

**DIAGNÓSTICO RELATIVO AOS PROCESSOS DE INTRUSÃO
SALINA EM MASSAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DAS ILHAS
DO PICO E DA GRACIOSA – (RELATÓRIO FINAL)**

J.V. Cruz, C. Andrade, R. Coutinho

DTC.33/CVARG/CIVISA/14

Índice

1 Introdução	10
2 Caracterização geológica e geomorfológica	11
2.1 Geologia.....	11
2.1.1 Enquadramento geodinâmico.....	11
2.1.2 Atividade sísmica.....	12
2.1.3 Atividade vulcânica histórica	15
2.1.4 Caracterização geológica e geomorfológica do arquipélago	16
2.1.4.1 Caracterização geomorfológica e geológica da ilha Graciosa	19
2.1.4.2 Caracterização geomorfológica e geológica da ilha do Pico	23
3 Hidrogeologia.....	27
3.1 Enquadramento regional	27
3.1.1 Caracterização hidrogeológica	27
3.1.2 Caracterização hidrogeoquímica.....	31
3.1.3 Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos.....	33
3.2 Ilha Graciosa.....	34
3.2.1 Caracterização das massas de águas	34
3.2.1.1 Massa de água Compósito.....	34
3.2.1.2 Massa de água Folga	38
3.2.1.3 Massa de água Cruz do Barro Branco	39
3.2.1.4 Massa de água Luz - Rebentão da Lagoa	39
3.2.1.5 Massa de água Serra Dormida	40
3.2.1.6 Massa de água Sequência Hidromagmática Superior	41
3.2.1.7 Massa de água Serra Branca.....	42
3.2.1.8 Massa de água Serra das Fontes	43
3.2.1.9 Massa de água Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe	43
3.2.2 Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis.....	44
3.2.3 Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos	45
3.3 Ilha do Pico	48
3.3.1 Caracterização das massas de águas	48
3.3.1.1 Massa de água Arrife	49
3.3.1.2 Massa de água Lajes	52
3.3.1.3 Massa de água Madalena - São Roque do Pico.....	53
3.3.1.4 Massa de água Montanha	53
3.3.1.5 Massa de água Piedade.....	55
3.3.1.6 Massa de água São Miguel Arcanjo - Prainha de Cima	56
3.3.2 Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis.....	57

3.3.3 Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos	58
4 Metodologia	60
4.1 Seleção dos pontos de água	60
4.2 Amostragem, análise de águas e tratamento de dados	63
5 Resultados obtidos	64
5.1 Apresentação dos resultados	64
5.1.1 Caracterização hidrogeoquímica da ilha Graciosa.....	64
5.1.1.1 Parâmetros físicos.....	64
5.1.1.1.1 Temperatura	64
5.1.1.1.2 Condutividade elétrica	65
5.1.1.2 Parâmetros químicos.....	66
5.1.1.2.1 pH.....	66
5.1.1.2.2 Alcalinidade.....	67
5.1.1.2.3 CO ₂ livre	68
5.1.1.3 Elementos maiores - Catiões	69
5.1.1.3.1 Sódio	69
5.1.1.3.2 Potássio	70
5.1.1.3.3 Magnésio	71
5.1.1.3.4 Cálcio	72
5.1.1.4 Elementos maiores - Aniões.....	73
5.1.1.4.1 Bicarbonato	73
5.1.1.4.2 Cloreto.....	74
5.1.1.4.3 Sulfato	75
5.1.1.5 Outros constituintes.....	75
5.1.1.5.1 Sílica	75
5.1.1.6 Fáceis hidrogeoquímicas.....	76
5.1.2 Caracterização hidrogeoquímica da ilha do Pico	80
5.1.2.1 Parâmetros físicos.....	80
5.1.2.1.1 Temperatura	80
5.1.2.1.2 Condutividade elétrica	81
5.1.2.2 Parâmetros químicos.....	81
5.1.2.2.1 pH.....	81
5.1.2.2.2 Alcalinidade.....	82
5.1.2.2.3 CO ₂ livre	82
5.1.2.3 Elementos maiores - Catiões	84
5.1.2.3.1 Sódio	84
5.1.2.3.2 Potássio	84
5.1.2.3.3 Magnésio	85
5.1.2.3.4 Cálcio	85

5.1.2.4 Elementos maiores - Aniões.....	87
5.1.2.4.1 Bicarbonato	87
5.1.2.4.2 Cloreto.....	87
5.1.2.4.3 Sulfato	88
5.1.2.5 Outros constituintes.....	88
5.1.2.5.1 Sílica	88
5.1.2.6 Fáceis hidrogeoquímicas.....	96
5.1.3 Caracterização hidrogeoquímica de outras ilhas	97
5.1.3.1 Parâmetros físicos	97
5.1.3.1.1 Temperatura	97
5.1.3.1.2 Condutividade elétrica	98
5.1.3.2 Parâmetros químicos.....	99
5.1.3.2.1 pH.....	99
5.1.3.2.2 Alcalinidade.....	99
5.1.3.2.3 CO ₂ livre.....	101
5.1.3.3 Elementos maiores - Catiões	101
5.1.3.3.1 Sódio	101
5.1.3.3.2 Potássio	102
5.1.3.3.3 Magnésio	102
5.1.3.3.4 Cálcio	103
5.1.3.4 Elementos maiores - Aniões.....	104
5.1.3.4.1 Bicarbonato	104
5.1.3.4.2 Cloreto.....	105
5.1.3.4.3 Sulfato	106
5.1.3.5 Outros constituintes.....	106
5.1.3.5.1 Sílica	106
5.1.3.6 Fáceis hidrogeoquímicas.....	111
5.1.4 Razões entre espécies iónicas.....	116
5.1.4.1 Razão rMg/rCa	116
5.1.4.2 Razão rK/rNa	117
5.1.4.3 Razão rNa/rCa e rNa/r(Ca+Mg)	118
5.1.4.4 Razão rCl/r HCO ₃	119
5.1.4.5 Razão rSO ₄ /rCl	120
5.1.5 Processos de hidrogeoquímicos e salinização	120
5.1.6 Índices de Saturação	123
6 Isótopos	125
6.1 Isótopos ambientais de ¹⁸ O e ² H	126
6.2 Isótopos ambientais de ⁸⁷ Sr e ¹¹ B	135
7 Análise de risco de ocorrência de salinização.....	139

8 Proposta de rede de monitorização específica.....	145
9 Referências Bibliográficas.....	152
Anexos	159
Anexo I - Listagem das coordenadas e outras informações dos pontos de água amostrados	160
Anexo II - Cartografia dos pontos de amostragens nas restantes ilhas.....	165
Anexo III - Resultados de cada amostragem realizada nas ilhas Graciosa e do Pico	171
Anexo IV - Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos resultados analíticos obtidos nas ilhas Graciosa e Pico nas diferentes amostragens	190
Anexo V - Tabelas com os valores das razões relativos aos resultados analíticos obtidos nas ilhas Graciosa e Pico e nas restantes ilhas nas diferentes amostragens	197
Anexo VI - Tabelas com os valores MIX (%) relativos aos resultados analíticos obtidos nas ilhas Graciosa e Pico e nas restantes ilhas nas diferentes amostragens	209
Anexo VII - Tabelas com os valores teóricos e respetiva diferença para os valores observados relativos aos resultados analíticos obtidos nas ilhas Graciosa e Pico e nas restantes ilhas nas diferentes amostragens	214

Índice de Figuras

Figura 2.1 Plataforma dos Açores (adaptado de Needham & Francheteau, 1974).....	11
Figura 2.2 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, ZFOA - Zona de Fratura Oeste dos Açores (retirado de Pacheco <i>et al.</i> , 2011).	12
Figura 2.3 Carta epicentral dos eventos registados no arquipélago dos Açores entre 1980 e junho de 2006 (dados do CIVISA, 2006)..	13
Figura 2.4 Localização dos principais sismos históricos na região dos Açores (dados de Silveira, 2002, Silva, 2005).....	14
Figura 2.5 Atividade vulcânica histórica no arquipélago dos Açores, (modificado de Weston, 1964, com dados de Queiroz <i>et al.</i> , 1995, Queiroz, 1997 e Gaspar <i>et al.</i> 2003).	16
Figura 2.6 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.	21
Figura 2.7 Carta geológica da ilha Graciosa (Gaspar, 1996)	22
Figura 2.8 Esboço vulcano-tectónico da ilha Graciosa (Gaspar, 1995, 1996).	23
Figura 2.9 Modelo digital de terreno da ilha do Pico, com indicação das três unidades geomorfológicas: 1 – Montanha do Pico; 2 – Planalto da Achada; e 3 – Vulcão do Topo.....	24
Figura 2.10 Carta Vulcanológica e ampliação da vulcanoestratigrafia da ilha do Pico (Nunes <i>et al.</i> , 1999).....	26
Figura 2.11 Principais estruturas vulcano-tectónicas da ilha do Pico (adaptado de Madeira, 1998 e Nunes <i>et al.</i> , 1999).....	27
Figura 3.1 Diagrama de caixas (box plot) relativo aos valores de caudal específico na RH 9.	29
Figura 3.2 Diagrama de caixas (box plot) relativo aos valores de transmissividade na RH 9).	30
Figura 3.3 Diagrama de Piper relativo à composição química da água captada em nascentes na RH 9 (Cruz, 2004)..	32
Figura 3.4 Diagrama de Piper relativo à composição química da água captada em furos na RH 9 (Cruz, 2004)..	32
Figura 3.5 Delimitação das massas de água na ilha Graciosa (AHA-DRA, 2011).	36
Figura 3.6 Delimitação de pontos de água na ilha Graciosa (AHA-DRA, 2011).....	37
Figura 3.7 Delimitação das áreas potenciais de recarga na ilha Graciosa (AHA-DRA, 2011).	47
Figura 3.8 Delimitação das massas de água na ilha do Pico (AHA-DRA, 2011).....	50
Figura 3.9 Distribuição de pontos de água na ilha do Pico (AHA-DRA, 2011).....	51
Figura 3.10 Delimitação das áreas potenciais de recarga na ilha do Pico (AHA-DRA, 2011).	59
Figura 4.1 Localização da rede de amostragem na ilha Graciosa.....	61
Figura 4.2 Localização da rede de amostragem na ilha do Pico.	62
Figura 5.1 Histograma relativo à distribuição dos valores da temperatura dos furos e poços de maré na ilha Graciosa..	65
Figura 5.2 Histograma relativo à distribuição dos valores de condutividade eléctrica dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.....	66
Figura 5.3 Histograma relativo à distribuição dos valores de pH dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.....	68

Figura 5.4 Histograma relativo à distribuição dos valores de alcalinidade dos furos e poços de maré na ilha Graciosa..	68
Figura 5.5 Histograma relativo à distribuição dos valores de dióxido de carbono dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.....	69
Figura 5.6 Histograma relativo à distribuição dos valores de sódio dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.....	70
Figura 5.7 Histograma relativo à distribuição dos valores de potássio dos furos e poços de maré na ilha Graciosa..	71
Figura 5.8 Histograma relativo à distribuição dos valores de magnésio dos furos e poços de maré na ilha Graciosa..	72
Figura 5.9 Histograma relativo à distribuição dos valores de cálcio dos furos e poços de maré na ilha Graciosa..	73
Figura 5.10 Histograma relativo à distribuição dos valores de bicarbonato dos furos e poços de maré na ilha Graciosa..	74
Figura 5.11 Histograma relativo à distribuição dos valores de cloreto dos furos e poços de maré na ilha Graciosa..	75
Figura 5.12 Histograma relativo à distribuição dos valores de sulfato dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.	76
Figura 5.13 Histograma relativo à distribuição dos valores de sílica dos furos e poços de maré na ilha Graciosa..	76
Figura 5.14 Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha Graciosa.....	77
Figura 5.15 Histograma relativo à distribuição dos valores da temperatura dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	80
Figura 5.16 Histograma relativo à distribuição dos valores de condutividade eléctrica dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	81
Figura 5.17 Histograma relativo à distribuição dos valores de pH dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	82
Figura 5.18 Histograma relativo à distribuição dos valores de alcalinidade dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	83
Figura 5.19 Histograma relativo à distribuição dos valores de dióxido de carbono dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	83
Figura 5.20 Histograma relativo à distribuição dos valores de sódio dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	84
Figura 5.21 Histograma relativo à distribuição dos valores de potássio dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	85
Figura 5.22 Histograma relativo à distribuição dos valores de magnésio dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	86
Figura 5.23 Histograma relativo à distribuição dos valores de cálcio dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	86
Figura 5.24 Histograma relativo à distribuição dos valores de bicarbonato dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	87
Figura 5.25 Histograma relativo à distribuição dos valores de cloreto dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	88
Figura 5.26 Histograma relativo à distribuição dos valores de sulfato dos furos e poços de maré na ilha do Pico.....	89

Figura 5.27 Histograma relativo à distribuição dos valores de sílica dos furos e poços de maré na ilha do Pico..	89
Figura 5.28 Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha do Pico.	97
Figura 5.29 Histograma relativo à distribuição dos valores da temperatura dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	98
Figura 5.30 Histograma relativo à distribuição dos valores de condutividade eléctrica dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	99
Figura 5.31 Histograma relativo à distribuição dos valores de pH dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	100
Figura 5.32 Histograma relativo à distribuição dos valores de alcalinidade dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	100
Figura 5.33 Histograma relativo à distribuição dos valores de dióxido de carbono dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	101
Figura 5.34 Histograma relativo à distribuição dos valores de sódio dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	102
Figura 5.35 Histograma relativo à distribuição dos valores de potássio dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	103
Figura 5.36 Histograma relativo à distribuição dos valores de magnésio dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	104
Figura 5.37 Histograma relativo à distribuição dos valores de cálcio dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	104
Figura 5.38 Histograma relativo à distribuição dos valores de bicarbonato dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	105
Figura 5.39 Histograma relativo à distribuição dos valores de cloreto dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	106
Figura 5.40 Histograma relativo à distribuição dos valores de sulfato dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	107
Figura 5.41 Histograma relativo à distribuição dos valores de sílica dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.	107
Figura 5.42 Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha de Santa Maria.	112
Figura 5.43 Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha de São Miguel.	113
Figura 5.44 Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha Terceira.	114
Figura 5.45 Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha do Faial.	115
Figura 5.46 Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha de São Jorge.	116
Figura 5.47 Segmento superior do diagrama de Piper referente aos resultados obtidos na 6. ^a amostragem efectuada nas ilhas do Pico e da Graciosa e na única campanha de recolha de amostras nas restantes ilhas. A cauda de cada ponto é direccionada para a posição teórica que o mesmo ponto de água ocuparia sobre a recta de mistura binária conservativa entre água doce e água salgada (igualmente representada no diagrama).	122
Figura 5.48 Relação entre os valores dos principais cátions e aniões e a condutividade eléctrica referente à 6. ^a amostragem com as respetivas retas de correlação linear.	123

Figura 5.49 Representação gráfica do logaritmo de IS vs. o pH para os minerais carbonatos, sulfatos e halóides e em função do teor em sílica para as restantes fases minerais (sílica amorfa; quartzo e calcedónia); valores de Log IS acima de zero indicam sobressaturação.	124
Figura 6.1 Relações gerais entre a composição em $\delta^{18}\text{O}$ e o $\delta^2\text{H}$ nas águas naturais, evidenciando os processos de salinização (modificado de Gonfiatini & Araguan, 1988). Para além da linha de mistura entre água doce a água salgada, representam-se outros processos que podem modificar a composição isotópica original, nomeadamente a evaporação, o intercâmbio por interação água-rocha e a ultrafiltração por membranas argilosas.	129
Figura 6.2 Composição em $\delta^{18}\text{O}$ vs. $\delta^2\text{H}$ nas águas estudadas, mostrando a reta das águas meteóricas mundiais e os efeitos do processo de mistura entre a água doce e salgada..	130
Figura 6.3 Relação entre o conteúdo em $\delta^{18}\text{O}$ e a concentração em cloreto nas águas estudadas, mostrando a reta teórica de mistura binária entre a água doce a e a água do mar.	131
Figura 6.4 Relação entre o conteúdo em $\delta^2\text{H}$ e a concentração em cloreto nas águas estudadas, mostrando a reta teórica de mistura binária entre a água doce a e a água do mar..	131
Figura 6.5 Relação entre as concentrações em Sr e B determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa.	136
Figura 6.6 Relação entre as concentrações em Sr e em $\delta^{87}\text{Sr}$ determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa..	137
Figura 6.7 Relação entre as concentrações em Cl e em $\delta^{87}\text{Sr}$ determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa.	137
Figura 6.8 Relação entre as concentrações em B e em $\delta^{11}\text{B}$ determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa..	138
Figura 6.9 Relação entre as concentrações em Cl e em $\delta^{11}\text{B}$ determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa.	138
Figura 7.1 Representação espacial dos valores de GALDIT e suas faixas de vulnerabilidade na ilha Graciosa.	143
Figura 7.2 Representação espacial dos valores de GALDIT e suas faixas de vulnerabilidade na ilha do Pico.	144
Figura 8.1 Localização da rede proposta de monitorização dos efeitos da intrusão salina na ilha Graciosa.	150
Figura 8.2 Localização da rede proposta de monitorização dos efeitos da intrusão salina na ilha do Pico.	151

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 Principais sismos históricos sentidos no arquipélago dos Açores (Coutinho, 2000)...	14
Tabela 3.1 Recursos hídricos subterrâneos e taxas de recarga máxima e mínima por ilha...	33
Tabela 3.2 Valores de parâmetros hidrodinâmicos estimados nas massas de água subterrânea da ilha Graciosa (s.d. – sem dados)...	35
Tabela 3.3 Recursos hídricos subterrâneos na ilha Graciosa (AHA-DRA, 2011)	45
Tabela 3.4 Valores de parâmetros hidrodinâmicos estimados nas massas de água subterrânea da ilha do Pico (s.d. – sem dados) (AHA-DRA, 2011)	49
Tabela 3.5 Recursos hídricos subterrâneos na ilha do Pico (AHA-DRA, 2011)	57
Tabela 5.1 Resultados estatísticos dos pontos de amostragem referentes à ilha Graciosa....	78
Tabela 5.2 Resultados estatísticos dos pontos de amostragem referentes à ilha do Pico.....	90
Tabela 5.3 Resultados estatísticos dos pontos de amostragem referentes às ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge	108
Tabela 6.1 Principais isótopos ambientais usados em hidrogeologia (adaptado de Clark & Fritz, 1997)....	125
Tabela 6.2 Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e de $\delta^2\text{H}$ determinados em poços de maré e furos na ilha Graciosa.....	132
Tabela 6.3 Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e de $\delta^2\text{H}$ determinados em poços de maré e furos na ilha do Pico.	132
Tabela 6.4 Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e de $\delta^2\text{H}$ determinados em furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge	133
Tabela 6.5 Valores de $\delta^{87}\text{Sr}$ e de $\delta^{11}\text{B}$ determinados em poços de maré e furos nas ilhas do Pico e da Graciosa. Reportam-se igualmente, as concentrações elementares em boro e estrôncio	135
Tabela 7.1 Lista de parâmetros que compõem o índice GALDIT e respetivos valores e pesos	139
Tabela 7.2 Resultados do índice GALDIT na ilha Graciosa.....	141
Tabela 7.3 Resultados do índice GALDIT na ilha do Pico.....	141
Tabela 7.4 Resultados do índice GALDIT para os furos de que dispõe de informação hidrogeológica na ilha Graciosa.....	141
Tabela 7.5 Resultados do índice GALDIT para os furos de que dispõe de informação hidrogeológica na ilha do Pico.	141
Tabela 8.1 Localização da rede de monitorização proposta para a ilha Graciosa.....	148
Tabela 8.2 Localização da rede de monitorização proposta para a ilha do Pico.	148
Tabela 8.3 Lista de parâmetros e espécies químicas a monitorizar (lista de métodos analíticos aconselhados modificada do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto; especificações de acordo com o Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto).	149

1 | Introdução

O presente relatório final engloba-se no âmbito do projeto "Elaboração de um diagnóstico relativo aos processos de intrusão salina em massas de água subterrânea das ilhas do Pico e da Graciosa - Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores". O referido projeto foi solicitado pela Direção Regional do Ambiente, da Secretaria Regional da Agricultura e Ambiente (DRA/SRAA), do Governo Regional dos Açores, ao Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos (CVARG), do Departamento de Geociências da Universidade dos Açores, sendo a entidade gestora o Centro de Informação e Vigilância Sismovulcânica dos Açores (CIVISA).

Como solicitado pela DRA/SRAA, o referido projeto englobava trabalhos de seleção dos locais de amostragem de água subterrânea e de definição de protocolos analíticos, de determinação periódica da concentração em elementos maiores, menores, em traço, e de isótopos estáveis de Oxigénio, Hidrogénio, Estrôncio e Boro, de realização de perfis hidrogeoquímicos nos furos de captação de água subterrânea para determinação da posição da interface, e de modelação hidrogeoquímica do processo de mistura entre a água doce e salgada. Salienta-se que a realização de perfis hidrogeoquímicos nos furos de captação de água subterrânea, para determinação da posição da interface, revelou-se impossível face às características técnicas encontradas nas captações tubulares.

Os trabalhos desenvolvidos enquadram-se no âmbito do Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores (PGRH-RH9), aprovado mediante a Resolução do Conselho do Governo n.º 24/2013, de 27 de março. Com efeito, o impacto sobre a qualidade da água subterrânea nas ilhas do Pico e da Graciosa, em resultado da mistura com água do mar, foi identificado no decurso da elaboração do referido Plano e, neste contexto, o PGRH incluiu a definição das medidas RH9_B_010, RH9_S_020 e RH9_S_025 que justificam o desenvolvimento do presente projeto.

2 | Caracterização geológica e geomorfológica

2.1 | Geologia

2.1.1 | Enquadramento geodinâmico

As estruturas vulcânicas que correspondem às ilhas do arquipélago dos Açores emergem a partir da designada Plataforma dos Açores. Esta Plataforma corresponde a uma região de forma grosseiramente triangular definida pela linha batimétrica dos 2000 m (Needham e Francheteau, 1974), onde a crosta oceânica apresenta um espessamento de cerca de 60% (Searle, 1980) (Fig. 2.1).

A região dos Açores corresponde a um ponto triplo onde contactam as placas litosféricas Americana, Africana e Euroasiática, onde se podem distinguir importantes estruturas tectónicas, de entre as quais se destacam a Crista Média Atlântica, a Zona de Fratura Este dos Açores e o Rifte da Terceira, que dominam o enquadramento geodinâmico (Fig. 2.2). 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.

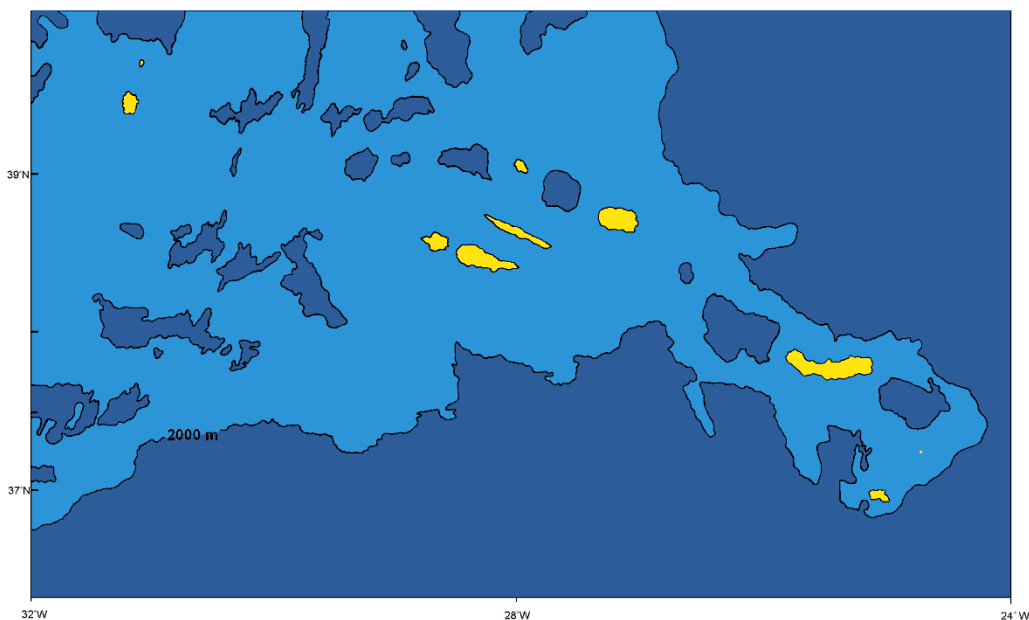


Figura 2.1 | Plataforma dos Açores (adaptado de Needham & Francheteau, 1974).

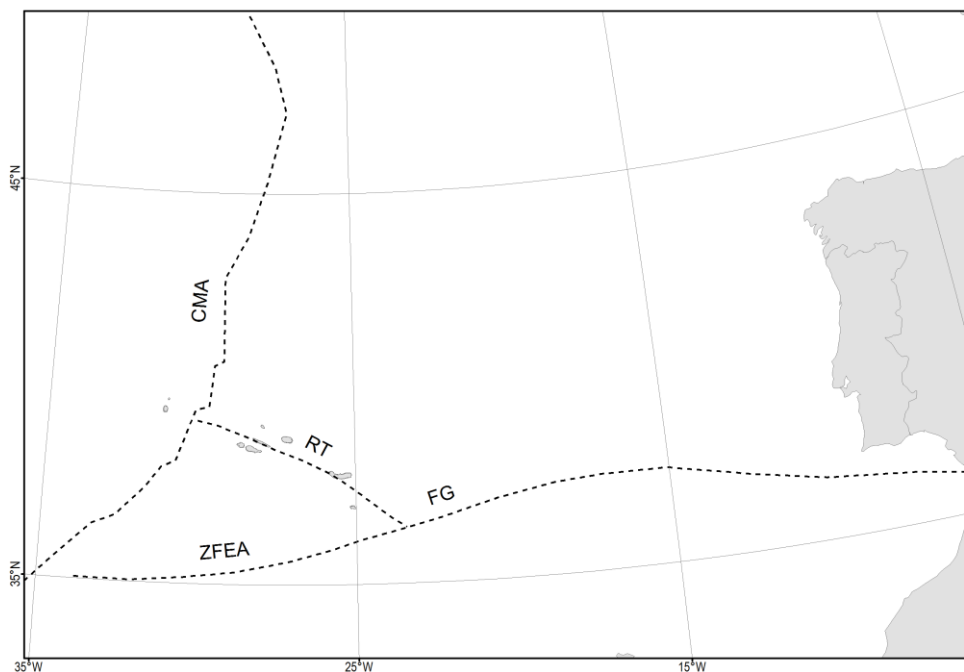


Figura 2.2 | Principais estruturas tectónicas da região dos Açores. Legenda: CMA - Crista Média Atlântica; ZFEA - Zona de Fratura Este dos Açores; FG - Falha Gloria; RT - Rift da Terceira, ZFOA - Zona de Fratura Oeste dos Açores (retirado de Pacheco *et al.*, 2011).

2.1.2 | Atividade sísmica

A região dos Açores caracteriza-se pela ocorrência de uma intensa atividade sísmica, concentrada nos principais acidentes tectónicos supracitados. Os eventos são predominantemente de magnitude intermédia a baixa, ocorrendo ocasionalmente eventos com magnitude superior a 5 na Escala de Richter (Fig. 2.3). Diversas zonas sismogénicas podem ser delimitadas em virtude da 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 Hirondelle, a zona central de S. Miguel, a Fossa da Povoação e a região dos ilhéus das Formigas.

A atividade sísmica histórica é marcada por numerosos eventos sentidos, alguns com impacto importante. Tal é evidenciado a partir das intensidades dos principais sismos sentidos nos Açores após a sua descoberta e povoamento no séc. XV (Tabela 2.1), verificando-se que desde o século XV ocorreram cerca de 25 sismos (Fig. 2.4) com intensidades superiores a VII na Escala de Mercalli Modificada (MM-56).

Os eventos sísmicos de maior magnitude, e de carácter mais destruidor, de que há registo na região dos Açores datam de 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 São Miguel, em 1522, e destruiu a então capital Vila Franca do Campo, causando cerca de 5000 vítimas mortais, para o que contribuíram os volumosos movimentos de vertente desencadeados (Silveira, 2002).

Pela sua relevância são, igualmente, de assinalar as crises sísmicas de natureza vulcano-tectónica associadas a erupções vulcânicas ou à instalação de corpos magmáticos sub-superficiais.

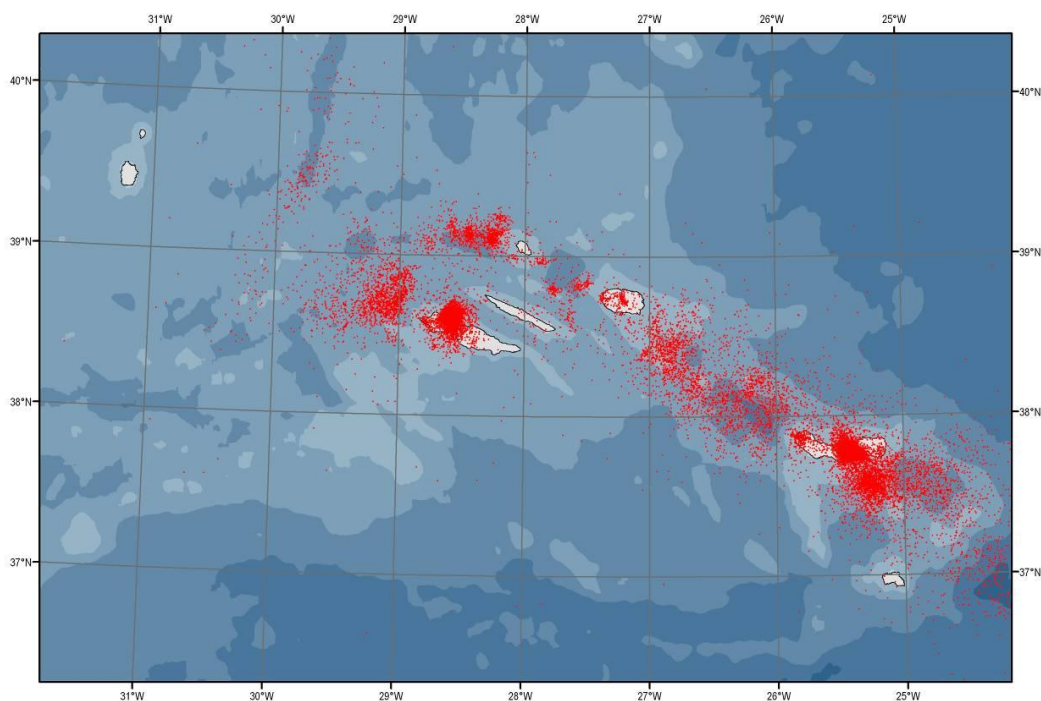
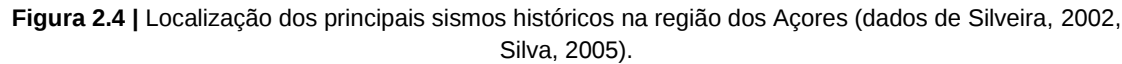


Figura 2.3 | Carta epicentral dos eventos registados no arquipélago dos Açores entre 1980 e junho de 2006 (dados do CIVISA, 2006).




 Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos

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.

2.1.3 | Atividade vulcânica histórica

A atividade eruptiva histórica no arquipélago dos Açores compreende 27 erupções, entre episódios submarinos e subaéreos e a que correspondem uma grande diversidade de estilos eruptivos e magnitudes (Fig. 2.5). 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, São Jorge, Terceira e São Miguel.

As erupções históricas submarinas e litorais totalizam cerca de metade do total dos eventos registados, sendo este valor provavelmente subestimado, pois nem todas as erupções submarinas se manifestam à superfície do oceano ou mesmo não foram passíveis de observação direta.

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).

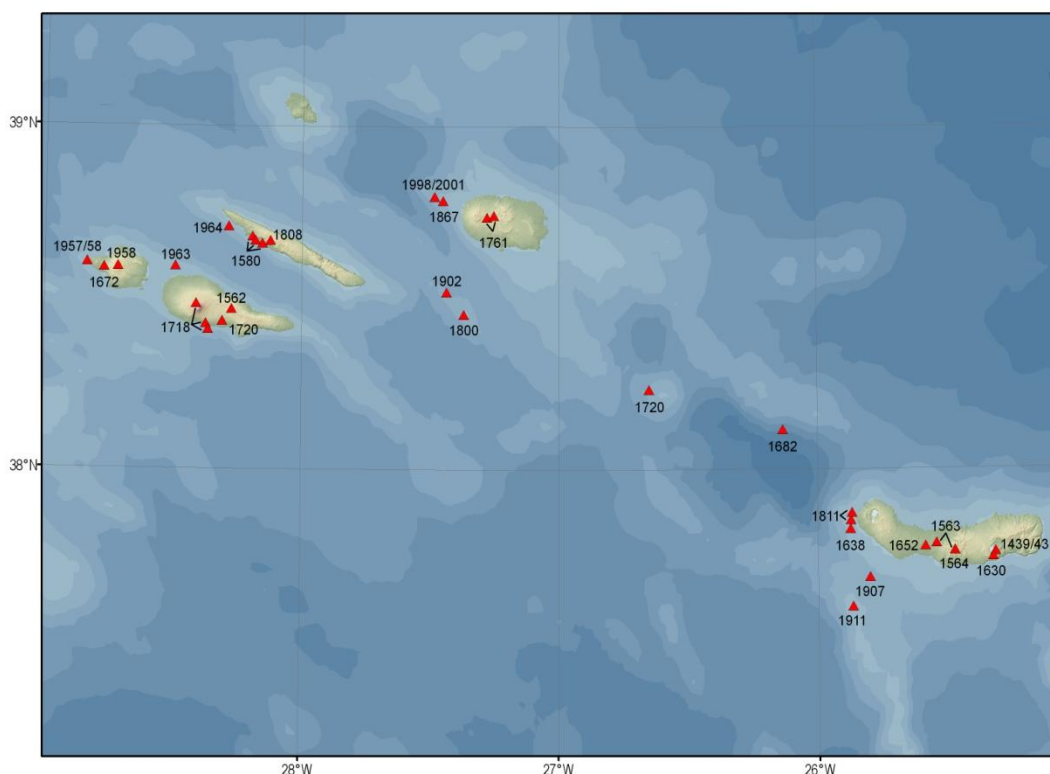


Figura 2.5 | Atividade vulcânica histórica no arquipélago dos Açores, (modificado de Weston, 1964, com dados de Queiroz *et al.*, 1995, Queiroz, 1997 e Gaspar *et al.* 2003).

2.1.4 | Caracterização geomorfológica e geológica do arquipélago

A paisagem dos Açores é caracterizada, em traços gerais, pela orografia vigorosa, onde a elevada altitude está associada ao acidentado do relevo. A altitude máxima das ilhas oscila entre 402 m na Graciosa e 2351 m 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 300 m e 45 % da superfície encontra-se entre 300 e 800 m de altitude. Santa Maria e Graciosa são as ilhas com cotas mais baixas, enquanto que no Pico cerca de 16 % da área ultrapassa 800 m de altitude. As restantes ilhas ostentam maior regularidade quanto à distribuição altimétrica.

As diversas ilhas mostram aspetos geomorfológicos muito diversificados, consoante os estilos eruptivos dominantes no decurso da sua edificação. 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 história vulcanológica do arquipélago dos Açores evidencia a ocorrência de erupções de variados estilos ao longo da edificação das ilhas. O mais antigo afloramento vulcânico foi datado de $8,12 \times 10^6$ anos na ilha de Santa Maria (Abdel-Monen *et al.*, 1975), em que se podem observar 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 3×10^5 anos (Chovelon, 1982).

A edificação das ilhas de Santa Maria, São Jorge e Pico, bem como de extensas áreas noutras ilhas, como o Faial e São Miguel, associa-se a atividade vulcânica dos tipos havaiana e estromboliana. Em resultado, 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 2354 m 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.* que explicam 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 carácter 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.

A geologia da ilha Terceira 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.

No que concerne à geologia da ilha do Faial, esta caracteriza-se 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).

2.1.4.1 | Caracterização geomorfológica e geológica da ilha Graciosa

A ilha Graciosa apresenta uma forma alongada, com 13 km de comprimento e 7 km de largura, a que corresponde uma área de 61,6 km². A parte emersa desta ilha, com um volume estimado de 7,4 km³, descreve uma configuração aproximadamente elíptica. A altitude máxima da Graciosa (402 m) é atingida no bordo Sudeste da Caldeira. Atendendo à distribuição altimétrica, verifica-se que cerca de 80% da superfície insular apresenta cotas inferiores a 200 m e 14% situa-se entre 300 m e 400 m 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

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 Noroeste, apresentando vários cones de escórias dispersos numa vasta área de baixa altitude e de relevos suaves (Fig. 2.6).

Com uma idade superior a 620 000 anos podem distinguir-se na ilha Graciosa as seguintes unidades vulcanoestratigráficas, da mais antiga para a mais recente (Fig. 2.7; 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±120.000, Féraud *et al.*, 1980).

Complexo Vulcânico da Serra Branca – Inclui as rochas correspondentes ao núcleo do designado Maciço Centro-meridional (35.0000±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 tufos 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.

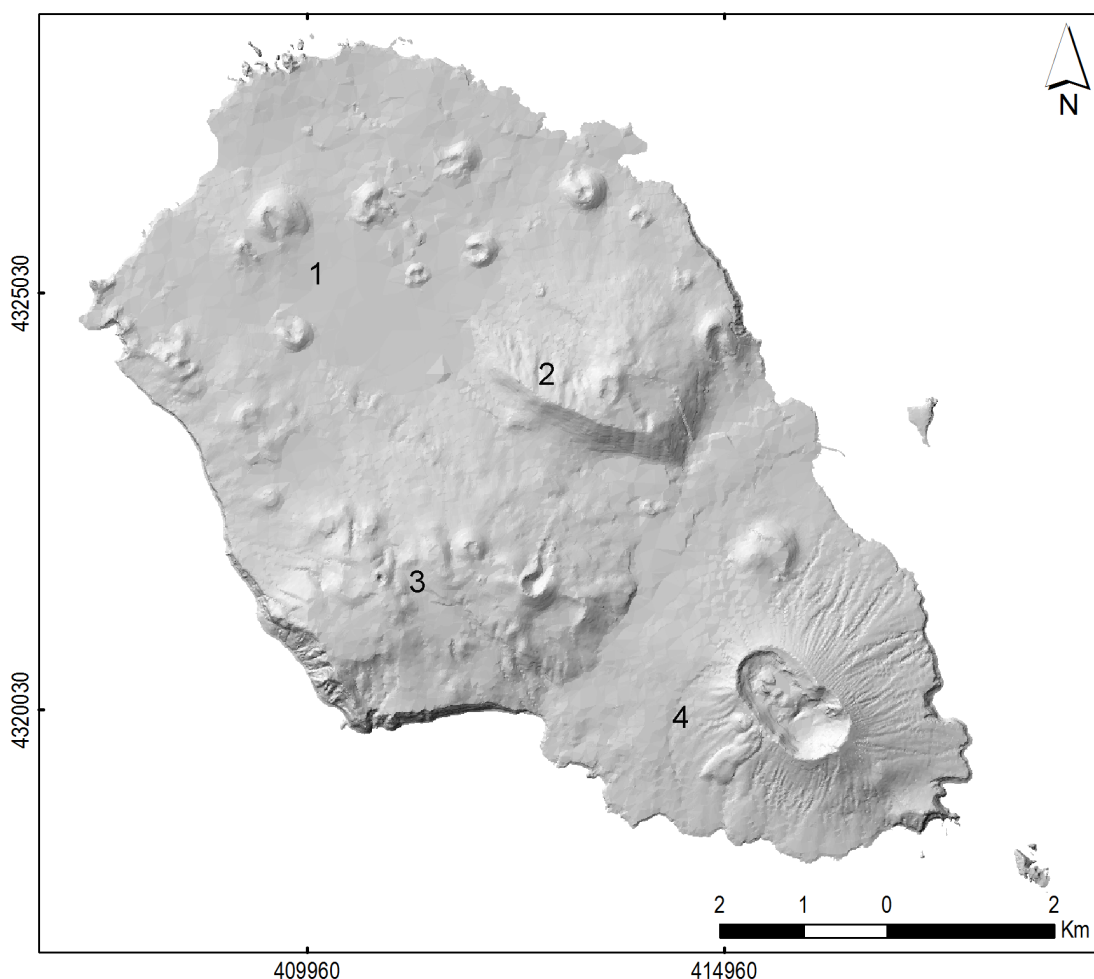


Figura 2.6 | Modelo digital de terreno da ilha Graciosa, com indicação das quatro unidades geomorfológicas da ilha: 1 - Plataforma NW, 2 - Serra das Fontes, 3 - Maciço Centro-meridional, 4 - Maciço da Caldeira.

As principais estruturas tectónicas identificadas na ilha Graciosa encontram-se representadas na Figura 2.8. 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.

Não obstante os sistemas de falhas referidos 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.

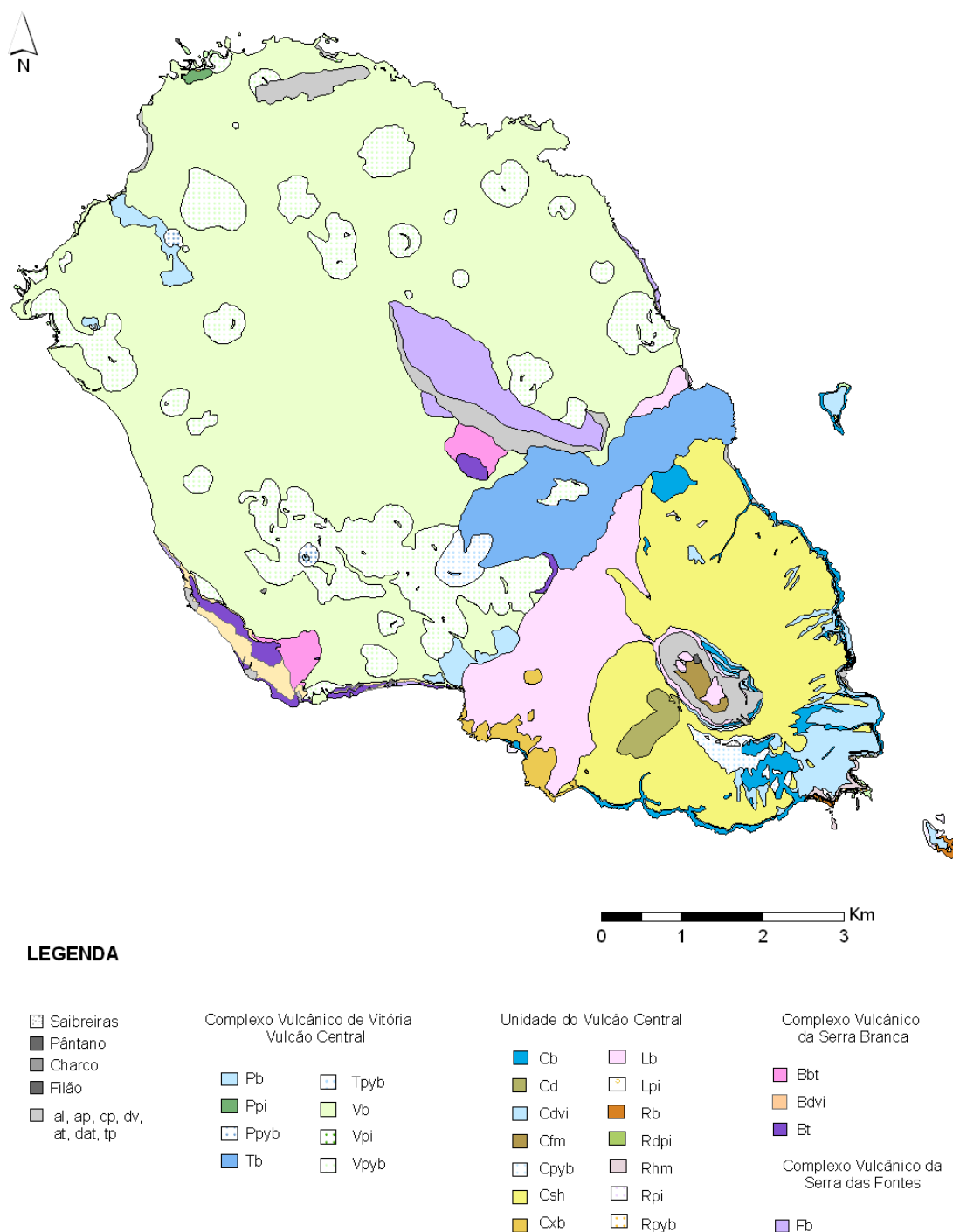


Figura 2.7 | Carta geológica da ilha Graciosa (Gaspar, 1996).

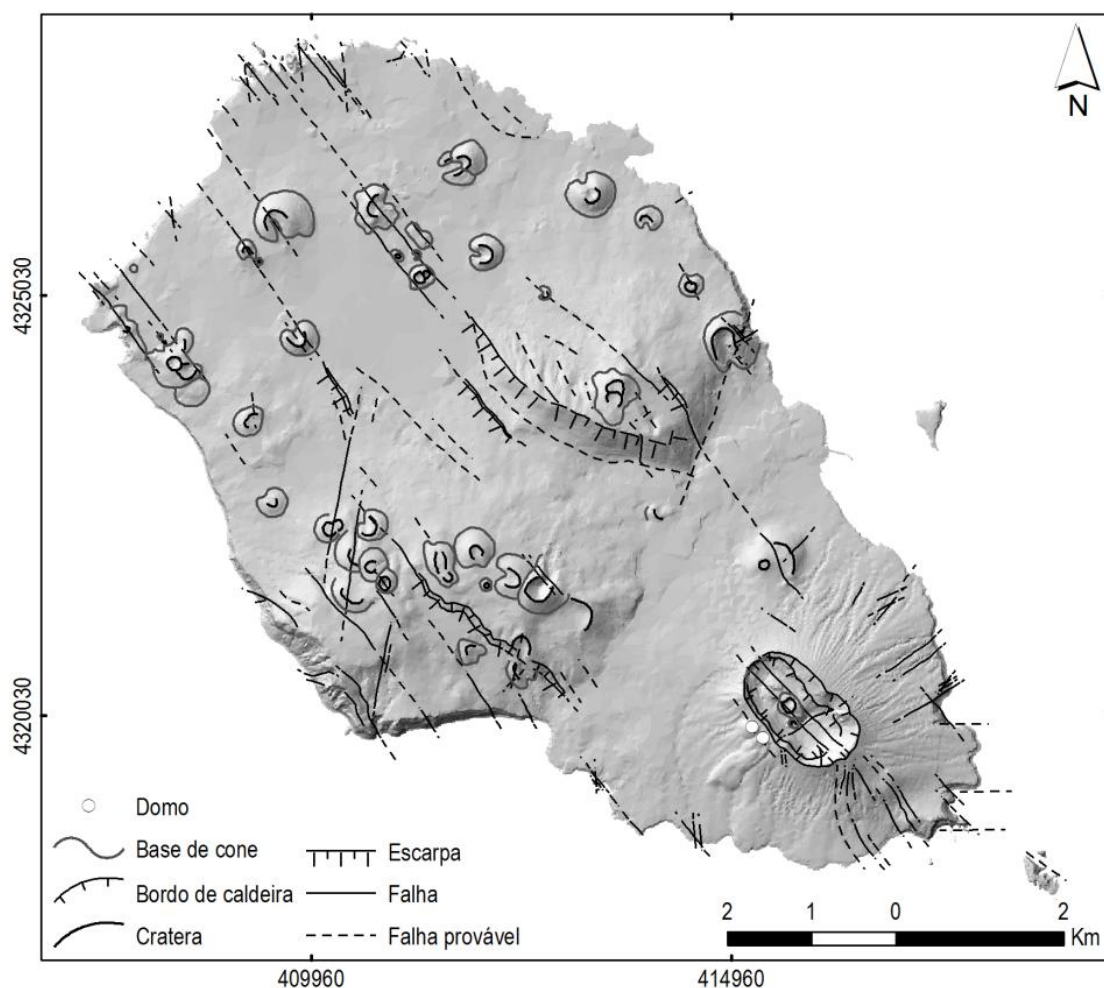


Figura 2.8 | Esboço vulcano-tectónico da ilha Graciosa (Gaspar, 1995, 1996).

2.1.4.2 | Caracterização geomorfológica e geológica da ilha do Pico

A ilha do Pico apresenta uma orientação predominante de WNW-ESE, com largura e comprimento máximos respetivamente iguais a 16 km e 46 km, e uma área de 447 km². A parte emersa da ilha, com um volume estimado de 207 km³, descreve uma configuração nitidamente alongada. A cota máxima é de 2351 m, no vértice geodésico do Piquinho, o ponto de maior altitude no território português. Atendendo à distribuição altimétrica, verifica-se que 40% da superfície insular apresenta cotas inferiores a 400 m e 44% situa-se entre 400 m e 1000 m de altitude, estando os restantes 6% acima deste valor. A zona habitada restringe-se à faixa costeira que circunda a ilha, não ultrapassando os 250 m de altitude.

Do ponto de vista geomorfológico podem individualizar-se três domínios principais na ilha do Pico, nomeadamente o (1) estratovulcão da Montanha do Pico, a ocidente, (2) o Planalto da Achada, que se estende desde a Montanha do Pico até à extremidade Oriental da ilha, constituído por cones de escórias e de spatters alinhados segundo a direção WNW-ESE e (3) Vulcão em escudo do Topo, situado na costa Sul da ilha, sensivelmente a ESE da Montanha do Pico (Fig. 2.9).

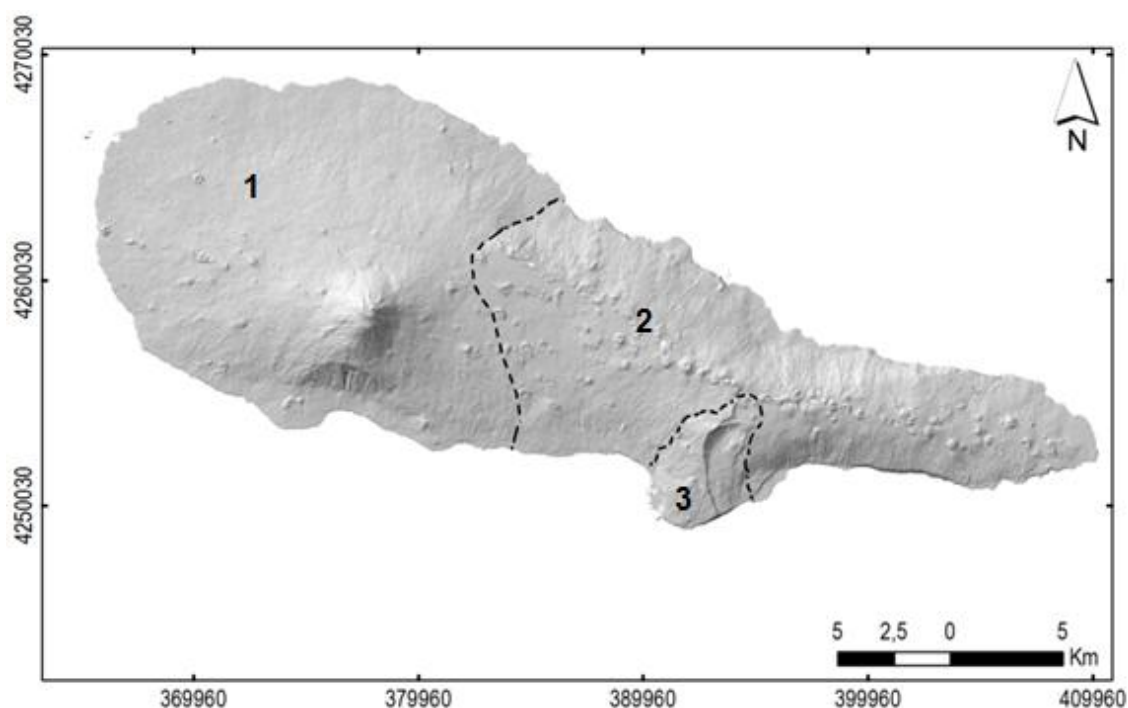


Figura 2.9 | Modelo digital de terreno da ilha do Pico, com indicação das três unidades geomorfológicas: 1 – Montanha do Pico; 2 – Planalto da Achada; e 3 – Vulcão do Topo.

A ilha do Pico é constituída por três complexos vulcânicos: (1) o Complexo Vulcânico Topo-Lajes, (2) o Complexo Vulcânico S.Roque-Piedade e (3) o Complexo Vulcânico da Montanha, por ordem decrescente de idades (Fig. 2.10).

O complexo vulcânico Topo-Lajes engloba o vulcão do Topo que se soergueu por um incremento da produtividade lávica há cerca de 300.000 anos. O aumento da atividade ficou registado pelas inúmeras escoadas pahoehoe compostas, empilhadas, com uma espessura de centenas de metros. Com o decorrer da atividade, o vulcanismo torna-se progressivamente mais explosivo, manifestado por erupções estrombolianas em torno do vulcão, segundo alinhamentos NE-SW a NNE-SSW, e no

topo, a partir da caldeira. Estima-se que a atividade do vulcão do Topo terá cessado há cerca de 5.000 anos (França *et al.*, 2005).

O Complexo Vulcânico São Roque-Piedade é composto por uma cordilheira edificada aquando a fase subaérea das erupções do vulcão do Topo. Isto porque, à medida que o vulcão do Topo crescia, simultaneamente para E e W, iam se instalando os cones vulcânicos sobre as fraturas WNW-ESE. Estima-se que a fase subaérea ter-se-á iniciado há cerca de 230.000 anos e continuado até 1562/64, com a erupção do mistério da Prainha (França *et al.*, 2005).

O Complexo Vulcânico da Montanha formou-se porque, a determinado momento, no extremo ocidental da cordilheira do Complexo Vulcânico de São Roque-Piedade, ocorreram novas movimentações de massa, possivelmente associadas ao Graben do Faial, à zona de fratura Faial-Pico e a acidentes de expressão local, que terão incrementado a extrusão de lavas, contribuindo assim para a edificação do estratovulcão da Montanha do Pico (França *et al.*, 2005).

As principais famílias de estruturas tectónicas na ilha do Pico apresentam orientações gerais WNW-ESE, NNW-SSE e NE-SW (Madeira, 1998; Nunes, 1999; França, 2000) (Fig. 2.11). Os acidentes tectónicos dominantes pertencem à primeira destas famílias e, predominantemente, correspondem a desligamentos direitos normais (Madeira, 1998). Por seu turno, os acidentes de orientação geral NNW-SSE, são os menos frequentes na ilha do Pico e, na sua maioria, correspondem a desligamentos esquerdos com componente de movimentação normal (Madeira 1998). As estruturas NW-SE parecem corresponder essencialmente a acidentes radiais aos vulcões central da Montanha do Pico e em escudo do Topo, embora possam denotar uma movimentação normal, associada a uma componente de desligamento (Nunes, 1999).

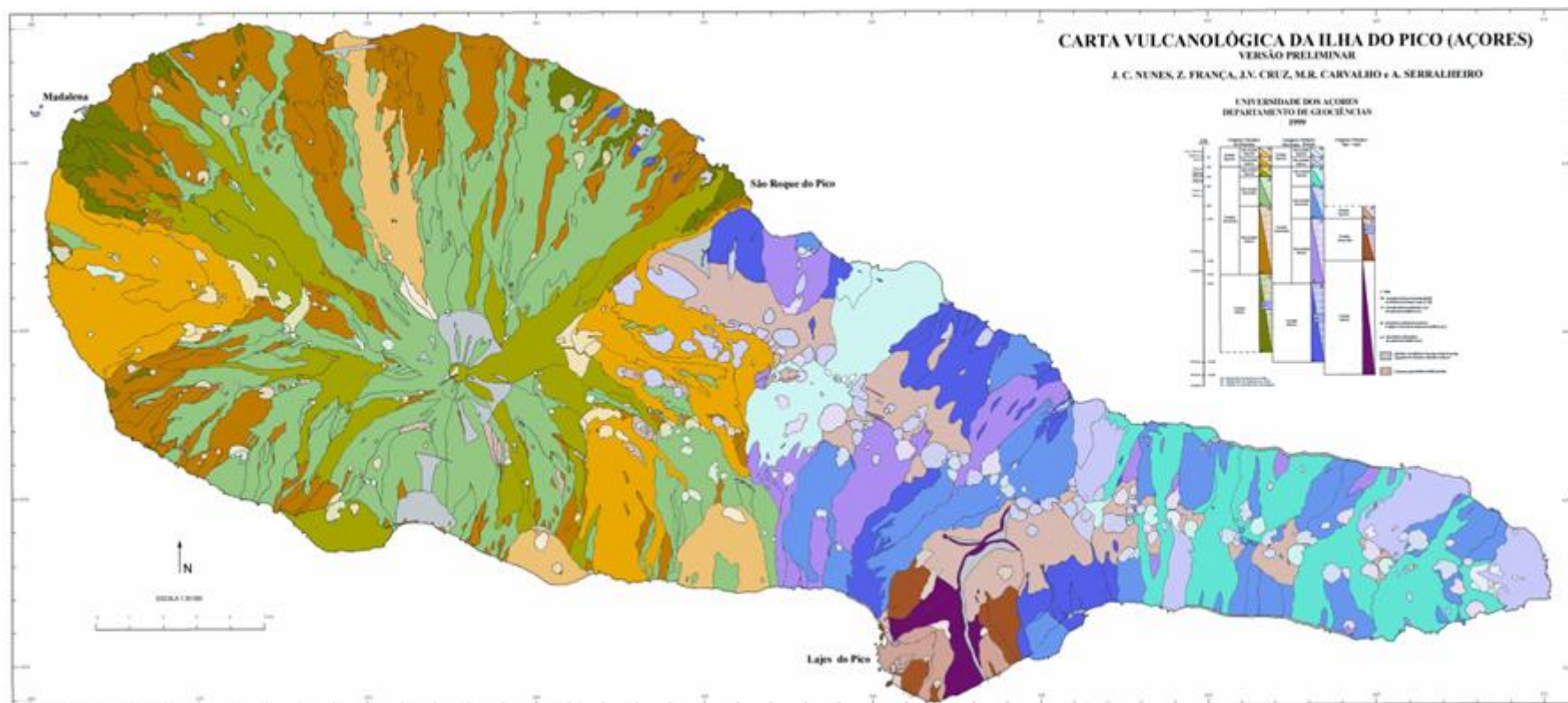


Figura 2.10 | Carta Vulcanológica e ampliação da vulcanoestratigrafia da ilha do Pico (Nunes *et al.*, 1999).

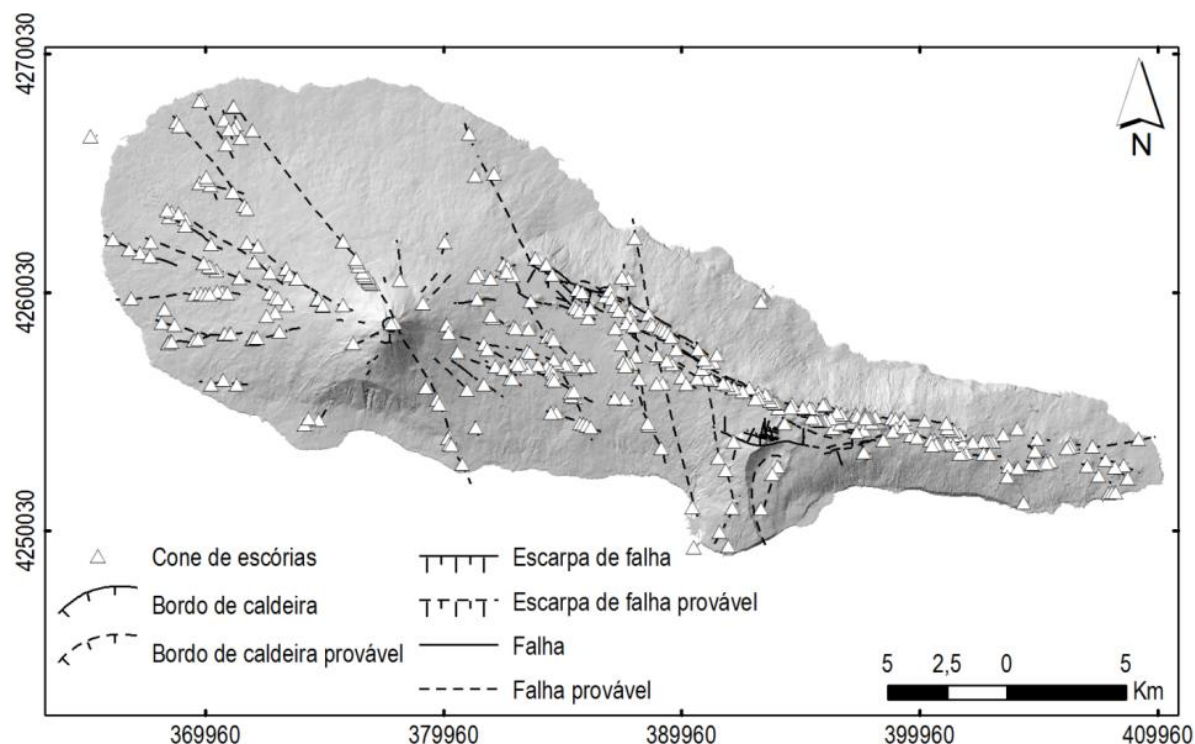


Figura 2.11 | Principais estruturas vulcano-tectónicas da ilha do Pico (adaptado de Madeira, 1998 e Nunes *et al.*, 1999).

3 | Hidrogeologia

3.1 | Enquadramento regional

3.1.1 | Caracterização hidrogeológica

A importância dos recursos hídricos subterrâneos no arquipélago dos Açores pode ser inferida a partir do contributo para o abastecimento público de água, estimado desde há algum tempo em cerca de 98% (Cruz & Coutinho, 1998), valor cuja ordem de grandeza foi confirmada em estudos posteriores. Esta proporção relativa da água subterrânea pode ser considerada como muito elevada e é superior à verificada em Portugal continental e nos países da União Europeia.

O facto de algumas ilhas estarem totalmente dependentes das origens de água subterrânea para o abastecimento público contribui, igualmente, para sublinhar a importância estratégica dos recursos hídricos subterrâneos, salientando a necessidade da sua proteção e valorização por via de políticas públicas adequadas. O valor da água subterrânea 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 (Cruz, 2004). 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 fraturação das rochas.

Os estudos de base que suportaram a realização do 1.º ciclo do Plano de Gestão de Região Hidrográfica da Região Hidrográfica 9 (PGRH-RH9) permitiram a inventariação de 1673 nascentes e 150 furos (AHA-DRA, 2011), pontos de água estes que se distribuem por 54 massas de água subterrânea (DROTRH, 2006). Estas massas de água podem ser constituídas por dois tipos principais de aquíferos: aquíferos de altitude (*perched*), limitados por filões ou outras descontinuidades, 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 expetável face à natureza do meio hidrogeológico. Os caudais específicos variam entre $1,4 \times 10^{-2}$ e 266,7 L/s.m, com um valor de mediana igual a 22 L/sm, em que os valores mais elevados são observados nas ilhas do Pico (6,2-250 L/sm) e Graciosa (1,4-266,7 L/sm), em furos que captam em escoadas lávicas basálticas s.l. recentes e muito fraturadas (Fig. 3.1).

Por seu turno, a transmissividade varia entre $2,6 \times 10^{-6}$ e $4,0 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$, com uma mediana igual a $1,6 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, 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 ($> 1,16 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) (Fig. 3.2). 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 ($1,16 \times 10^{-2} - 1,16 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$).

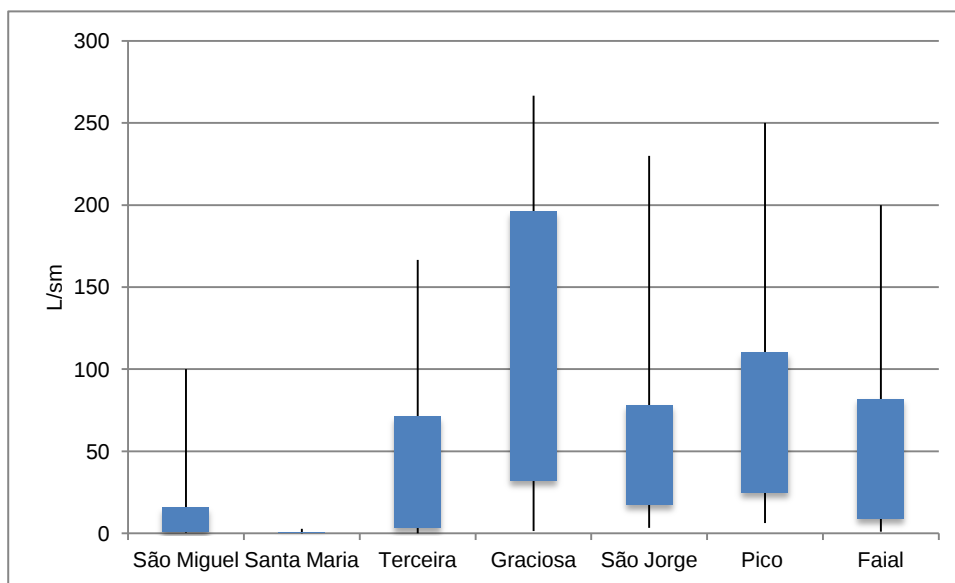


Figura 3.1 | Diagrama de caixas (box plot) relativo aos valores de caudal específico na RH 9.

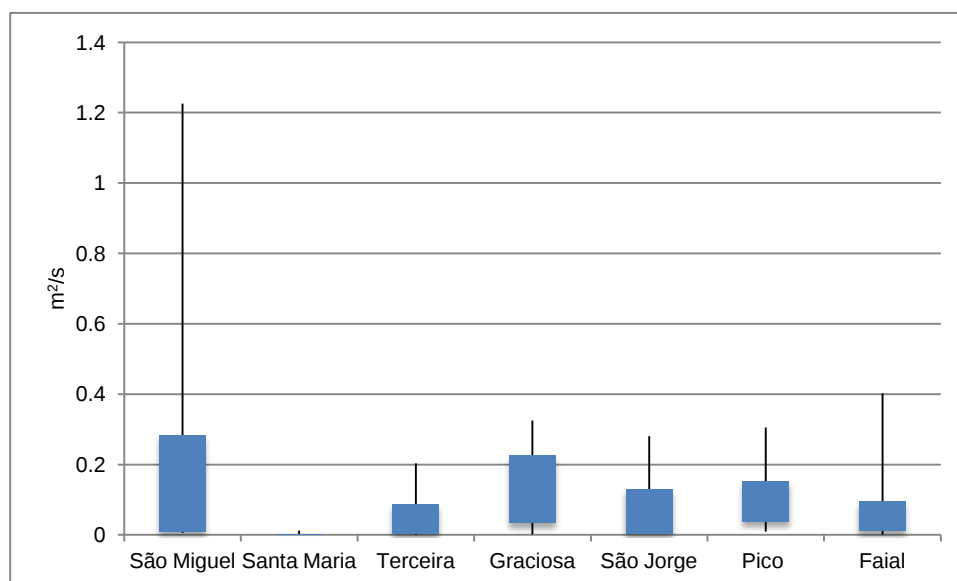


Figura 3.2 | Diagrama de caixas (box plot) relativo aos valores de transmissividade na RH 9.

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 114,6 m²/s (mediana= 52,1 m²/s), enquanto por via do modelo de aquífero semi-confinado a média é igual a 38,1 m²/s (mediana= 6,1 m²/s). Na ilha do Faial, a difusividade hidráulica no ponto de água correspondente ao furo AC4 é igual a 31,2 m²/s, e a 61,8 m²/s considerando o atraso, em ambos os casos considerando a solução para aquíferos confinados.

Conjugando as difusividades hidráulicas com os valores estimados de transmissividade foi possível estimar a grandeza do coeficiente de armazenamento, com 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. Contudo, 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.

3.1.2 | Caracterização hidrogeoquímica

A composição da água subterrânea é na região dos Açores parcialmente influenciada pela dissolução de minerais primários nas rochas (Cruz & França, 2004). 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 contribui, para além dos processos naturais, a influência antropogénica, e, como em qualquer região insular, a 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 CO₂ 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 3.3 e 3.4).

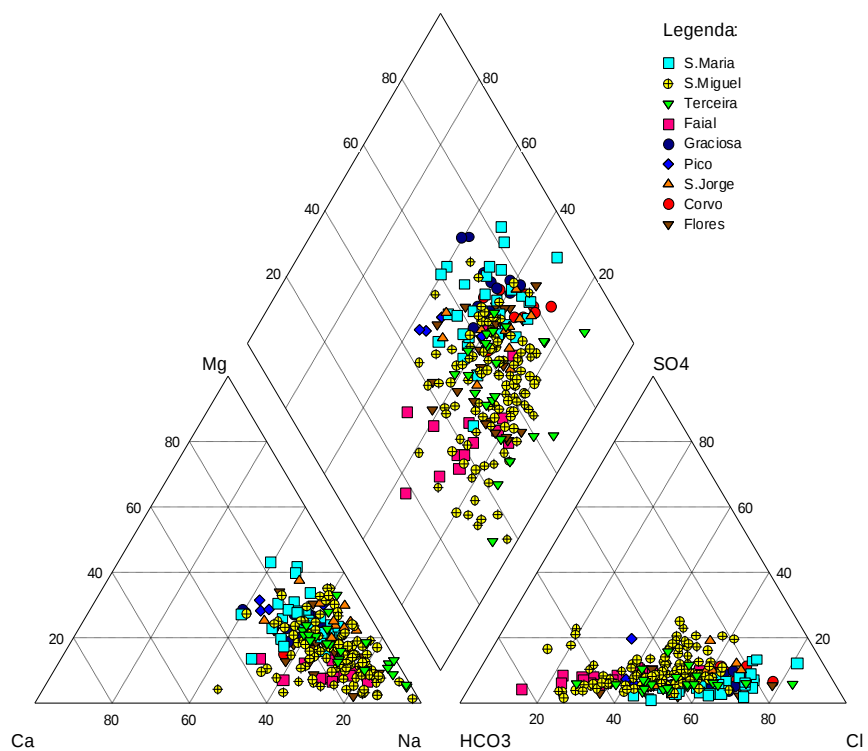


Figura 3.3 | Diagrama de Piper relativo à composição química da água captada em nascentes na RH 9 (Cruz, 2004).

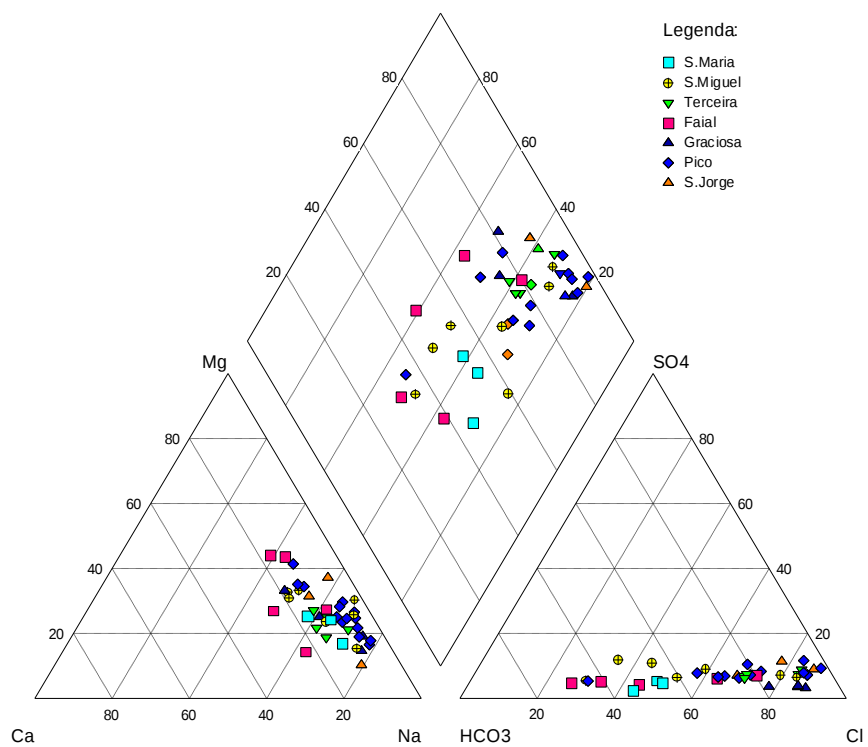


Figura 3.4 | Diagrama de Piper relativo à composição química da água captada em furos na RH 9 (Cruz, 2004).

3.1.3 | Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos

O volume da recarga aquífera aponta para a existência de um volume total de recursos hídricos subterrâneos no arquipélago dos Açores igual a 1588 hm³/ano (Cruz, 2001; DROTRH-INAG, 2001; AHA-DRA, 2011). Os valores variam entre um mínimo de 8,3 hm³/ano, na ilha do Corvo, e um máximo de 582 hm³/ano, observados na ilha do Pico, com uma mediana igual a 101,3 hm³/ano (Tabela 3.1).

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.

Tabela 3.1 | Recursos hídricos subterrâneos e taxas de recarga máxima e mínima por ilha.

Ilha	Recursos Totais (hm ³ /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

3.2 | Ilha Graciosa

3.2.1 | Caracterização das massas de água

Na ilha Graciosa foram delimitadas nove massas de água, cujas características hidrogeológicas se sistematizam nos pontos 3.2.1.1 a 3.2.1.9. A cartografia respeitante à respetiva delimitação é apresentada na Figura 3.5.

A distribuição dos pontos de água existentes na ilha, que totalizam 28 nascentes ($0,46$ nascentes/ km^2) e 20 furos ($0,33$ furos/ km^2), encontra-se representada na Figura 3.6 (AHA-DRA, 2011). Relativamente à distribuição das nascentes, na massa de água Serra das Fontes ocorrem 10, na massa Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe seis, na massa Serra Dormida cinco, na massa Compósito quatro, na massa Sequencia Hidromagmática Superior dois e na massa de água Luz – Rebentão da Lagoa apenas um. 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 oito furos instalados no passado.

Com base nos dados relativos às captações tubulares de água subterrânea foi possível concluir que o caudal específico na ilha Graciosa varia entre $1,4$ e $266,7$ L/sm (mediana = $142,9$ L/sm), 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 (Tabela 3.2).

Da leitura da Tabela 3.2, pode verificar-se que a transmissividade varia entre $1,7 \times 10^{-3}$ e $3,2 \times 10^{-1}$ m^2/s , (mediana = $1,0 \times 10^{-1}$ m^2/s), e apresenta um comportamento similar ao caudal específico. As estimativas de condutividade hidráulica apresentam os valores médios e de mediana respetivamente iguais a $4,6 \times 10^{-2}$ m/s e $2,5 \times 10^{-2}$ m/s na mesma massa de água subterrânea.

3.2.1.1 | Massa de água Compósito

Com uma área aflorante da ordem de $3,96$ 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 subterrânea 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.

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.

Tabela 3.2 | Valores de parâmetros hidrodinâmicos estimados nas massas de água subterrânea da ilha Graciosa (s.d. – sem dados).

