

Cátia Sofia Vieira Gomes



Universidade dos Açores

Departamento de Biologia

Ponta Delgada

2012

Cátia Sofia Vieira Gomes

**Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a
Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente
na Ilha de São Miguel (Açores)**

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em
Ambiente, Saúde e Segurança

Orientador: Doutor José Virgílio de Matos Figueira Cruz


Co-Orientadora: Mestre Dina Maria Duarte Medeiros



Universidade dos Açores
Departamento de Biologia

Ponta Delgada

2012



“A água é tal qual a terra por onde ela atravessa.”

Teofrasto

“A água é o princípio de todas as coisas.”

Tales de Mileto

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho deve-se, também à colaboração e ajuda de várias pessoas e entidades, que sem as quais a realização deste seria pouco provável de ocorrer, designadamente:

À AHA – SRAM que cederam os resultados da monitorização e com isso viabilizaram a realização desta investigação.

Ao Mestre João Fontiela pela colaboração a nível do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Ao Prof. Doutor José Virgílio Cruz por todo o apoio, atenção, disponibilidade e orientações prestadas.

À Mestre Dina Medeiros pela sua disponibilidade.

À minha família e amigos por todo o apoio, incentivo e carinho que me deram durante a realização do trabalho.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	II
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABELAS	XII
SIGLAS E ACRÓNIMOS	XIII
RESUMO	XIV
ABSTRACT	XV
1. INTRODUÇÃO E METODOLOGIA	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS E ÂMBITO DO ESTUDO	2
1.3. METODOLOGIA	3
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. CARACTERIZAÇÃO DA ILHA DE SÃO MIGUEL	5
2.1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO	5
2.2. CLIMATOLOGIA	7
2.3. USOS DO SOLO	11
2.4. RECURSOS HÍDRICOS	14
2.4.1. MASSAS DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE	15
2.4.2. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	20
2.4.3. Sistemas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais	21
3. QUALIDADE E MONITORIZAÇÃO DA ÁGUA	23
3.1. POLUIÇÃO DA ÁGUA	23
3.2. QUALIDADE DA ÁGUA	25
3.3. MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	26
3.4. PARÂMETROS MONITORIZADOS	27
3.4.1. pH	27
3.4.2. TEMPERATURA	27
3.4.3. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	28
3.4.4. SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST)	28
3.4.5. OXIGÉNIO DISSOLVIDO	28
3.4.6. CARÊNCIA BIOQUÍMICA DA OXIGÉNIO (CBO ₅) e CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO (CQO)	28
3.4.7. CLORETO	29
3.4.8. SÓDIO	29
3.4.9. SULFATO	29
3.4.10. FERRO TOTAL	29
3.4.11. MANGANÊS	29
3.4.12. COBRE SOLÚVEL	30

**Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal
Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)**

3.4.13.	NITRATO	30
3.4.14.	NITRITO	30
3.4.15.	AMÓNIO	30
3.4.16.	FOSFATO, FÓSFORO INORGÂNICO e TOTAL	30
3.4.17.	CHUMBO	31
3.4.18.	CÁDMIO	31
3.4.19.	CRÓMIO TOTAL	31
3.4.20.	HIDROCARBONETOS	31
3.4.21.	ARSÉNIO	32
3.4.22.	MERCÚRIO	32
3.4.23.	ZINCO	32
3.4.24.	COLIFORMES FECAIS E TOTAIS	32
3.4.25.	ESTREPTOCOCOS FECAIS	33
3.4.26.	SALMONELA	33
4.	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
4.1.	BACIAS HIDROGRÁFICAS	34
4.1.1.	RIBEIRAS DOS CALDEIRÕES	34
4.1.2.	RIBEIRA DO GUILHERME	35
4.1.3.	RIBEIRA DA POVOAÇÃO	36
4.1.4.	RIBEIRA DO FAIAL DA TERRA	37
4.1.5.	RIBEIRA QUENTE	38
4.1.6.	RIBEIRA GRANDE	39
4.1.1.	RIBEIRA DA PRAIA	42
5.	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	43
5.1.	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE RIBEIRAS	44
6.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	50
6.1.	DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL	50
6.1.1.	RIBEIRA DOS CALDEIRÕES	50
6.1.2.	RIBEIRA DO GUILHERME	59
6.1.3.	RIBEIRA DO FAIAL DA TERRA	65
6.1.4.	RIBEIRA DA POVOAÇÃO	74
6.1.5.	RIBEIRA QUENTE	80
6.1.6.	RIBEIRA GRANDE	90
6.1.7.	RIBEIRA DA PRAIA	102
6.2.	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL	105
6.3.	IMPACTES NA QUALIDADE DA ÁGUA DAS RIBEIRAS	121
7.	CONCLUSÕES	125
8.	BIBLIOGRAFIA	127
	ANEXOS	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Enquadramento Geográfico do Arquipélago dos Açores.	5
Figura 2 – Divisão Administrativa da Ilha de São Miguel.	6
Figura 3 – Distribuição espacial da temperatura na Ilha de São Miguel – Modelo CIELO (DROTRH/SRAM, 2011a).	9
Figura 4 – Distribuição espacial da humidade relativa na Ilha de São Miguel – Modelo CIELO (DROTRH/SRAM, 2011a).	10
Figura 5 – Distribuição espacial da precipitação na ilha de São Miguel – Modelo CIELO (DROTRH/SRAM, 2011a).	10
Figura 6 – Percentagem de ocupação do solo da Região Açores (DROTRH/SRAM, 2007).	12
Figura 7 - Percentagem de ocupação do solo da Ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2007).	13
Figura 8 – Carta de Ocupação do Solo da Ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2007).	13
Figura 9 – Delimitação das Regiões Hidrográficas (INAG, 2005).	14
Figura 10 – Localização das massas de água de caudal permanente na ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).	16
Figura 11 – Localização das lagoas na ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).	18
Figura 12 – Identificação das massas de água costeiras na ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).	19
Figura 13 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira dos Caldeirões (DROTRH/SRAM, 2011a).	35
Figura 14 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira do Guilherme (DROTRH/SRAM, 2011a).	36
Figura 15 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira da Povoação (DROTRH/SRAM, 2011a).	37
Figura 16 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira do Faial da Terra (DROTRH/SRAM, 2011a).	38
Figura 17 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira Quente (DROTRH/SRAM, 2011a).	39
Figura 18 – Ocupação do solo da massa de água das Lombadas (DROTRH/SRAM, 2011a).	40
Figura 19 - Ocupação do solo da massa de água da Roças/Salto do Cabrito (DROTRH/SRAM, 2011a).	40

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Figura 20 - Ocupação do solo da massa de água da Ribeira da Pernada/Teixeira (DROTRH/SRAM, 2011a).	41
Figura 21 - Ocupação do solo da massa de água da Ribeira Grande (DROTRH/SRAM, 2011a).	41
Figura 22 – Número de amostras recolhidas entre 2003 e 2011 nas diferentes ribeiras.	44
Figura 23 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira dos Caldeirões.	50
Figura 24 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RC1 da Ribeira dos Caldeirões.	51
Figura 25 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RC2 da Ribeira dos Caldeirões.	51
Figura 26 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RC3 da Ribeira dos Caldeirões.	52
Figura 27 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais na Ribeira dos Caldeirões nos pontos de amostragem RC1, RC2 e RC3.	53
Figura 28 – Variações da concentração de fósforo total nos pontos de amostragem RC1, RC2 e RC3 da Ribeira dos Caldeirões.	54
Figura 29 – Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RC1 da Ribeira dos Caldeirões.	54
Figura 30 - Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RC2 da Ribeira dos Caldeirões.	55
Figura 31 - Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RC3 da Ribeira dos Caldeirões.	55
Figura 32 – Variações da concentração de nitrato na Ribeira dos Caldeirões nos pontos de amostragem RC1, RC2 e RC3.	56
Figura 33 – Variações da condutividade na Ribeira dos Caldeirões nos pontos de amostragem RC1, RC2 e RC3.	56
Figura 34 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RC1 da Ribeira dos Caldeirões.	57
Figura 35 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RC2 da Ribeira dos Caldeirões.	58
Figura 36 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RC3 da Ribeira dos Caldeirões.	58
Figura 37 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira do Guilherme.	59
Figura 38 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RGU0 da Ribeira do Guilherme.	60

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Figura 39 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RGU1 da Ribeira do Guilherme.	60
Figura 40 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RGU2 da Ribeira do Guilherme.	61
Figura 41 – Variações do fósforo total no ponto de amostragem RGU2 da Ribeira do Guilherme.	62
Figura 42 – Variações de nitrito e amónio no ponto de amostragem RGU0 da Ribeira do Guilherme.	62
Figura 43 - Variações de nitrito e amónio no ponto de amostragem RGU1 da Ribeira do Guilherme.	63
Figura 44 – Variações da condutividade na Ribeira do Guilherme nos pontos de amostragem RGU0, RGU1 e RGU2.	63
Figura 45 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RGU0 da Ribeira do Guilherme.	64
Figura 46 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RGU1 da Ribeira do Guilherme.	64
Figura 47 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RGU2 da Ribeira do Guilherme.	65
Figura 48 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira do Faial da Terra.	65
Figura 49 – Variações da temperatura e de pH no ponto de amostragem RFT0 da Ribeira do Faial da Terra.	66
Figura 50 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RFT1 da Ribeira do Faial da Terra.	67
Figura 51 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.	67
Figura 52 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem RFT1 e RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.	68
Figura 53 – Variações da concentração de fósforo total nos pontos de amostragem RFT1 e RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.	69
Figura 54 – Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RFT1 da Ribeira do Faial da Terra.	70
Figura 55 - Variações da concentração de nitrato, nitrito e amónio no ponto de amostragem RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.	70
Figura 56 - Variações da concentração de nitrato nos pontos de amostragem RFT1 e RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.	71

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Figura 57 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RFT0 da Ribeira do Faial da Terra.	72
Figura 58 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RFT1 da Ribeira do Faial da Terra.	73
Figura 59 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.	73
Figura 60 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira da Povoação.	74
Figura 61 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RPV4 da Ribeira da Povoação.	75
Figura 62 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais na Ribeira da Povoação nos pontos de amostragem RPV1, RPV2, RPV3 e RPV4.	75
Figura 63 – Variações da concentração de fósforo na Ribeira da Povoação.	76
Figura 64 – Variações da concentração do nitrato na Ribeira da Povoação nos pontos de amostragem RPV1, RPV2, RPV3 e RPV4.	77
Figura 65 – Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RPV1 da Ribeira da Povoação.	77
Figura 66 - Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RPV3 da Ribeira da Povoação.	78
Figura 67 - Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RPV4 da Ribeira da Povoação.	78
Figura 68 – Variações da condutividade na Ribeira da Povoação nos pontos de amostragem RPV1, RPV2, RPV3 e RPV4.	79
Figura 69 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RPV4 da Ribeira da Povoação.	80
Figura 70 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira Quente.	81
Figura 71 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RQ2 da Ribeira Quente.	82
Figura 72 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RQ3 da Ribeira Quente.	82
Figura 73 - Variações de temperatura e deo pH no ponto de amostragem RQ4 da Ribeira Quente.	83
Figura 74 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem RQ1, RQ2 e RQ4 da Ribeira Quente.	84
Figura 75 - Variações da concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem RQ3 da Ribeira Quente.	84

**Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal
Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)**

Figura 76 – Variações de fósforo total nos pontos de amostragem RQ1, RQ2 e RQ4 da Ribeira Quente.	85
Figura 77 – Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RQ2 da Ribeira Quente.	86
Figura 78 - Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RQ3 da Ribeira Quente.	86
Figura 79 - Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RQ4 da Ribeira Quente.	87
Figura 80 – Variações da condutividade nos pontos de amostragem RQ1, RQ2 e RQ4 da Ribeira Quente.	88
Figura 81 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RQ2 da Ribeira Quente.	89
Figura 82 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RQ3 da Ribeira Quente.	89
Figura 83 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RQ4 da Ribeira Quente.	90
Figura 84 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira Grande.	90
Figura 85 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RG0 da Ribeira Grande.	91
Figura 86 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RG1 da Ribeira Grande.	92
Figura 87 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.	92
Figura 88 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.	93
Figura 89 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais no ponto de amostragem RG1 da Ribeira Grande.	94
Figura 90 - Variações da concentração de sólidos suspensos totais no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.	94
Figura 91 - Variações da concentração de sólidos suspensos totais no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.	95
Figura 92 - Variações da concentração de sólidos suspensos totais no ponto de amostragem RTX da Ribeira Grande.	95
Figura 93 – Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RG0 da Ribeira Grande.	96

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Figura 94 - Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.	96
Figura 95 - Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.	97
Figura 96 - Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RTX da Ribeira Grande.	97
Figura 97 - Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RG1 da Ribeira Grande.	98
Figura 98 - Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.	98
Figura 99 – Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.	99
Figura 100 – Variação da condutividade no ponto RTX da Ribeira Grande	100
Figura 101 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RG1 da Ribeira Grande.	100
Figura 102 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.	101
Figura 103 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.	101
Figura 104 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RTX da Ribeira Grande.	102
Figura 105 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RP1 da Ribeira da Praia.	103
Figura 106 – Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RP1 da Ribeira da Praia.	103
Figura 107 – Variações da concentração de nitrato no ponto de amostragem RP1 da Ribeira da Praia.	104
Figura 108 – Variações da condutividade no ponto de amostragem RP1 da Ribeira da Praia.	104
Figura 109 – Variações da concentração de sódio, cloreto, sulfato no ponto de amostragem da Ribeira da Praia.	105
Figura 110 – Distribuição espacial da temperatura (valores da mediana).	107
Figura 111 – Distribuição espacial do pH (valores da mediana).	108
Figura 112 – Distribuição espacial da condutividade (valores da mediana).	109
Figura 113 – Distribuição espacial do nitrato (valores da mediana).	110

**Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal
Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)**

Figura 114 – Distribuição espacial do nitrito (valores da mediana).	111
Figura 115 – Distribuição espacial do amónio (valores da mediana).	113
Figura 116 – Distribuição espacial do fósforo total (valores da mediana).	114
Figura 117 – Distribuição espacial do sódio (valores da mediana).	115
Figura 118 – Distribuição espacial do cloreto (valores da mediana).	116
Figura 119 – Distribuição espacial do sulfato (valores da mediana).	118
Figura 120 – Distribuição espacial da carência química de oxigénio (valores da mediana).	119
Figura 121 – Distribuição espacial da carência bioquímica de oxigénio (valores da mediana).	120

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Características administrativas dos Concelhos da Ilha de São Miguel (Fonte: Censos Provisórios 2011, Câmaras Municipais).	7
Tabela 2 – Classificação das massas de água por Ilha.	16
Tabela 3 – Identificação das lagoas profundas da ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).	17
Tabela 4 – Identificação das lagoas pouco profundas da ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).	17
Tabela 5- Distribuição e número de massas de água na ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).	19
Tabela 6 – Origens de poluição e parâmetros de degradação da qualidade da água (adaptado de Mendes <i>et al.</i> , 2004).	25
Tabela 7 – Relação entre tipos de usos da água e sua qualidade (adaptado de Mendes <i>et al.</i> , 2004)	26
Tabela 8 – Periodicidade e parâmetros para a monitorização da qualidade da água.	27
Tabela 9 – Localização e número de colheitas realizadas nos pontos de amostragem.	43
Tabela 10 – Dados estatísticos dos parâmetros da temperatura e pH.	45
Tabela 11 – Localização do valores máximo, mínimo e média mais elevada de SST, NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ ⁺ , P.	47
Tabela 12 - Localização do valores máximo, mínimo e média mais elevada de O ₂ , CBO ₅ , CQO.	49

SIGLAS E ACRÓNIMOS

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigénio

CQO – Carência Química de Oxigénio

DQA – Directiva Quadro da Água

ETA – Estação de tratamento de águas

ETAR – Estação de tratamento de águas residuais

OMS – Organização Mundial de Saúde

PGRH – Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores

PNA – Plano Nacional da Água

PNI – Parque Natural de Ilha

RAA – Região Autónoma dos Açores

RH9 – Região Hidrográfica dos Açores

SST – Sólidos Suspensos Totais

RESUMO

A água constitui um recurso natural essencial à vida e apesar de esta ocupar, aproximadamente, 70% da superfície terrestre, a percentagem de água utilizável pelo Homem é muito reduzida. Para além do consumo doméstico, a água é, ainda, utilizada em todas as atividades económicas, como por exemplo a agricultura e a indústria, o que gera pressões quantitativas e qualitativas, essencialmente associadas no primeiro caso à captação e no segundo caso à emissão de águas residuais. Estas situações acarretam impactes a vários níveis, desde alterações de caudais, modificações hidromorfológicas, poluição química e biológica e alteração das condições ecológicas prístinas.

Em resposta a uma crescente consciencialização relativamente às questões supramencionadas foram elaborados documentos normativos e legislativos, a nível europeu, nacional e regional, com o intuito de despoletarem programas com a finalidade de avaliar e proteger os recursos hídricos. Após esta avaliação pretende-se estabelecer medidas preventivas e corretivas e garantir que exista um efetivo desenvolvimento sustentável.

O presente trabalho aborda a temática da qualidade das águas das ribeiras de caudal permanente da ilha de São Miguel, e pretende caracterizar o estado químico da água e avaliar os impactos antropogénicos sobre a qualidade da mesma. Esta dissertação envolveu um total de seis ribeiras, que correspondem a nove massas de água. Para a caracterização procedeu-se à análise e tratamento de dados cedidos pela Administração Hidrográfica dos Açores, que abrangem o período entre 2003 e 2011.

Do tratamento dos dados da monitorização conclui-se que a atividade agropecuária e a drenagem de águas residuais são as principais fontes poluidoras antropogénicas das águas superficiais, uma vez que se verificam concentrações elevadas de fósforo total, nitratos, nitritos e do parâmetro CBO_5 . Os metais e os hidrocarbonetos apresentam valores inferiores ao limite de quantificação, o que permite inferir que o seu impacto é pouco significativo.

Os resultados também permitem verificar que existe uma relação entre a qualidade da água e a ocupação do solo, constatando-se que os locais mais interiores são os que apresentam menor poluição, visto que correspondem a áreas em que predomina vegetação natural e floresta. No entanto, as áreas mais planas e próximas do litoral apresentam maior poluição devido às pastagens e aos aglomerados populacionais.

Palavras-chave: Qualidade da água; Fontes de poluição; Ocupação do Solo; Agropecuária; Águas residuais

ABSTRACT

Water is a natural resource essential to life, and despite 70% of the Earth surface been occupied by water the proportion able to support human activities is much lower. Besides domestic use, water is also needed to economic activities, like industry and agriculture, which causes quantitative and qualitative pressures, as abstraction or waste water uncontrolled discharge, causing diverse types of impacts, from discharge variation, hydromorphological modifications, chemical and biological pollution and deterioration of the ecologic pristine conditions.

Due to the increasing awareness in what concerns the questions addressed above, several regulation and legislation documents were published at regional, national and international levels, in order to develop programmes of evaluation and protection of water resources. After this evaluation, the overall objective is to establish preventive and corrective measures, in order to attain an effective sustainable development.

The present thesis addresses water quality in river water bodies in São Miguel island, namely characterizing water bodies status and evaluate anthropogenic impacts over water quality. A total of six rivers were studied, corresponding to nine water bodies, and data provided by the Hydrographic Administration of the Azores, corresponding to a time interval between 2003 and 2001, was analyzed.

From the analysis made it was possible to conclude that livestock activity and waste water discharge are the main pollution sources that impact river water quality, depicted by high phosphorous, nitrate, nitrite content as well as by high values of BOD5. Heavy metals and hydrocarbons are usually under detection limit, showing that are negligible to water quality.

Results also show a close relationship between water quality and land use, with inland areas, dominated by pristine forests and natural vegetation, where rivers have non-polluted waters. In opposition, in the lowland areas, pollution levels are higher due to pasture land dominance and to urban development.

Key-words: Water quality; pollution sources; land occupation; livestock; waste waters.

1. INTRODUÇÃO E METODOLOGIA

1.1. ENQUADRAMENTO

O planeta oferece ao ser humano recursos naturais, cuja exploração permite manter e melhorar a qualidade de vida. Destes considera-se que a água é um dos mais importantes e indispensáveis à vida, uma vez que é o suporte de ecossistemas, e do meio ambiente em geral, bem como é uma componente essencial no ordenamento do território com condicionante estratégica das opções espaciais de desenvolvimento e da localização de usos e atividades (MAOTDR, 2007). Este recurso devido aos vários usos, e sobretudo à sua captação e poluição deve ser preservado, como é referido na Diretiva Quadro da Água (2000/60/CE). Neste contexto, a água é um recurso natural que deve ser protegido, defendido e tratado com tal.

As atividades humanas tendem a localizar-se junto de rios, ribeiras ou outros locais onde haja facilidade de acesso à água, uma vez que este recurso é essencial a todos os sistemas produtivos, nem que seja como meio de limpeza das instalações e equipamentos. Esta utilização gera uma grande pressão sobre o recurso. Para que a quantidade e a qualidade da água sejam mantidas, permitindo que as gerações futuras tenham pelo menos a mesma capacidade de satisfazer as suas necessidades que a geração atual, é necessário que exista um desenvolvimento sustentável do recurso. Para tal, é fundamental implementar medidas preventivas ou corretivas com o intuito que a água, recurso renovável, mas limitado, tenha qualidade para satisfazer o consumo humano e as restantes utilizações.

A procura de água em Portugal está atualmente estimada em cerca de 7 500 hm³/ano no conjunto dos sectores Agrícola, Industrial e Urbano. De acordo com o Plano Nacional da Água (MAOTDR, 2002), a agricultura é claramente o maior utilizador de água em Portugal, com 87% do total, contra 8% do total no abastecimento urbano e 5% do total na indústria.

A realidade nos Açores é diferente comparativamente com o que ocorre a nível nacional, uma vez que o principal uso está relacionado com o consumo humano, o qual corresponde a uma necessidade estimada de aproximadamente 15 176×10³ m³/ano. Para os

sectores da indústria e da agropecuária estima-se um consumo de $5\,724 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$ e $5\,723 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$, respetivamente (Cruz *et al.*, 2010a; DROTRH/SRAM, 2011).

No caso do Arquipélago dos Açores, uma região insular, fragmentada e ultraperiférica, os recursos hídricos estão sujeitos a grandes pressões, o que, como já se verifica, têm acarretado elevados prejuízos ambientais e mesmo económicos, como sendo a situação da eutrofização das lagoas. Neste sentido, é importante que se tomem medidas de proteção e valorização dos recursos hídricos, dado que estes são limitados e não existem muitas alternativas. Assim é fundamental a implementação de programas que visem o desenvolvimento sustentável.

A DQA estabelece um cronograma de implementação para os Estados membros no domínio da política da água. Um dos aspetos inovadores deste diploma foi a introdução do conceito de “estado ecológico” para a avaliação da qualidade ecológica das águas superficiais, exprimindo-o em função do desvio (“desvio ecológico”). Em termos globais, a Diretiva visa alcançar o “bom estado das águas” até 2015 (Cymbron *et al.*, 2005).

A aplicação da Lei da Água (Lei 58/2005), que transpõe para direito nacional a DQA, desencadeou a realização de planos para atingir os objetivos ambientais definidos, a fim de atingir o bom estado das massas de água. Nos Açores elaborou-se o plano de gestão da região hidrográfica que é composto por planos elaborados em cada ilha. Esta situação ocorre para que seja feita uma análise detalhada de cada massa de água por ilha, com o intuito de se perder o mínimo de informação possível.

1.2. OBJETIVOS E ÂMBITO DO ESTUDO

Na área de estudo, que corresponde à ilha de São Miguel, as águas superficiais apresentam uma significativa taxa de poluição decorrente fundamentalmente da intensa atividade agropecuária e do baixo nível de tratamento das águas residuais (Cymbron *et al.*, 2005). Por conseguinte, é fundamental que seja realizada a monitorização da qualidade da água, a fim de se desenvolverem medidas preventivas e de melhoria da qualidade da água, bem como de proteção do valor paisagístico e de salvaguarda da saúde pública dos utilizadores da água, com fins recreativos ou de consumo (Cruz *et al.*, 2007). A implementação destas medidas também visa o cumprimento do objetivo geral da DQA, sendo este o alcance do “bom estado das águas” até 2015.

Neste sentido, considera-se pertinente realizar o presente estudo que tem como objetivos principais caracterizar o estado químico das águas das ribeiras de caudal permanente e avaliar os impactes antropogénicos sobre a qualidade da água.

1.3. METODOLOGIA

No presente trabalho pretende-se realizar uma análise da distribuição temporal e espacial de parâmetros físico-químicos que, demonstram o impacte da pressão antropogénica na qualidade da água das ribeiras. Para tal recolheu-se informação junto da Administração Hidrográfica dos Açores, a qual realiza a monitorização daqueles parâmetros desde 2003 (Cymbron *et al.*, 2005).

O tratamento estatístico dos dados consistiu, primeiramente, na organização da informação recolhida para uma melhor perceção e facilidade em tratar os dados. Com o intuito de realizar a distribuição temporal utilizou-se o software Excel e para a distribuição espacial recorreu-se ao software ARCGIS, de forma a utilizar as funcionalidades dos Sistemas de Informação Geográfico.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho encontra-se dividido em 8 capítulos, organizados de forma sequencial e interrelacionados entre si.

No primeiro capítulo é desenvolvido o enquadramento do tema, com a explanação da temática a abordar ao longo do trabalho, bem como a definição do âmbito e dos objetivos do estudo. Neste capítulo também se menciona a metodologia utilizada e a organização do trabalho.

No capítulo seguinte é elaborada a caracterização do Arquipélago dos Açores, com enfoque para a ilha de São Miguel. É mencionado a sua localização e as características climáticas, o ordenamento do território e as principais massas de água.

No terceiro capítulo aborda-se a monitorização e qualidade da água, com a indicação da periodicidade e dos parâmetros identificados para as ribeiras da ilha de São Miguel.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Uma breve descrição da área de estudo é realizada no quarto capítulo, onde é referido a principal ocupação do solo, bem como os programas de proteção que abrangem cada bacia hidrográfica.

No capítulo cinco é efetuada a apresentação dos resultados, realizando-se uma análise comparativa dos parâmetros entre as ribeiras em estudo.

A descrição e discussão dos resultados são feitas no capítulo seis. Este capítulo encontra-se subdividido em três pontos, nomeadamente distribuição temporal que, consiste na representação ao longo do tempo, de cada parâmetro determinante para o estudo de cada ribeira. Noutro ponto trata-se a distribuição espacial com o objetivo de verificar as alterações à qualidade da água ao longo dos cursos das ribeiras. E, no último realiza-se a relação entre todos os dados e resultados recolhidos.

No sétimo e oitavo capítulos são apresentadas a conclusão e a bibliografia, respetivamente.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ILHA DE SÃO MIGUEL

2.1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

O Arquipélago dos Açores localiza-se no Oceano Atlântico, numa zona marcada por intensa atividade vulcânica e sísmica, devido precisamente à sua localização. Os Açores situam-se na região biogeográfica da Macaronésia, que inclui os arquipélagos da Madeira, Canárias e Cabo Verde, entre os paralelos 36°45' e 39°43' de latitude Norte e os meridianos 24°45' e 31°17' de longitude Oeste (Figura 1).



Figura 1 – Enquadramento Geográfico do Arquipélago dos Açores.

A origem do arquipélago é vulcânica, uma vez que se encontra na junção de três placas litosféricas Americana, Euroasiática e Africana separadas pela crista médio-atlântica (INAG, 2001). Este arquipélago é constituído por nove ilhas, mas no entanto nem todas possuem vulcanismo ativo.

As ilhas estão distribuídas geograficamente ao longo de 2 322 km² e distribuem-se por três grupos: o Ocidental, composto pelas ilhas das Flores e do Corvo; o Central constituído pelas ilhas da Terceira, Faial, Pico, São Jorge e Graciosa; e o Oriental que aglomera as ilhas de São Miguel e de Santa Maria. O arquipélago tem uma orientação Noroeste-Sudeste ao longo de cerca de 600 km, o que faz com que a Subzona Económica Exclusiva (ZEE) dos Açores abranja uma área de 953 633 km².

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

A ilha de São Miguel pertence ao grupo Oriental e localiza-se entre 37° 54' 38" (Ponta da Bretanha) e 37° 42' 14" (Ilhéu da Vila) de Latitude Norte e entre 25° 08' 03" (Ponta da Marquesa) e 25° 51' 17" (Ponta da Ferraria) de Longitude Oeste. Tendo em consideração a área do arquipélago, esta ilha ocupa cerca de 32,1% do território, com 744,6 km², o que a determina como a maior ilha (DROTRH/SRAM, 2011a).

Esta ilha é constituída por 6 concelhos, Ponta Delgada, Ribeira Grande, Lagoa, Vila Franca do Campo, Povoação e Nordeste (Figura 2). Destes, o que tem maior importância e impacto na economia local é o concelho de Ponta Delgada, porque é onde existe o Aeroporto João Paulo II e se situa o porto comercial.



Figura 2 – Divisão Administrativa da Ilha de São Miguel.

Em termos administrativos, o concelho de Ponta Delgada tem uma área de 233,67 km² e é constituído por 24 freguesias. Em termos populacionais também é o que tem mais população, com 68 748 habitantes (Tabela 1).

A Lagoa é um concelho que tem uma população de 14 430 habitantes. Com uma área de 45,56 km², e sendo composto por 5 freguesias, é um concelho predominantemente ligado à agropecuária (Tabela 1).

O concelho da Ribeira Grande, o segundo maior da ilha, tem uma área de 180 km² e 32 032 habitantes distribuídos por 14 freguesias. Com uma área de aproximadamente 87 km², o concelho de Vila Franca do Campo, com 11 255 habitantes tem menor população que o anterior (Tabela 1).

A Povoação é um concelho organizado em 6 freguesias, tem uma área de cerca de 131 km² e 6 314 habitantes. Por seu turno, o concelho do Nordeste é o que apresenta menor população, com 4 920 habitantes, numa área de aproximadamente 100 km² (Tabela 1). Este concelho é marcado pela sua ligação à agropecuária, não deixando de ser menos importante devido à maior concentração de floresta autóctone.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Concelho	Freguesias	Área (km ²)	População residente (n.º)
Ponta Delgada	24	233,67	68 809
Lagoa	5	45,56	14 416
Ribeira Grande	14	180	32 112
Vila Franca do Campo	6	87,21	11 229
Povoação	6	108	6 327
Nordeste	9	99,9	4 937

Tabela 1 – Características administrativas dos Concelhos da Ilha de São Miguel (Fonte: Censos Provisórios 2011, Câmaras Municipais).

2.2. CLIMATOLOGIA

O clima nos Açores é caracterizado pela localização do arquipélago no Atlântico Norte, onde é atingido por anticiclones semipermanentes atlânticos subtropicais, aos quais se designam, genericamente, por “Anticiclone dos Açores”. A predominância de um regime anticiclónico sobre o arquipélago condiciona, e separa, as massas de ar quente e húmido vindas das regiões equatorial e subtropical do ar frio e seco proveniente da região polar ártica, usualmente designada por “frente polar” (DROTRH/SRAM, 2011a).

Nos meses de inverno as duas massas de ar confrontam-se, porque o “Anticiclone dos Açores” desloca-se para sul. Esta situação provoca a ocorrência de pluviosidade intensa e abundante, bem como ocorre um aumento da intensidade do vento e da nebulosidade. Nos meses de verão, como usualmente o anticiclone se encontra sobre o arquipélago, os dias são menos chuvosos, as temperaturas são mais altas (amenas) e os dias são significativamente mais ensolarados.

No entanto, no inverno e nos períodos fim de verão e no outono, podem ocorrer tempestades mais violentas de origem tropical, e responsáveis pelo aumento da intensidade e duração da chuva. Estas tempestades provocam alterações dos regimes de drenagem, provocando fenómenos de erosão, derivados dos deslizamentos de massas após a saturação e alteração da agregação dos solos, com subsequente alteração da estabilidade das vertentes e taludes e derrube e transporte de grandes quantidades de massa vegetal para os cursos de água (DROTRH/SRAM, 2011a).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

De uma forma resumida, o clima dos Açores caracteriza-se por chuvas regulares e abundantes, amenidade térmica, reduzida taxa de insolação, elevados índices de humidade do ar e por um regime de ventos fortes que acompanham o evoluir dos padrões de circulação atmosférica à escala da bacia do Atlântico Norte (DROTRH/SRAM, 2011a). Esta situação é muito diferente do que acontece no Continente ou mesmo na ilha da Madeira, em que os meses de verão são caracterizados pela fraca chuva, nuvens e pelas temperaturas superiores às verificadas nos Açores (IGEO, 2012).

Em termos de temperatura, os Açores não apresentam uma amplitude térmica grande, variando entre os 14,5°C no mês de Fevereiro e 22°C em Agosto. Com a altitude a temperatura tende a decrescer (DROTRH/SRAM, 2011a).

Em relação à temperatura da água do mar constata-se, normalmente, que varia entre os 16°C e os 22°C, isto por influência da corrente quente do golfo, que impede a progressão das águas frias junto do arquipélago (DROTRH/SRAM, 2001a).

No que concerne à humidade relativa do ar, os Açores caracterizam-se por ser uma região bastante húmida com valores médios mensais próximos dos 80%. Segundo o Plano de Gestão de Recursos Hídricos dos Açores (PGRH), raramente se registam valores abaixo dos 50%, e os valores superiores a 90% são registados em mais de 60 dias do ano junto ao litoral. Ao longo do dia a humidade também varia, observando-se de manhã valores médios de 80%, diminuindo ao longo do dia até atingir 77% pela tarde, voltando a aumentar até 87% durante a noite.

A precipitação média anual no arquipélago varia entre os 775 mm na Ilha de Santa Maria e os 1 700 mm na Ilha das Flores. Cerca de 75% do total de precipitação anual ocorre entre os meses de Setembro e Março, altura em que o “Anticiclone dos Açores” está deslocado para sul (DROTRH/SRAM, 2011a).

A evapotranspiração condiciona as disponibilidades hídrica, pelo que tem um papel fundamental no processo hidrológico do arquipélago. Esta varia entre 502 mm na Ilha de São Jorge e 632 mm na Ilha da Graciosa, com valor médio igual a 581 mm (DROTRH/SRAM, 2001).

O conhecimento dos fatores, que influenciam o clima dos Açores, e dos dados estatísticos existentes, permitiu, recorrendo à simulação e generalização espacial das variáveis climáticas, com base na aplicação do modelo CIELO, caracterizar o clima de cada ilha.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Da aplicação do modelo verificou-se que, na ilha de São Miguel, a temperatura é mais baixa no centro da ilha, uma vez que corresponde à zona de relevo com maior altitude e nas zonas de baixa altitude atinge-se temperaturas superiores a 18°C (Figura 3; DROTRH/SRAM, 2011a).

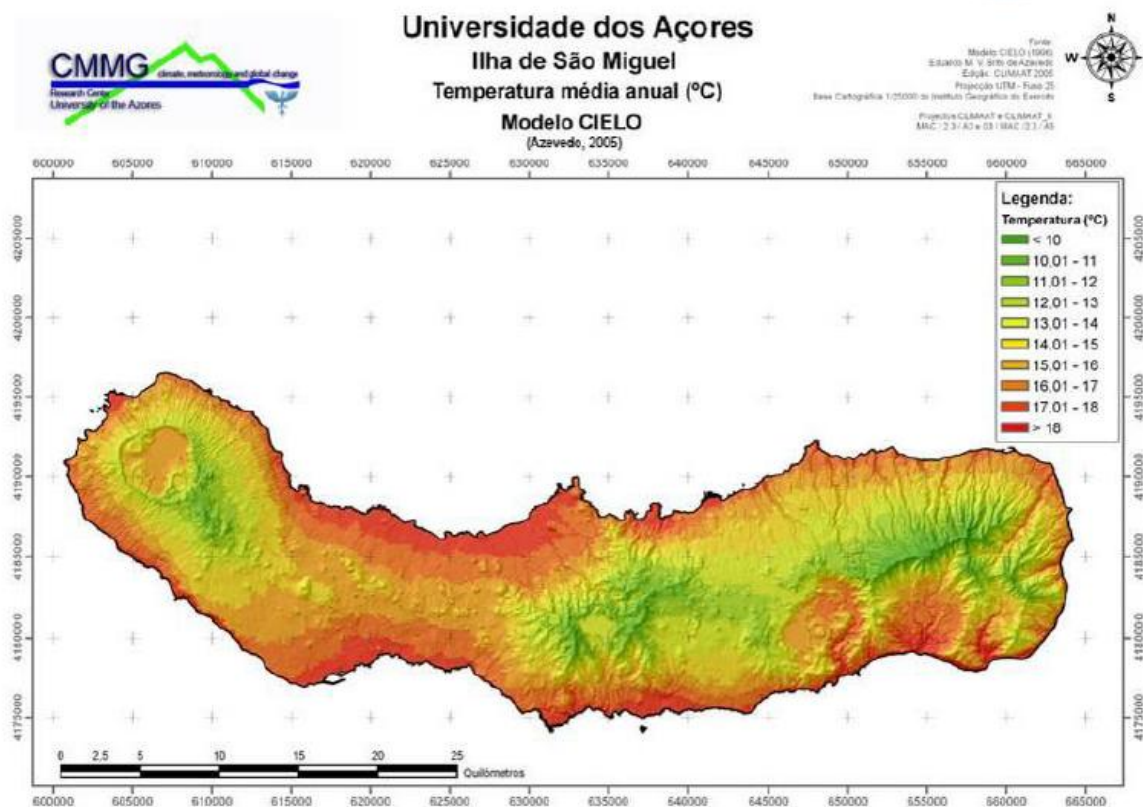


Figura 3 – Distribuição espacial da temperatura na Ilha de São Miguel – Modelo CIELO (DROTRH/SRAM, 2011a).

