, para além da caracterização do clima de enquadramento com base na informação disponível proveniente nas estações do IM, opta-se por uma interpretação da variabilidade espacial dos elementos do clima das diferentes ilhas com base na interpretação dos mecanismos que a determina.

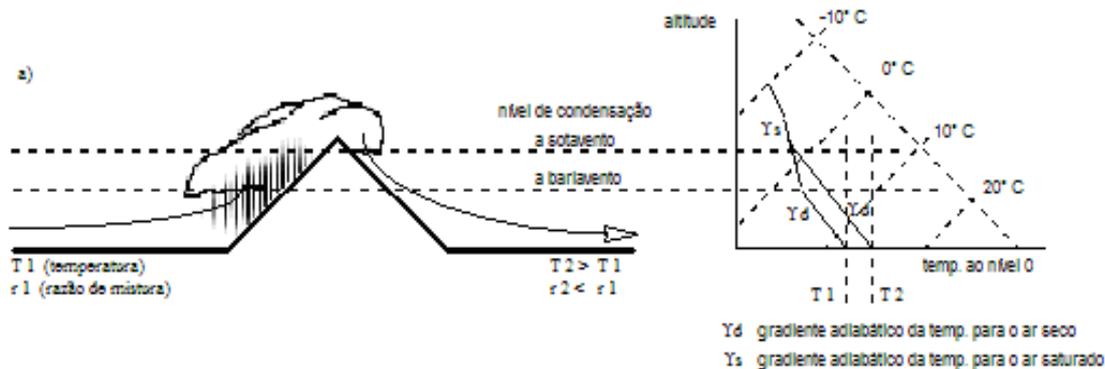


Figura A.2.2.1 | Mecanismos termodinâmicos e da conservação da massa condicionantes dos elementos climáticos.

<sup>43</sup> - Pese embora esta evidência, assiste-se frequentemente (particularmente no âmbito de relatórios técnicos) à utilização de metodologias de generalização espacial da informação climática que, na nossa opinião, se afiguram desadequadas face às características e dos territórios insulares e seu enquadramento, designadamente com recurso à utilização de polígonos Thissen, ou mesmo a alguns algoritmos de geoestatística (Krigin), as quais não se compadecem com a exiguidade da densidade das redes de monitorização, incorrendo-se assim em erros grosseiros face ao problema

<sup>44</sup> - \* Rodrigues, R. (1995) – Hidrologia de Ilhas Vulcânicas – Tese de Doutoramento. LNEC, Lisboa;

\* Azevedo, J.M. (1988) - Geologia e Hidrologia da Ilha das Flores – Tese de Doutoramento - Universidade de Coimbra;

\* Cruz, J.V. (1997) – Estudo Hidrogeológico da Ilha do Pico – Tese de Doutoramento no Ramo da Geologia, Especialidade de Hidrogeologia – Universidade dos Açores.

<sup>45</sup> Roger g. Barry (1992) – Mountain Weather & Climate – 2<sup>nd</sup> edition – Routledge Editors. London and New York. ISBN 0-415-07112-7. pp. 402

## 1.2 | Considerações metodológicas

### Generalização espacial da caracterização climática

Atendendo às limitações acima apontadas a generalização espacial do clima de cada uma das ilhas abrangidas pelo presente trabalho é obtida com recurso à utilização de um modelo de base física, o modelo CIELO (acrónimo para Clima Insular à Escala Local) (Azevedo, 1996), calibrado para a ilha Terceira e validado para outras ilhas do arquipélago, bem como para outros enquadramentos insulares (Azevedo, 1996<sup>46</sup>; Azevedo *et al.*, 1998<sup>47</sup>; Azevedo *et al.*, 1999<sup>48a</sup>; Azevedo *et al.*, 1999<sup>49b</sup>; Santos *et al.* 2004<sup>50</sup>; Miranda *et al.*, 2006<sup>51</sup>).