Massa de Água	Ref ^a PGRHi	Caudal Específico (L/sm)	T (m ² /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	$1,22 \times 10^{-03}$

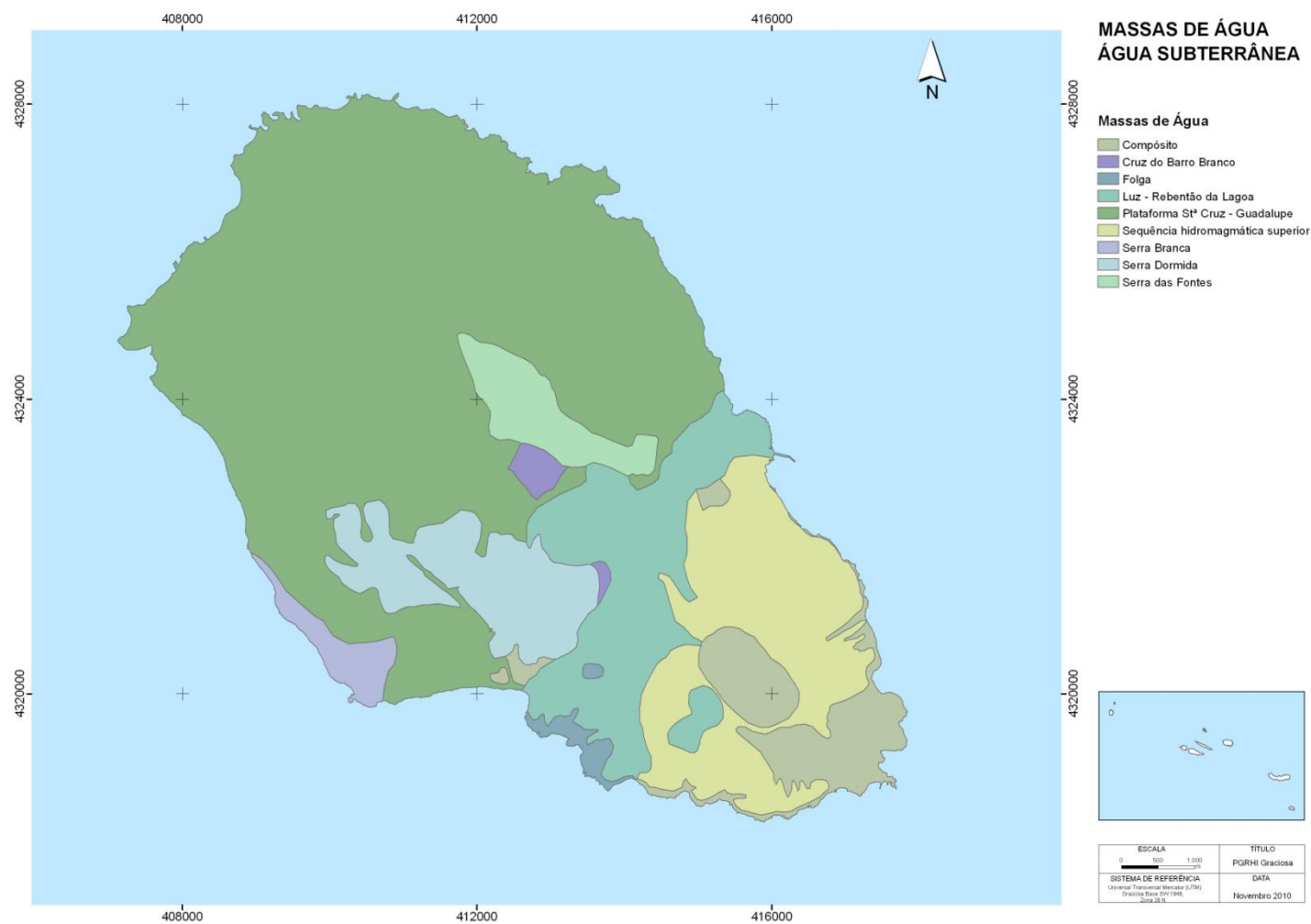


Figura 3.5 | Delimitação das massas de água na ilha Graciosa (AHA-DRA, 2011).

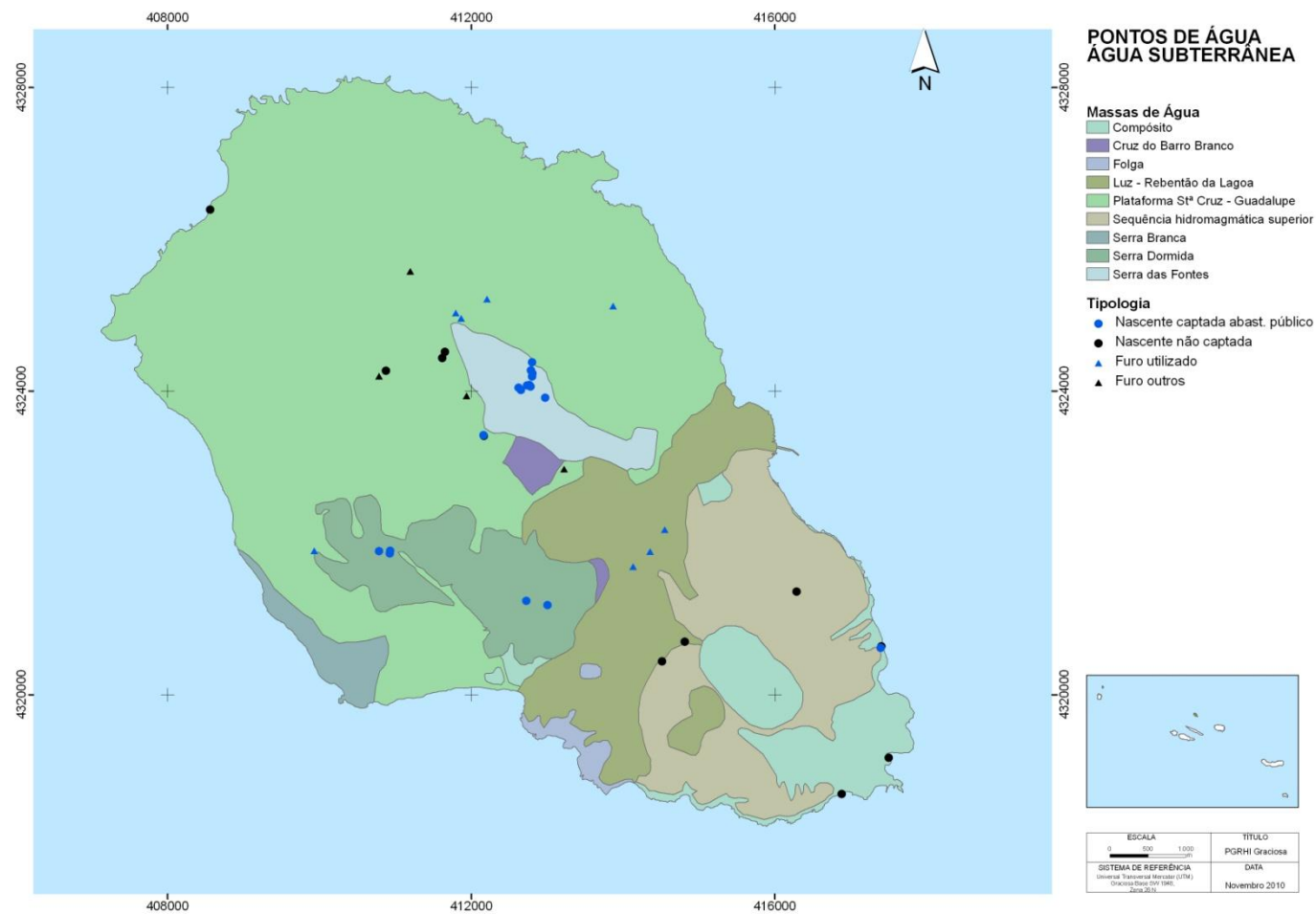


Figura 3.6 | Distribuição de pontos de água na ilha Graciosa (AHA-DRA, 2011).

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^a 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

3.2.1.2 | Massa de água Folga

Com uma área aflorante da ordem de 0,49 km², 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.

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.

3.2.1.3 | Massa de água Cruz do Barro Branco

Com uma área aflorante da ordem de 0,42 km², 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.

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)

3.2.1.4 | Massa de água Luz - Rebentão da Lagoa

Com uma área aflorante da ordem de 7,02 km², 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.

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 subaéreos 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 vulcanoclastos do Beco

3.2.1.5 | Massa de água Serra Dormida

Com uma área aflorante da ordem de 4,2 km², 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.

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 subáereos de natureza basáltica s.l. de origem indiferenciada
- Piroclastos subáereos de natureza basáltica s.l. do Pico do Timão
- Escoadas lávicas e piroclastos subáereos de natureza basáltica s.l. da Caldeirinha

3.2.1.6 | Massa de água Sequência Hidromagmática Superior

Com uma área aflorante da ordem de 7,69 km², 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.

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

3.2.1.7 | Massa de água Serra Branca

Com uma área aflorante da ordem de 1,04 km², esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 25,3% 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.

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).

3.2.1.8 | Massa de água Serra das Fontes

Com uma área aflorante da ordem de 1,95 km², esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 1,7% 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.

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos em altitude, livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, fissurado 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 vulcaniclásticos

3.2.1.9 | Massa de água Plataforma de Santa Cruz

Com uma área aflorante da ordem de 34,41 km², 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.

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 subaéreos de natureza basáltica s.l. dos Picos da Terça e de Barcelos

3.2.2 | Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis

Na Tabela 3.3 discriminam-se os valores respeitantes aos recursos em água subterrânea na ilha Graciosa. A massa de água com maior volume de recursos subterrâneos corresponde à unidade Plataforma de Santa Cruz – Guadalupe, com 9,14 hm³/ano.

No 1.º ciclo do PGRH-RH9 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 (AHA-DRA, 2011). Neste contexto, a fração dos recursos hídricos subterrâneos exploráveis é de 60% do total.

As disponibilidades reais nas massas de água subterrânea da Graciosa são respetivamente iguais a: 0,37 hm³/ano (Sequencia Hidromagmática Superior), 0,1 hm³/ano (Serra Branca), 0,43 hm³/ano (Serra das Fontes), 0,88 hm³/ano (Serra Dormida), 5,5 hm³/ano (Plataforma de Santa Cruz - Guadalupe), 0,29 hm³/ano (Compósito), 0,12 hm³/ano (Complexo do Barro Branco), 0,03 hm³/ano (Folga) e 1,3 hm³/ano (Luz – Rebentão da Lagoa).

Tabela 3.3 | Recursos hídricos subterrâneos na ilha Graciosa (AHA-DRA, 2011).

Massa de Água	Precipitação (hm^3/ano)	Disponibilidade (hm^3/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

3.2.3 | Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos

Na Figura 3.7 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 subterrânea, 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.

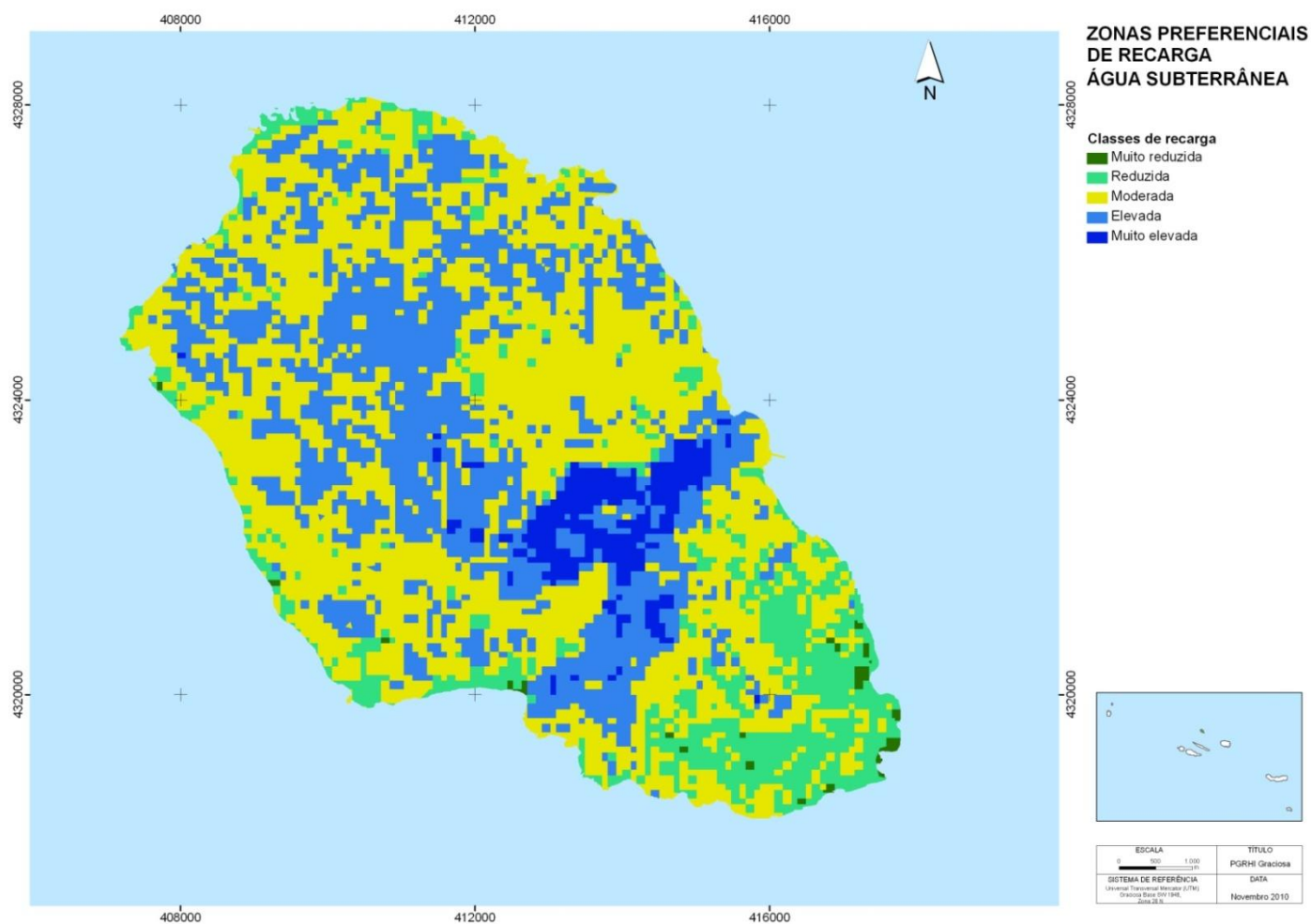


Figura 3.7 | Delimitação das áreas potenciais de recarga na ilha Graciosa (AHA-DRA, 2011).

3.3 | Ilha do Pico

3.3.1 | Caracterização das massas de água

Na ilha do Pico foram delimitadas seis massas de água, cujas características hidrogeológicas se sistematizam nos pontos 3.3.1.1 a 3.3.1.6. A cartografia respeitante à respetiva delimitação encontra-se patente na Figura 3.8.

A distribuição dos pontos de água existentes na ilha, que totalizam nove nascentes ($0,02$ nascentes/ km^2) e 23 furos ($0,05$ furos/ km^2), encontra-se representada na Figura 3.9. Relativamente à distribuição das nascentes, na massa de água Piedade ocorrem seis, na massa São Miguel Arcanjo – Prainha de Cima duas e na massa Montanha apenas uma nascente. No que concerne à distribuição dos furos de captação, na massa de água Montanha encontram-se 14, na massa Piedade quatro, na massa Madalena – São Roque do Pico três, enquanto nas massas Arrife e São Miguel Arcanjo – Prainha de Cima foram inventariados apenas um furo em cada uma.

Com base nos dados obtidos relativos às captações tubulares foi possível concluir que o caudal específico na ilha do Pico varia entre $6,2$ e 250 L/sm (mediana = $61,2$ L/sm), constatando-se que o primeiro foi observado na massa de água Madalena – São Roque do Pico, que é aquela que apresenta os valores mais baixos (Tabela 3.4). Por outro lado, os valores de caudal específico relativos às restantes massas de água são não só mais elevados, como no caso das massas Montanha e Piedade, para a qual se possuem várias observações, se observa alguma heterogeneidade.

Da leitura da Tabela 3.4, pode verificar-se que a transmissividade varia entre $9,4 \times 10^{-3}$ e $3,0 \times 10^{-1}$ m²/s, (mediana = $1,1 \times 10^{-1}$ m²/s), e apresenta um comportamento similar ao caudal específico. As estimativas de condutividade hidráulica apresentam valor médio mais elevado na massa de água Piedade ($1,7 \times 10^{-2}$ m/s), superior aos observados nas massas Montanha e Madalena – São Roque do Pico, ambos na ordem de grandeza de 10^{-3} m/s, embora mais elevado no primeiro caso ($8,4 \times 10^{-3}$ vs. $2,0 \times 10^{-3}$ m/s). O único valor observado na massa São Miguel Arcanjo – Prainha de Cima aproxima-se do valor médio mais elevado.

Tabela 3.4 | Valores de parâmetros hidrodinâmicos estimados nas massas de água subterrânea da ilha do Pico (s.d. – sem dados) (AHA-DRA, 2011).

Massa de Água	Refª PGRHi	Caudal Específico (L/sm)	T (m ² /s)	Espessura captada (m)	K (m/s)
Madalena - S. Roque do Pico	PIC.55	9,09	$1,11 \times 10^{-02}$	12,80	$8,66 \times 10^{-04}$
	PIC.56	6,25	$9,44 \times 10^{-03}$	3,00	$3,15 \times 10^{-03}$
Montanha	PIC.47	250,00	$3,05 \times 10^{-01}$	6,00	$5,08 \times 10^{-02}$
	PIC.52	125,00	$1,53 \times 10^{-01}$	n.d.	n.d.
	PIC.53	24,12	$2,94 \times 10^{-02}$	12,00	$2,45 \times 10^{-03}$
	PIC.54	110,00	$1,34 \times 10^{-01}$	11,30	$1,19 \times 10^{-02}$
	PIC.58	61,20	$7,47 \times 10^{-02}$	5,00	$1,49 \times 10^{-02}$
	PIC.62	30,40	$3,71 \times 10^{-02}$	8,28	$4,48 \times 10^{-03}$
	PIC.64	104,00	$1,27 \times 10^{-01}$	n.d.	n.d.
Piedade	PIC.46	55,60	$6,78 \times 10^{-02}$	13,40	$5,06 \times 10^{-03}$
	PIC.48	91,00	$1,11 \times 10^{-01}$	4,48	$2,48 \times 10^{-02}$
	PIC.50	169,00	$2,06 \times 10^{-01}$	10,00	$2,06 \times 10^{-02}$
São Miguel Arcanjo - Prainha de Cima	PIC.49	24,57	$2,10 \times 10^{-01}$	7,00	$3,00 \times 10^{-02}$

3.3.1.1 | Massa de água Arrife

Com uma área aflorante da ordem de 2,8 km², esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 0,6% da superfície do Pico, correspondendo a um setor localizado na costa S, numa posição meridiana, e confronta a S com a massa Lajes, a N com a massa Piedade e para NE com a massa São Miguel Arcanjo – Prainha de Cima. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Lajes do Pico.

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos de altitude e basais, predominantemente fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos de altitude livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água corresponde ao denominado Complexo Vulcânico Topo – Lajes, em particular a formações das Unidades Inferior e Intermédia, que ocupa uma posição mediana na Ilha, aflorando a Sul.

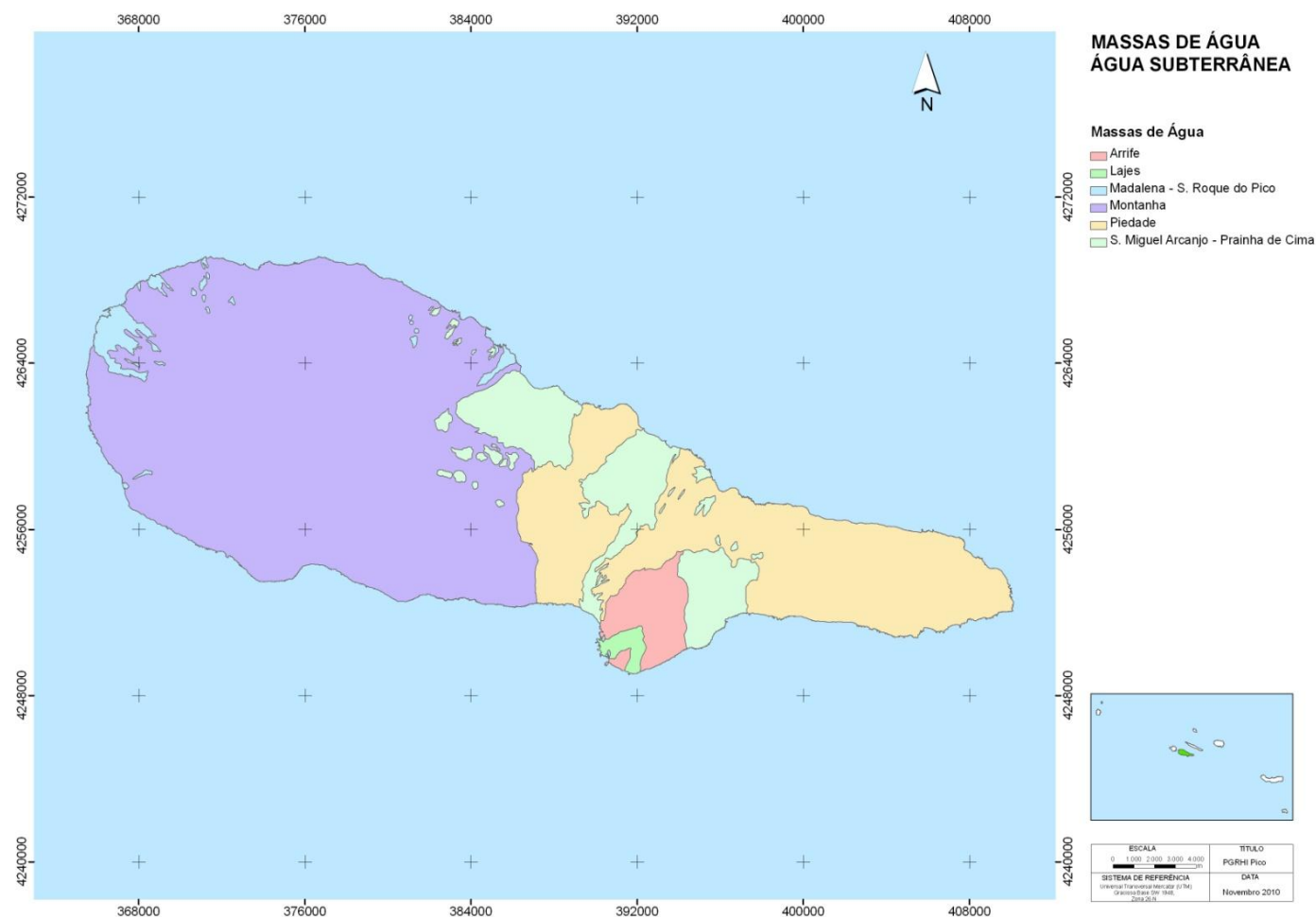


Figura 3.8 | Delimitação das massas de água na ilha do Pico (AHA-DRA, 2011).

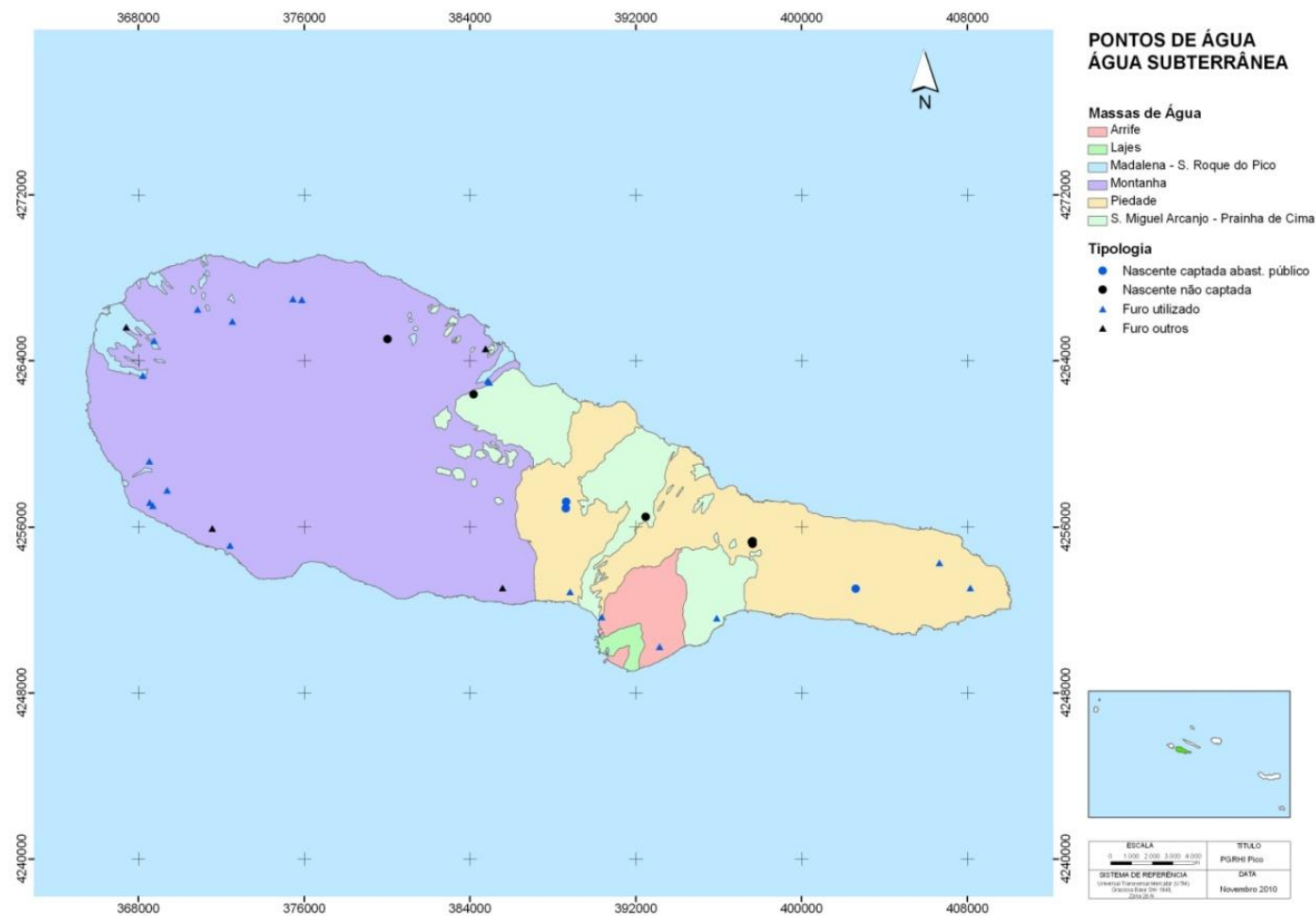


Figura 3.9 | Distribuição de pontos de água na ilha do Pico (AHA-DRA, 2011).

Considerando a escala estratigráfica propostas por Nunes *et al.* (1999a), a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade Inferior
- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade Intermédia
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Intermédia
- Depósitos piroclásticos submarinos de natureza basáltica *s.l.*

3.3.1.2 | Massa de água Lajes

Com uma área aflorante da ordem de 14,5 km², esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 3,2% da superfície do Pico, correspondendo a um setor localizado na costa S, numa posição meridiana, e confronta a N com a massa Arrife. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se no concelho de Lajes do Pico.

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos basais, predominantemente fissurados. Do ponto de vista geológico, esta massa de água corresponde ao denominado Complexo Vulcânico Topo – Lajes, em particular a formações da Unidade Superior, que ocupa uma posição mediana na Ilha, aflorando a Sul.

Considerando a escala estratigráfica propostas por Nunes *et al.* (1999a), a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade Superior
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Superior

3.3.1.3 | Massa de água Madalena - São Roque do Pico

Com uma área aflorante da ordem de 9,9 km², esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 2,2% da superfície do Pico, correspondendo a pequenos setores localizados na extremidade ocidental e na costa N da Ilha, e confronta com a massa Montanha. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se nos concelhos de Madalena e São Roque do Pico.

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos basais, predominantemente fissurados. Do ponto de vista geológico, esta massa de água corresponde ao denominado Complexo Vulcânico da Montanha, em particular a formações da Unidade Inferior. Considerando a escala estratigráfica propostas por Nunes *et al.* (1999a), a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade Inferior
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Inferior
- Depósitos piroclásticos submarinos de natureza basáltica *s.l.*

3.3.1.4 | Massa de água Montanha

Com uma área aflorante da ordem de 262,7 km², esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 58,4% da superfície do Pico, correspondendo a uma zona muito extensa, que domina todo o setor ocidental da Ilha, e confronta a E com as massas Piedade e São Miguel Arcanjo – Prainha de Cima. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se nos concelhos de Madalena, São Roque do Pico e Lajes do Pico.

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos de altitude e basais, predominantemente fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos de altitude livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água corresponde ao denominado Complexo Vulcânico da Montanha, em particular a formações da Unidade Intermédia e Superior. Considerando a escala estratigráfica propostas por Nunes *et al.* (1999a), a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade intermédia (Subunidade Inferior)
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Intermédia (Subunidade Inferior)
- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade intermédia (Subunidade Intermédia)
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Intermédia (Subunidade Intermédia)
- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade intermédia (Subunidade Superior)
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Intermédia (Subunidade Superior)
- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade Superior (Subunidade Inferior)
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Superior (Subunidade Inferior)
- Escoadas lávicas basálticas de natureza benmoreítica, do tipo *aa*, da Unidade Superior (Subunidade Superior), associadas à erupção histórica de 1718
- Depósitos piroclásticos de natureza benmoreítica (escórias e *spatter*) da Unidade Superior (Subunidade Superior), associados à erupção histórica de 1718
- Escoadas lávicas basálticas de natureza basáltica *s.l.* do tipo *aa*, da Unidade Superior (Subunidade Superior), associadas à erupção histórica de 1720
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Superior (Subunidade Superior), associados à erupção histórica de 1720

3.3.1.5 | Massa de água Piedade

Com uma área aflorante da ordem de 109,9 km², esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 22,2% da superfície do Pico, e domina todo o setor oriental da Ilha. Confronta a W com as massas Montanha e São Miguel Arcanjo – Prainha de Cima e a S com a massa Arrife. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se nos concelhos de São Roque do Pico e Lajes do Pico.

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos de altitude e basais, predominantemente fissurados, admitindo-se a existência de aquíferos de altitude livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Esta massa de água corresponde a um sistema de aquíferos basais, predominantemente fissurados. Do ponto de vista geológico, esta massa de água corresponde ao denominado Complexo Vulcânico São Roque – Piedade, em particular a formações das Unidades Intermédia (Subunidades Inferior, Intermédia e Superior) e Superior (Subunidades Inferior e Superior). Considerando a escala estratigráfica propostas por Nunes *et al.* (1999a), a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas basálticas s.l., do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade intermédia (Subunidade Inferior)
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica s.l. (escórias e *spatter*) da Unidade Intermédia (Subunidade Inferior)
- Escoadas lávicas basálticas s.l., do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade intermédia (Subunidade Intermédia)
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica s.l. (escórias e *spatter*) da Unidade Intermédia (Subunidade Intermédia)
- Escoadas lávicas basálticas s.l., do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade intermédia (Subunidade Superior)
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica s.l. (escórias e *spatter*) da Unidade Intermédia (Subunidade Superior)
- Escoadas lávicas basálticas s.l., do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade Superior (Subunidade Inferior)

- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Superior (Subunidade Inferior)
- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade Superior (Subunidade Superior), associadas à erupção histórica de 1562/64
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Superior (Subunidade Superior), associados à erupção histórica de 1562/64

3.3.1.6 | Massa de água São Miguel Arcanjo - Prainha de Cima

Com uma área aflorante da ordem de 49,6 km², esta massa de água tem como âmbito territorial cerca de 11% da superfície do Pico, correspondendo a três setores, localizados na metade oriental da Ilha, quer na costa S, quer na costa N. Confronta com as massas Montanha, Piedade e Arrife. Em termos administrativos a área que constitui a massa de água integra-se nos concelhos de São Roque do Pico e Lajes do Pico.

Esta massa de água corresponde a um sistema no geral de permeabilidade baixa, com aquíferos de altitude e basais, porosos ou fissurados, mas que localmente pode apresentar aquíferos de interesse local, nomeadamente a existência de aquíferos porosos, livres e semiconfinados, descontínuos no sistema, e limitados por níveis de permeabilidade reduzida.

Do ponto de vista geológico, esta massa de água corresponde ao denominado Complexo Vulcânico São Roque – Piedade, em particular a formações da Unidade Inferior. Considerando a escala estratigráfica propostas por Nunes *et al.* (1999a), a massa de água compreende as seguintes litologias:

- Escoadas lávicas basálticas *s.l.*, do tipo *aa* e *pahoehoe*, da Unidade Inferior
- Depósitos piroclásticos de natureza basáltica *s.l.* (escórias e *spatter*) da Unidade Inferior
- Depósitos piroclásticos submarinos de natureza basáltica *s.l.*

3.3.2 | Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis

Na Tabela 3.5 discriminam-se os valores respeitantes às disponibilidades de água subterrânea na ilha do Pico. A massa de água da Montanha é aquela que comporta o maior volume de recursos subterrâneos naquela ilha, respetivamente igual a 418 hm³/ano, valor que, relativamente aos restantes quantitativos estimados no arquipélago, é substancialmente superior. A segunda unidade com maiores disponibilidades na ilha do Pico corresponde à massa de água designada por Piedade, com um volume de recursos estimado em 124,9 hm³/ano.

No 1.º ciclo do PGRH-RH9 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 (AHA-DRA, 2011). Neste contexto, a fração dos recursos hídricos subterrâneos exploráveis é de 60% do total.

As disponibilidades reais nas massas de água subterrânea do Pico são respetivamente iguais a: 250,9 hm³/ano (Montanha), 0,41 hm³/ano (Lajes), 5 hm³/ano (Arrife), 1,9 hm³/ano (Madalena – São Roque do Pico), 75 hm³/ano (Piedade) e 16 hm³/ano (São Miguel Arcanjo – Prainha de Cima).

Tabela 3.5 | Recursos hídricos subterrâneos na ilha do Pico (AHA-DRA, 2011).

Massa de Água	Precipitação (hm ³ /ano)	Disponibilidades (hm ³ /ano)	Taxa de Recarga (%)
Montanha	673,56	418,14	62,1
Lajes	3,20	0,69	21,6
Arrife	31,50	8,40	26,7
Madalena – São Roque do Pico	10,83	3,21	29,6
Piedade	264,44	124,91	47,2
S. M. Arcanjo – Prainha Cima	144,32	26,67	18,5

3.3.3 | Identificação das zonas potenciais de recarga de aquíferos

Na Figura 3.10 representa-se a distribuição das zonas preferenciais de recarga na ilha do Pico, classificadas em função das categorias acima mencionadas. A análise do cartograma permite evidenciar que na Ilha predominam as classes de recarga elevada a moderada, embora se observem regiões representativas de todas as classes.

As classes de recarga elevada e muito elevada predominam na metade ocidental da Ilha, na região dominada pela Montanha do Pico, quer em função das regiões de maior altitude, onde a precipitação é mais elevada, quer das áreas onde afloram escoadas lávicas mais recentes, como por exemplo nas regiões onde afloram os materiais emitidos nas erupções históricas. Na metade oriental da Ilha, na região dominada pelo Planalto da Achada, observam-se algumas zonas onde a recarga também é elevada, assim como na região da extremidade E onde afloram escoadas lávicas recentes.

A classe de recarga reduzida está particularmente bem representada na zona costeira a S da Ilha, em particular entre a Vila das Lajes e a extremidade E do Pico.

Considerando o âmbito territorial das massas de água subterrânea, constata-se que na massa Montanha a recarga distribui-se pelas classes reduzida a muito elevada, predominando a classe elevada, em especial no troço superior do aparelho vulcânico da Montanha, o que explica o facto de corresponder à mais elevada taxa de recarga na Ilha (62,1%).

Na área dominada pela massa de água Piedade a classe de recarga predominante corresponde à classe moderada. Contudo, observam-se algumas zonas onde a recarga nesta massa é elevada a muito elevada, o que permite explicar que o valor da taxa de recarga média, igual a 36,6%.

Nas áreas de influência das restantes massas de água, as classes de recarga dominantes são a moderada a reduzida. Estes resultados enquadram-se na gama de valores de taxa de recarga estimados, que variam entre 18,5% (São Miguel Arcanjo – Prainha de Cima), 21,6% (Lajes), 26,7% (Arrife) e 29,6% (Madalena – São Roque do Pico).

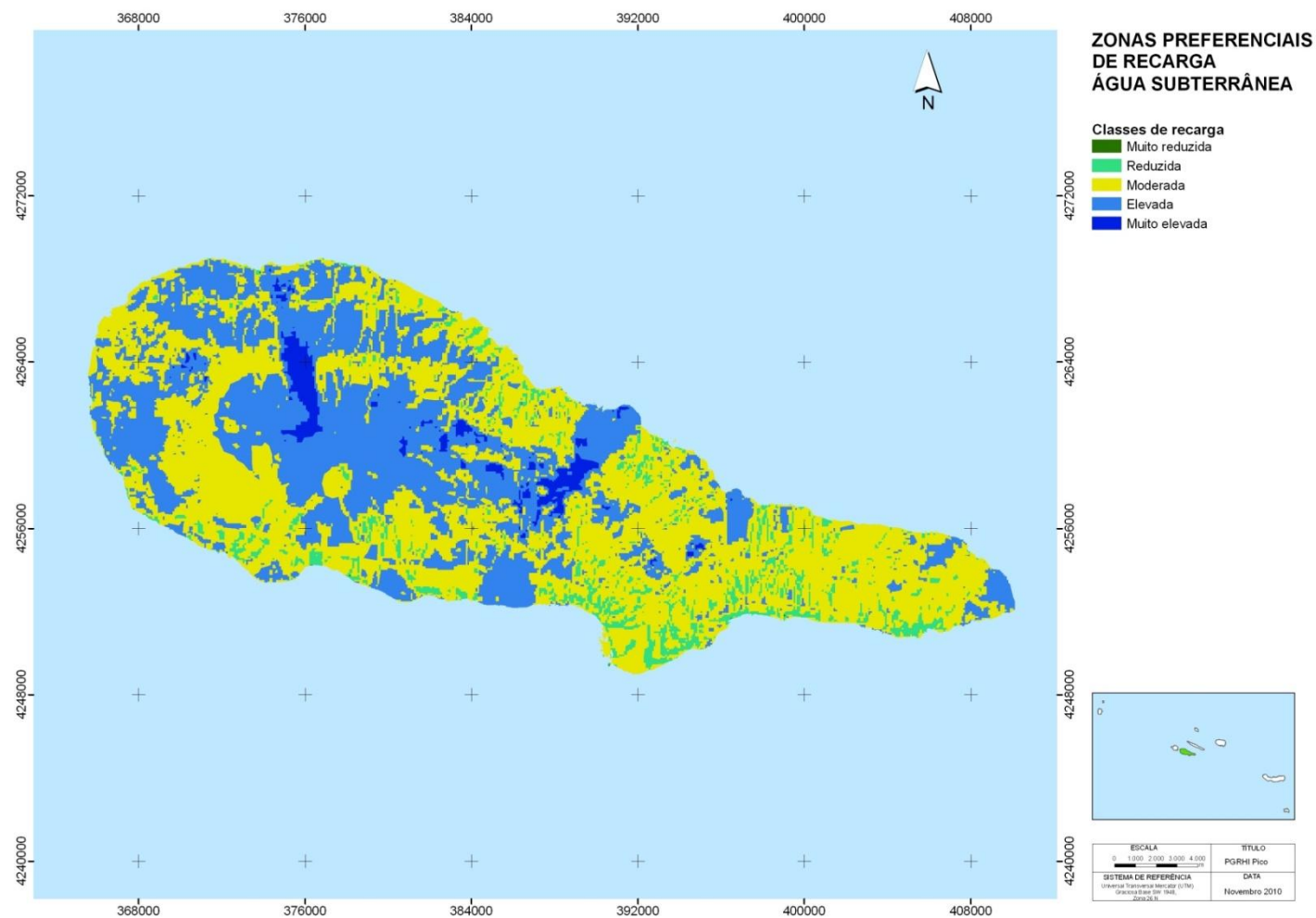


Figura 3.10 | Delimitação das áreas potenciais de recarga na ilha do Pico (AHA-DRA, 2011).

4 | Metodologia

4.1 | Seleção dos Pontos de Água

A rede de monitorização foi composta por oito furos de captação e três poços de maré na ilha Graciosa enquanto que na ilha do Pico foram realizadas amostragens em 19 furos de captação e 16 poços de maré. As representações cartográficas das redes de monitorização das águas subterrâneas na ilha Graciosa e do Pico podem ser encontradas nas Figuras 4.1 e 4.2.

No decurso dos trabalhos de campo, e com base nas listagens do PGRH-RH9, foram selecionados todos os furos que captem no sistema aquífero basal, potencialmente vulneráveis à intrusão marinha, visando a realização das referidas amostragens nas ilhas do Pico e da Graciosa. Nas tabelas encontradas no Anexo I podemos encontrar as respetivas coordenadas de localização bem como outras informações dos pontos de amostragem na realização das recolhas periódicas nas ilhas do Pico e da Graciosa.

Para efeitos de uma campanha de amostragem em furos de captação espalhados pelas outras ilhas dos Açores, com exceção do Corvo e das Flores onde não existem obras deste tipo, recorreu-se igualmente às listagens do PGRH-RH9. As redes de amostragem foram compostas por nove furos na ilha de Santa Maria, 16 na ilha de São Miguel, 15 na ilha Terceira, nove no Faial e em São Jorge somente dois furos.

As coordenadas e algumas características dos furos amostrados encontram-se patentes no Anexo I. No Anexo II encontra-se a cartografia dos pontos de água amostrados nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

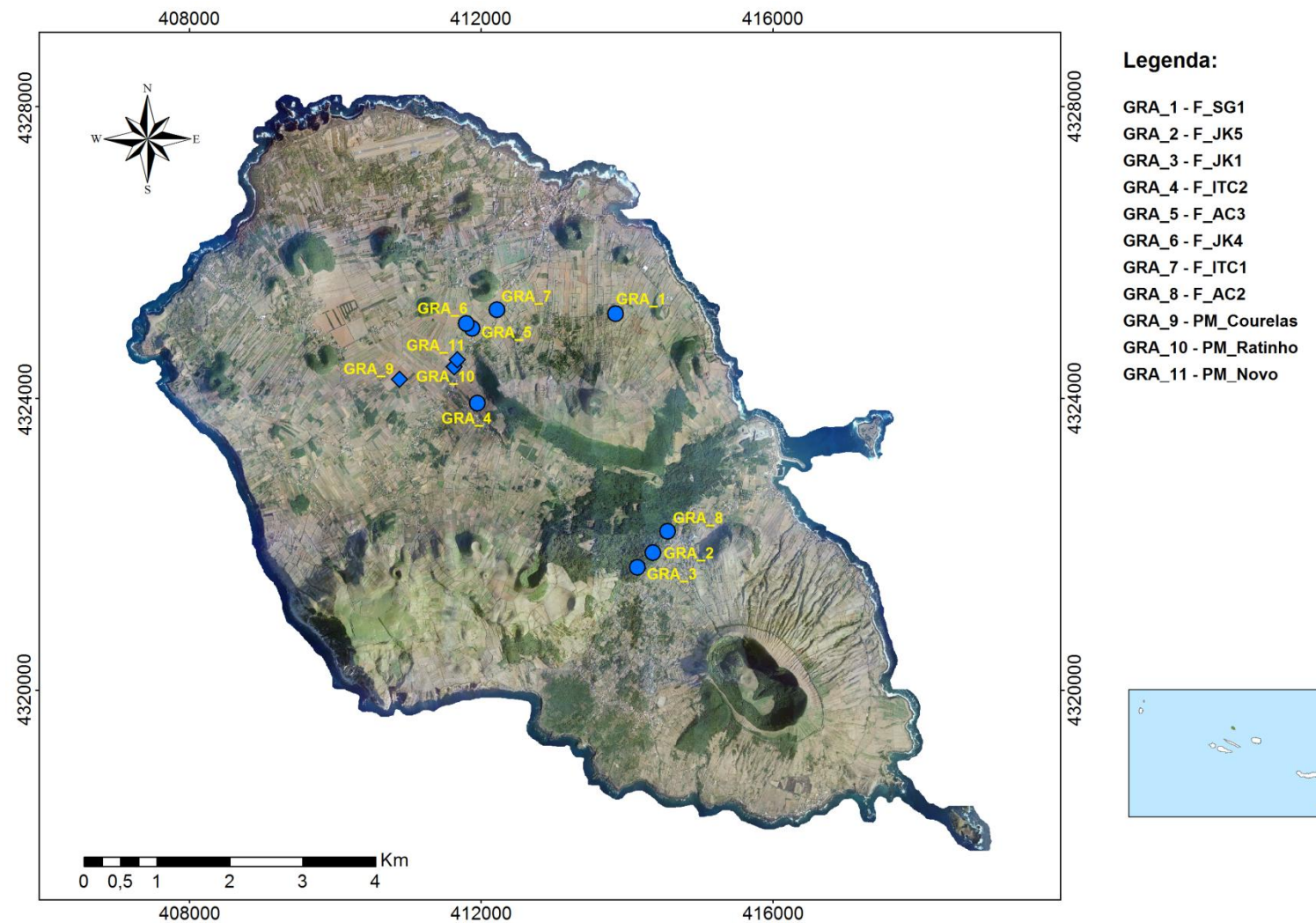


Figura 4.1 | Localização da rede de amostragem na ilha Graciosa.

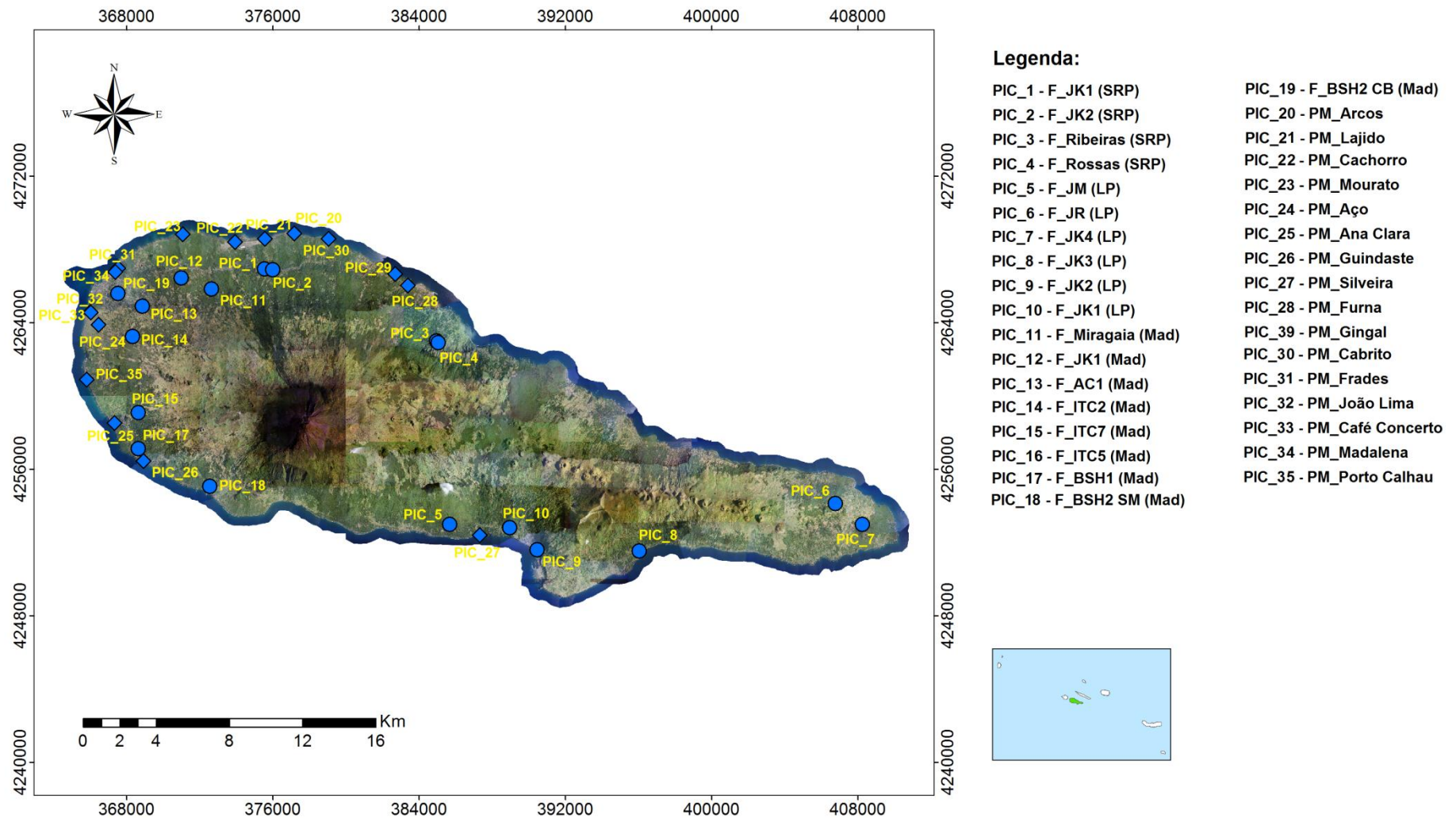


Figura 4.2 | Localização da rede de amostragem na ilha do Pico.

4.2 | Amostragem, análise de águas e tratamento de dados

Um componente essencial do presente projeto corresponde à realização de amostragens e análises físico-químicas periódicas, bimestrais, sobre amostras colhidas nos pontos de água previamente selecionados nas ilhas do Pico e da Graciosa, incluindo a determinação de parâmetros físico-químicos principais, secundários e em traço, em especial os indicadores de processos de mistura com água do mar. Realizou-se, ainda, uma campanha de amostragem de água subterrânea nos furos das restantes ilhas dos Açores.

Os procedimentos de amostragem de água adotados contemplaram a recolha de uma série de frascos de volumetria diversa, de acordo com os objetivos analíticos a cumprir: (1) frasco de 1 litro, com água não filtrada, nem acidificada, visando a realização de titulações; (2) frasco de 250 mL, acidificado com ácido nítrico a 65% e com a água filtrada a 0.45 μm , visando a determinação de elementos principais por espectrometria de absorção atômica; (3) frasco de 100 mL, acidificado com ácido nítrico suprapur a 65% e filtrado a 0.2 μm , visando a análise do teor em elementos menores e em traço e (4) frasco de 100 mL, filtrado a 0.45 μm , destinado a determinações por cromatografia iónica.

No momento da recolha da amostra realizaram-se medições de pH, pE e condutividade elétrica, utilizando aparelhagem adequada para o efeito, e determinações in situ, por titulação, do CO_2 livre (com NaOH até pH igual a 8,3) e alcalinidade (com H_2SO_4 a 0,1 N até pH igual a 4,45).

No laboratório os catiões foram analisados por espectrometria de absorção atômica (equipamentos ref^a GBC SENSAA E GBC 906AA) e por cromatografia iónica (equipamento ref^a DIONEX DX-100). Para comparação realizam-se ainda análises de Cl^- e de SO_4^{2-} por titulação, respetivamente com AgNO_3 a 0,1N e com uma solução 0,005 M de $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$, usando Thorin como indicador. De forma a aferir a qualidade dos resultados obtidos foi efetuado o cálculo do erro de balanço da análise efetuada, obrigando à repetição do mesma quando o valor exceder o limite admissível.

A discriminação dos resultados obtidos para cada amostragem consta das tabelas compreendidas no Anexo III.

Relativamente às análises isotópicas, recorreu-se a laboratórios externos à Universidade dos Açores, e os métodos de amostragem e análise seguem os protocolos usuais estabelecidos internacionalmente (Clark & Fritz 1997). Para a

determinação dos teores em $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ as amostras foram enviadas para o Laboratório de Isótopos Estáveis da Estación Biológica de Doñana CSIC. No caso das razões isotópicas $\delta^{87}\text{Sr}$ $\delta^{11}\text{B}$ as amostras foram analisadas no laboratório ALS Scandinavia AB (Suécia) pelo método MC-ICP-MS (NEPTUNE PLUS, ThermoScientific) após separação por troca iónica. neste último laboratório foram ainda analisados os teores elementares em estrôncio e boro.

O tratamento dos resultados das análises físico-químicas realizadas, e o desenvolvimento do modelo hidrogeoquímico conceptual que explique a composição hidrogeoquímica das águas, foi realizado com duas abordagens diversas. Uma com a utilização do software PHREEQC para modelar o efeito do processo de mistura entre a água doce a água do mar. Procedeu-se, ainda, à especiação das amostras de água estudadas, com recurso aos programas informáticos PHREEQC, para determinação do estado de saturação relativamente a fases minerais seleccionadas.

5 | Resultados obtidos

5.1 | Apresentação dos resultados

5.1.1 | Caracterização hidrogeoquímica da ilha Graciosa

5.1.1.1 | Parâmetros físicos

5.1.1.1.1 | Temperatura

A temperatura é um parâmetro de elevada importância na caracterização da água subterrânea pois é um indicador do percurso da mesma em profundidade. Este parâmetro pode variar entre os 0°C e os 300°C, sendo o limite máximo associado à temperatura do vapor de água nos sistemas geotérmicos (Costa, 2006).

Este parâmetro físico reflete as condições hidrológicas e hidrogeológicas e desempenha um papel importante no desenvolvimento de fenómenos como a solubilidade de gases e sais e nas reações biogeoquímicas.

A temperatura da água é também um indicador do grau de dissolução de minerais, uma vez que o aumento da temperatura promove um aumento da volatilização, desencadeando reações ácido-base que vão promover a dissolução dos constituintes das rochas envolventes.

Quanto à respetiva temperatura, as águas podem ser classificadas como (Schoeller, 1962, *in* Costa, 2006): (1) termais, quando a temperatura da água é superior à temperatura média anual do ar acrescida de 4°C, (2) ortotermais, ou normais, quando a temperatura da água se encontra no intervalo entre a temperatura média anual do ar e este último valor acrescido de 4°C, (3) hipotermais, ou frias, quando a temperatura da água é inferior à temperatura média anual do ar.

Os valores apurados no presente estudo permitem verificar que não existe uma variação significativa da temperatura da água da primeira para as restantes amostragens, sendo que todas apresentam resultados que se enquadram nos registos típicos de águas ortotermais e hipotermais (Fig. 5.1). O valor médio da temperatura nas várias amostragens é igual a 21,2°C, registo que se enquadra numa das classes modais mais representativas (Fig. 5.1; Tabela 5.1).

No trabalho realizado, a temperatura mais baixa registou-se no furo F_JK5 (15,3°C), no mês de dezembro, enquanto que a temperatura máxima detetada foi de 27,3°C, durante o mês de junho, mais concretamente no furo F_JK4. A amplitude térmica de todas as amostragens em média foi de 9,0°C (Tabela 5.1).

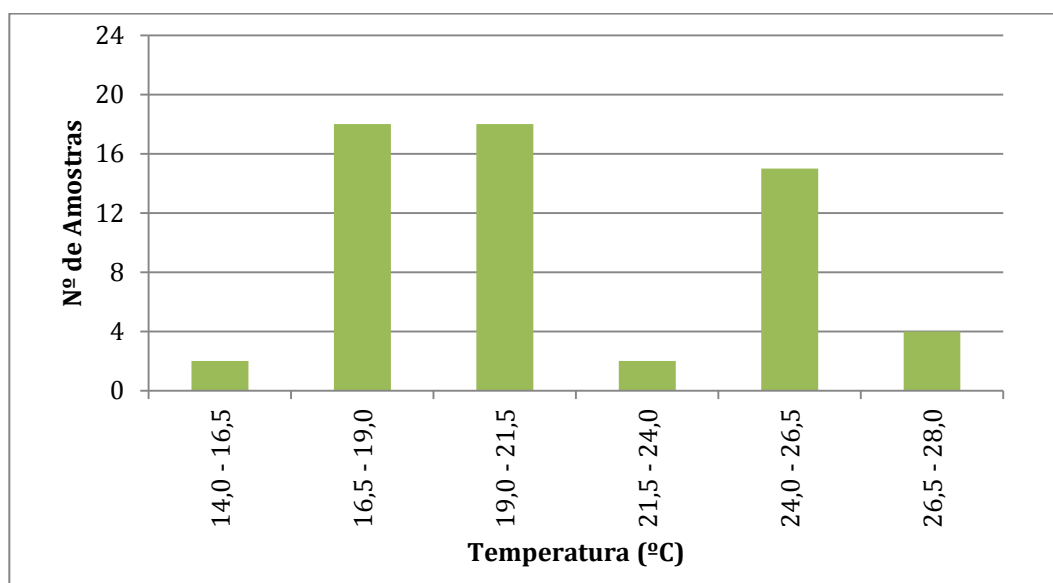


Figura 5.1 | Histograma relativo à distribuição dos valores da temperatura dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.1.2 | Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é outro parâmetro físico de alguma importância, pois traduz a capacidade que uma água tem de conduzir corrente elétrica e é diretamente

proporcional à mineralização da mesma. Torna-se, assim, numa ferramenta eficaz e de aplicação fácil na avaliação deste parâmetro no terreno (Cruz, 1997).

Os furos estudados têm valores de condutividade que variam entre 285 e 4320 $\mu\text{S/cm}$, o primeiro registado no poço de maré PM_Corelas e o segundo no furo F_ITC2 (Tabela 5.1). O furo F_ITC2 apresenta os valores de condutividade mais elevados e que se encontram nitidamente acima dos registos relativos ao conjunto das restantes amostras. O histograma respeitante aos valores de condutividade medidos permite verificar que as classes modais correspondem aos intervalos 0-725 $\mu\text{S/cm}$ e 725-1450 $\mu\text{S/cm}$, gamas que englobam os valores médios de todos os poços de maré (intervalo 0-725 $\mu\text{S/cm}$) e furos da ilha Graciosa (Fig. 5.2).

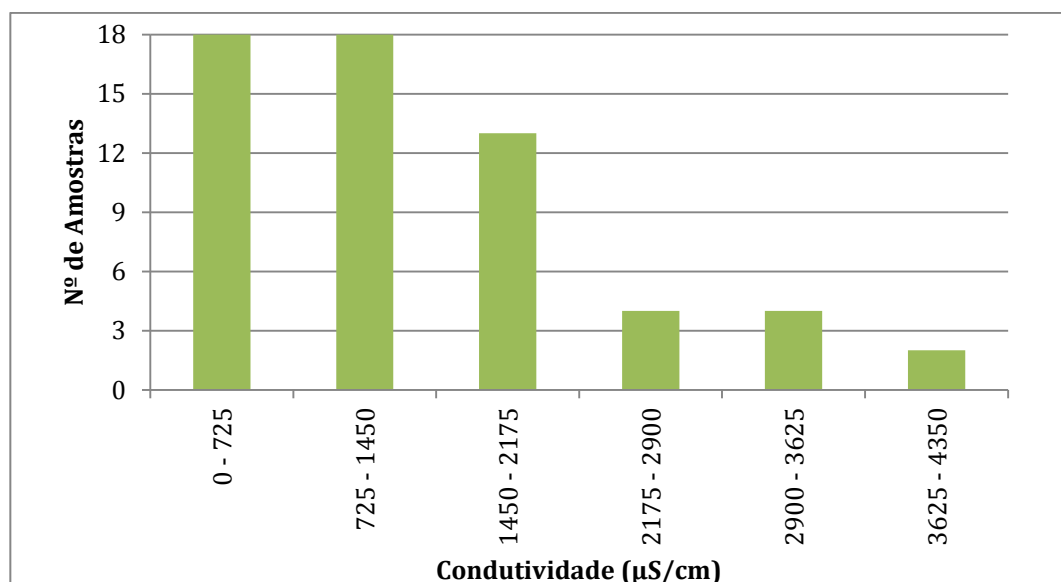


Figura 5.2 | Histograma relativo à distribuição dos valores de condutividade eléctrica dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.2 | Parâmetros químicos

5.1.1.2.1 | pH

O pH é um parâmetro químico que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa em função da sua concentração no ião hidrogénio e depende diretamente da temperatura, diminuindo o seu valor com o aumento da mesma (Custódio & Llamas, 1983). Assim sendo, soluções aquosas a 25°C são consideradas ácidas quando apresentam valores inferiores a 7 unidades de pH, neutras quando o valor de pH é igual a 7 e alcalinas, ou básicas, quando o valor de pH é superior a 7 unidades.

A determinação do pH de uma solução resulta da atividade do ião hidrogénio livre não complexado, devido à impossibilidade de se medir a concentração do hidrogénio total numa solução. Deste modo, o pH é igual ao logaritmo negativo do hidrogenião H^+ (Deutsch, 1997).

A concentração do ião hidrogénio influencia a estabilidade das espécies minerais, intervindo nos equilíbrios químicos, nomeadamente, nas reações ácido-base, nos processos de adsorção, na complexação de metais, em reações de oxidação-redução e na solubilidade e taxa de dissolução da maior parte dos minerais (Langmuir, 1997).

Além disso, o pH influencia diretamente a capacidade de dissolução da água e a estabilidade das espécies minerais em solução, visto que intervém direta ou indiretamente nos vários equilíbrios químicos.

Os dados estatísticos referentes ao pH encontram-se listados na Tabela 5.1. O valor máximo de pH registado em todas as amostragens foi de 7,6 unidades de pH, enquanto que o valor mínimo foi de 6,2 unidades de pH, respetivamente medidos no furo F_ITC2 e no poço de maré PM_Novo. O valor médio de pH é igual a 6,9 unidades de pH, encontrando-se assim próximo da neutralidade. A classe modal corresponde ao intervalo de valores entre os 6,5 e 7,5 unidades de pH, gama esta que engloba os valores médios de todas as amostragens nos diferentes furos e poços (Fig.5.3).

5.1.1.2.2 | Alcalinidade

A alcalinidade de uma solução traduz-se na sua capacidade de neutralizar ácidos, isto é, no caso das águas subterrâneas, a alcalinidade representa a capacidade que a água tem de se manter neutra aquando da introdução de um ácido no sistema.

A alcalinidade determinada para as águas amostradas é designada por alcalinidade TAC (Custodio & Llamas, 1983), e corresponde à capacidade para neutralizar ácidos até um pH de 4,5 ou 3,35, no caso de, respetivamente, se tratar de águas frias ou quentes.

A alcalinidade na ilha Graciosa variou entre 24,5 mg $CaCO_3/L$ e 242,5 mg $CaCO_3/L$, sendo o mínimo encontrado no furo F_ITC1 no mês de abril e o máximo no mês de outubro no furo F_SG1 (Tabela 5.1). A classe modal corresponde ao intervalo entre 50 e 100 mg $CaCO_3/L$ (Fig. 5.4), e compreende o valor médio de alcalinidade,

englobando o valor médio estimado para os furos e poços estudados (95,9 mg CaCO_3/L).

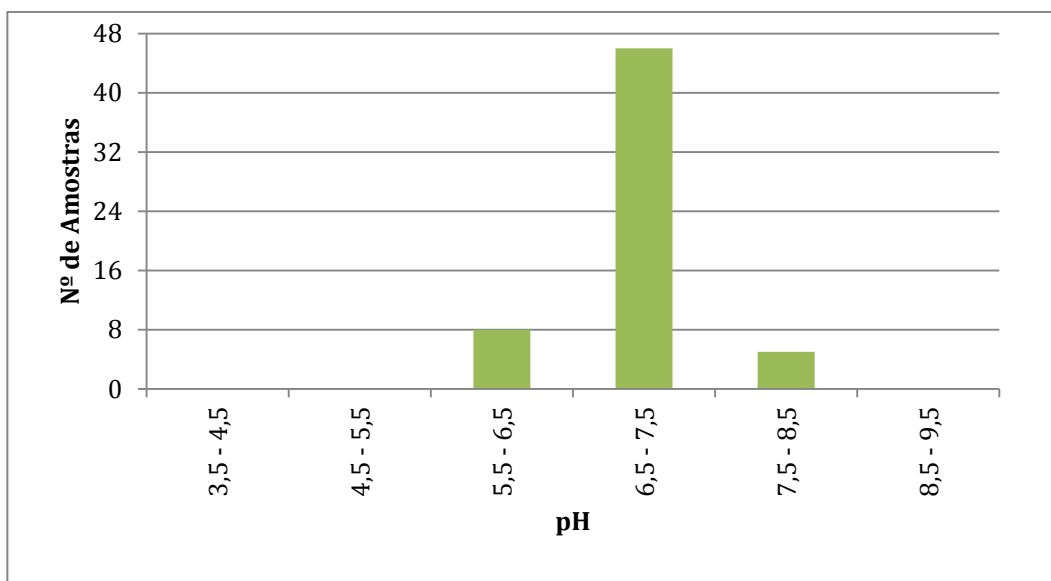


Figura 5.3 | Histograma relativo à distribuição dos valores de pH dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

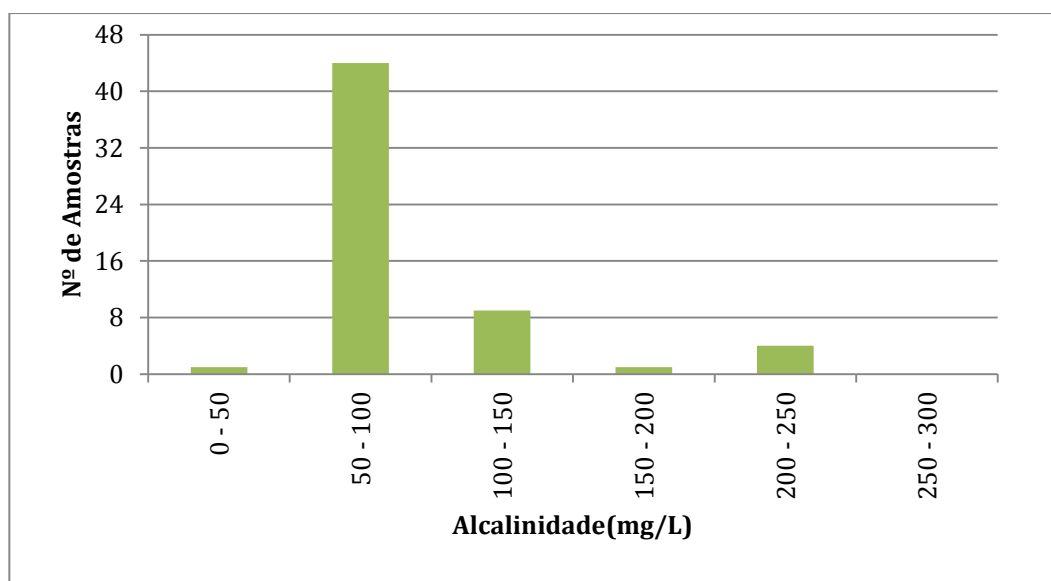


Figura 5.4 | Histograma relativo à distribuição dos valores de alcalinidade dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.2.3 | CO_2 livre

O dióxido de carbono (CO_2) é um gás incolor, incombustível e de odor e gosto suavemente ácidos. Integra a constituição da atmosfera e é um dos componentes gasosos mais abundantes nos magmas e nos fluidos vulcânicos.

A sua presença na água subterrânea deve-se principalmente à decomposição da matéria orgânica existente no subsolo, ocorrendo a uma concentração que varia frequentemente entre 1 e 30 mg/L, podendo ser bem mais significativa em regiões vulcânicas devido à contaminação de fluidos de origem magmática.

Além de se poder encontrar CO₂ livre nas águas subterrâneas, este gás também existe combinado, quando existem concentrações de carbonato e bicarbonato em solução.

Com base na análise estatística efetuada verifica-se as águas dos furos e poços da ilha Graciosa apresentam concentrações de CO₂ Livre que variam entre um mínimo de 2,7 mg/L (furo F_ITC2) e um máximo de 40,1 mg/L (furo F_SG1) (Tabela 5.1). O valor médio destas águas é de 10,2 mg/L, onde está inserido em uma das classes modais mais representativas (Fig. 5.5).

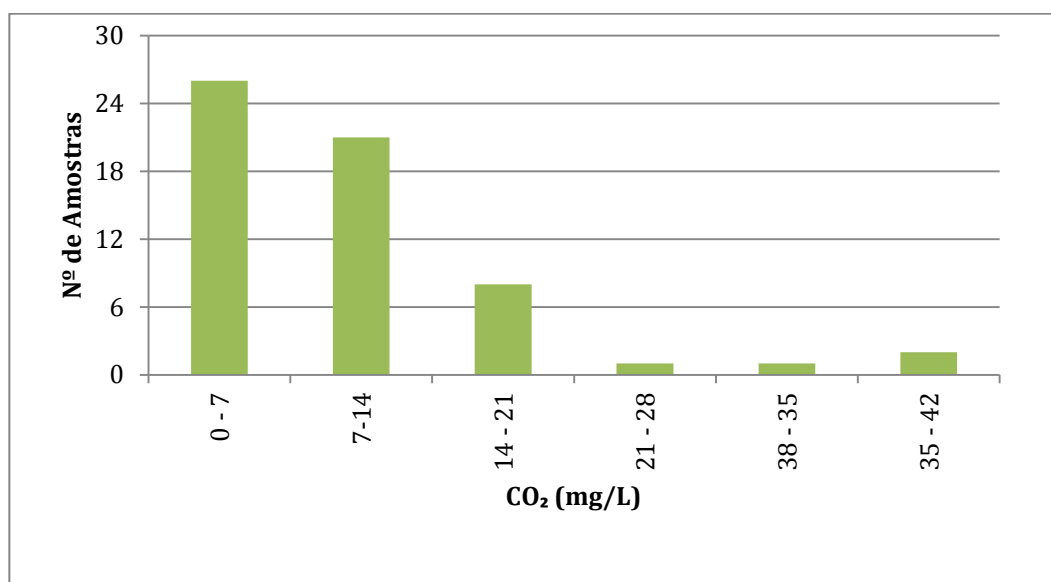


Figura 5.5 | Histograma relativo à distribuição dos valores de dióxido de carbono dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.3 | Elementos maiores - Catiões

5.1.1.3.1 | Sódio

O sódio é o catião predominante nas águas subterrâneas analisadas e, pela comparação das estatísticas e dos valores extremos obtidos nas várias amostragens, não se regista uma variação significativa da concentração média desta espécie de uma colheita para outra. Os valores mínimos e máximos registados em todas as

amostragens foram de 26,2 mg/L e 518,2 mg/L e correspondem respetivamente ao poço de maré PM_Corelas e ao furo F_ITC2 (Tabela 5.1).

Observa-se uma diferença significativa nos valores da concentração deste elemento comparando os furos com os poços de maré, com um teor médio de 215,3 mg/L para os primeiros e de 37,4 mg/L nos segundos. O histograma relativo às concentrações em sódio mostra que existem três classes modais, que por grau de importância correspondem aos intervalos 0-95 mg/L, 95-190 mg/L e 190-285 mg/L e onde estão inseridos os valores médios de sódio dos furos e dos poços de maré da ilha Graciosa (Fig. 5.6).

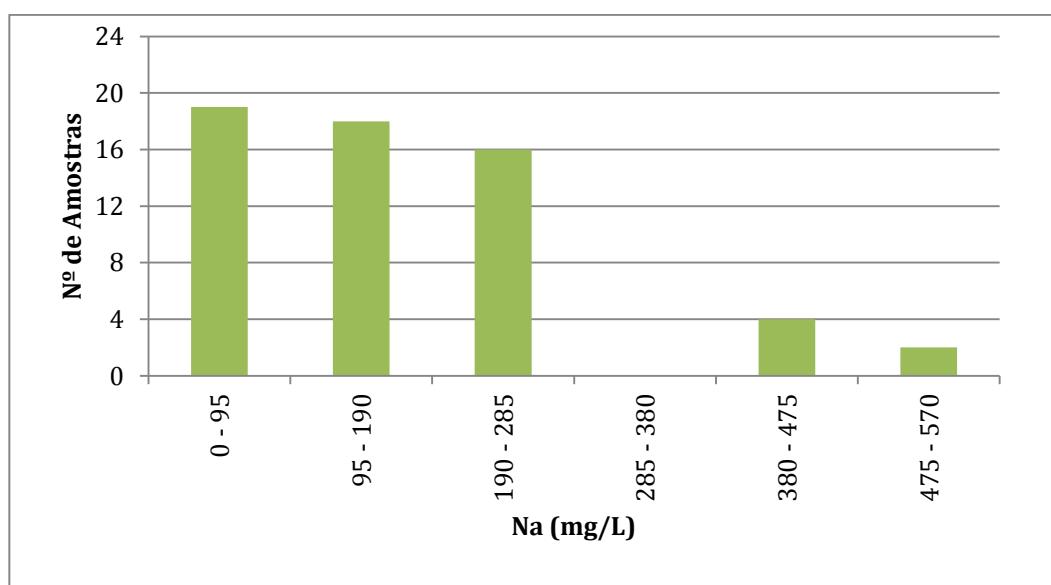


Figura 5.6 | Histograma relativo à distribuição dos valores de sódio dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.3.2 | Potássio

Na comparação com os restantes catiões, o potássio é mais lento a dissolver-se e a libertar-se devido à sua existência nos minerais mais resistentes à dissolução. Este elemento encontra-se, primeiramente, nos feldspatos alcalinos, anfíbolos e micas das rochas ígneas. Quando lixiviados a baixas temperaturas, os feldspatos reagem com a água e formam minerais de argila, sendo a illite uma argila rica em potássio, que permanece residualmente e é responsável pela baixa concentração deste elemento na água. Contudo, esta espécie é preferencialmente lixiviada por fluidos com temperaturas elevadas (Berner & Berner, 1996; Albarède, 2003).

O catião potássio é o que apresenta menor representatividade nas águas analisadas. O histograma respeitante à concentração em potássio referente a todas as amostragens, mostra que mais de 30 amostras se enquadram na classe modal, correspondente a valores entre os 7 e os 14 mg/L (Fig. 5.7).

Da análise dos valores estatísticos verifica-se que o potássio apresenta uma concentração média na ordem dos 11 mg/L (Tabela 5.1). Os valores mínimo e máximo registados nas recolhas são iguais a 3,7 mg/L (poço de maré PM_Ratinho) e a 30,2 mg/L (furo F_ITC2) (Tabela 5.1).

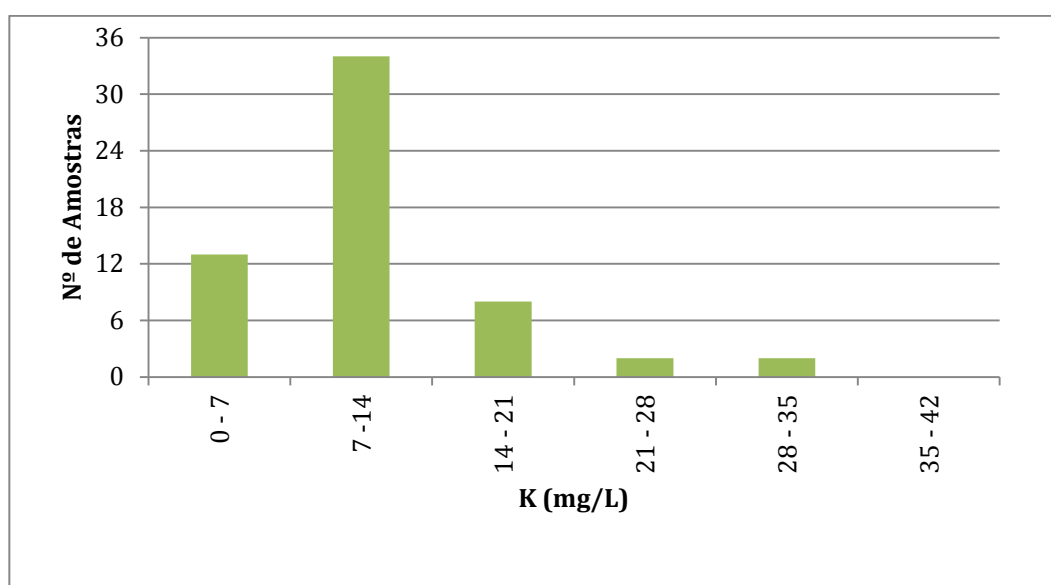


Figura 5.7 | Histograma relativo à distribuição dos valores de potássio dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.3.3 | Magnésio

Este ião não faz parte das emanações gasosas vulcânicas, mas resulta diretamente do contato entre a água e as rochas encaixantes. Apesar disso, a sua concentração poderá variar e depender indiretamente da influência de fenómenos vulcânicos (Giggenbach & Glover 1975; Sigurdsson, 1987; Varekamp, 2002).