A humidade relativa do ar e a precipitação apresentam valores mais elevados no interior da ilha, sobretudo nos pontos mais altos (Figura 4 e 5; DROTRH/SRAM, 2011a).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

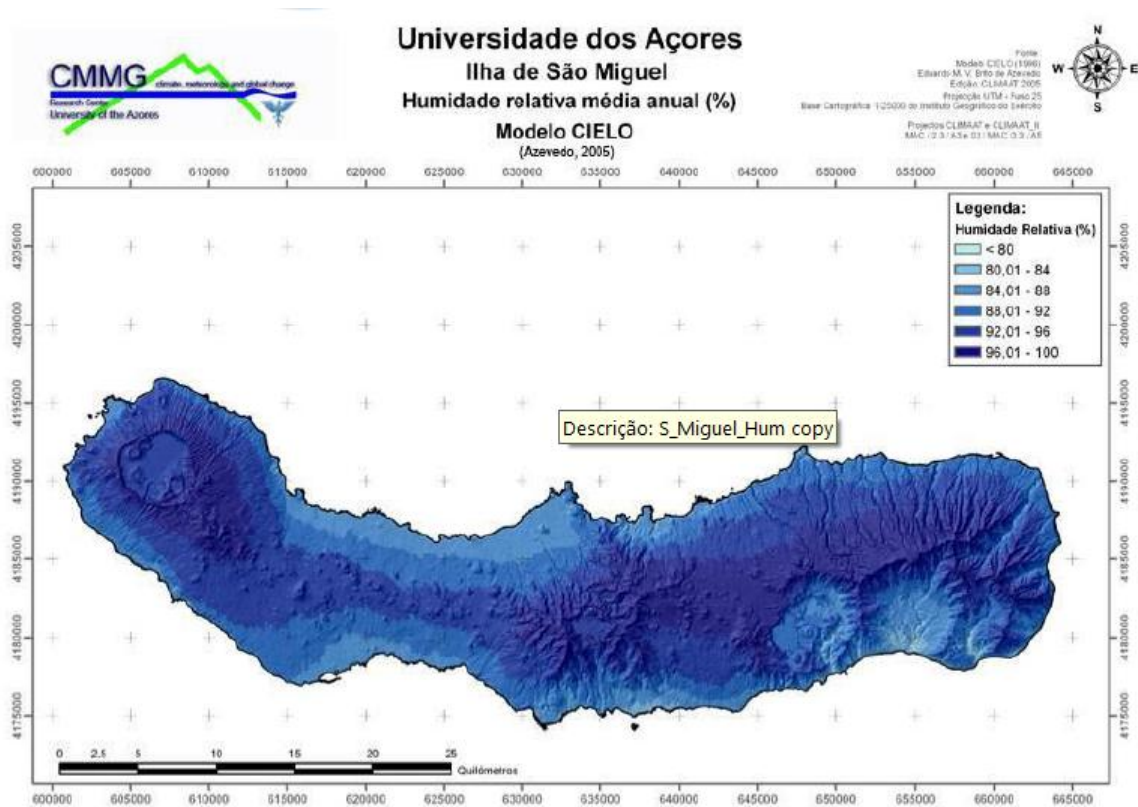


Figura 4 – Distribuição espacial da humidade relativa na Ilha de São Miguel – Modelo CIELO (DROTRH/SRAM, 2011a).

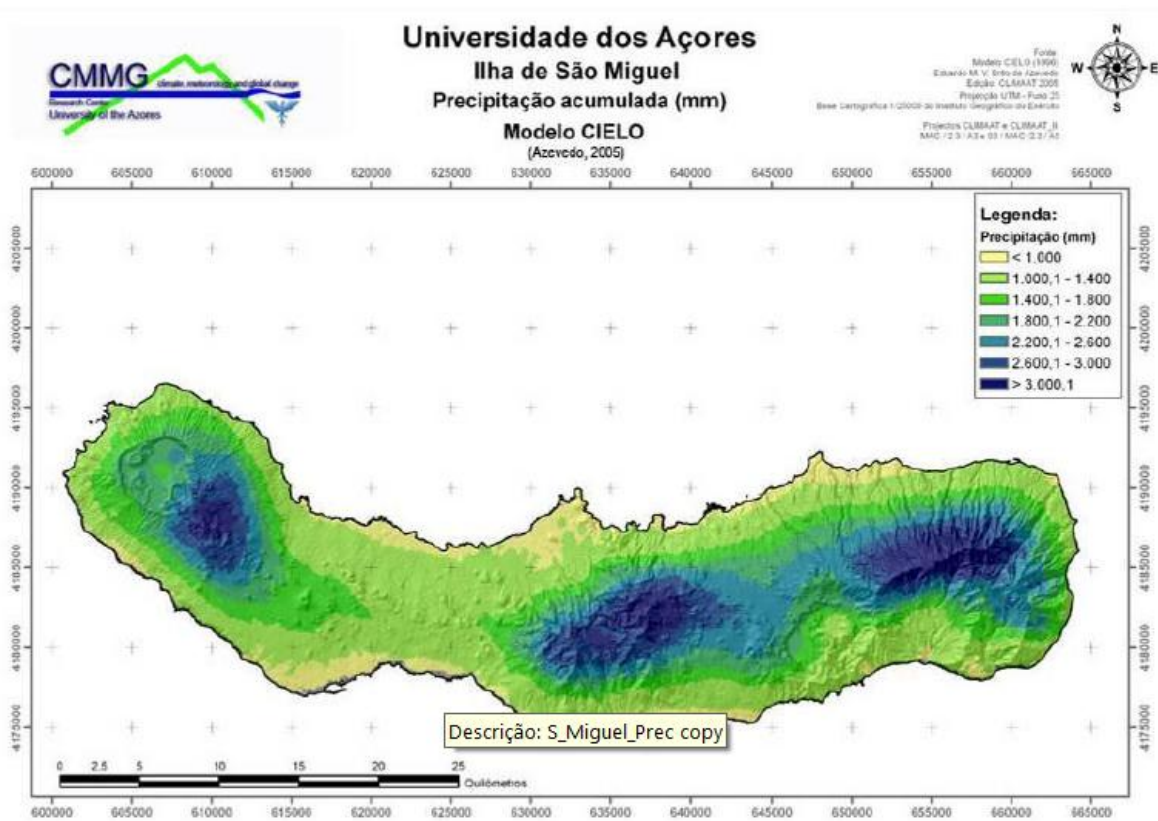


Figura 5 – Distribuição espacial da precipitação na ilha de São Miguel – Modelo CIELO (DROTRH/SRAM, 2011a).

2.3. USOS DO SOLO

No arquipélago dos Açores a utilização do solo está relacionada com a sua geomorfologia, uma vez que a existência de declives mais ou menos acentuados, ou mesmo as propriedades dos solos, determinam a implementação de determinada atividade.

A ocupação dos solos caracteriza-se predominantemente por áreas urbanas, bem como indústrias localizadas junto do litoral, e de pastagens, áreas agrícolas, floresta e vegetação natural no interior das ilhas. Esta distribuição verifica-se em todas as ilhas do arquipélago, pois é no litoral que se encontram condições mais favoráveis para a sua implementação e existência de plataformas logísticas.

De acordo com a Carta de Ocupação do Solo da Região Autónoma dos Açores (Figura 8), a atividade agrícola e as pastagens ocupam a maior fatia do território açoriano, com cerca de 56% (Figura 6; DROTRH/SRAM, 2007). As pastagens são mais predominantes, com cerca de 42,28% de ocupação, com especial manifestação na Ilha do Faial.

As pastagens e os espaços agrícolas ocupam uma percentagem elevada do território, visto que contribuem para a economia local, gerando riqueza e emprego. Estes fatos permitiram que se expandissem no território mas, no entanto, e como forma de preservação da floresta e dos espaços naturais e, conseqüentemente manutenção e melhoramento das massas de águas, foram implementados planos/projetos tendentes à mitigação de impactes ambientais associados, verificando-se, hoje, uma diminuição em relação aos anos 90.

Os usos do solo nos Açores sofreram modificações ao longo do tempo e continuam, no presente, a ser objeto de algumas alterações. A mais significativa deu-se na área ocupada por pastagens, que, ultrapassando os limites da zona silvo-pastoril, invadiu tanto as matas como os terrenos de cultura, atingindo mesmo o litoral. A transformação da área arborizada em pastagem teve maior importância nos finais dos anos 50, enquanto o arroteamento de incultos teve enorme incidência na década de 60. Atualmente, em termos de paisagem agrária são as pastagens e as florestas de criptoméria que predominam. A área ocupada por outras culturas tem vindo a diminuir continuamente e de forma bastante significativa (MAOTDR, 2007).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

A floresta corresponde a 22,23% de ocupação do solo, em que a ilha do Pico tem um valor mais elevado. Com cerca de 13 % está a vegetação natural, com especial importância nas ilhas do grupo ocidental (DROTRH/SRAM; 2007).

As áreas urbanas representam cerca de 5%, sendo nas ilhas do grupo Oriental e na Terceira que a respetiva expressão territorial é maior. Relativamente aos espaços industriais, estes assumem um papel pouco relevante, com cerca de 0,3%.

As áreas descobertas, que correspondem às arribas costeias, ocupam cerca de 3% do território. Em relação aos incultos, verifica-se que a sua ocupação do solo é muito reduzida, como é o caso das ilhas do Pico e de Santa Maria. No que diz respeito às lagoas, estas estão presentes em quatro ilhas: S. Miguel (1,1%), São Jorge (0,1%), Flores (0,6%) e Corvo (1,3%).

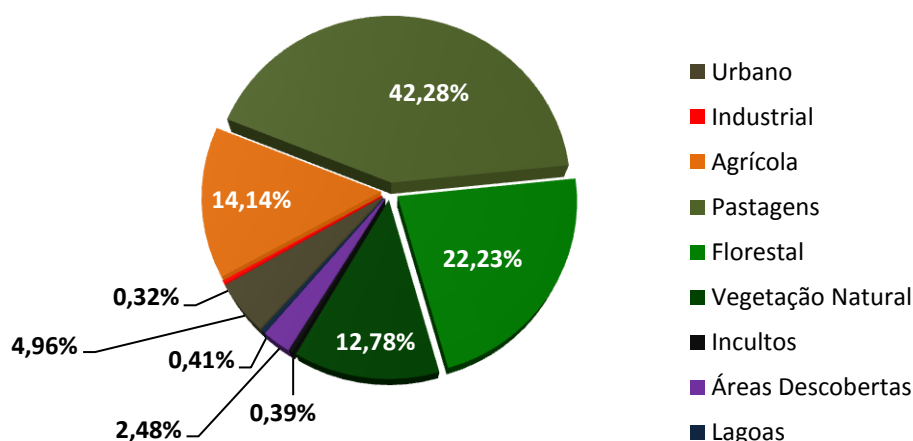


Figura 6 – Percentagem de ocupação do solo da Região Açores (DROTRH/SRAM, 2007).

No que concerne à ilha de São Miguel constata-se a predominância das pastagens (41,91%; Figura 7). Estas aglomeram-se na área envolvente a Ponta Delgada (bacia leiteira), designadamente nas freguesias da Relva, Covoada e Arrifes, e ainda no Planalto da Achada das Furnas e noutras zonas dispersas situadas a baixa e média altitude (Figura 7; DROTRH/SRAM, 2011a).

Os espaços florestais são os que apresentam a segunda maior percentagem de ocupação do solo (21,54%), onde se incluem as florestas (povoamentos com fins silvícolas) e as áreas de vegetação natural. Encontram-se melhor representadas na parte central da ilha (Plataforma de Ponta Delgada e flancos do Maciço do Fogo) e na metade oriental, com

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

particular destaque nas Furnas/Ribeira Quente e nos concelhos do Nordeste e Povoação (Tronqueira/Pico da Vara; Figura 8).

Os espaços urbanos representam 5,5% tendo uma maior concentração nos concelhos de Ponta Delgada e Ribeira Grande. As indústrias ocupam apenas 0,56% do território mas, no entanto, têm maior expressão territorial comparando com os valores regionais.

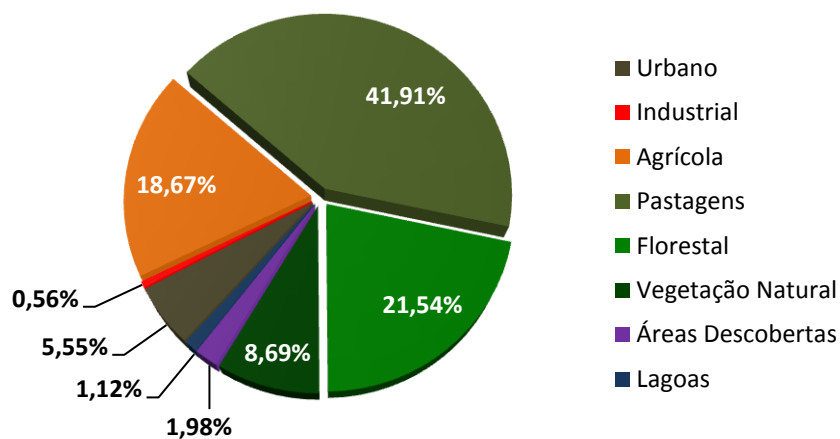


Figura 7 - Percentagem de ocupação do solo da Ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2007).

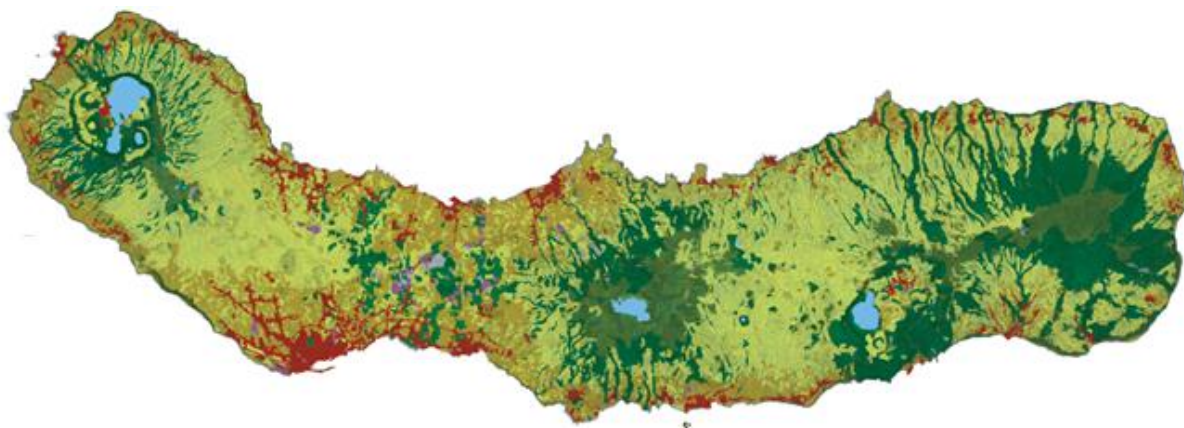


Figura 8 – Carta de Ocupação do Solo da Ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2007).

2.4. RECURSOS HÍDRICOS

A DQA vem referir a necessidade de se definirem regiões hidrográficas e respetivas entidades gestoras. Segundo este documento, uma região hidrográfica é uma área de terra e de mar constituída por uma ou mais bacias hidrográficas contíguas e pelas águas subterrâneas e costeiras que lhes estão associadas, constituindo-se com a principal unidade para a gestão das bacias hidrográficas. Adjacente à identificação da região hidrográfica é necessário proceder à identificação das massas de água para realizar uma correta avaliação do estado destes recursos.

De acordo com o estabelecido no Plano Nacional da Água (PNA), procedeu-se à divisão do território nacional em 10 regiões hidrográficas (Figura 9). No caso dos Açores, foi delimitada a Região Hidrográfica do Arquipélago dos Açores (RH9) que abrange todas as bacias hidrográficas das nove ilhas.

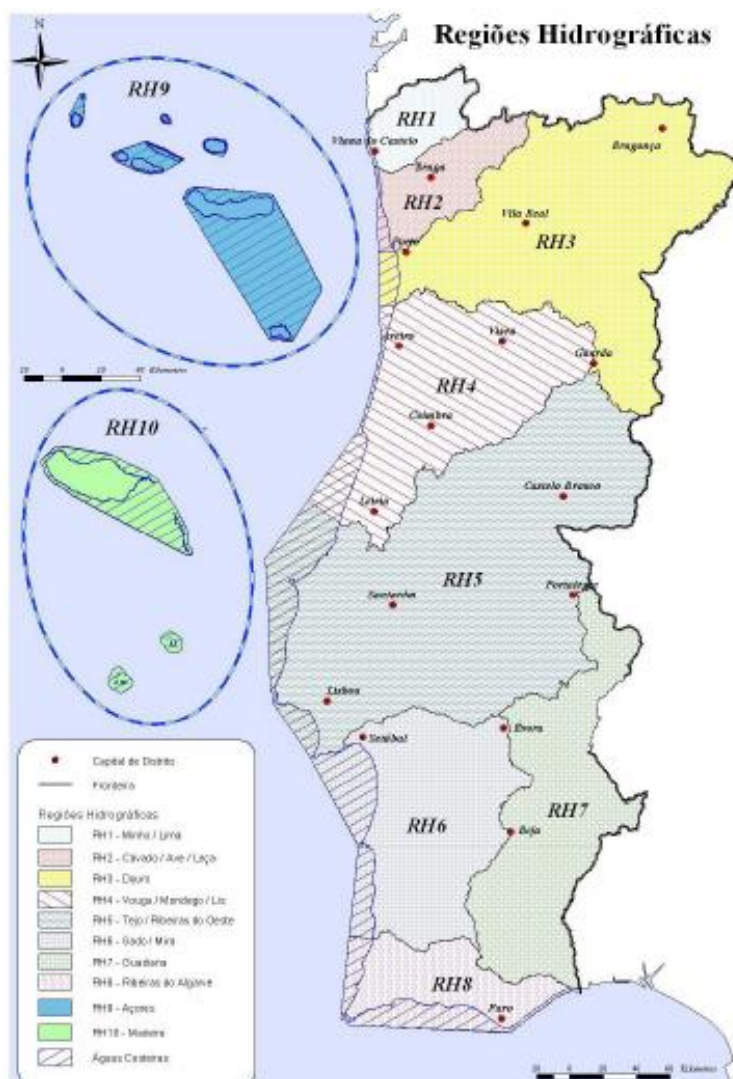


Figura 9 – Delimitação das Regiões Hidrográficas (INAG, 2005).

2.4.1. MASSAS DE ÁGUA DE SUPERFÍCIE

Uma massa de água de superfície, segundo a DQA, é uma massa distinta e significativa de águas de superfície como, por exemplo, um lago, uma albufeira, um ribeiro, rio ou canal, um troço de ribeiro, rio ou canal, águas de transição ou uma faixa de águas costeiras. As massas de água foram determinadas de acordo com o definido no anexo II da referida diretiva, segundo os seguintes fatores: massas de água fortemente modificadas ou artificiais, tipologia, pressões antropogénicas significativas e dados físico-químicos e biológicos.

As massas de água superficiais de referência podem ter as seguintes categorias:

- Rios;
- Lagos;
- Águas Costeiras;
- Águas de Transição;
- Águas Fortemente Modificadas;
- Massas de Água Artificiais.

As águas fortemente modificadas e as massas de água artificiais não têm representatividade na Região Autónoma dos Açores (DROTRH/SRAM, 2011a).

Na RH9, as massas de água superficiais são dependentes das características fisiográficas e climáticas da região, existindo cursos que apresentam reduzido ou nenhum caudal em períodos de menor precipitação. Os cursos de água existentes são de pequena dimensão, sendo que a Ribeira da Povoação é a que tem maior comprimento, com 29 km² e apresenta um regime torrencial. As lagoas com maior importância também se localizam na ilha de São Miguel (Cruz *et al.*, 2007).

As categorias das massas de água para cada ilha são apresentadas na Tabela 2.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Ilha	Massas de água
Santa Maria	Ribeiras e Águas Costeiras
São Miguel	Ribeiras, Lagoas e Águas Costeiras
Terceira	Águas Costeiras
Graciosa	Águas Costeiras
São Jorge	Águas Costeiras e de Transição
Pico	Lagoas e Águas Costeiras
Faial	Ribeiras e Águas Costeiras
Flores	Ribeiras, Lagoas e Águas Costeiras
Corvo	Lagoas e Águas Costeiras

Tabela 2 – Classificação das massas de água por Ilha.

Na ilha de São Miguel as categorias de massas de água existentes são as ribeiras, lagoas e águas costeiras.

Tendo em consideração os critérios definidos no PGRH, derivados da DQA, identificaram-se nove massas de água, que correspondem a seis ribeiras (Figura 10), designadamente Ribeira dos Caldeirões, Ribeira do Faial da Terra, Lombadas, Roças/Salto do Cabrito, Pernada e Grande na Bacia da Ribeira Grande, Ribeira do Guilherme, Ribeira da Povoação e Ribeira Quente.

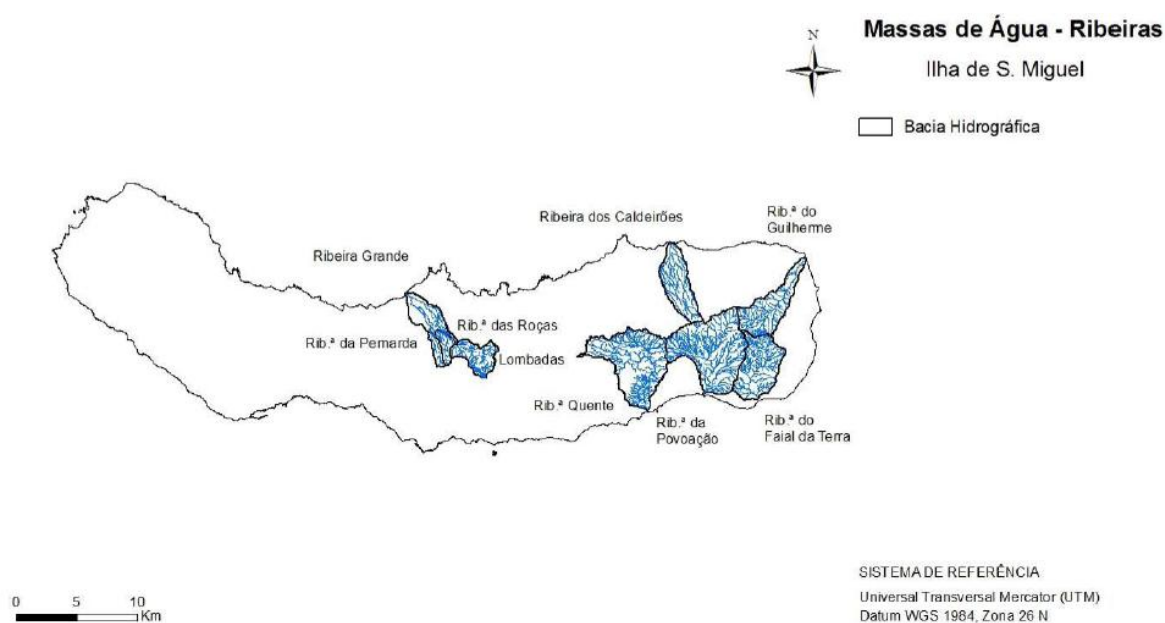


Figura 10 – Localização das massas de água de caudal permanente na ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

A nível regional, as lagoas ocupam cerca de 9,5 km², o que corresponde a 0,4% do território. A água armazenada nas lagoas é estimada na ordem do 90x10⁶ m³ (Cruz *et al.*, 2007). Tendo por bases estudos de vários fatores, identificaram-se dois tipos de lagoas, as lagoas profundas (B-L-M/MI-MP/S/P) e as lagoas pouco profundas (B-L-M/MI/S/PP).

Na ilha de São Miguel consideraram-se 12 lagoas, distribuídas por três concelhos (Ponta Delgada, Ribeira Grande e Povoação), denominadas nas Tabelas 3 e 4. Estas lagoas localizam-se nas crateras de antigos vulcões, estando concentradas na zona mais noroeste da ilha e na zona central-nordeste (Figura 11). É nesta ilha que se encontram as lagoas com maiores área e volume de água armazenado. Da superfície ocupada por lagoas, 90% corresponde à ilha de São Miguel, salientando-se as Lagoas Azul e Verde (Sete Cidade) que ocupam uma área de 4,5 km² (Cruz *et al.*, 2007).

Tipo	Lagoas
Profunda	Lagoa Azul
	Lagoa do Congro
	Lagoa do Fogo
	Lagoa das Furnas
	Lagoa de Santiago
	Lagoa Verde

Tabela 3 – Identificação das lagoas profundas da ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).

Tipo	Lagoas
Pouco profundas	Lagoa do Canário
	Lagoas das Empadas Norte
	Lagoa das Empadas Sul
	Lagoa Rasa a Serra Devassa
	Lagoa Rasa das Sete Cidades
	Lagoa de São Brás

Tabela 4 – Identificação das lagoas pouco profundas da ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

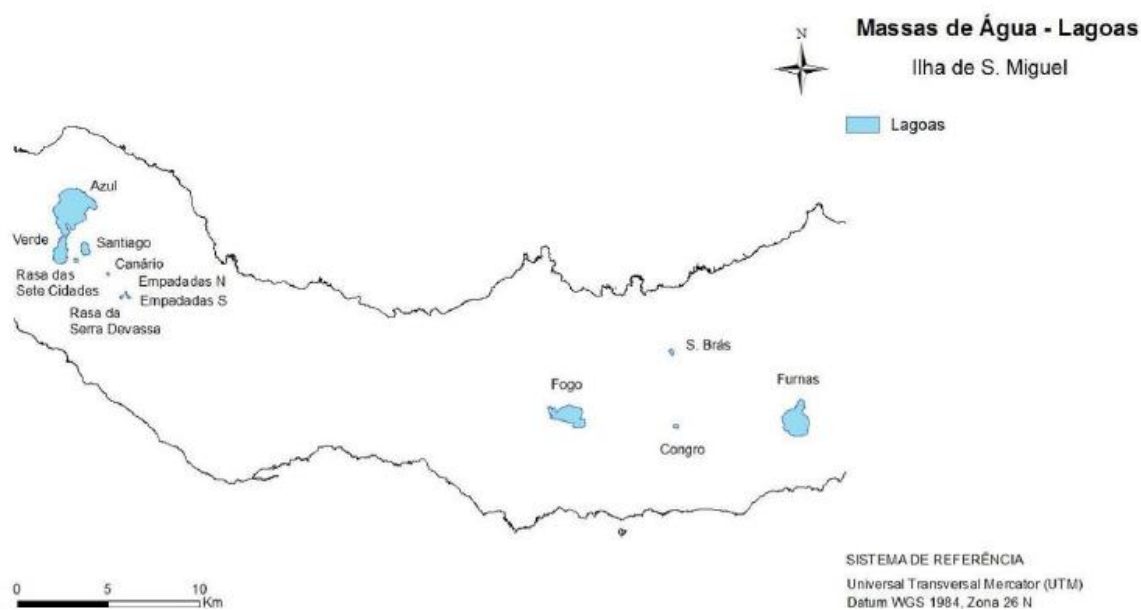


Figura 11 – Localização das lagoas na ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).

As massas de águas costeiras, ou seja, as águas de superfície situadas entre terra e uma linha cujos pontos se encontram a uma distância de uma milha náutica, na direção do mar, medida a partir do ponto mais próximo da linha de base de referência da delimitação das águas territoriais, estendendo-se, quando aplicável até ao limite exterior das águas de transição (Lei n.º 58/2005) podem ser classificadas como do tipo A-C-E/PP, A-C-E/I e A-C-E/P. As águas do tipo A-C-E/PP pertencem à eco-região do Atlântico Norte, com uma salinidade anual entre 30‰ e 40‰ (Eu-halino) e são pouco profundas (<30m). As do tipo A-C-E/I e A-C-E/P têm as mesmas características apenas diferindo na profundidade média, sendo classificadas como intermédias (30-200m) e profundas (>200), respetivamente (RSCRHAA, 2006).

Tendo em consideração a densidade populacional, e em especial o eixo entre Ponta Delgada-Vila Franca do Campo e a Ribeira Grande, com maior população, as massas de águas costeiras de tipologia PP foram divididas em quatro subunidades, separadas pelas, Ponta da Relva e Ponta Garça, ambas na costa sul e Ponta do Cintrão e Ponta das Capelas na costa norte (Figura 12; DROTRH/SRAM, 2011a).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

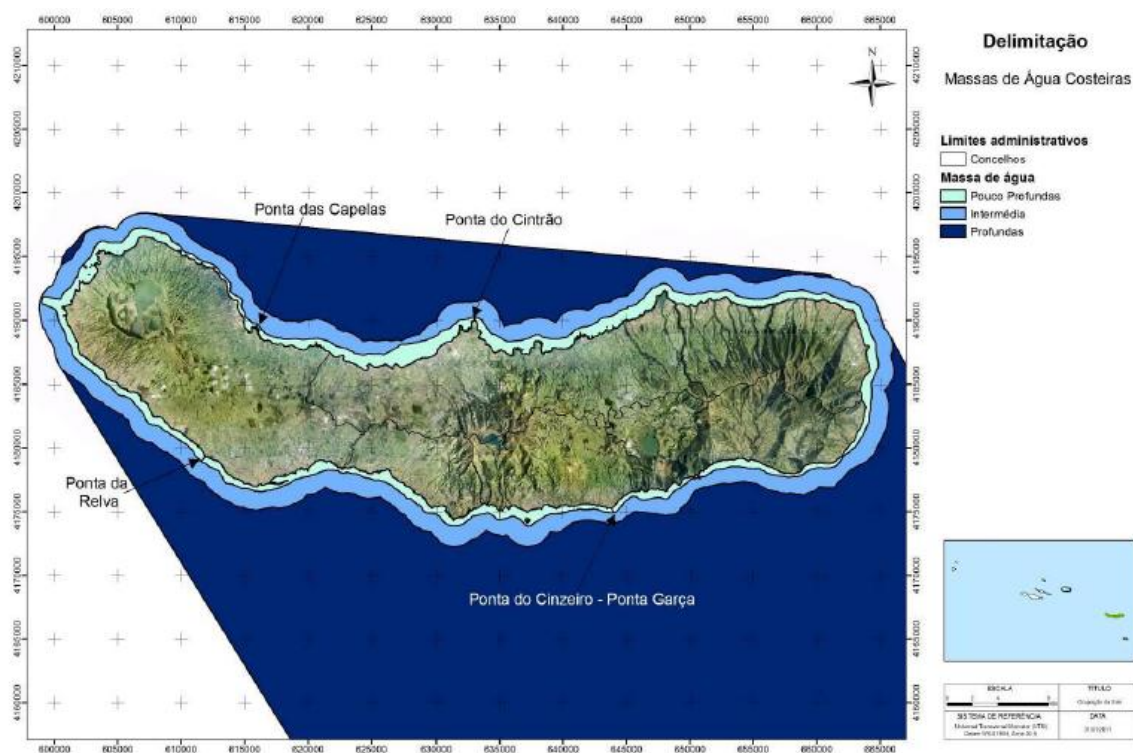


Figura 12 – Identificação das massas de água costeiras na ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).

A contaminação das águas superficiais pode ter várias origens. Tomando como referência o tipo de substâncias poluentes, os riscos de contaminação nas águas superficiais podem, genericamente, ser associados às seguintes categorias: nutrientes provenientes de fontes tóxicas e difusas; metais pesados e outras substâncias perigosas; micropoluentes orgânicos; radioatividade e salinização (MAOTDR, 2002). Para além da potencial alteração da qualidade, as atividades junto dos cursos de água originaram alterações nos regimes hidráulicos e a destruição completa da estrutura natural das margens nalguns troços (Medeiros *et al.*, 2008).

A distribuição dos tipos das massas de água da ilha de São Miguel, bem como o seu número são apresentados de forma resumida na Tabela 5.

Categoria	Tipo de massas de água	Número de massas de água
Rios	B-R-C/P/S/P	9
Lagos	B-L-M/MI-MP/S/P	6
	B-L-M/MI/S/PP	6
Águas Costeiras	A-C-E/PP/SMG1	4
	A-C-E/PP/SMG2	
	A-C-E/PP/SMG3	
	A-C-E/PP/SMG4	
	A-C-E/I/SMG1	1

Tabela 5- Distribuição e número de massas de água na ilha de São Miguel (DROTRH/SRAM, 2011a).

2.4.2. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os seres humanos têm o direito a ter acesso a água potável e em quantidade adequada, pelo que é importante a existência de sistemas de abastecimento adequados às necessidades de cada realidade (Petrella, 2002; Silva, 2009).

No arquipélago dos Açores a maioria da população encontra-se servida por um sistema de abastecimento que garante o acesso a água potável. Esta água tem origem superficial e subterrânea, a primeira essencialmente utilizada em alturas estivais, quando ocorre um acréscimo das necessidades da população e, conseqüentemente, do consumo de água, não permitindo, assim, que os caudais de captação normais satisfaçam as necessidades (Cruz *et al.*, 2007).

O sistema público de abastecimento de água serve não só as populações para fins domésticos como também as indústrias, embora algumas destas tenham a sua própria captação de água, desde nascentes e furos à captação da água das lagoas, pluviais ou mesmo a água do mar (DROTRH/SRAM, 2001).

Na ilha de São Miguel todos os concelhos dispõem de um sistema de captação e distribuição de água, os quais são administrados por entidades gestoras. Estas têm como principal objetivo garantir que a população é abastecida por água em quantidade e qualidade adequadas.

De acordo com o PGRH, o serviço público de abastecimento de água é realizado por 158 captações, sendo que 23,8 mil dam³ são extraídos nos concelhos de Ponta Delgada, Ribeira Grande e Nordeste (DROTRH/SRAM, 2011a).

A água captada para ser adequada para consumo humano deve respeitar o especificado no Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto. Em muitos casos, a água não cumpre com os requisitos, pelo que se torna necessário proceder ao seu tratamento. Este é variável consoante as características da água captada. No caso de São Miguel, o tratamento caracteriza-se basicamente por cloragem realizada em diferentes reservatórios. Existem 91 postos de cloragem e apenas uma estação de tratamento de água (ETA). Esta ETA localiza-se no concelho da Ribeira Grande, tem uma capacidade de tratar 1 708 m³/dia, e abastece as freguesias das Calhetas, Pico da Pedra, Rabo de Peixe, Ribeira Seca, Conceição e Matriz. O sistema de tratamento da ETA compreende: cloragem, coagulação, floculação, decantação, filtração, arejamento e desinfecção.

No concelho de Vila Franca do Campo apenas 42% da população é abastecida por água tratada e, no concelho da Povoação, a população não é abastecida por água tratada, nem existem infraestruturas para tal (DROTRH/SRAM, 2011a).

Apesar de a maioria da água ser tratada por cloragem, não significa que se encontre própria para consumo, sendo necessário realizar um controlo efetivo por parte da entidade gestora com o intuito do tratamento ser adequado às características da água captada. Também ao longo da distribuição devem existir infraestruturas que mantenham o nível de potabilidade da água para consumo humano.

2.4.3. Sistemas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais

A existência de um sistema de drenagem e tratamento de águas residuais permite minimizar os impactes negativos no meio ambiente e na saúde pública, inerentes à emissão desses fluidos. Importa pois implementar infraestruturas que encaminhem as águas residuais (domésticas, pluviais, industriais) para um local de tratamento e posterior encaminhamento para o meio recetor. Atualmente, as estações de tratamento de águas residuais (ETAR) são as mais utilizadas, uma vez que são realizados vários tipos de tratamentos, nomeadamente primário, secundário e terciário, consoante as características do efluente.

Nos Açores nem toda a população é servida por um sistema de drenagem e tratamento de águas residuais. Esta situação acontece devido à inexistência de coletores públicos, que quando existem não comportam a ligação do sistema privado ao sistema público, e de estações de tratamento. O encaminhamento para uma fossa séptica é o sistema mais utilizado sobretudo nas regiões com aglomerados populacionais mais baixos (DROTRH/SRAM, 2001). No entanto, ainda se verifica o encaminhamento direto das águas residuais para o meio recetor, situação que acarreta problemas a nível do ambiente e da saúde da comunidade.

Os estudos técnicos que sustentaram a elaboração do PRA constataram que apenas quatro ilhas, designadamente Santa Maria, São Miguel, Terceira e Pico, dispunham de sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, embora não abrangessem a totalidade da população. As restantes ilhas ou não dispunham de qualquer sistema ou apenas era feita a drenagem.

Na ilha de São Miguel este tipo de sistema abrange a maioria da população, existindo três ETAR's, duas no concelho de Ponta Delgada e outra na Ribeira Grande. Os

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

outros tratamentos são efetuados através de tratamentos primários, fossas sépticas coletivas e, tratamento preliminar, que consiste na realização da gradagem. Estes dois tratamentos não garantem o completo tratamento dos efluentes, porque não têm capacidade para remover toda a carga orgânica. A drenagem das águas residuais não tratadas é realizada nos concelhos de Povoação e Nordeste (DROTRH/SRAM, 2011a).

3. QUALIDADE E MONITORIZAÇÃO DA ÁGUA

3.1. POLUIÇÃO DA ÁGUA

A água ao longo do ciclo hidrológico interage com as substâncias presentes nos diferentes meios, e assim sofre modificações das suas características físico-químicas, comparativamente às existentes no seu estado natural. A sua presença é indissociável de substâncias estranhas, presentes em solução e/ou em suspensão, o que altera as suas características e as suas capacidades potenciais de utilização para diferentes usos possíveis (Mendes *et al.*, 2004).

As substâncias estranhas que alteram as características da água podem gerar problemas de saúde pública, a nível económico, bem como criam disfunções ambientais.