No modelo CIELO admite-se existir, na generalidade, uma relação entre o evoluir das características dinâmicas e termodinâmicas das camadas mais baixas da atmosfera em deslocação sobre o território (transporte advectivo) e as transformações dos parâmetros de estado do ar decorrentes de transformações predominantemente de natureza adiabática induzidas pelo evoluir da topografia. Com base neste pressuposto (confirmado em fase de validação), torna-se então possível estimar a evolução das condições climáticas observadas àquele nível que justificam os valores observados numa estação meteorológica de referência que “conhece” a sua posição no contexto orográfico e da dinâmica atmosférica. Deste modo:

- O modelo é baseado no conhecimento das condições observadas num ponto do território (estação de referência)<sup>52</sup>, a sua transposição até ao nível do mar, e o posterior acompanhamento ao longo de um perfil altimétrico específico, do comportamento de um volume de ar, de massa inicial unitária, que se desloca no seio de um fluxo laminar contínuo e que aborda a ilha de acordo com a direção do vento e respetiva velocidade;
- A unidade de volume de ar, obrigada a contornar a ilha em altitude, fá-lo sofrendo expansões e compressões adiabáticas, das quais resultam transformações internas com implicações na variação da respetiva temperatura, humidade relativa e, desde que reunidas as condições necessárias, mudanças de fase da água nele contida;
- Sendo o modelo conservativo no que respeita à massa e à energia, a quantidade total de água contida na unidade de volume no início do seu percurso sobre a ilha iguala, em qualquer ponto do seu trajeto,

<sup>46</sup> Azevedo, E. B. ; (1996a) - *Modelação do Clima Insular à Escala Local. Modelo CIELO aplicado à Ilha Terceira* – Tese de Doutoramento pela Universidade dos Açores na especialidade das Ciências do Ambiente. ( 247p).

<sup>47</sup> AZEVEDO, E. B.; PEREIRA, L. S.; ITIER, B. (1998) – *Modeling the Local Climate in Islands Envrinments. Orographic Clouds Cover* – In: R.S.Schmenauer & Bridman (Eds.). *First International Conference on Fog and Fog Collection*. IDRC, Ottawa, Canada. Pp 433-436

<sup>48</sup> Azevedo, E. B.; Pereira, L. S.; Itier, B. (1999b) – *Simulation of local Climate in Islands Environments Using a GIS Integrated Model* – Emerging Technologies for Sustainable Land Use and Water Management. – Musy et al. (Eds.), Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne, Switzerland.

<sup>49</sup> Azevedo, E. B.; Pereira, L. S.; Itier, B. (1999a) – *Modeling the local Climate in island environments: Water Balance Applications* – Agricultural Water Management **40** (1999) 393-403.

<sup>50</sup> SANTOS, F.D.; VALENTE M.A.; MIRANDA P.M.A.; AGUIAR A., AZEVEDO, E.B.; TOMÉ A.; COELHO F.E. (2004): “CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN THE AZORES AND MADEIRA ISLANDS”, World Resource Review, 16, No 3, 473-491

<sup>51</sup> MIRANDA, P.M.; A., M.A. VALENTE, A.R. TOMÉ, R. TRIGO, M. F. COELHO, A. AGUIAR, E. B. AZEVEDO (2006): “O CLIMA DE PORTUGAL NOS SÉCULOS XX E XXI”, F. D. Santos e P. Miranda (editores) Alterações Climáticas em Portugal - Cenários Impactos e Medidas de Adaptação - Projeto SIAM\_II, Gradiva, Lisboa, 2006.

<sup>52</sup> Aplicações mais recentes do modelo CIELO recorrem a parâmetros de iniciação obtidos a partir dos valores gerados por modelos de menor resolução, designadamente modelos de circulação global (GCM) para a localização das zonas onde é aplicado ( cf. SANTOS, F.D.; VALENTE M.A.; MIRANDA P.M.A.; AGUIAR A., AZEVEDO, E.B.; TOMÉ A.; COELHO F.E. (2004): “CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN THE AZORES AND MADEIRA ISLANDS”, World Resource Review, 16, No 3, 473-491)



dos valores obtidos em todas as posições do domínio assume assim o significado da variação relativa da precipitação por efeitos orográficos num determinado enquadramento de condições de fronteira e de iniciação;