Quanto o pH é superior a 10 na maioria das condições naturais verifica-se a precipitação do magnésio em quantidades significativas, o que não ocorre nos furos e poços estudados pois o pH não ultrapassa este valor.

O magnésio é o segundo catião mais representativo no que concerne à concentração das águas analisadas. Os valores médios variam quando falamos dos

furos ou dos poços de maré: a média global de todas as amostragens nos furos de captação de água é igual a 71,3 mg/L, enquanto que para os poços de maré a média se situa nos 12,9 mg/L. Estes valores estão representados no histograma nas duas classes mais representativas (Fig. 5.8).

Os valores mínimo e máximo do teor em magnésio nas águas dos furos e dos poços da ilha Graciosa são respetivamente iguais a 5,0 mg/L (furo F_JK5) e 197,6 mg/L (furo F_ITC2) (Tabela 5.1).

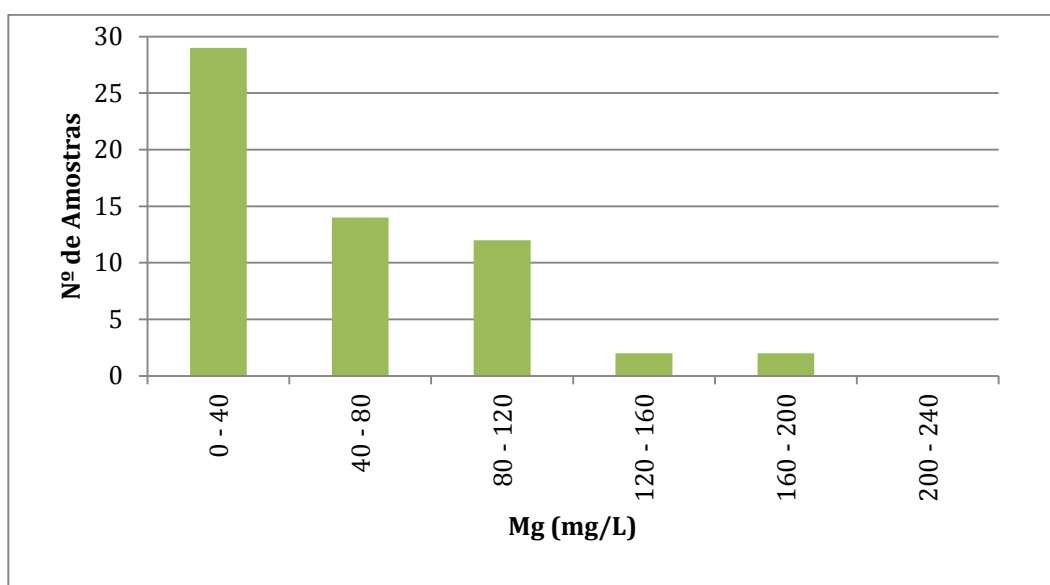


Figura 5.8 | Histograma relativo à distribuição dos valores de magnésio dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.3.4 | Cálcio

Relativamente ao cálcio verifica-se que, no geral os valores de concentração são próximos dos verificados para o magnésio. Isto é verificável através dos seus valores máximos e mínimos quer mesmo pela média geral de todas as amostragens efetuadas nos pontos de água estudados.

O valor mínimo de cálcio foi determinado no furo F_SG1 (3,2 mg/L) e o máximo observado corresponde ao furo F_ITC2 (146,4 mg/L) (Tabela 5.1). A média geral das águas analisadas variam consoante o seu tipo (57,5 mg/L para os furos e 23,0 mg/L para os poços de maré), enquadrando-se nos dois intervalos mais representativos do histograma relativo aos resultados de todas as amostras analisadas (Fig. 5.9).

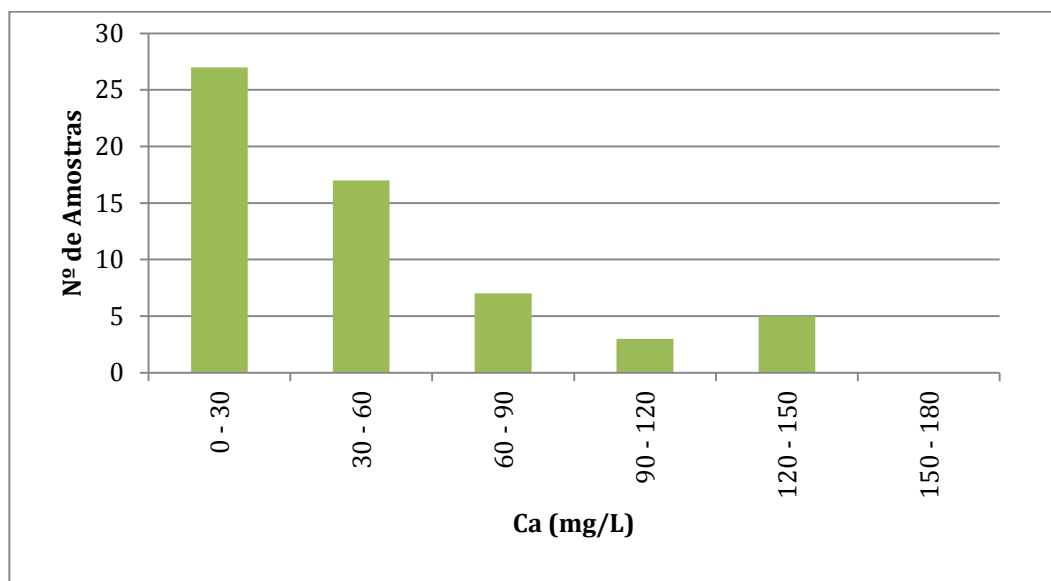


Figura 5.9 | Histograma relativo à distribuição dos valores de cálcio dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.4 | Elementos maiores - Aniões

5.1.1.4.1 | Bicarbonato

A variação deste elemento é indireta, visto depender da variação do CO_2 . Assim, parte do bicarbonato existente na água dos furos e poços poderá resultar da interação água-rocha, a partir de duas fontes diferentes: através do carbono devido à lixiviação dos minerais carbonatados, como a calcite e a dolomite, o que face às características geológicas não é exetável, e pela reação do dióxido de carbono dissolvido na água subterrânea com os minerais silicatados.

O teor máximo de bicarbonato registado nas seis amostragens efetuadas na ilha Graciosa, foi de 295,9 mg/L, observado no mês de outubro no furo F_SG1. No que respeita ao valor mínimo, foi igual a 29,9 mg/L, observado na amostragem de abril (furo F_ITC1) (Tabela 5.1).

O valor médio da concentração de HCO_3 nos diversos pontos de amostragem é de 116,9 mg/L, valor este enquadrado na classe modal mais representativa (60-120 mg/L) deduzida do histograma respetivo (Fig. 5.10).

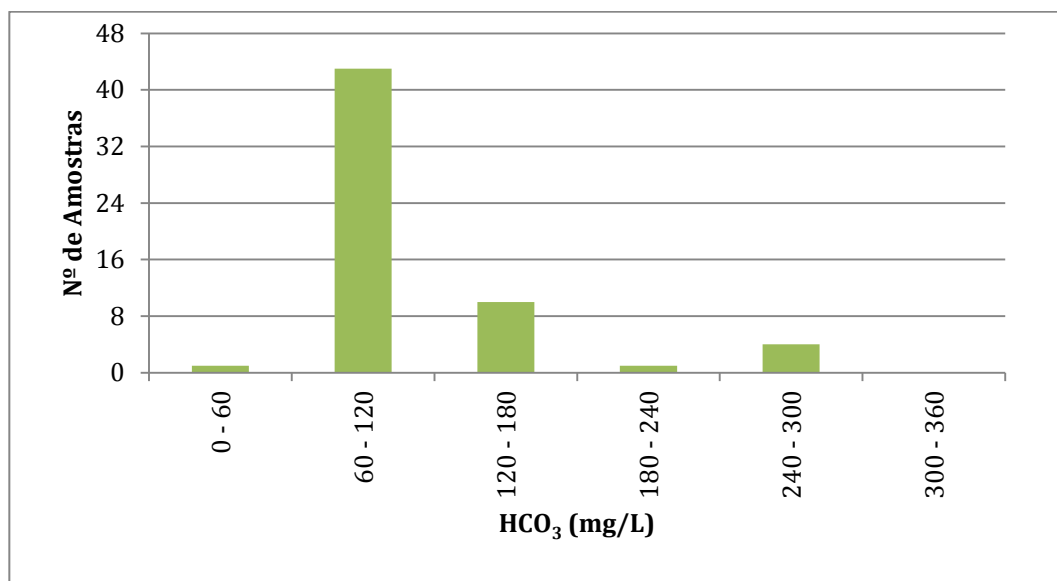


Figura 5.10 | Histograma relativo à distribuição dos valores de bicarbonato dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.4.2 | Cloreto

O ião cloreto é considerado como conservativo, não reativo, pois não forma complexos e tem uma interação limitada com a superfície mineral (Drever, 1997).

O cloreto é o anião mais representativo nas águas estudadas, sendo encontrado no furo F_ITC2 o seu valor máximo (1133,3 mg/L), enquanto que o valor mínimo foi observado no poço de maré PM_Corelas (31,8 mg/L) (Tabela 5.1). Esta amplitude de valores é justificável por no caso específico na ilha Graciosa os valores dos poços de maré não ultrapassarem os 86 mg/L.

A classe modal dominante representada no histograma relativo aos teores em cloreto corresponde ao intervalo 200-400 mg/L, valor que excede o limiar máximo admissível considerado no Decreto-lei n.º 236/98, de 1 de agosto (Fig. 5.11).

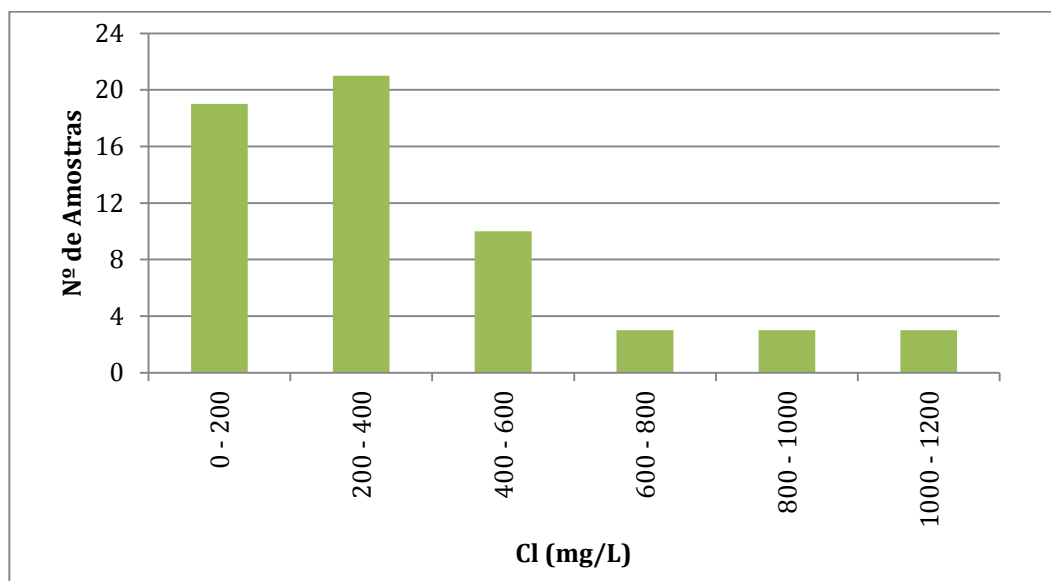


Figura 5.11 | Histograma relativo à distribuição dos valores de cloreto dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.4.3 | Sulfato

O sulfato nestas águas analisadas possui um valor máximo no furo F_ITC2 (108,7 mg/L) e um mínimo (7,3 mg/L) no poço de maré PM_Novo (Tabela 5.1).

O valor médio de todos os pontos de amostragem (36,7 mg/L) enquadra-se numa das classes modais mais representativas evidenciadas pelo histograma (0-75 mg/L) (Fig. 5.12), embora se verifique que existe uma grande dispersão de teores observados nas diferentes amostragens ao longo do ano (Fig. 5.12).

5.1.1.5 | Outros constituintes

5.1.1.5.1 | Sílica

Ao longo do trabalho realizado o teor mais baixo de SiO_2 encontrado registou-se no poço de maré PM_Corelas (5,2 mg/L), no mês de dezembro, enquanto que o valor máximo detetado foi de 57,0 mg/L durante o mês de outubro (furo F_SG1) (Tabela 5.1).

Na Figura 5.13 podemos verificar que a classe modal corresponde ao intervalo de valores entre 30 e 40 mg/L que engloba o valor médio de todas as amostragens nos pontos de furos e poços de maré estudados (31,1 mg/L).

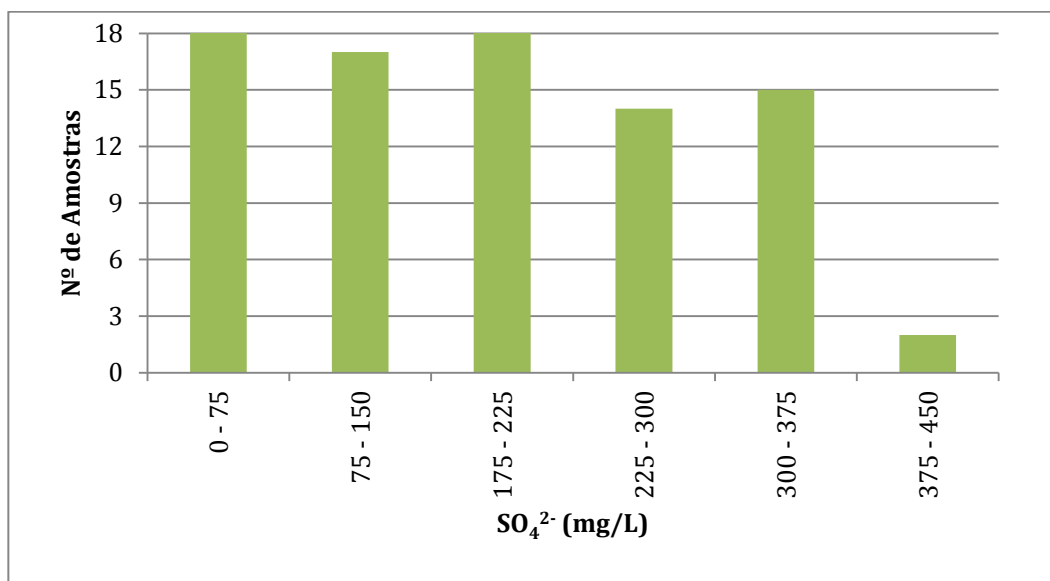


Figura 5.12 | Histograma relativo à distribuição dos valores de sulfato dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

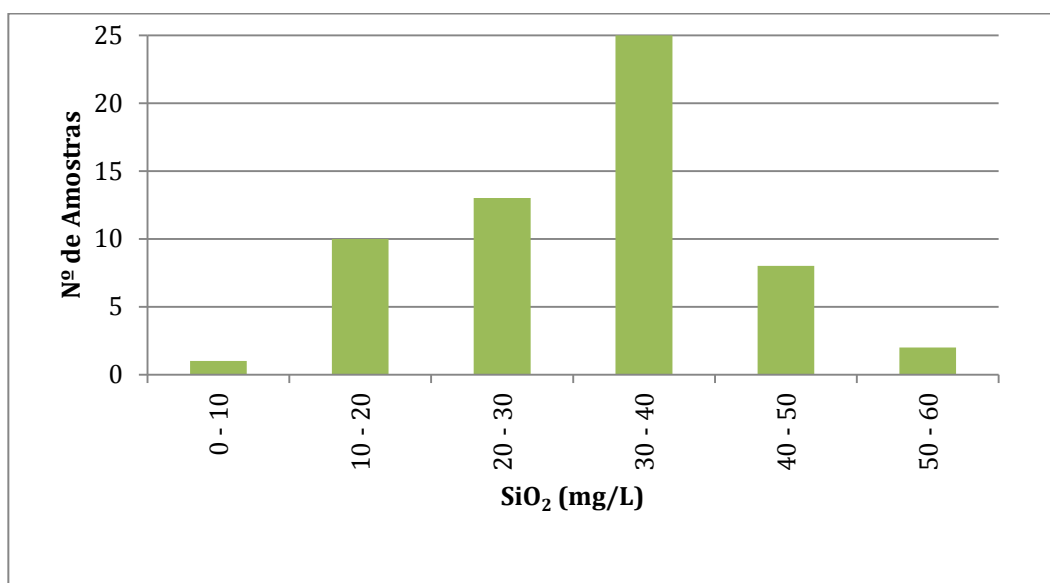


Figura 5.13 | Histograma relativo à distribuição dos valores de sílica dos furos e poços de maré na ilha Graciosa.

5.1.1.6 | Fácies hidrogeoquímicas

Com o objetivo de caracterizar as fácies hidrogeoquímicas dominantes nas águas subterrâneas amostradas nos poços de maré e furos de captação da ilha Graciosa recorreu-se ao diagrama de Piper.

Os furos apresentam águas dos tipos cloretada sódica e cloretadas sódicas magnesianas. Por seu turno os poços de maré da ilha Graciosa correspondem um

deles a uma água do tipo cloretada sódica cálcica, e os outros dois a águas de composição bicarbonatada sódica cálcica e bicarbonatada cálcica sódica (Fig. 5.14).

Os diagramas de Piper referentes a cada uma das amostragens realizadas na ilha Graciosa mostram que a composição química relativa das amostras é sensivelmente constante ao longo do tempo (Anexo IV). Os diagramas de Schoeller revelam alguma homogeneidade composicional, distinguindo-se as amostras pela diferença de mineralização total, que obviamente se reflete nos conteúdos iónicos.

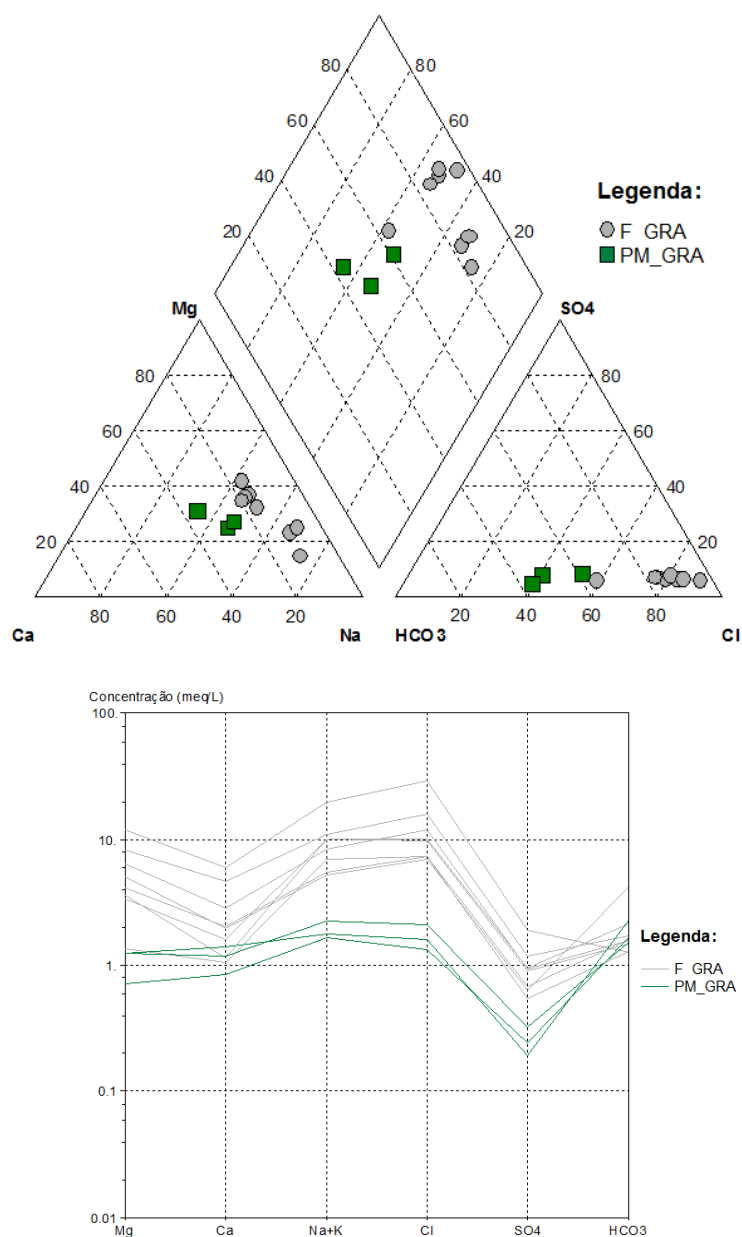


Figura 5.14 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha Graciosa

Tabela 5.1 | Resultados estatísticos dos pontos de amostragem referentes à ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ref	Nome	Estatística	T °C	pH	Cond. μS/cm	CO ₂ mg/L	HCO ₃ mg/L	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	F mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	Mg mg/L	K mg/L	Ca mg/L	SiO ₂ mg/L
GRA_1	F_SG1	Mínimo	16.40	6.26	743.00	15.40	169.60	162.58	20.19	n.d.	2.22	81.86	9.11	5.24	3.22	46.17
		Máximo	18.70	6.90	1374.00	40.10	295.85	284.00	48.04	n.d.	4.14	135.72	83.69	8.83	66.67	57.04
		Média	18.08	6.59	1205.17	26.47	257.42	244.31	30.89	n.d.	3.21	116.57	62.44	7.11	39.33	50.48
		Mediana	18.35	6.56	1285.00	24.10	275.72	258.38	29.24	n.d.	3.24	124.49	72.37	7.04	39.78	48.96
GRA_2	F_JK5	Mínimo	15.30	6.33	934.00	4.90	83.57	201.14	23.69	n.d.	16.42	143.77	5.01	6.50	13.29	26.64
		Máximo	19.90	7.20	1423.00	16.30	122.00	418.90	49.95	n.d.	24.94	167.32	34.56	14.76	33.89	39.45
		Média	17.92	6.97	1078.67	10.38	99.33	257.85	32.66	n.d.	21.51	153.24	16.58	8.69	21.09	32.20
		Mediana	17.90	7.10	1021.00	9.45	96.08	232.13	29.19	n.d.	21.01	152.47	13.88	7.47	18.69	31.62
GRA_3	F_JK1	Mínimo	19.00	6.47	1378.00	8.60	74.42	308.22	40.63	n.d.	26.69	219.61	36.07	9.48	18.41	33.86
		Máximo	19.80	7.09	1537.00	14.50	98.80	368.43	50.07	n.d.	27.94	231.18	52.49	10.62	26.71	36.47
		Média	19.50	6.75	1476.67	11.60	90.27	346.65	44.02	n.d.	27.29	227.31	44.75	10.22	23.25	34.84
		Mediana	19.70	6.69	1515.00	11.70	97.60	363.30	41.35	n.d.	27.24	231.15	45.70	10.56	24.62	34.18
GRA_4	F_ITC2	Mínimo	24.20	6.62	3250.00	2.70	74.42	945.84	73.90	n.d.	5.24	386.55	83.30	17.30	92.13	19.79
		Máximo	26.70	7.61	4320.00	5.90	82.35	1133.27	108.67	n.d.	11.78	518.20	197.55	30.18	146.40	33.81
		Média	25.28	7.21	3641.67	3.95	78.18	1032.10	91.67	n.d.	9.45	440.81	145.61	23.37	120.57	24.89
		Mediana	25.20	7.17	3545.00	3.70	78.39	1023.29	95.00	n.d.	10.24	423.44	153.31	22.34	126.23	24.48
GRA_5	F_AC3	Mínimo	21.50	6.19	1517.00	3.30	86.60	367.72	36.66	2.17	6.86	121.24	48.39	7.33	49.92	27.21
		Máximo	26.10	7.51	1850.00	9.90	107.40	483.31	53.29	2.17	16.73	224.25	93.87	11.52	68.07	40.44
		Média	24.13	7.10	1651.50	6.33	96.28	427.02	44.78	2.17	11.37	188.72	78.22	9.25	57.66	32.85
		Mediana	24.55	7.30	1616.50	6.10	94.55	422.12	44.69	2.17	10.20	195.76	81.69	8.97	57.85	32.75
GRA_6	F_JK4	Mínimo	21.20	6.42	1740.00	4.70	95.80	404.65	40.49	n.d.	4.59	210.52	69.23	7.34	56.36	27.48
		Máximo	27.30	7.47	2400.00	8.70	119.56	728.21	76.48	n.d.	10.66	265.05	113.66	14.74	127.34	37.40
		Média	25.82	7.06	2201.67	6.03	106.14	572.77	56.89	n.d.	7.94	244.45	99.23	11.02	91.86	32.00

		Mediana	26.75	7.14	2270.00	5.45	103.70	605.02	57.02	n.d.	8.46	248.45	106.64	10.76	85.88	32.62
GRA_7	F_ITC1	Mínimo	23.50	6.64	1095.00	4.50	29.89	229.80	23.06	n.d.	11.20	105.97	35.16	6.14	31.19	27.90
		Máximo	24.60	7.54	1110.00	9.30	109.80	273.06	35.54	n.d.	14.94	129.62	58.04	7.85	55.34	44.21
		Média	24.26	7.12	1104.40	6.14	80.27	257.74	26.43	n.d.	12.85	120.98	50.16	6.83	41.51	33.43
		Mediana	24.40	7.19	1108.00	5.30	86.01	265.76	23.42	n.d.	12.62	123.00	56.14	6.19	42.35	32.35
GRA_8	F_AC2	Mínimo	20.50	6.65	1507.00	9.60	109.19	307.61	41.31	0.20	14.09	219.57	32.77	10.96	23.80	28.84
		Máximo	21.40	7.05	1625.00	15.10	156.77	409.50	53.79	0.20	22.45	231.87	54.52	14.75	38.14	44.69
		Média	21.00	6.84	1585.33	11.73	131.15	359.03	46.19	0.20	18.27	225.55	41.30	13.23	32.57	35.60
		Mediana	21.10	6.82	1624.00	10.50	127.49	359.99	43.47	0.20	18.27	225.22	36.61	13.99	35.78	33.27
GRA_9	PM_Courelas	Mínimo	17.80	6.85	285.00	4.80	94.60	31.80	8.90	n.d.	0.17	26.20	7.22	10.35	13.77	5.24
		Máximo	20.80	7.54	333.00	13.30	104.90	65.26	14.41	n.d.	2.24	39.74	10.13	12.88	20.92	26.83
		Média	19.30	7.11	308.33	8.72	100.14	47.15	11.81	n.d.	1.11	31.07	8.79	11.83	16.95	17.02
		Mediana	19.40	7.06	305.50	8.25	100.94	45.27	11.50	n.d.	1.02	29.89	8.99	12.10	16.46	17.75
GRA_10	PM_Ratinho	Mínimo	18.00	6.42	492.00	8.30	86.01	64.88	13.01	2.39	38.49	37.48	12.06	3.72	21.54	30.87
		Máximo	21.40	6.95	526.00	17.60	98.20	85.56	19.69	2.39	51.85	55.52	16.58	5.39	26.80	43.58
		Média	19.18	6.70	509.00	11.67	93.84	75.21	15.79	2.39	43.40	49.87	15.07	4.64	23.85	36.34
		Mediana	19.00	6.75	512.00	10.45	94.55	75.20	15.07	2.39	42.56	52.25	15.72	4.65	24.25	35.86
GRA_11	PM_Novo	Mínimo	17.30	6.22	424.00	5.80	122.60	49.42	7.31	n.d.	5.33	30.90	14.06	13.13	22.27	12.42
		Máximo	19.80	7.22	465.00	21.20	158.00	65.09	11.05	n.d.	10.12	32.41	16.36	22.46	36.49	26.73
		Média	18.75	6.78	445.67	9.98	140.60	57.18	9.28	n.d.	7.83	31.34	14.96	16.03	28.21	16.72
		Mediana	19.15	6.74	447.00	7.90	140.59	56.62	9.30	n.d.	8.00	31.22	14.88	14.22	26.27	15.17

5.1.2 | Caracterização hidrogeoquímica da ilha do Pico

5.1.2.1 | Parâmetros físicos

5.1.2.1.1 | Temperatura

No trabalho realizado, a temperatura mais baixa registou-se no furo da F_Miragaia (Mad) (13,0°C), no mês de fevereiro, enquanto que a temperatura máxima detetada foi de 18,1°C, durante o mês de julho, mais concretamente nos poços de maré do PM_Gingal e do PM_Cabrito (Tabela 5.2). A amplitude térmica de todas as amostragens foi em média de 5,1°C.

A temperatura média da água foi mais elevada no mês de julho (16,0°C) enquanto que a temperatura média mais baixa registou-se no mês de dezembro (14,7°C). Na medida que estes valores inferiores são ambos à temperatura do ar ambiente, tal permite classificar as águas como frias.

Na Figura 5.15 pode verificar-se que a classe modal da temperatura corresponde ao intervalo entre 14,5°C e 15,5°C e engloba a temperatura média das águas estudadas (15,4°C).

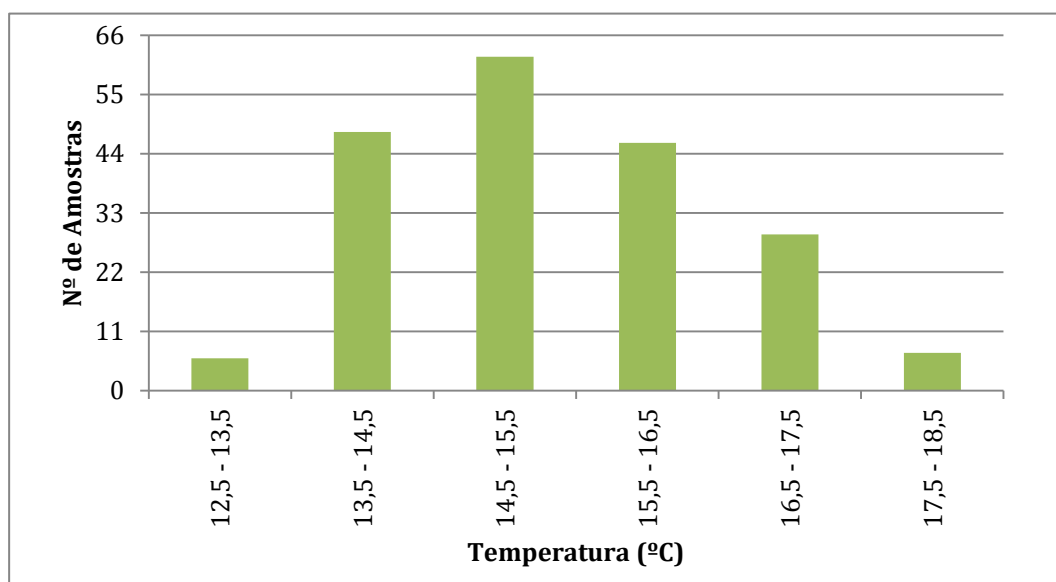


Figura 5.15 | Histograma relativo à distribuição dos valores da temperatura dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

5.1.2.1.2 | Condutividade elétrica

Nos pontos de água estudados os valores de condutividade variam entre 140 e 10620 $\mu\text{S/cm}$, o primeiro registado no furo F_Ribeiras (SRP) e o segundo no poço de maré PM_Porto Calhau (Tabela 5.2).

Na Figura 5.16 podemos verificar que a classe modal predominante de condutividade (120-1900 $\mu\text{S/cm}$) compreende os valores médios de todos os furos da ilha do Pico (1418 $\mu\text{S/cm}$) (Tabela 5.2). Contudo, os valores médios relativos aos poços de maré estão englobados noutro intervalo também algo expressivo (3680-5460 $\mu\text{S/cm}$).

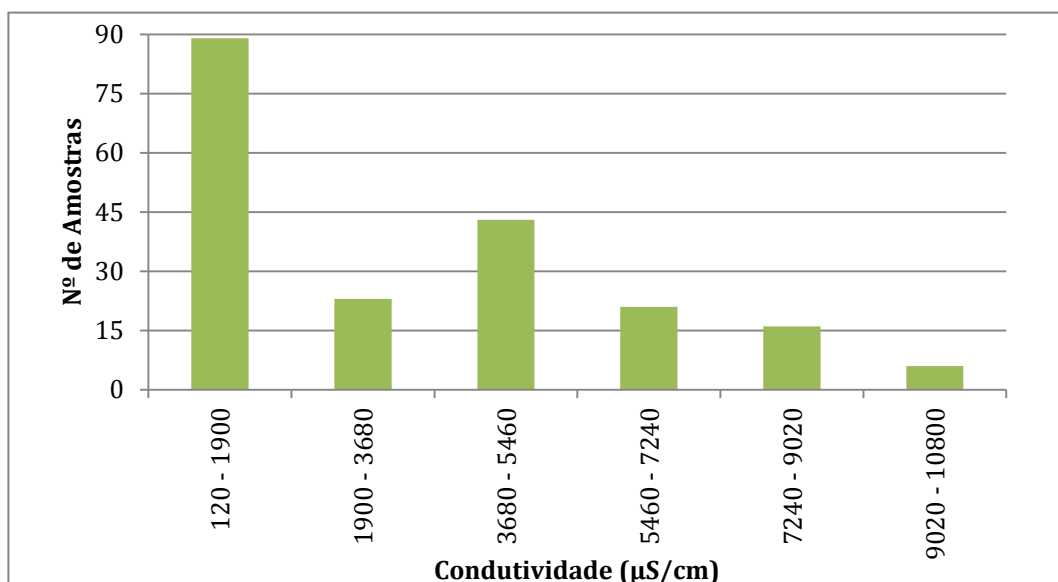


Figura 5.16 | Histograma relativo à distribuição dos valores da condutividade elétrica dos furos e poços de maré na ilha do Pico .

5.1.2.2 | Parâmetros químicos

5.1.2.2.1 | pH

As águas estudadas na ilha do Pico alvo de estudo do presente trabalho apresentam valores de pH entre 4,49 e 8,63 unidades de pH (Tabela 5.2), valores estes, referentes ao poço de maré PM_Porto Calhau e ao furo F_ITC7 (Mad), respetivamente. Portanto, os resultados obtidos, caracterizam as águas como águas ácidas a alcalinas.

A classe modal relativa ao pH mais expressiva corresponde ao intervalo 6,5-7,5, gama que engloba os valores médios de ambas as amostragens nos diferentes furos e poços (6,96 unidades de pH) (Fig. 5.17).

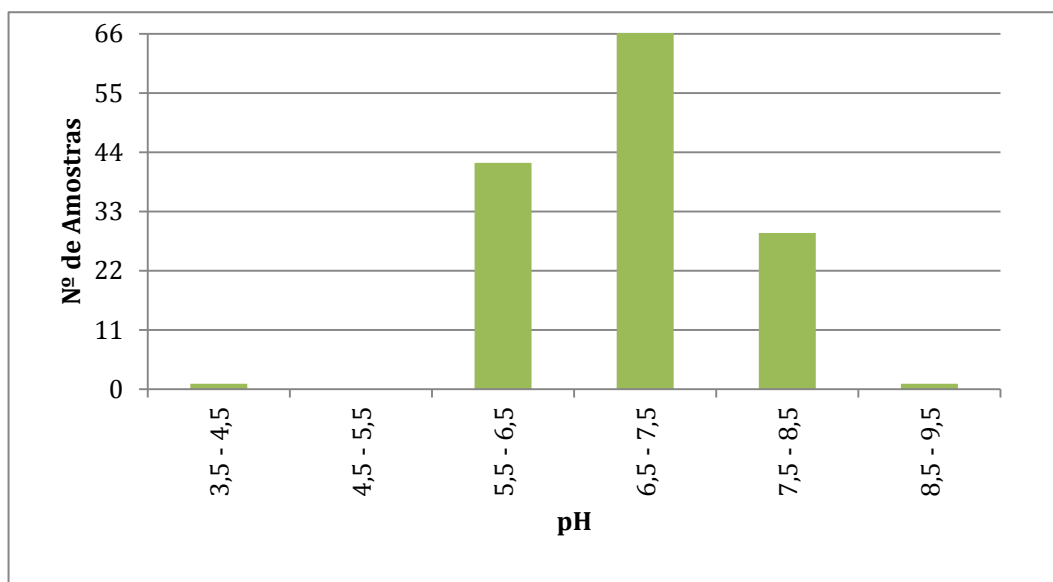


Figura 5.17 | Histograma relativo à distribuição dos valores de pH dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

5.1.2.2.2 | Alcalinidade

O intervalo de valores mais representativo (85 a 170 mg/L CaCO_3) engloba os valores médios globais de todos os pontos de amostragem (141,2 mg/L CaCO_3). Ainda neste intervalo (Fig. 5.18) encontram-se os valores médios respeitante apenas aos furos (128,6 mg/L CaCO_3) e aos poços de maré (158,1 mg/L CaCO_3). Os valores de alcalinidade mínimos e máximos, variam respetivamente entre 28,5 mg/L CaCO_3 (furo F_JK2 (LP)) e 450,5 mg/L CaCO_3 (furo F_ITC2 (Mad)).

5.1.2.2.3 | CO_2 livre

Com base nos resultados apurados verifica-se que as águas dos poços e furos estudados apresentam concentrações de CO_2 livre que variam entre um mínimo de 1,2 mg/L, detetado no concelho das Lajes (F_JK2 (LP)), e um máximo de 87,3 mg/L (poço de maré PM_Silveira) (Tabela 5.2).

Destaca-se a classe modal que corresponde ao intervalo entre 0,0 a 15,0 mg/L, que integra o valor médio geral do CO₂ nas águas (11,3 mg/L) (Fig. 5.19).

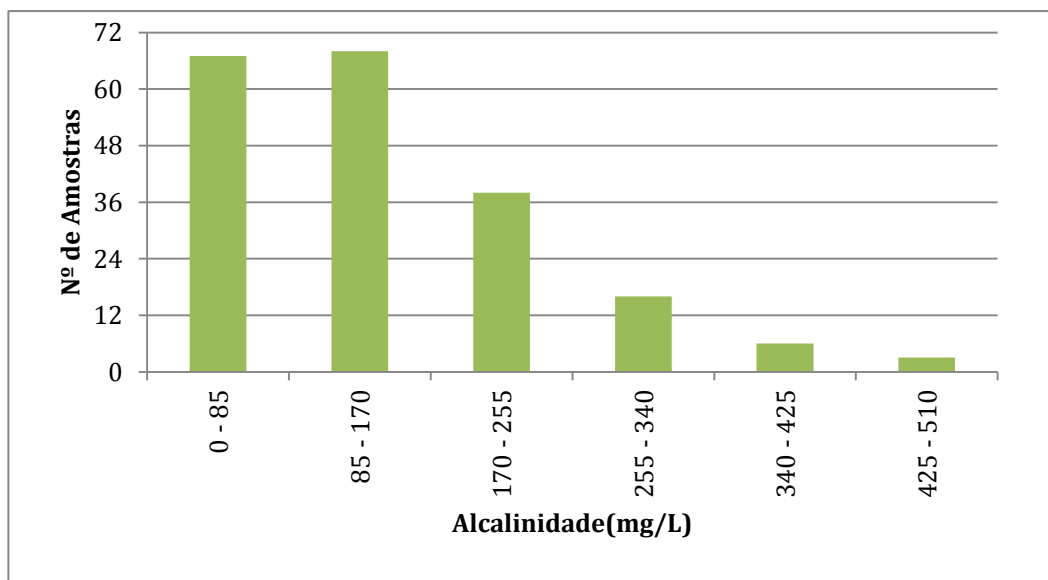


Figura 5.18 | Histograma relativo à distribuição dos valores de alcalinidade dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

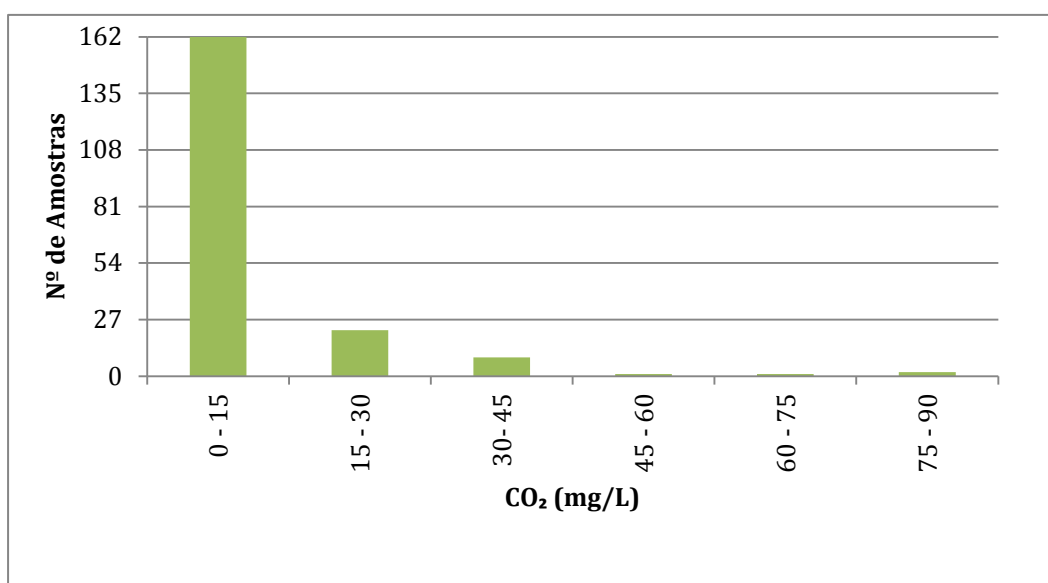


Figura 5.19 | Histograma relativo à distribuição dos valores de dióxido de carbono dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

5.1.2.3 | Elementos maiores - catiões

5.1.2.3.1 | Sódio

O sódio é dos quatro elementos analisados o mais representativo em todas as águas analisadas, e os seus resultados estatísticos estão presentes na Tabela 5.2. O valor médio é igual a 484,5 mg/L, com um teor mínimo e máximo respetivamente iguais a 12,9 mg/L, no poço de maré PM_Porto Calhau, e 1698,7 mg/L, no furo F_ITC7 (Mad).

A classe modal mais representativa corresponde ao intervalo 0-290 mg/L (Fig. 5.20) que engloba o valor médio dos furos de captação de água (176,0 mg/L). Quando considerados os poços de maré o valor médio (886,3 mg/L), e enquadra-se na classe de 580-870 mg/L (Fig. 5.20).

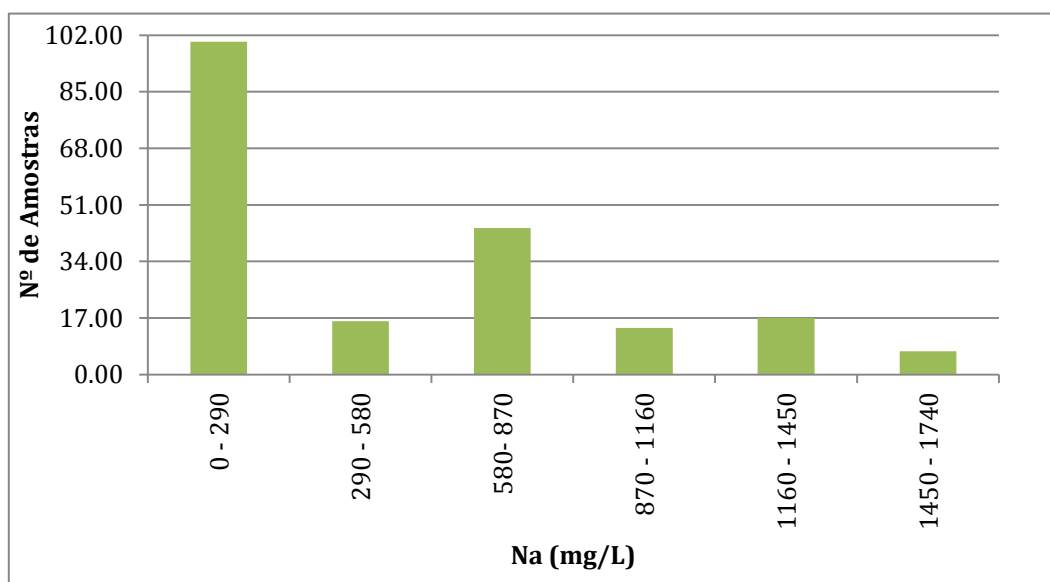


Figura 5.20 | Histograma relativo à distribuição dos valores de sódio dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

5.1.2.3.2 | Potássio

O potássio é o elemento menos representativo nos furos e poços estudados na ilha do Pico (Tabela 5.2). Apresenta o valor máximo no poço de maré PM_Porto Calhau (74,2 mg/L) e o mínimo no furo F_Ribeiras (SRP) (1,3 mg/L), e uma média global igual a 24,2 mg/L. Quando se analisam os resultados referentes só aos furos podemos verificar que os valores médios de todas as amostragens (11,1 mg/L) se enquadram no intervalo correspondente à classe modal (0-12,5 mg/L) (Fig. 5.21).

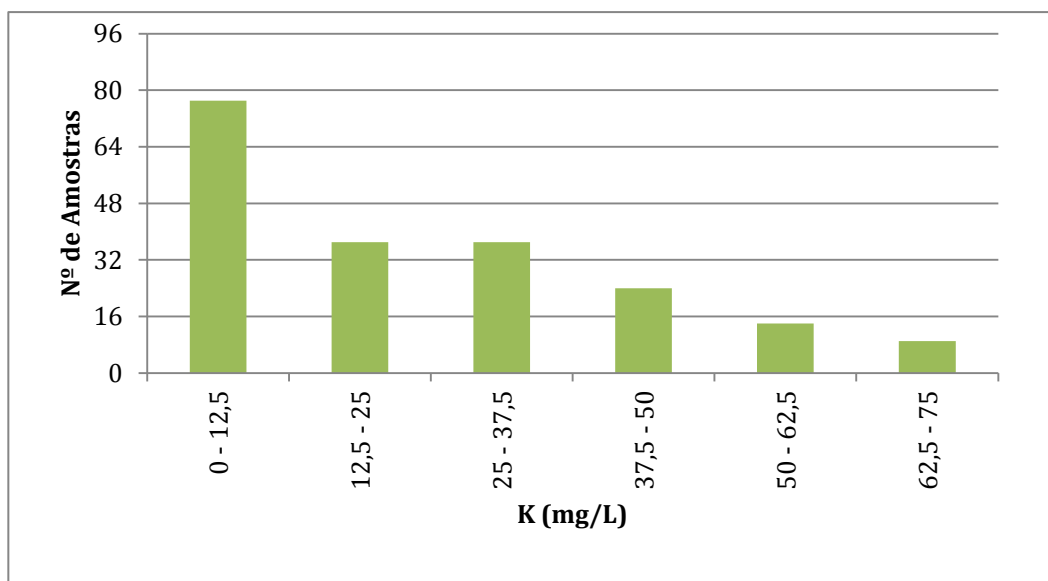


Figura 5.21 | Histograma relativo à distribuição dos valores de potássio dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

5.1.2.3.3 | Magnésio

Depois do sódio, o magnésio é o catião mais representativo, com o valor máximo encontrado no poço de maré PM_Porto Calhau (194,0 mg/L) e o mínimo no furo F_ITC7 (Mad) (4,3 mg/L) (Tabela 5.2). Relativamente ao conjunto de pontos estudados, os mesmos apresentam um valor médio de magnésio de 67,7 mg/L, incluindo os poços de maré, e 31,6 mg/L excluindo-os. Este último valor enquadra-se na classe modal, que corresponde ao intervalo (0- 40 mg/L), que por sua vez é o mais representativo (Fig. 5.22).

5.1.2.3.4 | Cálcio

A par do potássio, o cálcio é dos catiões menos representativos, embora com valores de concentração superiores aos do potássio. As estatísticas referentes aos resultados analíticos do cálcio estão presentes na Tabela 5.2, mostrando um valor máximo de 120,2 mg/L, e um mínimo de 2,92 mg/L, respetivamente no poço de maré PM_Gingal e no furo F_ITC7 (Mad).

O valor médio é de 19,3 mg/L considerando unicamente o conjunto de furos de captação, valor este inserido no intervalo de valores a que corresponde um maior

número de amostras (Fig. 5.23), para os poços de maré o valor médio aumenta (54,1 mg/L) para a globalidade dos pontos de água estudados a média é de 34,4 mg/L.

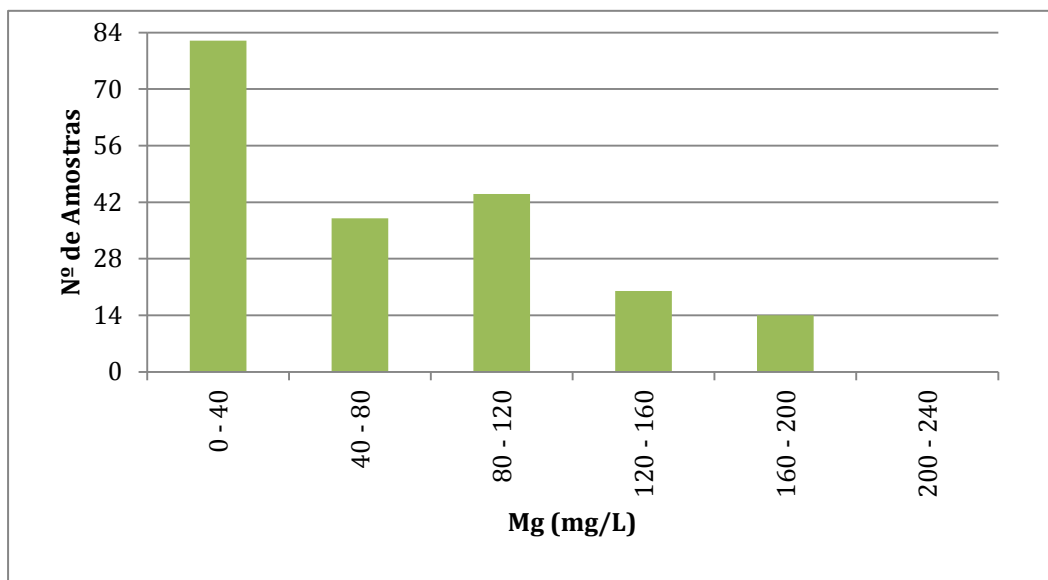


Figura 5.22 | Histograma relativo à distribuição dos valores de magnésio dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

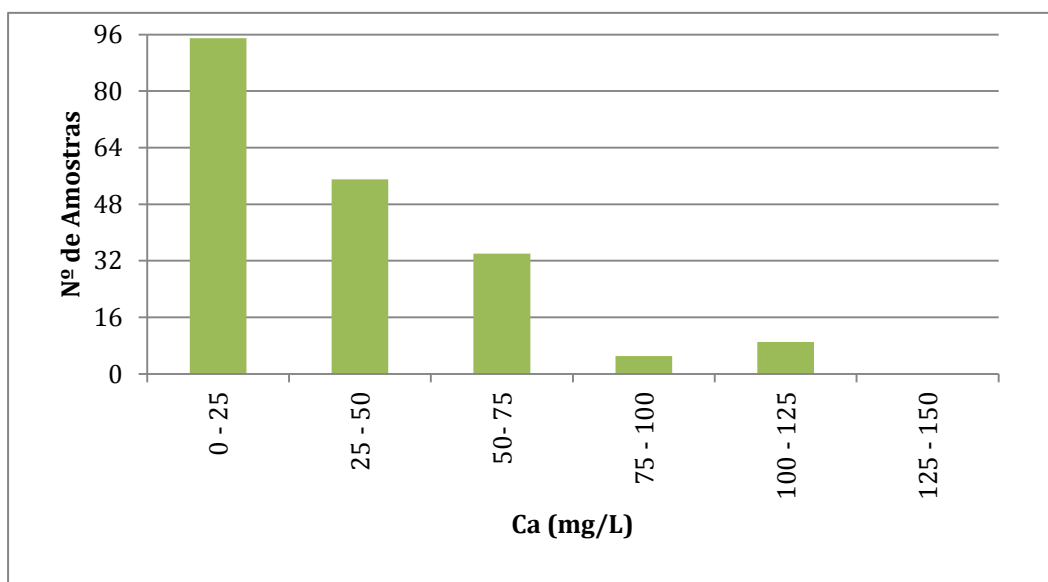


Figura 5.23 | Histograma relativo à distribuição dos valores de cálcio dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

5.1.2.4 | Elementos maiores: aniões

5.1.2.4.1 | Bicarbonato

O valor médio global é igual a 172,6 mg/L, variando entre um mínimo de 34,8 mg/L (furo F_JK2 (LP)) e um máximo de 549,6 mg/L (furo F_ITC2 (Mad)).

A Figura 5.24 mostra o intervalo de valores mais representativo, (100-200 mg/L) que engloba a média global de todos os pontos amostrados, a média dos furos (157,0 mg/L) e dos poços de maré (192,8 mg/L).

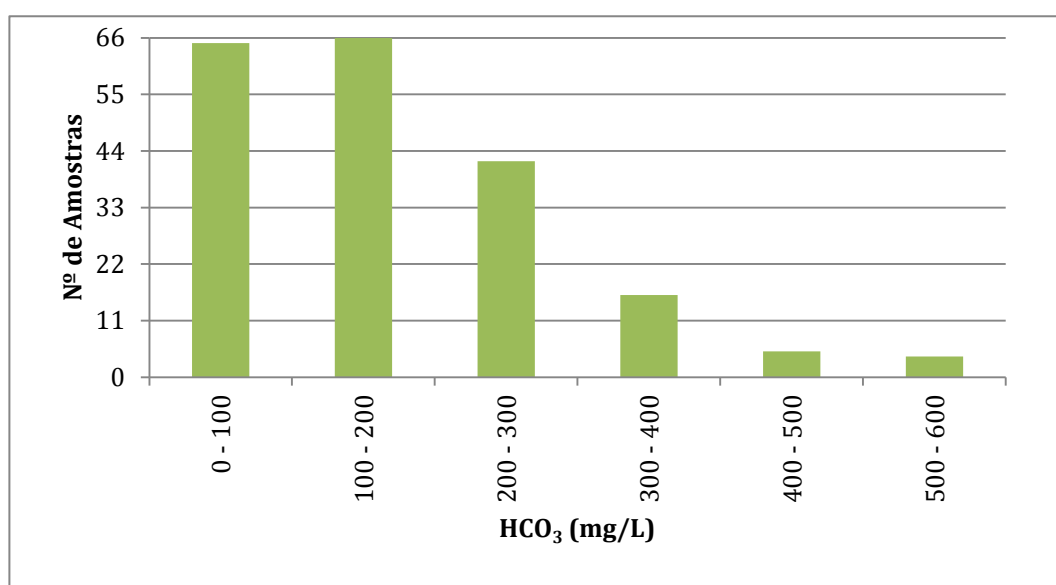


Figura 5.24 | Histograma relativo à distribuição dos valores de bicarbonato dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

5.1.2.4.2 | Cloreto

O cloreto é o anião dominante em todos os pontos de água analisados (Tabela 5.2). Nos resultados apresentados na Tabela 5.2 identifica-se um valor máximo igual a 3344,1 mg/L, no poço de maré PM_Cabrito, em dezembro e o valor mínimo de 17,5 mg/L, registado no mês de fevereiro no furo F_JK1 (LP). Os valores médios dos furos (307,6 mg/L) enquadram-se na classe modal dominante representada na Figura 5.25, que corresponde ao intervalo 0-560 mg/L.

No que concerne à média dos valores de cloreto nos poços de maré, esta é muito superior (1690,2 mg/L), influenciada pelos elevados teores deste elemento na

maioria dos poços, o qual também interfere na média global de todos os pontos de amostragem (908,1 mg/L).

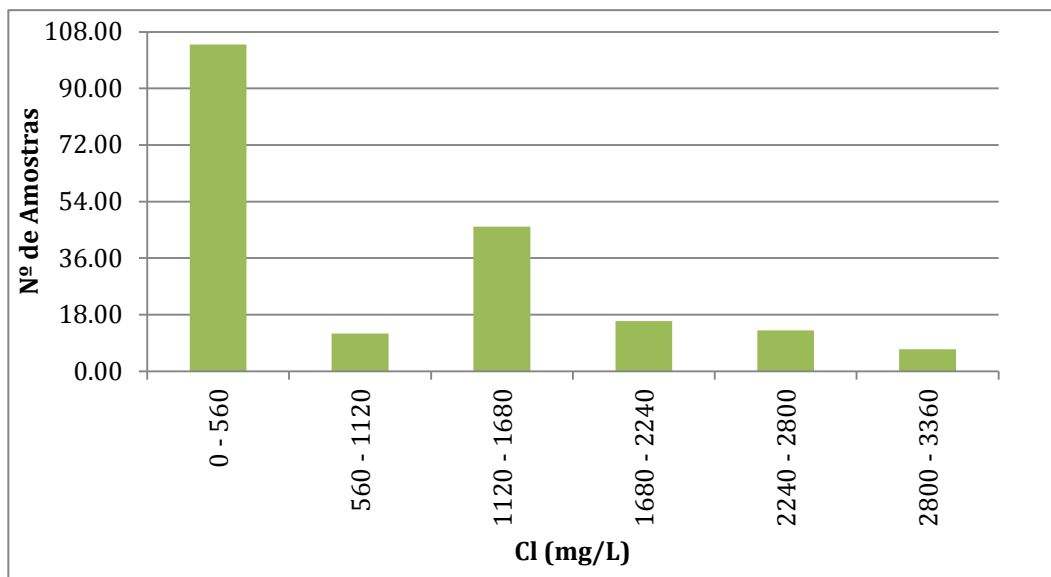


Figura 5.25 | Histograma relativo à distribuição dos valores de cloreto dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

5.1.2.4.3 | Sulfato

Depois do bicarbonato e do cloreto, o sulfato é o anião mais representativo nas águas estudadas, observando-se o valor máximo no poço de maré PM_Porto Calhau (423,0 mg/L) e o mínimo no furo F_Ribeiras (SRP) (3,23 mg/L;) (Tabela 5.2).

Quando se realiza uma análise somente dos furos podemos verificar que os valores médios de todas as amostragens, é igual a 41,1 mg/L, enquadrando-se na classe modal (0-75 mg/L) (Fig. 5.26). Contudo, se considerarmos o conjunto dos poços de maré o valor médio é muito superior, igual a 209,3 mg/L situando-se em outra classe representativa (175-225 mg/L).

5.1.2.5 | Outros constituintes

5.1.2.5.1 | Sílica

Tal como se pode observar na Tabela 5.2, a sílica nas águas dos furos e dos poços da ilha do Pico apresenta um máximo de 64,2 mg/L e um mínimo de 17,1 mg/L,

registados nos poços PM_Silveira e do PM_Gingal respetivamente. Não é observada grande variação nos valores médios nos furos (37,4 mg/L) e nos poços de maré (37,5 mg/L), com uma média global de todos os pontos igual a 37,4 mg/L, todos enquadrados na classe modal dominante observada na Figura 5.27 (33-44 mg/L).

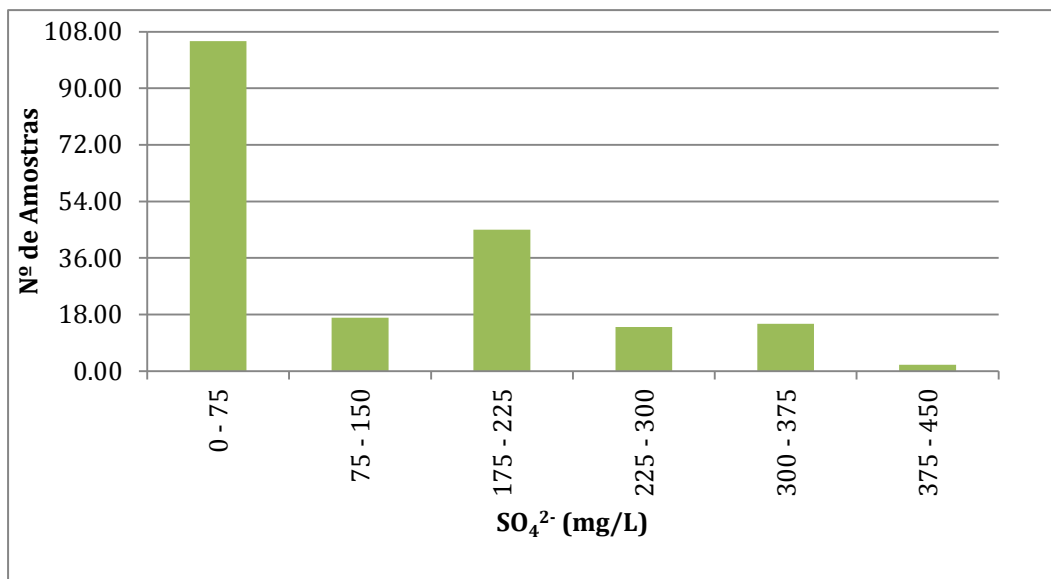


Figura 5.26 | Histograma relativo à distribuição dos valores de sulfato dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

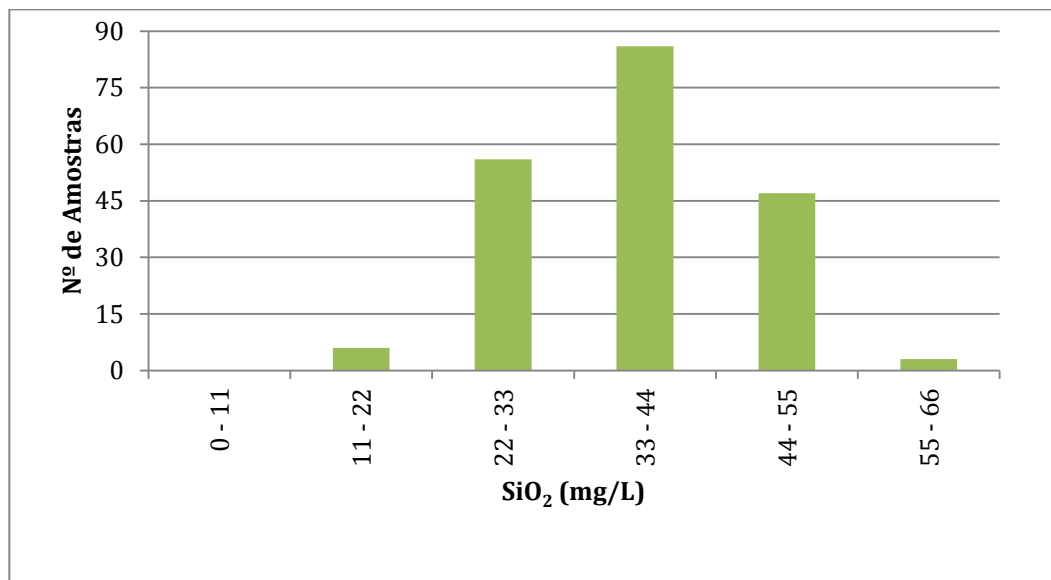


Figura 5.27 | Histograma relativo à distribuição dos valores de sílica dos furos e poços de maré na ilha do Pico.

Tabela 5.2 | Resultados estatísticos dos pontos de amostragem referentes à ilha do Pico (n.d. - não determinado).

Ref	Nome	Estatística	T °C	pH	Cond. $\mu\text{S/cm}$	CO ₂ mg/L	HCO ₃ mg/L	Cl mg/L	SO ₄ mg/L	F mg/L	NO ₃ mg/L	Na mg/L	Mg mg/L	K mg/L	Ca mg/L	SiO ₂ mg/L
PIC_1	F_JK1 (SRP)	Mínimo	13.50	6.57	996.00	21.10	181.78	160.41	19.42	n.d.	0.49	127.28	25.93	11.88	18.20	47.51
		Máximo	15.40	7.12	1075.00	35.60	218.38	217.26	27.86	n.d.	1.53	154.18	27.23	13.39	28.35	58.45
		Média	14.42	6.80	1036.67	27.10	202.00	194.65	23.94	n.d.	1.09	145.74	26.54	12.56	21.12	50.14
		Mediana	14.40	6.77	1031.50	26.10	205.86	203.95	24.08	n.d.	1.26	147.99	26.49	12.50	18.71	48.33
PIC_2	F_JK2 (SRP)	Mínimo	13.90	6.15	838.00	6.70	129.30	145.95	18.34	0.92	0.97	98.20	17.45	8.66	11.99	40.54
		Máximo	16.50	7.43	905.00	14.10	172.60	200.22	25.94	0.92	0.97	128.94	19.73	9.97	18.41	53.15
		Média	15.32	6.77	875.83	9.17	144.36	176.65	23.07	0.92	0.97	117.26	17.96	9.41	14.50	42.91
		Mediana	15.50	6.70	870.00	8.15	140.61	183.24	24.31	0.92	0.97	124.55	17.63	9.59	13.27	40.95
PIC_3	F_Ribeiras (SRP)	Mínimo	15.60	7.08	140.00	1.60	43.90	20.26	3.23	n.d.	0.80	12.91	4.31	1.30	8.24	28.64
		Máximo	17.10	7.99	337.00	5.90	51.85	69.09	8.65	n.d.	15.74	37.62	7.17	2.65	14.12	37.86
		Média	16.38	7.47	240.67	3.52	48.19	45.61	5.69	n.d.	5.28	23.62	5.74	1.74	10.93	30.99
		Mediana	16.30	7.42	246.50	3.40	48.50	44.30	5.70	n.d.	3.19	23.13	5.82	1.67	10.70	29.85
PIC_4	F_Rossas (SRP)	Mínimo	15.10	6.33	430.00	2.40	41.48	82.77	10.00	n.d.	n.d.	20.24	5.74	2.40	4.27	23.33
		Máximo	15.80	7.37	526.00	7.60	48.80	128.51	14.80	n.d.	n.d.	62.28	7.13	3.62	9.00	35.65
		Média	15.38	6.94	473.00	4.27	45.45	101.24	12.41	n.d.	n.d.	51.13	6.32	3.28	6.34	26.59
		Mediana	15.35	7.04	462.00	3.75	45.45	99.22	12.09	n.d.	n.d.	58.67	6.24	3.41	6.08	24.86
PIC_5	F_JM (LP)	Mínimo	14.90	6.53	2100.00	11.70	358.68	434.77	60.52	n.d.	9.70	188.74	65.54	13.94	33.04	41.91
		Máximo	16.40	7.47	2300.00	14.50	426.39	539.60	71.41	n.d.	9.70	263.49	107.65	20.31	53.41	47.33
		Média	15.70	7.01	2192.00	13.24	396.86	472.24	64.76	n.d.	9.70	236.03	88.45	16.09	44.80	44.03
		Mediana	15.60	7.16	2190.00	13.90	389.18	453.61	62.31	n.d.	9.70	260.14	93.10	15.86	43.10	43.45
PIC_6	F_JR (LP)	Mínimo	15.30	5.93	926.00	4.80	103.09	176.49	24.42	n.d.	1.50	93.65	26.60	7.55	11.73	33.77
		Máximo	17.20	7.44	1058.00	9.60	129.32	287.55	36.13	n.d.	3.27	134.55	40.45	9.09	19.66	39.15
		Média	16.18	6.96	998.67	6.38	119.16	226.50	30.88	n.d.	2.49	116.14	30.45	8.26	14.28	36.32

		Mediana	16.20	7.16	994.00	5.50	120.50	227.88	31.05	n.d.	2.59	118.96	29.00	8.24	12.93	36.27
PIC_7	F_JK4 (LP)	Mínimo	16.20	5.89	2040.00	2.70	76.86	461.48	60.62	n.d.	1.50	209.74	41.37	13.27	22.11	29.43
		Máximo	17.60	7.53	2130.00	6.90	154.90	631.90	84.03	n.d.	4.36	313.54	51.92	16.53	26.75	45.29
		Média	16.92	6.83	2093.33	4.62	100.85	538.01	66.68	n.d.	2.93	271.90	45.00	15.07	23.69	33.51
		Mediana	16.70	6.96	2100.00	3.90	94.86	545.06	62.62	n.d.	2.93	290.10	43.83	15.35	23.24	30.10
PIC_8	F_JK3 (LP)	Mínimo	15.50	5.99	589.00	23.30	92.11	101.47	13.64	0.39	1.52	48.49	20.40	5.38	20.93	33.80
		Máximo	16.60	6.33	6390.00	47.60	123.22	165.79	23.20	0.39	1.52	82.33	27.74	6.93	45.22	46.86
		Média	16.03	6.16	1614.17	35.35	108.58	129.98	17.82	0.39	1.52	61.56	22.87	5.99	32.15	37.60
		Mediana	16.05	6.16	651.50	33.75	107.97	132.77	17.53	0.39	1.52	60.98	22.17	5.90	34.21	35.64
PIC_9	F_JK2 (LP)	Mínimo	14.80	6.15	1008.00	1.20	34.77	231.30	31.16	0.62	0.68	101.81	19.04	7.12	12.55	22.59
		Máximo	15.80	7.40	1091.00	10.80	51.24	286.84	37.94	0.62	0.68	187.28	20.63	8.17	17.92	27.52
		Média	15.15	6.62	1060.83	5.27	40.46	260.59	34.36	0.62	0.68	147.70	19.94	7.73	15.04	24.80
		Mediana	15.10	6.61	1067.50	4.65	39.04	265.76	33.84	0.62	0.68	151.98	20.09	7.71	14.58	24.63
PIC_10	F_JK1 (LP)	Mínimo	14.00	6.05	167.00	2.60	65.88	17.48	3.89	0.43	0.59	15.54	5.69	2.32	3.13	20.39
		Máximo	14.50	7.83	196.00	15.50	87.84	30.81	5.28	0.59	2.12	28.05	6.99	3.90	4.50	32.18
		Média	14.25	6.70	186.00	6.93	74.72	21.76	4.53	0.50	1.17	21.79	6.42	3.45	3.80	23.86
		Mediana	14.30	6.47	188.50	5.25	73.20	20.38	4.42	0.48	0.89	22.71	6.45	3.75	3.70	22.30
PIC_11	F_Miragaia (Mad)	Mínimo	13.00	6.14	422.00	23.60	189.70	26.51	4.78	0.50	0.20	37.29	16.42	8.05	13.36	51.05
		Máximo	14.70	6.83	440.00	41.60	218.99	37.01	6.77	0.96	0.87	50.31	19.09	20.94	17.75	55.48
		Média	13.52	6.42	428.00	31.95	205.47	32.56	5.91	0.71	0.44	45.41	17.86	10.71	14.85	52.58
		Mediana	13.25	6.42	427.00	30.40	203.74	33.34	6.07	0.69	0.26	48.66	17.98	8.46	13.82	52.36
PIC_12	F_JK1 (Mad)	Mínimo	13.60	6.09	1566.00	7.20	175.68	343.80	43.21	n.d.	14.41	154.78	30.83	12.83	13.73	44.01
		Máximo	14.80	7.36	1620.00	19.80	244.61	356.82	51.87	n.d.	14.41	246.01	41.33	15.53	21.18	49.93
		Média	14.07	6.95	1588.83	13.88	222.05	351.78	45.94	n.d.	14.41	210.72	38.71	14.32	16.12	46.86
		Mediana	13.80	7.02	1584.00	14.05	228.14	353.63	44.56	n.d.	14.41	232.63	39.79	14.49	15.16	46.80
PIC_13	F_AC1 (Mad)	Mínimo	13.70	6.38	896.00	3.40	146.40	155.78	22.14	0.88	0.73	105.29	21.41	9.19	7.73	35.97
		Máximo	14.60	7.56	1103.00	12.70	182.39	255.60	32.28	0.95	1.19	155.47	33.37	12.07	13.86	43.11

		Média	14.08	6.96	990.33	7.88	168.46	198.11	27.60	0.92	1.01	135.28	24.20	9.84	9.43	38.37
		Mediana	14.00	6.97	974.00	7.20	171.41	196.38	29.09	0.92	1.12	140.89	22.23	9.32	8.15	37.63
PIC_14	F_ITC2 (Mad)	Mínimo	16.50	6.69	1892.00	10.60	459.33	358.19	56.84	n.d.	0.51	272.03	45.71	18.40	14.40	35.79
		Máximo	17.20	7.85	3010.00	28.00	549.61	707.16	77.33	n.d.	2.74	370.48	66.40	24.48	21.60	47.30
		Média	16.78	7.35	2225.33	19.18	512.90	459.05	65.70	n.d.	2.12	316.76	52.67	20.33	17.21	39.19
		Mediana	16.70	7.27	2135.00	19.80	524.60	424.31	64.56	n.d.	2.61	320.37	52.10	19.85	15.60	37.11
PIC_15	F_ITC7 (Mad)	Mínimo	13.60	6.87	199.00	2.80	61.00	34.60	4.64	0.37	1.49	28.37	4.29	3.46	2.92	33.71
		Máximo	15.10	8.63	2810.00	8.40	143.96	162.88	8.55	1.08	21.22	158.34	4.91	4.79	5.31	46.11
		Média	14.42	7.80	765.83	6.04	90.18	76.33	6.69	0.75	7.96	67.26	4.67	4.14	3.72	37.00
		Mediana	14.40	7.79	439.50	7.30	77.17	63.27	6.74	0.84	2.97	49.28	4.74	4.09	3.05	35.38
PIC_16	F_ITC5 (Mad)	Mínimo	14.60	6.47	541.00	5.40	120.78	86.63	31.84	0.16	1.11	58.10	19.45	5.24	11.14	31.46
		Máximo	15.00	7.49	6000.00	15.20	134.80	123.54	36.89	1.03	4.89	66.82	30.54	6.00	17.44	44.75
		Média	14.72	6.89	1506.17	11.90	126.47	104.02	34.02	0.57	2.44	62.22	22.22	5.64	13.87	34.79
		Mediana	14.60	6.86	624.50	13.30	125.05	104.01	33.32	0.61	2.00	61.93	21.07	5.64	12.60	32.92
PIC_17	F_BSH1 (Mad)	Mínimo	14.00	6.43	934.00	5.10	117.10	163.42	45.55	0.73	0.84	90.84	27.63	7.27	17.90	33.97
		Máximo	15.30	7.56	1102.00	11.80	132.98	242.82	54.99	0.77	12.82	126.80	42.49	8.83	29.69	48.19
		Média	14.85	6.99	1002.50	8.57	123.52	203.30	50.45	0.75	4.10	110.15	31.96	7.83	21.59	38.44
		Mediana	15.05	7.00	996.50	9.45	122.61	202.33	50.54	0.75	1.36	112.08	29.97	7.79	19.40	36.51
PIC_18	F_BSH2 SM (Mad)	Mínimo	14.60	6.44	5260.00	1.40	56.73	1593.87	178.34	n.d.	n.d.	753.15	86.35	34.28	46.80	25.53
		Máximo	15.50	7.99	5890.00	5.40	78.69	1852.72	207.48	n.d.	n.d.	1014.40	127.80	43.30	82.35	39.64
		Média	15.13	7.12	5625.00	4.02	67.91	1722.28	190.56	n.d.	n.d.	891.16	106.77	39.60	64.74	32.37
		Mediana	15.25	7.18	5650.00	4.30	67.71	1711.69	188.31	n.d.	n.d.	907.08	107.24	40.04	60.57	32.29
PIC_19	F_BSH2 CB (Mad)	Mínimo	13.70	6.39	2225.00	6.80	221.43	555.64	74.52	n.d.	n.d.	265.38	34.68	13.88	17.35	39.61
		Máximo	15.10	7.69	2500.00	11.80	257.42	674.50	82.96	n.d.	n.d.	403.08	64.94	22.03	30.78	45.89
		Média	14.34	7.11	2339.00	8.66	240.08	606.18	79.47	n.d.	n.d.	352.06	42.95	16.88	22.97	41.38
		Mediana	14.10	7.19	2360.00	7.90	240.32	597.61	79.31	n.d.	n.d.	353.61	38.08	15.88	20.28	40.09
PIC_20	PM_Arcos	Mínimo	14.40	6.32	4440.00	2.10	65.88	1218.58	157.40	n.d.	n.d.	623.28	73.75	30.85	35.03	24.16
		Máximo	17.30	7.81	5420.00	5.20	163.48	1615.25	212.86	n.d.	n.d.	786.18	100.98	49.60	59.83	29.14