A definição do termo poluição não se encontra normalizada, mas devido ao seu impacto na saúde e no ambiente apresentam-se duas definições. A Organização Mundial de Saúde (OMS), em 1971, define poluição no âmbito da saúde pública e menciona que “uma água considera-se poluída quando a sua composição ou o seu estado tenham sido alterados, de tal forma que se torne menos adequada para todas ou para algumas das funções e fins para as quais pode ser adequada, no seu estado natural.”. Na vertente mais ambiental, a UNESCO, no Relatório do Programa Hidrológico Internacional (UNESCO,1982 *in* Mendes *et al.*, 2004) propôs a seguinte definição: “poluição da água será uma qualquer modificação, quer natural, quer artificial, que direta ou indiretamente modifique a qualidade da água e altere ou destrua o seu equilíbrio dos ecossistemas e dos recursos naturais, de tal modo que: (1) provoque perigos para a Saúde Pública; (2) diminua a sua adequabilidade ou eficiência e o bem-estar do Homem e das suas comunidades; ou (3) reduza os usos benéficos da água”.

Os poluentes detetados e com impacte na qualidade da água têm variado ao longo do tempo, uma vez que também ocorrem alterações a nível da ocupação do solo, da composição dos produtos utilizados e devido à evolução tecnológica. Assim torna-se previsível, que sejam identificados outros poluentes nos próximos decénios (Mendes *et al.*, 2004). Consoante as atividades do Homem foram evoluindo, os efluentes e/ou outros compostos e resíduos foram lançados para o meio ambiente e, conseqüentemente, alteraram as características da água. Em termos de efluentes, antes da era da industrialização, a principal fonte de poluição da água eram os efluentes domésticos,

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

lançados para terrenos e/ou cursos de água sem qualquer tipo de tratamento. A atividade intensiva da agricultura também contribuiu e continua a contribuir para a poluição da água devido à utilização excessiva de nutrientes, pesticidas, herbicidas e outros produtos. A industrialização trouxe grandes benefícios para o Homem, no entanto, os seus efluentes drenavam substâncias nocivas para o ambiente e para a saúde pública como, por exemplo, metais pesados.

Muitas atividades humanas, em terra ou mesmo no mar, acabam por contribuir para a poluição das massas de água com uma variedade de elementos tóxicos. O contraste entre os interesses económicos e sociais e a necessidade, senão mesmo a obrigação, de manter os ecossistemas como recurso natural inegavelmente valioso, é, muitas vezes, evidente (Carapeto, 1999). Neste sentido, torna-se cada vez mais importante a adoção das melhores técnicas/tecnologias disponíveis para um melhor controlo do efluente drenado e, consequentemente, minimizar o impacto desse no meio recetor.

O tipo e origem dos efluentes são um dos critérios utilizados para a classificação da poluição hídrica. Na Tabela 6 apresentam-se as origens de poluição e os parâmetros de degradação.

Tipo e origem do efluente	Parâmetros com impacto na qualidade da água
Efluentes domésticos	CBO, sólidos em suspensão, N – amoniacal, nitratos, fosfatos, microrganismos
Efluentes agrícolas	Nitratos, fosfatos, CBO
Efluentes de indústria de laticínios	CBO, pH, N – amoniacal
Efluentes de processamento de produção de animais	CBO, sólidos em suspensão, gorduras, N – amoniacal
Efluentes de pedreiras	Sólidos em suspensão, óleos
Efluentes de produção de cerveja	Sólidos em suspensão, CBO, pH
Efluentes de processamento de produção de vegetais	CBO, sólidos em suspensão, cor
Efluentes de indústrias químicas de síntese	CBO, CQO, amoníaco, fenóis, produção de orgânicos não biodegradáveis
Efluentes de siderurgias e metalomecânicas	Cianetos, fenóis, tiocianetos, pH, N – amoniacal, sulfuretos
Efluentes de mineração de carvão	Sólidos em suspensão, ferro, pH, metais em solução
Efluentes de unidades de tratamento de superfícies metálicas	Cianetos, cobre, cádmio, níquel, pH
Efluentes de refinarias	N – amoniacal, fenóis, hidrocarbonetos, sulfuretos
Efluentes de produção de pasta de papel (sulfato)	CBO, CQO, sólidos em suspensão, pH, sulfuretos, fenóis, cloro (com branqueamento)

Tabela 6 – Origens de poluição e parâmetros de degradação da qualidade da água (adaptado de Mendes *et al.*, 2004).

No arquipélago dos Açores destacam-se os problemas decorrentes de poluição difusa, maioritariamente associados à atividade agropecuária (efluentes e fertilizantes) que constituem uma das principais pressões sobre as massas de água superficiais e subterrâneas (MAOTDR, 2007; Cruz *et al.*, 2010b; Pacheco *et al.*, 2010).

3.2. QUALIDADE DA ÁGUA

O conceito de qualidade da água não é objetivo e unívoco, uma vez que depende do tipo de utilização. Pode-se referir que a água tem qualidade se reunir propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas para uma determinada utilização. Os padrões de classificação mais usados pretendem classificar a água de acordo com a sua potabilidade e a segurança que apresenta para o ser humano e para o bem-estar dos ecossistemas (Mendes *et al.*, 2004).

Neste sentido, de acordo com a sua utilização, existe um conjunto de critérios e normas para a qualidade da água, que variam com a sua finalidade, quer seja para consumo

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

humano, para uso industrial, para uso agrícola, para lazer ou para a manutenção do equilíbrio ambiental. Para que seja possível estabelecer as exigências respeitantes à qualidade da água, importa identificar as utilizações mais significativas que esta pode ter ao nível da sociedade. As relações entre os principais tipos de uso da água e a sua qualidade são referidas na Tabela 7.

Qualidade da água	Tipos de uso
Utilizações da água que afetam a sua qualidade	Usos Municipais - produção e descarga de esgotos, efluentes de descargas pluviais.
	Usos Agrícolas – produção e gestão de estrumes, uso de produtos agroquímicos, descarga de águas de drenagem. Usos Industriais – produção de águas residuais, águas de arrefecimento fabril, drenagem de efluentes de minas.
Utilizações que são afetadas pela qualidade da água	Usos Municipais – consumo, usos domésticos, usos públicos.
	Usos Agrícolas – abastecimento doméstico de explorações agrícolas, fornecimento de água para a criação animal, rega.
	Usos Industriais – processamento de alimentos, abastecimento de caldeiras, outras formas de processamento fabril, exploração mineira.
	Usos Recreativos – desportos onde se verifica contato com a água, estética.
Utilizações não ligada à qualidade da água	Usos ligados à vida aquática – vida aquática e vida selvagem, pesca, habitats húmidos e pântanos, aquacultura
	Usos comerciais – geração de energia hidráulica, navegação. Usos Recreativos – desportos aquáticos, navegação.

Tabela 7 – Relação entre tipos de usos da água e sua qualidade (adaptado de Mendes *et al.*, 2004)

3.3. MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A monitorização da qualidade das massas de água é uma condição imposta pela DQA, prevendo a respetiva metodologia. Na RH9, procede-se à monitorização das massas lagunares, desde 1988, e posteriormente, com as novas obrigações da DQA, a monitorização foi alargada a todas as massas de água interiores. Contudo, por imperativos operacionais e financeiros, a total cobertura concretizou-se em 2008.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

A rede de monitorização da RH9 é composta por 100 pontos de água subterrânea e 76 pontos de água superficial, estes últimos distribuídos por 22 lagoas e 13 ribeiras. São monitorizados fatores biológicos e físico-químicos, alguns poluentes, substâncias indicadoras de intrusão salina e contaminação microbiológica (DROTRH/SRAM, 2011b; Cymbron *et al.*, 2005). A periodicidade e os parâmetros utilizados na monitorização da qualidade da água das ribeiras da ilha de São Miguel são os apresentados na Tabela 8.

Periodicidade	
Trimestral	Amónio; Arsénio; Cádmio; CBO ₅ ; Chumbo; Cloreto; Cobre Solúvel; Condutividade Elétrica; CQO; Crómio Total; Ferro Total; Fosfato; Fósforo Inorgânico; Fósforo Total; Hidrocarbonetos; Manganês; Mercúrio; Nitrato, Nitrito; Oxigénio Dissolvido; pH; Sólidos Suspensos Totais; Sulfato; Temperatura; Zinco
Semestral	Sódio; Coliformes Fecais; Coliformes Totais
Anual	Estreptococos Fecais; Pesquisa de Salmonela

Tabela 8 – Periodicidade e parâmetros para a monitorização da qualidade da água.

3.4. PARÂMETROS MONITORIZADOS

3.4.1. pH

O pH de uma água representa uma medida da sua acidez ou alcalinidade. Este pode ser influenciado pela origem e natureza dos terrenos atravessados, bem como da atividade biológica das algas (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.2. TEMPERATURA

Os valores deste parâmetro variam consoante a estação do ano e são, principalmente, influenciados pelas temperaturas das águas residuais, com destaque para as águas de arrefecimento (indústria). O aumento da temperatura da água influencia o crescimento dos organismos aquáticos, proporciona reações químicas mais rápidas e algumas substâncias aumentam a sua toxicidade. Verifica-se uma alteração das propriedades da água que podem originar o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como as cianobactérias. Todos estes mecanismos podem provocar stress hídrico (Carapeto, 1999; Mendes *et al.*, 2004).

3.4.3. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A determinação da condutividade elétrica determina o grau de mineralização da água dada a relação entre o teor em sais minerais dissolvidos na água e a resistência que esta oferece à passagem da corrente elétrica, variando também em função da temperatura. O aumento da concentração dos sais pode dever-se a processos de lixiviação dos solos (carbonatos, sulfatos, entre outros), contaminação da água por efluentes e resíduos agrícolas e/ou industriais, bem como pela via atmosférica. Águas com condutividade elevada não são indicadas para a rega (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.4. SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST)

A presença dos sólidos suspensos totais tem origem natural e antropogénica. Este parâmetro é importante, dado que o seu aumento dificulta a penetração da radiação solar e diminuição do oxigénio dissolvido, alterando o equilíbrio do ecossistema (Mendes *et al.*, 2005).

3.4.5. OXIGÉNIO DISSOLVIDO

Este parâmetro varia de acordo com determinados parâmetros: temperatura, pressão e total de sais dissolvidos. Este é utilizado como indicador da qualidade da água e desempenha um papel de grande relevo na medida em que pode tornar a água corrosiva (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.6. CARÊNCIA BIOQUÍMICA DA OXIGÉNIO (CBO₅) e CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO (CQO)

As características dos efluentes podem alterar a qualidade da água. Os efluentes domésticos, agrícolas e industriais caracterizam-se por uma elevada concentração de matéria orgânica, a qual leva à depleção de oxigénio. Esta situação deve-se à decomposição da matéria orgânica por fatores bioquímicos. Para a determinação da quantidade daquele poluente recorre-se à medição do oxigénio que é necessário àquele processo, através da CBO e CQO.

A CBO₅ é a quantidade de oxigénio necessária aos microrganismos para metabolizarem a matéria orgânica. Por seu turno, a CQO é a quantidade de oxigénio gasta na oxidação química da matéria orgânica (Carapeto, 1999).

3.4.7. CLORETO

Os cloretos são dos sais mais abundantes na natureza. O enriquecimento deste ião nas águas dos rios deve-se à penetração da água do mar bem como aos efluentes domésticos, dada a elevada concentração de cloro nos excrementos humanos e animais. É um indicador de contaminação das águas por efluentes domésticos ou industriais. Este é essencial para a vida humana, contudo em excesso pode ter efeito laxativo e ser prejudicial a doentes renais ou com problemas cardiovasculares (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.8. SÓDIO

O Sódio é um elemento alcalino e pode ser tóxico para muitas plantas e animais quando a sua concentração é elevada. Este aumento nas massas de água pode resultar de efluentes domésticos (detergentes, excreções e na preparação de alimentos), agrícolas bem como dos industriais, uma vez que este elemento é utilizado no fabrico de detergentes, fertilizantes, entre outras aplicações (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.9. SULFATO

O aumento de sulfatos nas massas de água de origem antropogénica deve-se sobretudo aos efluentes industriais derivados de indústrias de curtumes, têxteis, produção de pasta de papel, entre outras (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.10. FERRO TOTAL

O Ferro é um metal pesado e é o sétimo elemento mais abundante na crosta terrestre. A presença deste metal na água deve-se a efluentes industriais, sobretudo, da indústria siderúrgica ou metalomecânica, corrosão de canalizações metálicas, em ferro ou em aço (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.11. MANGANÊS

É um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre e é essencial para a vida vegetal e animal. Quando as massas de água apresentam odor e sabor desagradáveis pode ter como origem o elevado teor de manganês. Ao oxidar-se forma manchas de cor negra e favorece o crescimento de determinadas bactérias (LNEG, 2012).

3.4.12. COBRE SOLÚVEL

O cobre não é muito tóxico para os animais, algas e plantas. A sua fonte é a galvanização de metais, resíduos industriais e mineralização (Carapeto, 1999).

3.4.13. NITRATO

O nitrato é um poluente importante para a qualidade da água, proveniente, essencialmente da atividade agrícola, e com potencial cancerígeno para o Homem, podendo levar à morte em bebés e em pessoas com predisposição genética. O aumento da quantidade de nitrato na água também se deve à contaminação das massas de água por águas residuais domésticas e industriais (nitratos usados no fabrico de explosivos ou como oxidantes na indústria química ou ainda como conservantes de alguns produtos alimentares), e os provenientes da criação animal. Este pode ser responsável pelo desenvolvimento de vegetação aquática, e, conseqüentemente, pela eutrofização das massas de água (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.14. NITRITO

Os nitritos resultam da oxidação do azoto amoniacal, ou da redução dos nitratos e a sua concentração na água é reduzida dado que são facilmente transformados em nitratos em condições favoráveis (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.15. AMÓNIO

O amónio é uma forma iónica do azoto. Este provém geralmente da degradação de materiais residuais de origem vegetal ou animal. A sua presença na água também depende da temperatura e do pH, e favorece as atividades das bactérias e fungos (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.16. FOSFATO, FÓSFORO INORGÂNICO e TOTAL

O fósforo é um parâmetro importante para a qualidade da água, na medida em que é um indicador da eutrofização da mesma. A sua introdução nas massas de água deve-se, sobretudo, à descarga de águas residuais domésticas (detergentes), mas também, da agricultura através da utilização de fertilizantes (Carapeto, 1999; Mendes *et al.*, 2004).

3.4.17. CHUMBO

O chumbo é um metal pesado, sendo que a sua utilização já é bastante antiga. Este elemento, juntamente com o mercúrio e o cádmio, são os mais prejudiciais para a saúde pública. É bastante tóxico para os seres vivos, encontrando-se distribuído nos solos e rochas da crosta terrestre, bem como no ar, na água e nos alimentos (Carapeto, 1999).

O aumento do teor de chumbo no ambiente deve-se ao fabrico de latão, fundição e refinaria, revestimento de cabos elétricos, chapas e tubos para canalização, adição de chumbo aos combustíveis, baterias de acumuladores, tintas e pigmentos, uso agrícola, munições, entre outros. Este aumento pode provocar a morte nos seres humanos devido ao ser um tóxico acumulativo. É uma neurotoxina (Mendes *et al.*, 2004; Carapeto, 1999).

3.4.18. CÁDMIO

O cádmio é um metal pesado e um elemento pouco frequente na crosta terrestre. A sua introdução no meio ambiente tem origem natural e antropogénica. O homem contribui para o aumento do cádmio no meio ambiente através, sobretudo, das indústrias (tratamento de ferragens e de galvanoplastia), em consequência das explorações mineiras, da combustão de carvão, da agricultura e das águas residuais domésticas (devido à corrosão das canalizações). Este elemento não é essencial para o Homem e é tóxico mesmo em pequenas quantidades. Substitui bioquimicamente o zinco, o que pode originar carcinomas (Carapeto, 1999; Mendes *et al.*, 2004).

3.4.19. CRÓMIO TOTAL

O Crómio é um elemento metálico, pesado e muito utilizado na indústria, daí que a maior contaminação da água por este elemento deriva da descarga de efluentes industriais, das águas industriais de arrefecimento e das águas de infiltração dos locais de espalhamento de lamas de estações de tratamento de águas residuais. Em termos naturais deve-se sobretudo à erosão de rochas ricas em crómio. Em solução a sua toxicidade depende do seu estado podendo ser cancerígeno (Cr(IV)) (Carapeto, 1999; Mendes *et al.*, 2004).

3.4.20. HIDROCARBONETOS

Os efluentes domésticos e industriais contribuem para a introdução deste elemento nas massas de água, devido aos hidrocarbonetos presente nos combustíveis dos automóveis

e nas máquinas industriais, bem como os provenientes das estações de serviço de automóveis, que podem ser arrastados pelas águas pluviais (Carapeto, 1999).

3.4.21. ARSÉNIO

O arsénio é um não-metal pesado e calcófilo. Esta substância é muito tóxica, apresenta-se em muito baixa concentração e é relativamente acessível. Para além de ser uma substância bioacumulável, tanto em animais marinhos, como nos seres humanos, tem um potencial tóxico e possivelmente cancerígeno, sendo, no entanto, essencial para o Homem. As principais fontes são subproduto de operações mineiras, utilização de produtos agrícolas (herbicidas, fungicidas, adubos fosfatados, etc.), combustão de carvão, efluentes industriais e preparação de ligas metálicas, com cobre, chumbo, etc. (Mendes *et al.*, 2004; Carapeto, 1999).

3.4.22. MERCÚRIO

O mercúrio é considerado um dos elementos tóxicos mais perigosos em meio ambiente aquático. Contudo a toxicidade nos humanos depende da forma química. As fontes antropogénicas são os principais processos emissores, nomeadamente a exploração mineira a céu aberto, a combustão de carvão e combustíveis fósseis, a indústria química, entre outras (Carapeto, 1999; Mendes *et al.*, 2004).

3.4.23. ZINCO

O zinco é um metal pesado e essencial à vida, todavia, em níveis elevados é fitotóxico. As emissões antropogénicas podem dever-se à corrosão das canalizações em ferro galvanizado e aos efluentes industriais provenientes de tratamento de superfícies metálicas e da conservação da madeira. Este elemento também é utilizado no fabrico de produtos fluorescentes, pilhas, inseticidas, fertilizantes e na indústria farmacêutica (Carapeto, 1999; Mendes *et al.*, 2004).

3.4.24. COLIFORMES FECAIS E TOTAIS

Os coliformes são, de acordo com o relatório 71 do Department of Health and Social Security (G. B. 1969), organismos que apresentam as seguintes características: Gram-negativos, reação oxíase negativa, bacilos não esporulados que crescem, aerobicamente, em meio de agar contendo sais biliares e capazes de fermentar a lactose a 37°C em 48 horas, com produção de ácido e gás. Os géneros da *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*,

Aerobacter são exemplos de coliformes. Para identificação de coliformes fecais é feita a identificação da *E. coli*, uma vez que é exclusivamente de origem fecal. Os coliformes são bactérias patogénicas (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.25. ESTREPTOCOCOS FECAIS

Os Estreptococos fecais são bactérias presentes nas matérias fecais dos organismos vivos, os quais são indicadores de contaminação fecal. Algumas das espécies aparecem na saliva e não nas fezes e, outros estreptococos aparecem em fezes de outros animais que não o Homem (Mendes *et al.*, 2004).

3.4.26. SALMONELA

A Salmonela é uma bactéria que pertence ao grupo das *Eubacteria*. Estas são microrganismos patogénicos e a sua origem na água é muito variável (Mendes *et al.*, 2004).

4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. BACIAS HIDROGRÁFICAS

Perante os estudos realizados, e de acordo com o mencionado no PGRH (DROTRH/SRAM, 2011a), na ilha de São Miguel foram delimitadas nove massas de água de superfície do tipo rios, que compreendem seis ribeiras. Todas as ribeiras são consideradas de pequena dimensão (área de drenagem entre os 10 e os 100 km²) com composição siliciosa do substrato e com natureza de caudal permanente.

Para a caracterização destas massas de água foram determinados pontos de referência que, no caso de São Miguel, corresponde à Ribeira Grande – Montante (Lombadas). Neste último troço, as águas são caracterizadas por serem águas pouco mineralizadas com pH ácido, bem oxigenadas e com baixas concentrações de nutrientes, onde predominam espécies de diatomáceas indicadoras de boa qualidade da água como *Eunotia exigua*, *Pinnularia subcapitata*, *Achnanthes lanceolata*, *Tabellaria flocculosa* e *Brachysira vitrea*, entre outras (DROTRH/SRAM, 2011a).

4.1.1. RIBEIRAS DOS CALDEIRÕES

A Ribeira dos Caldeirões é uma massa de água pertencente ao concelho do Nordeste. A ocupação do solo abrangido pela bacia hidrográfica da Ribeira dos Caldeirões é representada na Figura 13.

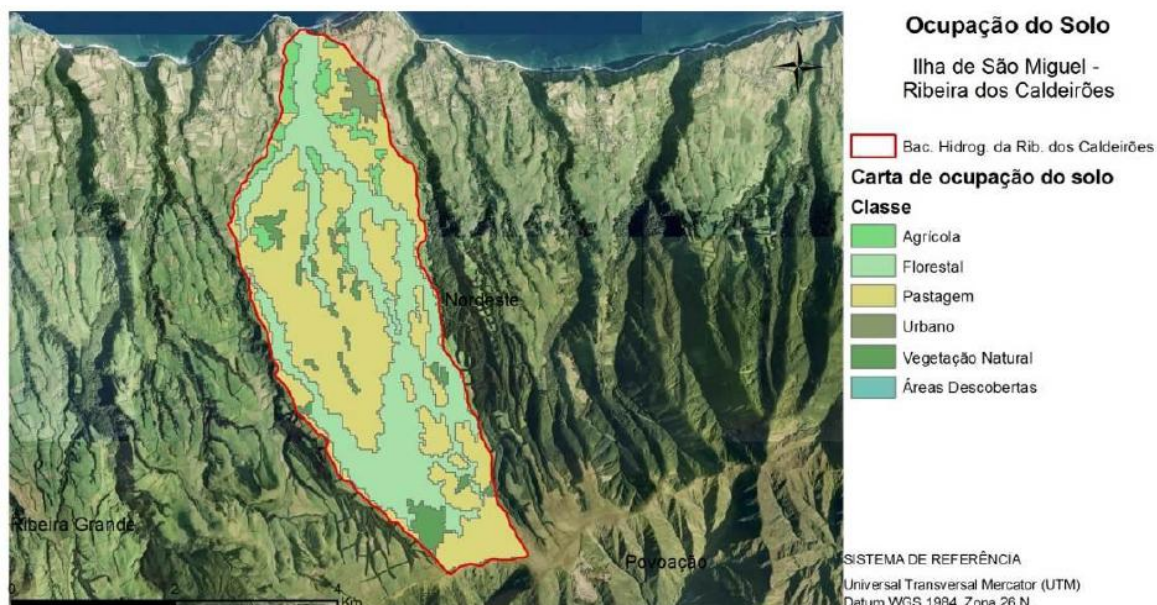


Figura 13 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira dos Caldeirões (DROTRH/SRAM, 2011a).

Subjacente à ocupação do solo ocorre a drenagem para as massas de água de poluentes, estando estes últimos associados à pecuária. Os efluentes domésticos também apresentam um importante contributo na alteração das características da qualidade da água (DROTRH/SRAM, 2011a).

No PGRH foi realizada a classificação do estado ecológico com base em alguns elementos físico-químicos. Nesta ribeira, o ponto RC2 obteve, em 2010, classificação de excelente em relação aos elementos pH, taxa de saturação de oxigénio, condutividade elétrica, CBO₅, nitratos e fósforo total.

4.1.2. RIBEIRA DO GUILHERME

A Ribeira do Guilherme, tal como a Ribeira dos Caldeirões, localiza-se no Concelho do Nordeste. Esta tem um regime de escoamento de caudal permanente. A área da bacia hidrográfica é de 13,7 km² e tem um perímetro de 21,6 km. O curso de água mais comprido tem 16 km de comprimento (Medeiros, 2011).

Os troços superior e intermédio desta ribeira, entre outras, encontra-se abrangido pelo Parque Natural de Ilha (PNI) de São Miguel (Decreto Legislativo Regional n.º 19/2008/A, de 8 de Julho), pela Área Protegida para a Gestão de Habitats e Espécies da Tronqueira e Planalto dos Graminhais. Para além do mencionado, esta ribeira também é abarcada pela Reserva Natural do Pico da Vara (DROTRH/SRAM, 2011a).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

A ocupação do solo da bacia hidrográfica desta Ribeira é representada na Figura 14. Em resultado desta distribuição e, tal como acontece com a Ribeira dos Caldeirões, os efluentes com maior impacto são os derivados da pecuária e os domésticos (DROTRH/SRAM, 2011a).

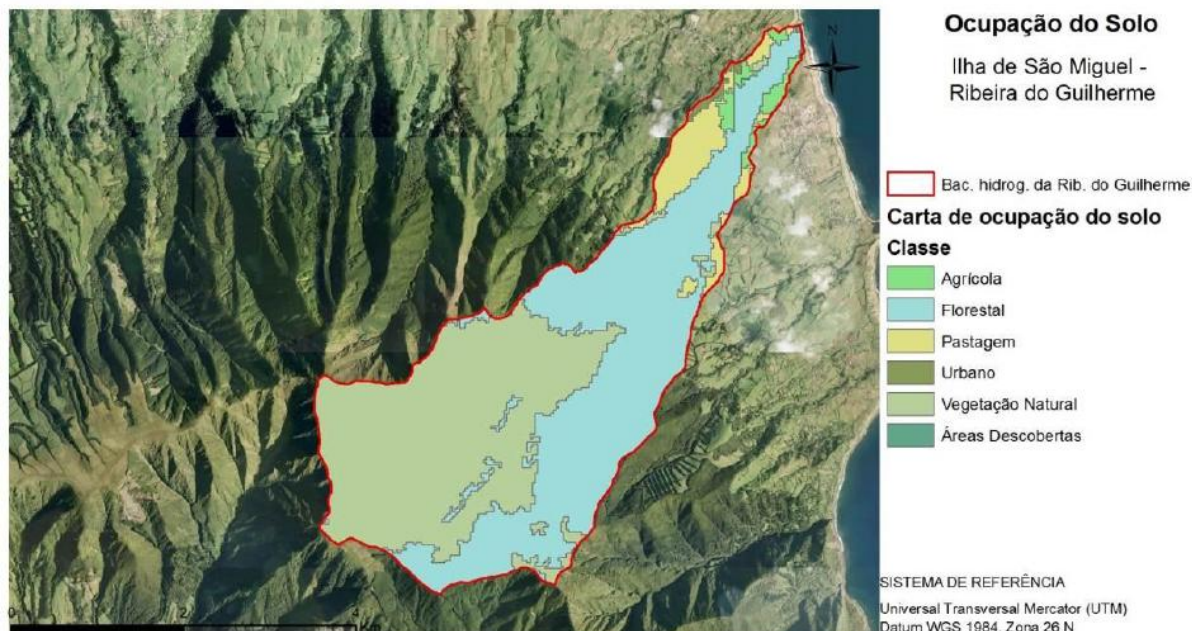


Figura 14 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira do Guilherme (DROTRH/SRAM, 2011a).

No PGRH procedeu-se à classificação do estado ecológico com base em alguns elementos físico-químicos. Em 2010, nesta ribeira, os pontos RGU0 e RGU1 foram classificados de excelente em relação ao pH, taxa de saturação de oxigénio, condutividade elétrica, CBO₅, nitratos e fósforo total.

4.1.3. RIBEIRA DA POVOAÇÃO

A Ribeira da Povoação encontra-se enquadrada no concelho da Povoação. Esta ribeira tem um regime de escoamento com caudal permanente, cuja área da bacia é 29,1 km² e com 27,9 km de perímetro. O curso de água mais longo tem um comprimento de 9,8 km (Medeiros, 2011).

Os seus troços superior e intermédio estão abrangidos pelo PNI de São Miguel, especificamente pela Área Protegida para a Gestão de Habitats e Espécies da Tronqueira e Planalto dos Graminhais (DLR 19/2008/A; PGRH, 2011).

As descargas poluentes para as massas de água são caracterizadas pela ocupação do seu solo (Figura 15). A poluição derivada da pecuária tem maior representatividade, dando-

se também relevância às cargas domésticas devido à baixa densidade populacional (DROTRH/SRAM, 2011a).

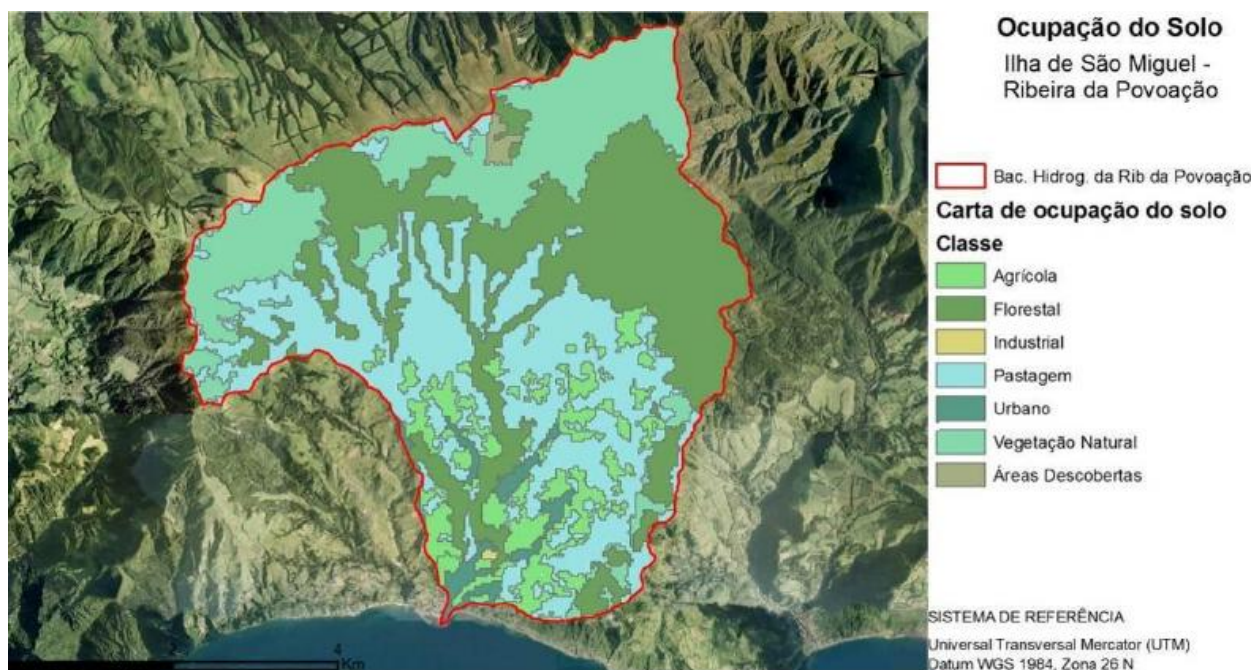


Figura 15 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira da Povoação (DROTRH/SRAM, 2011a).

Em 2010, o ponto RPV4 obteve classificação excelente, do estado ecológico, para o pH, taxa de saturação de oxigénio, condutividade elétrica e CBO_5 . Os elementos nitratos e fósforo total foram classificados como excelentes (DROTRH/SRAM, 2011a).

4.1.4. RIBEIRA DO FAIAL DA TERRA

A Ribeira do Faial da Terra tem um regime de escoamento de caudal permanente com uma área de $29,1 \text{ km}^2$ e um perímetro de $27,9 \text{ km}$. O comprimento do curso de água mais cumprido desta bacia tem $9,8 \text{ km}$ (Medeiros, 2011).

Os troços superior e intermédio da Ribeira do Faial da Terra encontram-se abrangidos pelo PNI de São Miguel, designadamente pela Área Protegida para a Gestão de Habitats e Espécies da Tronqueira e Planalto dos Graminhais (DLR 19/2008/A; DROTRH/SRAM, 2011a).

A Figura 16 representa a ocupação do solo na bacia da Ribeira do Faial da Terra. As descargas com maior impacte na qualidade da água da ribeira, à semelhança do verificado nas ribeiras anteriores, devem-se à pecuária. Os efluentes domésticos também têm uma importante influência naquela qualidade dada a relação entre a proporção de habitantes e as características dos efluentes (DROTRH/SRAM, 2011a).

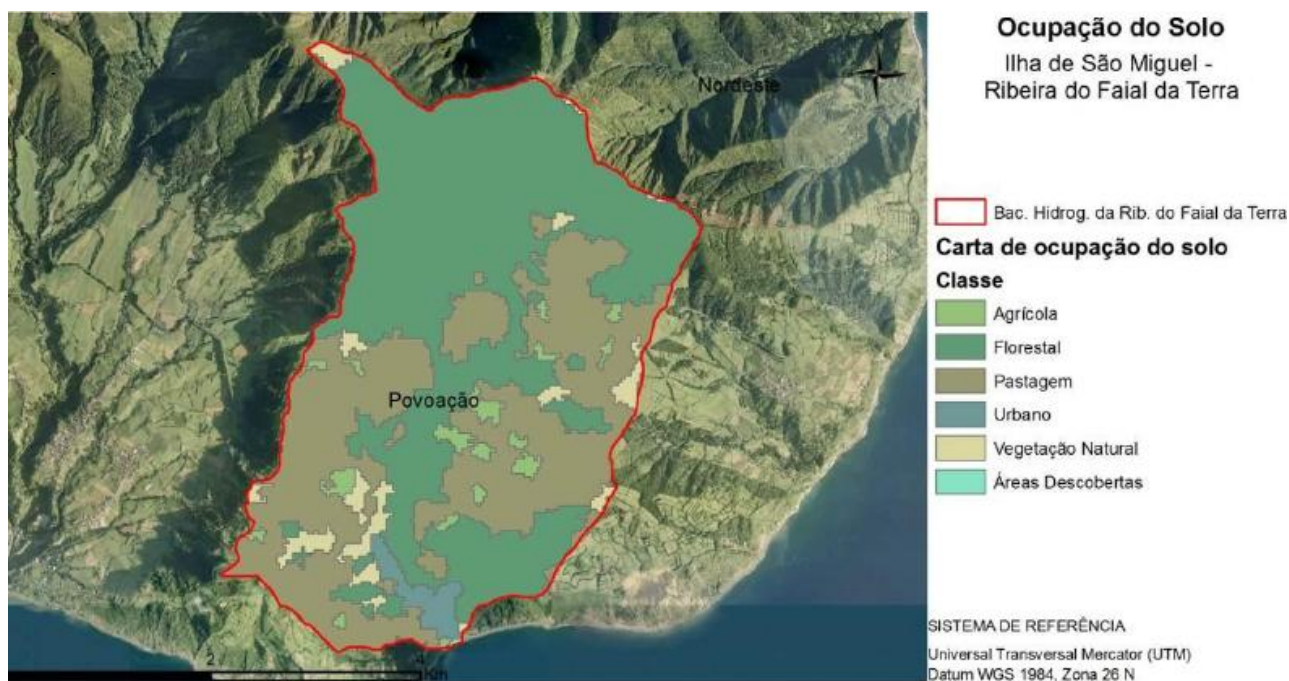


Figura 16 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira do Faial da Terra (DROTRH/SRAM, 2011a).

No PGRH procedeu-se à classificação do estado ecológico com base em alguns elementos físico-químicos. Nesta ribeira foram considerados dois pontos, RFT1 e RFT2, os quais foram, em 2010, classificados de excelente em relação a todos os elementos (pH, taxa de saturação de oxigénio, condutividade elétrica, CBO₅, nitratos e fósforo total) com exceção do fósforo total, que obteve bom no RFT2.

4.1.5. RIBEIRA QUENTE

A Ribeira Quente, tal como as ribeiras da Povoação e do Faial da Terra, localiza-se no concelho da Povoação. A área da bacia hidrográfica é de 26,1 km², tendo um perímetro de 27,9 km (Medeiros, 2011).

Também como a Ribeira da Povoação, os seus troços superior e intermédio estão abrangidos pelo PNI de São Miguel, especificamente pela Área Protegida para a Gestão de Habitats e Espécies da Tronqueira e Planalto dos Graminhais. A Área Protegida das Furnas abrange esta ribeira (DLR 19/2008/A; DROTRH/SRAM, 2011a).

Dada a ocupação do solo da bacia desta ribeira, o setor com maior prevalência e, conseqüentemente, com maior carga de poluentes drenados para a referida ribeira é a pecuária (Figura 17; DROTRH/SRAM, 2011a).

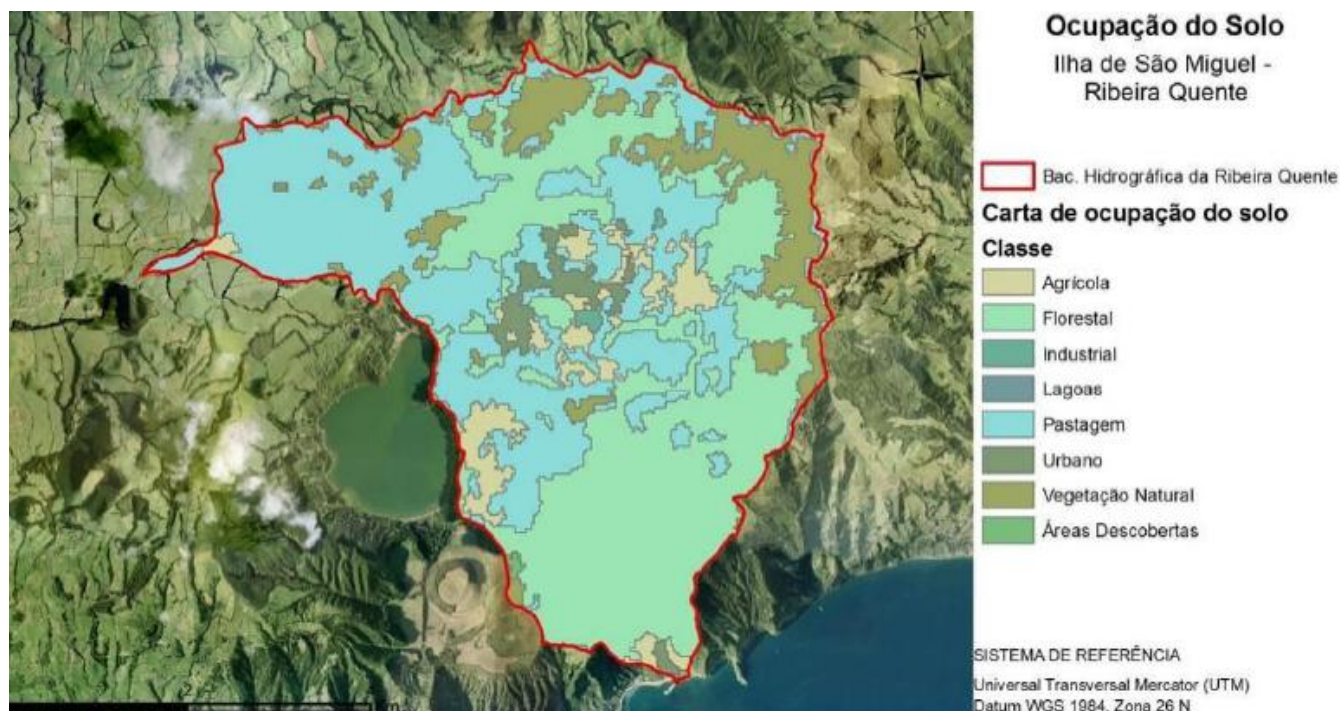


Figura 17 – Ocupação do solo na bacia hidrográfica da Ribeira Quente (DROTRH/SRAM, 2011a).