- Considerando que a quantificação da precipitação se refere a um determinado intervalo de tempo (>dia) onde se podem observar diferentes condições de iniciação, de orientação e de intensidade da circulação atmosférica (diferentes condições de fronteira), o contributo de cada um dos padrões de circulação para a configuração da distribuição da precipitação é determinado pela ponderação de  $R'_{or}$  em função da velocidade média do vento ( $V_v$ ) em cada um dos rumos observados e em função da respetiva frequência relativa ( $F_{rv}$ ) no período de tempo considerado. Desta ponderação, aplicada ao valor de  $R'_{or}$  obtido para todas as células do domínio, resulta o padrão da distribuição relativa da precipitação ( $R''_{or}$ ) para o intervalo de tempo considerado;
- A avaliação absoluta da distribuição da precipitação orográfica ( $R_{OR}$ ) é obtida a partir da afetação dos valores relativos ( $R''_{or}$ ), a um fator de escala único para todo o domínio (designado por fator de escala  $D$ ) cujo significado traduz o conjunto dos restantes aspetos que condicionam os fenómenos pluviosos, nomeadamente o tempo decorrido, as características da atmosfera que contribui para a precipitação, a instabilidade atmosférica e a componente vertical da quantidade de movimento. O fator de escala ( $D$ ) é estimado a partir de um modelo simples de regressão linear, devidamente calibrado localmente, e em função da precipitação regional ( $R_r$ ) registada na estação de referência que é, também, necessariamente influenciada por aqueles aspetos;
- Assim, a reconstituição do campo do total da precipitação ( $R_{tot}$ ), durante um determinado intervalo de tempo, é feita integrando as duas componentes - precipitação orográfica ( $R_{or}$ ) mais a precipitação regional ( $R_r$ ) - através de três fases: i) determinação da configuração da deposição relativa da precipitação orográfica em todo o domínio; ii) determinação da componente orográfica absoluta afetando o campo da distribuição relativa ao fator de escala  $D$ ; iii) determinação do campo do total da precipitação por adição ao campo da componente orográfica o valor da precipitação observado na estação de referência;
- Do balanço de água atmosférica na unidade de volume de ar em movimento sobre o território, baseado na interpretação do total de água na forma líquida e de vapor que o aborda a barlavento em relação ao total das mesmas componentes observadas a sotavento, resulta a noção de eficiência do sistema no que respeita à geração da precipitação orográfica;
- Os valores assumidos pelas diferentes variáveis do modelo (pressão, temperatura, razão de mistura, etc.) no seio da partícula em deslocação geram o padrão unidimensional (perfil longitudinal ao longo da linha) do campo do elemento climático equivalente. Da integração espacial de todos os padrões unidimensionais, um por cada linha de progressão do modelo, resulta o padrão bidimensional do elemento em causa;
- Se durante o período de tempo considerado para a modelação se verificar alteração das condições de fronteira e de iniciação, nomeadamente circulação de diferentes quadrantes, o campo bidimensional

do elemento em causa resulta da média ponderada dos diferentes campos gerados, um por cada rumo observado durante o mesmo intervalo de tempo;

Para além da validação do modelo CIELO aquando da sua conceção, a sua utilização generalizada no âmbito de diferentes trabalhos e projetos de investigação têm permitido a sua validação em diferentes enquadramentos insulares.

No contexto do presente trabalho, o “forçamento” do modelo CIELO é feito com recurso à informação das normais climatológicas disponíveis para as estações de “referência”. No entanto, pelo facto de, para algumas ilhas (Pico, S. Jorge e Graciosa), não existirem normais publicadas, recorre-se aos valores de estações da ilha do Faial, sendo posteriormente controlado por valores da precipitação observada em postos udométricos localizados nas respetivas ilhas. Na presente aplicação o modelo utiliza como domínio de cálculo matrizes numéricas com uma resolução de 100x100m. As respetivas condições de fronteira espacial resultam dos domínios dos parâmetros fisiográficos mais relevantes na deformação climática imposta pela presença de cada uma das ilhas face ao respetivo enquadramento advectivo e radiativo derivados da sua localização geográfica e no contexto da dinâmica atmosférica que as aborda.