		Média	15.93	7.08	4928.33	4.10	87.43	1445.05	176.12	n.d.	n.d.	712.19	85.82	37.14	44.56	27.77
		Mediana	16.10	7.12	5010.00	4.60	70.45	1470.58	170.99	n.d.	n.d.	701.28	83.08	34.97	38.26	28.42
PIC_21	PM_Lajido	Mínimo	14.30	6.27	3760.00	8.50	133.60	1038.37	130.46	n.d.	n.d.	535.70	61.50	26.08	32.94	37.69
		Máximo	16.80	7.25	4370.00	13.30	168.36	1281.55	157.70	n.d.	n.d.	695.90	91.16	36.26	56.54	46.03
		Média	15.48	6.75	4073.33	9.97	151.49	1160.72	144.38	n.d.	n.d.	605.95	77.62	32.38	43.32	40.88
		Mediana	15.45	6.71	4165.00	9.20	150.98	1164.35	143.02	n.d.	n.d.	610.81	78.05	33.06	38.89	40.75
PIC_22	PM_Cachorro	Mínimo	13.50	6.74	4120.00	9.70	201.90	1159.94	154.96	n.d.	n.d.	595.13	75.83	29.60	34.70	45.96
		Máximo	17.60	7.17	4890.00	15.30	248.30	1434.20	191.42	n.d.	n.d.	743.23	111.63	36.75	58.88	53.00
		Média	14.95	6.90	4611.67	12.33	222.44	1316.71	172.81	n.d.	n.d.	686.56	93.97	33.64	44.72	48.78
		Mediana	14.70	6.87	4625.00	12.00	221.11	1312.01	171.71	n.d.	n.d.	700.46	95.83	33.85	39.52	48.27
PIC_23	PM_Mourato	Mínimo	13.80	6.42	6680.00	11.60	258.54	2162.93	113.35	n.d.	n.d.	1103.05	143.15	51.95	48.55	42.23
		Máximo	15.80	7.18	8690.00	19.80	274.50	2712.28	363.41	n.d.	n.d.	1410.55	188.35	72.55	114.90	50.44
		Média	14.62	6.87	8086.67	15.85	266.45	2484.16	277.77	n.d.	n.d.	1284.34	164.67	61.52	78.08	47.37
		Mediana	14.50	6.93	8305.00	15.20	265.66	2542.16	313.14	n.d.	n.d.	1336.35	164.53	60.68	67.95	47.75
PIC_24	PM_Aço	Mínimo	15.70	6.88	4680.00	6.90	222.04	1146.62	154.61	n.d.	n.d.	619.45	91.38	32.95	27.98	36.22
		Máximo	17.00	7.67	4880.00	11.40	445.30	1405.72	187.55	n.d.	n.d.	764.40	127.60	42.45	44.45	43.96
		Média	16.30	7.35	4788.33	9.30	371.80	1295.15	173.19	n.d.	n.d.	710.66	108.24	37.38	34.42	42.40
		Mediana	16.15	7.52	4800.00	9.70	392.84	1316.70	175.64	n.d.	n.d.	731.84	107.08	37.07	30.81	43.75
PIC_25	PM_Ana Clara	Mínimo	14.30	6.62	373.00	4.90	182.39	1009.55	136.03	n.d.	n.d.	430.54	74.94	20.54	34.90	42.83
		Máximo	16.20	7.56	4420.00	10.80	218.99	1275.09	175.43	n.d.	n.d.	697.00	126.04	38.54	58.72	52.10
		Média	15.13	7.16	3287.17	6.95	199.37	1107.64	155.39	n.d.	n.d.	553.46	104.22	32.67	43.72	45.33
		Mediana	15.25	7.22	3715.00	6.80	199.17	1086.48	150.27	n.d.	n.d.	564.36	105.03	36.02	39.82	44.15
PIC_26	PM_Guindaste	Mínimo	13.60	6.45	4330.00	1.90	53.68	1233.80	157.23	n.d.	n.d.	672.63	79.50	28.08	29.95	32.20
		Máximo	15.80	7.55	5680.00	9.20	67.71	1728.85	239.19	n.d.	n.d.	801.50	103.80	43.15	67.28	44.74
		Média	14.42	6.94	5061.67	6.43	61.10	1481.34	188.27	n.d.	n.d.	747.61	90.09	35.97	44.70	37.69
		Mediana	14.25	6.91	5160.00	7.85	62.22	1503.93	180.81	n.d.	n.d.	761.76	90.38	36.33	37.57	37.26
PIC_27	PM_Silveira	Mínimo	13.90	5.76	1688.00	7.09	287.92	324.48	42.09	n.d.	n.d.	193.19	42.27	17.25	21.59	50.55
		Máximo	16.50	6.43	1806.00	87.30	330.60	440.20	58.11	n.d.	n.d.	279.70	65.89	26.08	32.75	64.18

		Média	15.72	6.20	1758.40	55.92	301.21	381.14	49.14	n.d.	n.d.	237.25	55.22	20.16	25.66	54.81
		Mediana	16.00	6.23	1784.00	65.00	295.85	387.95	46.43	n.d.	n.d.	243.67	59.39	19.03	22.11	52.97
PIC_28	PM_Furna	Mínimo	14.20	6.24	6890.00	8.00	56.12	1926.89	255.67	n.d.	n.d.	1052.65	117.65	46.50	54.10	20.92
		Máximo	17.00	6.89	8400.00	11.10	67.70	2580.85	364.38	n.d.	n.d.	1228.85	149.80	58.85	109.10	35.14
		Média	15.90	6.51	7522.00	9.32	63.80	2288.58	304.12	n.d.	n.d.	1145.92	131.10	51.47	74.35	26.24
		Mediana	16.40	6.43	7380.00	9.10	65.88	2416.01	296.58	n.d.	n.d.	1160.10	128.45	50.45	58.35	25.01
PIC_29	PM_Gingal	Mínimo	14.90	6.47	7520.00	1.30	66.49	2389.55	305.29	n.d.	n.d.	1339.15	146.20	56.00	68.90	17.10
		Máximo	18.10	7.76	10130.00	4.30	78.08	3163.05	383.28	n.d.	n.d.	1535.15	184.00	68.75	120.20	24.80
		Média	16.14	7.10	8876.00	3.08	71.00	2786.18	341.59	n.d.	n.d.	1436.49	161.38	60.31	89.56	22.16
		Mediana	15.90	7.09	8830.00	3.40	70.76	2869.90	336.09	n.d.	n.d.	1462.60	162.60	57.55	73.05	24.19
PIC_30	PM_Cabrito	Mínimo	15.00	6.48	7670.00	1.20	59.78	2080.02	270.17	n.d.	n.d.	1166.20	134.95	5.24	59.90	19.87
		Máximo	18.10	8.02	10500.00	6.10	79.30	3344.10	330.94	n.d.	n.d.	1469.55	180.15	73.75	114.50	28.89
		Média	17.02	7.14	8596.00	3.84	72.83	2511.77	302.32	n.d.	n.d.	1312.66	159.28	27.55	80.83	23.19
		Mediana	17.60	7.24	8530.00	4.00	75.03	2341.75	297.84	n.d.	n.d.	1315.95	162.75	6.28	64.15	22.11
PIC_31	PM_Frades	Mínimo	13.60	6.74	6250.00	2.20	148.84	1906.38	150.81	n.d.	n.d.	838.00	105.10	38.25	38.30	33.19
		Máximo	16.70	8.01	6930.00	5.50	214.72	2059.00	306.68	n.d.	n.d.	1164.90	162.00	69.45	76.45	42.68
		Média	15.62	7.16	6704.00	3.88	182.02	1984.28	237.19	n.d.	n.d.	1055.62	138.05	53.71	52.35	36.44
		Mediana	16.50	7.04	6800.00	4.50	183.00	1988.30	248.00	n.d.	n.d.	1056.10	139.10	53.40	44.50	35.42
PIC_32	PM_João Lima	Mínimo	15.20	7.17	4300.00	3.30	274.50	1125.14	119.11	n.d.	n.d.	600.63	69.95	29.48	36.50	28.01
		Máximo	17.10	7.72	5750.00	9.40	355.63	1675.60	248.03	n.d.	n.d.	912.68	115.93	43.45	63.48	35.31
		Média	16.24	7.45	5198.00	5.78	326.60	1421.14	173.70	n.d.	n.d.	793.38	102.85	37.22	44.71	32.97
		Mediana	16.50	7.41	5310.00	5.30	336.72	1486.68	170.59	n.d.	n.d.	827.60	112.15	36.88	39.90	33.80
PIC_33	PM_Café Concerto	Mínimo	15.00	6.91	4850.00	1.50	281.80	1249.95	142.17	n.d.	n.d.	683.00	84.55	30.30	37.65	29.08
		Máximo	17.20	8.17	5500.00	7.40	346.48	1551.35	193.93	n.d.	n.d.	844.23	112.73	42.98	58.60	40.10
		Média	15.98	7.51	5088.00	4.10	330.98	1385.28	170.97	n.d.	n.d.	778.93	103.28	36.77	46.17	32.50
		Mediana	16.00	7.30	5000.00	3.20	343.43	1341.51	175.22	n.d.	n.d.	837.10	104.58	37.65	40.18	29.17
PIC_34	PM_Madalena	Mínimo	14.40	6.29	567.00	4.80	166.50	1413.38	181.21	n.d.	n.d.	792.55	74.43	32.18	31.65	37.35
		Máximo	17.10	7.70	5870.00	9.80	179.34	1778.31	227.42	n.d.	n.d.	951.08	121.80	44.00	55.18	46.32

PIC_35	PM_Porto Calhau	Média	15.78	7.10	4573.40	6.46	174.45	1634.28	198.01	n.d.	n.d.	880.01	108.85	40.57	41.43	39.79
		Mediana	15.80	7.16	5570.00	5.60	174.46	1653.19	193.08	n.d.	n.d.	908.70	118.43	42.20	34.83	38.16
		Mínimo	15.00	4.49	8650.00	6.30	180.56	2382.78	252.64	n.d.	n.d.	1372.25	165.35	67.05	73.50	31.19
		Máximo	17.10	7.45	10620.00	10.90	214.72	3269.55	423.05	n.d.	n.d.	1698.65	194.05	74.15	113.65	40.58
		Média	16.38	6.63	9732.50	8.43	202.21	2912.99	346.54	n.d.	n.d.	1553.80	179.84	70.93	94.60	34.71
		Mediana	16.70	7.29	9830.00	8.25	206.78	2999.81	355.23	n.d.	n.d.	1572.15	179.98	71.25	95.63	33.54

5.1.2.6 | Fácies hidrogeoquímicas

Com o objetivo de caracterizar as fácies hidrogeoquímicas dominantes nas águas subterrâneas amostradas nos poços de maré e furos de captação da ilha do Pico recorreu-se ao diagrama de Piper.

Os furos apresentam predominantemente águas do tipo cloretada sódica, embora algumas captações apresentem fácies cloretada sódica magnesiânica. Por outro lado, os poços de maré do Pico apresentam todas as águas com fácies cloretada sódica (Fig. 5.28).

Os diagramas de Piper referentes a cada uma das amostragens realizadas na ilha do Pico mostra que a composição química relativa das amostras é sensivelmente constante ao longo do tempo (Anexo IV). Os diagramas de Schoeller revelam alguma homogeneidade composicional, distinguindo-se as amostras pela diferença de mineralização total, que obviamente se reflete nos conteúdos iónicos.

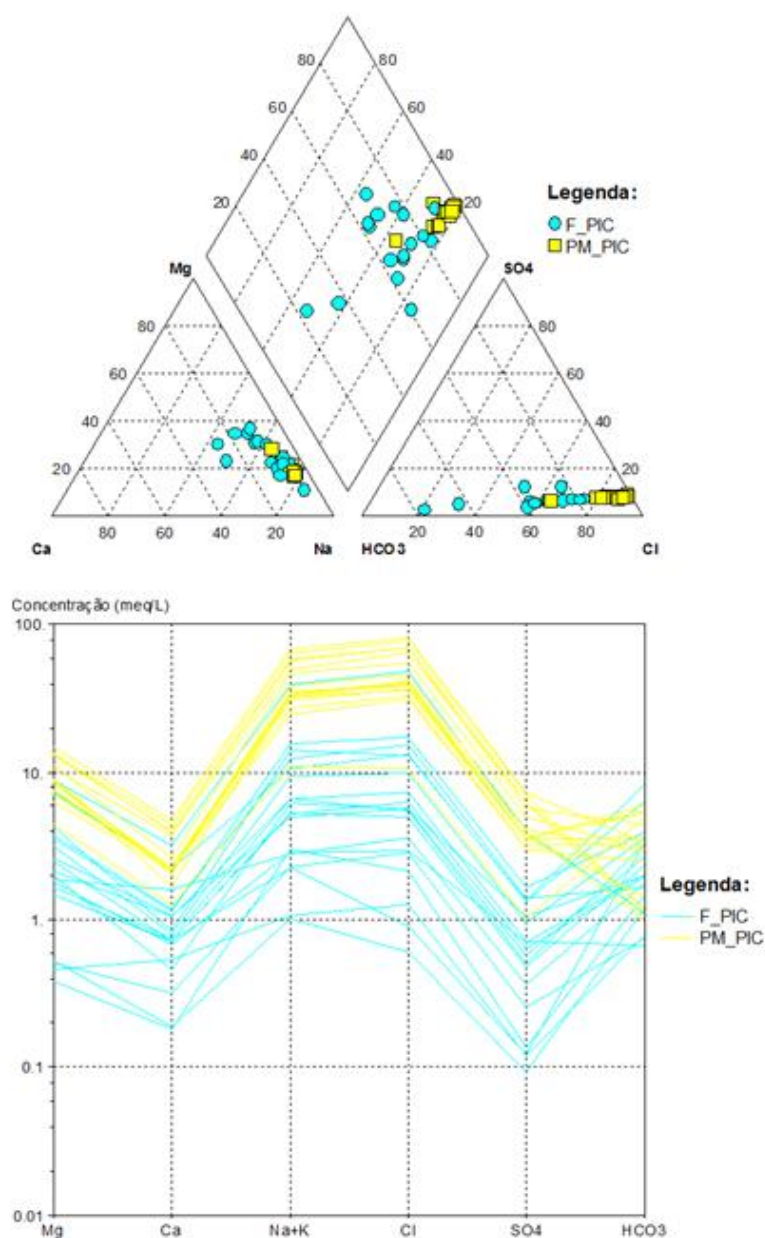


Figura 5.28 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha do Pico.

5.1.3 | Caracterização hidrogeoquímica de outras ilhas

5.1.3.1 | Parâmetros físicos

5.1.3.1.1 | Temperatura

Nas outras ilhas alvo de estudo (Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge), a temperatura mais baixa (14,3°C) registou-se na ilha de São Miguel (furo

F_Tecnovia), enquanto que a temperatura máxima detetada foi de 51,2°C na ilha de São Miguel (furo F_Vieira & Vieira) (Tabela 5.3).

A temperatura média da água na ilha de Santa Maria foi igual a 18,9°C, em São Miguel de 19,8°C, na ilha Terceira de 17,9°C, 16,3°C no Faial e em São Jorge foi de 18°C. A temperatura média foi de 18,4°C, e tal permite classificar as águas como frias.

Na Figura 5.29 pode verificar-se que a classe modal da temperatura corresponde ao intervalo entre 10°C e 20°C e engloba a temperatura média das águas estudadas (18,4°C) assim como as médias relativas a cada uma das ilhas.

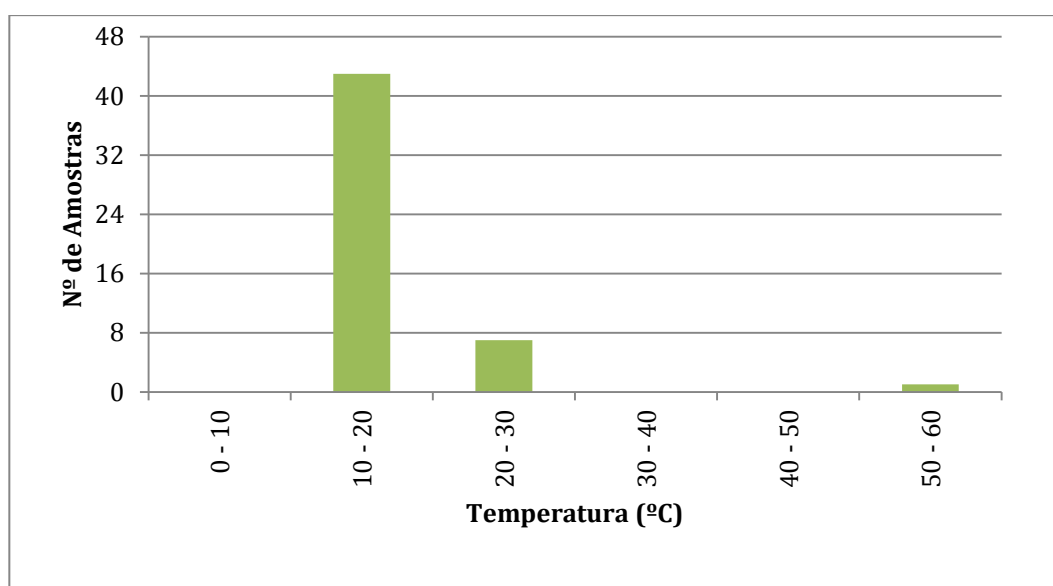


Figura 5.29 | Histograma relativo à distribuição dos valores da temperatura dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

5.1.3.1.2 | Condutividade elétrica

Os furos estudados têm valores de condutividade elétrica que variam entre 133 e 4710 $\mu\text{S/cm}$, o primeiro registado na ilha de São Miguel (furo F_JK3) e o segundo na ilha de Santa Maria (furo F_Hotel Praia de Lobos) (Tabela 5.3). O histograma respeitante aos valores de condutividade medidos permite verificar que a classe modal mais expressiva corresponde ao intervalo 0-800 $\mu\text{S/cm}$, que engloba o valor médio global de todos os furos destas ilhas (Fig. 5.30). Os valores médios de cada ilha são iguais a 943 $\mu\text{S/cm}$, 559 $\mu\text{S/cm}$, 505 $\mu\text{S/cm}$, 424 $\mu\text{S/cm}$ e 858 $\mu\text{S/cm}$, respectivamente em Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

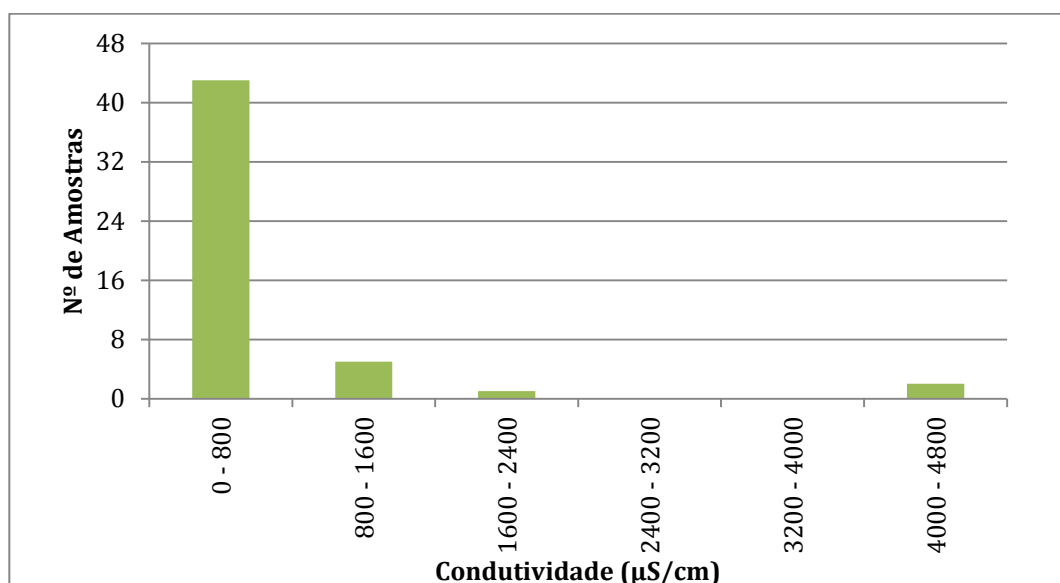


Figura 5.30 | Histograma relativo à distribuição dos valores da condutividade elétrica dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

5.1.3.2 | Parâmetros químicos

5.1.3.2.1 | pH

O valor máximo de pH registado em todas as ilhas foi de 8,3 unidades de pH, enquanto que o valor mínimo foi de 5,1 unidades de pH (Tabela 5.3), respetivamente registados em Santa Maria (furo F_Valverde) e em São Miguel (Furo F_Insulac). O valor médio de pH é igual a 6,8 unidades de pH, encontrando-se assim próximo da neutralidade. A classe modal corresponde ao intervalo de valores entre os 6,4 e 7,1 unidades de pH, gama esta que engloba os valores médios de cada ilha: Santa Maria - 6,84; São Miguel - 6,71; Terceira - 6,76; Faial - 7,12; São Jorge - 6,38 unidades de pH (Fig.5.31).

5.1.3.2.2 | Alcalinidade

O intervalo de valores mais representativo (0 a 120 mg/L CaCO_3) engloba o valor médio global nestas ilhas (88,8 mg/L CaCO_3). Ainda neste intervalo encontra-se os valores médios respeitantes às ilhas de Santa Maria (102,7 mg/L CaCO_3), São Miguel (101,4 mg/L CaCO_3), Terceira (60,0 mg/L CaCO_3) e Faial (65,5 mg/L CaCO_3). Na ilha de São Jorge o valor médio é mais elevado, igual a 245,5 mg/L CaCO_3 .

(Fig.5.32). Os valores de alcalinidade mínimos e máximos, variam respetivamente entre 19,0 mg/L CaCO_3 na ilha Terceira (furo F_Santana do Norte) e 684,0 mg/L CaCO_3 na ilha de São Miguel (furo F_Vieira & Vieira).

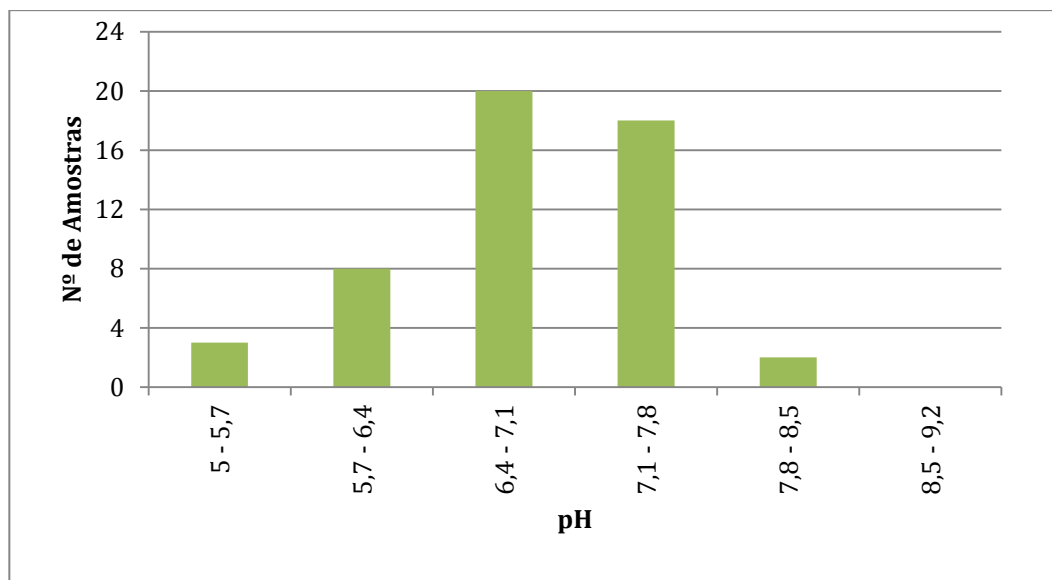


Figura 5.31 | Histograma relativo à distribuição dos valores de pH dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

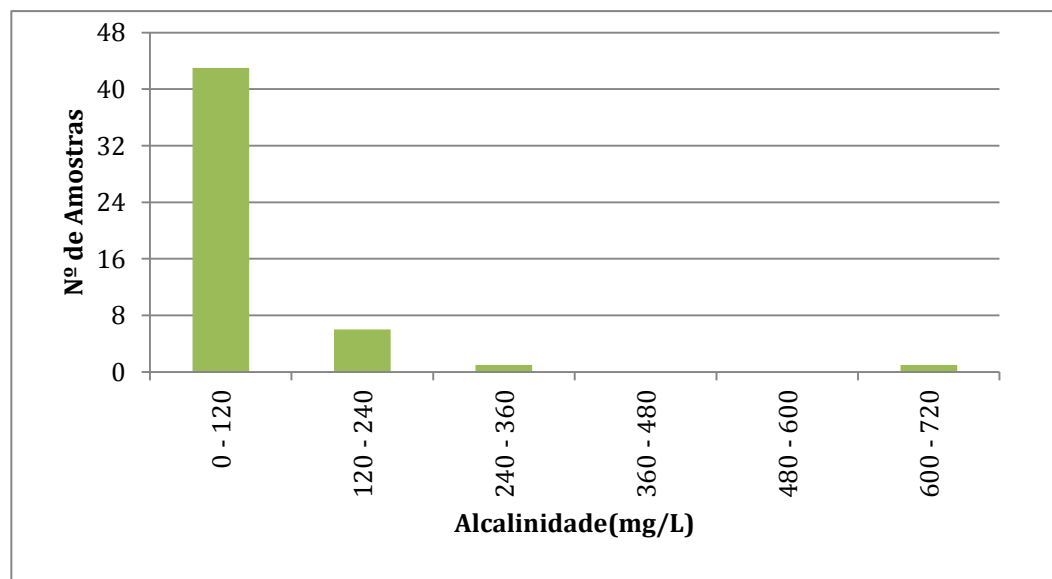


Figura 5.32 | Histograma relativo à distribuição dos valores de alcalinidade dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

5.1.3.2.3 | CO₂ livre

Com base na Tabela 5.3, verifica-se que as águas dos furos apresentam concentrações de CO₂ Livre que variam entre um mínimo de 2,4 mg/L na ilha do Faial (furo F_Fonte do Rego) e um máximo de 281,7 mg/L em São Jorge (furo F_Rib^a do Nabo). O valor médio destas águas é de 29,5 mg/L, e encontra-se compreendido na classe modal mais representativa (Fig. 5.33).

Os valores médios de CO₂ Livre são respetivamente iguais a 11,60 mg/L na ilha de Santa Maria, 51,27 mg/L em São Miguel, 14,58 mg/L na Terceira, 5,56 mg/L no Faial e 156,40 mg/L em São Jorge.

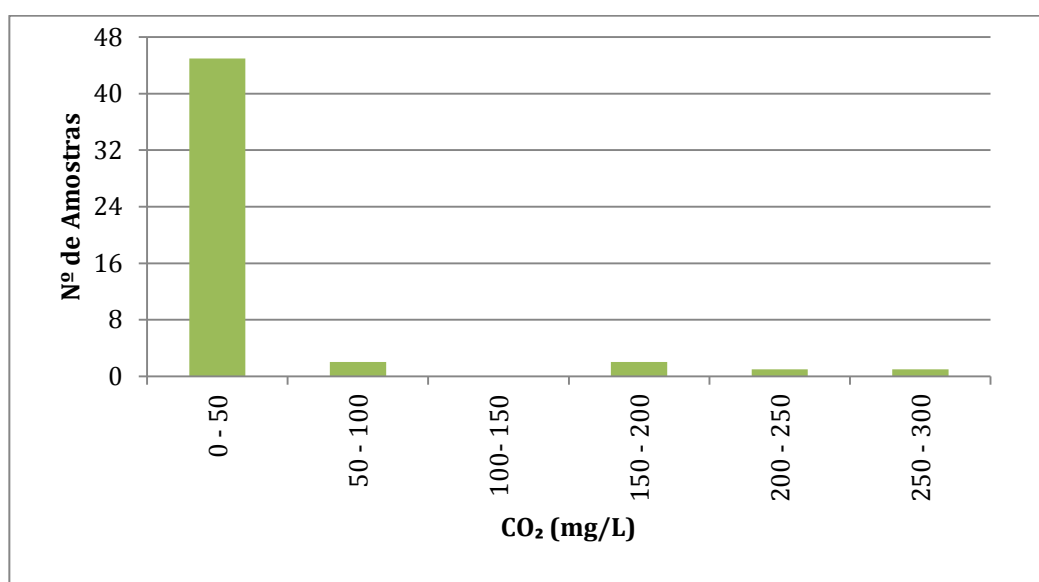


Figura 5.33 | Histograma relativo à distribuição dos valores de dióxido de carbono dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

5.1.3.3 | Elementos maiores - Catiões

5.1.3.3.1 | Sódio

Os valores mínimos e máximos de sódio registados em todas as amostragens foram de 10,9 mg/L e 555,3 mg/L e correspondem respetivamente a furos situados na ilha Terceira (furo F_Vinha Brava) e em São Miguel (furo F_Vieira & Vieira) (Tabela 5.3).

O histograma relativo às concentrações em sódio mostra que existe uma classe modal, que corresponde ao intervalo 0-100 mg/L e onde estão compreendidos

os valores médios de sódio das ilhas de Santa Maria (74,3 mg/L), São Miguel (63,4 mg/L), Terceira (47,1 mg/L) Faial (46,0 mg/L) e São Jorge (84,9 mg/L), bem como o valor médio de global destas ilhas (58,3 mg/L) (Fig. 5.34).

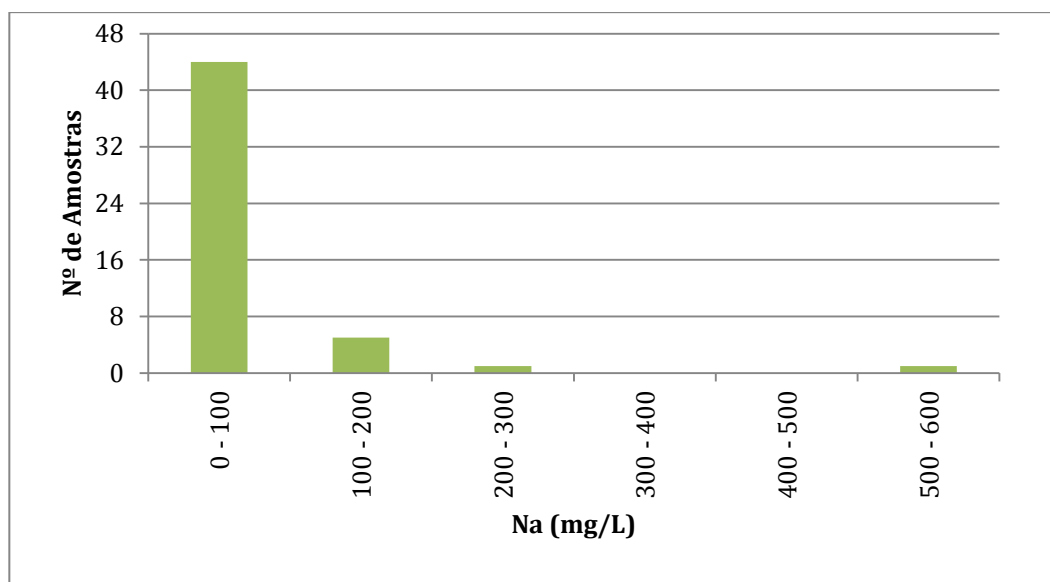


Figura 5.34 | Histograma relativo à distribuição dos valores de sódio dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

5.1.3.3.2 | Potássio

O potássio apresenta o valor máximo na ilha de São Miguel no furo f_Vieira & Vieira (71,3 mg/L) e o mínimo na ilha de Santa Maria no furo f_Santo António (1,7 mg/L) e uma média global igual a 8,0 mg/L (Tabela 5.3). Quando se analisam os resultados referentes a cada ilha, podemos verificar que todos os valores médios (Santa Maria - 4,69 mg/L; São Miguel - 12,92 mg/L; Terceira - 6,70 mg/L; Faial - 4,67 mg/L; São Jorge - 8,78 mg/L) se enquadram no intervalo correspondente à classe modal mais expressiva (0-13 mg/L) (Fig. 5.35).

5.1.3.3.3 | Magnésio

O valor mínimo e máximo do teor em magnésio nas águas dos furos são respetivamente iguais a 1,5 mg/L (ilha de São Miguel - furo F_JK3) e 200,2 mg/L (ilha de Santa Maria - furo F_Hotel Praia de Lobos) (Tabela 5.3).

A média global de todas as amostragens nos furos de captação de água é igual a 16,7 mg/L. Este valor está compreendido na classe mais representativa representada em histograma (Fig. 5.36), bem como os valores médios das ilhas de Santa Maria (32,37 mg/L), São Miguel (14,78 mg/L), Terceira (9,21 mg/L) e Faial (14,47 mg/L) sendo somente superior a média na ilha de São Jorge (40,64 mg/L) que está em outra classe modal.

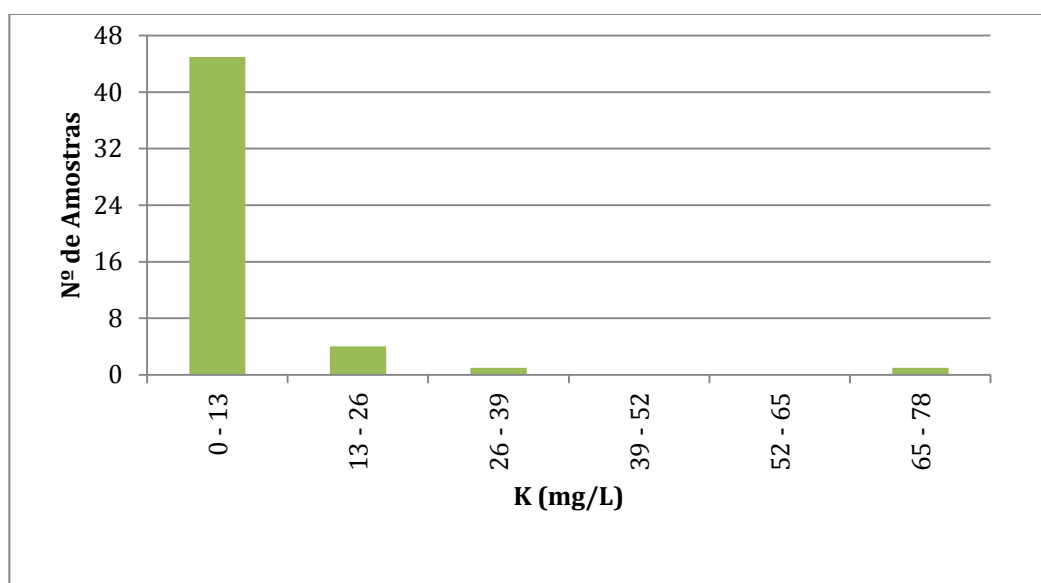


Figura 5.35 | Histograma relativo à distribuição dos valores de potássio dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

5.1.3.3.4 | Cálcio

Os resultados referentes aos resultados analíticos do cálcio estão presentes na Tabela 5.3, mostrando um valor máximo de 111,2 mg/L, e um mínimo de 1,9 mg/L, respetivamente na ilha de São Miguel (furo F_JK3) e Santa Maria (furo F_Hotel Praia de Lobos).

O valor médio é de 16,5 mg/L, valor este compreendido no intervalo de valores a que corresponde um maior número de amostras (0-35 mg/L; Fig. 5.37), assim como os valores médios das ilhas de São Miguel (11,57 mg/L), Terceira (14,54 mg/L) e Faial (14,41 mg/L). Nas ilhas de Santa Maria e São Jorge os valores médios, respetivamente iguais a 27,69 mg/L e 29,50 mg/L estão englobados em outra classe modal.

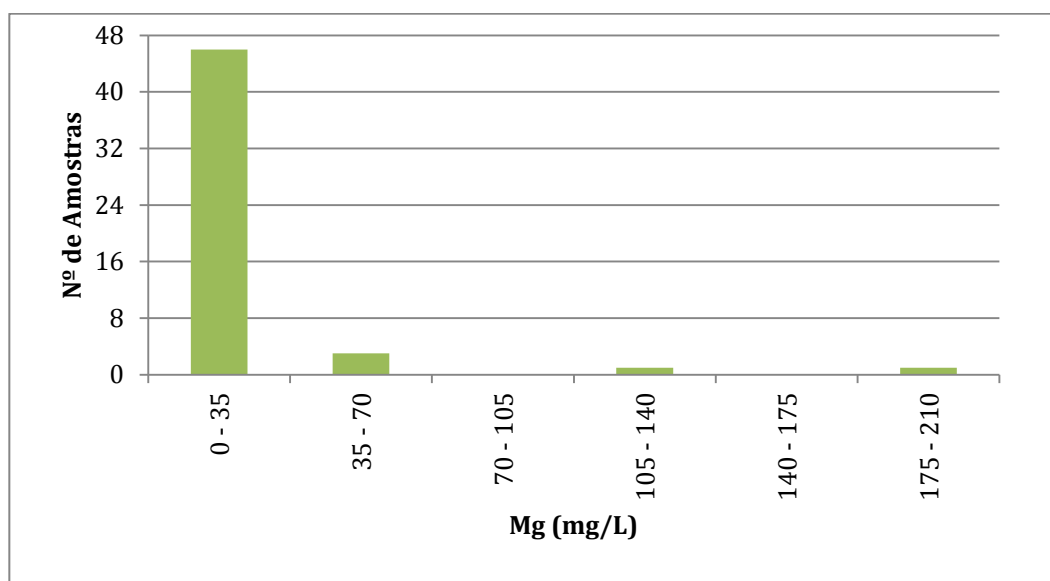


Figura 5.36 | Histograma relativo à distribuição dos valores de magnésio dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

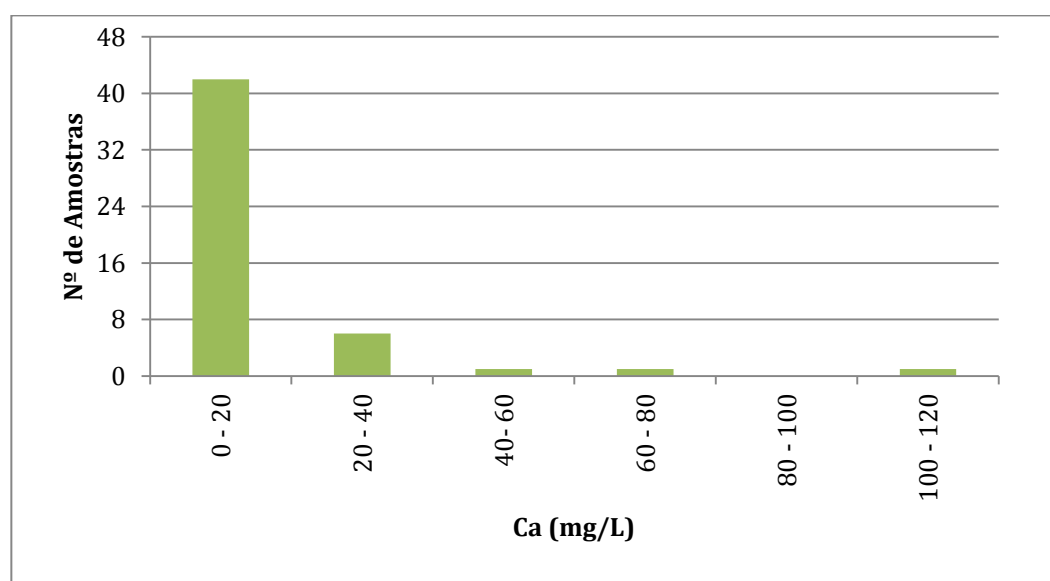


Figura 5.37 | Histograma relativo à distribuição dos valores de cálcio dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

5.1.3.4 | Elementos maiores: aniões

5.1.3.4.1 | Bicarbonato

O valor médio global relativo à concentração em bicarbonato é igual a 108,3 mg/L, variando entre um mínimo de 23,2 mg/L na ilha Terceira (furo F_Santana do

Norte) e um máximo de 834,5 mg/L em São Miguel (furo F_Vieira & Vieira) (Tabela 5.3).

A Figura 5.38 mostra que o intervalo de valores mais representativo, entre 0 e 150 mg/L engloba a média global de todos os pontos amostrados, assim como os valores homólogos observados nas ilhas de Santa Maria (125,3 mg/L), São Miguel (123,8 mg/L), Terceira (73,2 mg/L) e Faial (79,9 mg/L). O valor médio na ilha de São Jorge é, contudo, mais elevado que nas restantes ilhas (299,5 mg/L).

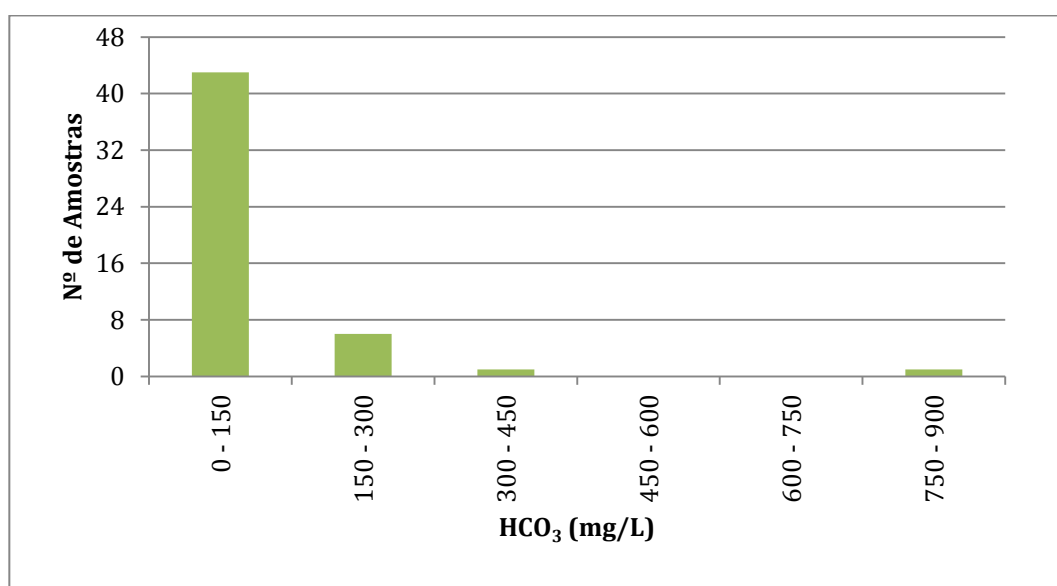


Figura 5.38 | Histograma relativo à distribuição dos valores de bicarbonato dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

5.1.3.4.2 | Cloreto

O teor de cloreto máximo (1343,3 mg/L) foi encontrado na Ilha de Santa Maria (furo F_Hotel Praia de Lobos), enquanto que o valor mínimo (16,7 mg/L) foi encontrado na ilha de São Miguel (furo F_JK3) (Tabela 5.3).

O valor médio de cloreto nas ilhas estudadas situa-se nos 118,1 mg/L. A classe modal dominante representada no histograma corresponde ao intervalo 0-230 mg/L, e não só compreende a média global, bem como os valores homólogos de cada ilha: Santa Maria (215,9 mg/L), São Miguel (103,2 mg/L), Terceira (97,1 mg/L), Faial (81,6 mg/L) e São Jorge (117,9 mg/L) (Fig. 5.39).

5.1.3.4.3 | Sulfato

O sulfato nas águas analisadas possui um valor máximo na ilha de São Miguel furo F_Vieira & Vieira (57,7 mg/L) e um mínimo na ilha de Santa Maria (2,1 mg/L) no furo F_Rib^a do Engenho (Tabela 5.3).

A classe modal mais significativa (0-10 mg/L) insere somente o valor médio da ilha de Santa Maria (4,96 mg/L). O valor médio global de todos os pontos de amostragem (12,4 mg/L) enquadra-se em outra das classes modais mais representativas evidenciadas pelo histograma (10-20 mg/L), assim como estimativas homólogas referentes às ilhas de São Miguel (10,2 mg/L), Terceira (15,8 mg/L) e Faial (13,8 mg/L) (Fig. 5.40). A ilha de São Jorge apresenta um valor médio ainda mais elevado, igual a 32,4 mg/L.

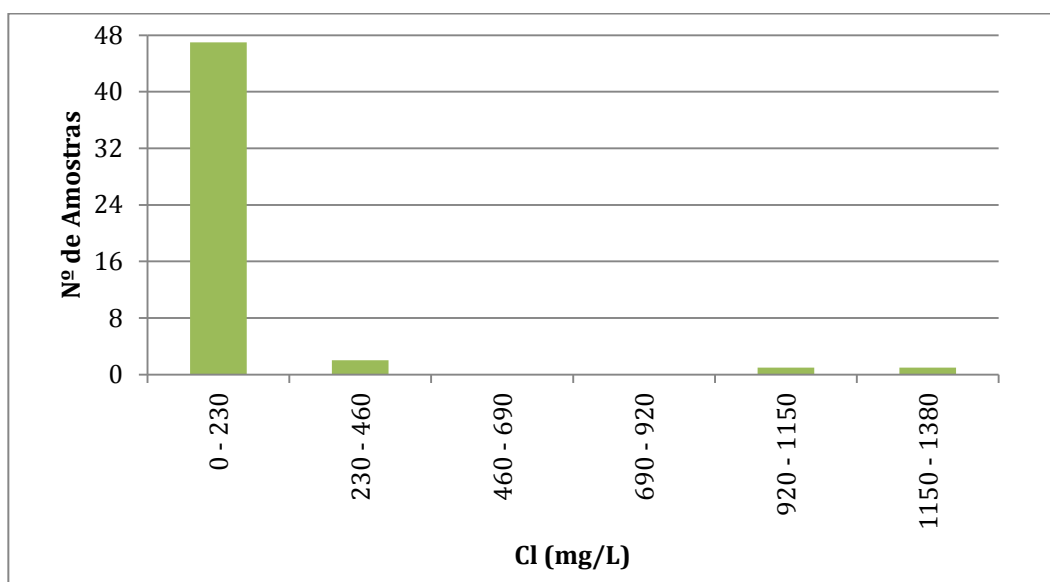


Figura 5.39 | Histograma relativo à distribuição dos valores de cloreto dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

5.1.3.5 | Outros constituintes

5.1.3.5.1 | Sílica

Os valores mínimo e máximo referente à concentração em SiO₂ são ambos observados na ilha de São Miguel, e respetivamente iguais a 3,4 mg/L (furo F_Tecnovia) e 119,4 mg/L (furo F_Insulac).

É observável uma variação nos valores médios nas diversas ilhas, iguais a 30,0 mg/L, 36,9 mg/L, 45,7 mg/L, respetivamente no Faial, São Miguel e Terceira, enquanto em Santa Maria e São Jorge são iguais a 58,6 e 90,6 mg/L. O valor médio global de todos os pontos é igual a 44,2 mg/L.

Na Figura 5.41 podemos verificar que grande parte destes valores médios está compreendida nas classes modais mais representativas.

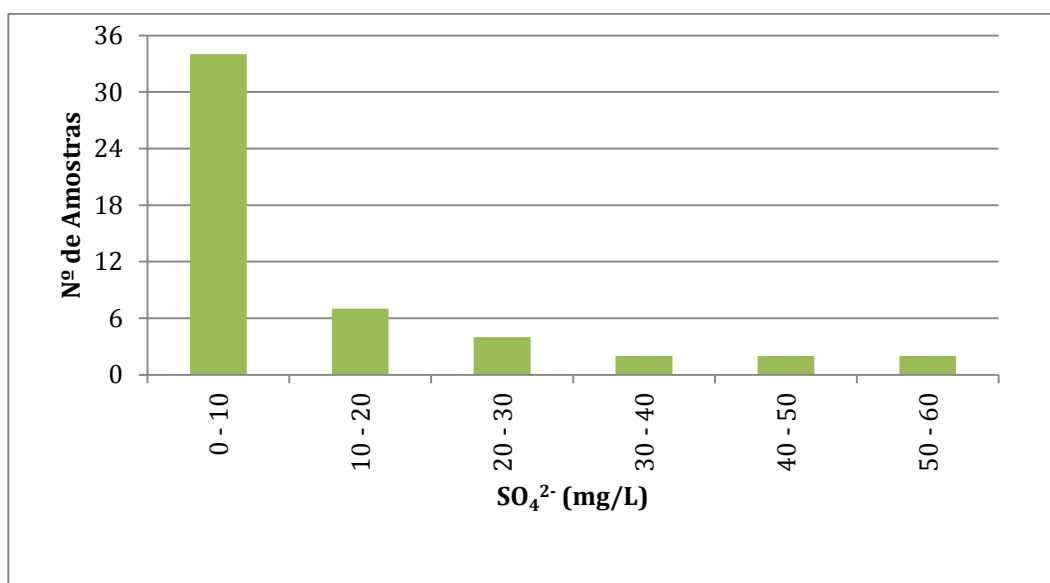


Figura 5.40 | Histograma relativo à distribuição dos valores de sulfato dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

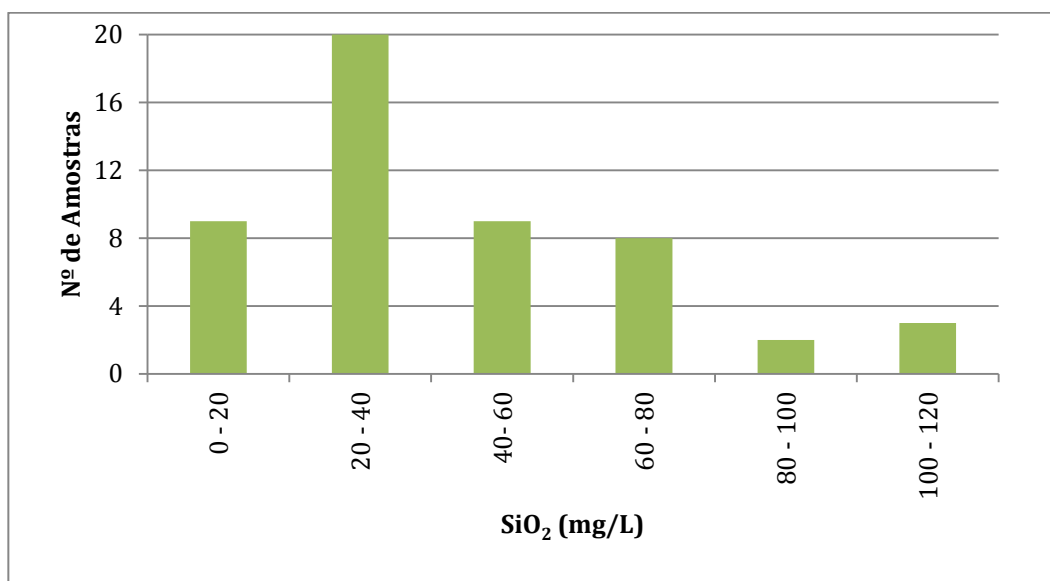


Figura 5.41 | Histograma relativo à distribuição dos valores de sílica dos furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

Tabela 5.3 | Resultados estatísticos dos pontos de amostragem referentes às ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R.Seco (mg/L)
Santa Maria	F_Rib ^a do Engenho	18.6	7.56	359	10.2	89.67	56.09	2.11	27.58	8.99	2.54	16.60	54.41	0.25
Santa Maria	F_São José	19.3	6.48	534	14.0	136.03	72.78	4.51	68.28	9.74	3.44	14.69	74.83	0.35
Santa Maria	F_Covas	19.2	6.02	408	15.1	114.07	64.26	4.23	41.67	7.01	2.12	12.26	11.90	0.10
Santa Maria	F_Ana 1	19.0	5.89	467	18.2	129.32	73.84	4.13	37.40	11.31	2.77	16.70	80.40	0.25
Santa Maria	F_Ana 2	17.0	6.89	491	14.4	101.26	74.91	3.07	39.24	12.58	3.04	19.00	77.70	0.30
Santa Maria	F_Stº António	18.0	7.13	285	5.9	76.25	44.38	9.99	20.66	6.91	1.70	12.89	47.08	0.10
Santa Maria	F_Valverde	21.3	8.28	866	10.3	200.08	131.71	2.30	104.12	25.77	4.50	30.95	65.59	0.35
Santa Maria	F_João Luis	19.0	6.55	371	12.9	86.62	81.65	5.76	30.00	8.91	2.07	14.89	74.63	0.20
Santa Maria	F_Hotel Praia de Lobos	18.9	6.76	4710	3.4	193.98	1343.32	8.45	299.50	200.15	20.07	111.20	40.39	4.05
São Miguel	F_JK2	17.2	7.03	343	7.5	81.7	28.05	2.30	26.70	9.09	10.23	10.90	22.53	0.20
São Miguel	F_JK3	15.5	7.64	133	4.2	43.9	16.69	5.18	25.00	1.48	2.47	1.92	16.21	0.10
São Miguel	F_Lagoa do Conde 1	16.1	7.24	236	3.6	72.0	25.56	4.61	20.53	7.00	5.08	6.40	10.46	0.00
São Miguel	F_Lagoa do Conde 2	16.2	7.29	202	4.2	58.6	22.72	2.50	18.10	5.47	5.03	5.53	12.10	0.30
São Miguel	F_AC1	17.4	7.22	391	3.8	56.1	81.65	10.37	36.67	10.91	4.50	5.68	36.79	0.25
São Miguel	F_AC2	16.8	7.23	220	7.6	49.4	31.24	6.15	15.77	3.24	3.46	2.77	36.15	0.20
São Miguel	F_AC3	20.6	7.16	164	3.7	37.8	23.43	6.92	22.58	4.54	4.98	4.44	38.51	0.15
São Miguel	F_SL1	16.1	5.53	195	157.6	36.6	36.57	8.84	25.36	4.09	2.55	5.35	24.95	0.20
São Miguel	F_Marques	16.2	7.18	390	4.9	74.4	57.51	11.43	31.15	8.40	22.14	9.76	10.63	0.30
São Miguel	F_Unileite	21.0	7.28	716	4.5	115.9	138.81	15.37	66.60	21.75	12.24	14.73	12.59	0.40
São Miguel	F_Vieira & Vieira	51.2	5.67	4060	188.2	834.5	948.56	57.66	555.25	117.80	71.30	62.05	113.42	2.35
São Miguel	F_Tecnovia	14.3	5.99	280	79.8	100.0	28.78	5.86	38.87	3.34	9.24	8.20	3.41	0.15

São Miguel	F_Herdeiros	17.5	6.36	466	79.3	68.3	89.82	6.72	34.68	11.89	5.51	7.61	44.16	0.25
São Miguel	F_Solar do Conde	17.2	6.36	339	13.5	74.4	35.86	7.78	21.46	8.58	10.88	9.54	56.74	0.30
São Miguel	F_Insulac	26.1	5.14	637	246.1	210.5	67.10	6.24	57.39	15.87	30.72	24.21	119.43	0.55
São Miguel	F_CRP	17.5	7.09	173	11.8	65.9	19.17	4.41	18.51	2.95	6.46	6.06	32.58	0.15
Terceira	F_Tapete	16.2	7.23	204	7.8	45.1	23.08	2.50	22.26	3.96	4.26	5.55	29.97	0.15
Terceira	F_Santana do Norte	15.4	6.28	265	17.1	23.2	24.85	2.40	23.88	4.05	7.32	4.06	39.38	0.10
Terceira	F_Santana	15.9	6.53	238	3.9	39.7	29.82	2.69	26.11	1.96	3.61	6.86	20.43	0.20
Terceira	F_Canada do Mato	16.2	6.82	227	5.2	40.9	29.11	2.98	19.92	4.29	4.14	6.08	33.34	0.00
Terceira	F_Quatro Canadas	15.8	6.65	203	4.2	37.8	30.18	3.27	15.12	4.21	2.80	7.03	23.77	0.10
Terceira	F_Vinha Brava	16.1	7.23	215	3.4	54.3	25.92	2.79	10.87	3.30	3.55	7.98	38.63	0.00
Terceira	F_São Mateus	15	6.47	318	21.8	70.8	43.67	5.67	29.00	8.16	6.27	10.15	49.00	0.20
Terceira	F_Terra Chã	24.1	6.44	714	47.5	202.5	105.44	17.30	70.62	11.75	18.05	18.38	74.61	0.40
Terceira	F_Biscoitos	17.7	5.95	261	48.6	87.8	20.24	2.88	26.13	3.61	4.18	8.18	80.29	0.00
Terceira	F_Salto de São Brás	19.6	6.82	242	9.1	86.6	20.59	2.69	30.11	2.18	5.57	4.70	74.31	0.20
Terceira	F_Covas de São Brás	17.6	6.89	460	8.8	86.6	81.65	13.83	54.6	4.63	5.21	8.57	48.34	0.20
Terceira	F_Pico Seleiro	18.1	7.13	567	3.8	43.9	127.80	46.88	39.27	10.84	4.18	19.16	31.64	0.10
Terceira	F_Areeiro	17.4	7.18	712	5.0	47.6	160.82	36.50	58.34	12.39	6.51	18.58	35.15	0.40
Terceira	F_Barreiro	20.1	7.37	1247	6.5	74.4	319.50	42.27	115.93	21.93	9.85	35.74	40.59	0.30
Terceira	F_Juncal	22.7	6.46	1697	26.0	157.4	414.64	51.87	163.95	40.86	14.95	57.10	65.92	0.90
Faial	F_Farrobo	17.7	7.83	580	6.1	126.9	103.31	19.21	42.78	27.29	3.05	33.25	24.51	0.20
Faial	F_Areias	15.5	7.54	192	4.1	83.0	19.88	6.72	17.78	6.44	3.01	9.62	26.74	0.10
Faial	F_Campo	15.6	7.10	173	3.6	51.9	21.30	5.38	15.62	3.31	2.50	8.90	34.21	0.05
Faial	F_Capitão	15.2	7.20	138	4.2	51.9	17.75	10.76	13.47	2.59	3.19	6.64	18.78	0.00

Faial	F_Lameiro Grande	16.3	6.91	806	7.9	135.4	162.95	24.21	75.82	37.13	8.07	30.64	23.95	0.45
Faial	F_Fonte do Rego	15.4	7.35	724	2.4	53.7	178.21	21.13	103.68	9.21	7.05	11.98	24.80	0.35
Faial	F_Cancelas	17.0	6.59	832	15.0	112.9	181.05	22.29	101.18	11.26	9.85	13.60	59.32	0.40
Faial	F_Joana Alves	16.3	7.08	204	3.5	50.6	29.82	8.45	26.28	2.48	2.76	5.38	39.56	0.10
Faial	F_Praia do Almoxarife	17.9	6.52	163	3.2	53.1	19.88	6.34	17.36	3.49	2.53	9.69	18.16	0.10
São Jorge	F_Queimada	16.8	6.95	753	31.1	201.3	130.64	28.34	85.18	29.53	6.54	19.68	74.74	0.45
São Jorge	F_Rib^a do Nabo	19.1	5.80	962	281.7	397.7	105.08	36.50	84.56	51.74	11.01	39.31	106.53	0.35

5.1.3.6 | Fácies hidrogeoquímicas

Os furos amostrados na ilha de Santa Maria apresentam fácies essencialmente cloretadas sódicas, cloretadas bicarbonatadas sódicas, por vezes com tendência sódica magnesiana e cloretada magnesiana sódica (Fig. 5.42).

Na ilha de São Miguel as águas amostradas correspondem a fácies predominantemente dos tipos cloretadas sódicas e bicarbonatadas sódicas, mostrando algumas amostras uma tendência de enriquecimento relativo em magnésio (Fig. 5.43).

No caso da ilha Terceira as águas amostradas apresentam fácies essencialmente cloretadas sódicas, cloretadas bicarbonatadas sódicas e bicarbonatada sódica (Fig. 5.44).

Os furos amostrados na ilha do Faial correspondem predominantemente a fácies cloretadas sódicas a bicarbonatadas sódicas magnesianas, com termos intermédios (Fig. 5.45).

Nos dois furos amostrados na ilha de São Jorge as águas correspondem a fácies cloretadas bicarbonatadas sódicas e bicarbonatadas magnesianas sódicas (Fig. 5.46).

Em todas as ilhas, os diagramas de Schoeller revelam alguma homogeneidade composicional, distinguindo-se as amostras pela diferença de mineralização total, o que obviamente se reflete nos conteúdos iónicos.

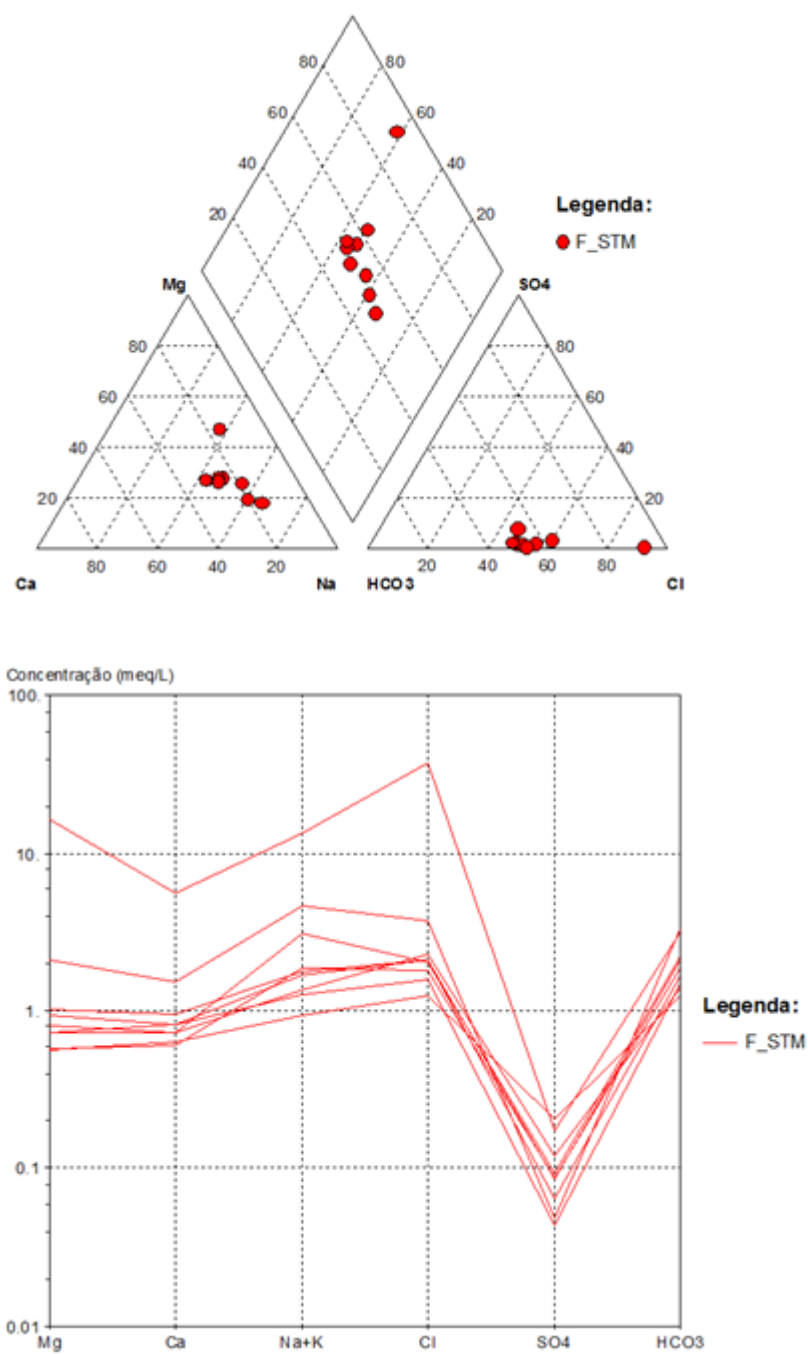


Figura 5.42 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha de Santa Maria.

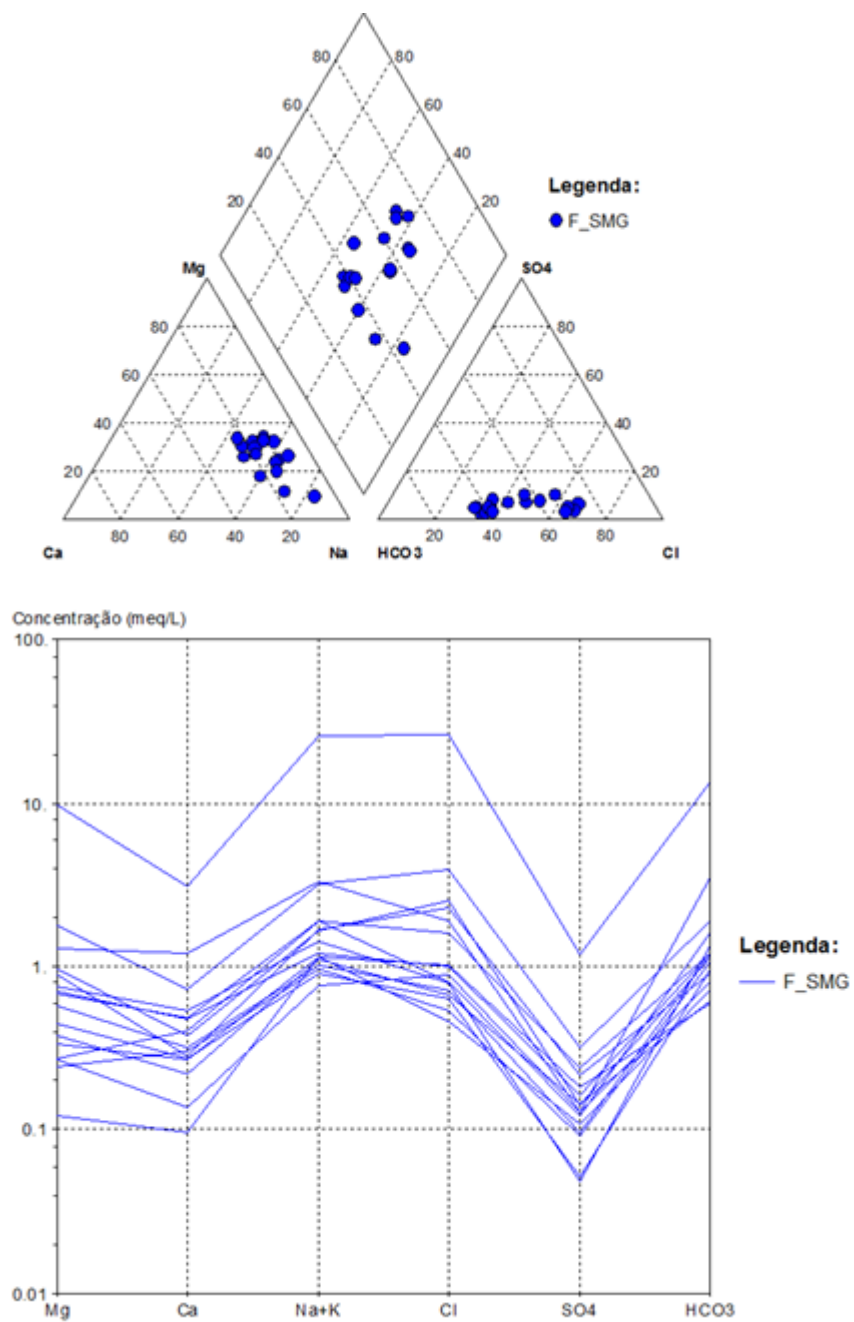


Figura 5.43 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha de São Miguel.

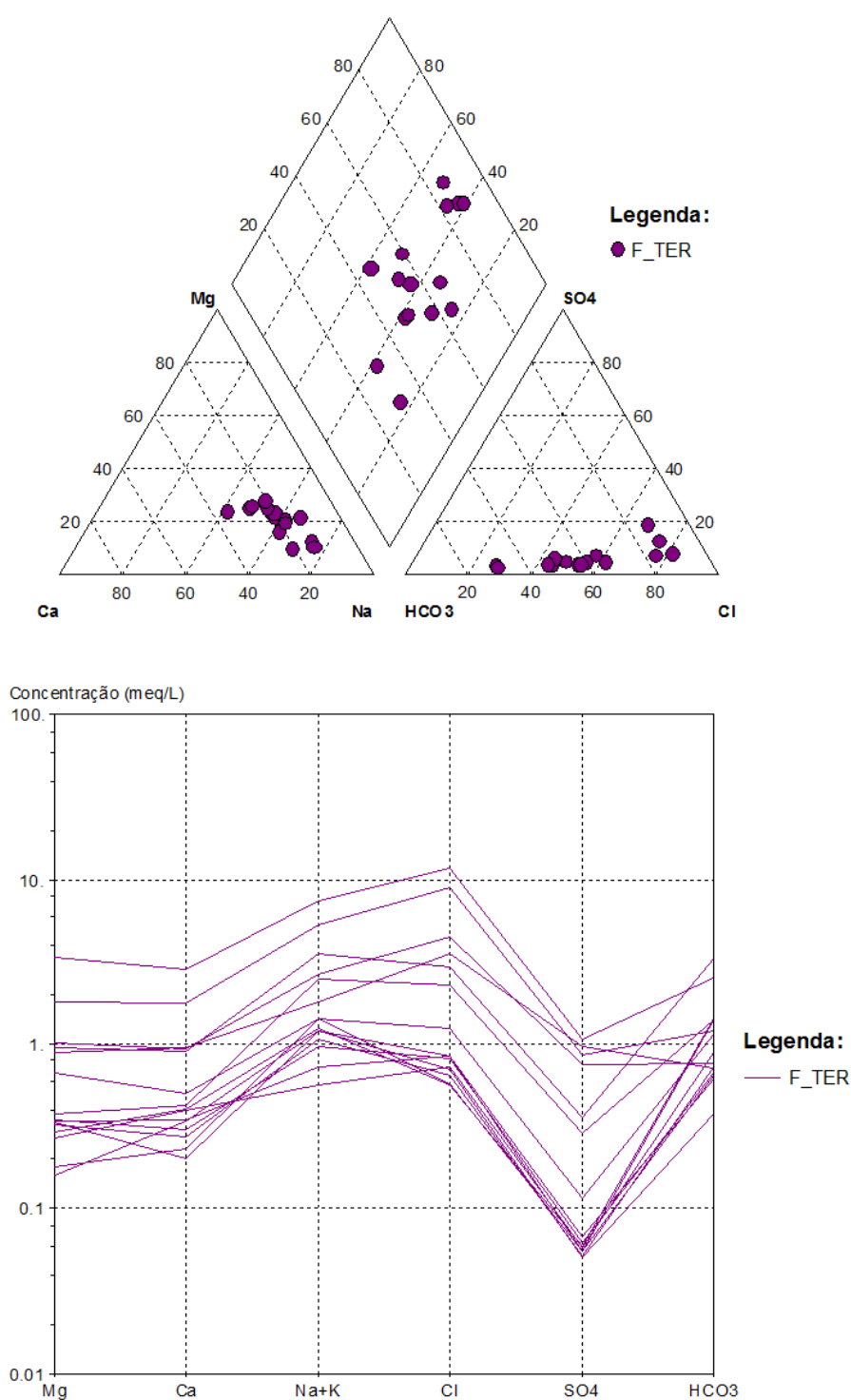


Figura 5.44 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha Terceira.

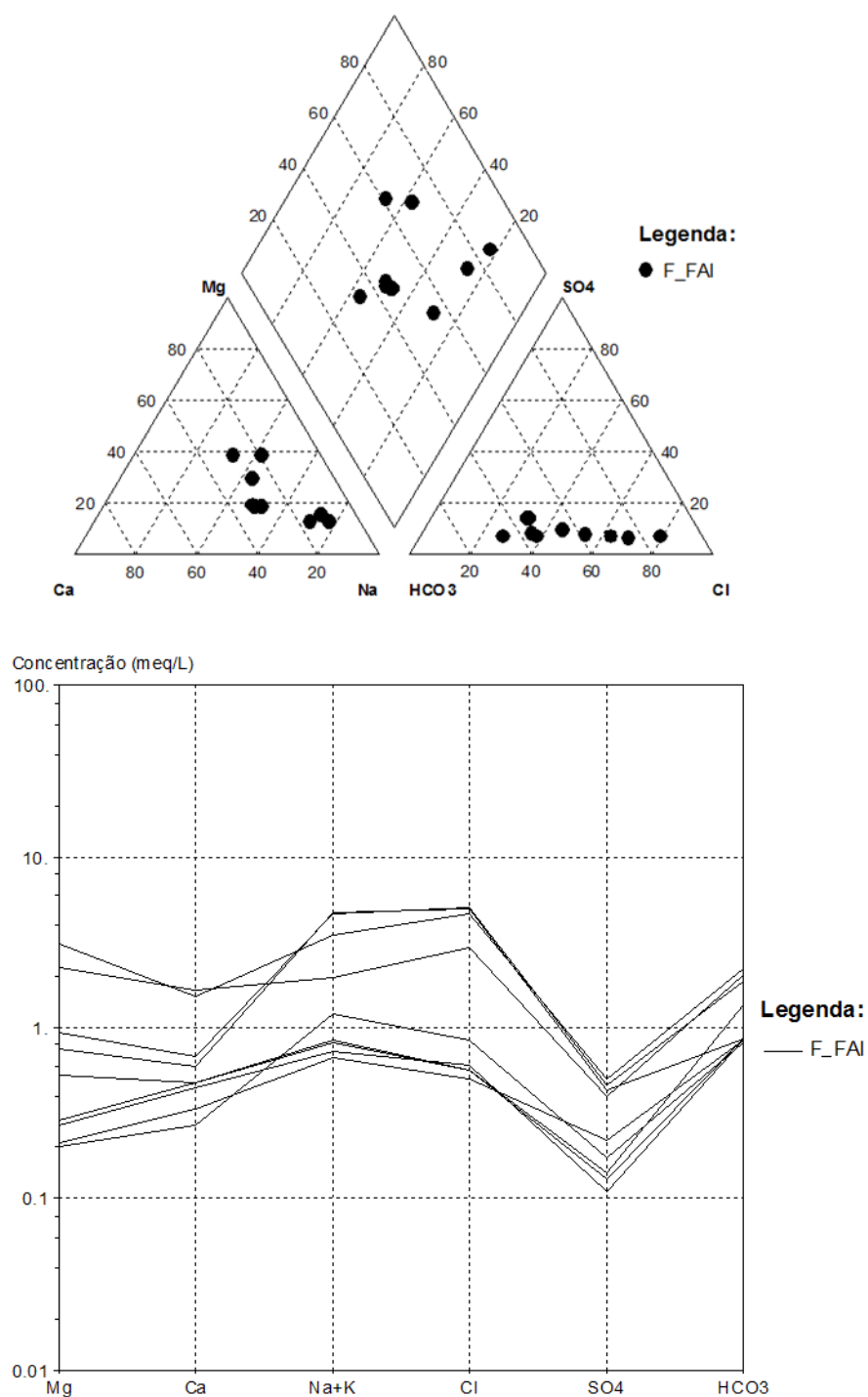


Figura 5.45 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha do Faial.