Em 2010, o estado ecológico da Ribeira Quente foi analisado nos pontos RQ2, RQ3 e RQ4. Os elementos físico-químicos, pH, taxa de saturação de oxigénio, condutividade elétrica, CBO₅ e nitrato obtiveram classificação excelente, com exceção da condutividade elétrica no RQ3 e RQ4 que foi de bom. Em relação ao fósforo total, este foi classificado de bom no RQ2 e razoável no RQ3 e RQ4 (DROTRH/SRAM, 2011a).

4.1.6. RIBEIRA GRANDE

A ribeira da Ribeira Grande tem uma área de 18,3 km² e um perímetro de 28,8 km. O comprimento do curso de água mais longo é de 13,2 km (Medeiros, 2011).

As zonas de captação de água para consumo humano são consideradas, de acordo com a DQA, zonas protegidas. No caso de São Miguel, estas são maioritariamente subterrâneas, no entanto, existe uma captação no Salto do Cabrito, com caudal médio captado de 1 708 m³/dia, que abastece as freguesias da Matriz, da Conceição, da Ribeira Seca, de Rabo de Peixe, de Pico da Pedra e de Calhetas (DROTRH/SRAM, 2011a).

A bacia da Ribeira Grande integra-se na área Protegida para a Gestão de Habitats e Espécies da Serra de Água de Pau (DLR 19/2008/A; DROTRH/SRAM, 2011a).

Esta bacia é composta por quatro massas de água: Lombadas, Roças/Salto do Cabrito, Ribeira da Pernada/Teixeira e Ribeira Grande. A ocupação dos solos em cada massa de água é representada nas Figuras 18 a 21. Dada a importância do setor pecuário na

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

região, este é o que tem maior significado na alteração da qualidade das massas de água. No entanto, também é afetada pelos efluentes domésticos, embora a existência de aglomerados populacionais apenas se verifique na massa de água da Ribeira Grande, sobretudo junto à costa (DROTRH/SRAM, 2011a).

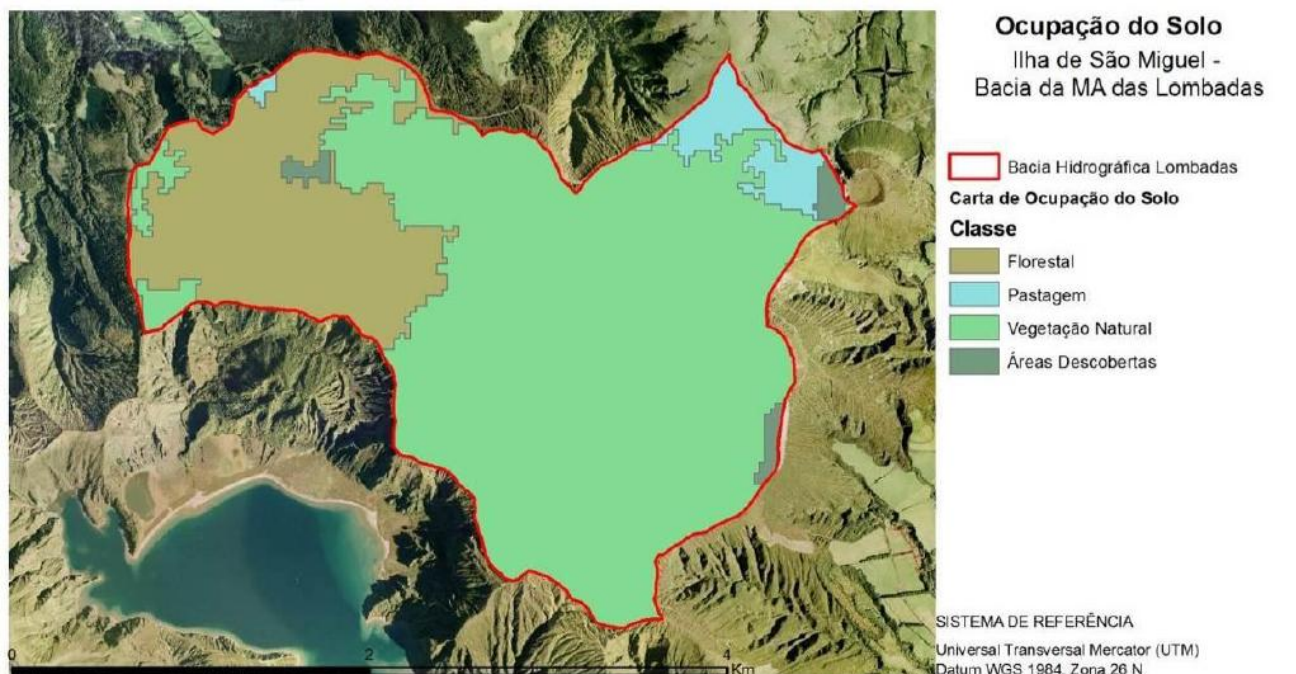


Figura 18 – Ocupação do solo da massa de água das Lombadas (DROTRH/SRAM, 2011a).



Figura 19 - Ocupação do solo da massa de água da Roças/Salto do Cabrito (DROTRH/SRAM, 2011a).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

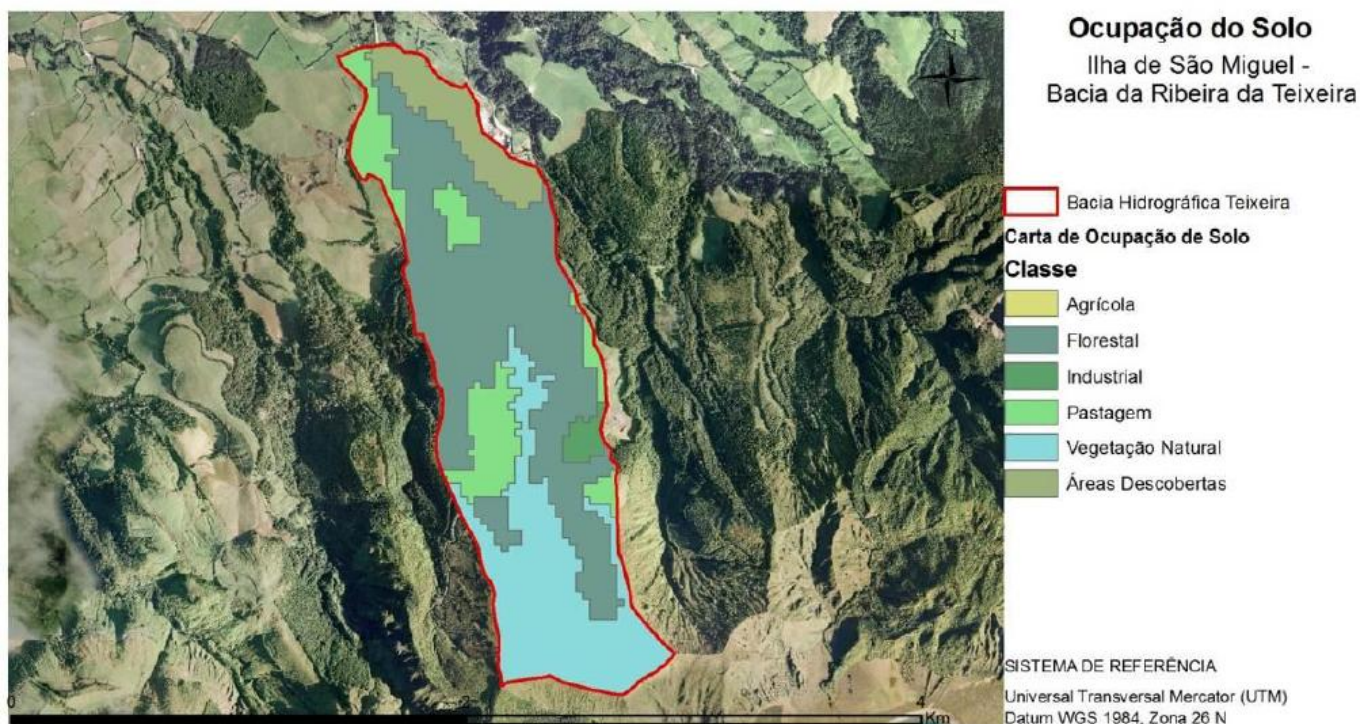


Figura 20 - Ocupação do solo da massa de água da Ribeira da Pernada/Teixeira (DROTRH/SRAM, 2011a).

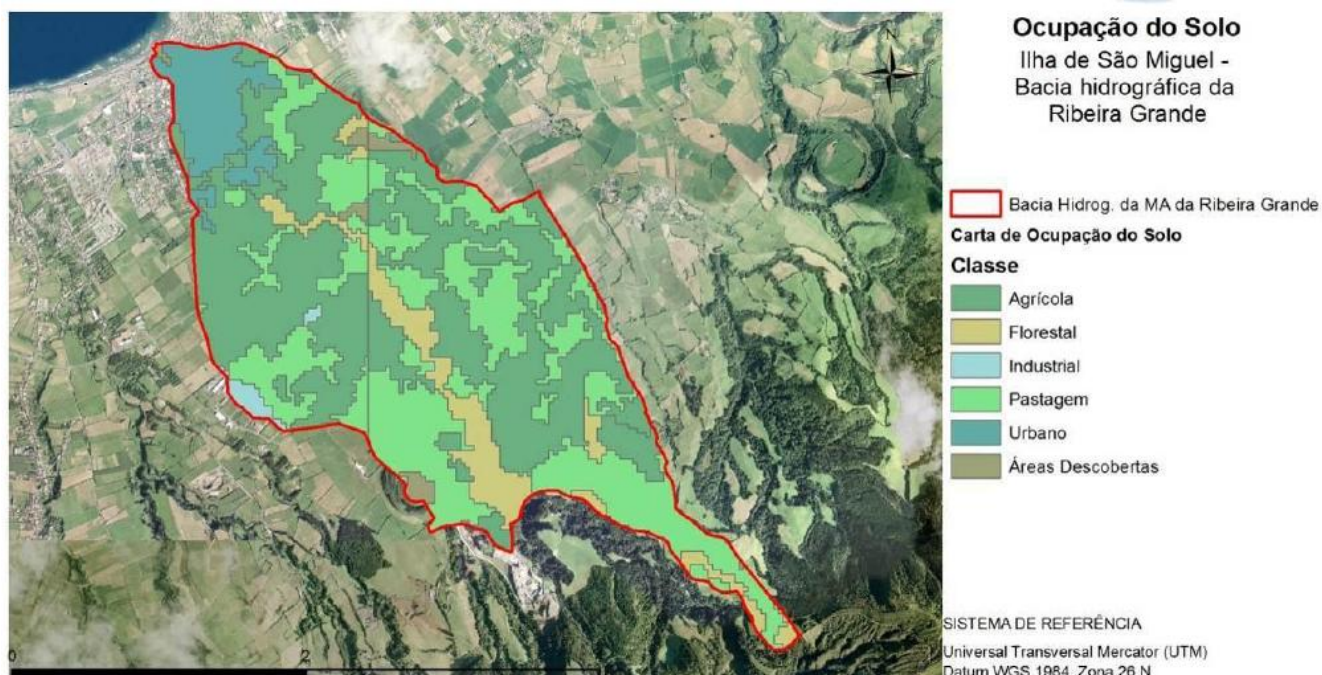


Figura 21 - Ocupação do solo da massa de água da Ribeira Grande (DROTRH/SRAM, 2011a).

Em 2010, o estado ecológico no ponto RG0 obteve classificação excelente para o pH, condutividade elétrica, CBO₅, nitratos e fósforo, todavia, a taxa de saturação obteve bom. No que concerne ao RG1, todos os elementos físico-químicos foram classificados de excelentes. No RG2, a condutividade elétrica e o fósforo total obtiveram bom e os restantes obtiveram excelente. No RTX, com exceção do fósforo que teve razoável, os

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

outros parâmetros obtiveram excelente. O ponto RG3 é o que apresenta menos parâmetros com classificação de excelente. O pH e o fósforo total tiveram bom, enquanto a condutividade elétrica foi de razoável (DROTRH/SRAM, 2011a).

4.1.1. RIBEIRA DA PRAIA

A ribeira da Praia tem uma área de 5,6 km² e um perímetro de 17km. Esta tem um regime de escoamento de caudal permanente e o curso de água mais longo desta bacia tem 6,8 km de comprimento (Medeiros, 2011).

Esta ribeira, que pertence ao concelho da Vila Franca do Campo, não é uma massa de água designada, pois não cumpre os critérios para ser definida como uma ribeira do tipo B-R-C/P/S/P, dado ter uma área inferior a 10 km². No entanto tem sido integrada na rede de monitorização dado possuir um caudal significativo (DROTRH/SRAM, 2011a).

5. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Os dados tratados no presente trabalho correspondem a 23 pontos de amostragem distribuídos na ilha de São Miguel, nos quais foram realizadas um total de 243 colheitas, no período de 2003 a 2011 (Tabela 9 e Figura 22).

Ribeira	Ponto de Amostragem	Localização	N.º de colheitas
Ribeira Grande	RG0	Montante	13
	RG1	Montante – Lombadas	17
	RG2	Meio – Captação	15
	RG3	Foz	14
	RTX	Meio	12
Ribeira dos Caldeirões	RC1	Meio – Lenho	3
	RC2	Meio	12
	RC3	Foz	3
Ribeira do Guilherme	RGU0	Montante	11
	RGU1	Montante	6
	RG2	Foz	14
Ribeira do Faial da Terra	RFT0	Montante	3
	RFT1	Meio	17
	RF2	Foz	17
Ribeira da Povoação	RPV1	Rocha Alta	3
	RPV2	Lado Esquerdo 2	3
	RPV3	Lado Direito 3	3
	RPV3	Foz	13
Ribeira Quente	RQ1	Estaleiro	3
	RQ2	Meio – Promineral	17
	RQ3	Meio – Hidroelétrica	15
	RQ4	Foz	17
Ribeira da Praia	RP1	Meios - Hidroelétrica	12

Tabela 9 – Localização e número de colheitas realizadas nos pontos de amostragem.

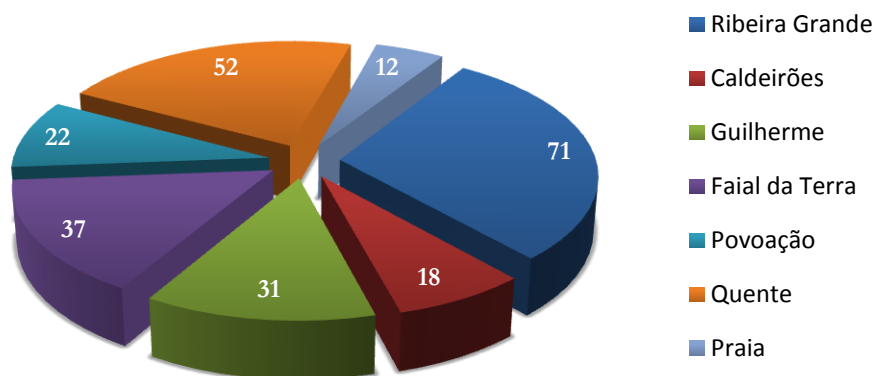


Figura 22 – Número de amostras recolhidas entre 2003 e 2011 nas diferentes ribeiras.

Após a compilação dos dados relevantes para o estudo procedeu-se à elaboração de gráficos, nos quais se torna possível, de uma forma mais perceptível, verificar a evolução dos parâmetros ao longo do tempo em cada ribeira. Para além dos gráficos foram, ainda, elaborados mapas com o intuito de observar a distribuição espacial dos diferentes parâmetros.

5.1. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE RIBEIRAS

Nas ribeiras em estudo verificou-se que os hidrocarbonetos e os metais pesados estavam, na sua maioria, abaixo dos níveis de quantificação.

Relativamente à temperatura da água, constatou-se que os valores mínimo e máximo registados na Ribeira Quente foram iguais a 9,5°C e 31°C, respetivamente. Porém, em termos médios observou-se que a temperatura situava-se entre 14°C e 16,5°C, com exceção da Ribeira Quente, onde se registou 18,9°C no ponto de amostragem RQ3 (hidroelétrica). Constatou-se, ainda, que a variação da temperatura foi baixa, como se pode observar pelo desvio padrão que apresentou valores baixos, entre 1,3°C na Ribeira da Praia e 3,7°C na Ribeira Quente, o que também foi evidenciado pela mediana muito próxima da média (Tabela 10).

No que concerne ao pH, aferiu-se que o valor máximo correspondeu à Ribeira Grande com 9,3 unidades de pH, seguida da Ribeira Faial da Terra com 9,2. O pH mais baixo verificou-se na Ribeira Grande com o valor igual a 5,6 unidades de pH. Em termos médios, a água apresenta características próximas da neutralidade, visto que o pH situou-se

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

entre 7,2 e 7,8. A variação do pH em qualquer das ribeiras não foi significativa, uma vez que o desvio padrão foi relativamente baixo (0,3-1,1) (Tabela 10).

Parâmetros	Ribeiras	N. de amostras	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	Mediana
Temperatura	R. Grande	71	23	12,4	16,3	2,3	15,9
	Caldeirões	31	19,2	10,8	14,4	2	14,5
	Guilherme	37	23,6	11	14,4	3,1	13,6
	Faial da Terra	22	20	10,3	15,1	2,5	14,9
	Povoação	52	19,5	13,2	16,5	1,6	16,8
	Quente	12	31	9,5	18,9	3,7	19,0
	Praia	12	16,5	12,8	14,6	1,3	14,5
pH	R. Grande	71	9,3	5,6	7,2	1,1	7,6
	Caldeirões	31	8,0	7,0	7,6	0,3	7,6
	Guilherme	37	8,3	6,7	7,7	0,4	7,7
	Faial da Terra	22	9,2	6,5	7,8	0,6	7,9
	Povoação	52	8,3	6,9	7,7	0,4	7,7
	Quente	12	8,1	6,4	7,4	0,4	7,5
	Praia	12	7,9	6,6	7,5	0,3	7,6

Tabela 10 – Dados estatísticos dos parâmetros da temperatura e pH.

No que respeita às condições relativas aos nutrientes e, conseqüentemente à influência dos poluentes orgânicos e fertilizantes, considerou-se os seguintes parâmetros: sólidos suspensos totais (SST), nitrato, nitritos, amónio, fósforo total e fosfato. Os sólidos suspensos totais apresentaram em todas as ribeiras o valor mínimo quantificável com exceção da Ribeira do Guilherme, na qual todas as amostras foram inferiores ao limite quantificável (3 mg/L). O valor máximo foi registado na Ribeira Grande (Teixeira) com 170 mg/L. Os valores médios nas ribeiras situaram-se entre 3 mg/L e 27,7 mg/L (Tabela 11 e Anexo I).

No que diz respeito ao nitrato, verificou-se que o valor máximo foi 17 mg/L na Ribeira da Povoação e o mínimo quantificável foi 0,3 mg/L na Ribeira Grande, Faial da

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Terra e Praia. A média das concentrações de nitrato nas diferentes ribeiras foi 1,5 mg/L na Ribeira Grande; 6,3 mg/L na Ribeira dos Caldeirões; 0,6 mg/L na Ribeira do Guilherme; 4,2 mg/L no Faial da Terra; 6,6 mg/L na Povoação e 2,7 mg/L e 1 mg/L nas Ribeiras Quente e Praia, respetivamente (Tabela 11 e Anexo I).

A concentração máxima de nitritos verificou-se na Ribeira Quente com 94 µg/L, seguida da Ribeira da Povoação com 87 µg/L. O valor mínimo foi verificado nas ribeiras do Guilherme e da Praia com 2,5 µg/L. As concentrações médias de nitritos situaram-se entre 2,8 µg/L (Guilherme) e 31 µg/L (Quente). O desvio padrão mais elevado foi registado nas Ribeiras da Povoação e Quente com o valor de 21 µg/L, pelo que não se constatou uma variação significativa das concentrações de nitritos (Tabela 11 e Anexo I).

A Ribeira Quente apresentou a concentração máxima de amónio, com o valor de 710 µg/L, enquanto o mínimo de 10 µg/L foi verificado nas Ribeiras do Faial da Terra, Povoação e Praia. Dos valores médios, o mais elevado foi observado na Ribeira Quente, com 116,7 µg/L, e o mínimo na Ribeira da Povoação, com 19,7 µg/L. Na maioria das ribeiras verificou-se que não existia variação significativa nas concentrações de amónio, dado que os valores do desvio padrão foram baixos (Tabela 11 e Anexo I).

Da totalidade das ribeiras, o valor máximo de fósforo foi de 530 µg/L na Ribeira Quente e, 8 µg/L foi o valor mínimo registado na Ribeira do Faial da Terra. Em termos de concentrações médias, os valores situaram-se entre 35 µg/L na Ribeira do Guilherme e 150 µg/L na Ribeira Quente (Tabela 11 e Anexo I).

O parâmetro fosfato apresentou a maior concentração na Ribeira Quente com o valor de 750 µg/L, e o mínimo foi verificado na Ribeira Grande e na Ribeira do Guilherme com 15 µg/L. Em termos médios, observaram-se os seguintes valores: 126 µg/L na Ribeira Grande; 154,1 µg/L na Ribeira dos Caldeirões; 69,1 µg/L na Ribeira do Guilherme; 119,3 µg/L na Ribeira do Faial da Terra; 151,9 µg/L na Ribeira da Povoação; 196,7 µg/L na Ribeira Quente e 99,7 µg/L na Ribeira da Praia. Os maiores valores de desvio padrão verificaram-se na Ribeira Quente e na Ribeira da Praia com 106,1 µg/L e 102 µg/L, respetivamente (Tabela 11 e Anexo I).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Parâmetro	Valor	Ribeira	Parâmetro	Valor	Ribeira		
SST (mg/L)	Máximo	170	Grande (Teixeira)	Máximo	17	Povoação	
	Mínimo	<3	Guilherme	Nitrato (mg/L)	Mínimo	0,3	Grande, Faial da Terra e Praia
	Média máxima	27,7	Grande	Média máxima	6,6	Povoação	
Nitrito (µg/L)	Máximo	94	Quente	Amónio (µg/L)	Máximo	710	Quente
	Mínimo	2,5	Guilherme e Povoação		Mínimo	10	Faial da Terra, Povoação e Praia
	Média máxima	31	Quente		Média máxima	116,7	Quente
Fósforo (µg/L)	Máximo	530	Quente	Fosfato (µg/L)	Máximo	750	Quente
	Mínimo	8	Faial da Terra		Mínimo	15	Grande e Guilherme
	Média máxima	150,1	Quente		Média máxima	196,7	Quente

Tabela 11 – Localização do valores máximo, mínimo e média mais elevada de SST, NO₃, NO₂, NH₄⁺, P.

Para além da contaminação da drenagem das águas residuais domésticas e da poluição agrícola sobre a qualidade das massas de água é, ainda, de salientar a existência de mistura com sais minerais. Com efeito, em regiões costeiras em geral, e em regiões insulares em particular, a composição química da chuva é controlada pelo quimismo da água do mar (Berner e Berner, 2012). Para tal foram analisados os parâmetros sódio, cloretos, sulfato e condutividade elétrica.

Em relação ao sódio constatou-se que o valor máximo foi igual a 194 mg/L e o mínimo a 3,3 mg/L, o primeiro no ponto de amostragem RG3 – foz e o segundo no ponto RG0 – montante, ambos localizados na Ribeira Grande. A média dos valores de sódio na Ribeira Grande foi 54 mg/L; na Ribeira Caldeirões foi 16,2 mg/L; na Ribeira Guilherme foi 8,5 mg/L. Nas Ribeiras do Faial da Terra, Povoação, Quente e Praia, os valores foram iguais a 13,9 mg/L; 18,3 mg/L; 58,3 mg/L e 14,4 mg/L, respetivamente (Anexo I).

No que concerne à condutividade elétrica, verificou-se que o valor máximo medido foi 1160 µS/cm na Ribeira Grande (Teixeira) e o mínimo foi igual a 46 µS/cm na Ribeira

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Faial da Terra. Os valores médios registados situaram-se entre 14 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na Ribeira dos Caldeirões, e 321,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na Ribeira Quente (Anexo I).

Na Ribeira Grande foi onde se verificou a concentração mais elevada de cloreto, com 201 mg/L, e a mínima registou-se na Ribeira da Povoação, com 4,8 mg/L. Em termos médios, concluiu-se que a concentração mais elevada foi observada na Ribeira Quente, com o valor de 33,6 mg/L, seguida da Ribeira Grande com 33,4 mg/L. As ribeiras dos Caldeirões, Guilherme, Faial da Terra, Povoação e Praia apresentaram valores médios compreendidos entre 11,5 mg/L e 17,6 mg/L. Pode, ainda, referir-se que a variação da concentração de cloreto nas ribeiras foi baixa por os valores do desvio padrão estarem entre 1 mg/L e 39,8 mg/L. O valor da mediana também corroborou este resultado por estar próximo do valor da média. A Ribeira Grande foi uma exceção, porque os seus valores foram dissemelhantes (Anexo I).

Relativamente ao sulfato, o valor máximo foi registado na Ribeira da Povoação com a concentração de 174 mg/L, e o mínimo na Ribeira da Praia (1,4 mg/L; Anexo I).

As condições de oxigenação das ribeiras também são importantes, servindo como bons indicadores da existência de microrganismos. Deste modo foram analisados os parâmetros relativos à taxa de saturação de oxigénio dissolvido, CBO₅ e CQO, que podem também ser indicadores de poluição orgânica.

No que concerne à taxa de saturação de oxigénio verificou-se que o valor máximo foi igual a 192,3%, na Ribeira do Guilherme, e o valor mínimo igual a 74,9% na Ribeira Grande. Em termos médios, a taxa de saturação de oxigénio situou-se entre 103% na Ribeira da Praia e 107,9% na Ribeira da Povoação (Tabela 12). Os desvios padrão das ribeiras foram muito semelhantes, com valores muito baixos, situando-se entre 8,6% e 17,8% (Anexo I).

Relativamente à carência bioquímica de oxigénio (CBO₅), a ribeira que apresentou o valor máximo foi a Ribeira Quente com 7 mg/L, enquanto o valor mínimo verificou-se nas Ribeiras da Povoação e Quente com 0,4 mg/L (Tabela 12). Em termos médios verificaram-se os seguintes valores: 1,7 mg/L nas ribeiras Grande, Guilherme e Povoação; 1,5 mg/L nas ribeiras dos Caldeirões e do Faial da Terra; 2,3 mg/L na ribeira da Ribeira Quente e 1,9 mg/L na Ribeira da Praia. Observaram-se desvios padrão muito baixos e os valores médios foram semelhantes (Anexo I).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

A concentração máxima de carência química de oxigénio (CQO) foi observada na Ribeira do Faial da Terra com 21 mg/L, enquanto o valor mínimo foi igual a 3 mg/L em todas as ribeiras (Tabela 12). Em termos dos valores médios das ribeiras constatou-se que estes situaram-se entre 4,7 mg/L, na Ribeira da Povoação, e 6,6 mg/L, na Ribeira Quente (Anexo I).

No que concerne aos parâmetros CBO₅ e CQO, foram observados em todas as ribeiras valores inferiores ao limite de quantificação, nomeadamente menores que 0,1 mg/L no CBO₅ e 3 mg/L no CQO.

Parâmetro	Valor	Ribeira	Parâmetro	Valor	Ribeira
Oxigénio dissolvido (% de saturação)	Máximo	192,3	CBO ₅ (mg/L)	Máximo	7
	Mínimo	74,9		Mínimo	0,4
	Média máxima	107,9		Média máxima	2,3
CQO (mg/L)	Máximo	21			
	Mínimo	3			
	Média máxima	6,6			

Tabela 12 - Localização do valores máximo, mínimo e média mais elevada de O₂, CBO₅, CQO.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL

6.1.1. RIBEIRA DOS CALDEIRÕES

Na Ribeira dos Caldeirões foram recolhidas 18 amostras de água entre 2003 e 2011, distribuídas pelos três pontos de amostragem (Figura n.º 23).

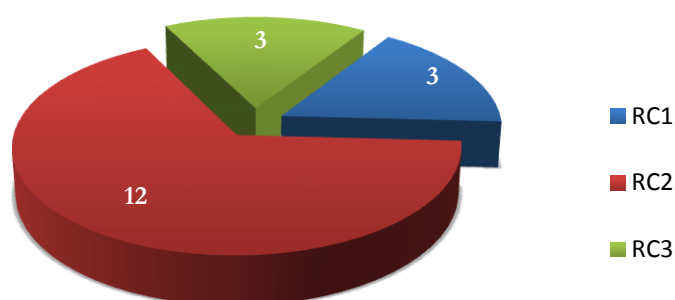


Figura 23 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira dos Caldeirões.

Nos pontos RC1 (meio – Lenho) e RC3 (foz) foi colhida uma amostra por ano, entre 2003 e 2005. No ponto de amostragem RC2 (meio) realizaram-se mais análises, assim como, o período de tempo foi mais alargado (2003 a 2011).

Da análise das Figuras 24, 25 e 26 constatou-se que as temperaturas mais elevadas foram verificadas no ponto de amostragem RC2, com uma variação entre 10°C e 20°C. Já nos pontos RC1 e RC3, este parâmetro teve uma variação menor, estando os valores compreendidos entre 12°C e 16°C. Esta situação não se verificou em relação ao pH, dado que os valores medidos, entre 7 e 8 unidades de pH, não mostraram uma variação elevada, conferindo propriedades neutras a alcalinas à água.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

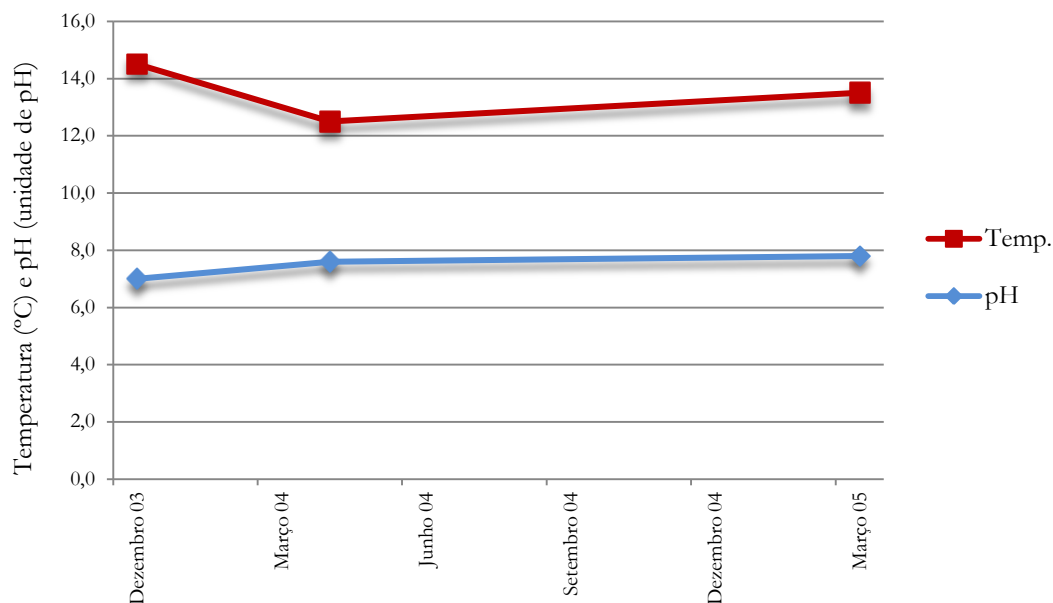


Figura 24 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RC1 da Ribeira dos Caldeirões.

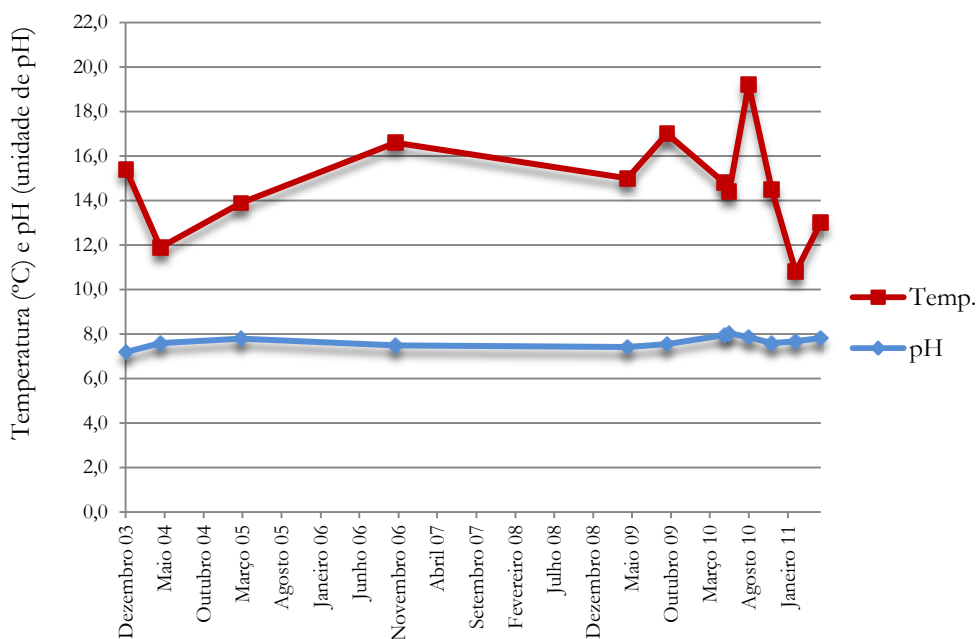


Figura 25 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RC2 da Ribeira dos Caldeirões.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

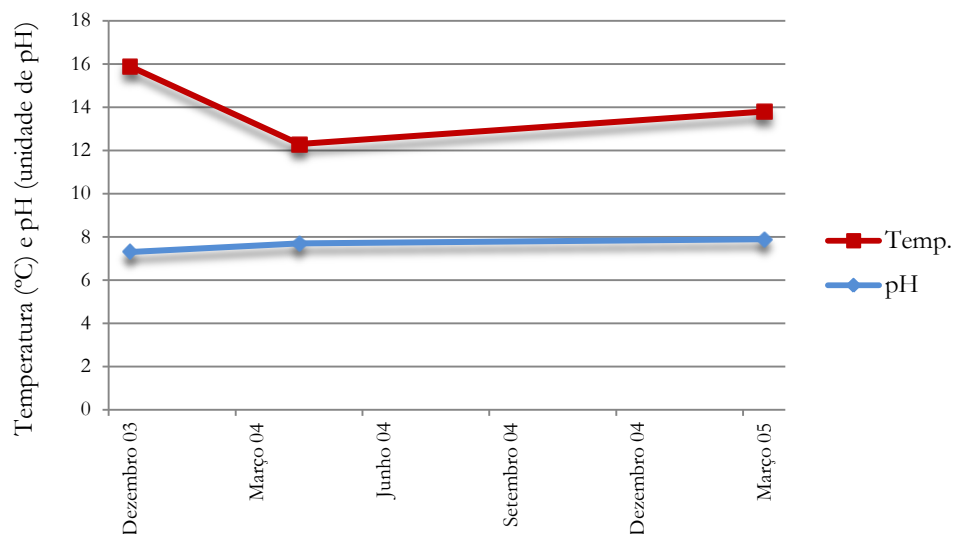


Figura 26 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RC3 da Ribeira dos Caldeirões.

No que concerne aos sólidos suspensos totais verificou-se que a concentração mais elevada (50 mg/L) foi registada no ponto RC3, que corresponde à foz da ribeira (Figura 27). Das 18 colheitas efetuadas, apenas 5 apresentaram valores superiores ao limite de quantificação.