#### **O clima nas estações de referência:**

Tendo em vista uma caracterização de enquadramento do clima normal junto ao litoral das diferentes ilhas, procede-se a uma caracterização climática com base nos valores do clima observado nas estações de referência adotadas para cada ilha, a partir dos quais, para além de uma caracterização do regime sazonal (à escala mensal) da precipitação, se desenvolve um balanço hídrico sequencial com base no método de Thornthwaite, sendo a respetiva avaliação da evapotranspiração de referência (potencial) feita com recurso ao método de Penman/Montheit. Novamente para o caso das ilhas da Graciosa, S. Jorge e Pico, para as quais não se dispõe de todos os parâmetros necessários para a determinação da evapotranspiração de referência, recorre-se à generalização do seu cálculo com base nos valores desta componente na ilha do Faial (atendendo à sua proximidade), sendo no entanto o balanço feito face à precipitação observada nos postos de cada uma das respetivas ilhas. Também, pela inexistência de dados referentes às propriedades hidrológicas dos solos, é assumido o valor de 120mm de capacidade de reserva útil dos mesmos.

#### **O regime da precipitação anual**

Com o objetivo de avaliar o regime anual e interanual da precipitação nas ilhas em estudo recorre-se novamente à localização das estações de referência. Também neste caso, atendendo ao facto de não se dispor de séries suficientemente longas para uma avaliação deste descritor para a generalidade das ilhas, à exceção da de Angra do Heroísmo na ilha terceira para a qual se dispõe de uma série integral de 131 anos, recorre-se a metodologias alternativas. Assim, baseados na confrontação dos regimes normais da precipitação observados nas restantes ilhas, foi testada (e confirmada) a correlação existente entre os mesmos e o da ilha Terceira e estabelecidas os correspondentes modelos de regressão linear. Com base nos modelos obtidos, e nos valores da série integral de Angra do Heroísmo, foram criadas séries homólogas para as restantes ilhas, a partir das quais são estimados valores para diferentes períodos de retorno, anos secos e anos húmidos.

### Regime da precipitação de curta duração

Com base nas séries parciais dos valores máximos anuais da quantidade da precipitação em 24 horas publicados em O Clima de Portugal, fascículo XLVI (Silvério Godinho, 1989)<sup>53</sup> são estabelecidas as respetivas curvas de possibilidade udométrica para as diferentes ilhas em estudo.

## Anexo 2.3.I | Pontos de água subterrânea

Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação	Massa de Água
GRA.5	GRA.5	Nascente Outras	417511	4320556	Não	Compósito
GRA.7	Carapacho	Nascente Outras	416986	4318606	Não	Compósito
GRA.8	Homiziados	Nascente Outras	417606	4319086	Não	Compósito
GRA.28	Fonte Nova	Nascente	417497	4320531	Sim	Compósito

Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação	Massa de Água
GRA.2	GRA.2	Nascente Outras	414921	4320616	Não	Luz - Rebentão da Lagoa

Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação	Massa de Água
GRA.1	GRA.1	Nascente Outras	412271	4323326	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.6	Baía da Vitória	Nascente Outras	408663	4326312	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.9	Poço do Ratinho	Nascente Outras	411761	4324435	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.10	Poço Novo	Nascente Outras	411721	4324355	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.11	Poço das Corelas	Nascente Outras	410981	4324185	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.25	Fonte do Pombal	Nascente	412267	4323335	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.29	Pontal (JHF2 ou IT2)	Furo	412045	4323856	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.30	Covas (JHF1 ou IT1)	Furo	412312	4325131	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.31	Poço Velho (AC3)	Furo	411971	4324876	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.32	Trás Pomares ou Fonte do Mato (AC2)	Furo	414652	4322090	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.33	Corelas (AC1)	Furo	410891	4324115	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.34	Trás Pomares ou Praia II (JK5)	Furo	414461	4321804	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.35	Poço Velho ou Galinhas (JK4)	Furo	411900	4324946	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.36	Poço Velho ou Farrajal (JK3)	Furo	411301	4325495	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.37	Barro Branco (Desativado) (JK2)	Furo	413326	4322891	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.38	Trás Pomares - Pedra Branca ou Praia I (JK1)	Furo	414239	4321607	Sim	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe

<sup>53</sup> Silvério Godinho (1989) – INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES – O Clima de Portugal, Fascículo XLVI. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica.

Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação	Massa de Água
GRA.47	Fontes	Furo	413973	4325040	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe
GRA.48	Tanque2	Furo	410037	4321815	Não	Plataforma Stª Cruz - Guadalupe

Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação	Massa de Água
GRA.3	GRA.3	Nascente Outras	416391	4321276	Não	Sequência Hidromagmática Superior
GRA.4	GRA.4	Nascente Outras	414621	4320356	Não	Sequência Hidromagmática Superior

Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação	Massa de Água
GRA.15	Madre d'Água	Nascente	413080	4323831	Sim	Serra das Fontes
GRA.16	Serra das Fontes II	Nascente	412886	4323976	Sim	Serra das Fontes
GRA.17	Serra das Fontes III	Nascente	412841	4323993	Sim	Serra das Fontes
GRA.18	Serra das Fontes IV	Nascente	412761	4323934	Sim	Serra das Fontes
GRA.19	Serra das Fontes V	Nascente	412729	4323962	Sim	Serra das Fontes
GRA.20	Serra das Fontes VI	Nascente	412871	4324000	Sim	Serra das Fontes
GRA.21	Serra das Fontes VII	Nascente	412908	4324112	Sim	Serra das Fontes
GRA.22	Serra das Fontes VIII	Nascente	412913	4324150	Sim	Serra das Fontes
GRA.23	Serra das Fontes IX	Nascente	412892	4324192	Sim	Serra das Fontes
GRA.24	Serra das Fontes X	Nascente	412907	4324299	Sim	Serra das Fontes

Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação	Massa de Água
GRA.12	Tanque I	Nascente	411037	4321815	Sim	Serra Dormida
GRA.13	Tanque II	Nascente	411032	4321779	Sim	Serra Dormida
GRA.14	Tanque III	Nascente	410892	4321809	Sim	Serra Dormida
GRA.26	Cova I	Nascente	412831	4321154	Sim	Serra Dormida
GRA.27	Cova II	Nascente	413108	4321095	Sim	Serra Dormida

Refª PGRHI	Designação	Tipo	M	P	Captação	Massa de Água
GRA.39	Guadalupe (BSH8)	Furo	?	?	?	?
GRA.40	Guadalupe (BSH7)	Furo	?	?	?	?
GRA.41	Guadalupe (BSH6)	Furo	?	?	?	?
GRA.42	Pedras Brancas (BSH5)	Furo	?	?	?	?
GRA.43	Semidouro (BSH4)	Furo	?	?	?	?
GRA.44	Bom Jesus (BSH3)	Furo	?	?	?	?
GRA.45	Guadalupe (BSH2)	Furo	?	?	?	?
GRA.46	Guadalupe (BSH1)	Furo	?	?	?	?

## Anexo 2.3.II | Características técnicas dos furos de captação

Refª PGRHI	Designação	Cota (m)	Profundidade (m)	Ralos (m)	Diâmetro (")	NHE (m)	NHD (m)	Caudal Esp. (L/sm)
GRA.29	JHF2 ou IT2	~75	110	98.40-110.00	10	-104,82	-104,97	33,33
GRA.30	JHF1 ou IT1	~105	80	67.92-79.45	12 <sup>1/2</sup>	-73,3	-73,46	31,25
GRA.31	AC3	69	79,2	71.00-76.00	12	-67,55	-67,59	192,5
GRA.32	AC2	95,15	100,6	94.00-96.00	12	-93,2	-93,27	142,86
GRA.33	AC1	58,28	59,85	57.00-58.00	12	-56,29	-56,32	200
GRA.34	JK5	106,25	117,7	107.13-115.65	13	-106,25	-106,29	177,5
GRA.35	JK4	65	71	64.80-67.80	13	-64,3	-64,35	200
GRA.36	JK3	53,4	68	s.d.	13	-53,4	-55,68	1,36
GRA.37	JK2	120	128,5	Aberto	---	s.d.	s.d.	83,3
GRA.38	JK1	109,63	121,24	110.00-119.00	13	-109,63	-109,66	266,67
GRA.39	BSH8	55	62	s.d.	s.d.	-55	s.d.	s.d.
GRA.40	BSH7	60	86	s.d.	s.d.	-60	s.d.	s.d.
GRA.41	BSH6	60	77	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
GRA.42	BSH5	115	75	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
GRA.43	BSH4	45	50	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
GRA.44	BSH3	25	30	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
GRA.45	BSH2	65	81	s.d.	5	-69	s.d.	?
GRA.46	BSH1	55	40	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
GRA.47	Fontes	150	158	145-157	10 <sup>3/4</sup>	150,5	152,6	5,71
GRA.48	Tanque2	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.