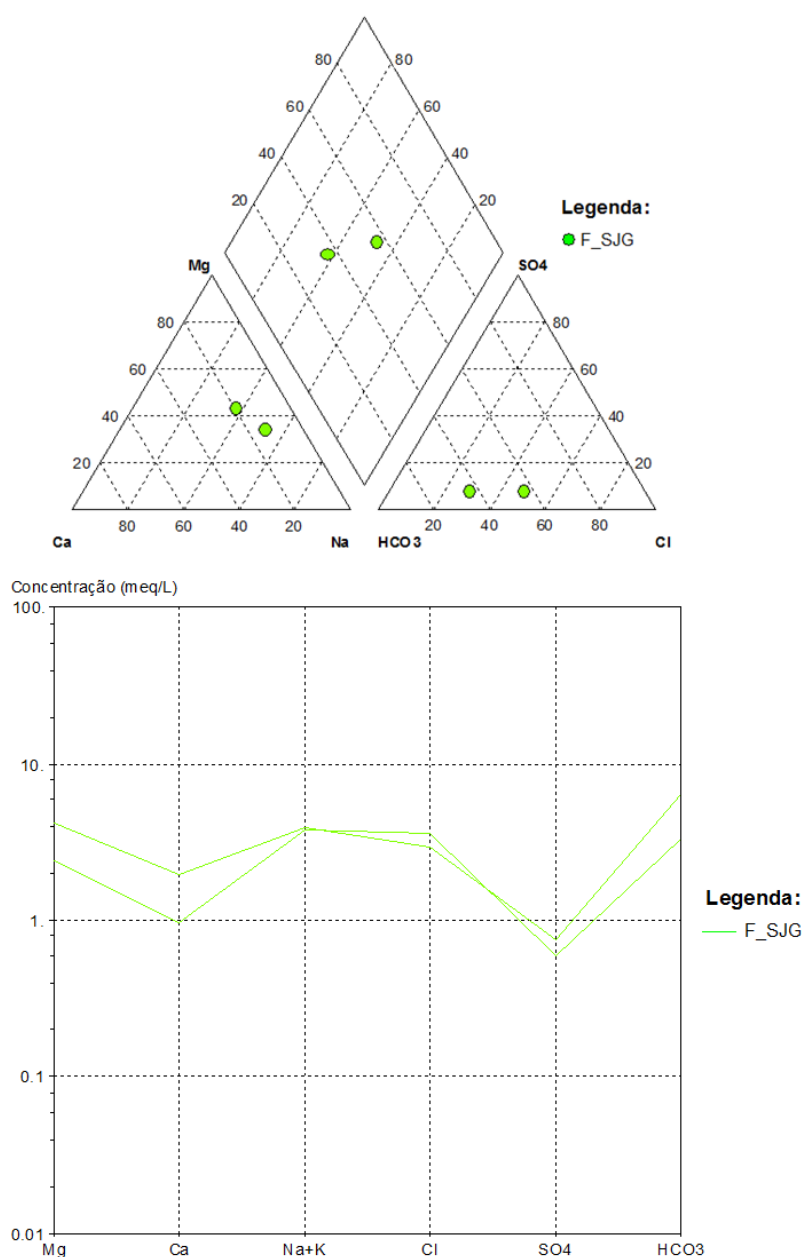


Figura 5.46 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos valores médios dos resultados analíticos obtidos na ilha de São Jorge.

5.1.4 | Razões entre espécies iónicas

5.1.4.1 | Razão rMg/rCa

As razões entre espécies em solução constituem marcadores eficazes dos processos hidrogeoquímicos, permitindo caracterizar a evolução temporal e espacial

das águas subterrâneas. Entre estes processos salientam-se a interação água-rocha, posta em evidência desde logo pela comparação dos valores típicos das razões nas rochas com os resultados nas águas subterrâneas, e os fenómenos modificadores (Custódio & Llamas 1983).

Nas Tabelas V.1 a V.6 (Anexo V) e V.7 a V.12 (Anexo V) apresentam-se algumas razões elementares estimadas a partir dos resultados analíticos apurados no decurso das várias amostragens efetuadas ao longo do presente trabalho, respetivamente, nas ilhas Graciosa e do Pico. Na Tabela V.13 (Anexo V) apresentam-se as razões estimadas relativamente às amostras recolhidas nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

A razão rMg/rCa apresenta uma gama de resultados na natureza muito variável, embora tipicamente seja igual a 5 na água do mar e entre 0,3 e 1,5 nas águas interiores (Custódio & Llamas 1983).

Na ilha Graciosa a razão rMg/rCa apresenta valores médios para as várias amostragens entre 0,53 no furo F_SG1 e 5,37 no poço de maré PM_Corelas. Os valores mínimos ocorrem geralmente nos poços de maré e os máximos nos furos F_SG1, F_JK1 e F_ITC1.

No que concerne à ilha do Pico os valores médios para as várias amostragens variam entre 0,53 no furo F_Ribeiras (SRP) e 3,29 no poço de maré PM_Aço. Os valores mínimos ocorrem geralmente nos pontos de água F_Ribeiras (SRP) e F_JK3 (LP) e os máximos no poço de maré PM_Aço e no furo F_ITC2 (Mad).

De um modo geral nestas ilhas os valores da razão rMg/rCa são superiores à unidade, e neste contexto estão compreendidos no intervalo de valores característicos das águas subterrâneas que circulam em meios basálticos (Custódio & Llamas, 1983).

5.1.4.2 | Razão rK/rNa

A relação rK/rNa apresenta um valor na água do mar entre 0,02 e 0,025, enquanto nas águas doces os resultados mais frequentes encontram-se na gama de 0,004 a 0,3, embora este intervalo possa ser alargado a 0,001 a 1 (Schoeller, 1956 in Custódio & Llamas, 1983).

A razão rK/rNa apresenta valores médios para as várias amostragens entre 0,04 no furo F_JK1 e 0,51 no poço de maré PM_Novo e 0,02 (PM_Cabrito) a 0,24 no

furo F_Miragaia (Mad), para as ilhas Graciosa e Pico respetivamente. Os valores mínimos na ilha Graciosa, ocorrem geralmente nos furos, enquanto os valores máximos são registados nos poços de maré. Na ilha do Pico o valor mínimo registou-se no poço de maré PM_Cabrito e os máximos nos furos F_JK1 (LP) e F_Miragaia (Mad).

5.1.4.3 | Razões rNa/rCa e $rNa/r(Ca+Mg)$

Segundo Custódio & Llamas (1983) estas razões elementares são de grande relevância para avaliar os fenómenos modificadores de troca iónica, bem como para efetuar comparações com os valores homólogos intrínsecos às rochas aquíferas.

Na Graciosa a razão rNa/rCa apresenta valores médios para as várias amostragens entre 1,15 (PM_Novo) e 9,99 (F_JK1). Os valores mínimos ocorrem geralmente nos poços de maré e os máximos nos furos em especial no F_JK1, F_SG1 e F_JK5. Relativamente à razão $rNa/r(Ca+Mg)$ apresenta valores médios para as várias amostragens entre 0,74 e 4,89. O valor mínimo ocorre geralmente no poço de maré PM_Novo e os máximos nos furos F_JK5 e F_JK1.

Relativamente à ilha do Pico a razão rNa/rCa apresenta valores médios para as várias amostragens entre 1,96 no furo F_JK3 (LP) e 22,72 no poço de maré PM_Madalena. Os valores mínimos ocorrem geralmente nos pontos de água F_JK3 (LP) e F_Ribeiras (SRP) e os máximos nos poços de maré PM_Madalena, PM_Frades e PM_Aço. Por seu turno, a razão $rNa/r(Ca+Mg)$ apresenta valores médios para as várias amostragens entre 1,12 no furo F_JK3 (LP) e 8,38 no furo F_ITC7 (Mad). Os valores mínimos ocorrem geralmente nos pontos de água F_JK3 (LP) e F_Miragaia (Mad) e o máximo no furo F_ITC7 (Mad).

O facto da razão rNa/rCa ser geralmente superior à unidade prende-se com o fenómeno de mistura com água do mar, que provoca um enriquecimento relativo do ião sódio sobre o cálcio, com o inerente aumento do quociente entre ambas as espécies nem solução. O facto da salinização da água subterrânea fazer aumentar a concentração em sódio face à composição relativa em outros catiões tem como consequência que é extremamente difícil aquilatar a ocorrência de processos de troca iónica a partir do comportamento destes índices.

5.1.4.4 | Razão $rCl/rHCO_3$

Esta razão expressa o quociente entre as concentrações em cloreto e bicarbonato, o que se revela muito significativo uma vez que aquelas espécies expressam os dois fenómenos mineralizadores mais importantes que controlam a composição química das águas subterrâneas nas ilhas do Pico e da Graciosa. Por um lado a dissolução incongruente dos minerais silicatados nas rochas acarreta um incremento do pH e da concentração em bicarbonato, com o inerente decréscimo do valor da razão em estudo. Por outro lado, a contaminação por sais marinhos implica uma subida do valor da razão, o que aliás se pode depreender dos valores tipicamente observados: na generalidade das águas continentais a razão $rCl/rHCO_3$ varia entre 0,1 e 5, enquanto na água do mar este índice pode variar entre 20 e 50.

A razão $rCl/rHCO_3$ apresenta valores médios para as várias amostragens entre 0,41 (PM_Novo) e 13,22 (F_ITC2) na ilha Graciosa. Os valores mínimos ocorrem geralmente nos poços de maré e o máximo no furo F_ITC2.

Para a ilha do Pico, os valores calculados apresentam valores médios para as várias amostragens entre 0,16 no furo F_Miragaia (Mad) e 39,24 no poço de maré PM_Gingal. Os valores mínimos ocorrem geralmente nos pontos de água F_Miragaia (Mad) e F_JK1 (LP) e os máximos especialmente nos poços de maré PM_Gingal, PM_Furna e PM_Cabrito.

Custódio & Llamas (1983) referem que a razão $rCl/rHCO_3$ funciona como indicador da concentração de sais ao longo do trajeto de circulação da água subterrânea, sendo expectável que os respetivos valores aumentem do centro para a periferia da ilha, e notoriamente no litoral por influência da mistura com sais marinhos.

5.1.4.5 | Razão rSO_4/rCl

A razão rSO_4/rCl permite, tal como o índice $rCl/rHCO_3$, caracterizar a evolução da composição química no decurso da circulação da água subterrânea, o que deriva da concentração em sulfato tender a ser constante em águas muito mineralizadas. Em águas menos mineralizadas a razão rSO_4/rCl assume valores semelhantes ao meio rochoso, embora seja necessário avaliar o estado de saturação relativamente às várias fases minerais que incluem o anião sulfato visto que podem influenciar a solubilidade deste anião.

Na ilha Graciosa a razão rSO_4/rCl apresenta valores médios para as várias amostragens entre 0,09 (F_ITC2) e 0,26 (PM_Corelas). Em particular, o valor mínimo ocorre geralmente no furo F_ITC2 e os máximos, de forma geral, nos poços de maré.

Por outro lado, no Pico a razão rSO_4/rCl apresenta valores médios para as várias amostragens entre 0,11 no poço de maré PM_Mourato e no furo F_BSH2 SM (Mad) e 0,33 no furo F_ITC5 (Mad). Os valores mínimos e máximos ocorrem geralmente nos pontos de água mencionados anteriormente para os valores médios nas várias amostragens.

5.1.5 | Processos hidrogeoquímicos e salinização

A proporção de mistura da água subterrânea com a água do mar pode ser calculada com base num modelo de mistura conservativa. O parâmetro conservativo geralmente utilizado corresponde ao anião cloreto (Cl^-), na medida que esta espécie apresenta uma grande constância. Este carácter conservativo é demonstrado pelo longo intervalo de tempo necessário à substituição deste anião nos oceanos, relativamente à alimentação destes últimos a partir dos rios, e que foi estimado em 87 milhões de anos (Berner e Berner, 1987).

A proporção de mistura conservativa pode ser estimada a partir da expressão numérica seguinte (Appelo e Postma, 1993):

$$f_{\text{mar}} = \frac{m_{Cl^-, \text{amt}} - m_{Cl^-, \text{doce}}}{m_{Cl^-, \text{mar}} - m_{Cl^-, \text{doce}}}$$

Em que: $m_{Cl^-, \text{amt}}$, concentração de cloreto (mmol/L) na água resultante da mistura;

$m_{Cl^-, \text{doce}}$, concentração em cloreto (mmol/L) na água que representa o início da mistura ($f_{\text{mar}}=0$);

$m_{Cl^-, \text{mar}}$, concentração em cloreto (mmol/L) na água do mar.

Um método eficiente para caracterizar os processos hidrogeoquímicos relacionados com a mistura com água do mar consiste na determinação da composição química teórica da água resultante deste processo, com base na proporção calculada a partir da aplicação da fórmula anterior. Posteriormente,

promove-se a comparação com as concentrações efetivamente observadas, o que inclusivamente pode ser feito através da projeção em diagrama de Piper, onde são representadas as composições relativas catiónicas e aniónicas.

Para o efeito supramencionado, as concentrações teóricas de um qualquer ião (i) podem ser determinadas com base num modelo de mistura conservativa através da seguinte equação (Appelo e Postma, 1993):

$$m_{1,mix} = f_{mar} \cdot m_{i,mar} + (1 - f_{mar}) \cdot m_{i,doce}$$

A aplicação desta metodologia permitiu calcular as percentagens de mistura conservativa referentes às águas estudadas (Tabelas VI.1 a VI.3 - Anexo VI). Assumiu-se como termo inicial uma concentração em cloretos igual a 12,07 mg/L (0.34 mmol/L).

As percentagens de mistura calculadas nas ilhas da Graciosa e do Pico variam entre 0,1% (PM_Corelas) e 5,80% (F_ITC2) na primeira amostragem, e 0,03% (furo F_JK1 (LP)) e 17,23% (PM_Cabrito) na segunda. As proporções de mistura mais elevadas na ilha da Graciosa, superiores a 2%, foram observadas nos pontos de água F_JK5, F_ITC2, F_AC3, F_JK4 e no F_AC2, enquanto que na ilha do Pico foram verificadas nos pontos de água F_JM (LP), F_JK4 (LP), F_ITC2 (Mad), F_BSH2 SM (Mad), F_BSH2 CB (Mad) assim como em todos os poços de maré estudados da ilha.

Nas restantes ilhas (Santa Maria; São Miguel; Terceira; Faial; São Jorge) os valores variam entre um mínimo de 0,02%, na ilha de São Miguel (furo F_JK3), e um máximo de 6,88%, na ilha de Santa Maria (furo F_Hotel Praia de Lobos).

Na Figura 5.47 representa-se a composição observada e teórica das águas subterrâneas amostradas, com base nos cálculos efectuados de acordo com a metodologia acima descrita e cujos resultados estão listados no Anexo VII. Verifica-se que os desvios observados entre os valores observados e os teóricos revelam um enriquecimento em bicarbonato e em $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. Se o enriquecimento em bicarbonato indicia o contributo adicional dos processo de dissolução dos minerais silicatados, o aumento do teor em metais alcalino-terrosos, para lá do esperado considerando apenas a mistura com água do mar, pode também resultar de reações de troca iónica com metais alcalinos.

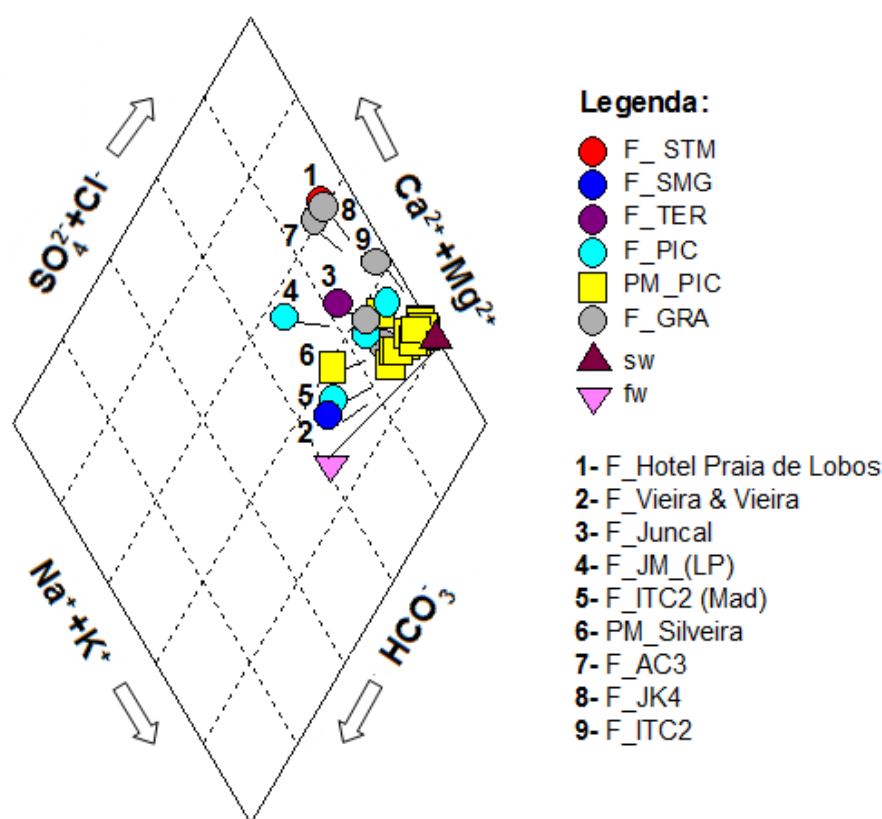


Figura 5.47 | Segmento superior do diagrama de Piper referente aos resultados obtidos na 6.^a amostragem efectuada nas ilhas do Pico e da Graciosa e na única campanha de recolha de amostras nas restantes ilhas. A cauda de cada ponto é direccionada para a posição teórica que o mesmo ponto de água ocuparia sobre a recta de mistura binária conservativa entre água doce e água salgada (igualmente representada no diagrama).

O conteúdo em elementos principais em solução é representado em função da condutividade elétrica das águas sobre a forma de gráficos bivariados (Fig. 5.48). Com exceção do bicarbonato, todos os iões representados apresentam coeficientes de correlação linear muito elevados relativamente à condutividade elétrica, salientando-se a relação com o cloreto ($r=0.999$), o sódio ($r=0.996$), o potássio ($r=0.980$), o magnésio ($r=0.945$) e o sulfato ($r=0.925$) que se explica por uma origem comum associada à mistura com sais marinhos. No caso do bicarbonato, o valor do índice de correlação linear ($r=0.123$) indicia que este anião não contribui significativamente para a mineralização total das águas, o que se aliás se pode explicar por esta espécie não ser indicadora de processos de salinização da água subterrânea por influência da água do mar.

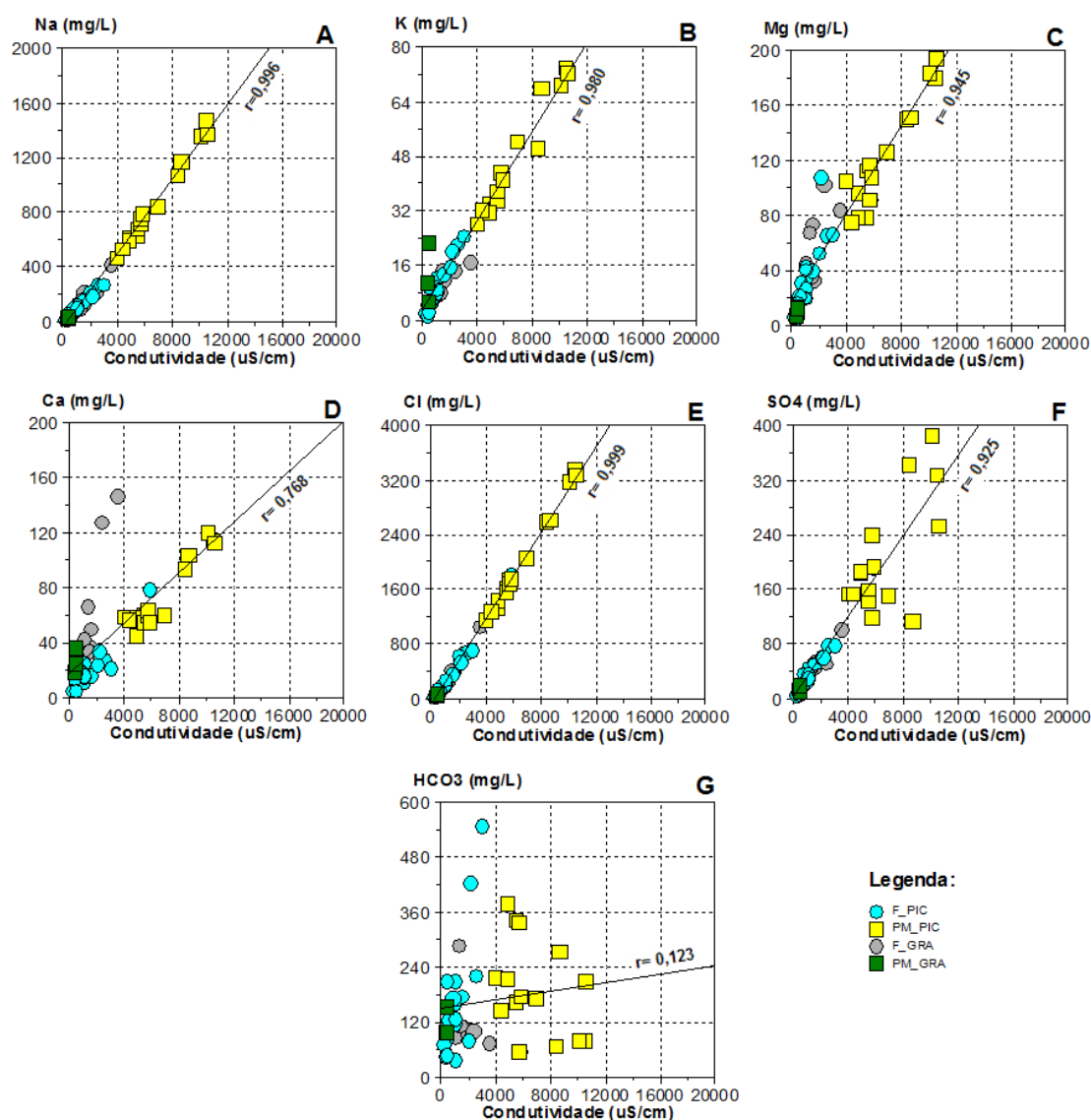


Figura 5.48 | Relação entre os valores dos principais cátions e ânions e a condutividade elétrica referente à 6.ª amostragem com as respetivas retas de regressão linear.

5.1.6 | Índices de Saturação

A concentração das espécies em solução nas águas subterrâneas, assim como a respetiva mobilidade, são controladas pelo equilíbrio químico estabelecido entre a água e as espécies sólidas das rochas constituintes dos aquíferos.

Com o intuito de avaliar o estado de equilíbrio de uma água relativamente às fases sólidas minerais recorreu-se ao cálculo do índice de saturação (IS). Para este efeito, utilizou-se o programa de modelação hidrogeoquímica PHREEQC.

Neste estudo caracterizou-se o estado de equilíbrio das águas subterrâneas recolhidas nos poços de maré e furos de captação das ilhas do Pico e da Graciosa relativamente a fases sólidas de sílica (sílica amorfa; quartzo; calcedónia) e a alguns minerais classificados como carbonatos (calcite; dolomite; aragonite), sulfatos (gesso; anidrite) e halóides (halite).

Do estudo efetuado verifica-se que a grande maioria das amostras está subsaturada relativamente aos carbonatos, sulfatos e halóides (Fig. 5.49). Relativamente aos minerais de sílica constata-se que as amostras estão subsaturadas em sílica amorfa, mas a grande maioria encontra-se sobressaturada relativamente ao quartzo e à calcedónia (Fig. 5.49).

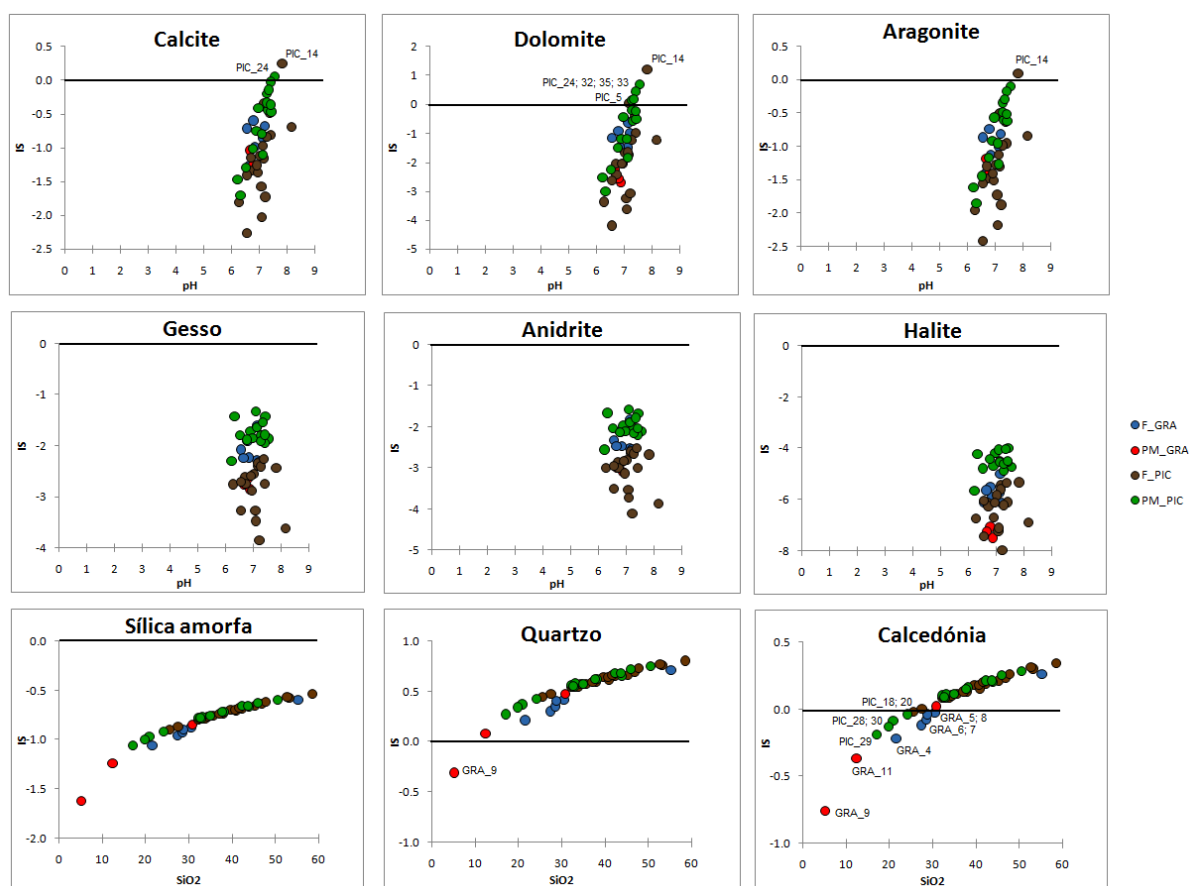


Figura 5.49 | Representação gráfica do logaritmo de IS vs. o pH para os minerais carbonatos, sulfatos e halóides e em função do teor em sílica para as restantes fases minerais (sílica amorfa; quartzo e calcedónia); valores de Log IS acima de zero indicam sobressaturação.

6 | Isótopos

A análise e interpretação das concentrações de isótopos ambientais em águas subterrâneas é uma metodologia empregue em estudos hidrogeológicos desde a década de 50 do século passado (Freeze & Cherry, 1979). Não obstante todos os elementos químicos presentes nos sistemas hidrogeológicos possuem isótopos apenas alguns oferecem alguma utilidade, e atualmente esta ferramenta geoquímica oferece um largo espectro de aplicações: traçar a origem dos elementos na água, caracterizar os processos subterrâneos e de recarga, estudar as reações químicas e quantificar as respetivas taxas, estudar os ciclos biogeoquímicos e as interações solo-água-atmosfera e, por fim, identificar os mecanismos de poluição.

Os isótopos ambientais utilizados em investigações hidrogeológicas agregam-se em dois grupos principais, nomeadamente os isótopos estáveis não radioactivos, como o ^{18}O e o deutério (^2H), e os isótopos radioactivos, que decaem em função do respetivo período de semivida, como por exemplo o trítio (^3H) e o ^{14}C .

Na medida que é necessário quantificar a abundância relativa dos isótopos com um grau de incerteza, inerente aos processos analíticos, menor que a variância natural, recorre-se geralmente ao estudo dos isótopos dos elementos mais leves que participam na maior parte das reações químicas (Fontes, 1980). Neste contexto, os isótopos ambientais abrangem todos aqueles associados aos elementos mais abundantes no ambiente (hidrogénio; carbono; azoto; oxigénio; enxofre), assim como os relativos a elementos menores e em traço cuja evolução tecnológica dos meios analíticos, nomeadamente da espectrometria de massa, permite a determinação laboratorial. Na Tabela 6.1 encontram-se listados os principais isótopos ambientais utilizados em hidrogeologia.

Tabela 6.1 | Principais isótopos ambientais usados em hidrogeologia (adaptado de Clark & Fritz, 1997).

Isótopo	Razão	Abundância natural (%)	Referência (abundância da razão)
^2H	$^2\text{H}/^1\text{H}$	0,015	VSMOW ($1,5575 \times 10^{-4}$)
^3He	$^3\text{He}/^4\text{He}$	0,000138	He atmosférico ($1,3 \times 10^{-6}$)
^6Li	$^6\text{Li}/^7\text{Li}$	7,5	L-SVEC ($8,32 \times 10^{-2}$)

^{11}B	$^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$	80,1	NBS 951 (4,04362)
^{13}C	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	1,11	VPDB ($1,1237 \times 10^{-2}$)
^{15}N	$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	0,366	N2 no ar ($3,677 \times 10^{-3}$)
^{18}O	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	0,204	VPDB ($2,0672 \times 10^{-3}$)
^{34}S	$^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$	4,21	CDT ($4,5005 \times 10^{-2}$)
^{37}Cl	$^{37}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$	24,23	SMOC
^{81}Br	$^{81}\text{Br}/^{79}\text{Br}$	49,31	SMOB
^{87}Sr	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr} = 7,0$ $^{86}\text{Sr} = 9,86$	Razão absoluta medida

Os isótopos ambientais analisados no presente trabalho correspondem ao ^{18}O e ao deutério (^2H), por um lado, e ao ^{11}B e ^{87}Sr , por outro. Os isótopos de ^{18}O e de deutério foram determinados no Laboratório da Estación Biológica de Doñana CSIC (Espanha), e respeitam a 97 amostras recolhidas ao longo do trabalho de campo em todas as ilhas abrangidas pelo presente estudo (Tabelas 6.2 a 6.4). As determinações de ^{11}B e ^{87}Sr foram efetuadas no Laboratório ALS Scandinavia AB (Suécia), sobre 12 amostras recolhidas nas ilhas do Pico e da Graciosa (Tabela 6.5).

6.1. Isótopos ambientais de ^{18}O e ^2H

A seleção dos isótopos ambientais de ^{18}O e ao deutério (^2H) prende-se com a utilidade de, a partir da respetiva concentração, ser possível determinar a origem meteórica da água subterrânea e caracterizar os processos de salinização dos aquíferos.

A composição isotópica de uma amostra em ^{18}O e ^2H é reportada em valores delta (δ ; em ‰), expressa em função do desvio que mostram face ao valor relativo ao padrão VSMOW (*Vienna Standard Mean Ocean Water*). Para este efeito as concentrações em isótopos estáveis são medidas como a razão entre o mais raro e o mais abundante dos isótopos, e é expressa pela diferença do valor desta razão entre a amostra e a referência (Clark, 2015):

$$\delta^{18}O = \frac{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{amostra} - \left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{referência}}{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{referência}}$$

Posteriormente, a diferença normalizada entre a amostra e a referência é multiplicada por mil, por forma a ser expressa em permilagem (Clark, 2015):

$$\delta^{18}O = \left(\frac{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{amostra}}{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{VSMOW}} - 1 \right) \times 1000 \text{ ‰ VSMOW}$$

Sempre que o valor de δ é muito negativo considera-se a água como ligeira e, em oposição, se as amostras estão enriquecidas em ^{18}O e 2H os valores de δ são pouco negativos, ou mesmo positivos, designando-se as águas como pesadas.

A abundância natural dos isótopos de ^{18}O e 2H é essencialmente função do número de fases de condensação, que originam a precipitação, e pelas condições ambientais de evaporação (Fontes, 1980). Neste contexto, e embora a composição isotópica de uma água quanto a estes isótopos dependa essencialmente dos termos iniciais, factores modificadores, como a interação água-rocha, a evaporação ou a mistura de fluidos, podem influenciar os teores de isótopos estáveis.

A diferenciação pode ser conceptualizada essencialmente com base na profundidade de circulação da água subterrânea. Em sistemas pouco profundos geralmente a composição isotópica da água subterrânea é constante durante a percolação no aquífero (Custódio & Llamas 1983). Nos sistemas de maior profundidade a composição isotópica pode ser modificada em resultado de intercâmbios com as rochas encaixantes.

Tomando em linha de conta todos os aspetos supramencionados, a posição dos pontos representativos da composição isotópica das águas em ^{18}O e 2H relativamente à recta representativa das águas meteóricas a nível mundial permite aferir a origem da água subterrânea. Segundo Craig (1961) a recta das águas meteóricas mundial é dada pela expressão:

$$\delta^{12}H = 8,13\delta^{18}O + 10,8$$

Outra vantagem do estudo da composição isotópica das águas subterrâneas relaciona-se com a identificação dos processos de salinização. Com efeito, as variações do conteúdo em isótopos estáveis de O e H podem fornecer informação relevante no que concerne à origem da salinização da água subterrânea, e correspondem aos isótopos ambientais mais comumente usados para este fim face ao seu carácter conservativo (Gonfiatini & Araguas, 1988). As virtualidades desta aproximação residem no facto da origem dos sais, como a água do mar ou as salmouras, apresentarem assinaturas isotópicas características, uma vez que a sua composição em isótopos não sofre modificação por ação de processos geoquímicos vulgarmente associadas ao processo de salinização, como a troca iónica e/ou a precipitação (Gat, 1981).

Neste contexto, o estudo dos processos de salinização, como o resultante da intrusão marinha, com base na composição isotópica é relativamente simplificada considerando a mistura conservativa entre dois termos finais, a água do mar e a água doce nos aquíferos costeiros, e no caso mais simples pode ser aproximado por um processo de mistura linear (Gonfiatini & Araguas, 1988). Neste caso, o processo de mistura num gráfico $\delta^{18}\text{O}$ vs. $\delta^2\text{H}$ é representado por uma linha reta, em que os vários pontos representativos das águas misturadas são projetados de acordo com a respetiva percentagem de mistura (Fig. 6.1).

Uma contrariedade que dificulta o estabelecimento de uma relação clara entre o $\delta^{18}\text{O}$ (ou o $\delta^2\text{H}$) com a salinidade da água, ou com o cloreto, que corresponde a um anião conservativo que serve como indicador dos processos de salinização da água subterrânea decorrer da fraca sensibilidade. Assim, esta relação torna-se mais evidente quando se utilizam amostras de água subterrânea em que a percentagem de mistura com a água do mar é superior a 5% ou, quando a composição isotópica é heterogénea, a 10% (Gonfiatini & Araguas, 1988). Segundo Gat (1981), para uma água em que $\delta^{18}\text{O}$ seja igual a -5‰ é necessário que a percentagem de mistura seja de 2% a 3% por forma a garantir um acréscimo de 500 mg/L em cloreto.

A composição isotópica das amostras de poços de maré e furos de captação da ilha Graciosa variam entre -1,61 a -4,62‰ para o $\delta^{18}\text{O}$ e -15,2 a -23,6‰ para o $\delta^2\text{H}$, com exceção do furo F-AC3 que apresenta uma composição muito mais pesada ($\delta^{18}\text{O}$ = 1,52‰; $\delta^2\text{H}$ = -7,9‰). Por seu turno, na ilha do Pico os valores situam-se entre -1,13 e -4,78‰ para o $\delta^{18}\text{O}$ e -14,2 e -23,9‰ para o $\delta^2\text{H}$. Nos furos das restantes ilhas os valores estão na gama entre -1,02 e -4,84‰ de $\delta^{18}\text{O}$ e -13 a -22,1‰ de $\delta^2\text{H}$, com

exceção do furo F-Tecnovia, que apresenta uma composição isotópica mais pesada ($\delta^{18}\text{O} = -0,1\text{‰}$; $\delta^2\text{H} = -4,4\text{‰}$).

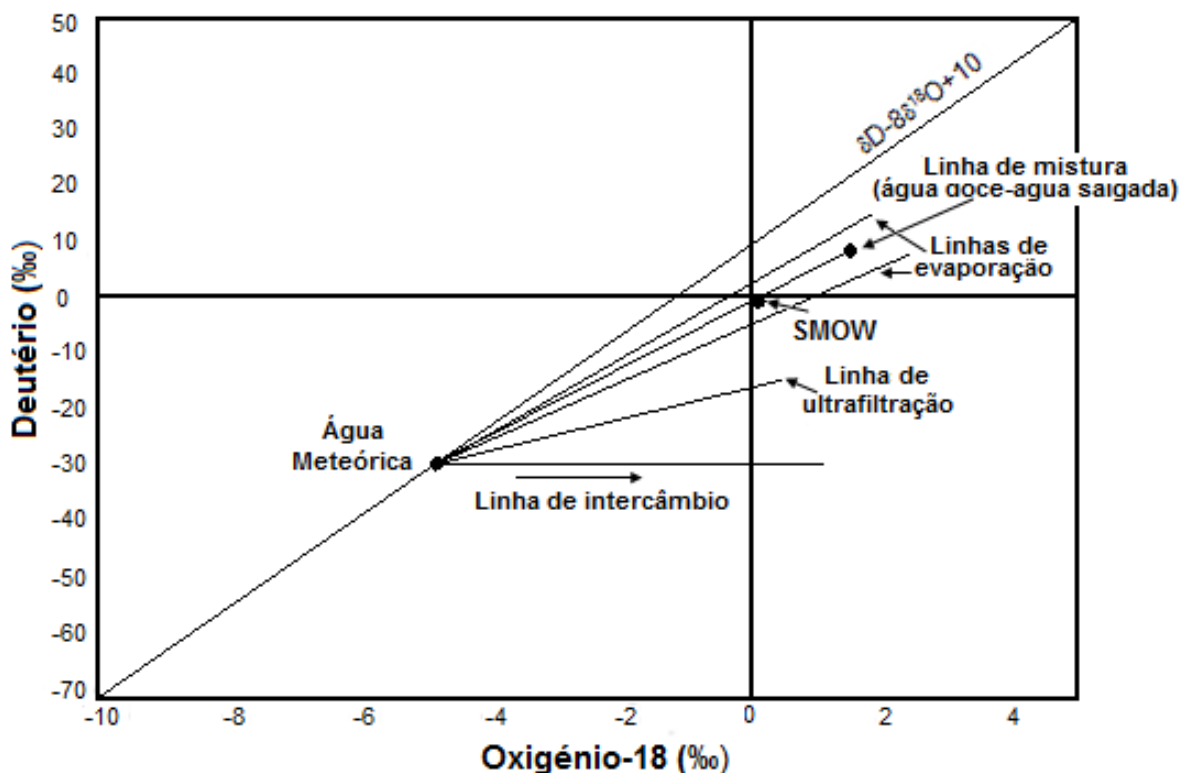


Figura 6.1 | Relações gerais entre a composição em $\delta^{18}\text{O}$ e o $\delta^2\text{H}$ nas águas naturais, evidenciando os processos de salinização (modificado de Gonfiatini & Araguas, 1988). Para além da linha de mistura entre água doce a água salgada, representam-se outros processos que podem modificar a composição isotópica original, nomeadamente a evaporação, o intercâmbio por interação água-rocha e a ultrafiltração por membranas argilosas

A projeção dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ contra o teor em $\delta^2\text{H}$ mostra que a maioria das amostras se projeta na base do gráfico e se conforma à reta das águas meteóricas mundiais, o que atesta a origem dos fluidos. Outras águas apresentam uma composição mais pesada. Por outro lado, pode constatar-se que outro grupo de águas, que correspondem às amostras em que a percentagem de mistura com água do mar é mais elevada, sugere uma linha de mistura com água salgada, a que provavelmente se associam os efeitos de outros processos, o que pode explicar os desvios observados (Fig. 6.2).

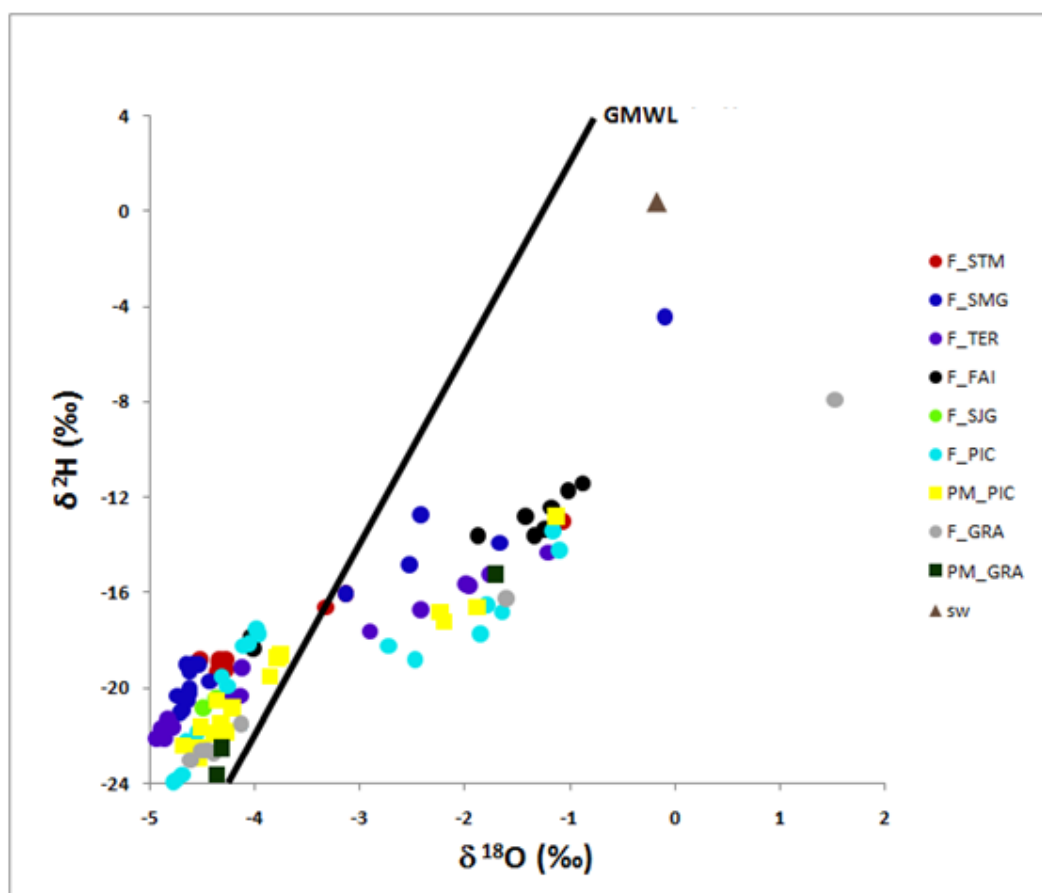


Figura 6.2 | Composição em $\delta^{18}\text{O}$ vs. $\delta^2\text{H}$ nas águas estudadas, mostrando a reta das águas meteóricas mundiais e os efeitos do processo de mistura entre a água doce e salgada.

Para avaliar a influência dos processos de salinização projetou-se a relação entre o conteúdo em $\delta^{18}\text{O}$ e a concentração em cloreto nas águas e, neste gráfico, adicionou-se a linha de mistura binária entre água doce e salgada. Esta linha foi calculada por modelação do processo de mistura, para incrementos de 5% da proporção de um dos termos finais, e tomando em linha de conta como composição isotópica da água da chuva nos Açores os valores apresentados por Coutinho *et al.* (1996). Da projeção mencionada verifica-se que a maiorias das amostras recolhidas nas ilhas do Pico e da Graciosa são representadas junto da reta de mistura, o que comprova a importância deste processo mineralizador nos furos e poços de maré estudados (Fig. 6.3). O mesmo se verifica nalguns dos furos amostrados nas restantes ilhas, embora se observe igualmente algumas amostras que não se conformam a esta tendência, o que indicia a reduzida contribuição da salinização para a respetiva composição química.

Considerando a relação entre o conteúdo em $\delta^2\text{H}$ e a concentração em cloreto alcança-se um padrão gráfico semelhante, embora não tão bem definido (Fig. 6.4).

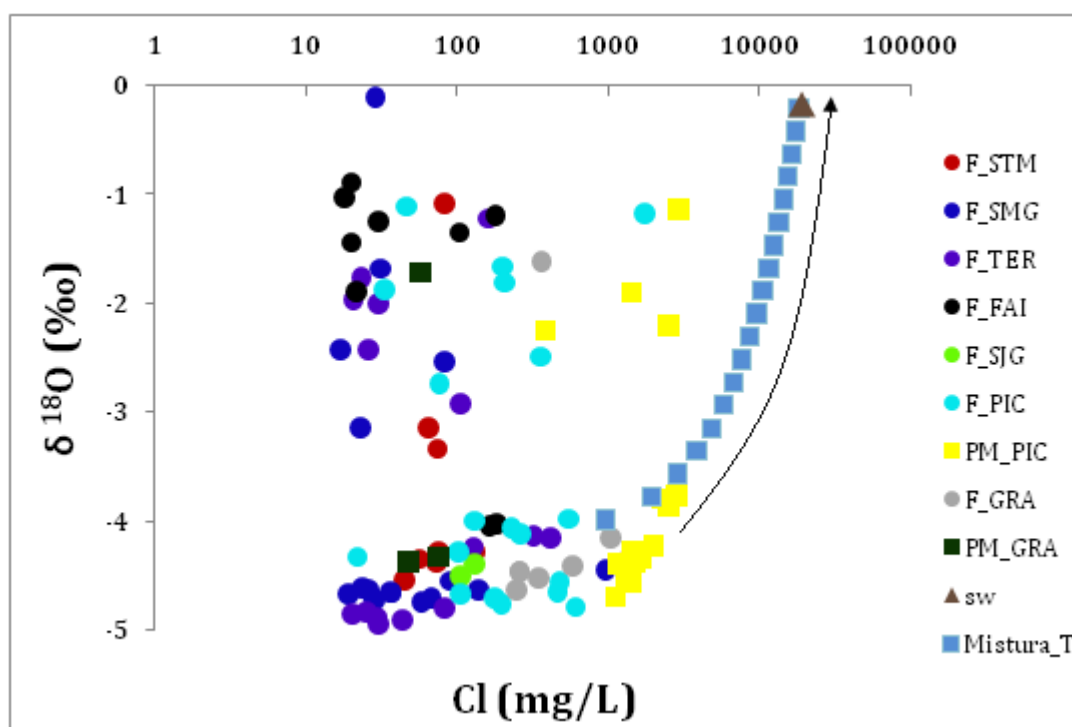


Figura 6.3 | Relação entre o conteúdo em $\delta^{18}\text{O}$ e a concentração em cloreto nas águas estudadas, mostrando a reta teórica de mistura binária entre a água doce e a água do mar.

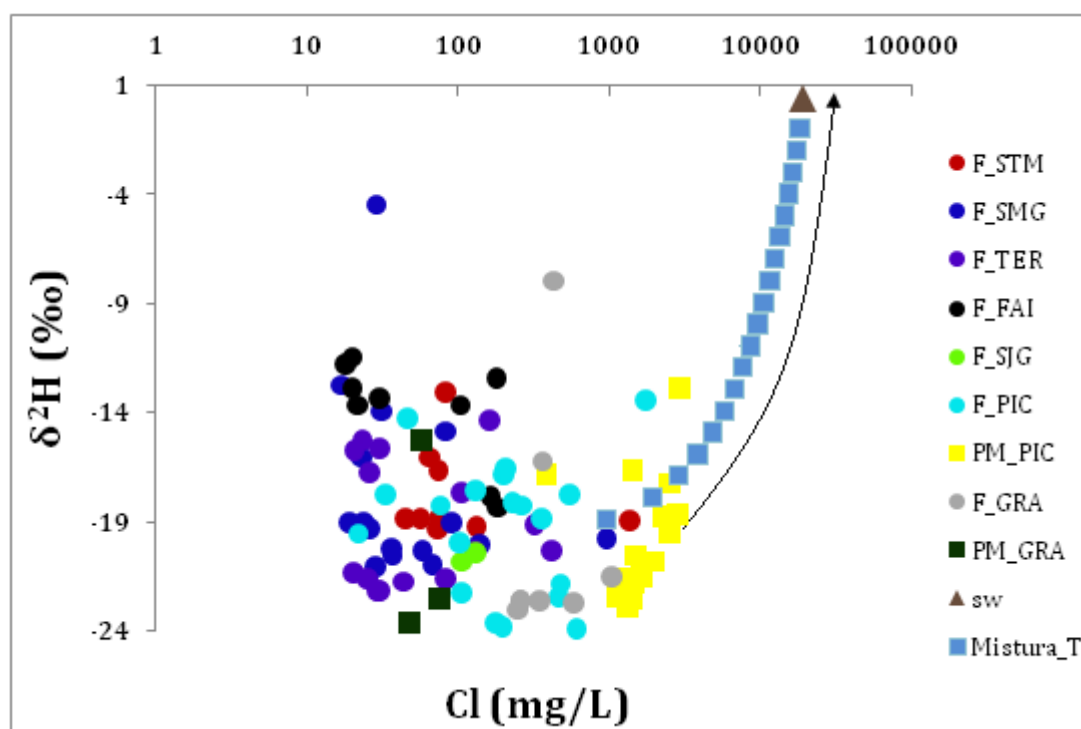


Figura 6.4 | Relação entre o conteúdo em $\delta^2\text{H}$ e a concentração em cloreto nas águas estudadas, mostrando a reta teórica de mistura binária entre a água doce e a água do mar.

Tabela 6.2 | Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e de $\delta^2\text{H}$ determinados em poços de maré e furos na ilha Graciosa.

Ilha	Ref.	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
Graciosa	F_SG1	-23	-4.62
Graciosa	F_JK5	-22.6	-4.46
Graciosa	F_JK1	-22.6	-4.51
Graciosa	F_ITC2	-21.5	-4.14
Graciosa	F_AC3	-7.9	1.52
Graciosa	F_JK4	-22.7	-4.4
Graciosa	F_ITC1	-22.6	-4.45
Graciosa	F_AC2	-16.2	-1.61
Graciosa	PM_Courelas	-23.6	-4.37
Graciosa	PM_Ratinho	-22.5	-4.32
Graciosa	PM_Novo	-15.2	-1.71

Tabela 6.3 | Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e de $\delta^2\text{H}$ determinados em poços de maré e furos na ilha do Pico.

Ilha	Ref.	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
Pico	F_JK1 (SRP)	-23.8	-4.75
Pico	F_JK2 (SRP)	-23.6	-4.7
Pico	F_Ribeiras (SRP)	-14.2	-1.1
Pico	F_Rossas (SRP)	-19.9	-4.27
Pico	F_JM (LP)	-21.8	-4.55
Pico	F_JR (LP)	-18.1	-4.06
Pico	F_JK4 (LP)	-17.7	-3.97
Pico	F_JK3 (LP)	-17.5	-3.99
Pico	F_JK2 (LP)	-18.2	-4.11
Pico	F_JK1 (LP)	-19.5	-4.32
Pico	F_Miragaia (Mad)	-17.7	-1.86
Pico	F_JK1 (Mad)	-18.8	-2.48
Pico	F_AC1 (Mad)	-16.8	-1.65
Pico	F_ITC2 (Mad)	-22.4	-4.64
Pico	F_ITC7 (Mad)	-18.2	-2.73
Pico	F_ITC5 (Mad)	-22.2	-4.66
Pico	F_BSH1 (Mad)	-16.5	-1.8
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	-13.4	-1.17
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	-23.9	-4.78

Pico	PM_Arcos	-21.8	-4.28
Pico	PM_Lajido	-21.9	-4.39
Pico	PM_Cachorro	-22.9	-4.54
Pico	PM_Mourato	-17.2	-2.2
Pico	PM_Aço	-21.6	-4.52
Pico	PM_Ana Clara	-22.4	-4.69
Pico	PM_Guindaste	-20.5	-4.37
Pico	PM_Silveira	-16.8	-2.24
Pico	PM_Furna	-18.7	-3.79
Pico	PM_Gingal	-18.6	-3.76
Pico	PM_Cabrito	-19.5	-3.86
Pico	PM_Frades	-20.8	-4.22
Pico	PM_João Lima	-16.6	-1.89
Pico	PM_Café Concerto	-22.5	-4.55
Pico	PM_Madalena	-21.5	-4.33
Pico	PM_Porto Calhau	-12.8	-1.13

Tabela 6.4 | Valores de $\delta^{18}\text{O}$ e de $\delta^2\text{H}$ determinados em furos nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

Ilha	Ref.	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
Santa Maria	F_Rib ^a do Engenho	-18.8	-4.34
Santa Maria	F_São José	-19.3	-4.37
Santa Maria	F_Covas	-16	-3.14
Santa Maria	F_Ana 1	-16.6	-3.33
Santa Maria	F_Ana 2	-18.8	-4.28
Santa Maria	F_Stº António	-18.8	-4.53
Santa Maria	F_Valverde	-19.2	-4.28
Santa Maria	F_João Luis	-13	-1.07
Santa Maria	F_Hotel Praia de Lobos	-18.9	-4.35
São Miguel	F_JK2	-21	-4.72
São Miguel	F_JK3	-12.7	-2.42
São Miguel	F_Lagoa do Conde 1	-19.3	-4.63
São Miguel	F_Lagoa do Conde 2	-16	-3.14
São Miguel	F_AC1	-14.8	-2.53
São Miguel	F_AC2	-13.9	-1.67
São Miguel	F_AC3	-19	-4.6
São Miguel	F_SL1	-20.5	-4.65

São Miguel	F_Marques	-20.3	-4.74
São Miguel	F_Unileite	-20	-4.63
São Miguel	F_Vieira & Vieira	-19.7	-4.44
São Miguel	F_Tecnovia	-4.4	-0.1
São Miguel	F_Herdeiros	-19	-4.54
São Miguel	F_Solar do Conde	-20.2	-4.64
São Miguel	F_Insulac	-20.9	-4.7
São Miguel	F_CRP	-19	-4.66
Terceira	F_Tapete	-15.2	-1.76
Terceira	F_Santana do Norte	-21.6	-4.83
Terceira	F_Santana	-15.6	-1.99
Terceira	F_Canada do Mato	-22.1	-4.87
Terceira	F_Quatro Canadas	-22.1	-4.94
Terceira	F_Vinha Brava	-16.7	-2.42
Terceira	F_São Mateus	-21.7	-4.9
Terceira	F_Terra Chã	-17.6	-2.91
Terceira	F_Biscoitos	-21.3	-4.84
Terceira	F_Salto de São Brás	-15.7	-1.96
Terceira	F_Covas de São Brás	-21.6	-4.79
Terceira	F_Pico Seleiro	-20.3	-4.23
Terceira	F_Areeiro	-14.3	-1.21
Terceira	F_Barreiro	-19.1	-4.13
Terceira	F_Juncal	-20.3	-4.15
Faial	F_Farrobo	-13.6	-1.34
Faial	F_Areias	-12.8	-1.43
Faial	F_Campo	-13.6	-1.88
Faial	F_Capitão	-11.7	-1.02
Faial	F_Lameiro Grande	-17.8	-4.04
Faial	F_Fonte do Rego	-12.4	-1.18
Faial	F_Cancelas	-18.3	-4.02
Faial	F_Joana Alves	-13.3	-1.24
Faial	F_Praia do Almoxarife	-11.4	-0.88
São Jorge	F_Queimada	-20.4	-4.38
São Jorge	F_Rib ^a do Nabo	-20.8	-4.5

6.2. Isótopos ambientais de ^{87}Sr e ^{11}B

Para efeitos de identificação da origem dos processos de salinização nas ilhas do Pico e da Graciosa efectuaram-se, ainda, determinações da composição isotópica em $\delta^{87}\text{Sr}$ e de $\delta^{11}\text{B}$, assim como dos teores elementares correspondentes. Estas determinações foram realizadas sobre amostras de salinidade diversa (Tabela 6.5). A seleção destes isótopos ambientais resulta das suas virtualidades como traçadores dos processos de salinização da água subterrânea (Forcada *et al.*, 2008; Clark, 2015).

Tabela 6.5 | Valores de $\delta^{87}\text{Sr}$ e de $\delta^{11}\text{B}$ determinados em poços de maré e furos nas ilhas do Pico e da Graciosa. Reportam-se igualmente, as concentrações elementares em boro e estrôncio.

Ilha	Ref.	B ($\mu\text{g/L}$)	Sr ($\mu\text{g/L}$)	$\delta^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (‰)	$\delta^{11}\text{B}$ (‰)
Pico	F_Rossas (SRP)	40.70	56.20	0.706222	37.70
Pico	F_JR (LP)	62.30	114.00	0.706802	37.10
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	439.00	823.00	0.707754	37.80
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	191.00	254.00	0.706495	37.30
Pico	PM_Arcos	424.00	588.00	0.708755	38.40
Pico	PM_Gingal	778.00	1200.00	0.708864	39.20
Pico	PM_Frades	595.00	635.00	0.708819	37.90
Graciosa	F_ITC2	135.00	1090.00	0.705105	39.20
Graciosa	F_AC3	80.60	472.00	0.705131	39.10
Graciosa	F_JK4	103.00	830.00	0.705217	39.90
Graciosa	F_ITC1	64.70	265.00	0.705064	39.10
Graciosa	PM_Ratinho	116.00	132.00	0.705155	27.60

Os valores de $\delta^{87}\text{Sr}$ variam para a ilha do Pico entre 0,706222‰ e 0,708864‰, e para a ilha Graciosa entre 0,705064‰ e 0,705217‰, encontrando-se as concentrações elementares em Sr respetivamente nas gamas entre 56,2 a 1200 $\mu\text{g/L}$ e 132 a 1090 $\mu\text{g/L}$.

Os teores em $\delta^{11}\text{B}$ variam entre 37,1‰ e 39,2‰ para a ilha do Pico, e entre 27,6‰ e 39,2‰ na ilha Graciosa. As concentrações elementares em B nas mesmas ilhas variam respetivamente entre 40,7 e 778 $\mu\text{g/L}$ e entre 64,7 e 135 $\mu\text{g/L}$.

Projetando os teores elementares em Sr e B verifica-se que as concentrações apresentam uma relação linear bem evidente, que marca o grau crescente de mistura

com a água do mar (Fig. 6.5). Nesta última os teores em Sr e B atingem respetivamente 8 ppm e 4,5 ppm (em $H_3BO_{3(total)}$) (Clark, 2015).

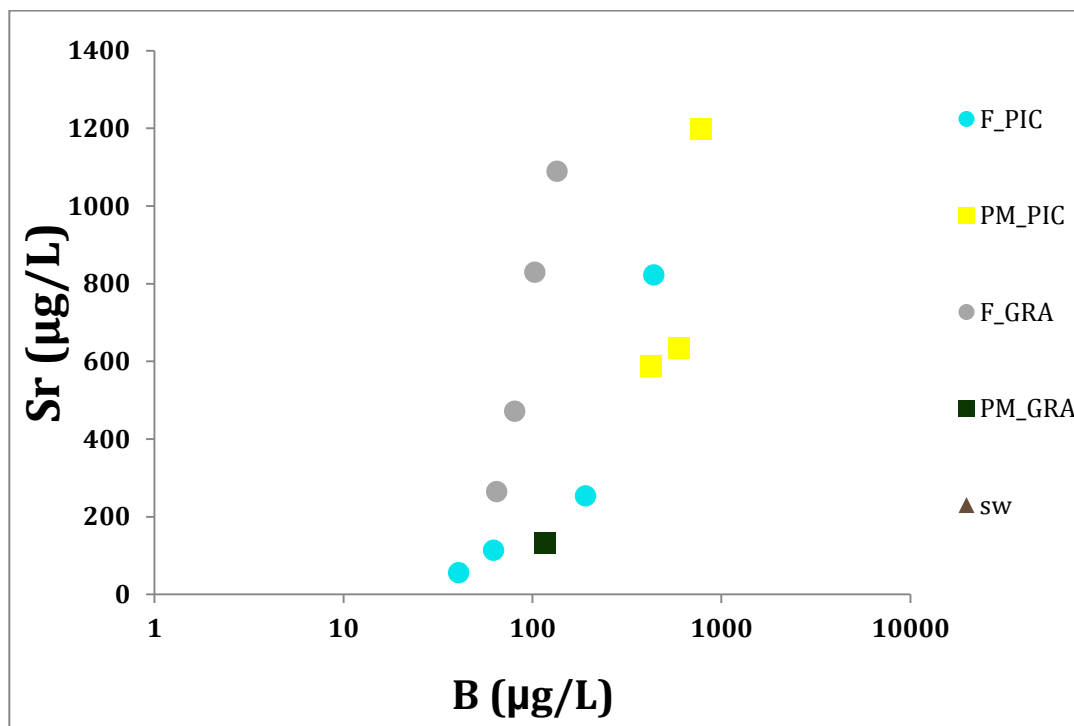


Figura 6.5 | Relação entre as concentrações em Sr e B determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa.

A relação entre os teores em estrôncio e cloreto vs. a composição isotópica em $\delta^{87}Sr$ permite evidenciar uma relação linear bem marcada, que traduz a crescente proporção de mistura com água do mar (Fig. 6.6 e 6.7).

Um padrão gráfico linear semelhante é observável ao projetar os teores elementares em boro e cloreto vs. o $\delta^{11}B$, o que indubitavelmente mostra que a origem da salinização da água subterrânea nas ilhas do Pico e da Graciosa se deve à mistura com água do mar (Fig. 6.8 e 6.9). Uma das amostras recolhida na ilha Graciosa (PM_Ratinho) apresenta um valor distintamente mais baixo que as restantes águas subterrâneas analisadas, sugerindo-se que neste caso, e para além de alguma contribuição de sais marinhos, os principais mecanismos responsáveis pela mineralização das águas estão associado à interação água-rocha e a processos hidrotermais, podendo por comparação referir-se que um conjunto de amostras de águas termais da ilha de São Miguel apresentou valores de $\delta^{11}B$ no intervalo entre -6,2‰ e +3,3‰ (Morell *et al.*, 2008).

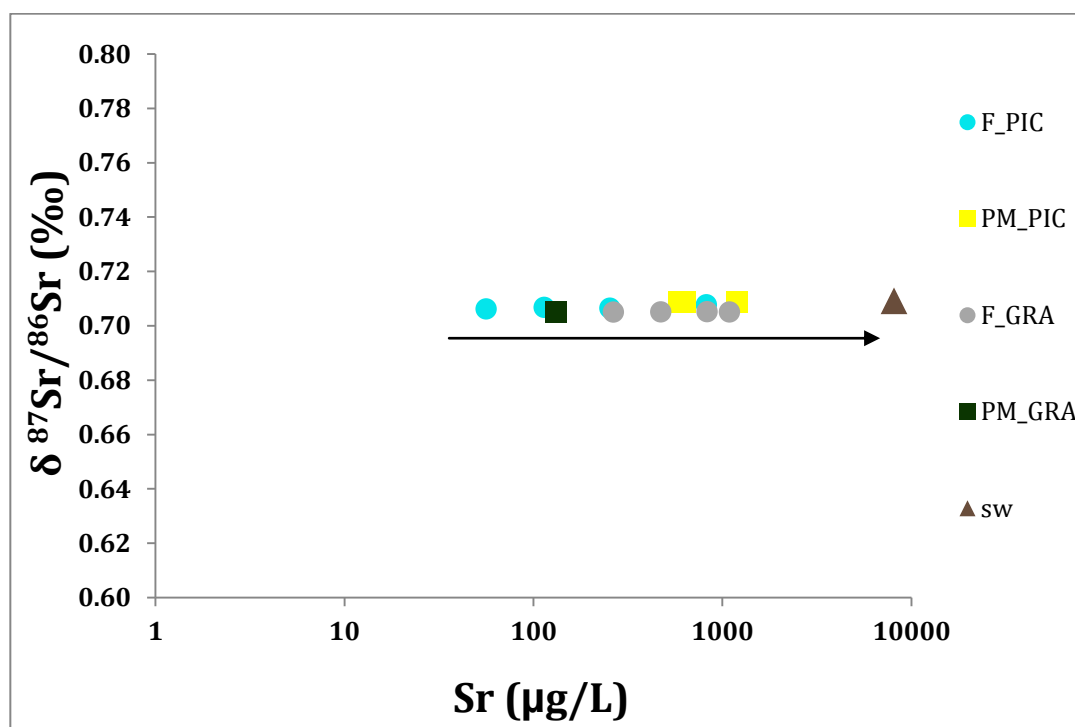


Figura 6.6 | Relação entre as concentrações em Sr e em $\delta^{87}\text{Sr}$ determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa.

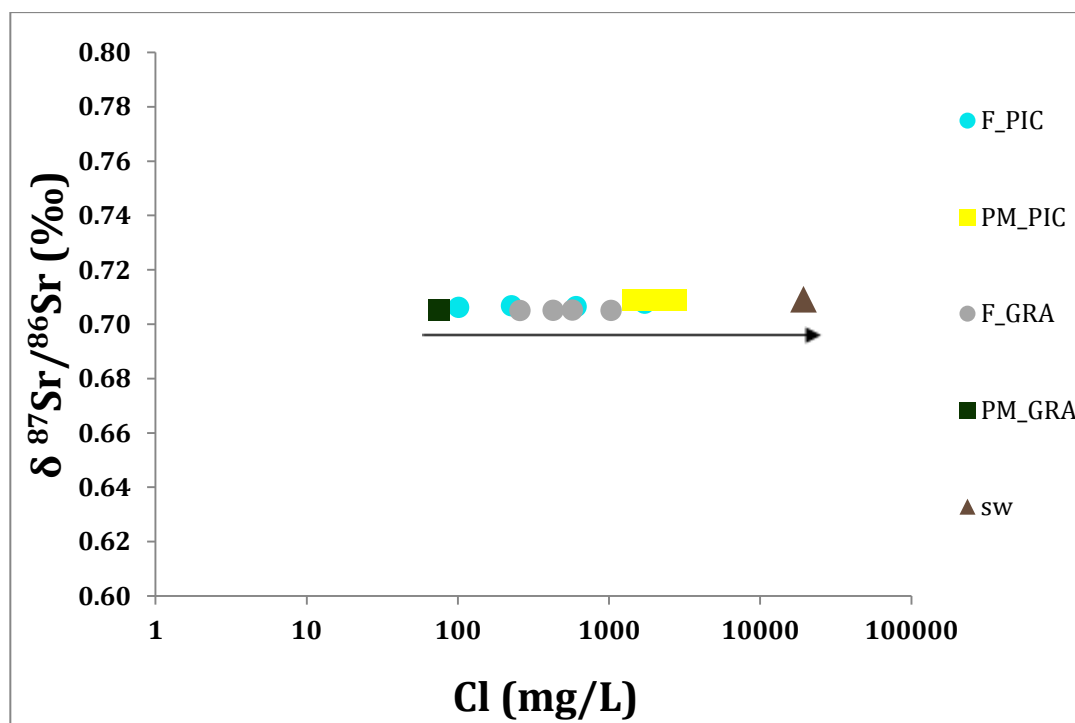


Figura 6.7 | Relação entre as concentrações em Cl e em $\delta^{87}\text{Sr}$ determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa.

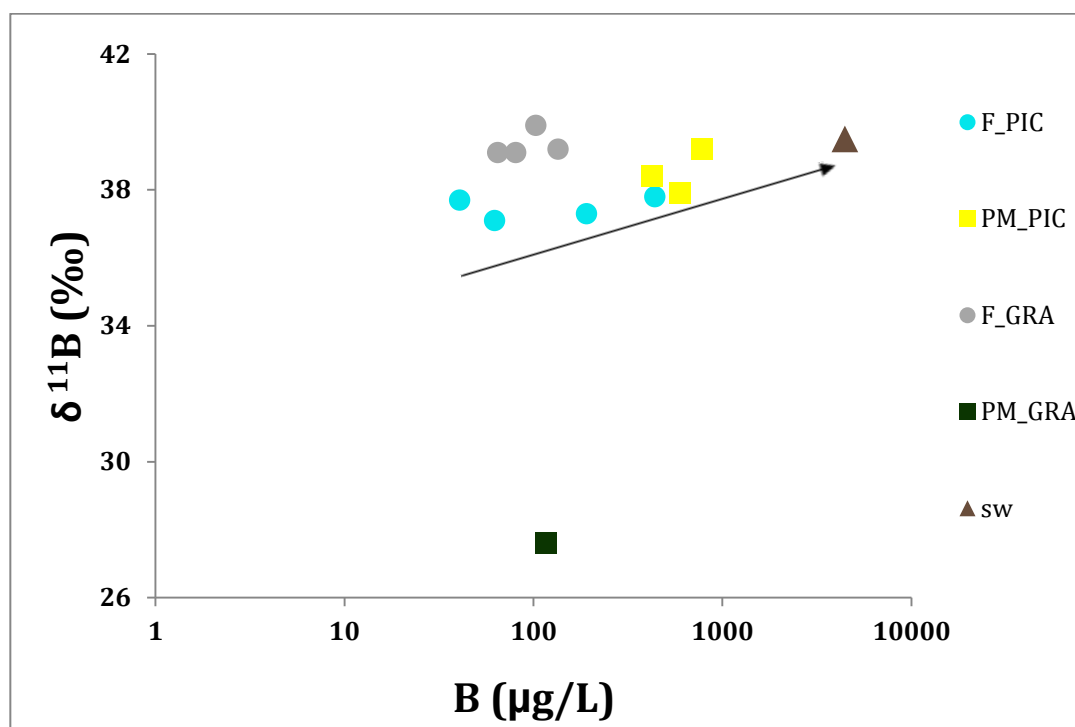


Figura 6.8 | Relação entre as concentrações em B e em $\delta^{11}\text{B}$ determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa.

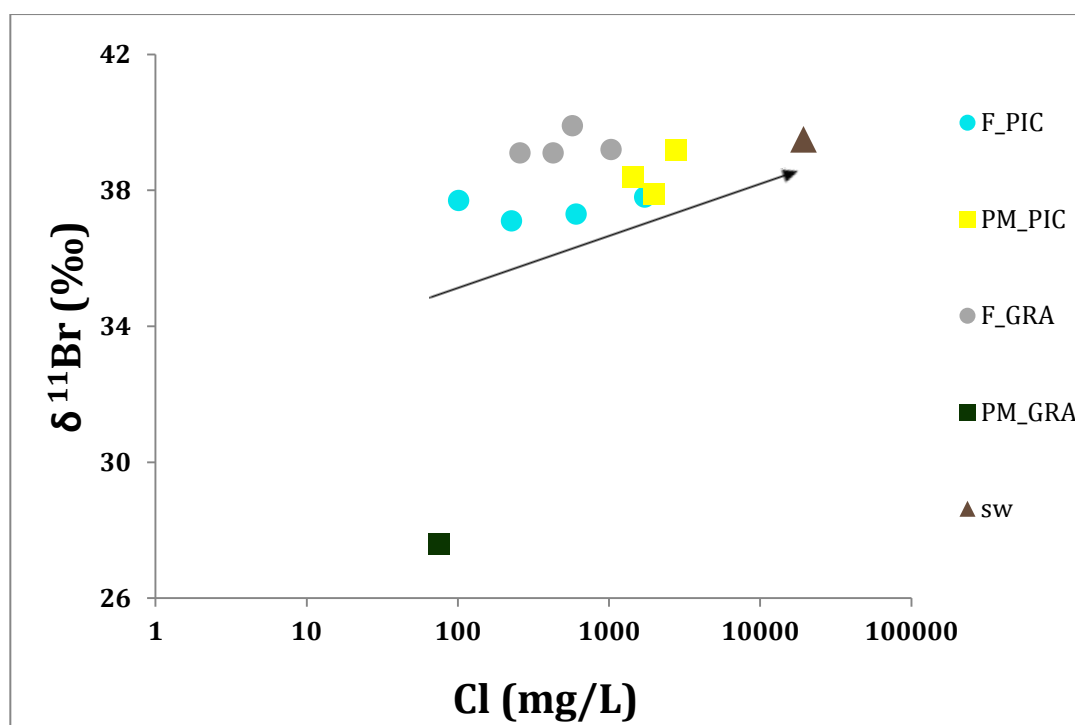


Figura 6.9 | Relação entre as concentrações em Cl e em $\delta^{11}\text{Br}$ determinadas em furos e poços de maré das ilhas do Pico e da Graciosa.

7 | Análise de risco de ocorrência de salinização

Para proceder à análise de risco de ocorrência de salinização em resultado da intrusão marinha recorreu-se ao índice GALDIT que permite estimar a vulnerabilidade face ao referido processo com base em parâmetros hidrogeológicos (Chachadi & Lobo Ferreira, 2001; Lobo Ferreira *et al.*, 2005). Este índice já foi utilizado em ilhas vulcânicas (Novo, 2007; Dorfliger *et al.*, 2011).

O valor global do índice é dado em função dos valores parciais atribuídos a um conjunto de seis parâmetros, ponderados de acordo com a respetiva importância, de acordo com a seguinte expressão numérica e os valores constantes da Tabela 7.1.

$$\text{Índice GALDIT} = \frac{\sum_{i=1}^6 p_i V_i}{\sum_{i=1}^6 p_i}$$

Se os valores apurados para o índice GALDIT são menores ou iguais a 2,5 a vulnerabilidade é reduzida, se estão entre 2,5 e 5 a vulnerabilidade é designada como moderada e se são superiores ou iguais a 7,5 a vulnerabilidade é elevada.

Tabela 7.1 | Lista de parâmetros que compõem o índice GALDIT e respetivos valores e pesos.

Parâmetro	Designação	Valor (V)		Peso (p)
G	Tipo de aquífero	Confinado	10	1
		Livre	7,5	
		Semi-confinado	5	
		Delimitado	2,5	
A	Condutividade hidráulica	Elevada (>40 m/d)	10	3
		Mediana (10-40 m/d)	7,5	
		Reduzida (5-10 m/d)	5	
		Muito reduzida (< 5 m/d)	2,5	
L	Altura do nível de água acima do	Muito reduzida (< 1 m)	10	4
		Medianamente reduzida (1-1,5 m)	7,5	

	n.m.a.m.	Mediana (1,5-2 m)	5	
		Elevada (> 2,5)	2,5	
D	Distância à linha de costa	Muito curta (< 500 m)	10	4
		Curta (500-750 m)	7,5	
		Mediana (750-1000 m)	5	
		Afastado (> 1000 m)	2,5	
I	Impacto do estado atual da intrusão salina na região	Elevado (> 200 mg Cl ⁻ /L)	10	1
		Mediano (100-200 mg Cl ⁻ /L)	7,5	
		Reduzido (50-100 mg Cl ⁻ /L)	5	
T	Espessura do aquífero	Elevada (> 10m)	2,5	2
		Mediana (7,5-10 m)	5	
		Reduzida (5-7,5 m)	7,5	
		Muito reduzida (< 5 m)	10	

Os resultados da aplicação deste método ao caso de estudo das ilhas Graciosa e do Pico, com base na informação hidrogeológica existente (Cruz, 1997; DROTRH-INAG, 2001; AHA-DRA, 2011), encontram-se sistematizados nas Tabelas 7.2 e 7.3. Para os furos foi estimado o valor específico do índice GALDIT (Tabela 7.4 e 7.5).