Em todos os pontos de amostragem, a concentração máxima foi verificada em Dezembro de 2003, estando os valores do RC1 e RC2 compreendidos entre 3 mg/L e 7 mg/L (Figura 27).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

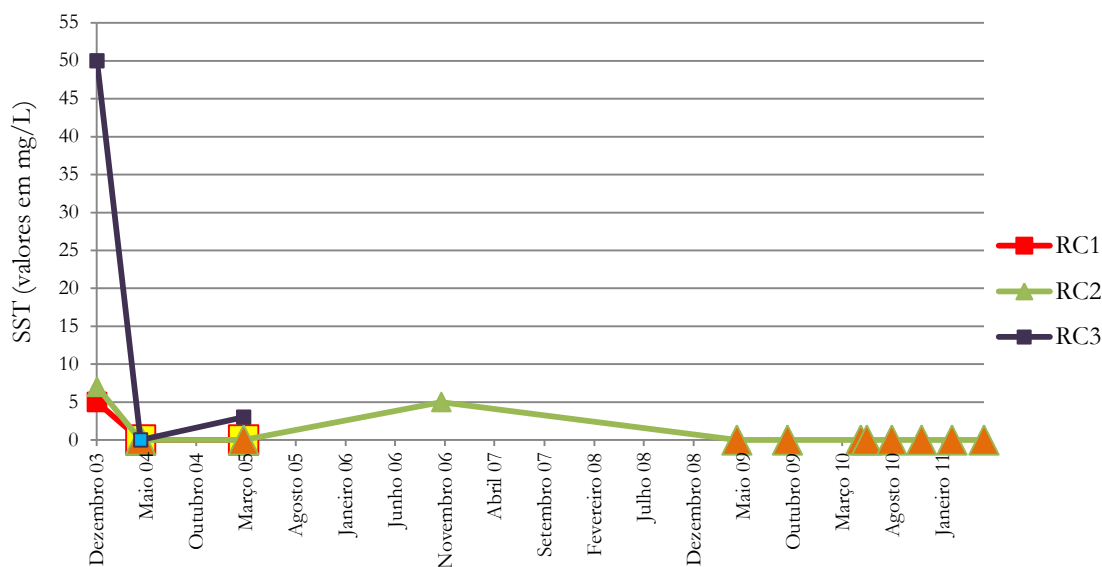


Figura 27 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais na Ribeira dos Caldeirões nos pontos de amostragem RC1, RC2 e RC3.

Nota: ▲ ■ □ - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

O fósforo total foi um parâmetro que apresentou variações em todos os pontos de amostragem (Figura 28). Nos pontos RC2 e RC3 observou-se a mesma concentração máxima de fósforo (150 µg/L), registada em Dezembro de 2003. As concentrações deste parâmetro situaram-se entre 37 µg/L e 150 µg/L. Constatou-se, também, que no RC2, os valores aumentaram de forma não uniforme, a partir de Agosto de 2010.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

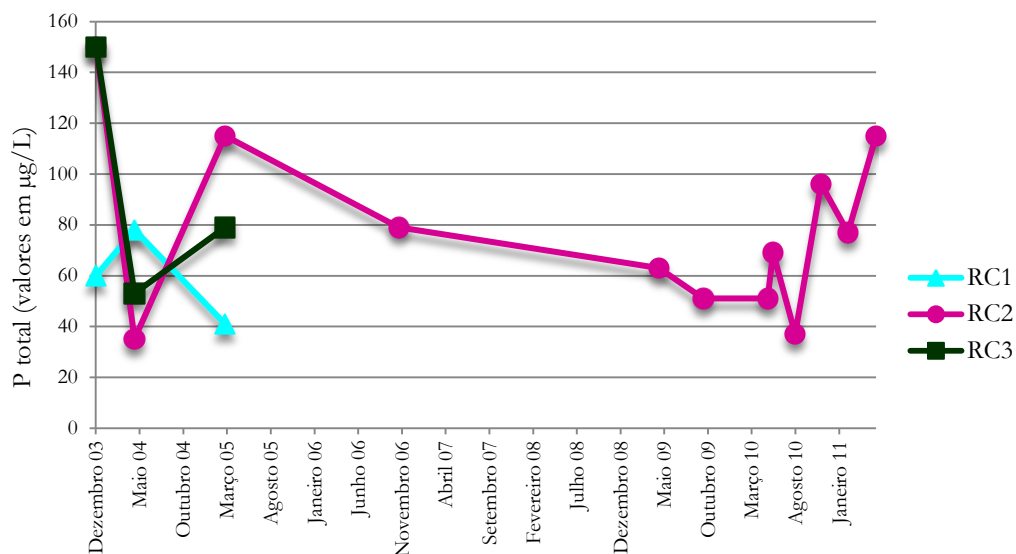


Figura 28 – Variações da concentração de fósforo total nos pontos de amostragem RC1, RC2 e RC3 da Ribeira dos Caldeirões.

Nos pontos de amostragem RC1e RC3, os valores de amónio foram inferiores ao limite de quantificação (Figuras 29 e 31). No ponto RC2 apenas três amostras apresentaram resultados superiores ao limite de quantificação, tendo a concentração máxima (30 µg/L), sido registada em Agosto de 2010. No período de Agosto de 2010 a Maio de 2011, os valores foram inferiores ao limite de quantificação no ponto RC2 (Figura 30).

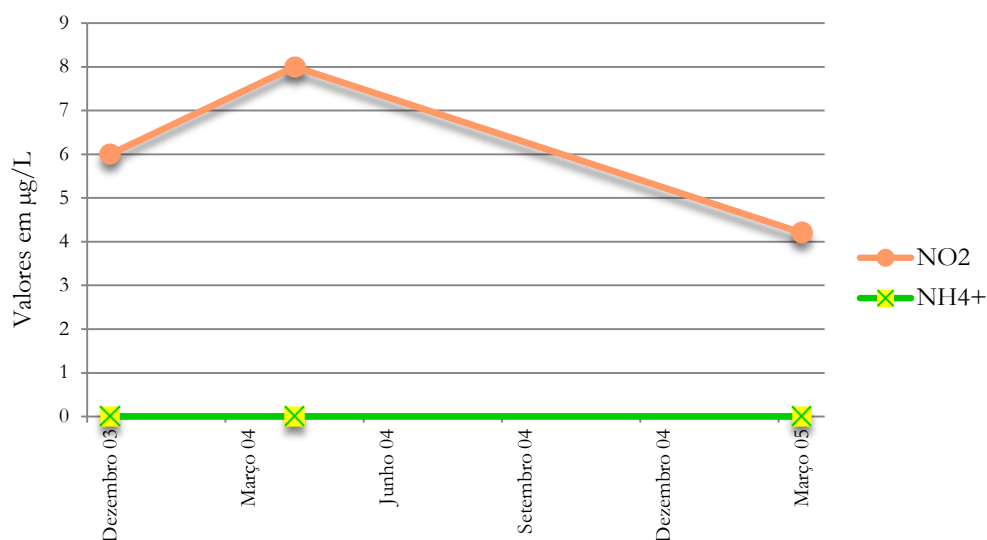


Figura 29 – Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RC1 da Ribeira dos Caldeirões.

Nota: - Representa os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

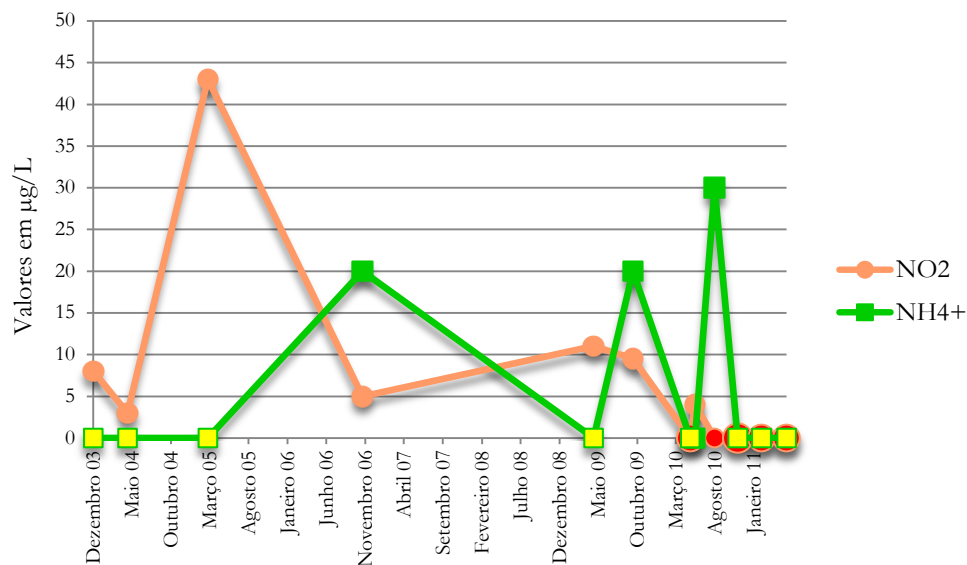


Figura 30 - Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RC2 da Ribeira dos Caldeirões.

Nota: ☒ • - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

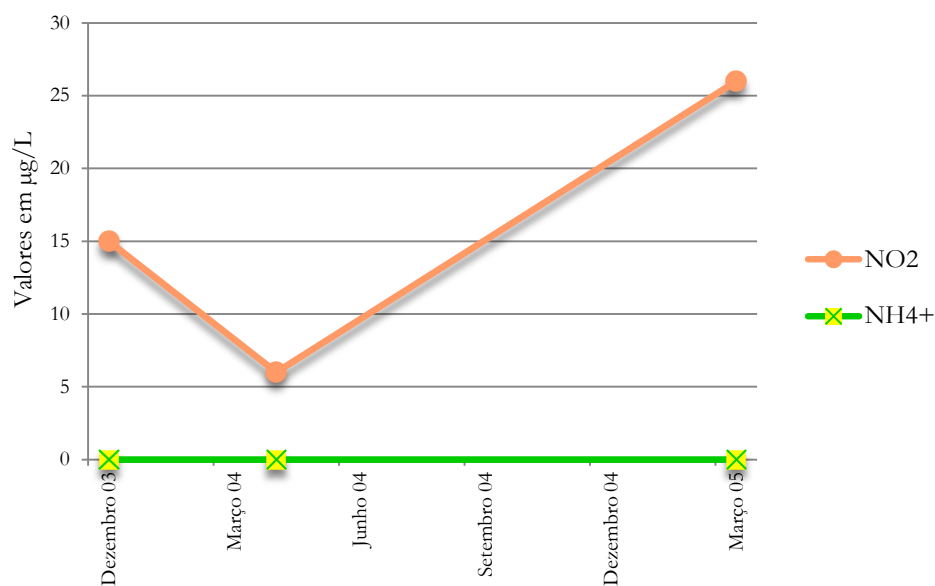


Figura 31 - Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RC3 da Ribeira dos Caldeirões.

Nota: ☒ - - Representa os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Os nitratos apresentaram valores entre 2,2 mg/L e 14 mg/L, registando-se o máximo no ponto RC2 em Março de 2005. Nas amostras seguintes apenas em Maio de 2009 o valor foi inferior ao limite de quantificação (Figura 32).

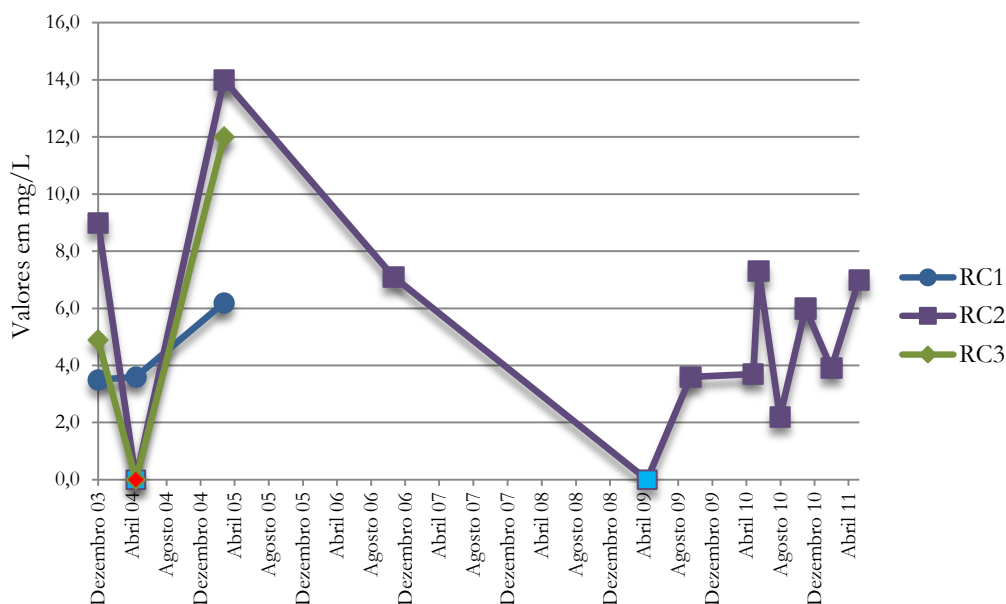


Figura 32 – Variações da concentração de nitrato na Ribeira dos Caldeirões nos pontos de amostragem RC1, RC2 e RC3.

Nota: ■ - Representa os valores inferiores aos limites de quantificação.

Nesta ribeira observou-se que a condutividade variou entre 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 162 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ambos os valores registados no ponto de amostragem RC2. No ponto RC3, a condutividade aumentou consecutivamente ao longo do tempo (Figura 33).

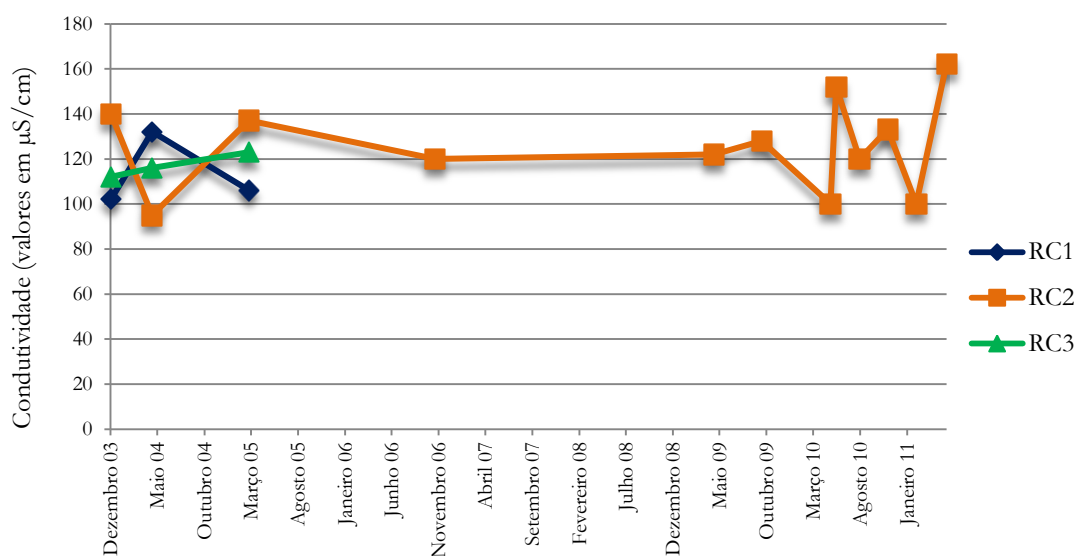


Figura 33 – Variações da condutividade na Ribeira dos Caldeirões nos pontos de amostragem RC1, RC2 e RC3.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Em relação ao cloreto verificou-se que este apresentou valores muito semelhantes, entre 14 mg/L e 17 mg/L. No RC2, o desvio padrão foi 1,3 mg/L, o mais elevado comparativamente aos outros pontos de amostragem (Anexo I).

Apenas no ponto RC2 foram recolhidos dados em relação ao sódio e, unicamente a partir de Abril de 2009. Estes apresentaram um aumento ao longo do tempo até ao valor máximo de 20,3 mg/L atingido em Maio de 2011 (Figura 35).

A maioria dos valores de sulfato foram inferiores a 6 mg/L em todos os pontos de amostragem (Figuras 34, 35 e 36), com exceção da amostra recolhida em Abril de 2009 no RC2, onde se registou 32 mg/L, que correspondeu ao máximo obtido.

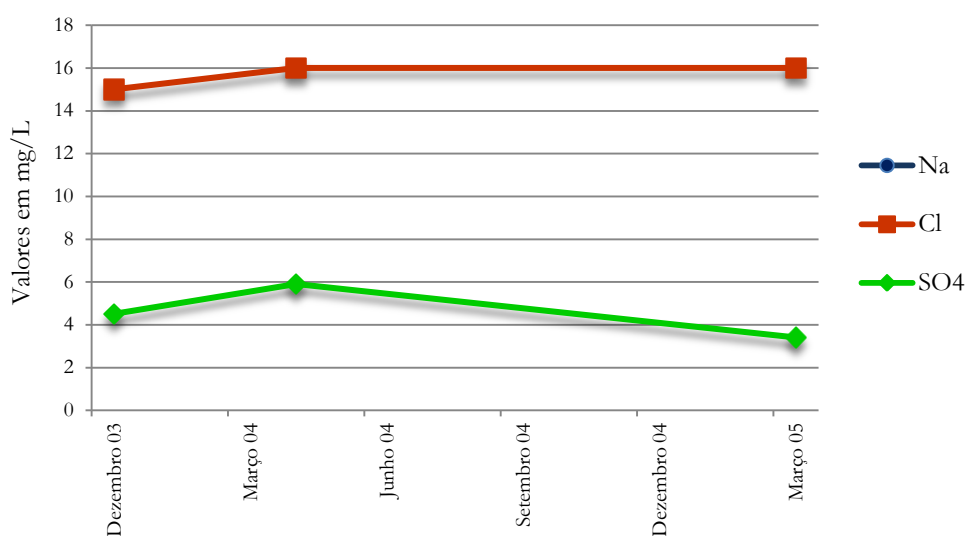


Figura 34 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RC1 da Ribeira dos Caldeirões.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

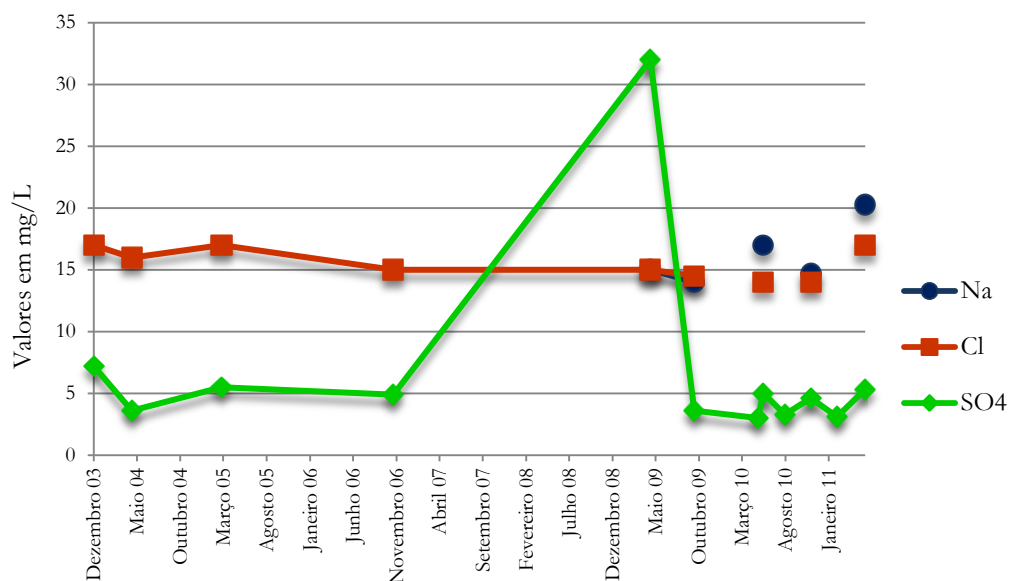


Figura 35 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RC2 da Ribeira dos Caldeirões.

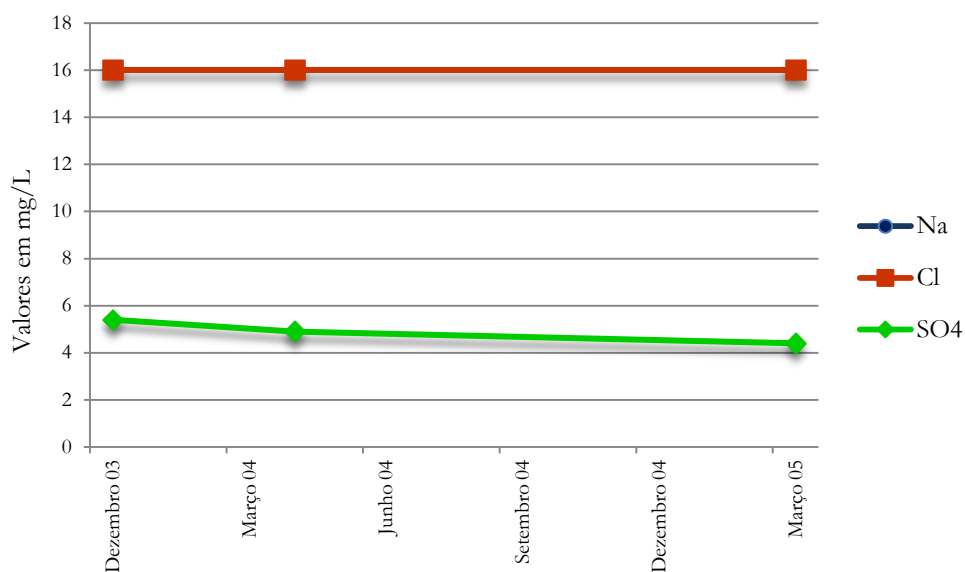


Figura 36 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RC3 da Ribeira dos Caldeirões.

A taxa de saturação de oxigénio teve os seus valores mínimo e máximo no ponto de amostragem RC2, iguais a 83% e a 152,8%, respetivamente. A variação dos valores foi pouco significativa, registando-se o desvio padrão mais elevado no ponto RC2 (20,7%; Anexo I). Apenas no ponto RC3, a taxa aumentou ao longo do tempo.

As concentrações de CBO₅ situaram-se entre 0,8 mg/L e 5 mg/L, enquanto a concentração de CQO esteve compreendida entre 3 mg/L e 13 mg/L (Anexo I).

6.1.2. RIBEIRA DO GUILHERME

Na Ribeira do Guilherme, os dados recolhidos corresponderam ao período de 2003 e 2011, em que no ponto de amostragem RGU0 a recolha iniciou-se em 2008. Nesta ribeira foram recolhidas 31 amostras distribuídas por três pontos de amostragem (Figura 37).

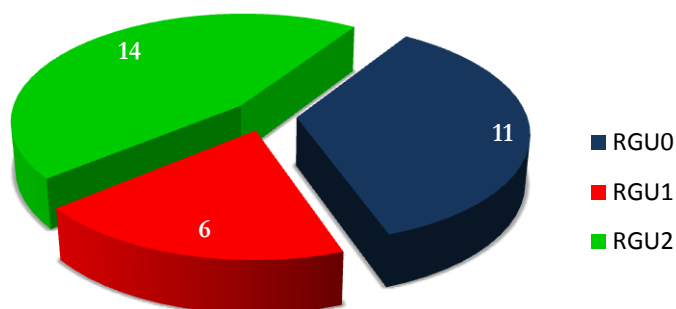


Figura 37 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira do Guilherme.

O ponto de amostragem RG2 foi onde se realizou o maior número de colheita de amostras, tendo também sido o ponto em que o período de tempo de estudo foi maior (2003 a 2011).

A temperatura nos três pontos de amostragem foi variável, apresentando o seu máximo de 23,6°C no ponto RGU0 (Julho de 2008). Nestes três pontos, a temperatura situou-se entre 11°C e 23,6°C, salientando-se a máxima no RGU1 de 20°C e no ponto RGU2 de 18,4°C (Figuras 38, 39 e 40). No ponto RGU0 observou-se que os valores máximos de temperatura da água corresponderam aos meses de verão, onde a temperatura atmosférica é mais elevada (Figura 38).

O pH apresentou valores entre 6,7 e 8,4 unidades de pH (Figuras 38, 39 e 40) em todos os pontos de amostragem, verificando-se que a variação foi pouco significativa, com desvios padrão muito baixo (0,2-0,6 unidades de pH; Anexo I). Esta situação confere propriedades neutras a alcalinas à água.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

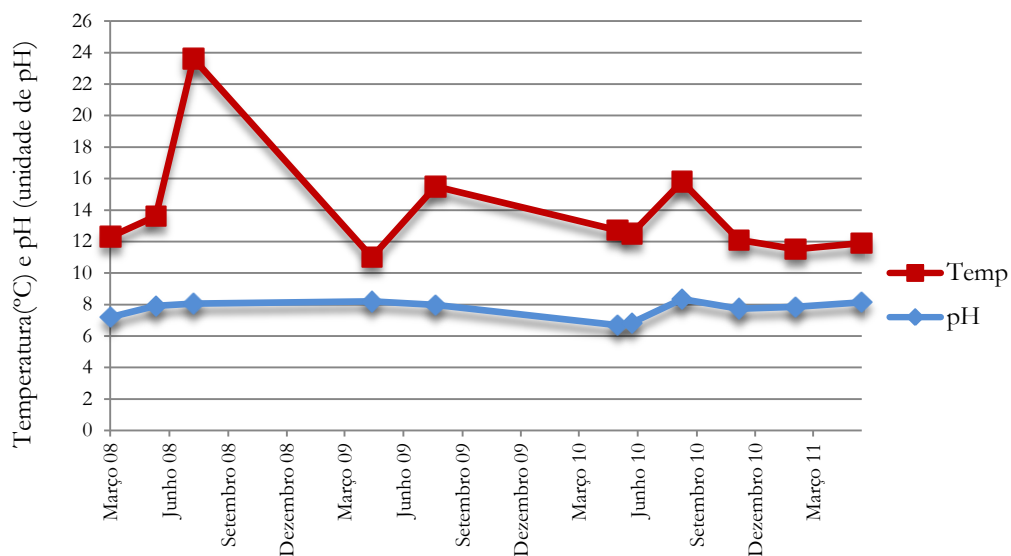


Figura 38 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RGU0 da Ribeira do Guilherme.

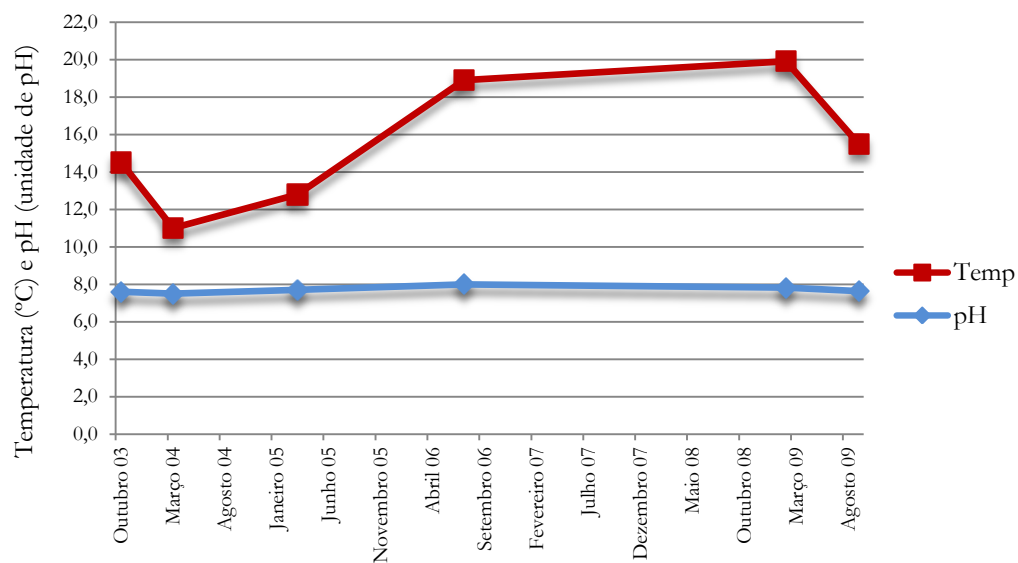


Figura 39 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RGU1 da Ribeira do Guilherme.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

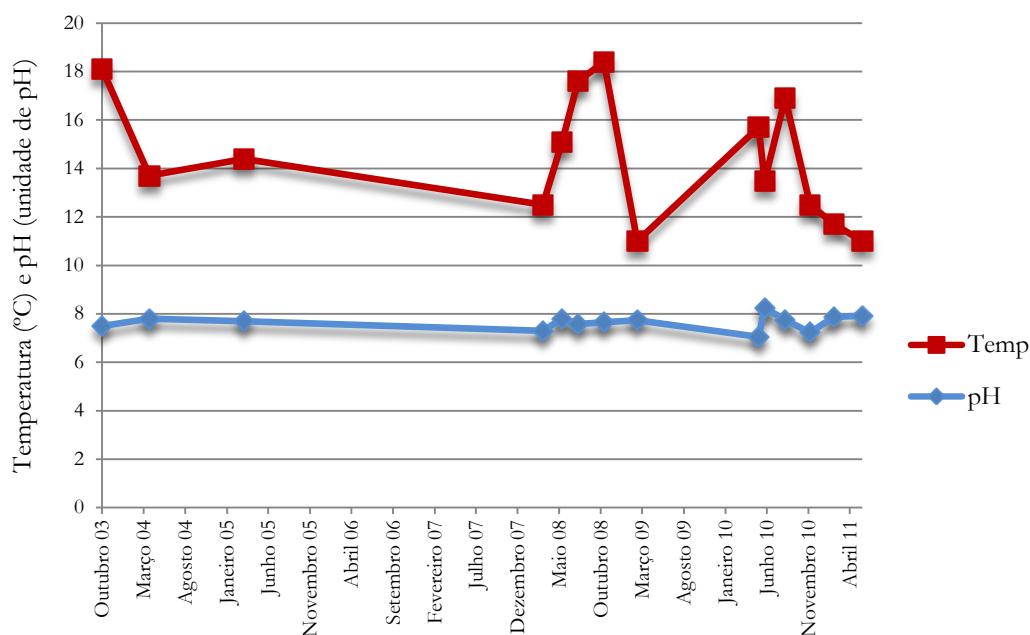


Figura 40 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RGU2 da Ribeira do Guilherme.

Os sólidos suspensos totais apresentaram, em todas as colheitas realizados nos três pontos de amostragem, concentrações inferiores ao L.Q. (3 mg/L).

A elevada concentração de nutrientes na água das ribeiras é um indicador da existência de poluição. A maioria dos resultados recolhidos na Ribeira do Guilherme apresentou valores inferiores aos limites de quantificação. No ponto de amostragem RGU0 o desvio padrão do fósforo total foi 9,1 µg/L, situando-se os resultados entre 44 µg/L e 55 µg/L, com exceção da colheita realizada em Julho de 2008, onde se registou a concentração mais baixa (21 µg/L). O RGU1 foi o ponto de amostragem com menor desvio padrão (4,5 µg/L) apresentando valores entre 20 µg/L e 33 µg/L (Anexo I). Na foz (RGU2) conclui-se que ao longo do tempo a concentração foi aumentando, embora de forma não gradual, de 10 µg/L, em Outubro de 2003, até máximo de 51 µg/L (Fevereiro de 2011; Figura 41).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

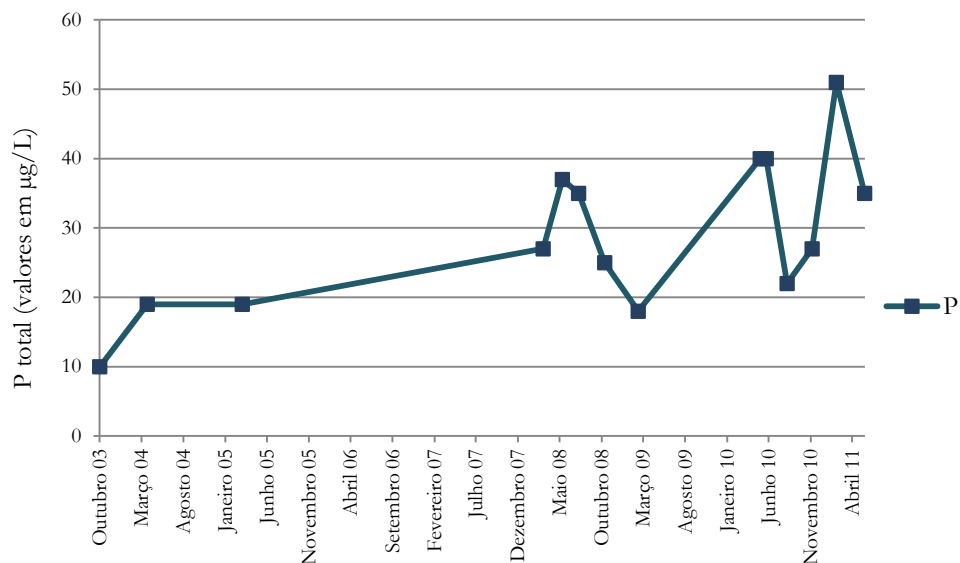


Figura 41 – Variações do fósforo total no ponto de amostragem RGU2 da Ribeira do Guilherme.

O valor máximo de amónio foi 60 µg/L no mês de Maio de 2011, no ponto de amostragem RGU0, enquanto nos restantes, o valor máximo foi 20 µg/L (Figuras 42, 43 e Anexo I). Relativamente ao nitrito, o valor máximo foi 3,2 µg/L. No ponto RGU1, os únicos dados quantificáveis foram registados em Julho de 2006 (NO_2 e NH_4^+). A maioria dos valores de nitrito foi inferior ao limite de quantificação, em todos os pontos de amostragem (Figuras 42, 43 e Anexo I).

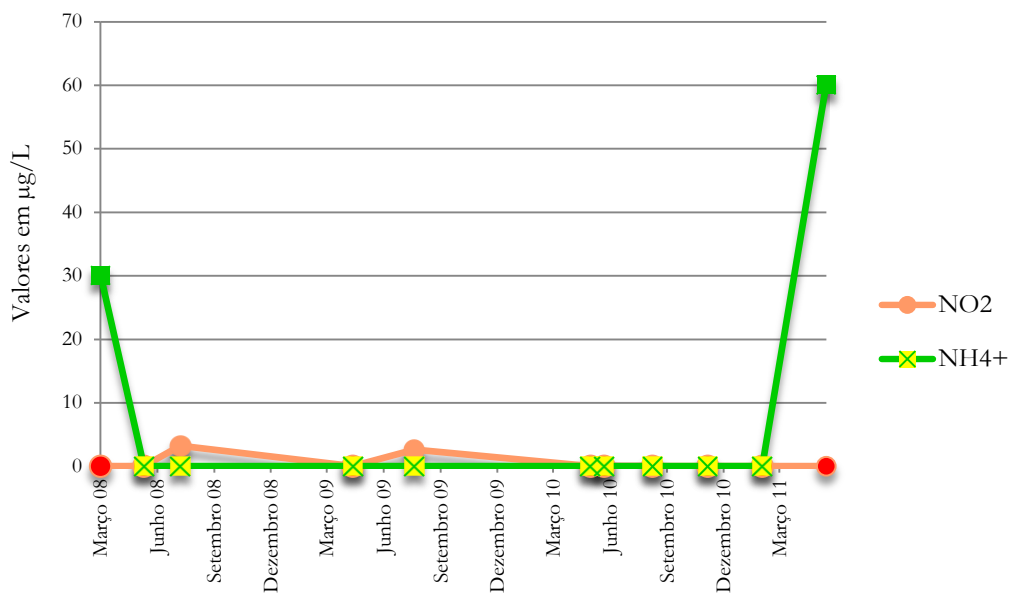


Figura 42 – Variações de nitrito e amónio no ponto de amostragem RGU0 da Ribeira do Guilherme.

Nota: - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

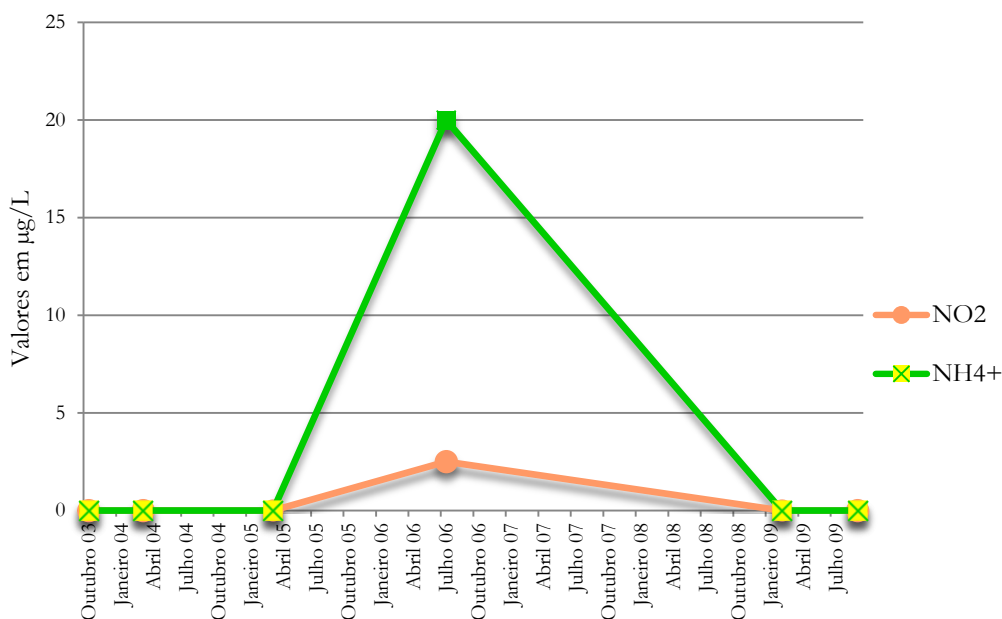


Figura 43 - Variações de nitrito e amónio no ponto de amostragem RGU1 da Ribeira do Guilherme.

Nota: ✕ • - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

A condutividade na Ribeira do Guilherme, ao longo do tempo, situou-se entre 56,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 103 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ambos registados no ponto RGU1 entre 2010 e 2011 (Figura 44).