Nas Figuras 7.1 e 7.2 procedeu-se à representação espacial dos valores, excluindo no caso da ilha Graciosa a área em que afloram as massas de água Sequência Hidromagmática e Compósito onde não se espera que venham a ser efetuadas captações de água subterrânea para uso humano. Em ambos os casos e para efeitos de representação gráfica, nomeadamente visando obter uma melhor separação das faixas 750-1000 m e > 1000 m de distância ao mar, em que o resultado final aponta para vulnerabilidade moderada, optou-se por usar a mesma cor mas com transparência. No caso da ilha do Pico considerou-se uma faixa de 3000 m de distância máxima ao mar como limite interior, visto que não se espera que venham a ser perfuradas captações fora desta zona, na metade ocidental da ilha, enquanto na metade este apenas se representou uma faixa até 1000 m.

Tabela 7.2 | Resultados do índice GALDIT na ilha Graciosa.

Distância ao mar (m)	Parâmetros						Final
	G	A	L	D	I	T	
0 - 500	7.5	30	40	40	7.5	5	8.7
500 - 750	7.5	30	40	30	7.5	5	8.0
750 - 1000	7.5	30	40	20	7.5	5	7.3
> 1000	7.5	30	30	10	7.5	5	6.0

Tabela 7.3 | Resultados do índice GALDIT na ilha do Pico.

Distância ao mar (m)	Parâmetros						Final
	G	A	L	D	I	T	
0 - 500	7.5	30	40	40	7.5	5	8.7
500 - 750	7.5	30	40	30	7.5	5	8.0
750 - 1000	7.5	30	30	20	7.5	5	6.7
> 1000	7.5	30	20	10	7.5	5	5.3

Tabela 7.4 | Resultados do índice GALDIT para os furos de que dispõe de informação hidrogeológica na ilha Graciosa.

Ponto de Amostragem	Parâmetros						Final
	G	A	L	D	I	T	
F_JK5	7.5	10	10	2.5	10	10	7.83
F_JK1	7.5	10	10	2.5	10	10	7.83
F_AC3	7.5	10	7.5	2.5	10	2.5	6.17
F_JK4	7.5	10	10	2.5	10	2.5	6.83
F_AC2	7.5	10	5	2.5	10	2.5	5.50
PM_Poço Courelas	7.5	10	10	2.5	2.5	5	6.67
PM_Poço Ratinho	7.5	10	10	2.5	5	5	6.83
PM_Poço Novo	7.5	10	10	2.5	5	5	6.83

Tabela 7.5 | Resultados do índice GALDIT para os furos de que dispõe de informação hidrogeológica na ilha do Pico.

Ponto de Amostragem	Parâmetros						Final
	G	A	L	D	I	T	
F_JK1 (SRP)	7.5	10	7.5	2.5	7.5	2.5	6.00
F_JK2 (SRP)	7.5	10	2.5	2.5	7.5	2.5	4.67
F_Rossas (SRP)	7.5	10		2.5	7.5	7.5	4.67
F_JR (LP)	7.5	10	10	2.5	10	2.5	6.83
F_JK4 (LP)	7.5	10	2.5	2.5	10	2.5	4.83

F_JK3 (LP)	7.5	10	2.5	10	7.5	2.5	6.67
F_JK2 (LP)	7.5	10	2.5	10	10	2.5	6.83
F_JK1 (LP)	7.5	10	2.5	10	2.5	2.5	6.33
F_JK1 (Mad)	7.5	10	10	2.5	10	2.5	6.83
F_AC1 (Mad)	7.5	10	10	2.5	7.5	2.5	6.67
F_ITC2 (Mad)	7.5	10	10	2.5	10	10	7.83
F_ITC7 (Mad)	7.5	10	5	2.5	5	2.5	5.17
F_ITC5 (Mad)	7.5	10	10	2.5	7.5	1.5	6.53
F_BSH1 (Mad)	7.5	10	2.5	7.5	10	2.5	6.17
F_BSH2 SM (Mad)	7.5	10	10	10	10	5	9.17
F_BSH2 CB (Mad)	7.5	10	10	2.5	10	2.5	6.83
PM_Arcos	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Lajido	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Cachorro	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Mourato	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Aço	7.5	10	10	5	10	5	7.83
PM_Ana Clara	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Guindaste	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Silveira	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Furna	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Gingal	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Cabrito	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Frades	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_João Lima	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Café Concerto	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Madalena	7.5	10	10	10	10	5	9.17
PM_Porto Calhau	7.5	10	10	10	10	5	9.17

Os resultados obtidos evidenciam que em ambos os casos a faixa costeira até uma distância de 750 m da linha de costa tem vulnerabilidade máxima face ao processo de intrusão salina, enquanto para o interior a vulnerabilidade é moderada. Os resultados obtidos são compatíveis na generalidade dos casos com os valores pontuais obtidos para os furos e poços de maré, com algumas exceções que se podem atribuir à influência da própria construção das captações, assim como realçam o risco elevado de salinização da água subterrânea nas ilhas do Pico e da Graciosa resultante de intrusão salina.

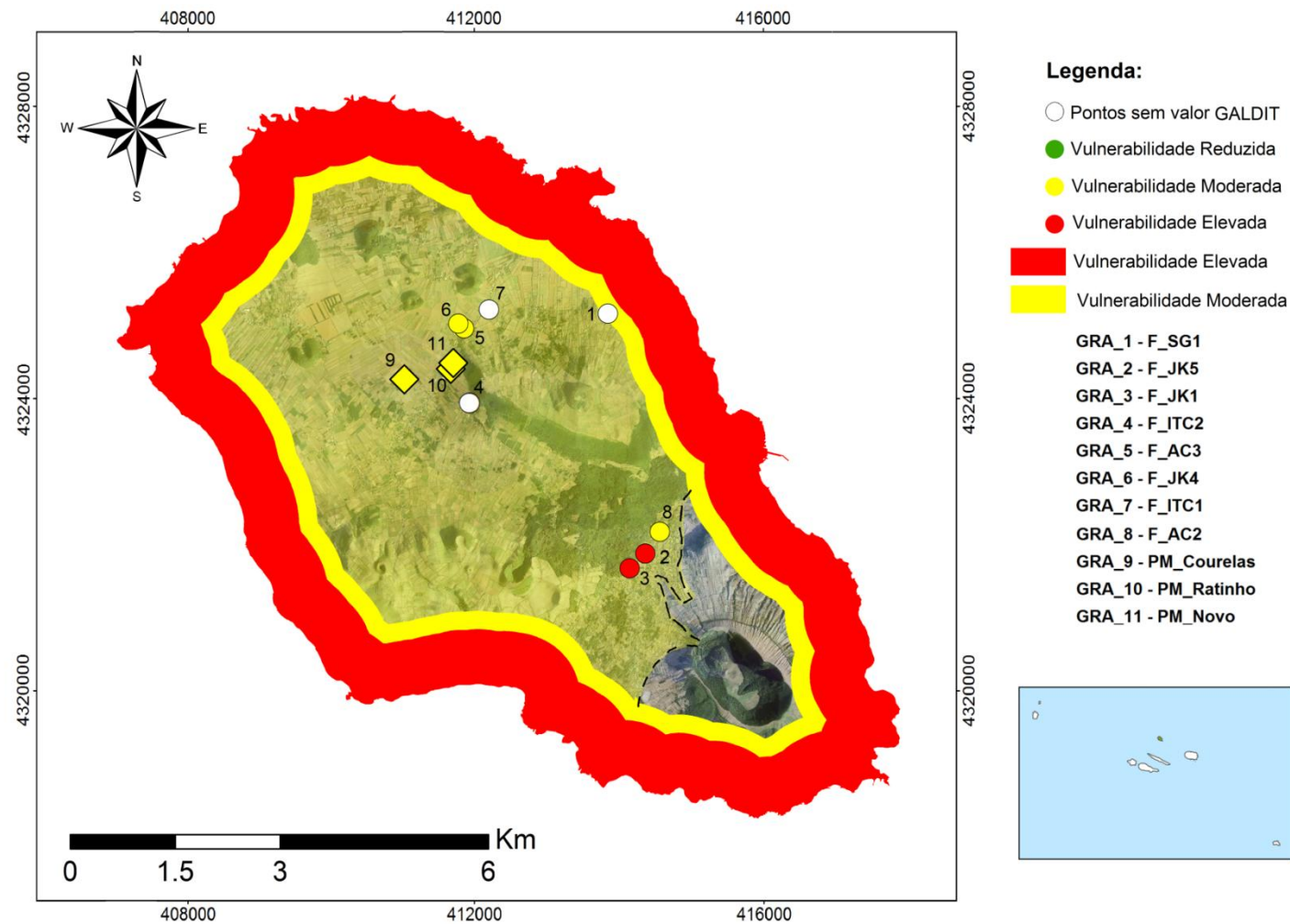


Figura 7.1 | Representação espacial dos valores de vulnerabilidade GALDIT na ilha Graciosa.

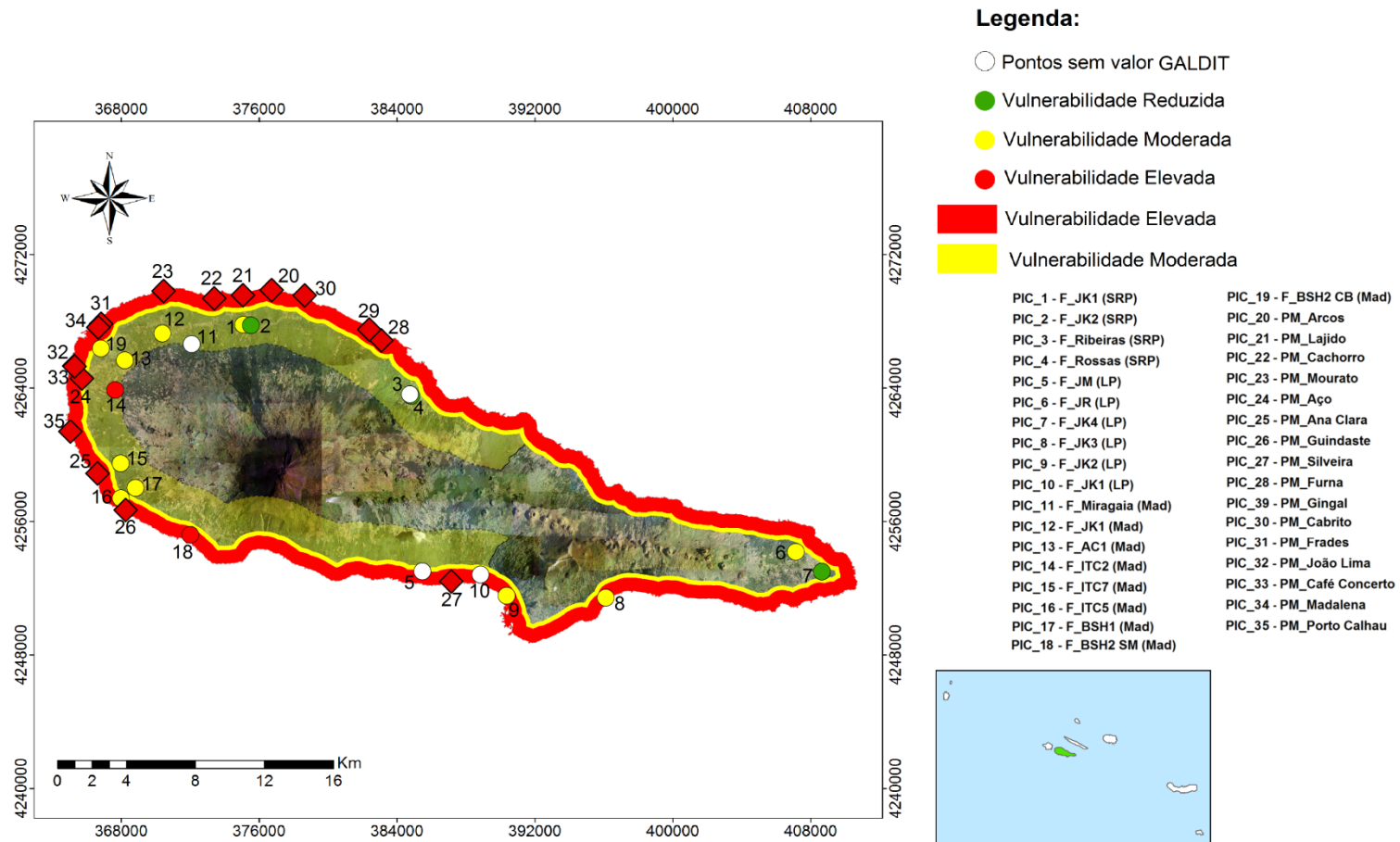


Figura 7.2 | Representação espacial dos valores de vulnerabilidade GALDIT na ilha do Pico.

8 | Proposta de rede de monitorização específica

A monitorização da água subterrânea tem como objetivo proporcionar um conhecimento sobre o estado daquele recurso, na vertente quantitativa e qualitativa, o que se revela de grande importância em face da crescente pressão antropogénica sobre os aquíferos.

No caso vertente, a rede agora proposta visa acompanhar a evolução da salinização da água subterrânea nas ilhas do Pico e da Graciosa. Ressalva-se que a necessidade do estabelecimento de redes de monitorização devotadas ao controlo de parâmetros físicos e químicos das águas diretamente relacionados com a salinização da água subterrânea já estava reconhecida nos estudos de base do Plano Regional da Água dos Açores, em que se preconizavam redes de monitorização específica visando a mitigação dos resultados adversos decorrentes da salinização da água por mistura com sais de origem marinha, e que se deveriam conjugar com eventuais zonas de proteção especial delineadas para prevenir o avanço da cunha salina tal como previstas no Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de setembro.

Por outro lado, a ausência de redes de monitorização da água subterrânea correspondia a uma das principais lacunas de conhecimento então identificadas no decurso da elaboração do Plano Regional da Água (DROTRH-INAG, 2001).

Na definição das redes de monitorização deve ser dada especial atenção ao definido na Diretiva Quadro da Água (Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro) de 23 de outubro de 2000, que requer uma rede operativa cuja densidade de pontos de água seja tal que permita avaliar o nível freático de cada massa de água ou grupo de massas de água subterrânea, e em que a frequência de observações seja programada atendendo às variações da recarga.

A Diretiva Quadro da Água dispõe no seu art.º 8.º que os Estados-Membros deviam garantir até 2006 a elaboração 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, e em 2009 a evolução dos trabalhos foi avaliada pelos serviços da Comissão Europeia (CEC, 2009a, 2009b). 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.

Para a monitorização qualitativa é disposto que a rede deverá ser desenhada visando proporcionar uma caracterização hidrogeoquímica completa, em cada bacia hidrográfica, e detetar eventuais acréscimos dos teores de poluentes derivados da ação antrópica, mediante programas de monitorização de vigilância e operacional. De acordo com a Diretiva n.º 2006/118/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de dezembro, relativa à proteção da água subterrânea contra a poluição e deterioração, transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro, os resultados da monitorização são elemento fundamental da avaliação do estado químico das massas de água subterrânea.

A publicação da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, vulgo Lei da Água, que transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, datada de 23 de outubro, designada por DQA, observou todas as questões relacionadas com a monitorização das águas subterrâneas decorrentes do instrumento legal originário.

O Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, que complementa a transposição para o direito interno da Diretiva-Quadro da Água, iniciada com a designada Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro), procede ao enquadramento dos programas de monitorização das massas de água subterrânea (Anexo VII da legislação). 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. Um estudo aprofundado dos objetivos e principais aspetos metodológicos foi reportado pela Comissão Europeia (CEC, 2003, 2007).

Os programas de monitorização de vigilância devem ser desenvolvidos na observância das seguintes linhas enquadradoras:

- 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: (a) massas de água consideradas em risco na sequência da caracterização efetuada nos termos do Anexo II da legislação; (b) massas de água que atravessem a fronteira de um Estado-Membro;
- Os parâmetros fundamentais a monitorizar são o teor de oxigénio, pH, condutividade, 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.

No contexto do enquadramento legal supramencionado, a monitorização operacional é realizada nos intervalos entre os períodos de execução dos programas de monitorização de vigilância, com uma frequência suficiente para determinar o impacto das pressões em causa, e tem como linhas de ação:

- Determinar o estado químico de todas as massas ou grupos de massas de águas subterrâneas identificadas como estando em risco;
- Determinar a presença de eventuais tendências a longo prazo, antropogenicamente induzidas, 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 igual a 1 ano;
- 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.

Na sequência das exigências colocadas pela legislação comunitária e nacional, e no âmbito dos trabalhos preparatórios da elaboração do Plano de Gestão de Região Hidrográfica, e nomeadamente no que concerne aos 1.º e 2.º ciclos de planeamento, o primeiro dos quais já concluído e o segundo em fase final de desenvolvimento, foram analisados criticamente os programas de monitorização em curso nas ilhas do Pico e da Graciosa, excluindo-se do âmbito do presente trabalho o aprofundamento desta temática.

No presente relatório propõe-se uma rede de monitorização específica para acompanhar a evolução do processo de salinização da água subterrânea nas ilhas da Graciosa e do Pico, complementar da monitorização de vigilância levada a cabo na Região Hidrográfica dos Açores pelas autoridades competentes.

A seleção dos pontos de monitorização, entre poços de maré e furos de captação em ambas as ilhas, teve em consideração englobar todos os locais onde a percentagem de mistura com a água do mar seja superior a 0,5%. Neste contexto, a proposta de rede para cada uma das ilhas engloba os pontos listados nas Tabelas 8.1 e 8.2 (Fig. 8.1 e 8.2). Para a definição da rede tomaram-se ainda em linha de conta aspetos logísticos e a avaliação qualitativa dos custos económicos associados, na medida que se procurou minimizar o número de dias de trabalho de campo necessários para efetuar as amostragens e o número de parâmetros a observar.

Tabela 8.1 | Localização da rede de monitorização proposta para a ilha Graciosa

Nome	Ilha	Concelho	Coordenadas	
			M	P
F_SG1	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	413944	4325076
F_JK5	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	414455	4321798
F_JK1	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	414243	4321597
F_ITC2	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	412047	4323852
F_AC3	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	411975	4324874
F_JK4	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	411897	4324939
F_ITC1	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	412317	4325132
F_AC2	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	414654	4322096

Tabela 8.2 | Localização da rede de monitorização proposta para a ilha do Pico.

Nome	Ilha	Concelho	Coordenadas	
			M	P
F_JK1 (SRP)	Pico	São Roque	375558	4266917
F_JK2 (SRP)	Pico	São Roque	375990	4266882
F_JM_(LP)	Pico	Lajes do Pico	385682	4252986
F_JR (LP)	Pico	Lajes do Pico	406775	4254111
F_JK4 (LP)	Pico	Lajes do Pico	408253	4252991
F_JK3 (LP)	Pico	Lajes do Pico	396041	4251519
F_JK2 (LP)	Pico	Lajes do Pico	390467	4251594
F_JK1 (Mad)	Pico	Madalena	370987	4266430
F_AC1 (Mad)	Pico	Madalena	368866	4264904
F_ITC2 (Mad)	Pico	Madalena	368323	4263228
F_ITC5 (Mad)	Pico	Madalena	369477	4257696
F_BSH1 (Mad)	Pico	Madalena	368648	4257115

F_BSH2 SM (Mad)	Pico	Madalena	372564	4255049
F_BSH2 CB (Mad)	Pico	Madalena	367520	4265583
PM_Arcos	Pico	São Roque	377156	4268877
PM_Lajido	Pico	São Roque	375543	4268586
PM_Cachorro	Pico	São Roque	373915	4268408
PM_Mourato	Pico	Madalena	371062	4268826
PM_Aço	Pico	Madalena	366448	4263878
PM_Ana Clara	Pico	Madalena	367322	4258515
PM_Guindaste	Pico	Madalena	368912	4256448
PM_Silveira	Pico	Lajes do Pico	387313	4252410
PM_Gingal	Pico	São Roque	382682	4266652
PM_Cabrito	Pico	São Roque	379033	4268571
PM_Frades	Pico	Madalena	367530	4266966
PM_João Lima	Pico	Madalena	366010	4264586
PM_Porto Calhau	Pico	Madalena	365796	4260885

A lista de parâmetros/espécies químicas a monitorizar (Tabela 8.3) é composta apenas pela condutividade elétrica e o anião cloreto, ambos aliás contemplados na lista de poluentes inerentes à determinação do estado químico das massas de água subterrânea de acordo com o Decreto-Lei 208/2008, de 28 de outubro. Os parâmetros propostos são ambos indicadores de processos de salinização, quer no que concerne à aferição da mineralização total da água, no caso da condutividade elétrica, quer no que respeita ao cloreto, que corresponde a um ião conservativo marcador da mistura com água salgada.

Tabela 8.3 | Lista de parâmetros e espécies químicas a monitorizar (lista de métodos analíticos aconselhados modificada do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto; especificações de acordo com o Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto).

Parâmetro/Espécie	Periodicidade	Métodos aconselhados	Especificações		
			LD	P	E
Condutividade elétrica	Semestral	Eletrometria	10	10	10
Cloreto (Cl ⁻)	Semestral	Titulação (método de Mohr) Espectrometria de absorção molecular Cromatografia iónica	10	10	10

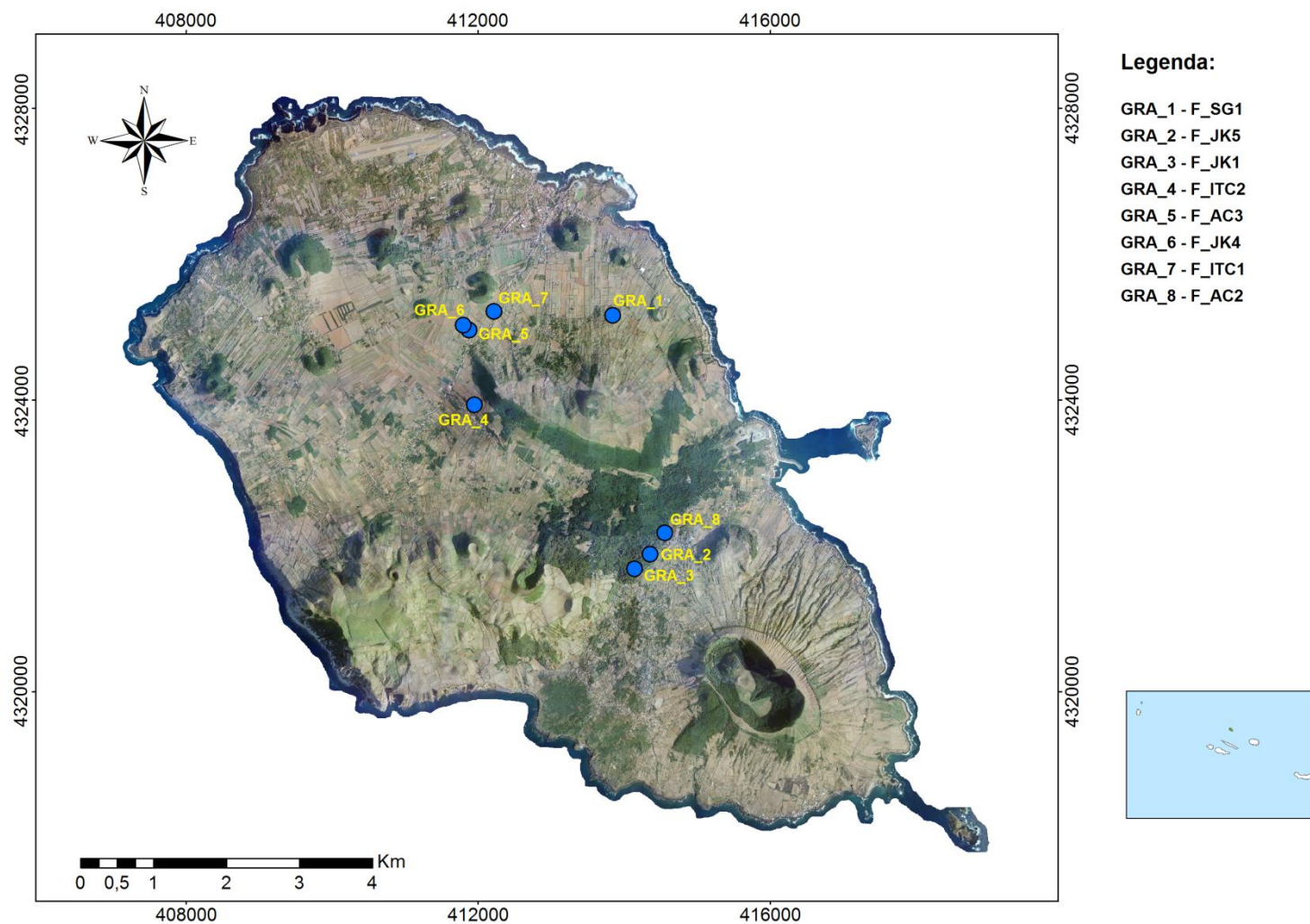


Figura 8.1 | Localização da rede proposta de monitorização dos efeitos da intrusão salina na ilha Graciosa.

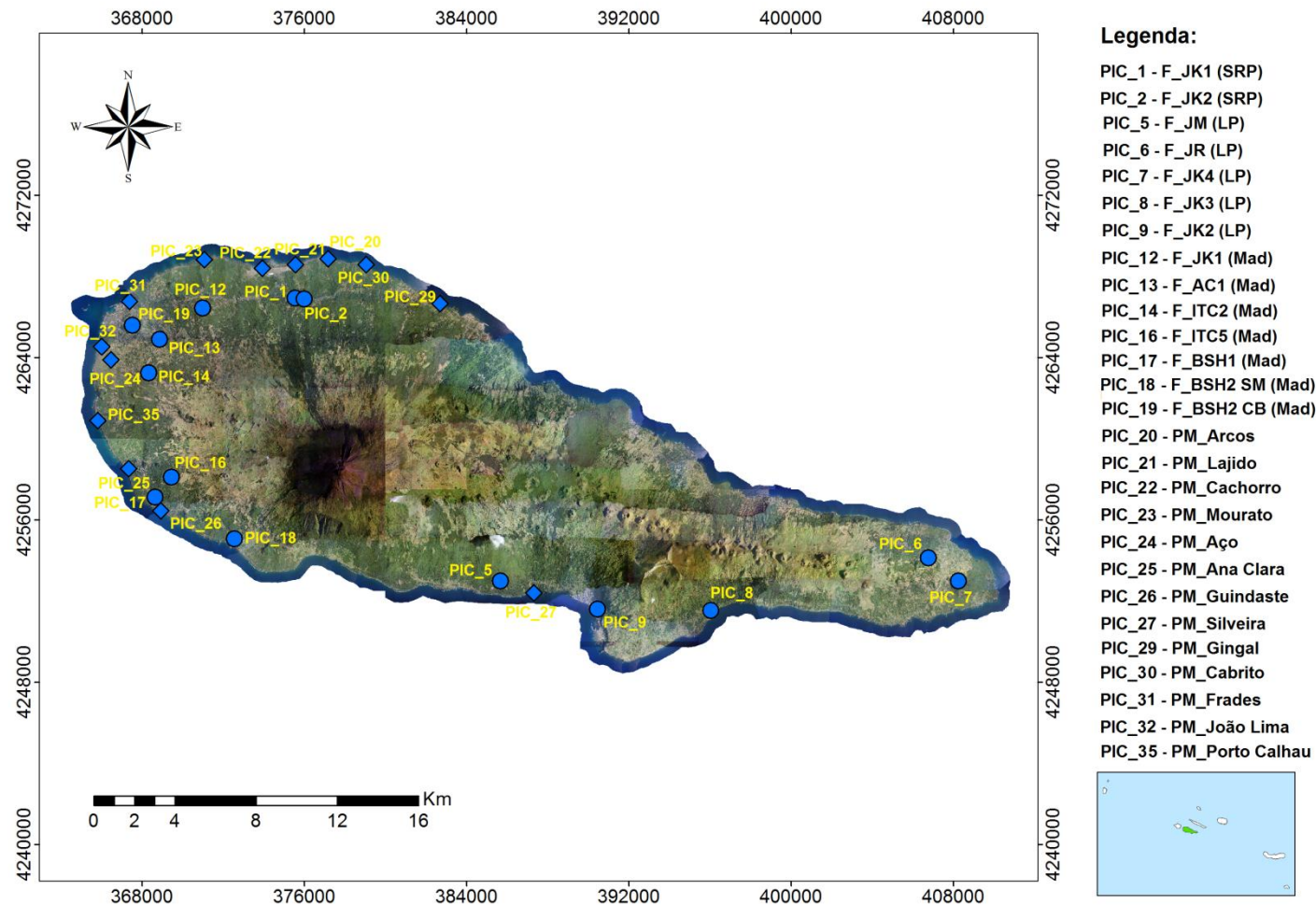


Figura 8.2 | Localização da rede proposta de monitorização dos efeitos da intrusão salina na ilha do Pico.

9 | Referências Bibliográficas

- 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.
- AHA/DRA, 2011. Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores - RH9. Versão para consulta pública. AHA-DRA, Ponta Delgada, 5409 pp.
- Aiuppa, A., Allard, P., D'Alessandro, W., Michel, A., Parello, F., Treuil, M. & Valenza, M. (2000) - Mobility and fluxes of major, minor and trace metals during basalt weathering and groundwater transport at Mt. Etna volcano (Sicily). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64, pp. 1827-1841.
- Assunção, C.T. & 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, 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, 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.
- 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.
- CEC (2003) - Monitoring under the Water Framework Directive. Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No 7, European Commission, Bruxelles, 160 p.
- CEC (2007) – Guidance on groundwater monitoring. Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No 15, European Commission, Bruxelles, 54 pp.
- CEC (2009a) - COM(2009) 156 final - Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho, nos termos do n.º 3 do artigo 18.º da Directiva-Quadro Água 2000/60/CE, sobre os programas de monitorização do estado da água. Comissão Europeia, Bruxelas, 6 pp.
- CEC (2009b) - SEC(2009)415 – Documento de apoio ao Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho, nos termos do n.º 3 do artigo 18.º da Directiva-Quadro Água 2000/60/CE, sobre os programas de monitorização do estado da água. Comissão Europeia, Bruxelas, 86 pp.
- Chachadi A.G. & Lobo-Ferreira, J.P (2001), Sea water intrusion vulnerability mapping of aquifers using GALDIT method. *Proc. Workshop on modelling in hydrogeology*, Anna University, Chennai, pp.143-156.

- 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.
- Clark, I. & Fritz, P. (1997) – Environmental isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, Boca Raton, 328 pp.
- Clark, I. (2015) – Groundwater geochemistry and isotopes. CRC Press, Boca Raton, 438 pp.
- Coutinho, R. (2000) - Elementos para a monitorização sismovulcânica da ilha do Faial (Açores): caracterização hidrogeológica e avaliação de anomalias de Rn associadas a zonas de degaseificação. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 342 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., Antunes, P. & Freire, P. (2008) – Perímetros de protecção às captações de água subterrânea – Pico – Relatório final. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 36 pp.
- Coutinho, R., Carreira, P.M., Almeida, C., Monge Soares, A.M., Vieira, M.C.R., Carvalho, M.R. & Cruz, J.V. (1996) – Estudo isotópico dos sistemas aquíferos do maciço das Sete Cidades, S. Miguel – resultados Preliminares. Recursos Hídricos, 17: 25-32.
- Craig, H. (1961) – Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural waters. Science, 133: 1833-1834.
- 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. (2001a) – Recursos Subterrâneos. Plano Regional da Água da Região Autónoma dos Açores. 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. (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., 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., Coutinho, R., Pacheco, D., Cymbron, R., Antunes, P., Freire, P., & 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. & Anglade, J. (2010b) – 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., Freire, P. & Costa, A. (2010c) - 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.
- Custódio, E. & Llamas, M.R. (1983) – *Hidrologia Subterranea*. Omega S.A., Barcelona, 2350 pp.
- Dorfliger, N., Dumon, A., Aunay, B. & Picot, G. (2011) - Influence de la montée du niveau de lamer sur le biseau salin des aquifères côtiers des DROM/COM. *Action BRGM ONEMA N.º 23 2011, Rapport Final*, BRGM, Orléans, 209 pp.
- DROTRH-INAG (2001) *Plano Regional da Água. Relatório técnico. Versão para consulta pública*. DROTRH-INAG, Ponta Delgada, 414 pp.
- DROTRH (2006) – *Relatório síntese de caracterização da Região Hidrográfica, Arquipélago dos Açores, Portugal*. DROTRH, Ponta Delgada, 91 pp.
- Feraud, G., Kaneoka, J. & Allegre, C. (1980) - K/Ar ages and stress pattern in the Azores: Geodynamic implications. *Earth Planet. Sci. Letters*, 46, p. 275-286.
- Ferreira, J.P.L. (1991) - *Plano para a gestão dos recursos hídricos da ilha de S. Miguel. Avaliação da recarga dos aquíferos da ilha de S. Miguel. Relatório 239/91* - GIAS, LNEC, Lisboa, 86 pp.

- Fontes, J.C. (1980) – Environmental isotopes in ground water hydrology. In: Fritz, P. & Fontes, J.C. (ed), Handbook of environmental isotope geochemistry, Elsevier, 75-134.
- Forcada, G.E. & Morell, I. (2008) - Contributions of boron isotopes to understanding the hydrogeochemistry of the coastal detritic aquifer of Castellón Plain, Spain. Hydrogeology Journal, 16: 547-557
- 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.
- França, Z., Cruz, J.V. Nunes, J.C. & Forjaz, V.H. (2005) - Geologia dos Açores: uma perspectiva actual. Açoreana, 140 pp.
- Freeze, R.A. & Cherry, J.A. (1979) – Groundwater. Prentice-Hall, New Jersey, 604 pp.
- 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. (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.
- 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., Queiroz, G., Pacheco, J.M., Ferreira, T., Wallenstein, N., Almeida, M.H. & Coutinho, R. (2003) - Basaltic lava ballons 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.
- Gat, J.R. (1981) – Groundwater. In: Gat, J.R. & Gonfiatini, R. (ed), Stable isotope hydrology, IAEA, Vienna, 223-240.
- Gonfiatini, R. & Araguas, L.A. (1988) – Los isótopos ambientales en el estudio de la intrusion marina. TIAC ((, Granada, Espanha, 135-190.
- 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.

- Krásný, J. (1993) - Classification of transmissivity magnitude and variation. *Ground Water*, 31, pp. 230-236.
- Lobo Ferreira, J.P., Chachadi, A.G., Diamantino, C. & Henriques, M.J. (2005) - Assessing aquifer vulnerability to seawater intrusion using GALDIT method: Part 1 - Application to the Portuguese Aquifer of Monte Gordo. Atas do "The Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources", Guimarães, 12 pp.
- 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 no ramo de Geologia, especialidade em Geodinâmica Interna. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 428 p.
- 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.
- Moore, R.B. (1990) Volcanic geology and eruption frequency, São Miguel, Azores. *Bull. Volcanol.* 52: 602-614.
- Morell, I., Pulido-Bosch, A., Daniele, L. & Cruz, J.V. (2008) – Chemical and isotopic assessment in volcanic thermal waters: cases of Ischia (Italy) and São Miguel (Azores, Portugal). *Hydrological Processes*, 22: 4386-4399.
- 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. & 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.
- Novo, M. E. (2007) – Alterações Climáticas e Seus Impactos nos Recursos Hídricos Subterrâneos em Ilhas de Pequena Dimensão (Caso de Estudo: Açores – Ilha Terceira). Tese de dissertação de doutoramento em Engenharia do Ambiente, especialidade em Engenharia do Ambiente, Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias.
- Nunes, J.C. (1999) – A actividade vulcânica na ilha do Pico do plistocénico 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.
- Nunes, J.C., França, Z, Cruz, J.V., Carvalho, M.R. & Serralheiro, A. (1999a) - Carta vulcanológica da ilha do Pico (Açores) - Versão preliminar. Departamento de Geociências, Universidade dos Açores, Ponta Delgada.
- Nunes, J.C., França, Z, Cruz, J.V., Carvalho, M.R. & Serralheiro, A. (1999b) - Carta Morfotectónica da ilha do Pico (Açores) - Versão preliminar. Departamento de Geociências, Universidade dos Açores, Ponta Delgada.

Pacheco, J.M., T. Ferreira, T., Queiroz, G., Wallenstein, N., Coutinho, R., Cruz, J.V., Pimentel, A., Silva, R., Gaspar, J.L. & Goulart, C. (2011) - Notas sobre a geologia do arquipélago dos Açores: In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg (Eds.), Geologia de Portugal, vol. 2, Escolar Editora, 596-690.

PROCESL-ECOSERVIÇOS-PROSPECTIVA (2005). Estudo de Concepção Geral do Sistema Integrado de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais da Região Autónoma dos Açores – Sub-Fase 1.1 – Estudo de Base - Volume V - Ilha da 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. & 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.

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.

Schilling, J-G. (1975) – Azores mantle blob: rare-earth evidence. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 25, p. 103-115.

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.

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. & Schilling, J.-G. (1979) - The petrology and geochemistry of the Azores Islands. *Contrib. Mineral. Petrol.* 69: 201-213.

Zbyszewski, G., Ferreira, C.R. & Ferreira, O.V. (1962) - Étude géologique de l'île de Pico (Açores). *Comun. Serv. Geol. Port.*, 44, pp. 5-34.

Zbyszewski, G., Ferreira, C.R., Ferreira, O.V. & Assunção, C.T. (1963a) - Carta Geológica de Portugal; notícia explicativa da folha "A" da ilha do Pico (Açores). *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 20 pp.

Zbyszewski, G., Ferreira, C.R., Ferreira, O.V. & Assunção, C.T. (1963b) - Carta Geológica de Portugal; notícia explicativa da folha "B" da ilha do Pico (Açores). *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 20 pp.

Zbyszewski, G. (1970) - Levantamento geológico da ilha Graciosa (Açores). Memórias da Academia das Ciências, t. XIV, p. 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.

ANEXOS

ANEXO I

Listagem das coordenadas e outras informações dos pontos de água amostrados

Tabela I.1 | Localização dos pontos de amostragem na ilha Graciosa.

Ref	Nome	Ilha	Concelho	Coordenadas	
				M	P
GRA_1	F_SG1	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	413944	4325076
GRA_2	F_JK5	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	414455	4321798
GRA_3	F_JK1	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	414243	4321597
GRA_4	F_ITC2	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	412047	4323852
GRA_5	F_AC3	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	411975	4324874
GRA_6	F_JK4	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	411897	4324939
GRA_7	F_ITC1	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	412317	4325132
GRA_8	F_AC2	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	414654	4322096
GRA_9	PM_Courelas	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	410972	4324181
GRA_10	PM_Ratinho	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	411726	4324352
GRA_11	PM_Novo	Graciosa	Santa Cruz da Graciosa	411764	4324445

Tabela I.2 | Localização da rede de amostragem na ilha do Pico.

Ref	Nome	Ilha	Concelho	Coordenadas	
				M	P
PIC_1	F_JK1 (SRP)	Pico	São Roque	375558	4266917
PIC_2	F_JK2 (SRP)	Pico	São Roque	375990	4266882
PIC_3	F_Ribeiras (SRP)	Pico	São Roque	384970	4262982
PIC_4	F_Rossas (SRP)	Pico	São Roque	385048	4262895
PIC_5	F_JM (LP)	Pico	Lajes do Pico	385682	4252986
PIC_6	F_JR (LP)	Pico	Lajes do Pico	406775	4254111
PIC_7	F_JK4 (LP)	Pico	Lajes do Pico	408253	4252991
PIC_8	F_JK3 (LP)	Pico	Lajes do Pico	396041	4251519
PIC_9	F_JK2 (LP)	Pico	Lajes do Pico	390467	4251594
PIC_10	F_JK1 (LP)	Pico	Lajes do Pico	388959	4252808
PIC_11	F_Miragaia (Mad)	Pico	Madalena	372643	4265823
PIC_12	F_JK1 (Mad)	Pico	Madalena	370987	4266430
PIC_13	F_AC1 (Mad)	Pico	Madalena	368866	4264904
PIC_14	F_ITC2 (Mad)	Pico	Madalena	368323	4263228
PIC_15	F_ITC7 (Mad)	Pico	Madalena	368635	4259085
PIC_16	F_ITC5 (Mad)	Pico	Madalena	369477	4257696
PIC_17	F_BSH1 (Mad)	Pico	Madalena	368648	4257115
PIC_18	F_BSH2 SM (Mad)	Pico	Madalena	372564	4255049
PIC_19	F_BSH2 CB (Mad)	Pico	Madalena	367520	4265583
PIC_20	PM_Arcos	Pico	São Roque	377156	4268877
PIC_21	PM_Lajido	Pico	São Roque	375543	4268586
PIC_22	PM_Cachorro	Pico	São Roque	373915	4268408
PIC_23	PM_Mourato	Pico	Madalena	371062	4268826
PIC_24	PM_Aço	Pico	Madalena	366448	4263878
PIC_25	PM_Ana Clara	Pico	Madalena	367322	4258515
PIC_26	PM_Guindaste	Pico	Madalena	368912	4256448
PIC_27	PM_Silveira	Pico	Lajes do Pico	387313	4252410
PIC_28	PM_Furna	Pico	São Roque	383367	4266033
PIC_29	PM_Gingal	Pico	São Roque	382682	4266652
PIC_30	PM_Cabrito	Pico	São Roque	379033	4268571
PIC_31	PM_Frades	Pico	Madalena	367530	4266966
PIC_32	PM_João Lima	Pico	Madalena	366010	4264586
PIC_33	PM_Café Concerto	Pico	Madalena	366033	4264567
PIC_34	PM_Madalena	Pico	Madalena	367375	4266765
PIC_35	PM_Porto Calhau	Pico	Madalena	365796	4260885

Tabela I.3 | Localização da rede de amostragem nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

Ref	Nome	Ilha	Concelho	Coordenadas	
				M	P
STM_1	F_Rib ^a do Engenho	Santa Maria	Vila do Porto	668250	4094889
STM_2	F_São José	Santa Maria	Vila do Porto	666789	4093559
STM_3	F_Covas	Santa Maria	Vila do Porto	667427	4092508
STM_4	F_Ana 1	Santa Maria	Vila do Porto	667724	4092975
STM_5	F_Ana 2	Santa Maria	Vila do Porto	667684	4092740
STM_6	F_St ^o António	Santa Maria	Vila do Porto	674324	4092847
STM_7	F_Valverde	Santa Maria	Vila do Porto	666511	4091974
STM_8	F_João Luis	Santa Maria	Vila do Porto	668528	4093122
STM_9	F_Hotel Praia de Lobos	Santa Maria	Vila do Porto	664065	4093549
SMG_1	F_JK2	São Miguel	Ponta Delgada	617001	4183602
SMG_2	F_JK3	São Miguel	Ponta Delgada	617635	4179772
SMG_3	F_Lagoa do Conde 1	São Miguel	Ponta Delgada	614790	4182996
SMG_4	F_Lagoa do Conde 2	São Miguel	Ponta Delgada	614409	4183685
SMG_5	F_AC1	São Miguel	Lagoa	628096	4180210
SMG_6	F_AC2	São Miguel	Lagoa	627613	4180355
SMG_7	F_AC3	São Miguel	Lagoa	628003	4181103
SMG_8	F_SL1	São Miguel	Nordeste	657783	4190696
SMG_9	F_Marques	São Miguel	Ribeira Grande	623593	4182264
SMG_10	F_Unileite	São Miguel	Ponta Delgada	614939	4182111
SMG_11	F_Vieira & Vieira	São Miguel	Ribeira Grande	630822	4187534
SMG_12	F_Tecnovia	São Miguel	Ribeira Grande	624101	4183353
SMG_13	F_Herdeiros	São Miguel	Ribeira Grande	625504	4183965
SMG_14	F_Solar do Conde	São Miguel	Ponta Delgada	616331	4187857
SMG_15	F_Insulac	São Miguel	Ribeira Grande	629814	4185345
SMG_16	F_CRP	São Miguel	Povoação	645602	4183019
TER_1	F_Tapete	Terceira	Angra do Heroísmo	488211	4280999
TER_2	F_Santana do Norte	Terceira	Angra do Heroísmo	488684	4280878
TER_3	F_Santana	Terceira	Angra do Heroísmo	489205	4280546
TER_4	F_Canada do Mato	Terceira	Angra do Heroísmo	490416	4279853
TER_5	F_Quatro Canadas	Terceira	Angra do Heroísmo	491008	4280809
TER_6	F_Vinha Brava	Terceira	Angra do Heroísmo	481714	4280732
TER_7	F_São Mateus	Terceira	Angra do Heroísmo	476485	4280216
TER_8	F_Terra Chã	Terceira	Angra do Heroísmo	477933	4280517
TER_9	F_Biscoitos	Terceira	Praia da Vitória	476671	4292354
TER_10	F_Salto de São Brás	Terceira	Praia da Vitória	487787	4289786
TER_11	F_Covas de São Brás	Terceira	Praia da Vitória	489169	4290060
TER_12	F_Pico Seleiro	Terceira	Praia da Vitória	492801	4286340
TER_13	F_Areeiro	Terceira	Praia da Vitória	486088	4286676
TER_14	F_Barreiro	Terceira	Praia da Vitória	491033	4288170
TER_15	F_Juncal	Terceira	Praia da Vitória	493739	4288710
FAI_1	F_Farrobo	Faial	Horta	357542	4268399
FAI_2	F_Areias	Faial	Horta	356395	4268144
FAI_3	F_Campo	Faial	Horta	355940	4267917

FAI_4	F_Capitão	Faial	Horta	355263	4268392
FAI_5	F_Lameiro Grande	Faial	Horta	355463	4267499
FAI_6	F_Fonte do Rego	Faial	Horta	353275	4266660
FAI_7	F_Cancelas	Faial	Horta	349748	4265819
FAI_8	F_Joana Alves	Faial	Horta	352602	4276518
FAI_9	F_Praia do Almoxarife	Faial	Horta	357811	4269190
SJG_1	F_Queimada	São Jorge	Velas	399044	4280612
SJG_2	F_Rib ^a do Nabo	São Jorge	Velas	399640	4280633

ANEXO II

Cartografia dos pontos de amostragens nas restantes ilhas.

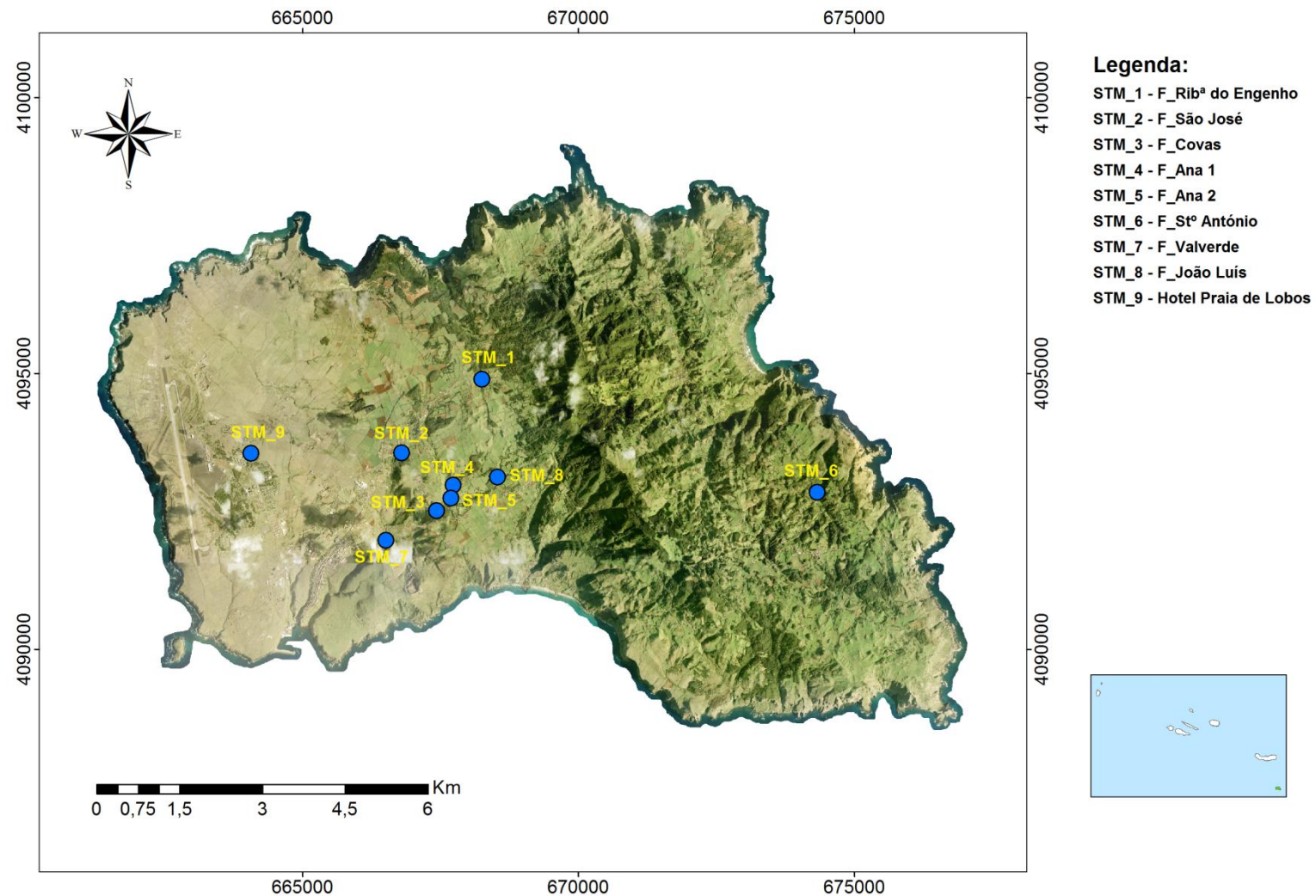


Figura II.1 | Localização da rede de amostragem na ilha de Santa Maria.

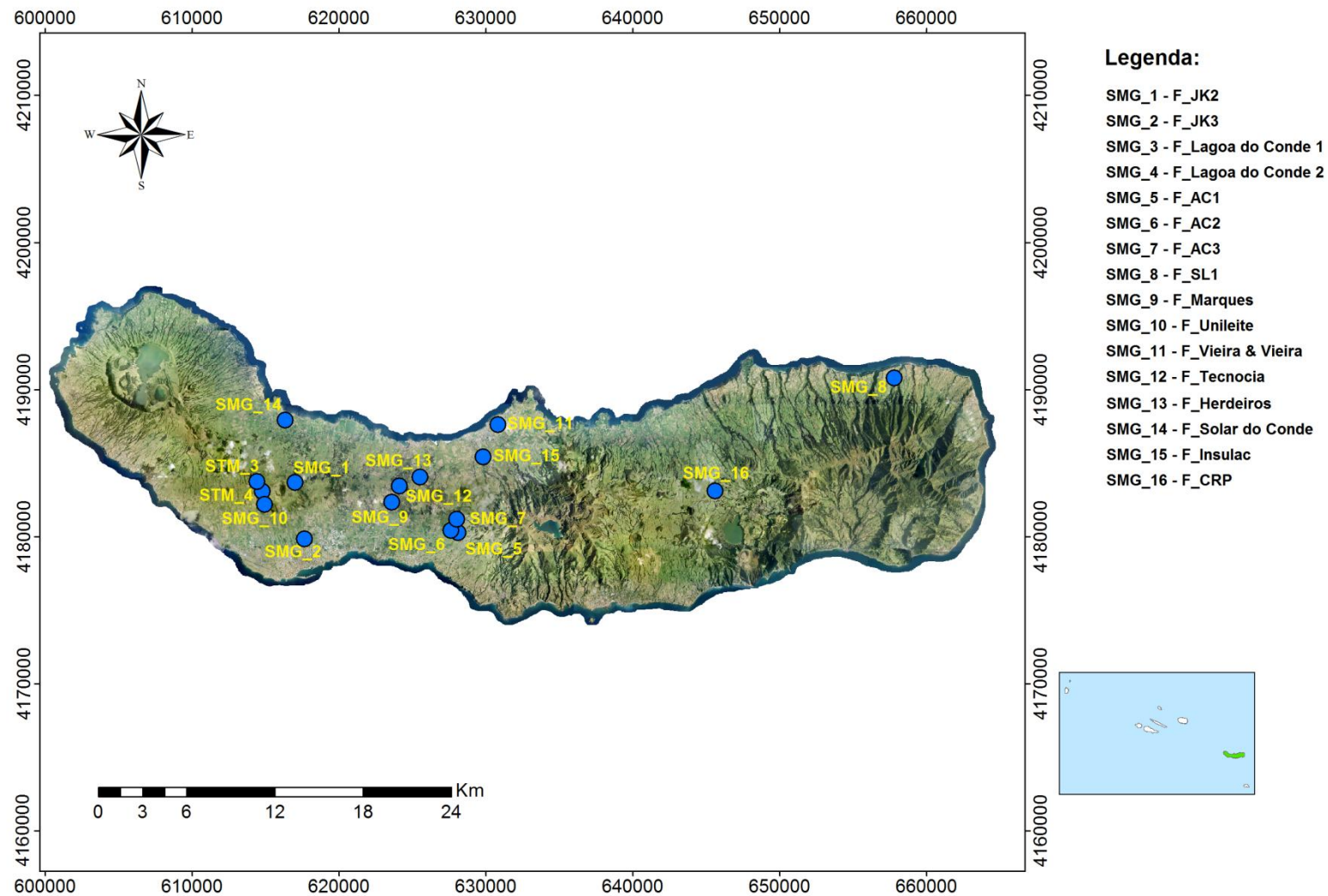


Figura II.2 | Localização da rede de amostragem na ilha de São Miguel.

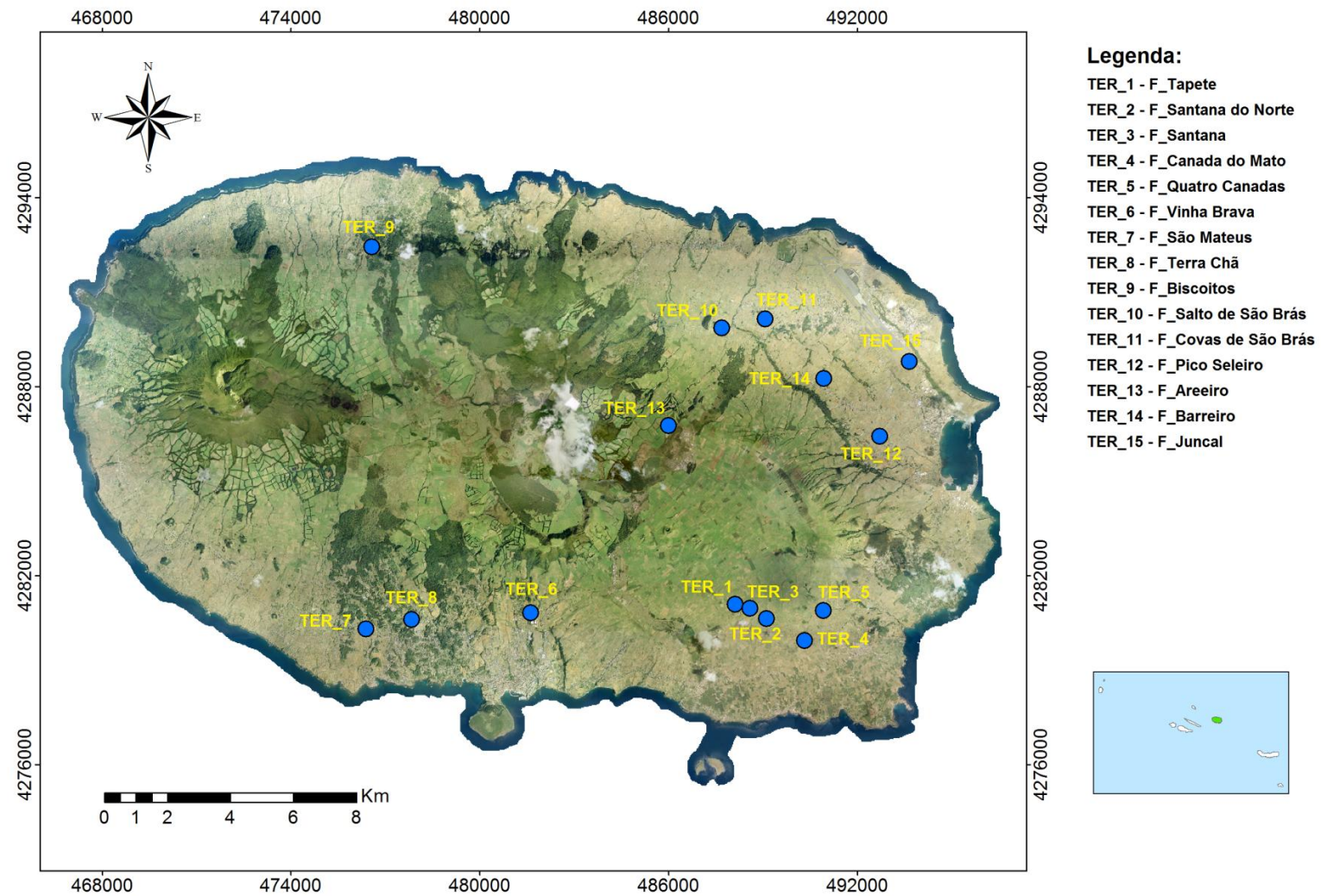


Figura II.3 | Localização da rede de amostragem na ilha Terceira.

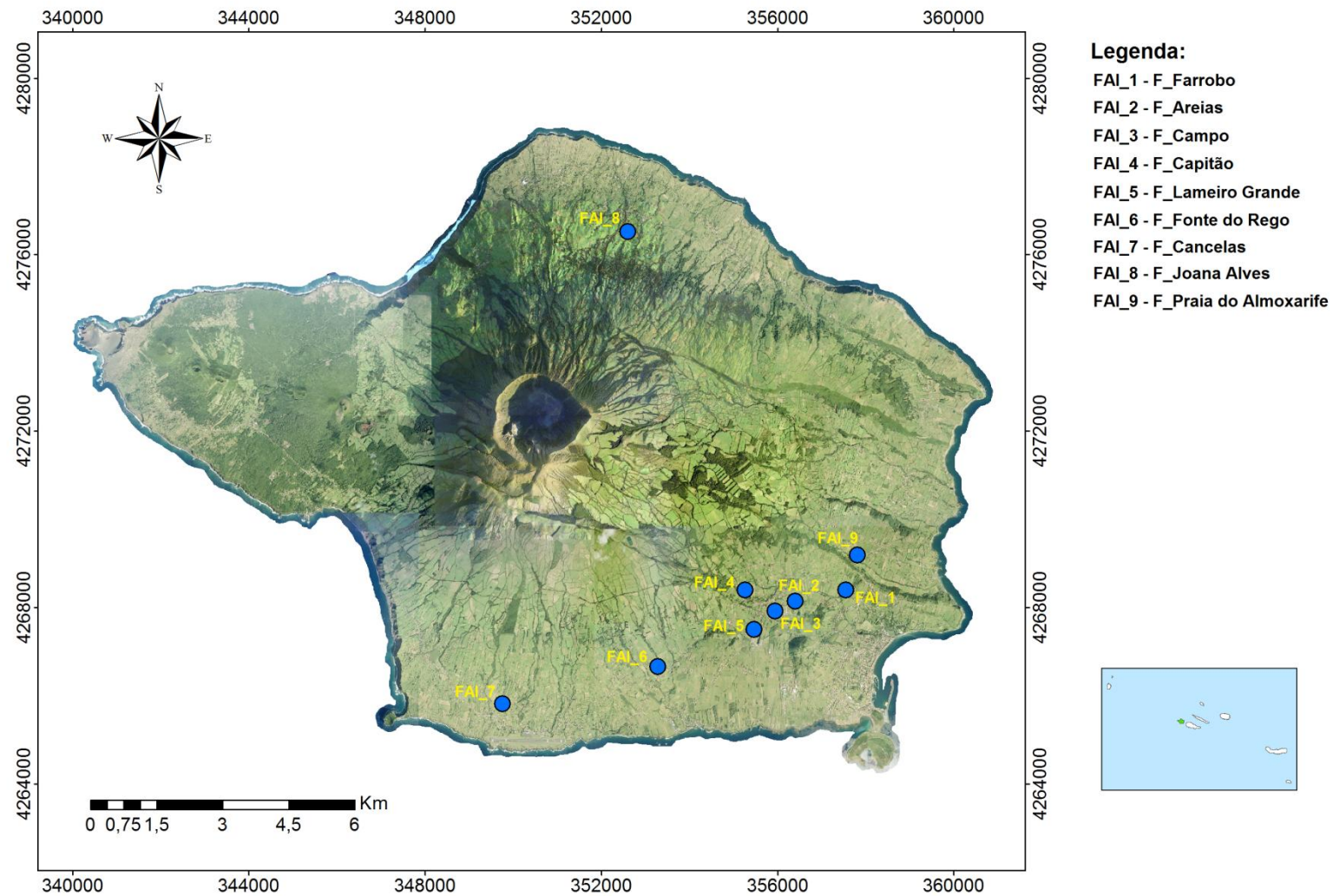


Figura II.4 | Localização da rede de amostragem na ilha do Faial

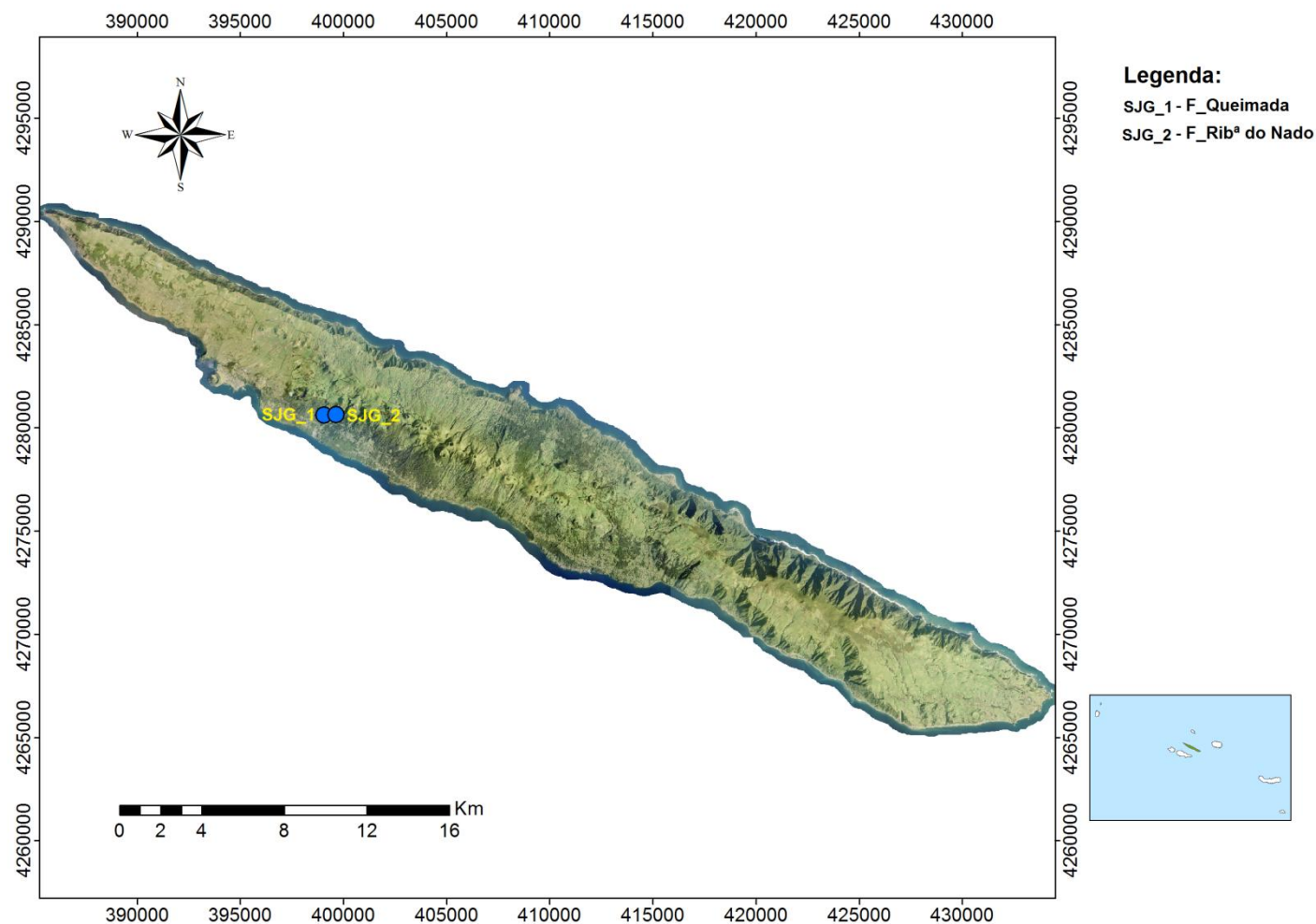


Figura II.5 | Localização da rede de amostragem na ilha de São Jorge.

ANEXO III

Resultados de cada amostragem realizada nas ilhas Graciosa e do Pico.