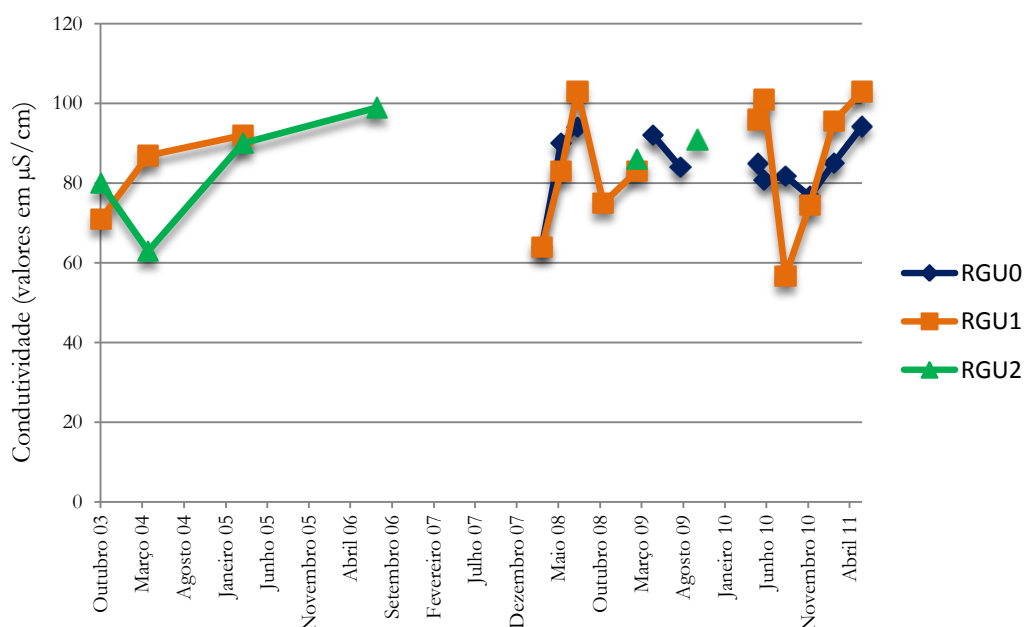


Figura 44 – Variações da condutividade na Ribeira do Guilherme nos pontos de amostragem RGU0, RGU1 e RGU2.

Relativamente ao sódio, as concentrações deste parâmetro situaram-se entre 6,5 mg/L e 11 mg/L (Anexo I). O cloreto apresentou uma distribuição temporal muito semelhante ao sódio, no entanto, os valores deste situaram-se entre 9mg/L e 16 mg/L. No

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

ponto de amostragem RGU0, os valores máximos do sódio e do cloreto foram registados em Julho de 2008 (Figura 45).

A concentração do sulfato teve uma variação pouco significativa em todos os pontos de amostragem, apresentando valores de desvio padrão muito baixos, entre 0,6 mg/L e 1 mg/L (Anexo I), estando os valores compreendidos entre 1,7 mg/L e 4,4 mg/L (Figura 45, 46 e 47).

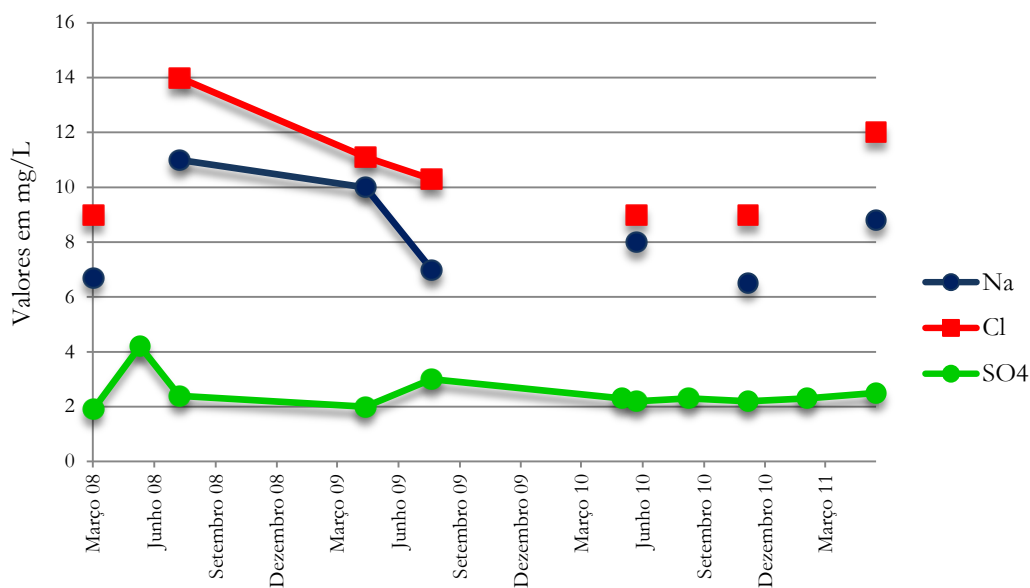


Figura 45 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RGU0 da Ribeira do Guilherme.

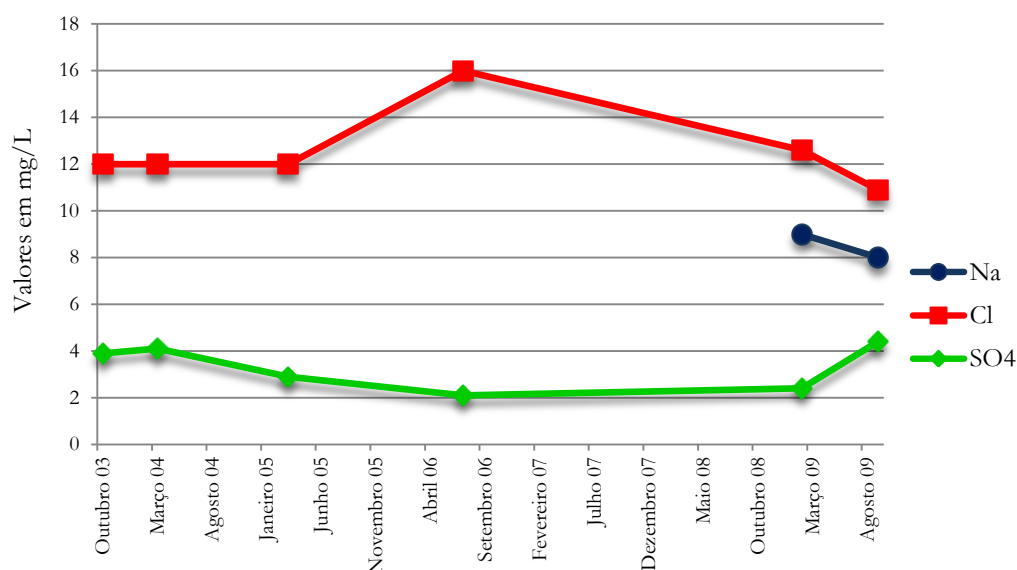


Figura 46 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RGU1 da Ribeira do Guilherme.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

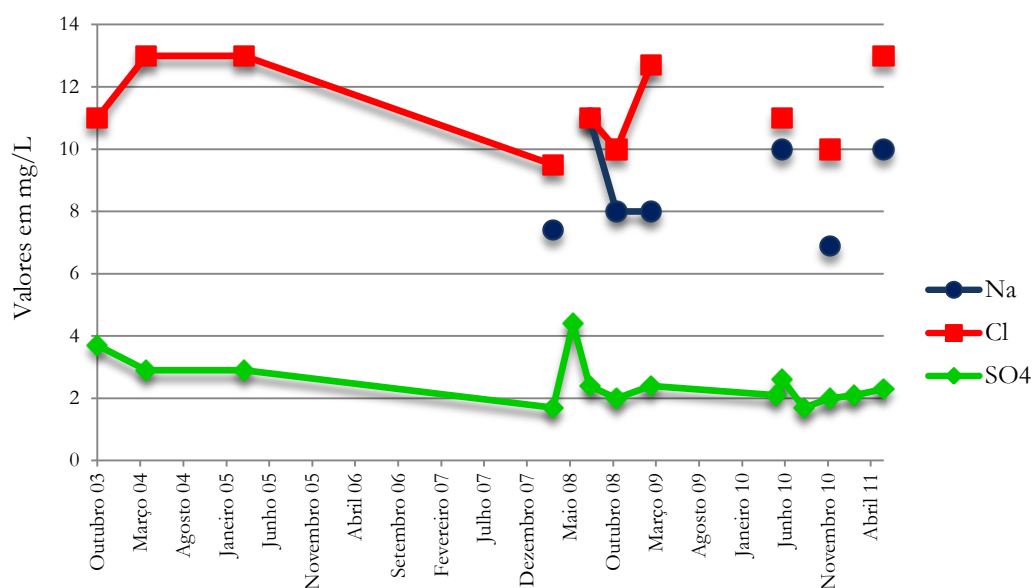


Figura 47 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RGU2 da Ribeira do Guilherme.

6.1.3. RIBEIRA DO FAIAL DA TERRA

Na Ribeira do Faial da Terra, os dados foram recolhidos entre 2003 e 2011, num total de 37 amostras (Figura 48). No ponto de amostragem RFT0 apenas foram efetuadas três colheitas, todas no ano de 2008.

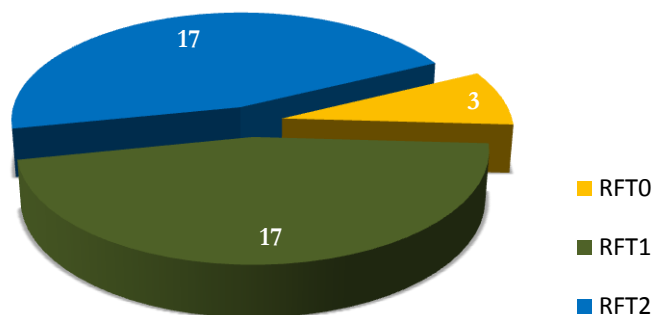


Figura 48 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira do Faial da Terra.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

No ponto de amostragem RFT0, a temperatura da água, no ano de 2008 aumentou, registando-se 10,3°C em Fevereiro e 16,7°C em Outubro. Todavia em relação ao pH verificou-se uma diminuição, embora pouco significativa, conferindo à água propriedades neutras (Figura 49).

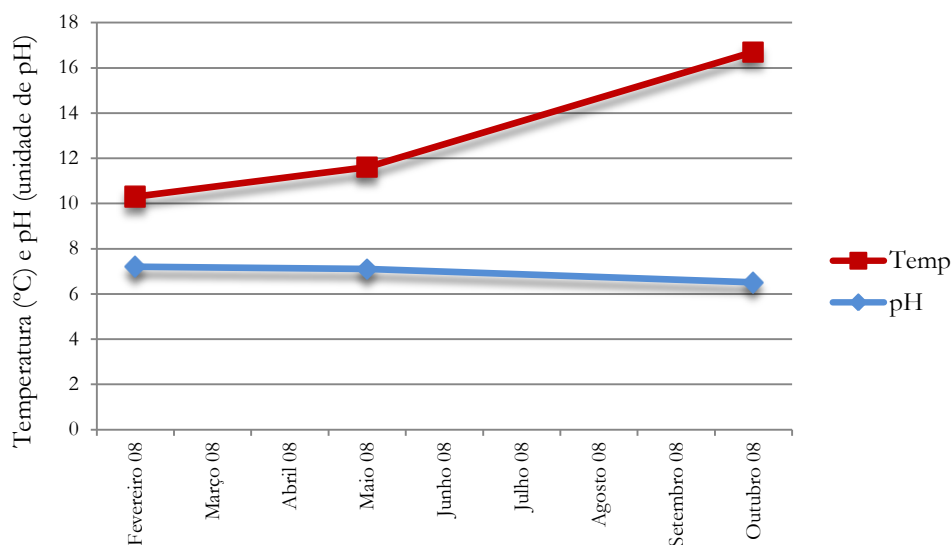


Figura 49 – Variações da temperatura e de pH no ponto de amostragem RFT0 da Ribeira do Faial da Terra.

No ponto RFT1 e RFT2 os valores de temperatura situaram-se entre 11°C e 20°C. No primeiro, atingiu-se a temperatura máxima de 17,8°C, em Outubro de 2008, e constatou-se que os valores mais elevados não correspondiam aos meses com temperatura atmosférica mais elevada (Figura 50). No ponto RFT2, a temperatura máxima registou-se em Julho de 2008 e em Julho de 2009 com 20°C, e os valores mais elevados corresponderam aos meses caracterizados por temperatura atmosférica mais elevada (Figura 51). Nestes dois pontos, os valores variaram ao longo do tempo, em que a maior flutuação foi de aproximadamente, 8°C no RFT1, entre Outubro de 2008 e Fevereiro de 2009. O desvio padrão nos dois pontos foi baixo, igual a 1,9°C e 2,1°C em RFT1 e RFT2, respetivamente (Anexo I).

Relativamente ao pH, observa-se que os valores indicaram águas com características alcalinas, uma vez que os resultados se situaram entre 6,7 e 9,2 unidades de pH, com maior prevalência de amostras com registos superiores a 7,5 (Figuras 50 e 51).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

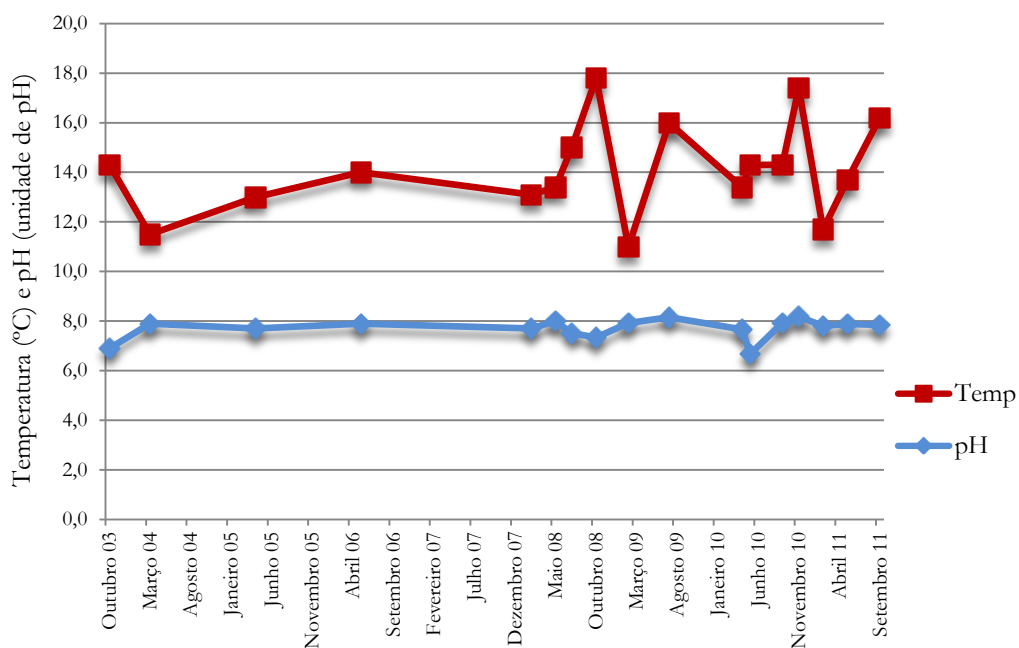


Figura 50 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RFT1 da Ribeira do Faial da Terra.

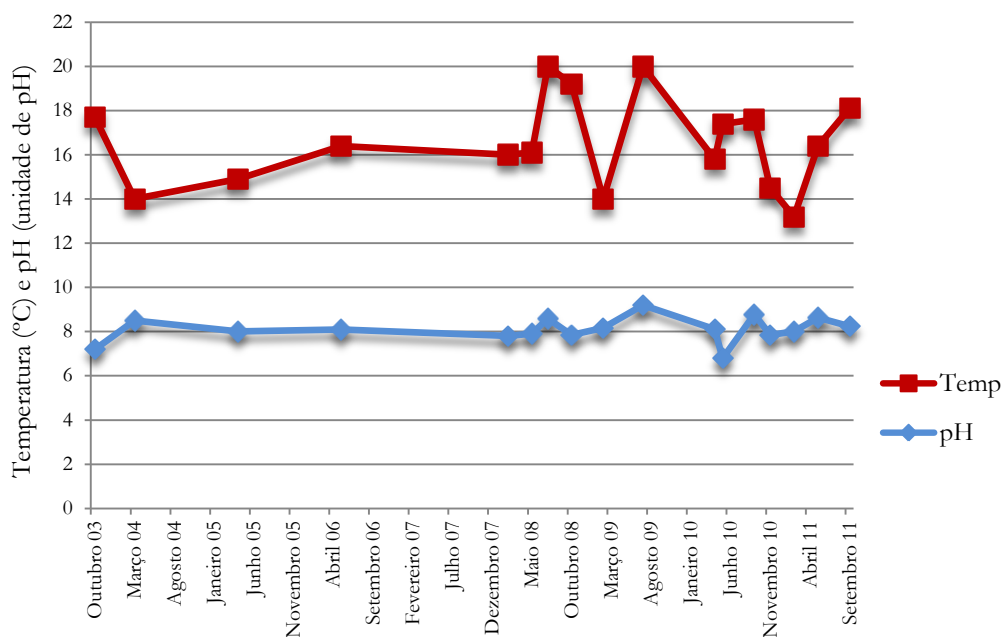


Figura 51 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

O parâmetro SST apresentou valores inferiores ao limite de quantificação no ponto de amostragem RFT0. Nos pontos RFT1 e RFT2, a maioria das determinações foram inferiores ao limite de quantificação, atingindo-se a concentração de 8 mg/L em Outubro de 2006 para o primeiro ponto e 22 mg/L, em Maio de 2010, para o segundo. No ponto RFT2, os valores superiores ao limite de quantificação foram, na maioria, inferiores a 8 mg/L (Figura 52).

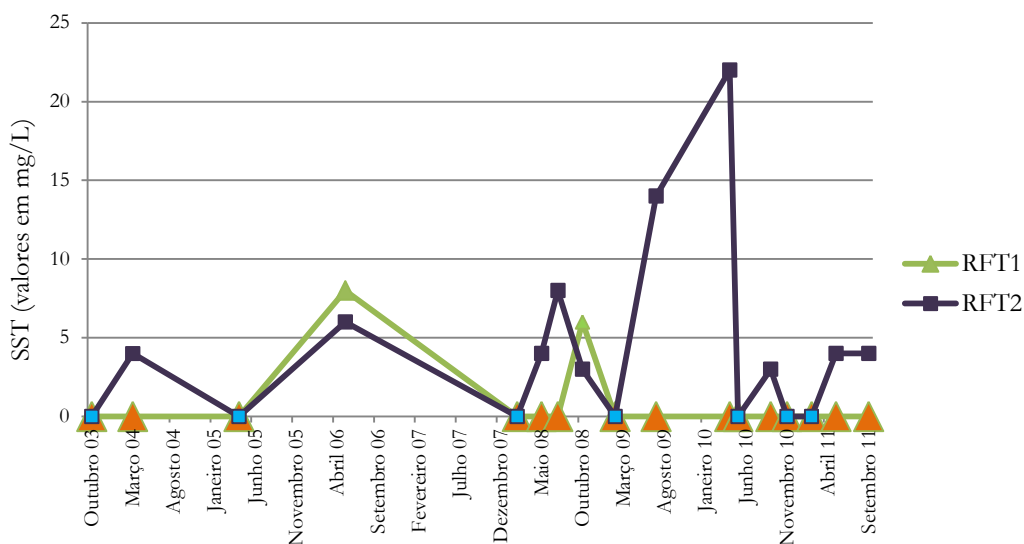


Figura 52 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem RFT1 e RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.

Nota: ▲ ■ - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

A variação da concentração do fósforo total nos pontos de amostragem RFT1 e RFT2 foi semelhante, embora o segundo apresente valores mais elevados (Figura 53). A concentração mais elevada no ponto RFT1 foi igual a 64 $\mu\text{g/L}$, em Novembro de 2010, enquanto no ponto RFT2 foi igual a 142 $\mu\text{g/L}$ (Abril de 2010). Na foz da ribeira (RFT2), os valores deste parâmetro situaram-se entre 54 $\mu\text{g/L}$ e 80 $\mu\text{g/L}$, com exceção de três amostras recolhidas em Abril e Maio de 2010 e em Setembro de 2011. No que concerne ao ponto RFT1, as concentrações apresentaram valores inferiores a 60 $\mu\text{g/L}$.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

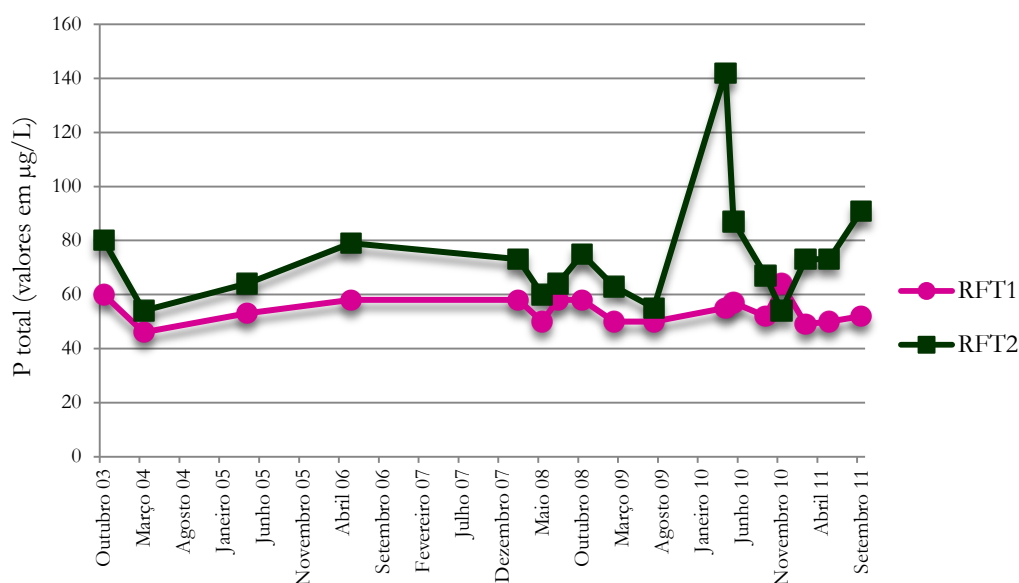


Figura 53 – Variações da concentração de fósforo total nos pontos de amostragem RFT1 e RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.

As determinações das concentrações de NO_2 e NO_3 no ponto de amostragem RFT1 apresentaram, na maioria das colheitas, valores inferiores ao limite de quantificação, atingindo o máximo de 6 $\mu\text{g/L}$ em Maio de 2006, e 4 mg/L em Novembro de 2010, respetivamente (Figuras 54 e 56). Em relação ao parâmetro NH_4^+ , os valores registados, quando superiores ao limite de quantificação, foram iguais a 20 $\mu\text{g/L}$, atingindo o máximo em Maio de 2008, com 50 $\mu\text{g/L}$ (Figura 54).

No ponto de amostragem RFT2 verificou-se a situação inversa, em que os valores inferiores ao limite de quantificação foram menores. A concentração máxima de nitrato foi igual a 13 mg/L , em Outubro de 2008 (Figura 56) e de nitrito foi 7 $\mu\text{g/L}$ em Abril de 2005. No que concerne ao amónio, as concentrações situaram-se entre 10 $\mu\text{g/L}$ e 30 $\mu\text{g/L}$, atingindo o valor máximo em Setembro de 2011, com 110 $\mu\text{g/L}$ (Figura 55).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

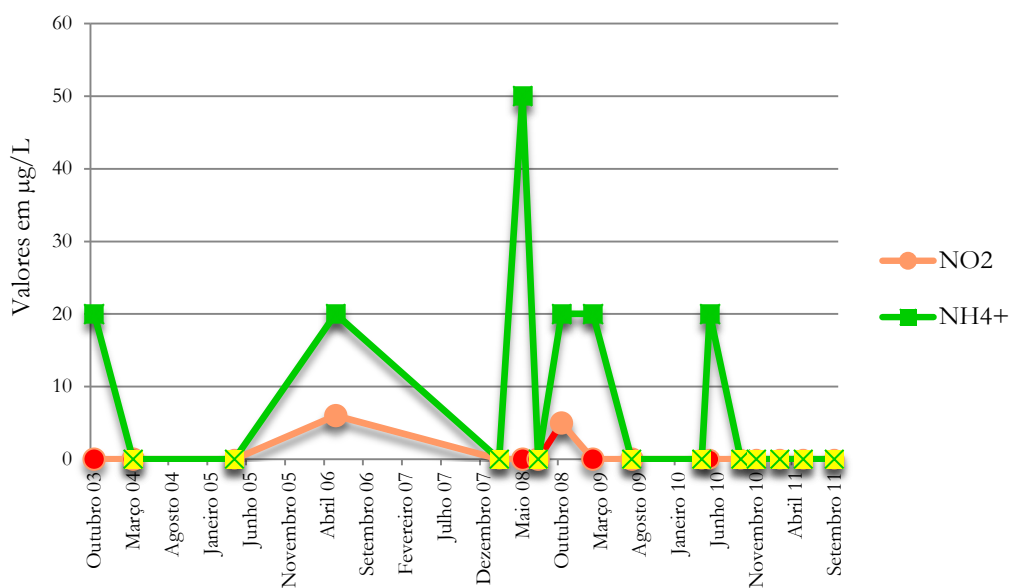


Figura 54 – Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RFT1 da Ribeira do Faial da Terra.

Nota: ✕ • - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

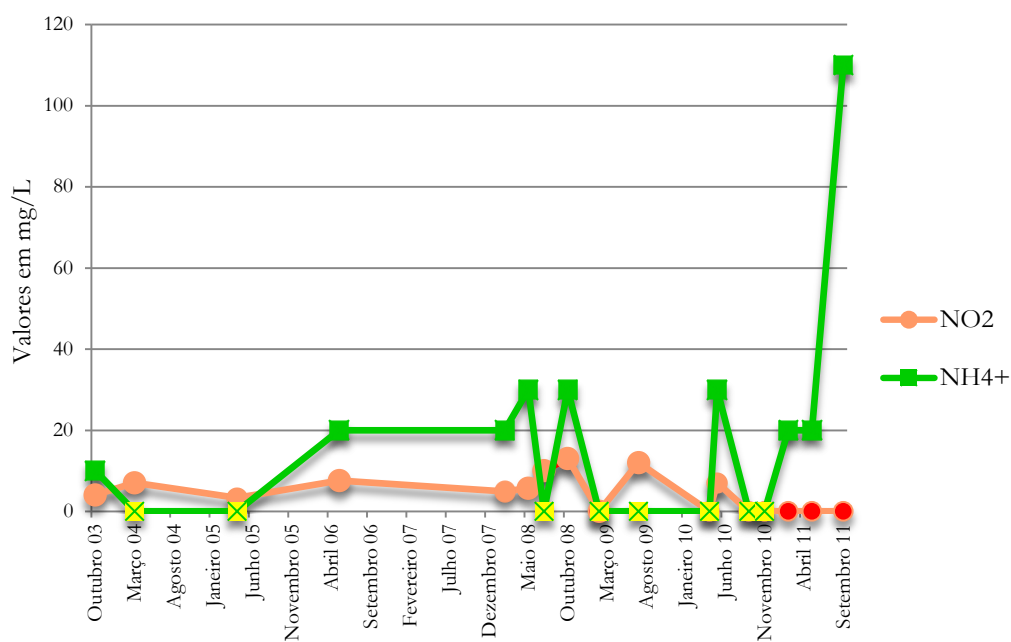


Figura 55 - Variações da concentração de nitrato, nitrito e amónio no ponto de amostragem RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.

Nota: ✕ • - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

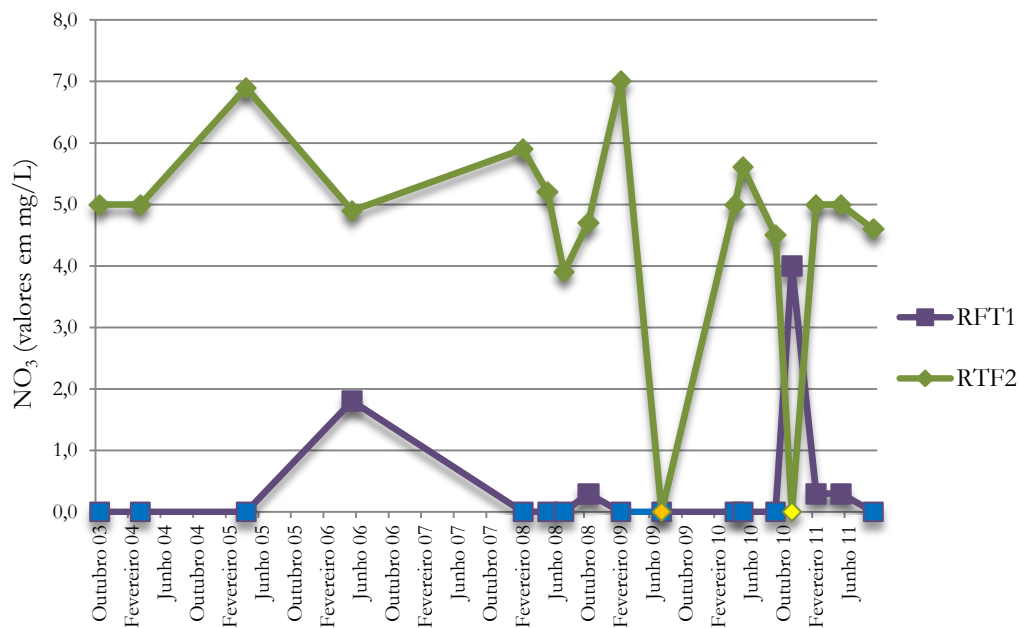


Figura 56 - Variações da concentração de nitrato nos pontos de amostragem RFT1 e RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.

Nota: ■ ◆ - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

A condutividade no ponto de amostragem RFT0 diminuiu ao longo do tempo, de 63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No RFT1, este parâmetro apresentou um desvio padrão de 17,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, situando-se os valores entre 86 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 166 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Anexo I). O valor mínimo foi registado em Outubro de 2008 e o máximo em Novembro de 2011. Os restantes apresentaram valores abaixo dos 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dos resultados do ponto de amostragem RFT2 observou-se uma variação pouco significativa, com valores acima dos 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ até Fevereiro de 2009. Após esta data atingiu-se o mínimo de 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em Novembro de 2010, e o máximo de 188 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em Setembro de 2011 (Anexo I).

As concentrações de sódio e de sulfato no ponto de amostragem RFT0, diminuíram de 8,6 mg/L para 7 mg/L e de 2,5 mg/L para 1,9 mg/L, respetivamente. Por seu turno, o cloreto manteve-se constante, com 10 mg/L (Figura 57).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

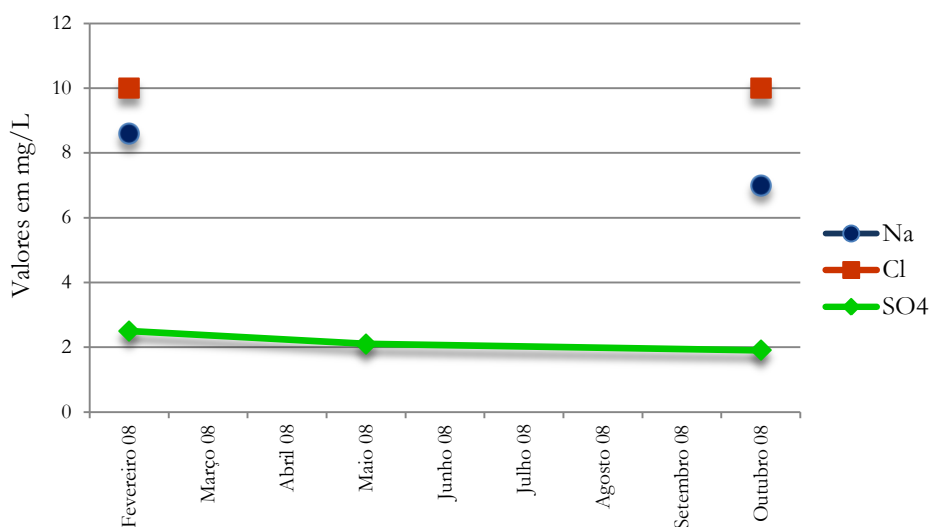


Figura 57 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RFT0 da Ribeira do Faial da Terra.

Relativamente ao ponto RFT1, constatou-se que a partir de Julho de 2009, a concentração de sódio aumentou, atingindo 15,4 mg/L em Novembro de 2010. Os resultados do cloreto situaram-se entre 14 mg/L e 17 mg/L, com exceção do mínimo registado em Outubro de 2008 (12 mg/L). No que diz respeito ao sulfato, verificou-se que o desvio padrão foi 0,7 mg/L (Anexo I), estando os valores compreendidos entre 2,2 mg/L e 4,8 mg/L (Figura 58).

A concentração de sódio no ponto de amostragem RFT2 situou-se entre 16 mg/L e 19 mg/L, registando-se em Novembro de 2010 a concentração mais baixa (11 mg/L). O cloreto também registou o valor mínimo em Novembro de 2010, com 13 mg/L, estando os restantes resultados compreendidos entre 18 mg/L e 21 mg/L. O sulfato apresentou uma variação pouco significativa, com desvio padrão de 0,6 mg/L (Anexo I), com resultados entre 2,5 mg/L e 5,3 mg/L (Figura 59).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

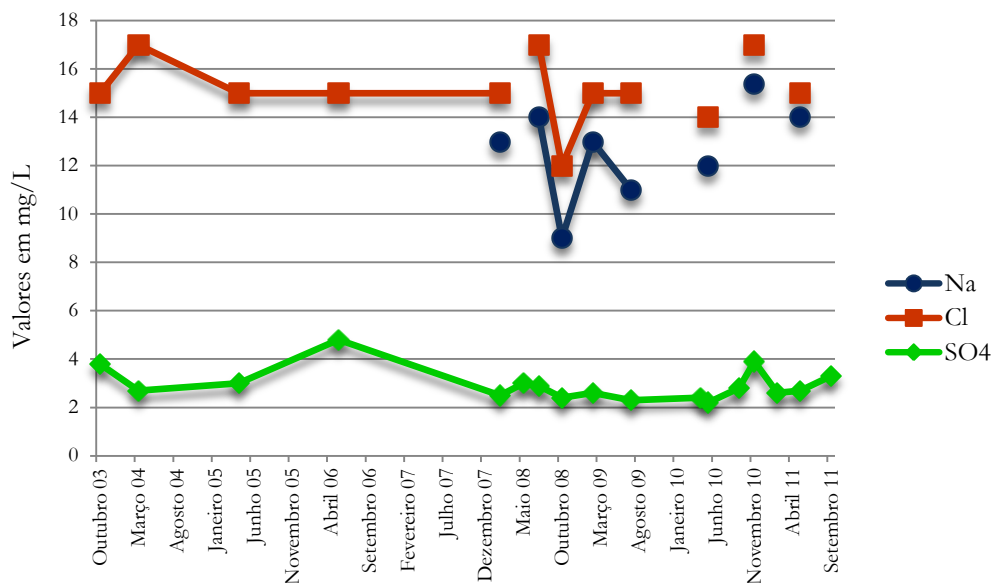


Figura 58 - Variações da concentração de sódio, cloro e sulfato no ponto de amostragem RFT1 da Ribeira do Faial da Terra.

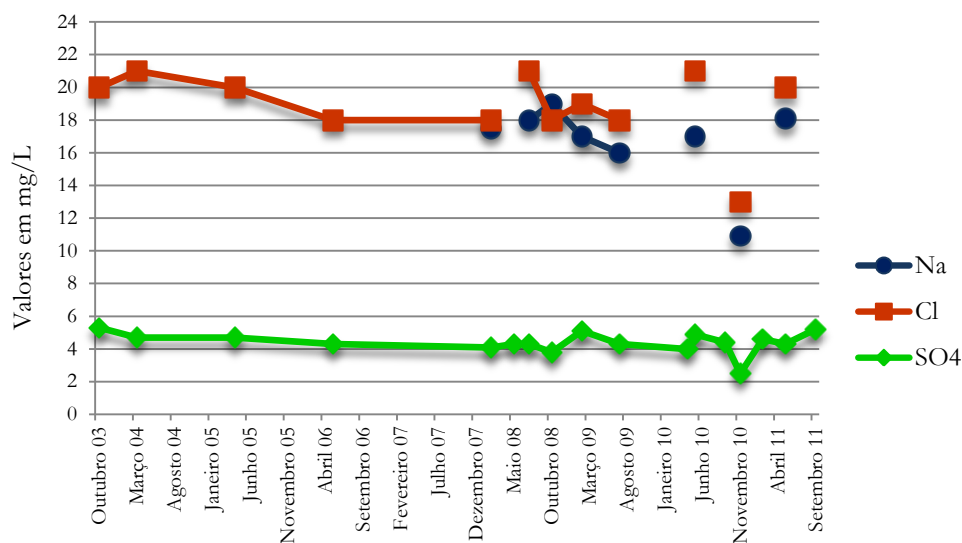


Figura 59 - Variações da concentração de sódio, cloro e sulfato no ponto de amostragem RFT2 da Ribeira do Faial da Terra.

A taxa de saturação de oxigénio do ponto de amostragem RFT0 apresentou um desvio padrão de 11,7%, com valores acima dos 95%. No que concerne ao CBO_5 , a concentração mais elevada foi igual a 0,8 mg/L em Fevereiro de 2008, enquanto o valor máximo de CQO foi de 10 mg/L (Outubro de 2008; Anexo I).

No ponto RFT1, a taxa de saturação de oxigénio situou-se entre 92,3% e 136,6%, registados, respetivamente em Fevereiro de 2009 e Fevereiro de 2011. O parâmetro CBO_5 atingiu 2,1 mg/L em Fevereiro de 2009, estando os restantes valores abaixo de 1,5 mg/L. O valor mais elevado de CQO foi igual a 9 mg/L (Anexo I).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

O valor máximo de taxa de saturação de oxigénio registado no ponto de amostragem RFT2 foi igual a 132,1%, o valor mínimo foi igual a 91,9%, e o desvio padrão calculado foi de 10,1% (Anexo I). A maioria dos resultados apresentou uma concentração de CBO_5 inferior a 3 mg/L. Relativamente ao CQO verificaram-se dois valores mais elevados, nomeadamente 21 mg/L e 19 mg/L, registados, respetivamente, em Outubro de 2008 e Setembro de 2011.