Tabela III.1 | Resultados obtidos na 1.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (fevereiro, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Graciosa	F_SG1	18.00	6.56	743.00	15.40	169.60	162.58	20.19	3.25	81.86	9.11	5.24	22.38	46.52	0.55
Graciosa	F_JK5	18.30	6.33	934.00	15.40	84.80	201.14	25.99	24.94	143.82	20.69	6.50	14.02	30.84	0.55
Graciosa	F_JK1	19.00	6.69	1378.00	11.70	98.80	308.22	40.63	27.24	219.61	36.07	9.48	18.41	34.18	0.80
Graciosa	F_ITC2	25.10	7.18	3250.00	3.40	80.50	945.84	76.61	11.78	386.55	157.48	23.68	92.13	24.90	2.35
Graciosa	F_AC3	22.90	7.30	1850.00	5.50	107.40	483.31	53.29	6.86	219.34	93.87	9.61	59.24	32.15	1.30
Graciosa	F_JK4	26.40	7.18	2160.00	4.70	111.60	588.82	55.91	6.05	265.05	110.13	10.95	73.53	32.82	1.55
Graciosa	F_ITC1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	PM_Courelas	17.80	7.54	285.00	7.40	94.60	31.80	8.90		26.91	8.15	10.35	13.77	17.96	0.20
Graciosa	PM_Ratinho	18.10	6.42	512.00	9.60	98.20	76.12	14.77	51.85	51.70	16.18	4.83	21.67	36.16	0.25
Graciosa	PM_Novo	17.30	6.80	444.00	5.80	122.60	65.09	10.79	10.12	31.02	15.26	13.13	28.52	15.68	0.30

Tabela III.2 | Resultados obtidos na 2.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (abril, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Graciosa	F_SG1	18.70	6.26	1194.00	35.60	264.13	242.98	26.82	3.14	124.73	78.26	6.39	40.43	48.77	0.75
Graciosa	F_JK5	19.10	7.20	953.00	16.30	87.23	209.46	27.67	20.39	143.77	5.01	6.69	13.29	32.39	0.55
Graciosa	F_JK1	19.80	6.47	1515.00	14.50	97.60	368.43	41.35	26.69	231.15	45.70	10.62	24.62	33.86	0.95
Graciosa	F_ITC2	24.80	6.62	3290.00	5.90	79.30	977.27	94.07	9.33	414.73	149.13	28.28	96.48	25.20	2.70
Graciosa	F_AC3	26.10	6.19	1763.00	9.90	104.30	461.24	46.59	6.93	224.25	89.69	8.33	56.46	33.34	1.05
Graciosa	F_JK4	21.20	6.42	1740.00	8.70	95.80	443.38	40.49	8.46	231.29	87.90	7.34	56.36	32.41	1.15
Graciosa	F_ITC1	24.20	6.64	1109.00	9.30	29.89	273.06	23.42	14.94	129.37	58.04	6.19	35.90	32.35	0.75
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	PM_Courelas	18.80	6.91	333.00	11.30	99.40	52.73	11.81	2.24	30.69	9.26	12.88	15.76	16.56	0.10
Graciosa	PM_Ratinho	19.50	6.70	526.00	13.90	97.60	74.27	13.46	45.20	55.52	16.39	4.99	24.05	36.02	0.30
Graciosa	PM_Novo	18.90	6.22	424.00	10.70	129.30	55.59	9.44	7.07	30.90	14.18	13.50	22.27	15.18	0.20

Tabela III.3 | Resultados obtidos na 3.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (junho, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Graciosa	F_SG1	18.20	6.90	1309.00	19.50	292.19	273.77	31.65	4.14	135.72	83.69	7.02	3.22	49.14	0.95
Graciosa	F_JK5	17.40	7.20	1028.00	4.90	104.92	236.30	30.70	24.77	149.69	7.07	7.57	18.06	30.79	0.60
Graciosa	F_JK1	19.70	7.09	1537.00	8.60	74.42	363.30	50.07	27.94	231.18	52.49	10.56	26.71	36.47	0.95
Graciosa	F_ITC2	24.20	7.52	3900.00	2.70	77.47	1133.27	108.67	10.65	518.20	191.70	21.00	119.93	24.05	3.30
Graciosa	F_AC3	25.20	7.43	1575.00	4.10	86.60	405.60	44.03	16.12	199.19	82.55	7.33	51.19	33.47	1.20
Graciosa	F_JK4	27.30	7.40	2210.00	5.10	119.56	404.65	58.25	9.93	254.99	111.30	10.41	84.89	33.07	1.85
Graciosa	F_ITC1	24.60	7.19	1100.00	4.50	92.10	265.76	26.97	11.68	123.00	56.14	6.19	42.35	34.11	0.75
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	PM_Courelas	20.20	7.20	304.00	4.80	103.70	44.12	11.10	1.10	29.09	8.88	11.76	16.86	17.75	0.10
Graciosa	PM_Ratinho	19.60	6.85	512.00	8.30	92.11	85.56	18.41	42.56	52.79	16.58	4.43	24.58	35.70	0.40
Graciosa	PM_Novo	19.40	7.14	429.00	6.40	136.00	57.65	9.15	8.62	31.25	14.49	13.84	24.02	15.15	0.25

Tabela III.4 | Resultados obtidos na 4.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (julho, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	F (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Graciosa	F_SG1	18.70	6.75	1261.00	28.40	235.46	226.47	26.46	n.d.	3.22	124.25	77.43	7.06	39.12	46.17	1.05
Graciosa	F_JK5	19.90	7.05	1014.00	8.10	122.00	227.96	37.95	n.d.	21.01	155.24	6.79	7.36	19.31	26.64	0.45
Graciosa	F_JK1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	25.60	7.61	4320.00	3.10	82.35	1092.52	95.92	n.d.	10.24	478.50	197.55	19.80	132.53	19.79	4.00
Graciosa	F_AC3	24.90	7.51	1658.00	3.30	92.11	426.74	42.78	n.d.	16.73	192.33	80.83	7.71	61.07	27.21	1.35
Graciosa	F_JK4	27.10	7.47	2400.00	6.80	103.09	728.21	76.48	n.d.	10.66	262.93	113.66	10.56	86.87	28.79	2.20
Graciosa	F_ITC1	24.60	7.54	1110.00	4.70	109.80	229.80	23.18	n.d.	13.56	116.94	56.43	6.14	31.19	27.90	0.85
Graciosa	F_AC2	21.40	7.05	1507.00	9.60	156.77	307.61	43.47	0.20	22.45	231.87	54.52	10.96	23.80	33.27	1.05
Graciosa	PM_Courelas	20.00	7.28	305.00	6.40	104.90	65.26	13.48	n.d.	0.94	39.74	10.13	12.43	16.05	17.75	0.15
Graciosa	PM_Ratinho	18.50	6.95	515.00	9.30	86.01	64.88	15.37	n.d.	38.49	54.26	15.26	4.47	21.54	35.70	0.40
Graciosa	PM_Novo	19.60	7.22	450.00	8.80	158.00	49.42	7.94	n.d.	5.33	31.20	15.40	14.60	23.89	15.15	0.35

Tabela III.5 | Resultados obtidos na 5.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (outubro, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Graciosa	F_SG1	16.40	6.53	1374.00	40.10	295.85	276.06	32.19	2.22	130.39	58.83	8.83	64.17	57.04	0.95
Graciosa	F_JK5	17.50	6.91	1120.00	10.80	83.57	253.32	23.69	16.42	159.57	25.33	9.23	27.99	39.45	0.40
Graciosa	F_JK1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	26.70	7.16	3550.00	4.60	75.03	974.40	73.90	5.24	427.43	94.48	30.18	135.95	33.81	2.80
Graciosa	F_AC3	24.20	7.30	1517.00	6.70	90.28	367.72	36.66	10.20	175.94	48.39	10.97	68.07	40.44	1.35
Graciosa	F_JK4	27.10	7.09	2330.00	5.50	104.31	621.21	58.12	4.59	241.91	69.23	12.14	122.14	37.40	1.90
Graciosa	F_ITC1	24.40	7.04	1095.00	6.90	83.57	250.27	23.06	11.20	129.62	35.16	7.78	55.34	44.21	0.70
Graciosa	F_AC2	21.10	6.82	1625.00	15.10	127.49	359.99	41.31	14.09	225.22	36.61	14.75	38.14	44.69	0.95
Graciosa	PM_Courelas	20.80	6.85	306.00	13.30	102.48	46.41	11.18	0.17	33.79	9.10	12.54	20.92	26.83	0.15
Graciosa	PM_Ratinho	21.40	6.48	492.00	17.60	92.10	70.52	13.01	38.89	47.46	13.93	3.72	26.80	43.58	0.35
Graciosa	PM_Novo	19.80	6.61	462.00	21.20	145.18	51.04	7.31	8.00	32.41	16.36	18.62	34.09	26.73	0.30

Tabela III.6 | Resultados obtidos na 6.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (dezembro, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Graciosa	F_SG1	18.50	6.56	1350.00	19.80	287.31	284.00	48.04	102.48	67.31	8.11	66.67	55.21	1.00
Graciosa	F_JK5	15.30	7.14	1423.00	6.80	113.46	418.90	49.95	167.32	34.56	14.76	33.89	33.07	1.00
Graciosa	F_JK1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	25.30	7.15	3540.00	4.00	74.42	1069.30	100.86	419.45	83.30	17.30	146.40	21.61	2.95
Graciosa	F_AC3	21.50	6.84	1546.00	8.50	96.99	417.50	45.34	121.24	73.97	11.52	49.92	30.46	1.20
Graciosa	F_JK4	25.80	6.80	2370.00	5.40	102.48	650.36	52.06	210.52	103.15	14.74	127.34	27.48	2.05
Graciosa	F_ITC1	23.50	7.20	1108.00	5.30	86.01	269.80	35.54	105.97	45.05	7.85	42.78	28.59	0.85
Graciosa	F_AC2	20.50	6.65	1624.00	10.50	109.19	409.50	53.79	219.57	32.77	13.99	35.78	28.84	1.05
Graciosa	PM_Courelas	18.20	6.89	317.00	9.10	95.77	42.60	14.41	26.20	7.22	11.02	18.34	5.24	0.20
Graciosa	PM_Ratinho	18.00	6.80	497.00	11.30	96.99	79.90	19.69	37.48	12.06	5.39	24.45	30.87	0.40
Graciosa	PM_Novo	17.50	6.67	465.00	7.00	152.50	64.30	11.05	31.24	14.06	22.46	36.49	12.42	0.30

Tabela III.7 | Resultados obtidos na 1.^a amostragem efetuada na ilha do Pico (fevereiro, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	F (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Pico	F_JK1 (SRP)	14.00	7.00	1014.00	27.90	186.05	160.41	20.79	n.d.	1.26	146.31	25.93	12.43	18.50	47.51	0.85
Pico	F_JK2 (SRP)	13.90	6.67	871.00	6.70	135.42	151.42	19.65	n.d.	n.d.	125.00	17.45	8.66	11.99	40.54	0.75
Pico	F_Ribeiras (SRP)	16.90	7.40	337.00	4.30	48.19	69.09	8.65	n.d.	15.74	37.62	7.17	2.65	11.97	29.20	0.25
Pico	F_Rossas (SRP)	15.10	6.99	507.00	2.90	43.92	90.89	11.80	n.d.	n.d.	62.28	6.59	3.57	6.76	23.33	0.30
Pico	F_JM (LP)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	F_JR (LP)	15.30	7.04	926.00	5.80	114.68	176.49	24.42	n.d.	1.50	110.20	26.60	7.55	11.73	36.25	0.70
Pico	F_JK4 (LP)	17.60	6.75	2100.00	4.00	81.74	461.48	60.62	n.d.	n.d.	292.05	43.52	14.39	22.11	29.43	1.20
Pico	F_JK3 (LP)	15.70	5.99	589.00	23.30	106.75	101.47	13.64	n.d.	n.d.	62.18	20.40	5.99	35.39	35.40	0.60
Pico	F_JK2 (LP)	15.10	6.65	1063.00	5.20	41.48	231.30	33.09	n.d.	n.d.	187.28	19.90	8.05	17.92	23.49	0.65
Pico	F_JK1 (LP)	14.30	6.05	167.00	5.80	65.88	17.48	4.21	n.d.	0.59	22.02	5.69	3.73	3.13	22.05	0.20
Pico	F_Miragaia (Mad)	13.00	6.45	427.00	26.90	198.25	35.92	5.43	0.50	0.87	49.37	17.06	8.45	13.36	52.56	0.30
Pico	F_JK1 (Mad)	13.60	7.01	1620.00	19.80	229.36	347.46	43.99	n.d.	14.41	230.15	41.33	14.32	15.13	46.43	0.95
Pico	F_AC1 (Mad)	13.70	7.24	937.00	6.50	172.02	160.10	22.35	0.88	n.d.	145.40	21.45	9.19	7.79	38.67	0.55
Pico	F_ITC2 (Mad)	16.50	7.29	1892.00	20.90	505.69	358.19	56.84	n.d.	2.56	298.43	45.71	20.93	14.40	35.79	1.10
Pico	F_ITC7 (Mad)	13.60	6.87	199.00	7.60	61.00	34.60	7.38	0.84	21.22	28.37	4.29	3.46	2.92	35.38	0.30
Pico	F_ITC5 (Mad)	14.60	6.69	541.00	9.60	122.61	86.63	33.00	0.72	2.00	59.36	19.45	5.24	11.14	33.52	0.35
Pico	F_BSH1 (Mad)	14.00	7.01	934.00	9.60	132.98	163.42	45.55	0.77	12.82	119.21	30.03	7.84	18.41	33.97	0.60
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	14.60	6.60	5260.00	4.10	69.54	1656.76	186.41	n.d.	n.d.	806.08	101.75	34.28	46.80	31.66	3.40
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Arcos	14.70	6.93	4440.00	5.20	66.49	1320.98	157.40	n.d.	n.d.	713.05	80.50	49.60	36.23	28.04	2.85
Pico	PM_Lajido	14.30	6.86	3770.00	9.60	133.60	1069.36	130.46	n.d.	n.d.	631.66	79.30	33.10	32.94	41.09	2.45

Pico	PM_Cachorro	14.50	6.84	4120.00	9.70	201.90	1159.94	154.96	n.d.	n.d.	691.53	94.28	32.07	34.70	47.23	2.70
Pico	PM_Mourato	14.20	6.88	6680.00	14.40	260.47	2162.93	243.21	n.d.	n.d.	1103.05	143.50	51.95	48.55	47.70	4.70
Pico	PM_Aço	15.70	7.50	4680.00	9.20	222.04	1250.33	154.61	n.d.	n.d.	657.00	108.38	36.63	27.98	43.71	2.80
Pico	PM_Ana Clara	14.30	7.22	3730.00	4.90	199.47	1035.66	146.83	n.d.	n.d.	600.04	104.84	38.54	35.64	45.12	2.55
Pico	PM_Guindaste	14.20	6.68	4330.00	8.80	64.66	1337.06	171.61	n.d.	n.d.	672.63	79.50	28.08	29.95	36.64	3.05

Tabela III.8 | Resultados obtidos na 2.ª amostragem efetuada na ilha do Pico (abril, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	F (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Pico	F_JK1 (SRP)	14.60	7.12	996.00	30.90	181.78	171.08	19.42	n.d.	0.49	146.83	25.94	11.88	18.20	48.29	0.70
Pico	F_JK2 (SRP)	15.50	6.57	838.00	11.20	129.30	145.95	18.34	0.92	0.97	128.94	17.49	9.56	13.54	40.59	0.45
Pico	F_Ribeiras (SRP)	16.20	7.57	140.00	3.70	51.85	27.90	3.66	n.d.	2.45	14.97	4.74	1.35	8.35	30.29	0.20
Pico	F_Rossas (SRP)	15.30	6.76	455.00	5.20	48.80	82.77	10.00	n.d.	n.d.	58.13	6.00	3.28	5.87	24.37	0.15
Pico	F_JM_(LP)	14.90	6.64	2300.00	14.50	358.68	434.77	60.52	n.d.	9.70	263.49	81.61	16.33	41.53	41.91	1.55
Pico	F_JR (LP)	16.10	6.62	1005.00	7.80	125.70	199.98	27.16	n.d.	3.27	131.15	28.32	8.20	12.35	36.35	0.70
Pico	F_JK4 (LP)	16.70	5.89	2130.00	6.60	101.87	466.39	62.44	n.d.	1.50	313.54	45.83	16.53	23.40	30.02	1.60
Pico	F_JK3 (LP)	15.90	6.11	628.00	35.70	92.11	109.26	15.63	0.39	n.d.	59.78	20.92	5.38	34.21	33.80	0.20
Pico	F_JK2 (LP)	15.10	6.15	1091.00	10.80	43.30	238.62	31.16	0.62	0.68	178.63	20.63	7.62	16.33	25.07	0.80
Pico	F_JK1 (LP)	14.30	6.16	196.00	8.90	73.80	19.70	3.89	0.43	1.49	23.39	6.76	3.83	3.60	22.54	0.10
Pico	F_Miragaia (Mad)	13.30	6.14	428.00	41.60	218.99	26.51	4.78	0.69	0.20	47.97	19.00	20.94	13.42	52.16	0.35
Pico	F_JK1 (Mad)	13.80	6.09	1589.00	17.30	226.92	352.96	43.21	n.d.	n.d.	239.78	40.20	15.01	15.03	47.16	0.90
Pico	F_AC1 (Mad)	14.10	6.66	896.00	12.70	170.80	155.78	22.14	0.95	1.12	136.37	21.64	9.29	7.73	35.97	0.65
Pico	F_ITC2 (Mad)	17.00	6.69	1910.00	18.70	459.33	408.23	61.60	n.d.	n.d.	344.94	53.48	20.10	15.65	37.24	1.15
Pico	F_ITC7 (Mad)	14.70	7.87	477.00	4.10	143.96	162.88	4.64	0.37	11.95	158.34	4.49	4.20	2.99	35.37	0.50
Pico	F_ITC5 (Mad)	14.90	6.78	572.00	14.60	120.78	92.47	33.00	0.35	4.89	63.50	21.42	5.57	12.12	32.32	0.15
Pico	F_BSH1 (Mad)	15.20	6.43	1009.00	9.80	128.71	180.02	48.80	0.73	1.25	114.92	29.11	7.74	17.90	34.82	0.70
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	15.10	6.44	5890.00	5.30	65.88	1751.51	201.02	n.d.	n.d.	916.98	120.78	42.00	60.13	32.69	4.45
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	13.70	6.88	2360.00	7.90	240.32	634.12	79.31	n.d.	n.d.	403.08	38.08	15.88	20.28	40.09	1.30
Pico	PM_Arcos	15.90	6.36	5070.00	4.40	72.59	1522.55	186.96	n.d.	n.d.	786.18	95.08	34.48	38.28	29.14	3.15
Pico	PM_Lajido	15.20	6.55	4180.00	8.80	157.38	1163.64	140.50	n.d.	n.d.	636.54	81.38	33.50	37.32	37.69	2.35

Pico	PM_Cachorro	14.90	6.74	4550.00	11.10	212.28	1282.15	161.69	n.d.	n.d.	709.38	97.38	35.63	37.15	47.24	2.65
Pico	PM_Mourato	14.60	6.75	7980.00	16.00	258.54	2485.98	307.57	n.d.	n.d.	1353.25	188.35	60.50	65.70	47.45	6.20
Pico	PM_Aço	16.10	6.94	4710.00	6.90	394.67	1324.63	178.87	n.d.	n.d.	748.30	105.78	42.45	29.83	42.95	2.90
Pico	PM_Ana Clara	15.10	7.05	4420.00	7.00	182.39	1275.09	175.43	n.d.	n.d.	697.00	126.04	36.52	42.58	44.49	2.90
Pico	PM_Guindaste	14.20	6.72	5310.00	9.20	64.66	1580.45	180.79	n.d.	n.d.	770.38	103.80	38.98	37.75	38.07	3.60
Pico	PM_Silveira	15.90	6.43	1798.00	40.50	287.92	387.95	46.43	n.d.	n.d.	279.70	65.89	19.46	22.11	52.87	1.15
Pico	PM_Furna	15.20	6.43	6890.00	8.40	65.88	2069.63	262.00	n.d.	n.d.	1052.65	118.75	58.85	54.10	25.01	5.40
Pico	PM_Gingal	16.30	6.73	8520.00	4.20	70.76	2550.56	305.29	n.d.	n.d.	1488.80	166.95	56.00	68.90	24.80	5.50
Pico	PM_Cabrito	16.60	6.53	7670.00	4.90	71.98	2218.24	270.17	n.d.	n.d.	1275.35	150.65	5.24	59.90	22.09	4.85
Pico	PM_Frades	14.60	7.04	6250.00	4.80	183.00	1906.38	232.46	n.d.	n.d.	1055.15	139.10	38.25	38.30	34.92	4.05
Pico	PM_João Lima	15.40	7.17	5510.00	5.30	355.63	1544.36	188.51	n.d.	n.d.	912.68	112.15	39.85	39.90	33.80	3.20
Pico	PM_Café Concerto	15.20	7.30	4850.00	2.30	346.48	1341.51	165.95	n.d.	n.d.	844.23	110.78	38.50	40.18	29.15	3.00
Pico	PM_Madalena	17.10	6.90	5570.00	5.40	177.51	1653.19	199.67	n.d.	n.d.	924.90	121.55	42.20	33.98	39.47	3.50
Pico	PM_Porto Calhau	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabela III.9 | Resultados obtidos na 3.^a amostragem efetuada na ilha do Pico (junho, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	F (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Pico	F_JK1 (SRP)	13.50	6.59	1043.00	35.60	214.10	206.54	27.39	n.d.	1.53	154.18	27.15	12.57	18.92	48.37	0.55
Pico	F_JK2 (SRP)	16.50	6.15	868.00	14.10	132.98	181.32	24.93	n.d.	n.d.	124.09	17.53	8.85	12.52	40.71	0.40
Pico	F_Ribeiras (SRP)	16.10	7.33	164.00	5.90	51.24	20.26	3.23	n.d.	4.21	12.91	4.31	1.30	8.24	30.54	0.10
Pico	F_Rossas (SRP)	15.50	6.33	430.00	7.60	46.97	96.09	11.58	n.d.	n.d.	59.20	5.74	3.31	5.84	24.10	0.15
Pico	F_JM_(LP)	16.20	6.53	2250.00	13.90	426.39	483.99	68.10	n.d.	n.d.	260.14	94.37	13.94	52.91	45.24	1.55
Pico	F_JR (LP)	16.30	5.93	973.00	9.60	115.29	224.16	36.13	n.d.	2.29	127.72	29.68	8.27	12.87	36.28	0.60
Pico	F_JK4 (LP)	16.70	6.27	2040.00	6.90	92.72	536.66	68.68	n.d.	4.36	288.15	44.14	15.53	22.80	30.09	1.20
Pico	F_JK3 (LP)	16.20	6.03	675.00	44.50	113.46	136.66	19.41	n.d.	1.52	66.22	23.82	5.85	34.21	35.88	0.50
Pico	F_JK2 (LP)	14.80	6.21	1072.00	8.60	51.24	275.27	37.10	n.d.	n.d.	162.23	20.49	7.75	14.71	22.59	0.60
Pico	F_JK1 (LP)	14.10	6.16	196.00	15.50	87.84	20.88	4.20	n.d.	2.12	24.04	6.83	3.76	3.62	21.35	0.15
Pico	F_Miragaia (Mad)	13.20	6.17	440.00	41.40	198.86	32.59	6.20	0.59	n.d.	50.31	19.09	8.40	13.84	51.05	0.30
Pico	F_JK1 (Mad)	13.80	7.20	1604.00	12.30	244.61	355.36	44.41	n.d.	n.d.	246.01	41.19	15.53	15.18	45.91	0.95
Pico	F_AC1 (Mad)	13.90	6.38	964.00	10.40	182.39	192.03	28.28	n.d.	1.19	148.28	22.82	9.28	7.93	36.25	0.40
Pico	F_ITC2 (Mad)	16.70	7.21	2060.00	14.40	471.50	399.53	59.62	n.d.	2.66	342.31	51.35	18.40	14.57	36.87	1.10
Pico	F_ITC7 (Mad)	14.30	7.54	2810.00	7.30	71.98	47.36	5.68	0.55	2.97	45.34	4.91	3.86	2.96	33.71	0.10
Pico	F_ITC5 (Mad)	14.60	6.47	6000.00	14.20	132.37	100.84	31.84	0.16	2.42	65.18	21.67	5.81	12.83	32.32	0.35
Pico	F_BSH1 (Mad)	15.10	6.68	984.00	11.80	125.66	209.04	52.28	n.d.	0.84	126.80	32.58	7.99	20.23	37.26	0.60
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	15.40	7.31	5670.00	5.40	75.03	1852.72	207.48	n.d.	n.d.	1014.40	127.80	42.48	59.35	31.89	4.65
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	14.10	6.39	2230.00	11.80	257.42	555.64	81.40	n.d.	n.d.	388.45	36.60	13.88	18.40	39.61	1.25
Pico	PM_Arcos	16.30	6.32	4980.00	4.90	87.84	1574.33	212.86	n.d.	n.d.	775.15	100.98	40.58	38.23	28.79	3.60
Pico	PM_Lajido	15.70	6.27	4210.00	13.30	165.30	1246.31	157.70	n.d.	n.d.	695.90	91.16	36.26	40.46	40.40	3.00

Pico	PM_Cachorro	14.30	6.81	4700.00	15.30	248.30	1418.90	191.42	n.d.	n.d.	743.23	111.63	36.08	40.05	49.30	3.05
Pico	PM_Mourato	14.40	6.42	8630.00	19.80	263.52	2712.28	363.41	n.d.	n.d.	1410.55	183.95	60.85	69.60	47.79	5.90
Pico	PM_Aço	16.20	6.88	4830.00	10.90	397.72	1405.72	187.55	n.d.	n.d.	715.38	127.60	40.63	31.23	43.96	2.90
Pico	PM_Ana Clara	15.40	6.62	373.00	10.80	200.69	1137.30	174.11	n.d.	n.d.	596.88	111.24	35.52	37.06	43.81	2.55
Pico	PM_Guindaste	14.40	6.45	5010.00	8.90	67.71	1496.91	180.83	n.d.	n.d.	753.13	89.08	32.95	35.58	37.69	3.70
Pico	PM_Silveira	16.50	5.76	1806.00	65.00	330.60	399.38	55.19	n.d.	n.d.	247.92	59.69	19.00	21.59	52.97	0.90
Pico	PM_Furna	16.40	6.24	7380.00	11.10	66.49	2449.52	364.38	n.d.	n.d.	1228.85	140.85	53.70	58.35	25.75	5.20
Pico	PM_Gingal	15.50	6.47	8830.00	4.30	70.76	2957.83	351.42	n.d.	n.d.	1535.15	162.60	62.25	73.05	24.63	6.80
Pico	PM_Cabrito	17.60	6.48	7680.00	4.00	75.03	2341.75	330.94	n.d.	n.d.	1315.95	167.90	6.28	64.15	22.11	5.25
Pico	PM_Frades	16.50	6.74	6620.00	4.50	190.30	2049.58	306.68	n.d.	n.d.	1163.95	157.65	55.00	42.85	35.99	4.10
Pico	PM_João Lima	17.10	7.28	5310.00	4.30	326.96	1486.68	248.03	n.d.	n.d.	874.78	115.40	36.43	39.30	35.31	3.05
Pico	PM_Café Concerto	16.00	6.91	5110.00	6.10	344.04	1465.43	193.93	n.d.	n.d.	843.58	104.58	34.43	37.65	29.17	3.55
Pico	PM_Madalena	15.70	6.29	567.00	9.80	179.34	1778.31	227.42	n.d.	n.d.	951.08	121.80	43.30	34.83	38.16	3.45
Pico	PM_Porto Calhau	17.10	4.49	9800.00	10.90	214.72	3057.00	423.05	n.d.	n.d.	1647.25	193.45	70.30	73.50	31.19	7.15

Tabela III.10 | Resultados obtidos na 4.^a amostragem efetuada na ilha do Pico (julho, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	F (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Pico	F_JK1 (SRP)	15.40	6.83	1020.00	21.10	218.38	201.36	26.56	n.d.	n.d.	149.15	26.62	12.31	18.37	48.10	0.45
Pico	F_JK2 (SRP)	15.50	7.43	869.00	9.20	145.79	185.16	23.68	n.d.	n.d.	125.88	17.81	9.97	13.00	41.29	0.55
Pico	F_Ribeiras (SRP)	17.10	7.99	192.00	1.60	45.14	29.50	4.47	n.d.	3.19	20.51	5.21	1.65	9.42	28.64	0.10
Pico	F_Rossas (SRP)	15.80	7.37	451.00	2.40	43.92	102.35	12.37	n.d.	n.d.	60.59	6.07	3.50	6.29	25.35	0.20
Pico	F_JM (LP)	15.60	7.47	2120.00	11.70	385.50	453.61	71.41	n.d.	n.d.	262.26	93.10	14.03	53.41	43.45	1.25
Pico	F_JR (LP)	16.30	7.44	983.00	5.20	103.09	239.24	35.45	n.d.	2.89	134.55	29.84	8.35	12.98	36.09	0.75
Pico	F_JK4 (LP)	16.70	7.53	2130.00	2.70	96.99	578.17	84.03	n.d.	n.d.	306.14	43.24	15.16	23.08	30.10	1.30
Pico	F_JK3 (LP)	16.30	6.33	791.00	31.80	107.36	165.79	23.20	n.d.	n.d.	82.33	27.74	6.93	45.22	34.69	0.55
Pico	F_JK2 (LP)	15.20	7.40	1077.00	1.20	36.60	268.97	37.94	n.d.	n.d.	141.72	20.27	7.12	12.55	24.19	0.65
Pico	F_JK1 (LP)	14.30	7.83	195.00	2.60	78.08	21.82	4.62	0.59	0.75	28.05	6.99	3.90	3.77	20.39	0.10
Pico	F_Miragaia (Mad)	14.70	6.83	422.00	23.60	218.38	29.24	5.93	0.96	0.26	49.35	18.89	8.47	13.80	51.58	0.10
Pico	F_JK1 (Mad)	14.80	7.36	1566.00	7.20	235.50	343.80	47.48	n.d.	n.d.	235.11	39.35	14.65	13.73	44.01	0.95
Pico	F_AC1 (Mad)	14.40	7.56	984.00	3.40	178.12	200.72	29.90	n.d.	0.73	155.47	24.51	9.35	8.36	36.59	0.70
Pico	F_ITC2 (Mad)	16.60	7.85	2210.00	10.60	543.50	440.83	67.52	n.d.	2.74	370.48	52.85	19.59	15.54	36.97	1.20
Pico	F_ITC7 (Mad)	14.30	8.63	456.00	n.d.	114.68	93.08	6.09	0.92	2.16	81.47	4.83	3.98	3.11	34.31	0.45
Pico	F_ITC5 (Mad)	14.60	7.49	614.00	5.40	134.80	107.18	33.64	1.03	1.76	66.82	19.51	5.48	12.37	31.46	0.50
Pico	F_BSH1 (Mad)	15.00	7.56	949.00	5.10	117.10	195.62	54.96	n.d.	1.47	109.24	29.90	7.27	18.56	35.76	0.75
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	15.50	7.99	5430.00	1.40	61.60	1593.87	179.89	n.d.	n.d.	897.18	112.73	38.08	61.00	32.78	3.95
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	15.10	7.69	2225.00	6.80	246.40	569.04	82.96	n.d.	n.d.	349.80	34.68	15.38	17.35	39.66	1.10
Pico	PM_Arcos	17.30	7.81	4620.00	2.10	68.30	1218.58	161.00	n.d.	n.d.	689.50	85.65	31.88	35.03	28.80	3.20
Pico	PM_Lajido	16.80	7.25	3760.00	8.50	139.70	1038.37	137.43	n.d.	n.d.	589.96	76.80	33.02	36.50	41.87	2.50

Pico	PM_Cachorro	17.60	7.17	4550.00	11.70	228.10	1263.23	173.70	n.d.	n.d.	718.48	106.08	36.75	38.98	49.92	2.95
Pico	PM_Mourato	15.80	7.18	7850.00	13.80	267.80	2336.18	318.71	n.d.	n.d.	1334.70	177.70	72.55	66.30	48.62	5.45
Pico	PM_Aço	17.00	7.54	4770.00	10.20	445.30	1146.62	172.41	n.d.	n.d.	764.40	120.08	37.50	30.38	43.78	2.70
Pico	PM_Ana Clara	15.40	7.56	3520.00	5.40	195.80	1023.84	146.21	n.d.	n.d.	531.84	103.02	36.94	34.90	42.83	2.55
Pico	PM_Guindaste	14.30	7.55	4730.00	1.90	59.78	1233.80	157.23	n.d.	n.d.	776.90	96.80	37.20	37.38	36.82	3.25
Pico	PM_Silveira	16.30	6.38	1716.00	7.09	299.50	324.48	43.87	n.d.	n.d.	243.67	59.39	19.03	21.82	53.50	1.00
Pico	PM_Furna	16.70	6.89	7140.00	8.00	62.83	1926.89	255.67	n.d.	n.d.	1160.10	117.65	47.85	56.95	24.38	5.10
Pico	PM_Gingal	18.10	7.76	7520.00	1.30	68.90	2389.55	331.89	n.d.	n.d.	1462.60	147.15	57.00	69.05	24.19	6.70
Pico	PM_Cabrito	18.10	8.02	8530.00	1.20	59.78	2080.02	285.09	n.d.	n.d.	1336.25	162.75	6.06	60.65	22.97	5.35
Pico	PM_Frades	16.70	8.01	6930.00	2.20	214.72	1918.16	248.01	n.d.	n.d.	1164.90	162.00	53.40	44.50	35.42	4.80
Pico	PM_João Lima	16.50	7.72	5120.00	6.60	339.20	1273.90	170.59	n.d.	n.d.	827.60	100.83	36.88	36.50	34.97	3.15
Pico	PM_Café Concerto	17.20	8.17	5000.00	1.50	339.16	1249.95	175.22	n.d.	n.d.	837.10	103.78	42.98	39.25	29.08	3.10
Pico	PM_Madalena	15.90	7.70	5250.00	4.80	174.46	1413.38	188.68	n.d.	n.d.	908.70	118.43	44.00	31.65	37.35	3.65
Pico	PM_Porto Calhau	16.80	7.45	8650.00	6.30	202.50	2382.78	341.80	n.d.	n.d.	1698.65	166.50	67.05	79.20	34.40	6.20

Tabela III.11 | Resultados obtidos na 5.^a amostragem efetuada na ilha do Pico (outubro, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	F (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Pico	F_JK1 (SRP)	14.80	6.57	1072.00	22.80	201.91	211.27	21.59	n.d.	n.d.	150.71	27.23	13.39	28.35	50.14	0.55
Pico	F_JK2 (SRP)	16.10	7.09	905.00	6.70	150.06	195.80	25.85	n.d.	n.d.	101.45	17.72	9.61	18.41	41.19	0.55
Pico	F_Ribeiras (SRP)	16.40	7.44	301.00	3.10	48.80	59.09	7.21	n.d.	0.80	25.74	6.42	1.68	14.12	29.41	0.30
Pico	F_Rossas (SRP)	15.40	7.09	469.00	3.80	41.48	106.85	14.80	n.d.	n.d.	46.33	6.41	3.62	9.00	26.72	0.35
Pico	F_JM (LP)	16.40	7.27	2100.00	14.00	389.18	449.25	62.31	n.d.	n.d.	205.53	65.54	15.86	43.10	47.33	1.30
Pico	F_JR (LP)	17.20	7.27	1047.00	4.80	129.32	231.60	30.39	n.d.	n.d.	93.65	27.82	8.12	19.66	39.15	0.85
Pico	F_JK4 (LP)	17.60	7.37	2060.00	3.80	154.90	553.46	62.80	n.d.	n.d.	209.74	41.37	13.27	26.75	36.12	1.75
Pico	F_JK3 (LP)	16.60	6.21	6390.00	47.60	108.58	137.80	15.85	n.d.	n.d.	50.33	22.77	5.94	22.96	38.97	0.45
Pico	F_JK2 (LP)	15.80	6.72	1008.00	1.70	34.77	262.55	32.28	n.d.	n.d.	101.81	19.04	7.67	14.44	25.93	0.75
Pico	F_JK1 (LP)	14.00	6.77	182.00	4.10	72.59	30.81	4.98	0.48	0.89	15.54	6.11	3.17	4.50	24.66	0.30
Pico	F_Miragaia (Mad)	13.70	6.39	424.00	33.90	189.70	37.01	6.33	0.82	n.d.	38.14	16.42	8.05	17.75	55.48	0.20
Pico	F_JK1 (Mad)	14.80	6.99	1579.00	15.80	220.20	356.82	44.70	n.d.	n.d.	158.46	30.83	12.83	21.18	49.93	0.70
Pico	F_AC1 (Mad)	14.60	6.98	1058.00	7.90	146.40	224.45	30.65	n.d.	n.d.	120.84	21.41	9.85	13.86	43.11	0.50
Pico	F_ITC2 (Mad)	17.20	7.24	2270.00	28.00	547.78	440.38	71.30	n.d.	0.51	272.03	46.20	18.50	21.48	47.30	1.45
Pico	F_ITC7 (Mad)	15.10	7.70	230.00	8.40	67.10	40.90	7.78	1.08	1.49	36.81	4.85	4.52	5.31	46.11	0.10
Pico	F_ITC5 (Mad)	15.00	6.98	635.00	15.20	120.78	113.46	35.74	0.61	1.11	60.35	20.72	6.00	17.44	44.75	0.25
Pico	F_BSH1 (Mad)	15.30	6.99	1037.00	9.30	119.56	228.90	54.99	n.d.	n.d.	99.91	27.63	7.32	29.69	48.19	1.10
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	15.40	7.22	5630.00	4.50	78.69	1671.86	178.34	n.d.	n.d.	959.15	86.35	37.45	82.35	39.64	3.40
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	14.70	7.19	2380.00	9.40	234.85	597.61	74.52	n.d.	n.d.	353.61	40.44	17.21	30.78	45.89	1.45
Pico	PM_Arcos	17.00	7.72	5040.00	3.20	65.88	1418.60	180.98	n.d.	n.d.	685.98	73.75	30.85	59.83	27.71	3.15
Pico	PM_Lajido	16.40	7.06	4150.00	8.80	168.36	1165.06	145.54	n.d.	n.d.	545.92	61.50	26.08	56.54	46.03	2.60

Pico	PM_Cachorro	14.90	6.96	4860.00	13.90	229.97	1341.86	169.71	n.d.	n.d.	661.58	75.83	29.60	58.58	53.00	2.95
Pico	PM_Mourato	14.90	7.01	8690.00	19.50	273.89	2598.34	320.36	n.d.	n.d.	1338.00	143.15	55.50	114.90	50.44	6.50
Pico	PM_Aço	16.80	7.67	4880.00	11.40	391.01	1308.77	161.25	n.d.	n.d.	759.43	91.38	32.95	42.65	36.22	3.50
Pico	PM_Ana Clara	16.20	7.22	3700.00	6.60	198.86	1009.55	136.03	n.d.	n.d.	430.54	74.94	20.54	53.42	52.10	2.35
Pico	PM_Guindaste	15.80	7.09	5310.00	2.90	53.68	1510.95	199.99	n.d.	n.d.	801.50	79.65	35.45	67.28	44.74	3.90
Pico	PM_Silveira	16.00	6.23	1688.00	79.70	295.85	353.69	42.09	n.d.	n.d.	221.79	42.27	26.08	32.75	64.18	0.95
Pico	PM_Furna	17.00	6.65	7800.00	9.10	56.12	2416.01	296.58	n.d.	n.d.	1213.85	128.45	46.50	109.10	35.14	6.35
Pico	PM_Gingal	15.90	7.46	9380.00	2.20	66.49	2869.90	336.09	n.d.	n.d.	1339.15	146.20	57.55	116.60	20.07	7.35
Pico	PM_Cabrito	17.80	7.24	8600.00	6.10	78.08	2574.74	297.84	n.d.	n.d.	1166.20	134.95	46.40	104.95	28.89	5.50
Pico	PM_Frades	16.70	7.23	6800.00	2.40	148.84	1988.30	248.00	n.d.	n.d.	1056.10	105.10	69.45	76.45	42.68	4.25
Pico	PM_João Lima	17.00	7.67	4300.00	3.30	274.50	1125.14	142.26	n.d.	n.d.	600.63	69.95	29.48	44.35	28.01	2.90
Pico	PM_Café Concerto	16.50	7.88	4980.00	3.20	281.80	1318.14	177.57	n.d.	n.d.	686.75	84.55	30.30	58.60	40.10	3.70
Pico	PM_Madalena	15.80	7.16	5610.00	5.60	166.50	1572.83	181.21	n.d.	n.d.	822.80	74.43	32.18	51.50	46.32	4.00
Pico	PM_Porto Calhau	16.60	7.23	9860.00	8.90	180.56	2942.61	368.66	n.d.	n.d.	1497.05	165.35	74.15	113.65	40.58	7.65

Tabela III.12 | Resultados obtidos na 6.^a amostragem efetuada na ilha do Pico (dezembro, 2014. n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	T (°C)	pH	Cond (uS/cm)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	F (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	R. seco (mg/L)
Pico	F_JK1 (SRP)	14.20	6.71	1075.00	24.30	209.80	217.26	27.86	n.d.	n.d.	127.28	26.36	12.80	24.37	58.45	0.55
Pico	F_JK2 (SRP)	14.40	6.72	904.00	7.10	172.60	200.22	25.94	n.d.	n.d.	98.20	19.73	9.82	17.51	53.15	0.55
Pico	F_Ribeiras (SRP)	15.60	7.08	310.00	2.50	43.90	67.81	6.92	n.d.	n.d.	29.95	6.60	1.82	13.49	37.86	0.30
Pico	F_Rossas (SRP)	15.20	7.11	526.00	3.70	47.58	128.51	13.93	n.d.	n.d.	20.24	7.13	2.40	4.27	35.65	0.35
Pico	F_JM (LP)	15.40	7.16	2190.00	12.10	424.56	539.60	61.48	n.d.	n.d.	188.74	107.65	20.31	33.04	42.24	1.30
Pico	F_JR (LP)	15.90	7.43	1058.00	5.10	126.88	287.55	31.70	n.d.	n.d.	99.55	40.45	9.09	16.08	33.77	0.85
Pico	F_JK4 (LP)	16.20	7.17	2100.00	3.70	76.86	631.90	61.48	n.d.	n.d.	221.80	51.92	15.55	23.99	45.29	1.75
Pico	F_JK3 (LP)	15.50	6.28	612.00	29.20	123.22	128.87	19.21	n.d.	n.d.	48.49	21.57	5.82	20.93	46.86	0.45
Pico	F_JK2 (LP)	14.90	6.56	1054.00	4.10	35.38	286.84	34.58	n.d.	n.d.	114.50	19.32	8.17	14.27	27.52	0.75
Pico	F_JK1 (LP)	14.50	7.23	180.00	4.70	70.15	19.88	5.28	n.d.	n.d.	17.69	6.14	2.32	4.19	32.18	0.30
Pico	F_Miragaia (Mad)	13.20	6.56	427.00	24.30	208.62	34.08	6.77	n.d.	n.d.	37.29	16.72	9.96	16.92	52.65	0.20
Pico	F_JK1 (Mad)	13.60	7.02	1575.00	10.90	175.68	354.29	51.87	n.d.	n.d.	154.78	39.38	13.60	16.46	47.74	0.70
Pico	F_AC1 (Mad)	13.80	6.96	1103.00	6.40	161.04	255.60	32.28	n.d.	n.d.	105.29	33.37	12.07	10.89	39.61	0.50
Pico	F_ITC2 (Mad)	16.70	7.83	3010.00	22.50	549.61	707.16	77.33	n.d.	n.d.	272.35	66.40	24.48	21.60	40.94	1.45
Pico	F_ITC7 (Mad)	14.50	8.16	423.00	2.80	82.35	79.17	8.55	n.d.	n.d.	53.22	4.65	4.79	5.02	37.09	0.10
Pico	F_ITC5 (Mad)	14.60	6.93	675.00	12.40	127.49	123.54	36.89	n.d.	n.d.	58.10	30.54	5.71	17.32	34.39	0.25
Pico	F_BSH1 (Mad)	14.50	7.27	1102.00	5.80	117.12	242.82	46.11	n.d.	n.d.	90.84	42.49	8.83	24.72	40.66	1.10
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	14.80	7.14	5870.00	3.40	56.73	1806.95	190.20	n.d.	n.d.	753.15	91.18	43.30	78.80	25.53	3.40
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	14.10	7.38	2500.00	7.40	221.43	674.50	79.16	n.d.	n.d.	265.38	64.94	22.03	28.04	41.66	1.45
Pico	PM_Arcos	14.40	7.31	5420.00	4.80	163.48	1615.25	157.54	n.d.	n.d.	623.28	78.93	35.45	59.78	24.16	3.15
Pico	PM_Lajido	14.50	6.52	4370.00	10.80	144.57	1281.55	154.66	n.d.	n.d.	535.70	75.58	32.30	56.14	38.17	2.60

Pico	PM_Cachorro	13.50	6.90	4890.00	12.30	214.11	1434.20	185.39	n.d.	n.d.	595.13	78.60	31.70	58.88	45.96	2.95
Pico	PM_Mourato	13.80	6.97	8690.00	11.60	274.50	2609.25	113.35	n.d.	n.d.	1166.50	151.35	67.75	103.45	42.23	6.50
Pico	PM_Aço	16.00	7.57	4860.00	7.20	380.03	1334.80	184.44	n.d.	n.d.	619.45	96.20	34.10	44.45	43.80	3.50
Pico	PM_Ana Clara	14.40	7.29	3980.00	7.00	218.99	1164.40	153.70	n.d.	n.d.	464.44	105.22	27.96	58.72	43.62	2.35
Pico	PM_Guindaste	13.60	7.14	5680.00	6.90	56.12	1728.85	239.19	n.d.	n.d.	711.10	91.68	43.15	60.23	32.20	3.90
Pico	PM_Silveira	13.90	6.22	1784.00	87.30	292.19	440.20	58.11	n.d.	n.d.	193.19	48.84	17.25	30.01	50.55	0.95
Pico	PM_Furna	14.20	6.33	8400.00	10.00	67.70	2580.85	341.97	n.d.	n.d.	1074.15	149.80	50.45	93.25	20.92	6.35
Pico	PM_Gingal	14.90	7.09	10130.00	3.40	78.08	3163.05	383.28	n.d.	n.d.	1356.75	184.00	68.75	120.20	17.10	7.35
Pico	PM_Cabrito	15.00	7.44	10500.00	3.00	79.30	3344.10	327.56	n.d.	n.d.	1469.55	180.15	73.75	114.50	19.87	5.50
Pico	PM_Frades	13.60	6.77	6920.00	5.50	173.24	2059.00	150.81	n.d.	n.d.	838.00	126.40	52.45	59.65	33.19	4.25
Pico	PM_João Lima	15.20	7.41	5750.00	9.40	336.72	1675.60	119.11	n.d.	n.d.	751.20	115.93	43.45	63.48	32.75	2.90
Pico	PM_Café Concerto	15.00	7.29	5500.00	7.40	343.43	1551.35	142.17	n.d.	n.d.	683.00	112.73	37.65	55.18	35.02	3.70
Pico	PM_Madalena	14.40	7.43	5870.00	6.70	174.46	1753.70	193.08	n.d.	n.d.	792.55	108.05	41.18	55.18	37.65	4.00
Pico	PM_Porto Calhau	15.00	7.34	10620.00	7.60	211.06	3269.55	252.64	n.d.	n.d.	1372.25	194.05	72.20	112.05	32.67	7.65

ANEXO IV

Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos resultados analíticos obtidos nas Ilhas Graciosa e Pico nas diferentes amostragens

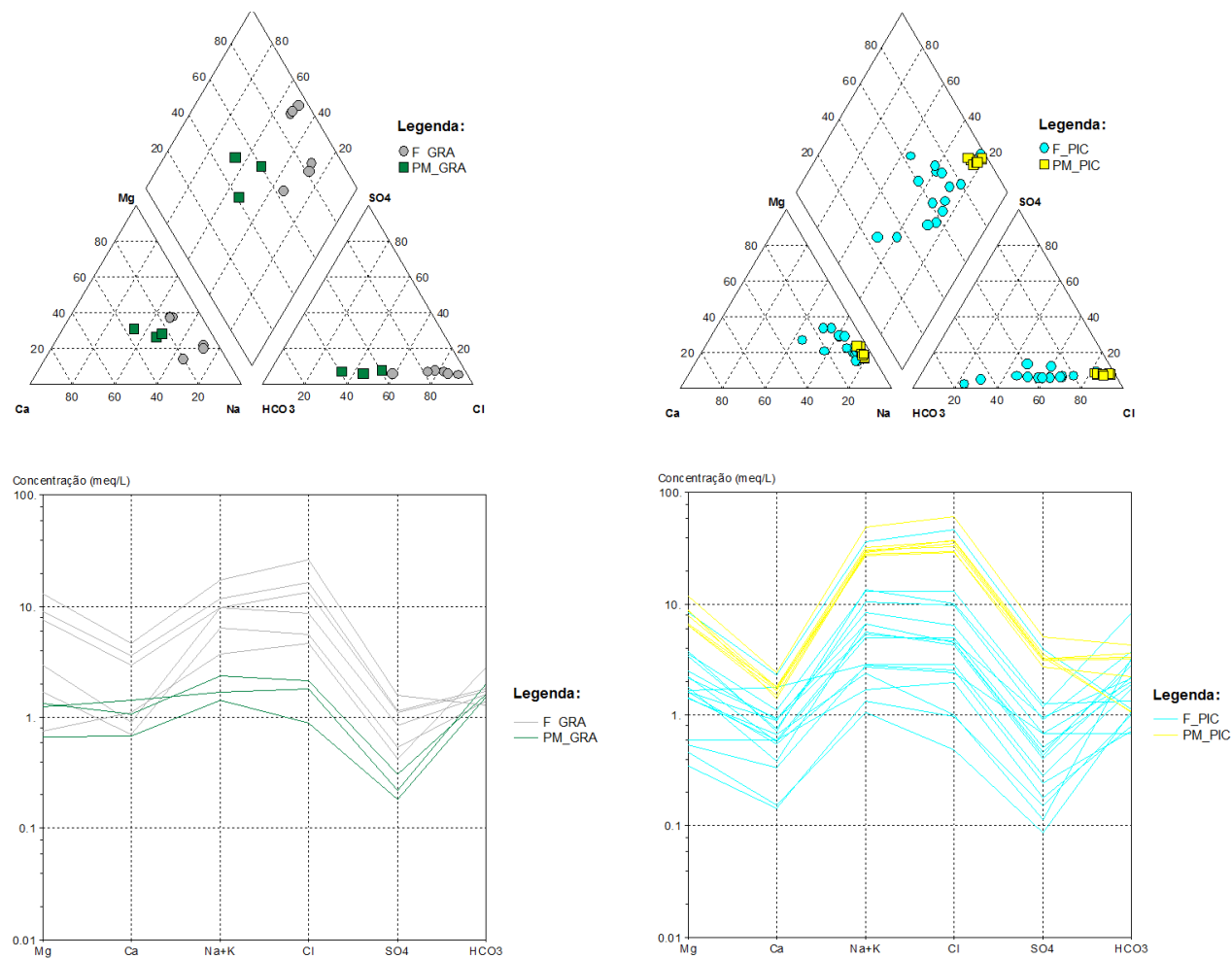


Figura IV.1 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos resultados analíticos obtidos na 1ª amostragem nas ilhas Graciosa e do Pico.

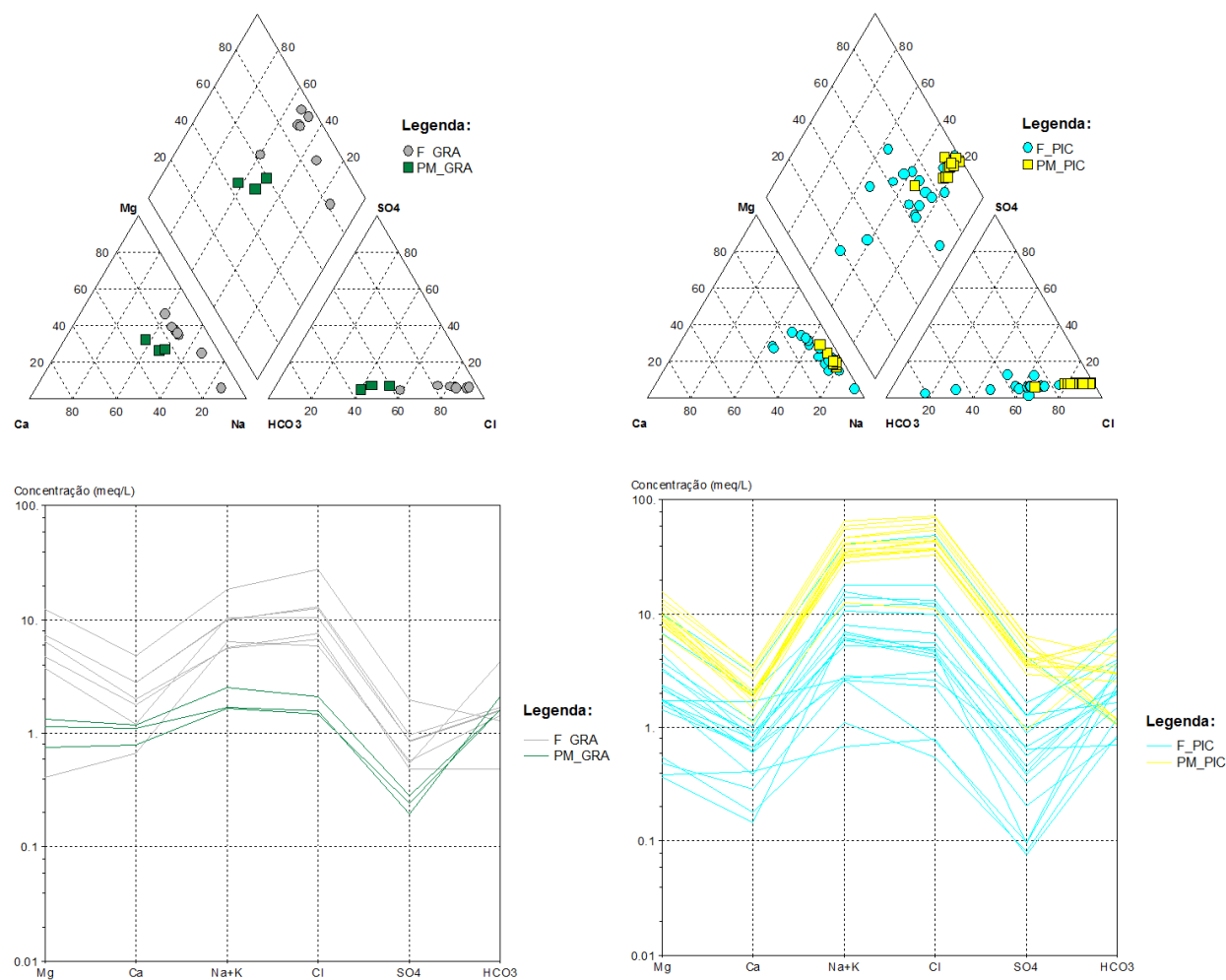


Figura IV.2 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos resultados analíticos obtidos na 2^a amostragem nas ilhas Graciosa e do Pico.

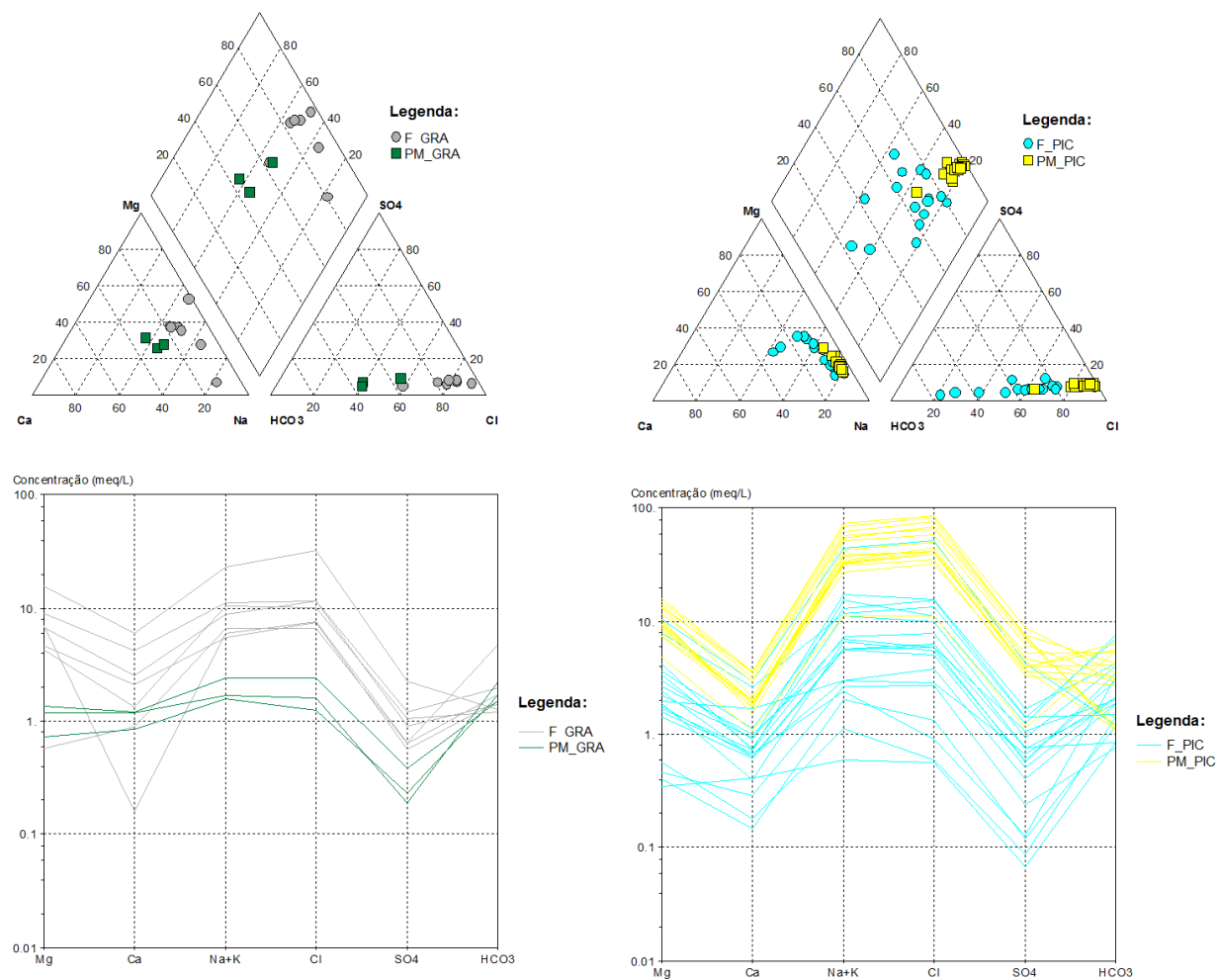


Figura IV.3 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos resultados analíticos obtidos na 3ª amostragem nas ilhas Graciosa e do Pico.

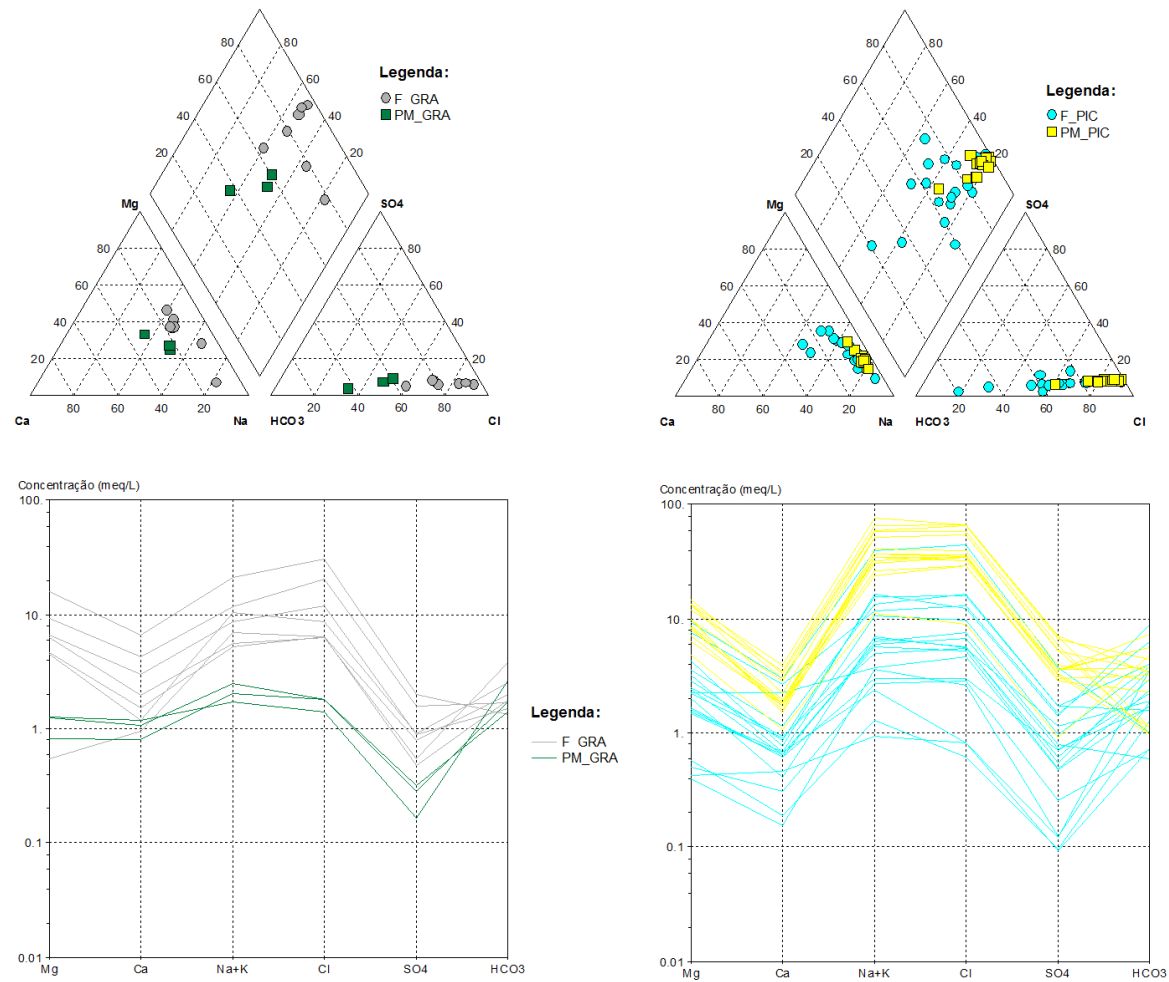


Figura IV.4 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos resultados analíticos obtidos na 4ª amostragem nas ilhas Graciosa e do Pico.

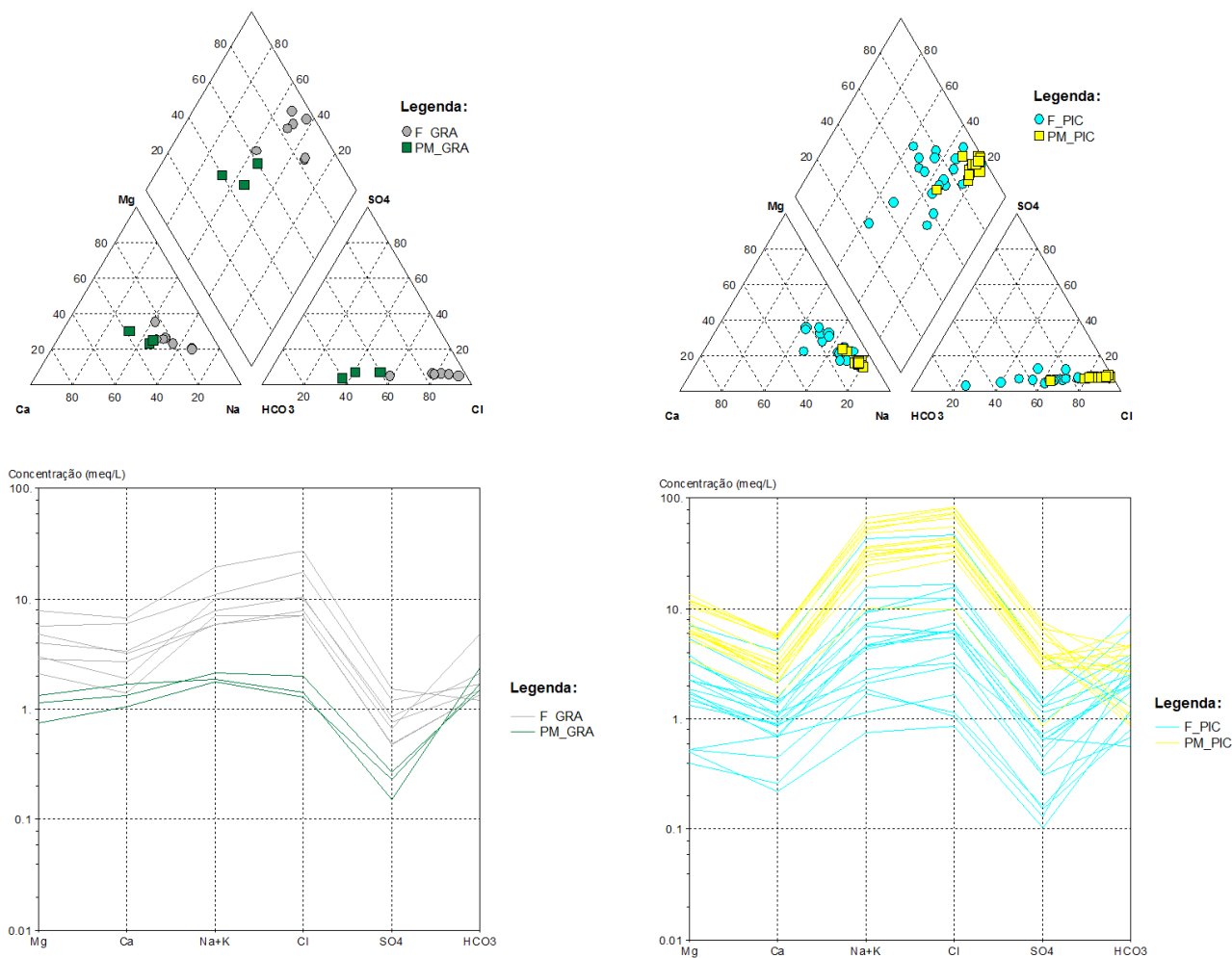


Figura IV.5 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos resultados analíticos obtidos na 5^a amostragem nas ilhas Graciosa e do Pico.

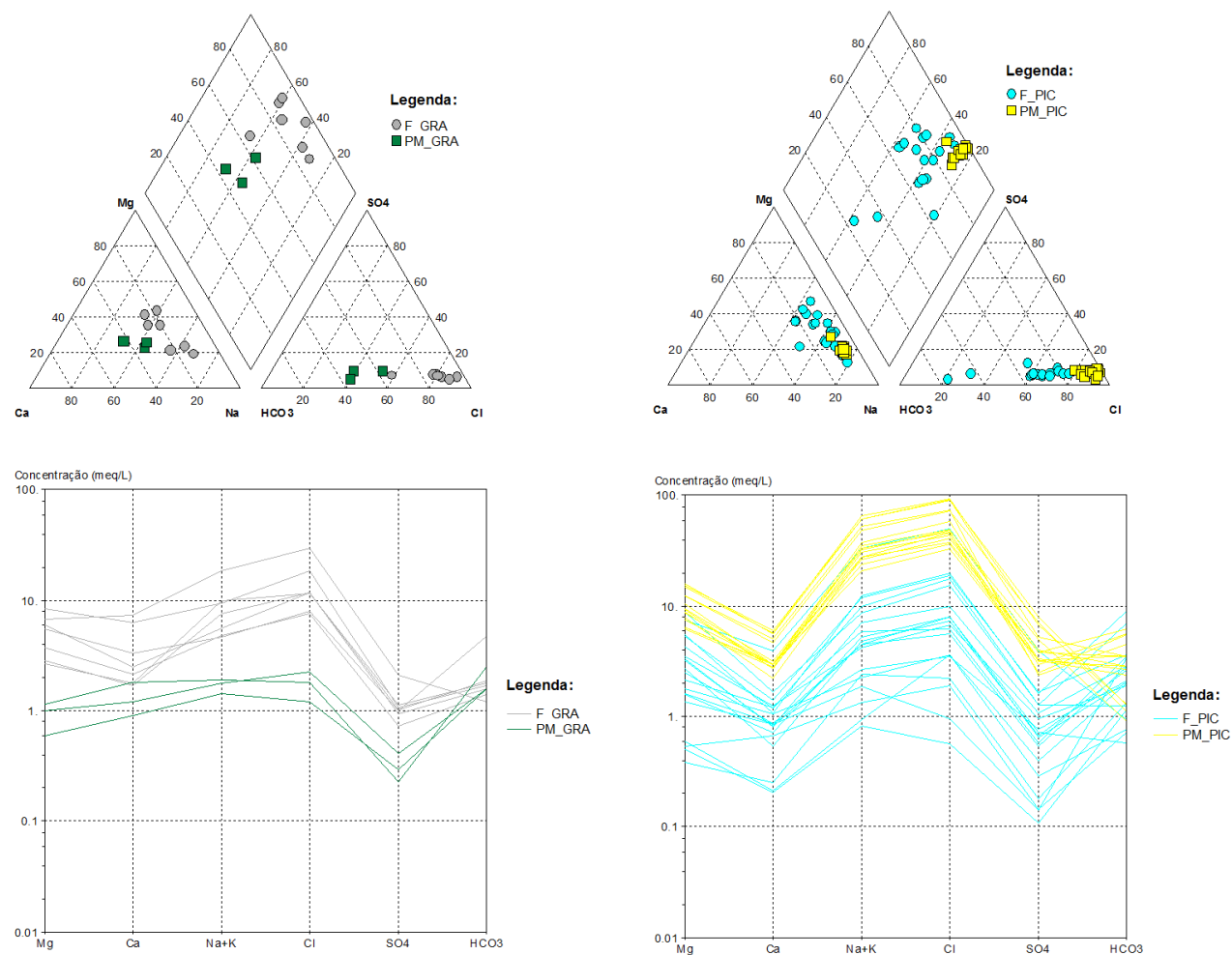


Figura IV.6 | Diagramas de Piper e Schoeller relativos aos resultados analíticos obtidos na 6ª amostragem nas ilhas Graciosa e do Pico.

ANEXO V
**Tabelas com os valores das razões relativos aos resultados
analíticos obtidos nas Ilhas Graciosa e Pico e nas restantes
ilhas nas diferentes amostragens**

Tabela V.1 | Razões elementares para a 1.ª amostragem na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Graciosa	F_SG1	1.65	0.09	0.67	3.19	1.91	0.04
Graciosa	F_JK5	4.08	0.10	2.43	8.94	2.60	0.03
Graciosa	F_JK1	5.37	0.10	3.23	10.40	2.46	0.03
Graciosa	F_ITC2	20.22	0.06	2.82	3.66	0.96	0.04
Graciosa	F_AC3	7.75	0.08	2.61	3.23	0.89	0.03
Graciosa	F_JK4	9.08	0.07	2.47	3.14	0.91	0.02
Graciosa	F_ITC1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	PM_Courelas	0.58	0.21	0.98	1.70	0.86	0.23
Graciosa	PM_Ratinho	1.33	0.14	1.23	2.08	0.93	0.05
Graciosa	PM_Novo	0.91	0.12	0.88	0.95	0.50	0.25

Tabela V.2 | Razões elementares para a 2.ª amostragem na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Graciosa	F_SG1	1.58	0.08	3.19	2.69	0.64	0.03
Graciosa	F_JK5	4.13	0.10	0.62	9.43	5.82	0.03
Graciosa	F_JK1	6.50	0.08	3.06	8.18	2.02	0.03
Graciosa	F_ITC2	21.21	0.07	2.55	3.75	1.06	0.04
Graciosa	F_AC3	7.61	0.07	2.62	3.46	0.96	0.02
Graciosa	F_JK4	7.97	0.07	2.57	3.58	1.00	0.02
Graciosa	F_ITC1	15.72	0.06	2.67	3.14	0.86	0.03
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	PM_Courelas	0.91	0.17	0.97	1.70	0.86	0.25
Graciosa	PM_Ratinho	1.31	0.13	1.12	2.01	0.95	0.05
Graciosa	PM_Novo	0.74	0.13	1.05	1.21	0.59	0.26

Tabela V.3 | Razões elementares para a 3.ª amostragem na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Graciosa	F_SG1	1.61	0.09	42.86	36.74	0.84	0.03
Graciosa	F_JK5	3.88	0.10	0.65	7.23	4.39	0.03
Graciosa	F_JK1	8.40	0.10	3.24	7.55	1.78	0.03
Graciosa	F_ITC2	25.18	0.07	2.64	3.77	1.04	0.02
Graciosa	F_AC3	8.06	0.08	2.66	3.39	0.93	0.02
Graciosa	F_JK4	5.83	0.11	2.16	2.62	0.83	0.02
Graciosa	F_ITC1	4.97	0.07	2.19	2.53	0.79	0.03
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	PM_Courelas	0.73	0.19	0.87	1.50	0.80	0.24
Graciosa	PM_Ratinho	1.60	0.16	1.11	1.87	0.89	0.05
Graciosa	PM_Novo	0.73	0.12	0.99	1.13	0.57	0.26

Tabela V.4 | Razões elementares para a 4.ª amostragem na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Graciosa	F_SG1	1.66	0.09	3.26	2.77	0.65	0.03
Graciosa	F_JK5	3.22	0.12	0.58	7.01	4.44	0.03
Graciosa	F_JK1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	22.83	0.06	2.46	3.15	0.91	0.02
Graciosa	F_AC3	7.97	0.07	2.18	2.75	0.86	0.02
Graciosa	F_JK4	12.16	0.08	2.16	2.64	0.84	0.02
Graciosa	F_ITC1	3.60	0.07	2.98	3.27	0.82	0.03
Graciosa	F_AC2	3.38	0.10	3.78	8.49	1.78	0.03
Graciosa	PM_Courelas	1.07	0.15	1.04	2.16	1.06	0.18
Graciosa	PM_Ratinho	1.30	0.17	1.17	2.20	1.01	0.05
Graciosa	PM_Novo	0.54	0.12	1.06	1.14	0.55	0.28

Tabela V.5 | Razões elementares para a 5.ª amostragem na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Graciosa	F_SG1	1.61	0.09	1.51	1.77	0.71	0.04
Graciosa	F_JK5	5.22	0.07	1.49	4.97	1.99	0.03
Graciosa	F_JK1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	22.35	0.06	1.15	2.74	1.28	0.04
Graciosa	F_AC3	7.01	0.07	1.17	2.25	1.04	0.04
Graciosa	F_JK4	10.25	0.07	0.93	1.73	0.89	0.03
Graciosa	F_ITC1	5.15	0.07	1.05	2.04	1.00	0.04
Graciosa	F_AC2	4.86	0.08	1.58	5.15	1.99	0.04
Graciosa	PM_Courelas	0.78	0.18	0.72	1.41	0.82	0.22
Graciosa	PM_Ratinho	1.32	0.14	0.86	1.54	0.83	0.05
Graciosa	PM_Novo	0.61	0.11	0.79	0.83	0.46	0.34

Tabela V.6 | Razões elementares para a 6.ª amostragem na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Graciosa	F_SG1	1.70	0.12	1.66	1.34	0.50	0.05
Graciosa	F_JK5	6.35	0.09	1.68	4.30	1.60	0.05
Graciosa	F_JK1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	24.73	0.07	0.94	2.50	1.29	0.02
Graciosa	F_AC3	7.41	0.08	2.44	2.12	0.61	0.06
Graciosa	F_JK4	10.92	0.06	1.34	1.44	0.62	0.04
Graciosa	F_ITC1	5.40	0.10	1.74	2.16	0.79	0.04
Graciosa	F_AC2	6.45	0.10	1.51	5.35	2.13	0.04
Graciosa	PM_Courelas	0.77	0.25	0.65	1.25	0.76	0.25
Graciosa	PM_Ratinho	1.42	0.18	0.81	1.34	0.74	0.08
Graciosa	PM_Novo	0.73	0.13	0.64	0.75	0.46	0.42

Tabela V.7 | Razões elementares para a 1.^a amostragem na ilha do Pico (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Pico	F_JK1 (SRP)	1.48	0.10	2.31	6.89	2.08	0.05
Pico	F_JK2 (SRP)	1.92	0.10	2.40	9.09	2.67	0.04
Pico	F_Ribeiras (SRP)	2.47	0.09	0.99	2.74	1.38	0.04
Pico	F_Rossas (SRP)	3.56	0.10	1.61	8.03	3.08	0.03
Pico	F_JM (LP)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	F_JR (LP)	2.65	0.10	3.74	8.19	1.73	0.04
Pico	F_JK4 (LP)	9.72	0.10	3.25	11.51	2.71	0.03
Pico	F_JK3 (LP)	1.64	0.10	0.95	1.53	0.79	0.06
Pico	F_JK2 (LP)	9.60	0.11	1.83	9.11	3.22	0.03
Pico	F_JK1 (LP)	0.46	0.18	3.00	6.13	1.53	0.10
Pico	F_Miragaia (Mad)	0.31	0.11	2.11	3.22	1.04	0.10
Pico	F_JK1 (Mad)	2.61	0.09	4.50	13.26	2.41	0.04
Pico	F_AC1 (Mad)	1.60	0.10	4.54	16.27	2.94	0.04
Pico	F_ITC2 (Mad)	1.22	0.12	5.23	18.07	2.90	0.04
Pico	F_ITC7 (Mad)	0.98	0.16	2.42	8.47	2.47	0.07
Pico	F_ITC5 (Mad)	1.22	0.28	2.88	4.65	1.20	0.05
Pico	F_BSH1 (Mad)	2.12	0.21	2.69	5.64	1.53	0.04
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	41.01	0.08	3.59	15.01	3.27	0.03
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Arcos	34.20	0.09	3.66	17.16	3.68	0.04
Pico	PM_Lajido	13.78	0.09	3.97	16.72	3.36	0.03
Pico	PM_Cachorro	9.89	0.10	4.48	17.37	3.17	0.03
Pico	PM_Mourato	14.29	0.08	4.87	19.81	3.37	0.03
Pico	PM_Aço	9.69	0.09	6.39	20.47	2.77	0.03
Pico	PM_Ana Clara	8.94	0.10	4.85	14.68	2.51	0.04
Pico	PM_Guindaste	35.59	0.09	4.38	19.58	3.64	0.02
Pico	PM_Silveira	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Furna	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Gingal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Cabrito	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Frades	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_João Lima	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Café Concerto	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Madalena	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Porto Calhau	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabela V.8 | Razões elementares para a 2.^a amostragem na ilha do Pico (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Pico	F_JK1 (SRP)	1.62	0.08	2.35	7.03	2.10	0.05
Pico	F_JK2 (SRP)	1.94	0.09	2.13	8.30	2.65	0.04
Pico	F_Ribeiras (SRP)	0.93	0.10	0.94	1.56	0.81	0.05
Pico	F_Rossas (SRP)	2.92	0.09	1.69	8.63	3.21	0.03
Pico	F_JM (LP)	2.09	0.10	3.24	5.53	1.30	0.04
Pico	F_JR (LP)	2.74	0.10	3.78	9.26	1.94	0.04
Pico	F_JK4 (LP)	7.88	0.10	3.23	11.68	2.76	0.03
Pico	F_JK3 (LP)	2.04	0.11	1.01	1.52	0.76	0.05
Pico	F_JK2 (LP)	9.49	0.10	2.08	9.54	3.09	0.03
Pico	F_JK1 (LP)	0.46	0.15	3.10	5.66	1.38	0.10
Pico	F_Miragaia (Mad)	0.21	0.13	2.33	3.12	0.93	0.26
Pico	F_JK1 (Mad)	2.68	0.09	4.41	13.91	2.57	0.04
Pico	F_AC1 (Mad)	1.57	0.10	4.62	15.38	2.74	0.04
Pico	F_ITC2 (Mad)	1.53	0.11	5.64	19.21	2.90	0.03
Pico	F_ITC7 (Mad)	1.95	0.02	2.48	46.16	13.28	0.02
Pico	F_ITC5 (Mad)	1.32	0.26	2.91	4.57	1.17	0.05
Pico	F_BSH1 (Mad)	2.41	0.20	2.68	5.60	1.52	0.04
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	45.76	0.08	3.31	13.29	3.08	0.03
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	4.54	0.09	3.10	17.33	4.23	0.02
Pico	PM_Arcos	36.10	0.09	4.10	17.90	3.51	0.03
Pico	PM_Lajido	12.73	0.09	3.60	14.87	3.24	0.03
Pico	PM_Cachorro	10.40	0.09	4.32	16.65	3.13	0.03
Pico	PM_Mourato	16.55	0.09	4.73	17.96	3.13	0.03
Pico	PM_Aço	5.78	0.10	5.85	21.87	3.19	0.03
Pico	PM_Ana Clara	12.03	0.10	4.88	14.27	2.43	0.03
Pico	PM_Guindaste	42.07	0.08	4.53	17.79	3.21	0.03
Pico	PM_Silveira	2.32	0.09	4.91	11.03	1.86	0.04
Pico	PM_Furna	54.07	0.09	3.62	16.96	3.67	0.03
Pico	PM_Gingal	62.04	0.09	4.00	18.84	3.77	0.02
Pico	PM_Cabrito	53.04	0.09	4.15	18.56	3.61	0.00
Pico	PM_Frades	17.93	0.09	5.99	24.02	3.44	0.02
Pico	PM_João Lima	7.47	0.09	4.64	19.94	3.54	0.03
Pico	PM_Café Concerto	6.66	0.09	4.55	18.32	3.30	0.03
Pico	PM_Madalena	16.03	0.09	5.90	23.73	3.44	0.03
Pico	PM_Porto Calhau	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabela V.9 | Razões elementares para a 3.^a amostragem na ilha do Pico.

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Pico	F_JK1 (SRP)	1.66	0.10	2.37	7.10	2.11	0.05
Pico	F_JK2 (SRP)	2.35	0.10	2.31	8.64	2.61	0.04
Pico	F_Ribeiras (SRP)	0.68	0.12	0.86	1.37	0.73	0.06
Pico	F_Rossas (SRP)	3.52	0.09	1.62	8.84	3.37	0.03
Pico	F_JM (LP)	1.95	0.10	2.94	4.29	1.09	0.03
Pico	F_JR (LP)	3.35	0.12	3.80	8.65	1.80	0.04
Pico	F_JK4 (LP)	9.96	0.09	3.19	11.02	2.63	0.03
Pico	F_JK3 (LP)	2.07	0.10	1.15	1.69	0.79	0.05
Pico	F_JK2 (LP)	9.25	0.10	2.30	9.61	2.92	0.03
Pico	F_JK1 (LP)	0.41	0.15	3.11	5.79	1.41	0.09
Pico	F_Miragaia (Mad)	0.28	0.14	2.27	3.17	0.97	0.10
Pico	F_JK1 (Mad)	2.50	0.09	4.47	14.13	2.58	0.04
Pico	F_AC1 (Mad)	1.81	0.11	4.75	16.30	2.84	0.04
Pico	F_ITC2 (Mad)	1.46	0.11	5.81	20.48	3.01	0.03
Pico	F_ITC7 (Mad)	1.13	0.09	2.74	13.35	3.57	0.05
Pico	F_ITC5 (Mad)	1.31	0.23	2.79	4.43	1.17	0.05
Pico	F_BSH1 (Mad)	2.86	0.18	2.66	5.46	1.49	0.04
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	42.50	0.08	3.55	14.90	3.27	0.02
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	3.72	0.11	3.28	18.40	4.30	0.02
Pico	PM_Arcos	30.85	0.10	4.36	17.68	3.30	0.03
Pico	PM_Lajido	12.98	0.09	3.72	14.99	3.18	0.03
Pico	PM_Cachorro	9.84	0.10	4.60	16.18	2.89	0.03
Pico	PM_Mourato	17.72	0.10	4.36	17.67	3.30	0.03
Pico	PM_Aço	6.08	0.10	6.74	19.97	2.58	0.03
Pico	PM_Ana Clara	9.75	0.11	4.95	14.04	2.36	0.03
Pico	PM_Guindaste	38.05	0.09	4.13	18.45	3.60	0.03
Pico	PM_Silveira	2.08	0.10	4.56	10.01	1.80	0.05
Pico	PM_Furna	63.41	0.11	3.98	18.36	3.69	0.03
Pico	PM_Gingal	71.95	0.09	3.67	18.32	3.92	0.02
Pico	PM_Cabrito	53.72	0.10	4.32	17.88	3.36	0.00
Pico	PM_Frades	18.54	0.11	6.07	23.68	3.35	0.03
Pico	PM_João Lima	7.83	0.12	4.84	19.40	3.32	0.02
Pico	PM_Café Concerto	7.33	0.10	4.58	19.53	3.50	0.02
Pico	PM_Madalena	17.07	0.09	5.77	23.80	3.52	0.03
Pico	PM_Porto Calhau	24.50	0.10	4.34	19.54	3.66	0.03

Tabela V.10 | Razões elementares para a 4.^a amostragem na ilha do Pico.