6.1.4. RIBEIRA DA POVOAÇÃO

Na Ribeira da Povoação foram realizadas 22 colheitas de água no período que medeia entre Outubro de 2003 e Setembro de 2011. Estas colheitas foram distribuídas por quatro pontos de amostragem (Figura 60). Nos pontos RPV1, RPV2 e RPV3 foram realizadas apenas uma amostra por ano, entre 2003 e 2005.

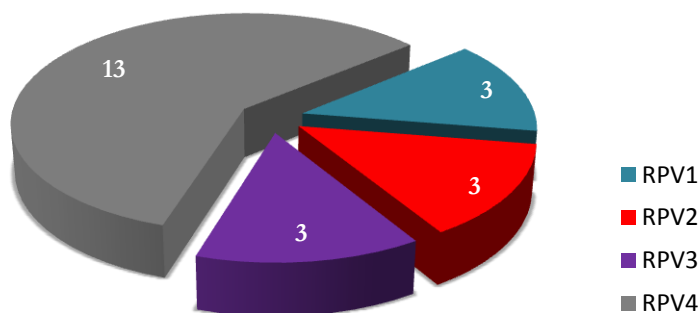


Figura 60 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira da Povoação.

Nos pontos de amostragem RPV1 e RPV2 a temperatura da água situou-se entre 15°C e 18°C. No RPV3, a temperatura mínima foi registada em Abril de 2004 (13°C). O pH nos três pontos referidos apresentou valores entre 7 e 8 unidades de pH (Anexo I). Na foz da ribeira (RPV4), a maioria dos valores da temperatura foram superiores a 15°C, com uma única exceção em Fevereiro de 2011 (13,5°C). Os valores do pH situaram-se entre 6,8 e 8,2 unidades de pH neste ponto (Figura 61).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

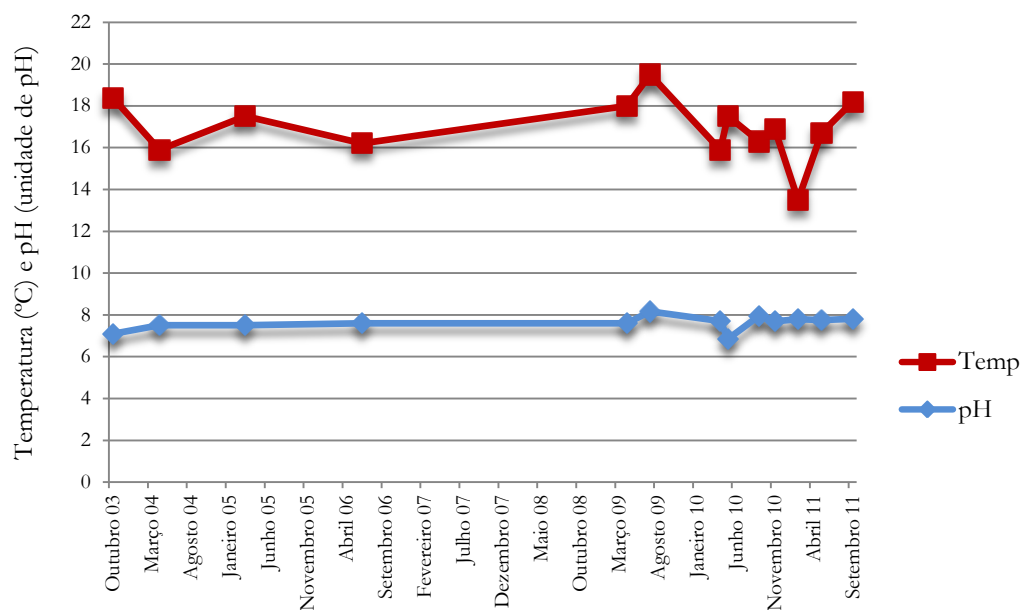


Figura 61 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RPV4 da Ribeira da Povoação.

No que concerne ao parâmetro SST, apenas em Março de 2005 o valor foi superior ao limite de quantificação no ponto RPV1, enquanto no RPV2 não foi possível determinar os SST. Constatou-se que, no ponto RPV3, a concentração dos SST diminuiu ao longo do tempo. No RPV4, a maioria dos resultados foram inferiores ao limite de quantificação, tendo-se observado a concentração máxima de 9 mg/L em Outubro de 2003 (Figura 62).

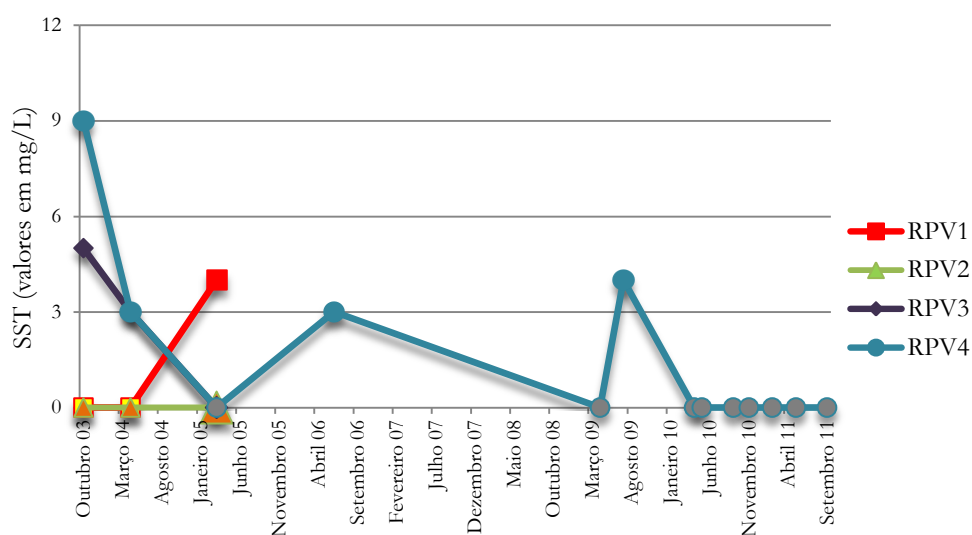


Figura 62 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais na Ribeira da Povoação nos pontos de amostragem RPV1, RPV2, RPV3 e RPV4.

Nota: ▲ □ ● - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Relativamente ao fósforo total, verificou-se que até Março de 2005 a concentração nos pontos RPV3 e RPV4 diminuiu, aproximadamente, 27 mg/L, embora, no entanto, no ponto RPV4 as concentrações foram mais elevadas (Figura 63). Nos pontos RPV1 e RPV2 os valores aumentaram no período estudado, verificando-se o máximo em Março de 2005, respetivamente com 60 mg/L e 122 mg/L. Entre Março de 2005 e Fevereiro de 2011 observou-se uma variação pouco significativa.

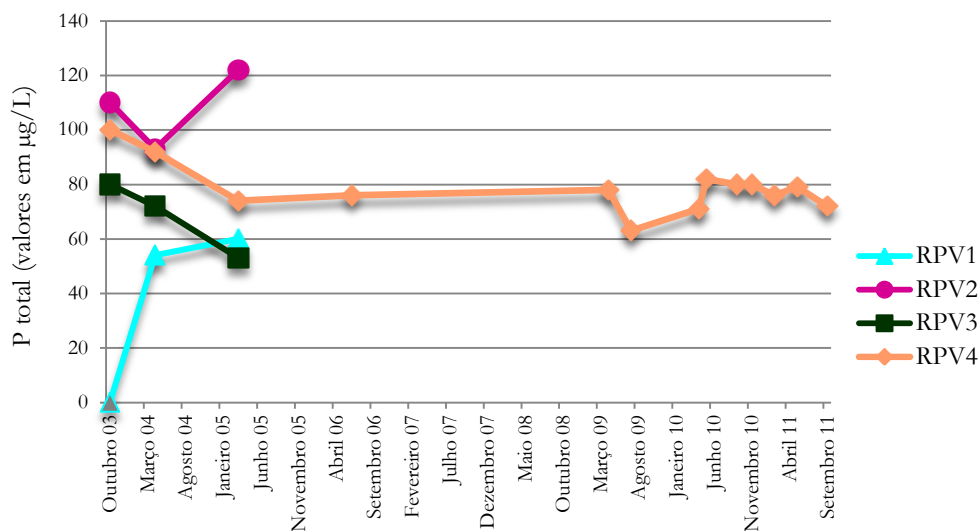


Figura 63 – Variações da concentração de fósforo na Ribeira da Povoação.

Nota: - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

A concentração do nitrato no ponto RPV1 foi constante nas duas primeiras colheitas, verificando em relação ao NO_2 um pico em Abril de 2004, com 87 $\mu\text{g/L}$ (Figuras 64 e 65). No ponto de amostragem RPV2 a concentração de NO_3 triplicou em Março de 2005 para 17 mg/L relativamente a Abril 2004 (Figura 64), enquanto o NO_2 atingiu, neste mês, o valor mais baixo (4,1 $\mu\text{g/L}$; Anexo I). A concentração de NO_2 no ponto RPV3 diminuiu de 43 $\mu\text{g/L}$ para 15 $\mu\text{g/L}$ no período estudado. No que concerne ao amónio registou-se em Março de 2005 o valor mais elevado (23 $\mu\text{g/L}$; Figura 66).

No ponto de amostragem RPV4, os resultados do nitrato apresentaram um desvio padrão de 0,9 mg/L (Anexo I), registando-se o máximo em Junho de 2006 (7,4 mg/L; Figura 64). Os valores da concentração do nitrito situaram-se entre 8,6 $\mu\text{g/L}$ e 18 $\mu\text{g/L}$; no entanto, a partir de Maio de 2010, os valores foram inferiores ao limite de quantificação. No amónio observou-se uma variação pouco significativa, estando as concentrações compreendidas entre 20 $\mu\text{g/L}$ e 24 $\mu\text{g/L}$ (Figura 67).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

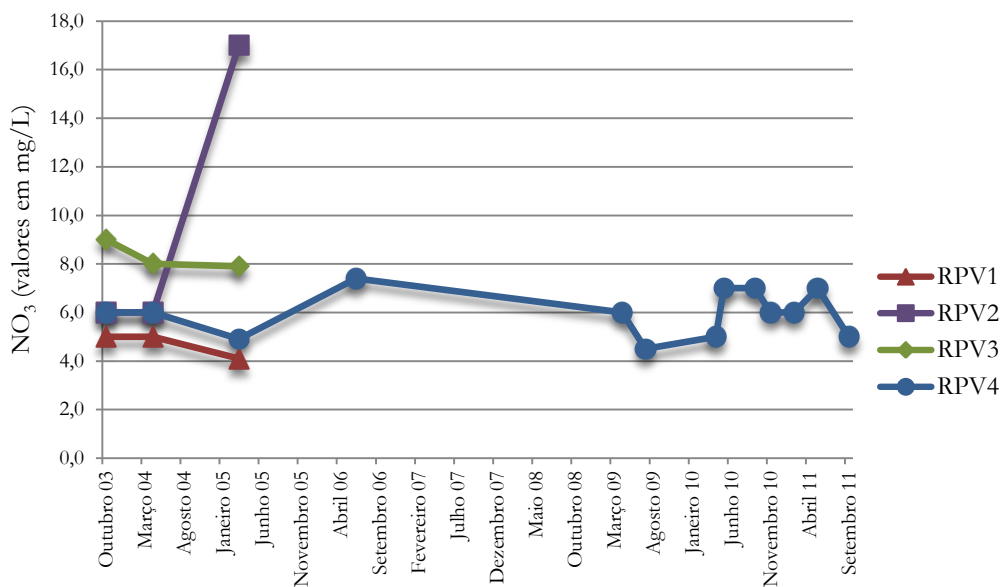


Figura 64 – Variações da concentração do nitrato na Ribeira da Povoação nos pontos de amostragem RPV1, RPV2, RPV3 e RPV4.

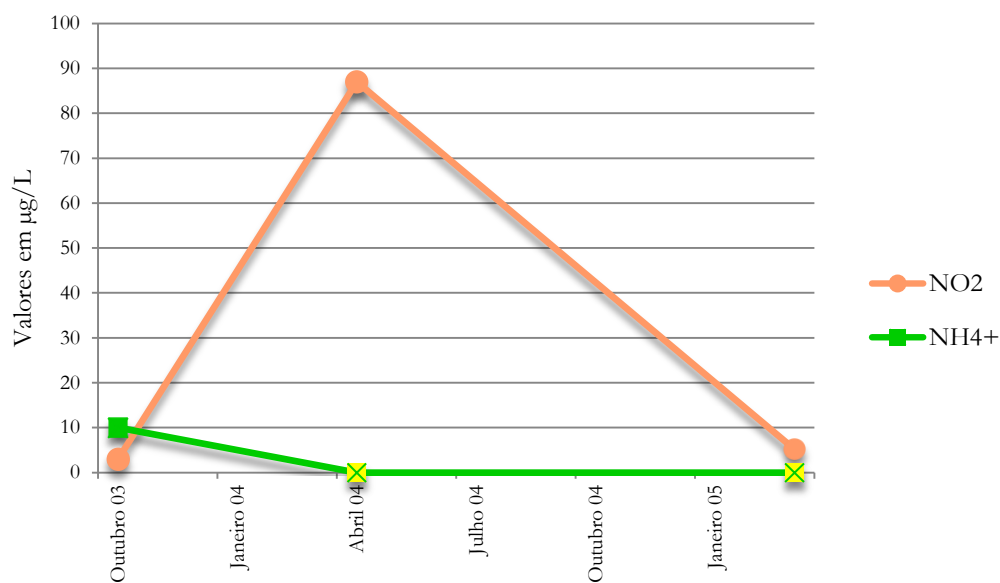


Figura 65 – Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RPV1 da Ribeira da Povoação.

Nota: ✕ - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

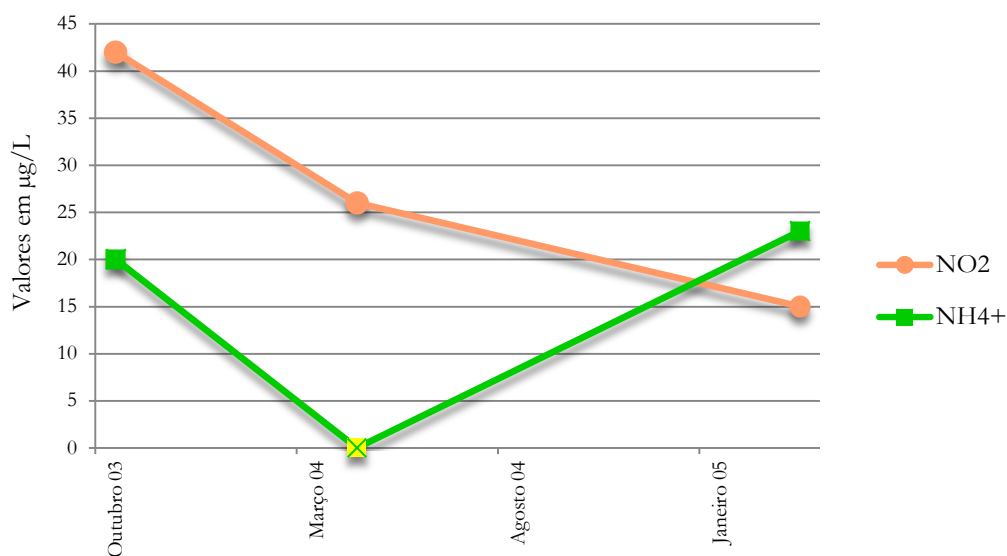


Figura 66 - Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RPV3 da Ribeira da Povoação.

Nota: - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

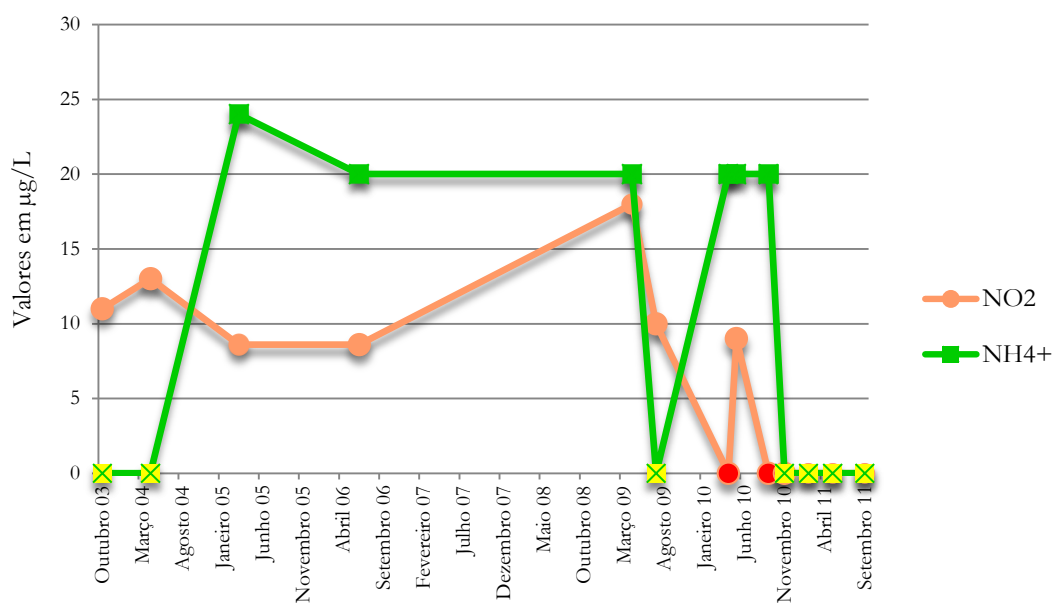


Figura 67 - Variações da concentração de nitrito e amónio no ponto de amostragem RPV4 da Ribeira da Povoação.

Nota: - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

No período entre 2003 e 2005 a condutividade diminuiu em todos os pontos de amostragem, sendo os valores mais elevados verificados no ponto RPV4. Neste ponto de amostragem, entre Junho de 2006 e Setembro de 2011, os resultados apresentaram valores compreendidos entre 174 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 239 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 68).

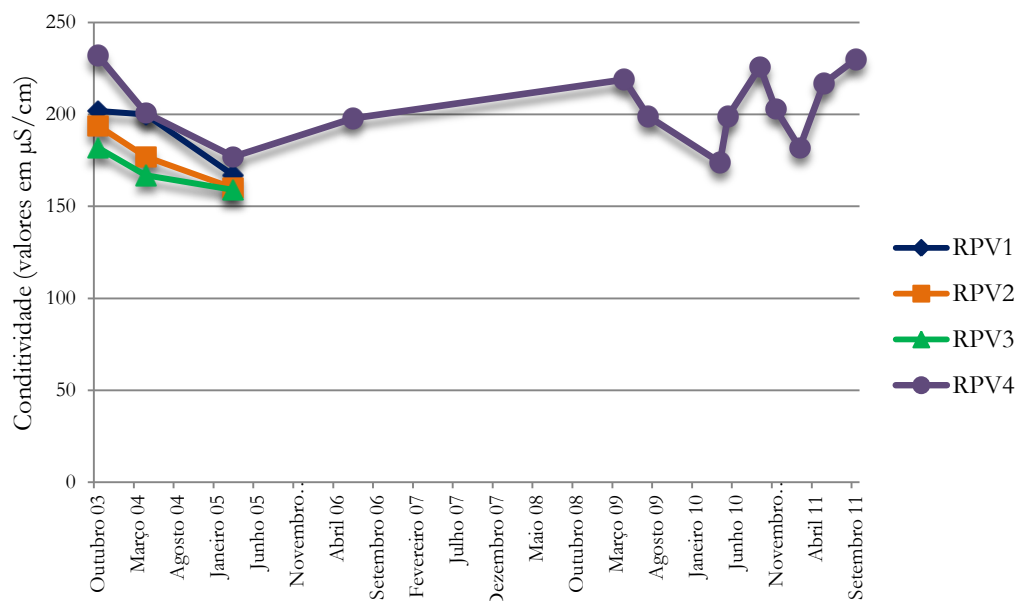


Figura 68 – Variações da condutividade na Ribeira da Povoação nos pontos de amostragem RPV1, RPV2, RPV3 e RPV4.

O sódio não foi analisado nos pontos de amostragem RPV1, RPV2 e RPV3. No RPV4, as colheitas foram realizadas a partir de Abril de 2009, apresentando valores entre 16 mg/L e 19 mg/L (Anexo I).

As concentrações de cloreto e de sulfato no ponto RPV1 mostraram uma variação pouco significativa, com concentrações médias, respetivamente iguais a 17,7 mg/L e a 4,2 mg/L (Anexo I).

Relativamente ao anião cloreto verificou-se que o valor colhido em Março de 2005 no ponto RPV2 mostrou um enriquecimento muito elevado, passando de 4,4 mg/L para 174 mg/L, mas no entanto, o sulfato diminuiu de 18 mg/L para 4,8 mg/L, sugerindo a possibilidade de ocorrência de erro analítico. No ponto RPV3, as concentrações de cloreto e sulfato diminuíram, atingindo o mínimo em Março de 2005, com valores respetivamente iguais a 18 mg/L e a 4,6 mg/L (Anexo I).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

A concentração de cloreto no ponto de amostragem RPV4 diminuiu de 22 mg/L até 17 mg/L (Julho de 2009). Nas amostras posteriores, os valores estiveram compreendidos entre 16 mg/L e 19 mg/L. No que concerne ao sulfato, os valores apresentaram, na sua maioria, valores inferiores a 5 mg/L, sendo a concentração mínima observada, em Julho de 2009 (2,8 mg/L; Figura 69).

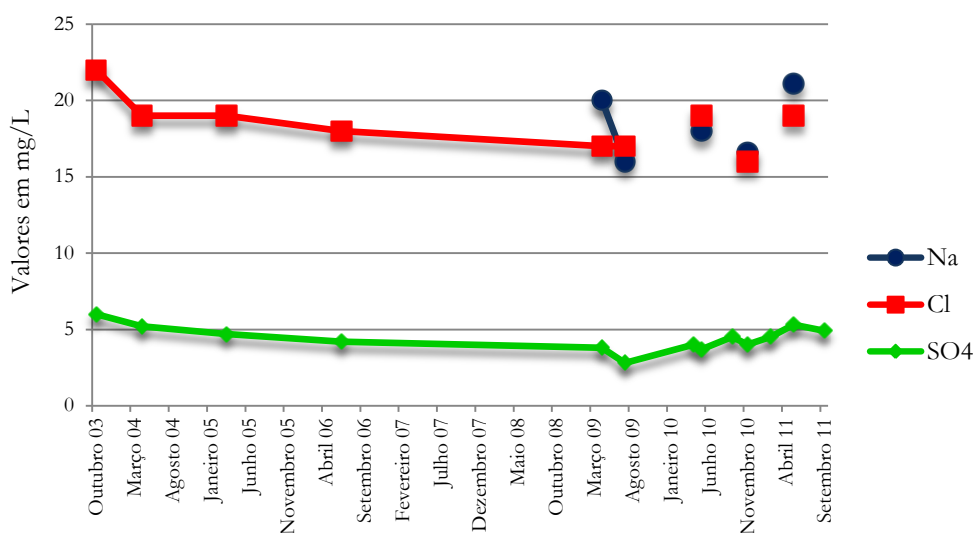


Figura 69 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RPV4 da Ribeira da Povoação.

Nos pontos de amostragem RPV1, RPV2 e RPV3 a taxa de saturação de oxigenação situou-se entre 99% e 109%, verificando-se valores de desvio padrão muito baixos e médias de 105%; 102,3% e 102%, respetivamente. No ponto RPV4, a taxa de saturação de O₂ foi superior a 110% a partir de Setembro de 2010, com um valor médio igual a 111,3% (Anexo I).

A concentração do parâmetro CQO apresentou valores com variação pouco significativa ao longo do tempo, registando-se o máximo de 3,7 mg/L no ponto RPV4 (Anexo I).

6.1.5. RIBEIRA QUENTE

Na Ribeira Quente, no período decorrido entre 2003 e 2011, foram realizadas 52 colheitas de água distribuídas por quatro pontos de amostragem (Figura 70).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

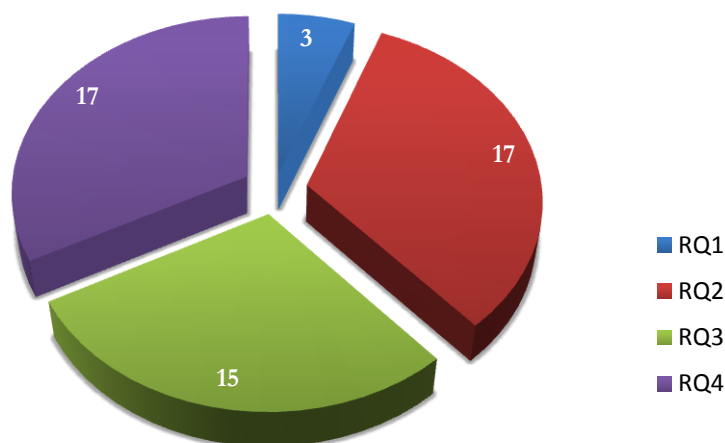


Figura 70 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira Quente.

No RQ2, a temperatura esteve compreendida entre 14°C e 18°C, com exceção do valor mínimo (9,5°C) registado em Fevereiro de 2011 e do valor máximo (21°C) em Abril de 2009 (Figura 71). A temperatura média foi igual a 16,2°C (Anexo I).

O ponto de amostragem RQ3 apresentou a temperatura média mais elevada, 22°C (Anexo I). A temperatura mínima foi igual a 16,5°C em Fevereiro de 2011, estando os restantes valores acima dos 20°C. O máximo foi medido em Julho de 2009 (31°C; Figura 72). Os valores deste parâmetro no ponto RQ4 estiveram compreendidos entre 16°C e 22°C, registando-se um maior número de leituras com valores superiores a 18°C (Figura 73).

No que concerne ao pH, este apresentou em todos os pontos de amostragem uma variação pouco significativa, situando-se entre os 7,4 e 8 unidades de pH (Figuras 71, 72 e 73).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

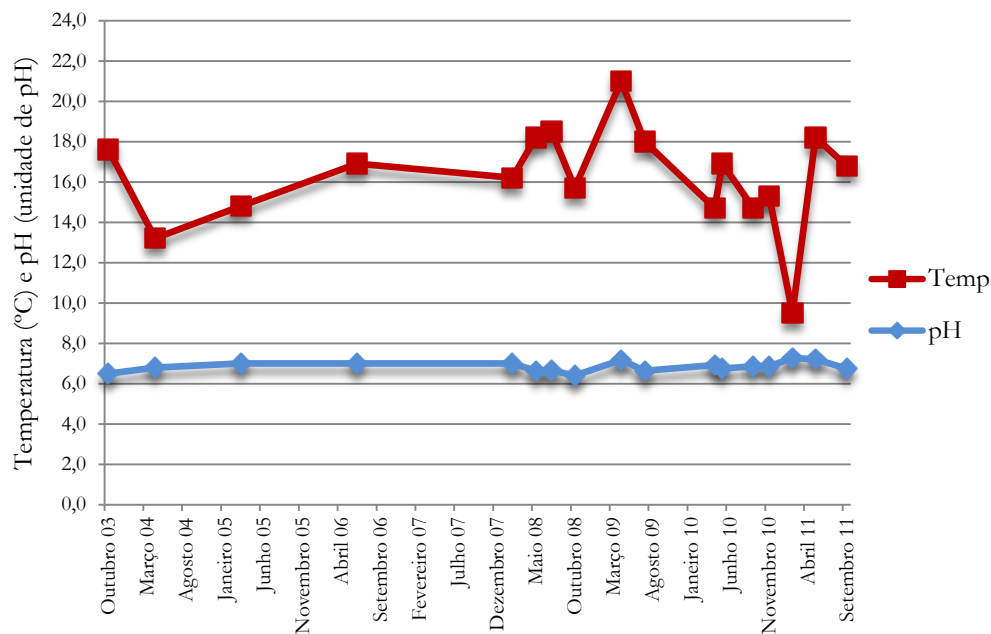


Figura 71 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RQ2 da Ribeira Quente.

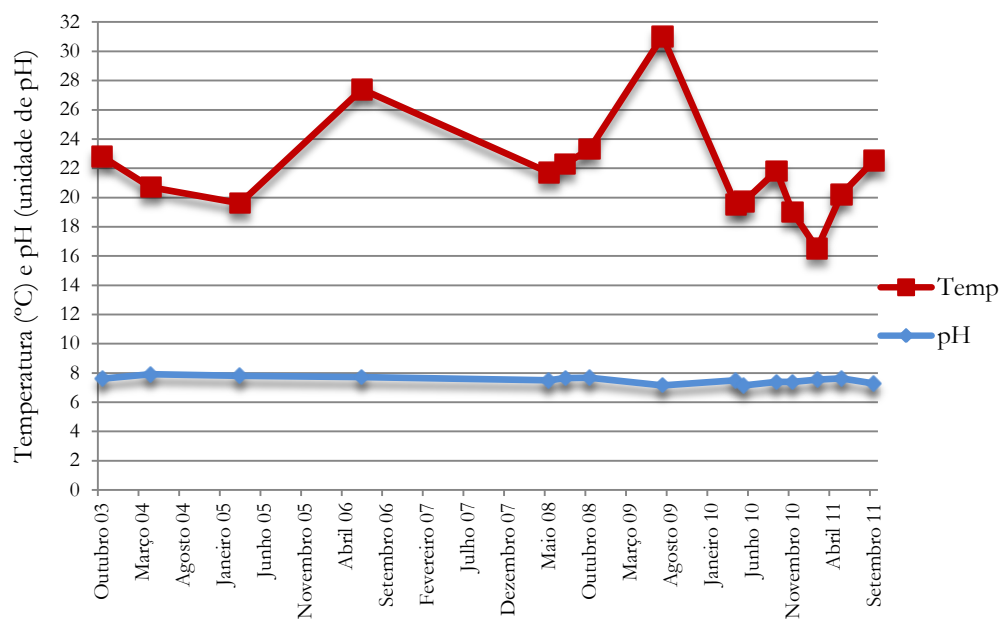


Figura 72 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RQ3 da Ribeira Quente.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

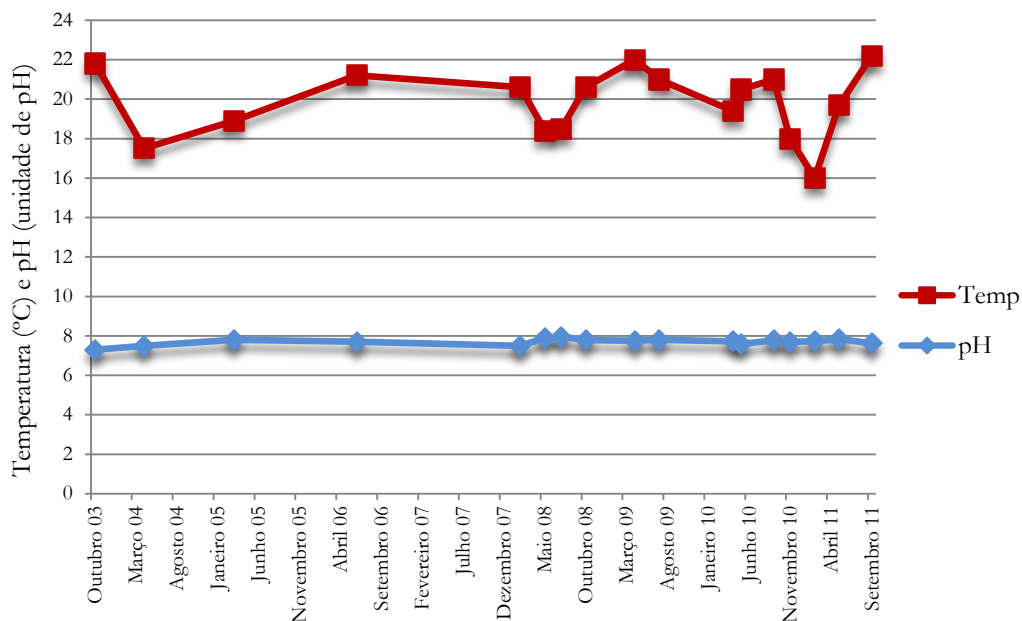


Figura 73 - Variações de temperatura e deo pH no ponto de amostragem RQ4 da Ribeira Quente.

O valor do parâmetro sólidos suspensos totais foi, na maioria das colheitas efetuadas nos pontos RQ2, RQ3 e RQ4, inferior a 15 mg/L. No ponto RQ2, os valores foram inferiores a 3 mg/L a partir de Abril de 2010, e os resultados mais elevados foram iguais a 30 mg/L e 11 mg/L, respetivamente em Abril de 2004 e Maio de 2008 (Figura 74). No ponto RQ4 as determinações mais elevadas foram iguais a 100 mg/L em Outubro de 2003 e 24 mg/L em Abril de 2010. No ponto RQ3, em Fevereiro de 2011 foi efetuada a determinação a concentração de SST mais elevada (58 mg/L), estando a maioria dos valores compreendidos entre os 5 mg/L e 10 mg/L (Figura 75). A média dos valores foi igual a 11,6 mg/L (Anexo I).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

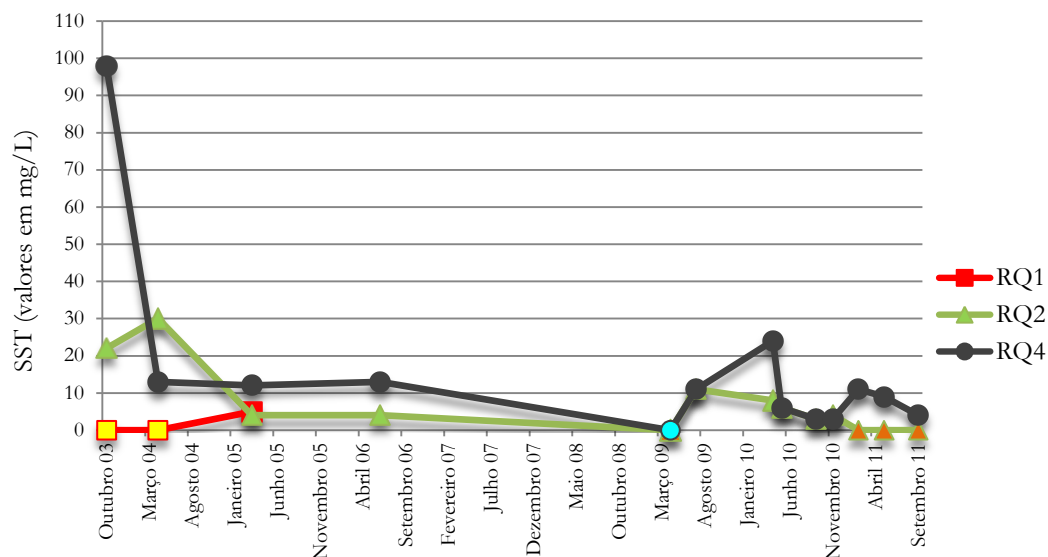


Figura 74 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem RQ1, RQ2 e RQ4 da Ribeira Quente.

Nota: ▲ □ ● - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

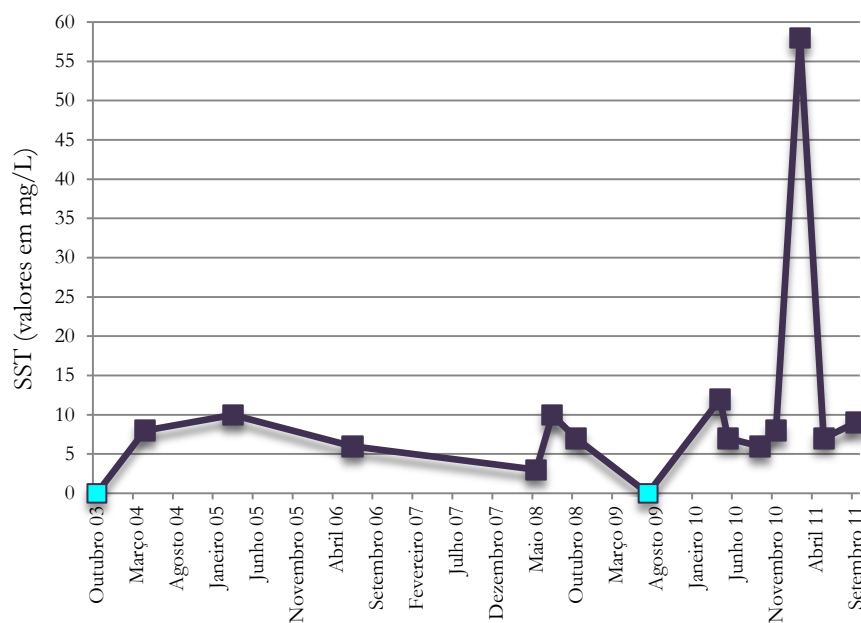


Figura 75 - Variações da concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem RQ3 da Ribeira Quente.

Nota: ■ - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

As concentrações de fósforo total nos pontos de amostragem estiveram compreendidas entre 81 µg/L e 271 µg/L. Os valores mais elevados nos pontos de amostragem RQ2 e RQ4 foram registados em Outubro de 2003 com 530 µg/L e 310 µg/L, respetivamente (Figura 76). No ponto de amostragem RQ3 as concentrações foram superiores a 140 µg/L, a partir de Setembro de 2010.