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Pico	F_JK1 (SRP)	1.59	0.10	2.39	7.08	2.09	0.05
Pico	F_JK2 (SRP)	2.19	0.09	2.26	8.44	2.59	0.05
Pico	F_Ribeiras (SRP)	1.12	0.11	0.91	1.90	0.99	0.05
Pico	F_Rossas (SRP)	4.01	0.09	1.59	8.40	3.24	0.03
Pico	F_JM (LP)	2.03	0.12	2.87	4.28	1.10	0.03
Pico	F_JR (LP)	3.99	0.11	3.79	9.04	1.89	0.04
Pico	F_JK4 (LP)	10.26	0.11	3.09	11.56	2.83	0.03
Pico	F_JK3 (LP)	2.66	0.10	1.01	1.59	0.79	0.05
Pico	F_JK2 (LP)	12.65	0.10	2.66	9.84	2.69	0.03
Pico	F_JK1 (LP)	0.48	0.16	3.06	6.49	1.60	0.08
Pico	F_Miragaia (Mad)	0.23	0.15	2.26	3.12	0.96	0.10
Pico	F_JK1 (Mad)	2.51	0.10	4.73	14.93	2.61	0.04
Pico	F_AC1 (Mad)	1.94	0.11	4.83	16.21	2.78	0.04
Pico	F_ITC2 (Mad)	1.40	0.11	5.61	20.78	3.14	0.03
Pico	F_ITC7 (Mad)	1.40	0.05	2.56	22.84	6.41	0.03
Pico	F_ITC5 (Mad)	1.37	0.23	2.60	4.71	1.31	0.05
Pico	F_BSH1 (Mad)	2.88	0.21	2.66	5.13	1.40	0.04
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	44.53	0.08	3.05	12.82	3.17	0.02
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	3.97	0.11	3.30	17.58	4.09	0.03
Pico	PM_Arcos	30.71	0.10	4.03	17.16	3.41	0.03
Pico	PM_Lajido	12.79	0.10	3.47	14.09	3.15	0.03
Pico	PM_Cachorro	9.53	0.10	4.49	16.07	2.93	0.03
Pico	PM_Mourato	15.01	0.10	4.42	17.55	3.24	0.03
Pico	PM_Aço	4.43	0.11	6.52	21.93	2.92	0.03
Pico	PM_Ana Clara	9.00	0.11	4.87	13.28	2.26	0.04
Pico	PM_Guindaste	35.52	0.09	4.27	18.12	3.44	0.03
Pico	PM_Silveira	1.86	0.10	4.49	9.74	1.77	0.05
Pico	PM_Furna	52.79	0.10	3.41	17.76	4.03	0.02
Pico	PM_Gingal	59.69	0.10	3.51	18.47	4.09	0.02
Pico	PM_Cabrito	59.89	0.10	4.43	19.21	3.54	0.00
Pico	PM_Frades	15.38	0.10	6.00	22.82	3.26	0.03
Pico	PM_João Lima	6.46	0.10	4.56	19.77	3.56	0.03
Pico	PM_Café Concerto	6.34	0.10	4.36	18.59	3.47	0.03
Pico	PM_Madalena	13.94	0.10	6.17	25.03	3.49	0.03
Pico	PM_Porto Calhau	20.25	0.11	3.47	18.70	4.19	0.02

Tabela V.11 | Razões elementares para a 5.ª amostragem na ilha do Pico.

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Pico	F_JK1 (SRP)	1.80	0.08	1.58	4.63	1.79	0.05
Pico	F_JK2 (SRP)	2.25	0.10	1.59	4.80	1.86	0.06
Pico	F_Ribeiras (SRP)	2.08	0.09	0.75	1.59	0.91	0.04
Pico	F_Rossas (SRP)	4.43	0.10	1.17	4.49	2.06	0.05
Pico	F_JM (LP)	1.99	0.10	2.51	4.16	1.19	0.05
Pico	F_JR (LP)	3.08	0.10	2.33	4.15	1.25	0.05
Pico	F_JK4 (LP)	6.15	0.08	2.55	6.84	1.93	0.04
Pico	F_JK3 (LP)	2.18	0.08	1.64	1.91	0.73	0.07
Pico	F_JK2 (LP)	13.00	0.09	2.17	6.15	1.94	0.04
Pico	F_JK1 (LP)	0.73	0.12	2.24	3.01	0.93	0.12
Pico	F_Miragaia (Mad)	0.34	0.13	1.53	1.87	0.74	0.12
Pico	F_JK1 (Mad)	2.79	0.09	2.40	6.52	1.92	0.05
Pico	F_AC1 (Mad)	2.64	0.10	2.55	7.60	2.14	0.05
Pico	F_ITC2 (Mad)	1.38	0.12	3.55	11.04	2.43	0.04
Pico	F_ITC7 (Mad)	1.05	0.14	1.51	6.04	2.41	0.07
Pico	F_ITC5 (Mad)	1.62	0.23	1.96	3.02	1.02	0.06
Pico	F_BSH1 (Mad)	3.30	0.18	1.53	2.93	1.16	0.04
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	36.57	0.08	1.73	10.15	3.72	0.02
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	4.38	0.09	2.17	10.01	3.16	0.03
Pico	PM_Arcos	37.06	0.09	2.03	9.99	3.30	0.03
Pico	PM_Lajido	11.91	0.09	1.79	8.42	3.01	0.03
Pico	PM_Cachorro	10.04	0.09	2.13	9.85	3.14	0.03
Pico	PM_Mourato	16.33	0.09	2.05	10.15	3.32	0.02
Pico	PM_Aço	5.76	0.09	3.53	15.52	3.42	0.03
Pico	PM_Ana Clara	8.74	0.10	2.31	7.03	2.12	0.03
Pico	PM_Guindaste	48.45	0.10	1.95	10.38	3.52	0.03
Pico	PM_Silveira	2.06	0.09	2.13	5.90	1.89	0.07
Pico	PM_Furna	74.10	0.09	1.94	9.70	3.30	0.02
Pico	PM_Gingal	74.29	0.09	2.07	10.01	3.26	0.03
Pico	PM_Cabrito	56.76	0.09	2.12	9.69	3.10	0.02
Pico	PM_Frades	22.99	0.09	2.27	12.04	3.69	0.04
Pico	PM_João Lima	7.05	0.09	2.60	11.81	3.28	0.03
Pico	PM_Café Concerto	8.05	0.10	2.38	10.22	3.02	0.03
Pico	PM_Madalena	16.26	0.09	2.38	13.93	4.12	0.02
Pico	PM_Porto Calhau	28.05	0.09	2.40	11.48	3.38	0.03

Tabela V.12 | Razões elementares para a 6.ª amostragem na ilha do Pico.

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Pico	F_JK1 (SRP)	1.78	0.09	1.78	4.55	1.64	0.06
Pico	F_JK2 (SRP)	2.00	0.10	1.86	4.89	1.71	0.06
Pico	F_Ribeiras (SRP)	2.66	0.08	0.81	1.94	1.07	0.04
Pico	F_Rossas (SRP)	4.65	0.08	2.75	4.13	1.10	0.07
Pico	F_JM (LP)	2.19	0.08	5.37	4.98	0.78	0.06
Pico	F_JR (LP)	3.90	0.08	4.15	5.40	1.05	0.05
Pico	F_JK4 (LP)	14.15	0.07	3.57	8.06	1.76	0.04
Pico	F_JK3 (LP)	1.80	0.11	1.70	2.02	0.75	0.07
Pico	F_JK2 (LP)	13.95	0.09	2.23	6.99	2.16	0.04
Pico	F_JK1 (LP)	0.49	0.20	2.42	3.68	1.08	0.08
Pico	F_Miragaia (Mad)	0.28	0.15	1.63	1.92	0.73	0.16
Pico	F_JK1 (Mad)	3.47	0.11	3.95	8.20	1.66	0.05
Pico	F_AC1 (Mad)	2.73	0.09	5.05	8.43	1.39	0.07
Pico	F_ITC2 (Mad)	2.21	0.08	5.07	10.99	1.81	0.05
Pico	F_ITC7 (Mad)	1.65	0.08	1.53	9.24	3.66	0.05
Pico	F_ITC5 (Mad)	1.67	0.22	2.91	2.92	0.75	0.06
Pico	F_BSH1 (Mad)	3.57	0.14	2.83	3.20	0.84	0.06
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	54.82	0.08	1.91	8.33	2.86	0.03
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	5.24	0.09	3.82	8.25	1.71	0.05
Pico	PM_Arcos	17.01	0.07	2.18	9.09	2.86	0.03
Pico	PM_Lajido	15.26	0.09	2.22	8.32	2.58	0.04
Pico	PM_Cachorro	11.53	0.10	2.20	8.81	2.75	0.03
Pico	PM_Mourato	16.36	0.03	2.41	9.83	2.88	0.03
Pico	PM_Aço	6.05	0.10	3.57	12.15	2.66	0.03
Pico	PM_Ana Clara	9.15	0.10	2.96	6.89	1.74	0.04
Pico	PM_Guindaste	53.02	0.10	2.51	10.29	2.93	0.04
Pico	PM_Silveira	2.59	0.10	2.68	5.61	1.52	0.05
Pico	PM_Furna	65.61	0.10	2.65	10.04	2.75	0.03
Pico	PM_Gingal	69.73	0.09	2.52	9.84	2.79	0.03
Pico	PM_Cabrito	72.58	0.07	2.59	11.19	3.11	0.03
Pico	PM_Frades	20.46	0.05	3.49	12.25	2.72	0.04
Pico	PM_João Lima	8.56	0.05	3.01	10.32	2.57	0.03
Pico	PM_Café Concerto	7.77	0.07	3.37	10.79	2.47	0.03
Pico	PM_Madalena	17.30	0.08	3.23	12.52	2.96	0.03
Pico	PM_Porto Calhau	26.66	0.06	2.86	10.68	2.77	0.03

Tabela V.13 | Razões elementares para a amostragem nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

Ilha	Ref.	rCl/rHCO ₃	rSO ₄ /rCl	rMg/rCa	rNa/rCa	rNa/(rCa+rMg)	rK/Na
Santa Maria	F_Rib ^a do Engenho	1.08	0.03	0.89	1.45	0.77	0.05
Santa Maria	F_São José	0.92	0.05	1.09	4.05	1.94	0.03
Santa Maria	F_Covas	0.97	0.05	0.94	2.96	1.52	0.03
Santa Maria	F_Ana 1	0.98	0.04	1.12	1.95	0.92	0.04
Santa Maria	F_Ana 2	1.27	0.03	1.09	1.80	0.86	0.05
Santa Maria	F_Stº António	1.00	0.17	0.88	1.40	0.74	0.05
Santa Maria	F_Valverde	1.13	0.01	1.37	2.93	1.24	0.03
Santa Maria	F_João Luis	1.62	0.05	0.99	1.76	0.88	0.04
Santa Maria	F_Hotel Praia de Lobos	11.92	0.00	2.97	2.35	0.59	0.04
São Miguel	F_JK2	0.59	0.06	1.38	2.14	0.90	0.23
São Miguel	F_JK3	0.65	0.23	1.27	11.35	5.00	0.06
São Miguel	F_Lagoa do Conde 1	0.61	0.13	1.80	2.80	1.00	0.15
São Miguel	F_Lagoa do Conde 2	0.67	0.08	1.63	2.85	1.08	0.16
São Miguel	F_AC1	2.50	0.09	3.17	5.63	1.35	0.07
São Miguel	F_AC2	1.09	0.15	1.93	4.96	1.69	0.13
São Miguel	F_AC3	1.07	0.22	1.69	4.43	1.65	0.13
São Miguel	F_SL1	1.72	0.18	1.26	4.13	1.83	0.06
São Miguel	F_Marques	1.33	0.15	1.42	2.78	1.15	0.42
São Miguel	F_Unileite	2.06	0.08	2.44	3.94	1.15	0.11
São Miguel	F_Vieira & Vieira	1.96	0.04	3.13	7.80	1.89	0.08
São Miguel	F_Tecnovia	0.50	0.15	0.67	4.13	2.47	0.14
São Miguel	F_Herdeiros	2.26	0.06	2.58	3.97	1.11	0.09
São Miguel	F_Solar do Conde	0.83	0.16	1.48	1.96	0.79	0.30
São Miguel	F_Insulac	0.55	0.07	1.08	2.07	0.99	0.31
São Miguel	F_CRP	0.50	0.17	0.80	2.66	1.48	0.21
Terceira	F_Tapete	0.88	0.08	1.18	3.50	1.61	0.11
Terceira	F_Santana do Norte	1.85	0.07	1.65	5.13	1.94	0.18
Terceira	F_Santana	1.29	0.07	0.47	3.32	2.26	0.08
Terceira	F_Canada do Mato	1.23	0.08	1.16	2.86	1.32	0.12
Terceira	F_Quatro Canadas	1.37	0.08	0.99	1.87	0.94	0.11
Terceira	F_Vinha Brava	0.82	0.08	0.68	1.19	0.71	0.19
Terceira	F_São Mateus	1.06	0.10	1.33	2.49	1.07	0.13
Terceira	F_Terra Chã	0.90	0.12	1.05	3.35	1.63	0.15
Terceira	F_Biscoitos	0.40	0.11	0.73	2.78	1.61	0.09
Terceira	F_Salto de São Brás	0.41	0.10	0.76	5.58	3.16	0.11

Terceira	F_Covas de São Brás	1.62	0.13	0.89	5.55	2.94	0.06
Terceira	F_Pico Seleiro	5.01	0.27	0.93	1.79	0.92	0.06
Terceira	F_Areeiro	5.82	0.17	1.10	2.74	1.30	0.07
Terceira	F_Barreiro	7.39	0.10	1.01	2.83	1.41	0.05
Terceira	F_Juncal	4.53	0.09	1.18	2.50	1.15	0.05
Faial	F_Farrobo	1.40	0.14	1.35	1.12	0.48	0.04
Faial	F_Areias	0.41	0.25	1.10	1.61	0.77	0.10
Faial	F_Campo	0.71	0.19	0.61	1.53	0.95	0.09
Faial	F_Capitão	0.59	0.45	0.64	1.77	1.08	0.14
Faial	F_Lameiro Grande	2.07	0.11	2.00	2.16	0.72	0.06
Faial	F_Fonte do Rego	5.71	0.09	1.27	7.54	3.33	0.04
Faial	F_Cancelas	2.76	0.09	1.37	6.49	2.74	0.06
Faial	F_Joana Alves	1.01	0.21	0.76	4.26	2.42	0.06
Faial	F_Praia do Almoxarife	0.64	0.24	0.59	1.56	0.98	0.09
São Jorge	F_Queimada	1.12	0.16	2.47	3.77	1.09	0.05
São Jorge	F_Rib ^a do Nabo	0.45	0.26	2.17	1.88	0.59	0.08

ANEXO VI

Tabelas com os valores MIX (%) relativos aos resultados analíticos obtidos nas Ilhas Graciosa e Pico e nas restantes ilhas nas diferentes amostragens

Tabela VI.1 | Cálculo da frações de mistura com a água do mar (em %) na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	Amost_1	Amost_2	Amost_3	Amost_4	Amost_5	Amost_6
Graciosa	F_SG1	0.78	1.19	1.35	1.11	1.36	1.41
Graciosa	F_JK5	0.98	1.02	1.16	1.12	1.25	2.10
Graciosa	F_JK1	1.53	1.84	1.82	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	4.83	4.99	5.80	5.59	4.98	5.47
Graciosa	F_AC3	2.44	2.32	2.03	2.14	1.84	2.10
Graciosa	F_JK4	2.98	2.23	2.03	3.70	3.15	3.30
Graciosa	F_ITC1	n.d.	1.35	1.31	1.13	1.23	1.33
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	1.53	1.80	2.05
Graciosa	PM_Courelas	0.10	0.21	0.17	0.27	0.18	0.16
Graciosa	PM_Ratinho	0.33	0.32	0.38	0.27	0.30	0.35
Graciosa	PM_Novo	0.27	0.23	0.24	0.19	0.20	0.27

Tabela VI.2 | Cálculo da frações de mistura com a água do mar (em %) na ilha do Pico (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	Amost_1	Amost_2	Amost_3	Amost_4	Amost_5	Amost_6
Pico	F_JK1 (SRP)	0.77	0.82	1.01	0.98	1.03	1.06
Pico	F_JK2 (SRP)	0.72	0.69	0.88	0.89	0.95	0.97
Pico	F_Ribeiras (SRP)	0.29	0.08	0.04	0.09	0.24	0.29
Pico	F_Rossas (SRP)	0.41	0.37	0.43	0.47	0.49	0.60
Pico	F_JM (LP)	n.d.	2.19	2.44	2.28	2.26	2.73
Pico	F_JR (LP)	0.85	0.97	1.10	1.17	1.13	1.42
Pico	F_JK4 (LP)	2.32	2.35	2.71	2.93	2.80	3.20
Pico	F_JK3 (LP)	0.46	0.50	0.64	0.79	0.65	0.60
Pico	F_JK2 (LP)	1.13	1.17	1.36	1.33	1.30	1.42
Pico	F_JK1 (LP)	0.03	0.04	0.05	0.05	0.10	0.04
Pico	F_Miragaia (Mad)	0.12	0.07	0.11	0.09	0.13	0.11
Pico	F_JK1 (Mad)	1.73	1.76	1.77	1.72	1.78	1.77
Pico	F_AC1 (Mad)	0.77	0.74	0.93	0.98	1.10	1.26
Pico	F_ITC2 (Mad)	1.79	2.05	2.00	2.22	2.21	3.59
Pico	F_ITC7 (Mad)	0.12	0.78	0.18	0.42	0.15	0.35
Pico	F_ITC5 (Mad)	0.39	0.42	0.46	0.49	0.52	0.58
Pico	F_BSH1 (Mad)	0.78	0.87	1.02	0.95	1.12	1.19
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	8.50	8.99	9.52	8.18	8.58	9.28
Pico	F_BSH2 CB (Mad)	n.d.	3.22	2.81	2.88	3.03	3.42
Pico	PM_Arcos	6.77	7.81	8.08	6.24	7.27	8.29
Pico	PM_Lajido	5.47	5.95	6.38	5.31	5.96	6.56
Pico	PM_Cachorro	5.93	6.57	7.27	6.47	6.88	7.35
Pico	PM_Mourato	11.12	12.79	13.96	12.02	13.37	13.43
Pico	PM_Aço	6.40	6.79	7.21	5.87	6.70	6.84
Pico	PM_Ana Clara	5.29	6.53	5.82	5.23	5.16	5.96
Pico	PM_Guindaste	6.85	8.11	7.68	6.32	7.75	8.88
Pico	PM_Silveira	n.d.	1.94	2.00	1.62	1.77	2.21
Pico	PM_Furna	n.d.	10.64	12.60	9.90	12.43	13.28
Pico	PM_Gingal	n.d.	13.12	15.23	12.29	14.78	16.29
Pico	PM_Cabrito	n.d.	11.41	12.04	10.69	13.25	17.23
Pico	PM_Frades	n.d.	9.79	10.53	9.85	10.22	10.58
Pico	PM_João Lima	n.d.	7.92	7.62	6.52	5.75	8.60
Pico	PM_Café Concerto	n.d.	6.87	7.51	6.40	6.75	7.96
Pico	PM_Madalena	n.d.	8.48	9.13	7.24	8.07	9.00
Pico	PM_Porto Calhau	n.d.	n.d.	15.74	12.26	15.15	16.84

Tabela VI.3 | Cálculo da frações de mistura com a água do mar (em %) nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

Ilha	Ref.	Amostragem
Santa Maria	F_Rib ^a do Engenho	0.23
Santa Maria	F_São José	0.31
Santa Maria	F_Covas	0.27
Santa Maria	F_Ana 1	0.32
Santa Maria	F_Ana 2	0.32
Santa Maria	F_Stº António	0.17
Santa Maria	F_Valverde	0.62
Santa Maria	F_João Luís	0.36
Santa Maria	F_Hotel Praia de Lobos	6.88
São Miguel	F_JK2	0.08
São Miguel	F_JK3	0.02
São Miguel	F_Lagoa do Conde 1	0.07
São Miguel	F_Lagoa do Conde 2	0.06
São Miguel	F_AC1	0.36
São Miguel	F_AC2	0.10
São Miguel	F_AC3	0.06
São Miguel	F_SL1	0.13
São Miguel	F_Marques	0.23
São Miguel	F_Unileite	0.66
São Miguel	F_Vieira & Vieira	4.84
São Miguel	F_Tecnovia	0.09
São Miguel	F_Herdeiros	0.40
São Miguel	F_Solar do Conde	0.12
São Miguel	F_Insulac	0.28
São Miguel	F_CRP	0.04
Terceira	F_Tapete	0.06
Terceira	F_Santana do Norte	0.07
Terceira	F_Santana	0.09
Terceira	F_Canada do Mato	0.09
Terceira	F_Quatro Canadas	0.09
Terceira	F_Vinha Brava	0.07
Terceira	F_São Mateus	0.16
Terceira	F_Terra Chã	0.48
Terceira	F_Biscoitos	0.04
Terceira	F_Salto de São Brás	0.04

Terceira	F_Covas de São Brás	0.36
Terceira	F_Pico Seleiro	0.60
Terceira	F_Areeiro	0.77
Terceira	F_Barreiro	1.59
Terceira	F_Juncal	2.08
Faial	F_Farrobo	0.47
Faial	F_Areias	0.04
Faial	F_Campo	0.05
Faial	F_Capitão	0.03
Faial	F_Lameiro Grande	0.78
Faial	F_Fonte do Rego	0.86
Faial	F_Cancelas	0.87
Faial	F_Joana Alves	0.09
Faial	F_Praia do Almoxarife	0.04
São Jorge	F_Queimada	0.61
São Jorge	F_Rib ^a do Nabo	0.48

ANEXO VII

Tabelas com os valores teóricos e respetiva diferença para os valores observados relativos aos resultados analíticos obtidos nas Ilhas Graciosa e Pico e nas restantes ilhas nas diferentes amostragens

Tabela VII.1 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 1.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Graciosa	F_SG1	11.42	158.18	158.67	3.91	23.10	-2.91	4.32	18.06	11.18	-2.07	92.74	-10.88	4.30	0.94
Graciosa	F_JK5	11.69	73.11	197.22	3.92	28.48	-2.49	5.14	8.88	13.75	6.94	114.19	29.63	5.09	1.41
Graciosa	F_JK1	12.43	86.37	304.27	3.95	43.42	-2.79	7.41	11.00	20.88	15.19	173.76	45.85	7.29	2.19
Graciosa	F_ITC2	16.87	63.63	941.72	4.12	132.39	-55.78	20.96	71.17	63.37	94.11	528.51	-141.96	20.40	3.28
Graciosa	F_AC3	13.65	93.75	479.32	3.99	67.86	-14.57	11.13	48.11	32.55	61.32	271.18	-51.84	10.89	-1.28
Graciosa	F_JK4	14.38	97.22	584.80	4.02	82.58	-26.67	13.37	60.16	39.58	70.55	329.88	-64.83	13.06	-2.11
Graciosa	F_ITC1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	PM_Courelas	10.51	84.09	27.92	3.88	4.85	4.05	1.54	12.23	2.46	5.69	19.98	6.93	1.61	8.74
Graciosa	PM_Ratinho	10.82	87.38	72.23	3.89	11.04	3.73	2.48	19.19	5.42	10.76	44.63	7.07	2.52	2.31
Graciosa	PM_Novo	10.74	111.86	61.21	3.88	9.50	1.29	2.25	26.27	4.68	10.58	38.50	-7.48	2.29	10.84

Tabela VII.2 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 2.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Graciosa	F_SG1	11.98	252.15	239.05	3.93	34.32	-7.50	6.03	34.40	16.54	61.72	137.47	-12.74	5.95	0.44
Graciosa	F_JK5	11.74	75.49	205.54	3.92	29.64	-1.97	5.31	7.98	14.30	-9.29	118.82	24.95	5.26	1.43
Graciosa	F_JK1	12.85	84.75	364.47	3.96	51.83	-10.48	8.69	15.93	24.90	20.80	207.26	23.89	8.53	2.09
Graciosa	F_ITC2	17.09	62.21	973.14	4.13	136.78	-42.71	21.62	74.86	65.47	83.66	545.99	-131.26	21.05	7.23
Graciosa	F_AC3	13.50	90.80	457.25	3.99	64.78	-18.19	10.66	45.80	31.08	58.61	258.90	-34.65	10.44	-2.11
Graciosa	F_JK4	13.37	82.43	439.40	3.98	62.28	-21.79	10.28	46.08	29.89	58.01	248.96	-17.67	10.07	-2.73
Graciosa	F_ITC1	12.19	17.70	269.12	3.94	38.52	-15.10	6.66	29.24	18.54	39.50	154.20	-24.83	6.57	-0.38
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	PM_Courelas	10.65	88.75	48.85	3.88	7.77	4.04	1.98	13.78	3.86	5.40	31.62	-0.93	2.04	10.84
Graciosa	PM_Ratinho	10.80	86.80	70.38	3.89	10.78	2.68	2.44	21.61	5.29	11.10	43.61	11.91	2.48	2.51
Graciosa	PM_Novo	10.67	118.63	51.71	3.88	8.17	1.27	2.04	20.23	4.05	10.13	33.21	-2.31	2.10	11.40

Tabela VII.3 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 3.^a amostragem efetuada na ilha da Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Graciosa	F_SG1	12.19	280.00	269.83	3.94	38.62	-6.97	6.68	-3.46	18.59	65.10	154.60	-18.88	6.58	0.44
Graciosa	F_JK5	11.93	92.99	232.37	3.93	33.39	-2.69	5.88	12.18	16.09	-9.02	133.75	15.94	5.81	1.76
Graciosa	F_JK1	12.81	61.61	359.34	3.96	51.11	-1.04	8.58	18.13	24.55	27.94	204.41	26.77	8.42	2.14
Graciosa	F_ITC2	18.17	59.30	1129.10	4.17	158.55	-49.88	24.94	94.99	75.86	115.84	632.79	-114.59	24.26	-3.26
Graciosa	F_AC3	13.11	73.49	401.63	3.97	57.01	-12.98	9.48	41.71	27.37	55.18	227.94	-28.75	9.29	-1.96
Graciosa	F_JK4	13.10	106.46	400.68	3.97	56.88	1.37	9.46	75.43	27.31	83.99	227.41	27.58	9.27	1.14
Graciosa	F_ITC1	12.14	79.96	261.82	3.94	37.50	-10.53	6.51	35.84	18.05	38.09	150.14	-27.14	6.42	-0.23
Graciosa	F_AC2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	PM_Courelas	10.59	93.11	40.24	3.88	6.57	4.53	1.80	15.06	3.29	5.59	26.83	2.26	1.86	9.90
Graciosa	PM_Ratinho	10.88	81.23	81.67	3.89	12.35	6.06	2.68	21.90	6.05	10.53	49.89	2.90	2.71	1.72
Graciosa	PM_Novo	10.69	125.31	53.77	3.88	8.46	0.69	2.09	21.93	4.19	10.30	34.36	-3.11	2.14	11.70

Tabela VII.4 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 4.^a amostragem efetuada na ilha da Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Graciosa	F_SG1	11.86	223.60	222.54	3.93	32.02	-5.56	5.67	33.45	15.44	61.99	128.28	-4.03	5.61	1.45
Graciosa	F_JK5	11.87	110.13	224.03	3.93	32.22	5.73	5.71	13.60	15.54	-8.75	129.11	26.13	5.64	1.72
Graciosa	F_JK1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	17.89	64.46	1088.36	4.16	152.86	-56.94	24.07	108.46	73.15	124.40	610.11	-131.61	23.42	-3.62
Graciosa	F_AC3	13.26	78.85	422.76	3.98	59.96	-17.18	9.93	51.14	28.78	52.05	239.70	-47.37	9.73	-2.02
Graciosa	F_JK4	15.35	87.74	724.15	4.06	102.03	-25.55	16.33	70.54	48.87	64.79	407.43	-144.50	15.93	-5.37
Graciosa	F_ITC1	11.89	97.91	225.87	3.93	32.48	-9.30	5.75	25.44	15.66	40.77	130.14	-13.20	5.68	0.46
Graciosa	F_AC2	12.43	144.34	303.66	3.95	43.34	0.13	7.40	16.40	20.84	33.68	173.43	58.44	7.28	3.68
Graciosa	PM_Courelas	10.74	94.16	61.38	3.88	9.52	3.96	2.25	13.80	4.69	5.44	38.59	1.15	2.29	10.14
Graciosa	PM_Ratinho	10.74	75.27	61.00	3.88	9.47	5.90	2.24	19.30	4.67	10.59	38.38	15.88	2.29	2.18
Graciosa	PM_Novo	10.63	147.37	45.54	3.88	7.31	0.63	1.91	21.98	3.64	11.76	29.78	1.42	1.97	12.63

Tabela VII.5 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 5.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Graciosa	F_SG1	12.21	283.64	272.12	3.94	38.94	-6.75	6.73	57.44	18.74	40.09	155.87	-25.48	6.63	2.20
Graciosa	F_JK5	12.05	71.52	249.39	3.93	35.76	-12.07	6.24	21.75	17.23	8.10	143.22	16.35	6.16	3.07
Graciosa	F_JK1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	17.07	57.96	970.27	4.13	136.38	-62.48	21.56	114.39	65.27	29.21	544.40	-116.97	20.99	9.19
Graciosa	F_AC3	12.85	77.43	363.76	3.96	51.73	-15.07	8.68	59.39	24.85	23.54	206.87	-30.93	8.51	2.46
Graciosa	F_JK4	14.61	89.70	617.18	4.03	87.10	-28.98	14.06	108.08	41.74	27.49	347.90	-105.99	13.73	-1.59
Graciosa	F_ITC1	12.03	71.54	246.34	3.93	35.34	-12.28	6.18	49.16	17.02	18.14	141.52	-11.90	6.10	1.68
Graciosa	F_AC2	12.79	114.70	356.03	3.96	50.65	-9.34	8.51	29.63	24.33	12.28	202.57	22.65	8.36	6.39
Graciosa	PM_Courelas	10.61	91.87	42.53	3.88	6.89	4.29	1.85	19.07	3.44	5.66	28.11	5.68	1.91	10.63
Graciosa	PM_Ratinho	10.78	81.32	66.63	3.89	10.26	2.75	2.36	24.44	5.04	8.89	41.52	5.94	2.40	1.32
Graciosa	PM_Novo	10.64	134.54	47.16	3.88	7.54	-0.23	1.95	32.14	3.75	12.61	30.68	1.73	2.00	16.62

Tabela VII.6 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 6.^a amostragem efetuada na ilha Graciosa (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Graciosa	F_SG1	12.26	275.05	280.06	3.94	40.04	8.00	6.90	59.77	19.27	48.04	160.29	-57.81	6.79	1.32
Graciosa	F_JK5	13.20	100.26	414.92	3.98	58.87	-8.92	9.76	24.13	28.26	6.30	235.34	-68.02	9.57	5.19
Graciosa	F_JK1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Graciosa	F_ITC2	17.73	56.69	1065.15	4.15	149.62	-48.76	23.58	122.82	71.60	11.70	597.20	-177.75	22.94	-5.64
Graciosa	F_AC3	13.19	83.80	413.52	3.98	58.67	-13.33	9.73	40.19	28.17	45.80	234.56	-113.32	9.54	1.98
Graciosa	F_JK4	14.81	87.67	646.32	4.04	91.16	-39.10	14.68	112.66	43.68	59.47	364.12	-153.60	14.33	0.41
Graciosa	F_ITC1	12.16	73.85	265.86	3.94	38.06	-2.52	6.59	36.19	18.32	26.73	152.39	-46.42	6.50	1.35
Graciosa	F_AC2	13.14	96.05	405.52	3.98	57.56	-3.77	9.56	26.22	27.63	5.14	230.11	-10.54	9.37	4.62
Graciosa	PM_Courelas	10.58	85.19	38.72	3.88	6.36	8.05	1.77	16.57	3.18	4.04	25.99	0.21	1.83	9.19
Graciosa	PM_Ratinho	10.84	86.15	76.01	3.89	11.56	8.13	2.56	21.89	5.67	6.39	46.74	-9.26	2.60	2.79
Graciosa	PM_Novo	10.73	141.77	60.42	3.88	9.39	1.66	2.23	34.26	4.63	9.43	38.06	-6.82	2.27	20.19

Tabela VII.7 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 1.^a amostragem efetuada na ilha do Pico (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Pico	F_JK1 (SRP)	11.40	174.65	156.50	3.91	22.80	-2.01	4.27	14.23	11.03	14.90	91.53	54.78	4.25	8.18
Pico	F_JK2 (SRP)	11.34	124.08	147.51	3.91	21.54	-1.89	4.08	7.91	10.44	7.01	86.53	38.47	4.07	4.59
Pico	F_Ribeiras (SRP)	10.77	37.42	65.20	3.89	10.06	-1.41	2.33	9.64	4.95	2.22	40.72	-3.10	2.37	0.28
Pico	F_Rossas (SRP)	10.92	33.00	87.00	3.89	13.10	-1.30	2.79	3.97	6.40	0.19	52.85	9.43	2.82	0.75
Pico	F_JM (LP)	10.37	-10.37	8.20	-8.20	2.10	-2.10	1.12	-1.12	1.15	-1.15	9.00	-9.00	1.20	-1.20
Pico	F_JR (LP)	11.51	103.17	172.58	3.91	25.04	-0.62	4.61	7.12	12.11	14.49	100.48	9.72	4.58	2.97
Pico	F_JK4 (LP)	13.50	68.24	457.49	3.99	64.81	-4.19	10.67	11.44	31.10	12.42	259.03	33.02	10.44	3.95
Pico	F_JK3 (LP)	10.99	95.76	97.58	3.89	14.57	-0.93	3.02	32.37	7.11	13.29	58.74	3.44	3.04	2.95
Pico	F_JK2 (LP)	11.90	29.58	227.37	3.93	32.69	0.40	5.78	12.14	15.76	4.14	130.97	56.31	5.71	2.34
Pico	F_JK1 (LP)	10.41	55.47	13.61	3.87	2.85	1.36	1.23	1.90	1.51	4.18	12.01	10.01	1.31	2.42
Pico	F_Miragaia (Mad)	10.54	187.71	32.04	3.88	5.43	0.00	1.63	11.73	2.74	14.32	22.27	27.10	1.69	6.76
Pico	F_JK1 (Mad)	12.70	216.66	343.50	3.96	48.90	-4.91	8.24	6.89	23.50	17.83	195.60	34.55	8.10	6.22
Pico	F_AC1 (Mad)	11.40	160.62	156.19	3.91	22.76	-0.41	4.26	3.53	11.01	10.44	91.36	54.04	4.24	4.95
Pico	F_ITC2 (Mad)	12.78	492.91	354.23	3.96	50.40	6.44	8.47	5.93	24.21	21.50	201.57	96.86	8.32	12.61
Pico	F_ITC7 (Mad)	10.53	50.47	30.72	3.88	5.24	2.14	1.60	1.32	2.65	1.64	21.53	6.84	1.66	1.80
Pico	F_ITC5 (Mad)	10.89	111.72	82.74	3.89	12.50	20.50	2.70	8.44	6.12	13.33	50.48	8.88	2.73	2.51
Pico	F_BSH1 (Mad)	11.42	121.56	159.51	3.91	23.22	22.33	4.34	14.07	11.24	18.79	93.20	26.01	4.31	3.53
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	21.82	47.72	1652.45	4.31	231.59	-45.18	36.06	10.74	110.74	-8.99	924.03	-117.95	35.03	-0.75

Pico	F_BSH2 CB (Mad)	10.37	-10.37	8.20	-8.20	2.10	-2.10	1.12	-1.12	1.15	-1.15	9.00	-9.00	1.20	-1.20
Pico	PM_Arcos	19.48	47.01	1316.76	4.22	184.74	-27.34	28.93	7.30	88.37	-7.87	737.22	-24.17	28.12	21.48
Pico	PM_Lajido	17.73	115.87	1065.21	4.15	149.63	-19.17	23.58	9.36	71.60	7.70	597.23	34.43	22.94	10.16
Pico	PM_Cachorro	18.36	183.54	1155.77	4.17	162.27	-7.31	25.50	9.20	77.64	16.64	647.62	43.91	24.81	7.26
Pico	PM_Mourato	25.34	235.13	2158.49	4.44	302.22	-59.01	46.81	1.74	144.47	-0.97	1205.64	-102.59	45.44	6.51
Pico	PM_Aço	18.99	203.05	1246.13	4.20	174.88	-20.27	27.42	0.56	83.66	24.72	697.91	-40.91	26.67	9.96
Pico	PM_Ana Clara	17.49	181.98	1031.52	4.14	144.93	1.90	22.86	12.78	69.36	35.48	578.48	21.56	22.25	16.29
Pico	PM_Guindaste	19.59	45.07	1332.84	4.22	186.98	-15.37	29.27	0.68	89.44	-9.94	746.17	-73.54	28.45	-0.37
Pico	PM_Silveira	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Furna	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Gingal	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Cabrito	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Frades	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_João Lima	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Café Concerto	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Madalena	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pico	PM_Porto Calhau	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabela VII.8 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 2.^a amostragem efetuada na ilha do Pico (n.d. - não determinado).

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Pico	F_JK1 (SRP)	11.48	170.30	167.17	3.91	24.29	-4.87	4.50	13.70	11.75	14.19	97.47	49.36	4.47	7.41
Pico	F_JK2 (SRP)	11.30	118.00	142.04	3.91	20.78	-2.44	3.96	9.58	10.07	7.42	83.48	45.46	3.95	5.61
Pico	F_Ribeiras (SRP)	10.48	41.37	24.03	3.87	4.31	-0.65	1.46	6.89	2.20	2.54	17.81	-2.84	1.53	-0.18
Pico	F_Rossas (SRP)	10.86	37.94	78.88	3.89	11.97	-1.97	2.62	3.25	5.86	0.14	48.33	9.80	2.65	0.63
Pico	F_JM_(LP)	13.31	345.37	430.79	3.98	61.08	-0.56	10.10	31.43	29.32	52.29	244.17	19.32	9.89	6.44
Pico	F_JR (LP)	11.68	114.02	196.06	3.92	28.32	-1.16	5.11	7.24	13.67	14.65	113.54	17.61	5.06	3.14
Pico	F_JK4 (LP)	13.53	88.34	462.40	3.99	65.49	-3.05	10.77	12.63	31.42	14.41	261.76	51.78	10.54	5.99
Pico	F_JK3 (LP)	11.05	81.06	105.36	3.90	15.66	-0.03	3.18	31.03	7.63	13.29	63.07	-3.29	3.20	2.18
Pico	F_JK2 (LP)	11.95	31.35	234.69	3.93	33.71	-2.55	5.93	10.40	16.25	4.38	135.04	43.59	5.86	1.76
Pico	F_JK1 (LP)	10.42	63.38	15.83	3.87	3.16	0.73	1.28	2.32	1.66	5.10	13.24	10.15	1.36	2.47
Pico	F_Miragaia (Mad)	10.47	208.52	22.64	3.87	4.11	0.67	1.43	11.99	2.11	16.89	17.03	30.94	1.50	19.44
Pico	F_JK1 (Mad)	12.74	214.18	349.00	3.96	49.67	-6.46	8.36	6.67	23.87	16.33	198.66	41.12	8.21	6.80
Pico	F_AC1 (Mad)	11.37	159.43	151.87	3.91	22.15	-0.01	4.17	3.56	10.73	10.91	88.95	47.42	4.16	5.13
Pico	F_ITC2 (Mad)	13.13	446.20	404.25	3.98	57.38	4.22	9.54	6.11	27.55	25.93	229.41	115.53	9.35	10.75
Pico	F_ITC7 (Mad)	11.42	132.54	158.97	3.91	23.14	-18.50	4.32	-1.33	11.20	-6.71	92.90	65.44	4.30	-0.10
Pico	F_ITC5 (Mad)	10.93	109.85	88.58	3.89	13.32	19.68	2.83	9.29	6.51	14.91	53.73	9.77	2.85	2.72
Pico	F_BSH1 (Mad)	11.54	117.17	176.11	3.91	25.54	23.26	4.69	13.21	12.34	16.77	102.44	12.48	4.65	3.09
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	22.48	43.40	1747.18	4.33	244.81	-43.79	38.07	22.06	117.06	3.72	976.75	-59.77	36.97	5.03

Pico	F_BSH2 CB (Mad)	14.70	225.62	630.09	4.03	88.90	-9.59	14.33	5.95	42.60	-4.52	355.08	48.00	13.99	1.89
Pico	PM_Arcos	20.88	51.71	1518.28	4.27	212.87	-25.91	33.21	5.07	101.80	-6.72	849.36	-63.18	32.27	2.21
Pico	PM_Lajido	18.39	138.99	1159.46	4.18	162.79	-22.29	25.58	11.74	77.88	3.50	649.68	-13.14	24.88	8.62
Pico	PM_Cachorro	19.21	193.07	1277.94	4.21	179.32	-17.63	28.10	9.05	85.78	11.60	715.62	-6.24	27.32	8.31
Pico	PM_Mourato	27.59	230.95	2481.45	4.53	347.30	-39.73	53.67	12.03	166.00	22.35	1385.37	-32.12	52.08	8.42
Pico	PM_Aço	19.51	375.16	1320.41	4.22	185.25	-6.38	29.00	0.83	88.61	17.17	739.25	9.05	28.20	14.25
Pico	PM_Ana Clara	19.16	163.23	1270.89	4.20	178.34	-2.91	27.95	14.63	85.31	40.73	711.69	-14.69	27.18	9.34
Pico	PM_Guindaste	21.29	43.37	1576.16	4.29	220.95	-40.16	34.44	3.31	105.66	-1.86	881.58	-111.20	33.46	5.52
Pico	PM_Silveira	12.99	274.93	383.98	3.97	54.55	-8.12	9.10	13.01	26.20	39.69	218.12	61.58	8.93	10.53
Pico	PM_Furna	24.69	41.19	2065.21	4.42	289.20	-27.20	44.83	9.27	138.26	-19.51	1153.74	-101.09	43.52	15.33
Pico	PM_Gingal	28.04	42.72	2546.02	4.54	356.31	-51.02	55.05	13.85	170.30	-3.35	1421.30	67.50	53.41	2.59
Pico	PM_Cabrito	25.73	46.25	2213.78	4.46	309.94	-39.77	47.99	11.91	148.16	2.49	1236.42	38.93	46.57	-41.33
Pico	PM_Frades	23.56	159.44	1902.01	4.37	266.42	-33.96	41.36	-3.06	127.38	11.72	1062.91	-7.76	40.16	-1.91
Pico	PM_João Lima	21.04	334.59	1540.08	4.28	215.91	-27.40	33.67	6.23	103.25	8.90	861.50	51.18	32.71	7.14
Pico	PM_Café Concerto	19.62	326.86	1337.29	4.22	187.61	-21.66	29.36	10.82	89.74	21.04	748.64	95.59	28.54	9.96
Pico	PM_Madalena	21.79	155.72	1648.88	4.31	231.10	-31.43	35.98	-2.00	110.51	11.04	922.05	2.85	34.95	7.25
Pico	PM_Porto Calhau	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tabela VII.9 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 3.^a amostragem efetuada na ilha do Pico.

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Pico	F_JK1 (SRP)	11.72	202.38	202.62	3.92	29.24	-1.85	5.25	13.67	14.11	13.04	117.19	36.99	5.20	7.37
Pico	F_JK2 (SRP)	11.55	121.43	177.41	3.91	25.72	-0.79	4.72	7.80	12.43	5.10	103.16	20.93	4.68	4.17
Pico	F_Ribeiras (SRP)	10.43	40.81	16.39	3.87	3.24	-0.01	1.29	6.95	1.70	2.61	13.56	-0.65	1.37	-0.07
Pico	F_Rossas (SRP)	10.95	36.02	92.20	3.89	13.82	-2.24	2.90	2.94	6.75	-1.01	55.75	3.45	2.93	0.38
Pico	F_JM (LP)	13.65	412.74	479.99	4.00	67.95	0.15	11.14	41.77	32.60	61.77	271.56	-11.42	10.91	3.03
Pico	F_JR (LP)	11.85	103.44	220.23	3.93	31.69	4.44	5.63	7.24	15.28	14.40	127.00	0.72	5.56	2.71
Pico	F_JK4 (LP)	14.02	78.70	532.65	4.01	75.30	-6.62	12.26	10.54	36.11	8.03	300.86	-12.71	11.99	3.54
Pico	F_JK3 (LP)	11.24	102.22	132.76	3.90	19.48	-0.07	3.77	30.44	9.45	14.37	78.32	-12.10	3.76	2.09
Pico	F_JK2 (LP)	12.20	39.04	271.33	3.94	38.83	-1.73	6.71	8.00	18.69	1.80	155.43	6.80	6.61	1.14
Pico	F_JK1 (LP)	10.43	77.41	17.01	3.87	3.33	0.87	1.31	2.31	1.74	5.09	13.90	10.14	1.38	2.38
Pico	F_Miragaia (Mad)	10.51	188.35	28.71	3.88	4.96	1.24	1.56	12.28	2.52	16.57	20.42	29.89	1.62	6.78
Pico	F_JK1 (Mad)	12.76	231.85	351.40	3.96	50.00	-5.59	8.41	6.77	24.03	17.16	199.99	46.02	8.26	7.27
Pico	F_AC1 (Mad)	11.62	170.77	188.11	3.92	27.21	1.07	4.94	2.99	13.14	9.68	109.12	39.16	4.90	4.38
Pico	F_ITC2 (Mad)	13.07	458.43	395.56	3.97	56.16	3.46	9.35	5.22	26.97	24.38	224.57	117.74	9.17	9.23
Pico	F_ITC7 (Mad)	10.62	61.36	43.48	3.88	7.02	-1.34	1.87	1.09	3.50	1.41	28.63	16.71	1.93	1.93
Pico	F_ITC5 (Mad)	10.99	121.38	96.95	3.89	14.49	17.35	3.01	9.82	7.07	14.60	58.39	6.79	3.03	2.78
Pico	F_BSH1 (Mad)	11.74	113.92	205.12	3.92	29.58	22.70	5.30	14.93	14.28	18.30	118.59	8.21	5.25	2.74
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	23.18	51.85	1848.36	4.36	258.94	-51.46	40.22	19.13	123.80	4.00	1033.06	-18.66	39.06	3.42

Pico	F_BSH2 CB (Mad)	14.15	243.27	551.63	4.01	77.95	3.45	12.67	5.73	37.37	-0.77	311.42	77.03	12.38	1.50
Pico	PM_Arcos	21.24	66.60	1570.05	4.28	220.09	-7.23	34.31	3.92	105.25	-4.27	878.17	-103.02	33.33	7.25
Pico	PM_Lajido	18.96	146.34	1242.11	4.20	174.32	-16.62	27.34	13.12	83.39	7.77	695.68	0.22	26.58	9.68
Pico	PM_Cachorro	20.16	228.14	1414.66	4.24	198.40	-6.98	31.01	9.04	94.89	16.74	791.70	-48.47	30.13	5.95
Pico	PM_Mourato	29.16	234.36	2707.69	4.59	378.88	-15.47	58.48	11.12	181.08	2.87	1511.28	-100.73	56.73	4.12
Pico	PM_Aço	20.07	377.65	1401.48	4.24	196.56	-9.01	30.73	0.50	94.02	33.58	784.37	-68.99	29.86	10.77
Pico	PM_Ana Clara	18.20	182.49	1133.13	4.17	159.11	15.00	25.02	12.04	76.13	35.11	635.03	-38.15	24.34	11.18
Pico	PM_Guindaste	20.71	47.00	1492.65	4.26	209.29	-28.46	32.66	2.92	100.09	-11.01	835.10	-81.97	31.74	1.21
Pico	PM_Silveira	13.07	317.53	395.41	3.97	56.14	-0.95	9.35	12.24	26.96	32.73	224.48	23.44	9.17	9.83
Pico	PM_Furna	27.34	39.15	2445.00	4.52	342.21	22.17	52.90	5.45	163.57	-22.72	1365.09	-136.24	51.33	2.37
Pico	PM_Gingal	30.87	39.89	2953.18	4.65	413.14	-61.72	63.70	9.35	197.44	-34.84	1647.89	-112.74	61.78	0.47
Pico	PM_Cabrito	26.59	48.44	2337.26	4.49	327.17	3.77	50.61	13.54	156.39	11.51	1305.13	10.82	49.11	-42.83
Pico	PM_Frades	24.55	165.75	2045.17	4.41	286.41	20.27	44.40	-1.55	136.92	20.73	1142.58	21.37	43.10	11.90
Pico	PM_João Lima	20.63	306.33	1482.42	4.26	207.86	40.17	32.45	6.85	99.41	15.99	829.41	45.37	31.53	4.90
Pico	PM_Café Concerto	20.49	323.55	1461.17	4.26	204.90	-10.97	31.99	5.66	97.99	6.59	817.59	25.99	31.09	3.34
Pico	PM_Madalena	22.66	156.68	1773.97	4.34	248.55	-21.13	38.64	-3.81	118.84	2.96	991.66	-40.58	37.53	5.77
Pico	PM_Porto Calhau	31.56	183.16	3052.32	4.68	426.98	-3.93	65.80	7.70	204.05	-10.60	1703.07	-55.82	63.82	6.48

Tabela VII.10 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 4.^a amostragem efetuada na ilha do Pico.

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Pico	F_JK1 (SRP)	11.69	206.69	197.44	3.92	28.51	-1.95	5.14	13.23	13.76	12.86	114.31	34.84	5.09	7.22
Pico	F_JK2 (SRP)	11.57	134.22	181.24	3.92	26.25	-2.57	4.80	8.20	12.68	5.13	105.30	20.58	4.76	5.21
Pico	F_Ribeiras (SRP)	10.49	34.65	25.63	3.87	4.53	-0.06	1.49	7.93	2.31	2.90	18.70	1.81	1.56	0.09
Pico	F_Rossas (SRP)	11.00	32.92	98.46	3.89	14.70	-2.33	3.04	3.25	7.17	-1.10	59.23	1.36	3.06	0.44
Pico	F_JM (LP)	13.44	372.06	449.62	3.99	63.71	7.70	10.50	42.91	30.57	62.53	254.65	7.61	10.28	3.75
Pico	F_JR (LP)	11.95	91.14	235.31	3.93	33.80	1.65	5.95	7.03	16.29	13.55	135.39	-0.84	5.87	2.48
Pico	F_JK4 (LP)	14.31	82.68	574.15	4.02	81.09	2.94	13.15	9.93	38.87	4.37	323.95	-17.81	12.84	2.32
Pico	F_JK3 (LP)	11.44	95.92	161.88	3.91	23.55	-0.35	4.39	40.83	11.39	16.35	94.52	-12.19	4.36	2.57
Pico	F_JK2 (LP)	12.16	24.44	265.03	3.94	37.95	-0.01	6.58	5.97	18.27	2.00	151.93	-10.21	6.48	0.64
Pico	F_JK1 (LP)	10.44	67.64	17.95	3.87	3.46	1.16	1.33	2.44	1.80	5.19	14.42	13.63	1.40	2.50
Pico	F_Miragaia (Mad)	10.49	207.89	25.37	3.87	4.50	1.43	1.48	12.32	2.29	16.60	18.55	30.80	1.55	6.92
Pico	F_JK1 (Mad)	12.68	222.82	339.84	3.96	48.39	-0.91	8.17	5.56	23.25	16.10	193.56	41.55	8.02	6.63
Pico	F_AC1 (Mad)	11.68	166.44	196.80	3.92	28.42	1.48	5.13	3.23	13.72	10.79	113.96	41.51	5.08	4.27
Pico	F_ITC2 (Mad)	13.35	530.15	436.85	3.98	61.93	5.59	10.23	5.31	29.72	23.13	247.54	122.94	10.02	9.57
Pico	F_ITC7 (Mad)	10.93	103.75	89.19	3.89	13.40	-7.31	2.84	0.27	6.55	-1.72	54.07	27.40	2.87	1.11
Pico	F_ITC5 (Mad)	11.03	123.77	103.28	3.90	15.37	18.27	3.14	9.23	7.49	12.02	61.92	4.90	3.16	2.32
Pico	F_BSH1 (Mad)	11.65	105.45	191.70	3.92	27.71	27.25	5.02	13.54	13.38	16.52	111.12	-1.88	4.98	2.29
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	21.38	40.22	1589.58	4.29	222.82	-42.93	34.72	26.28	106.55	6.18	889.04	8.14	33.73	4.35

Pico	F_BSH2 CB (Mad)	14.25	232.15	565.02	4.02	79.82	3.14	12.95	4.40	38.26	-3.58	318.87	30.93	12.66	2.72
Pico	PM_Arcos	18.77	49.53	1214.39	4.19	170.45	-9.45	26.75	8.28	81.55	4.10	680.25	9.25	26.01	5.87
Pico	PM_Lajido	17.51	122.19	1034.23	4.14	145.31	-7.88	22.92	13.58	69.54	7.26	579.99	9.97	22.31	10.71
Pico	PM_Cachorro	19.08	209.02	1259.03	4.20	176.68	-2.98	27.70	11.28	84.52	21.56	705.09	13.39	26.93	9.82
Pico	PM_Mourato	26.55	241.25	2331.69	4.49	326.40	-7.69	50.49	15.81	156.02	21.68	1302.03	32.67	49.00	23.55
Pico	PM_Aço	18.27	427.03	1142.45	4.17	160.41	12.00	25.22	5.16	76.75	43.33	640.21	124.19	24.53	12.97
Pico	PM_Ana Clara	17.41	178.39	1019.70	4.14	143.28	2.93	22.61	12.29	68.57	34.45	571.90	-40.06	22.01	14.93
Pico	PM_Guindaste	18.87	40.91	1229.61	4.19	172.58	-15.35	27.07	10.31	82.56	14.24	688.72	88.18	26.33	10.87
Pico	PM_Silveira	12.54	286.96	320.53	3.95	45.69	-1.82	7.76	14.06	21.97	37.42	182.81	60.86	7.63	11.40
Pico	PM_Furna	23.70	39.13	1922.51	4.38	269.29	-13.62	41.80	15.15	128.74	-11.09	1074.32	85.78	40.58	7.27
Pico	PM_Gingal	26.92	41.98	2385.05	4.50	333.84	-1.95	51.62	17.43	159.57	-12.42	1331.73	130.87	50.10	6.90
Pico	PM_Cabrito	24.76	35.02	2075.60	4.42	290.65	-5.56	45.05	15.60	138.95	23.80	1159.52	176.73	43.73	-37.67
Pico	PM_Frades	23.64	191.08	1913.78	4.38	268.07	-20.06	41.61	2.89	128.16	33.84	1069.46	95.44	40.40	13.00
Pico	PM_João Lima	19.15	320.05	1269.70	4.20	178.17	-7.58	27.93	8.57	85.23	15.60	711.03	116.57	27.15	9.73
Pico	PM_Café Concerto	18.99	320.17	1245.75	4.20	174.83	0.39	27.42	11.83	83.64	20.14	697.70	139.40	26.66	16.32
Pico	PM_Madalena	20.12	154.34	1409.14	4.24	197.63	-8.95	30.89	0.76	94.53	23.90	788.63	120.07	30.02	13.98
Pico	PM_Porto Calhau	26.87	175.63	2378.28	4.50	332.90	8.90	51.48	27.72	159.12	7.38	1327.96	370.69	49.96	17.09

Tabela VII.11 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 5.^a amostragem efetuada na ilha do Pico.

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Pico	F_JK1 (SRP)	11.76	190.15	207.35	3.92	29.90	-8.31	5.35	23.00	14.42	12.81	119.83	30.88	5.30	8.09
Pico	F_JK2 (SRP)	11.65	138.41	191.88	3.92	27.74	-1.89	5.02	13.39	13.39	4.33	111.22	-9.77	4.98	4.63
Pico	F_Ribeiras (SRP)	10.70	38.10	55.21	3.88	8.66	-1.45	2.12	12.00	4.28	2.14	35.16	-9.42	2.17	-0.49
Pico	F_Rossas (SRP)	11.03	30.45	102.95	3.90	15.33	-0.53	3.13	5.87	7.47	-1.06	61.73	-15.40	3.15	0.47
Pico	F_JM_(LP)	13.41	375.77	445.26	3.99	63.10	-0.79	10.41	32.69	30.28	35.26	252.23	-46.70	10.19	5.67
Pico	F_JR (LP)	11.90	117.42	227.67	3.93	32.73	-2.34	5.78	13.88	15.78	12.04	131.14	-37.49	5.72	2.40
Pico	F_JK4 (LP)	14.14	140.76	549.45	4.01	77.64	-14.84	12.62	14.13	37.23	4.14	310.21	-100.47	12.33	0.94
Pico	F_JK3 (LP)	11.25	97.33	133.90	3.90	19.64	-3.79	3.79	19.17	9.53	13.24	78.95	-28.62	3.79	2.15
Pico	F_JK2 (LP)	12.11	22.66	258.61	3.94	37.05	-4.77	6.44	8.00	17.84	1.20	148.36	-46.55	6.35	1.32
Pico	F_JK1 (LP)	10.50	62.09	26.94	3.87	4.71	0.27	1.52	2.98	2.40	3.71	19.43	-3.89	1.59	1.58
Pico	F_Miragaia (Mad)	10.54	179.16	33.13	3.88	5.58	0.75	1.65	16.10	2.81	13.61	22.88	15.26	1.71	6.34
Pico	F_JK1 (Mad)	12.77	207.43	352.86	3.96	50.21	-5.51	8.44	12.74	24.12	6.71	200.80	-42.34	8.29	4.54
Pico	F_AC1 (Mad)	11.85	134.55	220.52	3.93	31.73	-1.08	5.63	8.23	15.30	6.11	127.16	-6.32	5.57	4.28
Pico	F_ITC2 (Mad)	13.35	534.43	436.40	3.98	61.86	9.44	10.22	11.26	29.69	16.51	247.29	24.74	10.01	8.49
Pico	F_ITC7 (Mad)	10.57	56.53	37.02	3.88	6.12	1.66	1.73	3.58	3.07	1.78	25.04	11.77	1.79	2.73
Pico	F_ITC5 (Mad)	11.08	109.70	109.56	3.90	16.25	19.49	3.27	14.17	7.91	12.81	65.41	-5.06	3.29	2.71
Pico	F_BSH1 (Mad)	11.88	107.68	224.97	3.93	32.36	22.63	5.73	23.96	15.60	12.03	129.63	-29.72	5.66	1.66
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	21.92	56.77	1667.55	4.31	233.70	-55.36	36.38	45.97	111.75	-25.40	932.43	26.72	35.34	2.11

Pico	F_BSH2 CB (Mad)	14.45	220.40	593.58	4.03	83.80	-9.28	13.56	17.22	40.17	0.27	334.77	18.84	13.24	3.97
Pico	PM_Arcos	20.16	45.72	1414.36	4.24	198.36	-17.38	31.00	28.83	94.87	-21.12	791.53	-105.55	30.13	0.72
Pico	PM_Lajido	18.40	149.96	1160.88	4.18	162.98	-17.44	25.61	30.93	77.98	-16.48	650.47	-104.55	24.91	1.17
Pico	PM_Cachorro	19.63	210.34	1337.64	4.22	187.65	-17.94	29.37	29.21	89.76	-13.93	748.84	-87.26	28.55	1.05
Pico	PM_Mourato	28.37	245.52	2593.78	4.56	362.98	-42.62	56.06	58.84	173.49	-30.34	1447.89	-109.89	54.39	1.11
Pico	PM_Aço	19.40	371.61	1304.56	4.21	183.04	-21.79	28.67	13.98	87.56	3.82	730.43	29.00	27.87	5.08
Pico	PM_Ana Clara	17.31	181.55	1005.42	4.13	141.28	-5.25	22.31	31.11	67.62	7.32	563.95	-133.41	21.71	-1.17
Pico	PM_Guindaste	20.80	32.88	1506.68	4.27	211.25	-11.26	32.96	34.32	101.03	-21.38	842.91	-41.41	32.03	3.42
Pico	PM_Silveira	12.75	283.10	349.73	3.96	49.77	-7.68	8.38	24.37	23.91	18.36	199.06	22.73	8.23	17.85
Pico	PM_Furna	27.10	29.02	2411.50	4.51	337.54	-40.96	52.19	56.91	161.34	-32.89	1346.45	-132.60	50.64	-4.14
Pico	PM_Gingal	30.26	36.23	2865.27	4.63	400.87	-64.78	61.83	54.77	191.58	-45.38	1598.97	-259.82	59.98	-2.43
Pico	PM_Cabrito	28.21	49.87	2570.19	4.55	359.69	-61.85	55.56	49.39	171.91	-36.96	1434.76	-268.56	53.91	-7.51
Pico	PM_Frades	24.13	124.71	1983.91	4.39	277.86	-29.86	43.10	33.35	132.84	-27.74	1108.49	-52.39	41.84	27.61
Pico	PM_João Lima	18.12	256.38	1120.97	4.17	157.41	-15.15	24.76	19.59	75.32	-5.37	628.26	-27.63	24.09	5.39
Pico	PM_Café Concerto	19.46	262.34	1313.92	4.22	184.34	-6.77	28.86	29.74	88.18	-3.63	735.64	-48.89	28.06	2.24
Pico	PM_Madalena	21.23	145.27	1568.55	4.28	219.88	-38.67	34.28	17.22	105.15	-30.72	877.34	-54.54	33.30	-1.12
Pico	PM_Porto Calhau	30.77	149.79	2937.96	4.65	411.02	-42.36	63.37	50.28	196.43	-31.08	1639.42	-142.37	61.47	12.68

Tabela VII.12 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados na 6.^a amostragem efetuada na ilha do Pico.

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Pico	F_JK1 (SRP)	11.80	198.00	213.34	3.92	30.73	-2.87	5.48	18.89	14.82	11.54	123.16	4.12	5.42	7.38
Pico	F_JK2 (SRP)	11.68	160.92	196.30	3.92	28.35	-2.41	5.12	12.39	13.69	6.04	113.68	-15.48	5.07	4.75
Pico	F_Ribeiras (SRP)	10.76	33.14	63.93	3.88	9.88	-2.96	2.30	11.19	4.86	1.74	40.01	-10.06	2.35	-0.53
Pico	F_Rossas (SRP)	11.18	36.40	124.61	3.90	18.35	-4.42	3.59	0.68	8.91	-1.78	73.78	-53.54	3.59	-1.19
Pico	F_JM (LP)	14.04	410.52	535.59	4.01	75.71	-14.23	12.33	20.71	36.30	71.35	302.49	-113.75	12.05	8.26
Pico	F_JR (LP)	12.29	114.59	283.61	3.94	40.54	-8.84	6.97	9.11	19.51	20.94	162.26	-62.71	6.87	2.22
Pico	F_JK4 (LP)	14.68	62.18	627.87	4.03	88.59	-27.11	14.29	9.70	42.45	9.47	353.85	-132.05	13.95	1.60
Pico	F_JK3 (LP)	11.18	112.04	124.97	3.90	18.40	0.81	3.60	17.33	8.93	12.64	73.98	-25.49	3.60	2.22
Pico	F_JK2 (LP)	12.28	23.10	282.90	3.94	40.44	-5.86	6.96	7.31	19.46	-0.14	161.87	-47.37	6.85	1.32
Pico	F_JK1 (LP)	10.42	59.73	16.01	3.87	3.19	2.09	1.29	2.90	1.67	4.47	13.35	4.34	1.36	0.96
Pico	F_Miragaia (Mad)	10.52	198.10	30.20	3.88	5.17	1.60	1.59	15.33	2.62	14.10	21.25	16.04	1.65	8.31
Pico	F_JK1 (Mad)	12.75	162.93	350.33	3.96	49.85	2.02	8.39	8.07	23.95	15.43	199.40	-44.62	8.24	5.36
Pico	F_AC1 (Mad)	12.07	148.97	251.67	3.93	36.08	-3.80	6.29	4.60	17.38	15.99	144.49	-39.20	6.21	5.86
Pico	F_ITC2 (Mad)	15.21	534.40	703.11	4.05	99.09	-21.76	15.89	5.71	47.47	18.93	395.72	-123.37	15.50	8.98
Pico	F_ITC7 (Mad)	10.84	71.51	75.28	3.89	11.46	-2.91	2.55	2.47	5.62	-0.97	46.33	6.89	2.58	2.21
Pico	F_ITC5 (Mad)	11.15	116.34	119.64	3.90	17.65	19.24	3.49	13.83	8.58	21.96	71.02	-12.92	3.49	2.22
Pico	F_BSH1 (Mad)	11.98	105.14	238.89	3.93	34.30	11.81	6.02	18.70	16.53	25.96	137.38	-46.54	5.95	2.88
Pico	F_BSH2 SM (Mad)	22.86	33.87	1802.60	4.35	252.55	-62.35	39.25	39.55	120.75	-29.57	1007.59	-254.44	38.11	5.19

Pico	F_BSH2 CB (Mad)	14.98	206.45	670.45	4.05	94.53	-15.37	15.19	12.85	45.29	19.65	377.55	-112.17	14.82	7.21
Pico	PM_Arcos	21.53	141.95	1610.95	4.30	225.80	-68.26	35.18	24.60	107.98	-29.05	900.94	-277.66	34.17	1.28
Pico	PM_Lajido	19.21	125.36	1277.34	4.21	179.24	-24.58	28.09	28.05	85.74	-10.16	715.28	-179.58	27.31	4.99
Pico	PM_Cachorro	20.27	193.84	1429.95	4.25	200.54	-15.15	31.33	27.55	95.91	-17.31	800.21	-205.08	30.45	1.25
Pico	PM_Mourato	28.45	246.05	2604.69	4.56	364.50	-251.15	56.29	47.16	174.21	-22.86	1453.96	-287.46	54.62	13.13
Pico	PM_Aço	19.58	360.45	1330.58	4.22	186.67	-2.23	29.22	15.23	89.29	6.91	744.91	-125.46	28.40	5.70
Pico	PM_Ana Clara	18.39	200.60	1160.22	4.18	162.89	-9.19	25.60	33.12	77.94	27.28	650.11	-185.67	24.90	3.06
Pico	PM_Guindaste	22.32	33.80	1724.52	4.33	241.65	-2.46	37.59	22.64	115.55	-23.87	964.14	-253.04	36.51	6.64
Pico	PM_Silveira	13.35	278.84	436.22	3.98	61.84	-3.73	10.21	19.80	29.68	19.16	247.19	-54.00	10.01	7.24
Pico	PM_Furna	28.25	39.45	2576.30	4.55	360.54	-18.57	55.69	37.56	172.32	-22.52	1438.16	-364.01	54.03	-3.58
Pico	PM_Gingal	32.30	45.78	3158.34	4.71	441.78	-58.50	68.06	52.14	211.12	-27.12	1762.07	-405.32	66.01	2.74
Pico	PM_Cabrito	33.56	45.74	3339.35	4.75	467.04	-139.48	71.90	42.60	223.18	-43.03	1862.80	-393.25	69.73	4.02
Pico	PM_Frades	24.62	148.62	2054.59	4.41	287.72	-136.91	44.60	15.05	137.55	-11.15	1147.82	-309.82	43.30	9.15
Pico	PM_João Lima	21.95	314.77	1671.29	4.31	234.22	-115.11	36.46	27.02	112.00	3.93	934.51	-183.31	35.41	8.04
Pico	PM_Café Concerto	21.08	322.35	1547.07	4.28	216.89	-74.72	33.82	21.36	103.72	9.01	865.39	-182.39	32.86	4.79
Pico	PM_Madalena	22.49	151.97	1749.37	4.33	245.12	-52.04	38.12	17.06	117.20	-9.15	977.97	-185.42	37.02	4.16
Pico	PM_Porto Calhau	33.04	178.02	3264.82	4.73	456.64	-204.00	70.32	41.73	218.21	-24.16	1821.32	-449.07	68.20	4.00

Tabela VII.13 | Resultados teóricos esperados com um modelo de mistura conservativa binária e respetiva diferença para os valores observados nas ilhas de Santa Maria, São Miguel, Terceira, Faial e São Jorge.

Ilha	Ref.	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K	
		Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T	Valor T	Δ Obs-T
Santa Maria	F_Rib ^a do Engenho	10.68	78.99	52.21	3.88	8.24	-6.13	2.06	14.54	4.08	4.91	33.49	-5.91	2.11	0.43
Santa Maria	F_São José	10.79	125.24	68.89	3.89	10.57	-6.06	2.41	12.28	5.20	4.54	42.78	25.50	2.45	0.99
Santa Maria	F_Covas	10.73	103.34	60.38	3.88	9.38	-5.15	2.23	10.03	4.63	2.38	38.04	3.63	2.27	-0.15
Santa Maria	F_Ana 1	10.80	118.52	69.95	3.89	10.72	-6.59	2.43	14.27	5.27	6.04	43.37	-5.97	2.47	0.30
Santa Maria	F_Ana 2	10.81	90.45	71.02	3.89	10.87	-7.80	2.45	16.55	5.34	7.24	43.96	-4.72	2.49	0.55
Santa Maria	F_St ^o António	10.59	65.66	40.50	3.88	6.61	3.38	1.81	11.08	3.30	3.61	26.98	-6.32	1.86	-0.16
Santa Maria	F_Valverde	11.20	188.88	127.81	3.90	18.79	-16.49	3.66	27.29	9.12	16.65	75.56	28.56	3.66	0.84
Santa Maria	F_João Luis	10.85	75.77	77.76	3.89	11.81	-6.05	2.60	12.29	5.79	3.12	47.71	-17.71	2.63	-0.56
Santa Maria	F_Hotel Praia de Lobos	19.64	174.34	1339.10	4.22	187.86	-179.41	29.40	81.80	89.86	110.29	749.65	-450.15	28.58	-8.51
São Miguel	F_JK2	10.48	71.26	24.18	3.87	4.33	-2.03	1.46	9.44	2.21	6.88	17.89	8.81	1.53	8.70
São Miguel	F_JK3	10.40	33.52	12.82	3.87	2.74	2.44	1.22	0.70	1.46	0.02	11.57	13.43	1.30	1.17
São Miguel	F_Lagoa do Conde 1	10.46	61.52	21.69	3.87	3.98	0.63	1.41	4.99	2.05	4.95	16.51	4.02	1.48	3.60
São Miguel	F_Lagoa do Conde 2	10.44	48.12	18.85	3.87	3.59	-1.09	1.35	4.18	1.86	3.61	14.93	3.17	1.42	3.61
São Miguel	F_AC1	10.85	45.27	77.76	3.89	11.81	-1.44	2.60	3.08	5.79	5.12	47.71	-11.04	2.63	1.87
São Miguel	F_AC2	10.50	38.91	27.36	3.88	4.77	1.38	1.53	1.24	2.43	0.81	19.67	-3.90	1.59	1.87
São Miguel	F_AC3	10.45	27.37	19.56	3.87	3.69	3.23	1.36	3.08	1.91	2.63	15.32	7.26	1.43	3.55
São Miguel	F_SL1	10.54	26.06	32.69	3.88	5.52	3.32	1.64	3.71	2.78	1.31	22.63	2.73	1.70	0.85
São Miguel	F_Marques	10.69	63.73	53.63	3.88	8.44	2.99	2.09	7.67	4.18	4.22	34.28	-3.13	2.13	20.01

São Miguel	F_Unileite	11.25	104.65	134.91	3.90	19.78	-4.41	3.81	10.92	9.60	12.15	79.51	-12.91	3.81	8.43
São Miguel	F_Vieira & Vieira	16.89	817.59	944.44	4.12	132.77	-75.11	21.01	41.04	63.55	54.25	530.02	25.23	20.46	50.84
São Miguel	F_Tecnovia	10.49	89.55	24.91	3.87	4.43	1.43	1.47	6.73	2.26	1.08	18.30	20.57	1.54	7.70
São Miguel	F_Herdeiros	10.91	57.39	85.93	3.89	12.95	-6.23	2.77	4.84	6.33	5.56	52.26	-17.58	2.80	2.71
São Miguel	F_Solar do Conde	10.54	63.88	31.98	3.88	5.42	2.36	1.63	7.91	2.74	5.84	22.24	-0.78	1.69	9.19
São Miguel	F_Insulac	10.75	199.70	63.22	3.88	9.78	-3.54	2.29	21.92	4.82	11.05	39.62	17.77	2.33	28.39
São Miguel	F_CRP	10.42	55.46	15.30	3.87	3.09	1.32	1.27	4.79	1.62	1.33	12.95	5.56	1.35	5.11
Terceira	F_Tapete	10.45	34.69	19.21	3.87	3.64	-1.14	1.35	4.20	1.88	2.08	15.13	7.13	1.43	2.83
Terceira	F_Santana do Norte	10.46	12.72	20.98	3.87	3.88	-1.48	1.39	2.67	2.00	2.05	16.11	7.77	1.46	5.86
Terceira	F_Santana	10.49	29.16	25.95	3.87	4.58	-1.89	1.50	5.36	2.33	-0.37	18.88	7.23	1.57	2.04
Terceira	F_Canada do Mato	10.49	30.41	25.24	3.87	4.48	-1.50	1.48	4.60	2.29	2.00	18.48	1.44	1.55	2.59
Terceira	F_Quatro Canadas	10.50	27.32	26.31	3.87	4.63	-1.36	1.50	5.53	2.36	1.85	19.08	-3.96	1.57	1.23
Terceira	F_Vinha Brava	10.47	43.82	22.05	3.87	4.03	-1.24	1.41	6.57	2.07	1.23	16.71	-5.84	1.48	2.07
Terceira	F_São Mateus	10.59	60.17	39.79	3.88	6.51	-0.84	1.79	8.36	3.26	4.90	26.58	2.42	1.85	4.42
Terceira	F_Terra Chã	11.02	191.50	101.55	3.89	15.13	2.17	3.10	15.28	7.37	4.38	60.95	9.67	3.12	14.93
Terceira	F_Biscoitos	10.43	77.41	16.37	3.87	3.24	-0.36	1.29	6.89	1.69	1.92	13.55	12.58	1.37	2.81
Terceira	F_Salto de São Brás	10.43	76.19	16.72	3.87	3.29	-0.60	1.30	3.40	1.72	0.46	13.74	16.37	1.38	4.19
Terceira	F_Covas de São Brás	10.85	75.77	77.76	3.89	11.81	2.02	2.60	5.97	5.79	-1.16	47.71	6.89	2.63	2.58
Terceira	F_Pico Seleiro	11.18	32.74	123.90	3.90	18.25	28.63	3.58	15.58	8.86	1.98	73.39	-34.12	3.58	0.60
Terceira	F_Areeiro	11.41	36.17	156.91	3.91	22.86	13.64	4.28	14.30	11.06	1.33	91.76	-33.42	4.26	2.25
Terceira	F_Barreiro	12.51	61.91	315.55	3.95	45.00	-2.73	7.65	28.09	21.64	0.29	180.04	-64.11	7.52	2.33
Terceira	F_Juncal	13.17	144.21	410.66	3.98	58.27	-6.40	9.67	47.43	27.98	12.88	232.97	-69.02	9.48	5.47
Faial	F_Farrobo	11.01	115.87	99.42	3.89	14.83	4.38	3.06	30.19	7.23	20.06	59.76	-16.98	3.08	-0.03

Faial	F_Areias	10.42	72.54	16.01	3.87	3.19	3.53	1.29	8.33	1.67	4.77	13.35	4.43	1.36	1.65
Faial	F_Campo	10.43	41.42	17.43	3.87	3.39	1.99	1.32	7.58	1.77	1.54	14.14	1.48	1.39	1.11
Faial	F_Capitão	10.41	41.44	13.88	3.87	2.89	7.87	1.24	5.40	1.53	1.06	12.16	1.31	1.32	1.87
Faial	F_Lameiro Grande	11.42	124.00	159.04	3.91	23.15	1.06	4.33	26.31	11.20	25.93	92.94	-17.12	4.30	3.77
Faial	F_Fonte do Rego	11.53	42.15	174.30	3.91	25.28	-4.15	4.65	7.33	12.22	-3.01	101.43	2.25	4.62	2.43
Faial	F_Cancelas	11.55	101.30	177.14	3.91	25.68	-3.39	4.71	8.89	12.41	-1.15	103.01	-1.83	4.68	5.17
Faial	F_Joana Alves	10.49	40.14	25.95	3.87	4.58	3.87	1.50	3.88	2.33	0.15	18.88	7.40	1.57	1.19
Faial	F_Praia do Almoxarife	10.42	42.65	16.01	3.87	3.19	3.15	1.29	8.40	1.67	1.82	13.35	4.01	1.36	1.17
São Jorge	F_Queimada	11.20	190.10	126.74	3.90	18.64	9.70	3.64	16.04	9.05	20.48	74.97	10.21	3.64	2.90
São Jorge	F_Rib^a do Nabo	11.02	386.70	101.19	3.89	15.08	21.42	3.10	36.21	7.35	44.39	60.75	23.81	3.11	7.90