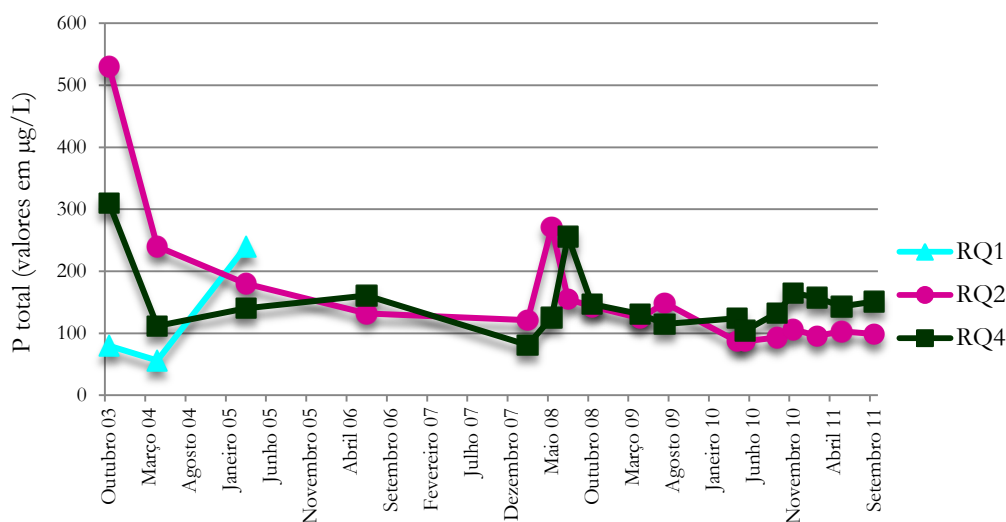


Figura 76 – Variações de fósforo total nos pontos de amostragem RQ1, RQ2 e RQ4 da Ribeira Quente.

No ponto de amostragem RQ2, as concentrações de nitrito e amónio diminuíram ao longo do tempo, embora não de forma constante, verificando-se que o NO_2 teve valores inferiores ao limite de quantificação desde Setembro de 2010, e o NH_4^+ , desde Maio de 2008, apresentou valores inferiores a 10 µg/L (Figura 77). A concentração média do NO_3 foi 1,7 mg/L, aumentando nos restantes pontos, com valores iguais a 3 mg/l no RQ3 e 3,6 mg/L no RQ4 (Anexo I).

No ponto de amostragem RQ3, as variações do NO_2 e NH_4^+ apresentaram um padrão de variação muito semelhante; no entanto os valores de NO_2 situaram-se entre 3,1 µg/L e 60 µg/L, e os de NH_4^+ entre 20 µg/L e 110 µg/L, com exceção do mês de Setembro de 2011, onde se registou 350 µg/L (Figura 78). No RQ4, os valores de NO_2 foram inferiores a 75 µg/L e os de amónio foram muito variáveis com uma média de 95,1 µg/L (Figura 79 e Anexo I).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

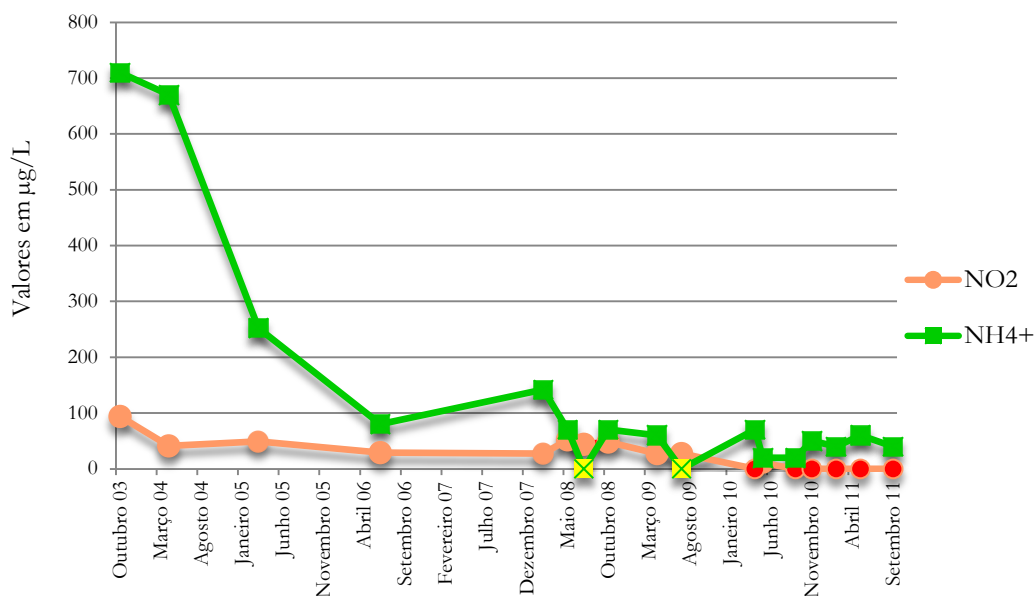


Figura 77 – Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RQ2 da Ribeira Quente.

Nota: ✕ • - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

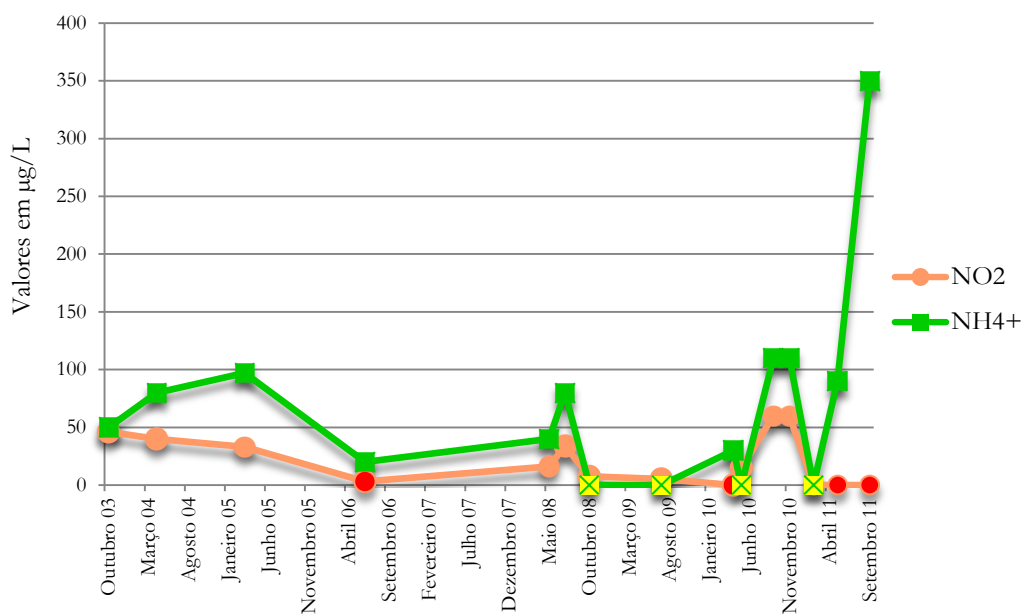


Figura 78 - Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RQ3 da Ribeira Quente.

Nota: ✕ • - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

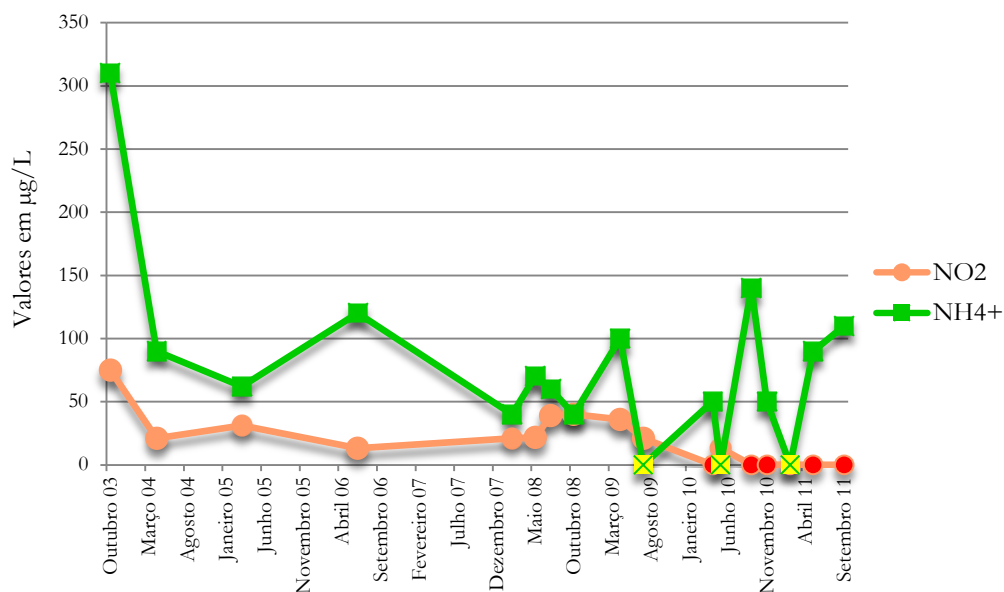


Figura 79 - Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RQ4 da Ribeira Quente.

Nota: ✕ • - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

A condutividade da água no ponto RQ2 apresentou uma variação pouco pronunciada, registando-se o valor máximo igual a 179 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o mínimo igual a 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 80). No ponto RQ3, os valores apresentaram uma maior variação e foram mais elevados, estando compreendidos entre 272 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1003 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (média igual a 467,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$). No que se refere ao RQ4, os valores situaram-se entre 44 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 287 $\mu\text{S}/\text{cm}$, apurando-se a média de 376,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Anexo I).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

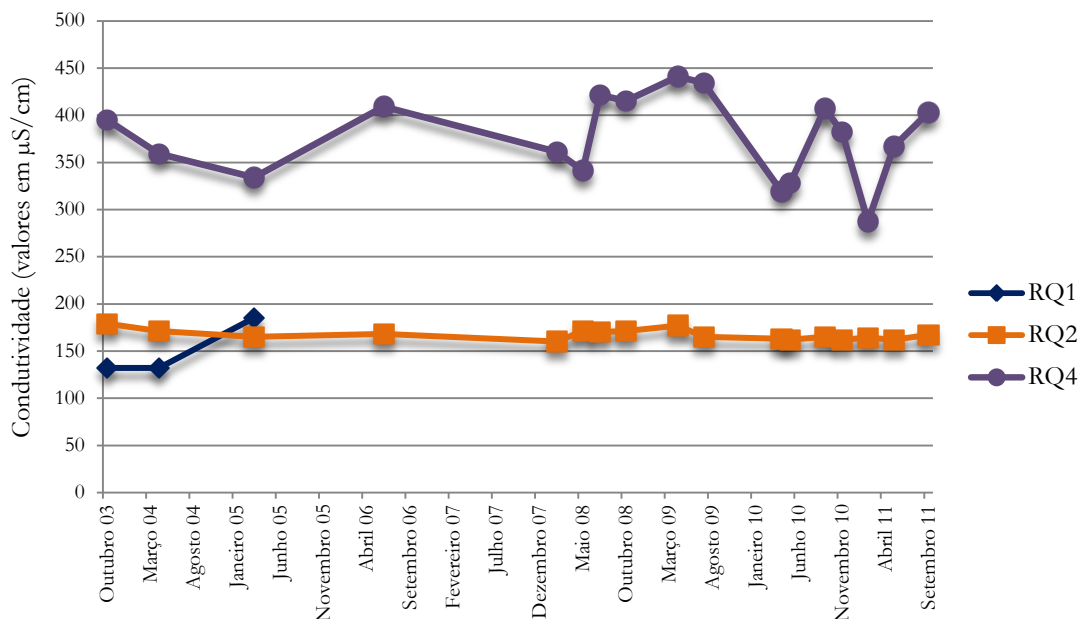


Figura 80 – Variações da condutividade nos pontos de amostragem RQ1, RQ2 e RQ4 da Ribeira Quente.

No que concerne aos parâmetros sódio, cloreto e sulfato, constatou-se que no ponto de amostragem RQ2, os valores de desvio padrão foram muito baixos. A concentração de Na situou-se entre 18 mg/L e 21 mg/L; de Cl entre 15 mg/L e 18 mg/L e de SO₄ entre 3,4 mg/L e 6,1 mg/L (Figura 81). Relativamente ao ponto RQ3, os resultados foram superiores em todos os parâmetros, e o sódio teve um valor médio de 95,8 mg/L e um máximo igual a 180 mg/L. A média do cloreto foi igual a 53,5 mg/L, com um máximo de 125 mg/L, e a média do sulfato foi igual a 14 mg/L, com um máximo de 33 mg/L (Anexo I). Todos os valores máximos foram registados em Julho de 2009 (Figura 82). Na foz da ribeira, RQ4, os valores médios foram mais baixos que no RQ3, com 68,9 mg/L para o Na; 37,8 mg/L para CL e 8,6 mg/L para o SO₄ (Figura 83 e Anexo I).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

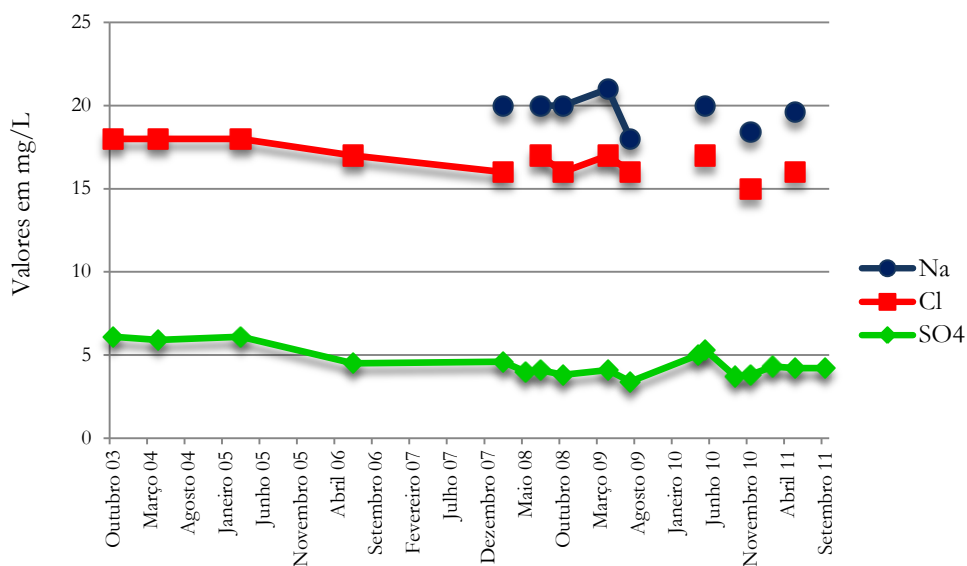


Figura 81 – Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RQ2 da Ribeira Quente.

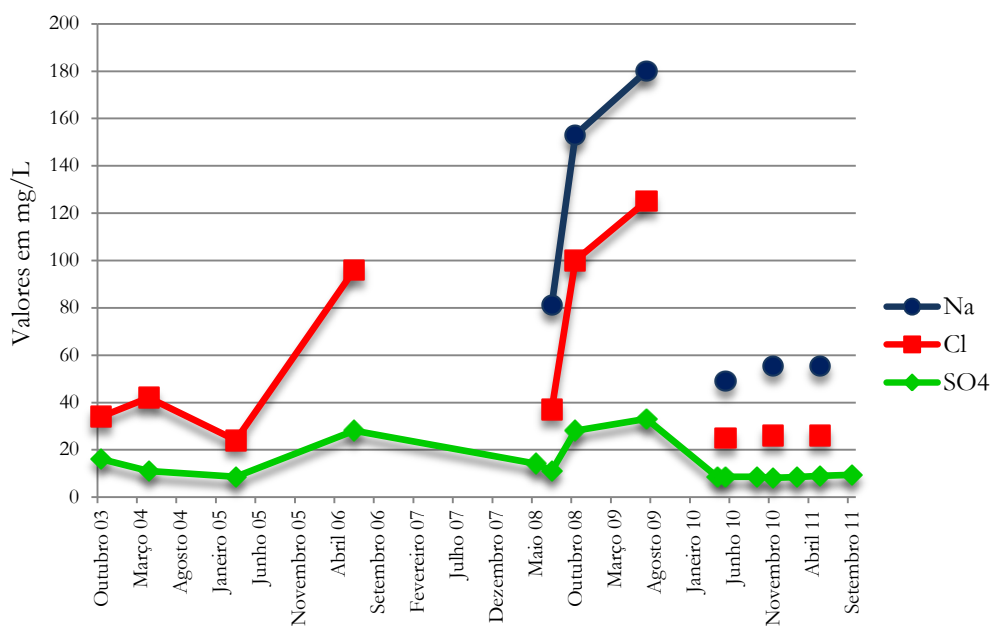


Figura 82 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RQ3 da Ribeira Quente.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

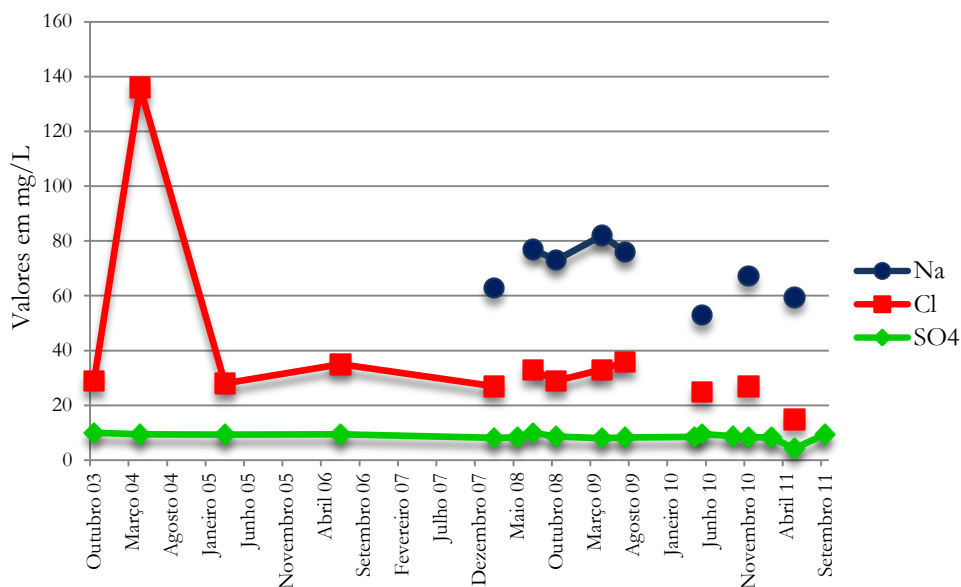


Figura 83 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RQ4 da Ribeira Quente.

6.1.6. RIBEIRA GRANDE

Entre 2003 e 2011 foram realizadas 71 colheitas na Ribeira Grande distribuídas por cinco pontos de amostragem (Figura 84).

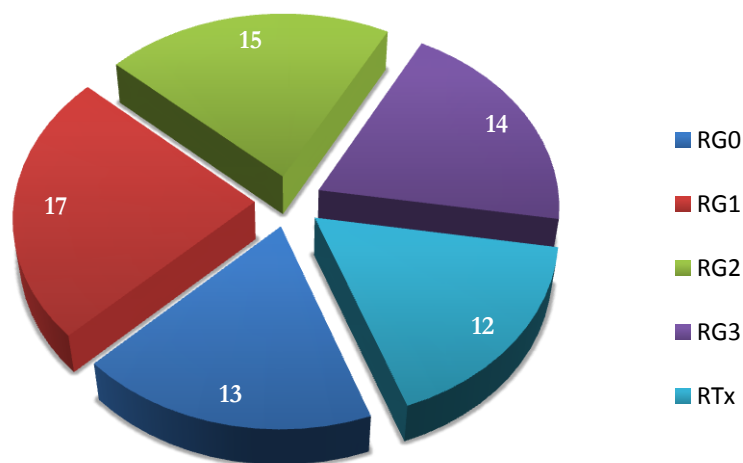


Figura 84 – Distribuição do número de amostras realizadas na Ribeira Grande.

No que concerne aos valores de pH registados nos pontos de amostragem RG0 e RG1 verificou-se que estes foram muito próximos de 6 unidades de pH, com poucas exceções, o que indica uma água com características um pouco ácidas (Figuras 85 e 86). No

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

ponto RG2, constatou-se que também ocorreu uma variação pouco significativa dos valores, porém, estes situaram-se próximo de 8 unidades de pH (Figura 87). No ponto RG3, os valores, ao longo do tempo, foram superiores aos verificados nos restantes pontos: com valores superiores a 8 unidades de pH e com máximo de 9,3 unidades de pH em Abril de 2008, o que indica uma água com características básicas (Figura 88). No ponto RTX, o pH situou-se entre 5,6 e 8 unidades de pH, com um valor médio igual a 7,3 (Anexo I).

A temperatura mais elevada foi verificada no ponto de amostragem RG3, com valores situados entre 14,5°C e 23°C (média igual a 19,1°C; Figura 88 e Anexo I). Nos restantes pontos de amostragem, também se verificaram variações na temperatura, registando-se os seguintes valores médios 15,7°C para RG0; 14,6°C para RG1; 16,3°C para RG2 e 16,4°C para RTX (Anexo I).

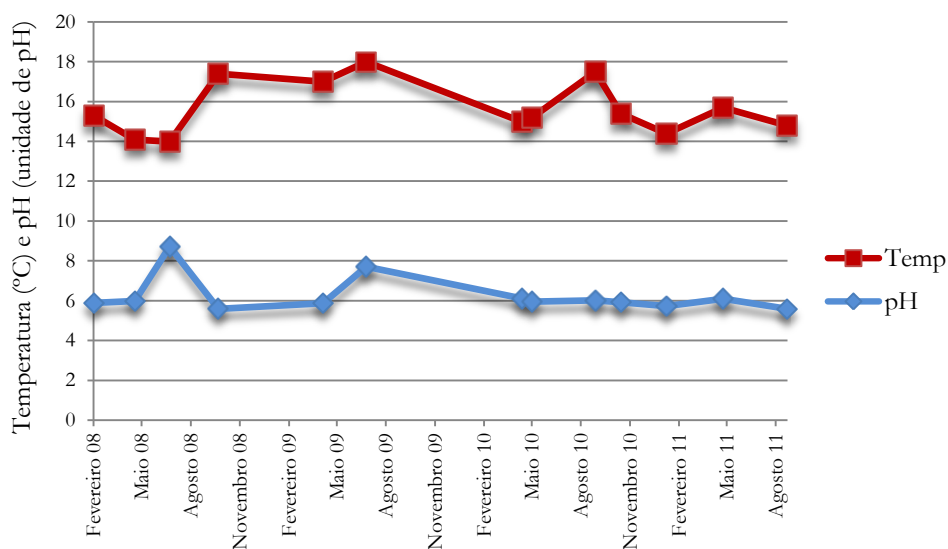


Figura 85 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RG0 da Ribeira Grande.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

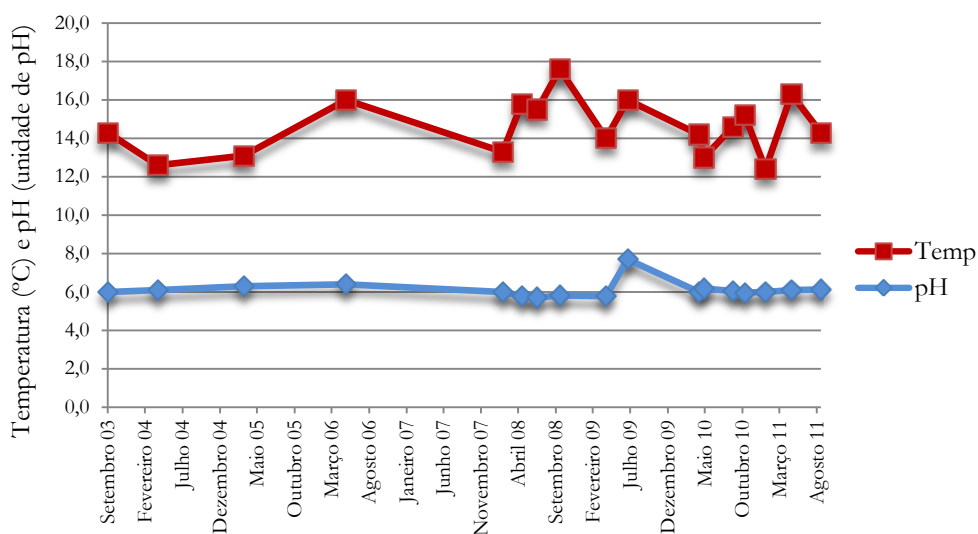


Figura 86 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RG1 da Ribeira Grande.

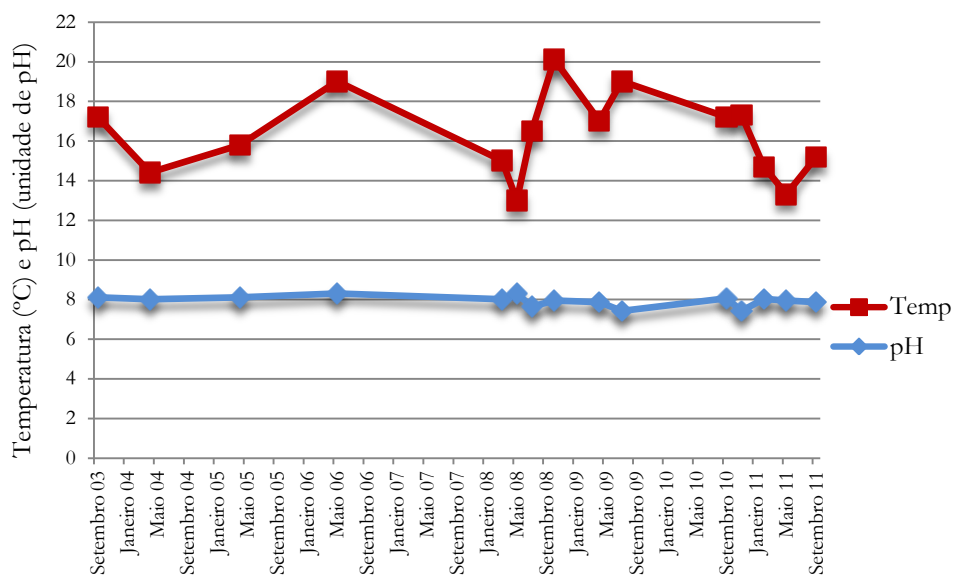


Figura 87 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

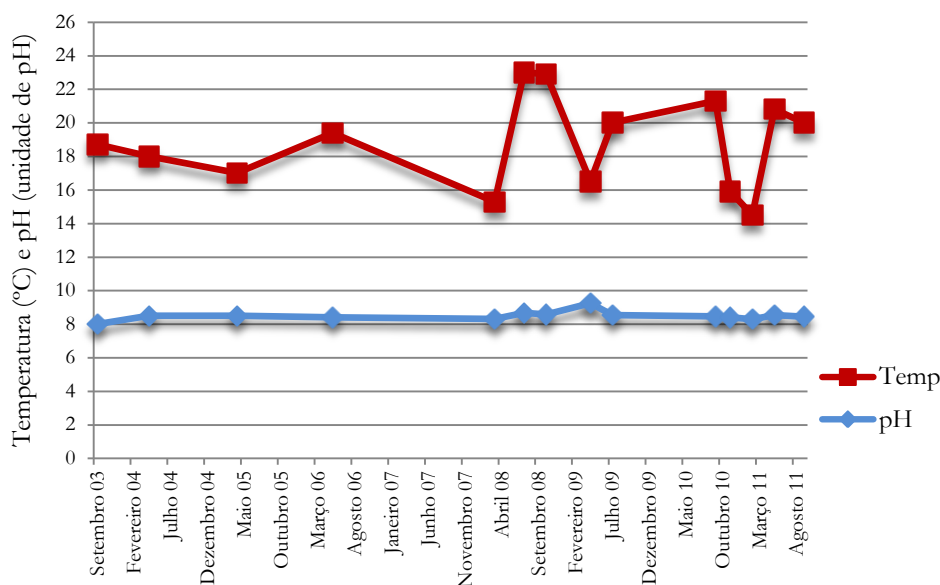


Figura 88 - Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.

Relativamente ao parâmetro SST, a maioria dos resultados no ponto RG0 foram inferiores ao limite de quantificação, porém, registou-se o valor máximo de 46 mg/L em Abril de 2009 (Anexo I). Nos pontos de amostragem RG1, RG2 e RTX, pelo menos os últimos três resultados foram inferiores ao limite de quantificação (Figuras 89, 90 e 92). Todavia, no RG2 e RTX registaram-se os valores mais elevados com 136 mg/l (Março de 2008) e 170 mg/L (Setembro de 2010), respetivamente (Figuras 90 e 92). No ponto RG3, verificou-se variação dos valores ao longo do tempo, no entanto no período de Julho 2008 a Abril de 2009 e de Novembro de 2010 a Setembro de 2011, os resultados foram inferiores a 7 mg/L (Figura 91).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

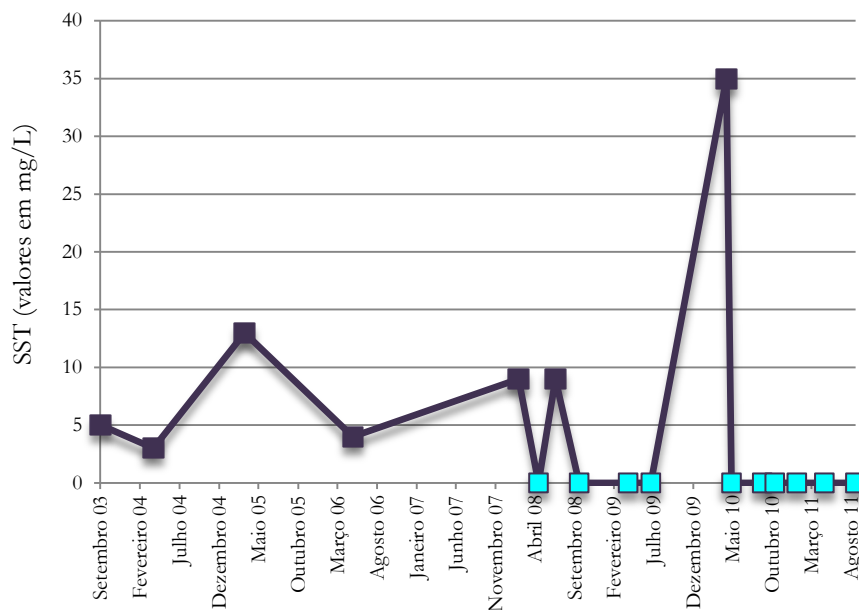


Figura 89 – Variações da concentração de sólidos suspensos totais no ponto de amostragem RG1 da Ribeira Grande.

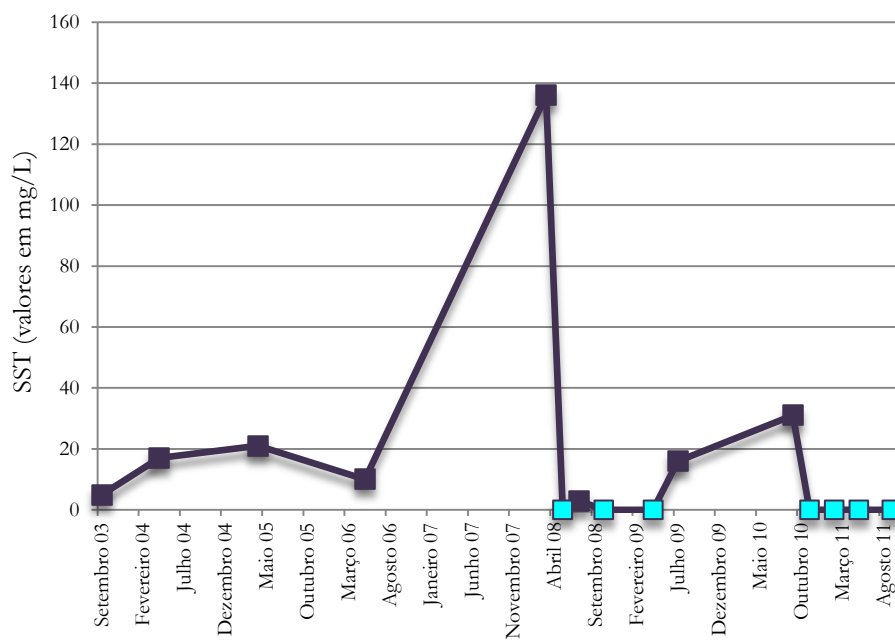


Figura 90 - Variações da concentração de sólidos suspensos totais no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

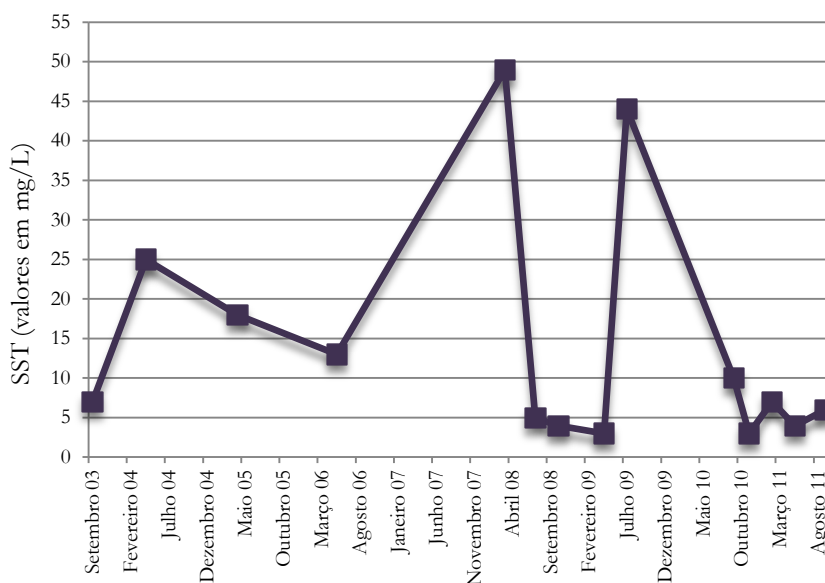


Figura 91 - Variações da concentração de sólidos suspensos totais no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.

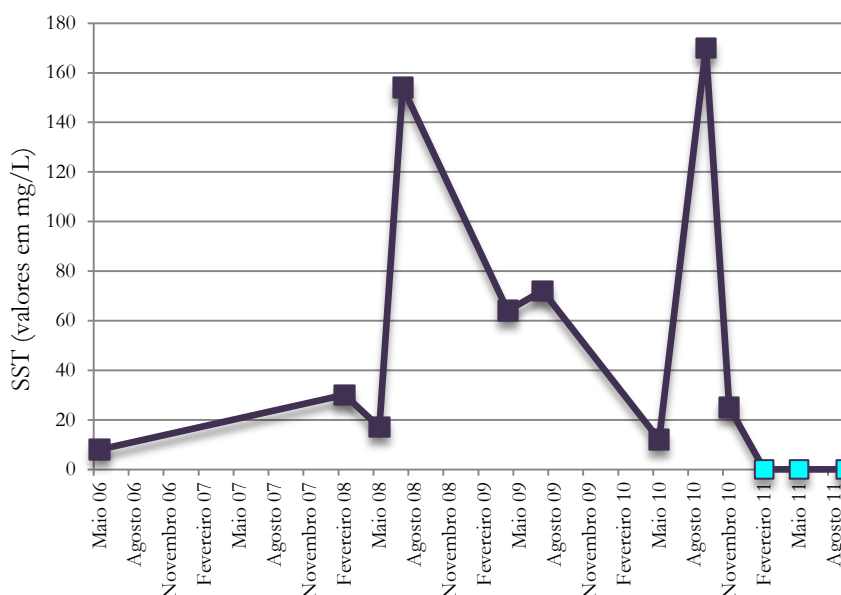


Figura 92 - Variações da concentração de sólidos suspensos totais no ponto de amostragem RTX da Ribeira Grande.

A concentração de fósforo total no ponto RG0 situou-se entre 27 $\mu\text{g/L}$ e 83 $\mu\text{g/L}$, destacando-se os valores mais elevados a partir de Novembro de 2010 (Figura 93). No ponto RG1, os valores foram inferiores, estando compreendidos entre 20 $\mu\text{g/L}$ e 60 $\mu\text{g/L}$ (média igual a 39,2 $\mu\text{g/L}$; Anexo I). Em relação ao ponto RG2, observaram-se os resultados mais elevados, registando-se valores acima dos 60 $\mu\text{g/L}$, com um máximo de 136 $\mu\text{g/L}$ (Março de 2008; Figura 94). Os resultados do ponto RTX foram muito semelhantes aos observados no ponto RG3, com valores superiores a 77 $\mu\text{g/L}$, verificando-se valores médios iguais a 125,4 $\mu\text{g/L}$ e 104,1 $\mu\text{g/L}$, respetivamente (Figuras 95

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

e 96 e Anexo I). Mais se verificou que os valores aumentaram nos pontos RG0, RG2, RG3 e RTX, a partir de Outubro de 2010.

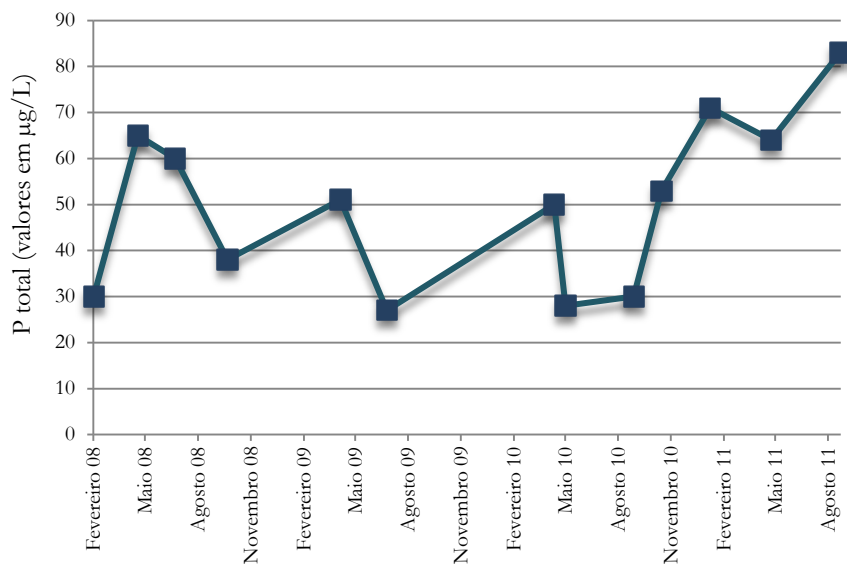


Figura 93 – Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RG0 da Ribeira Grande.

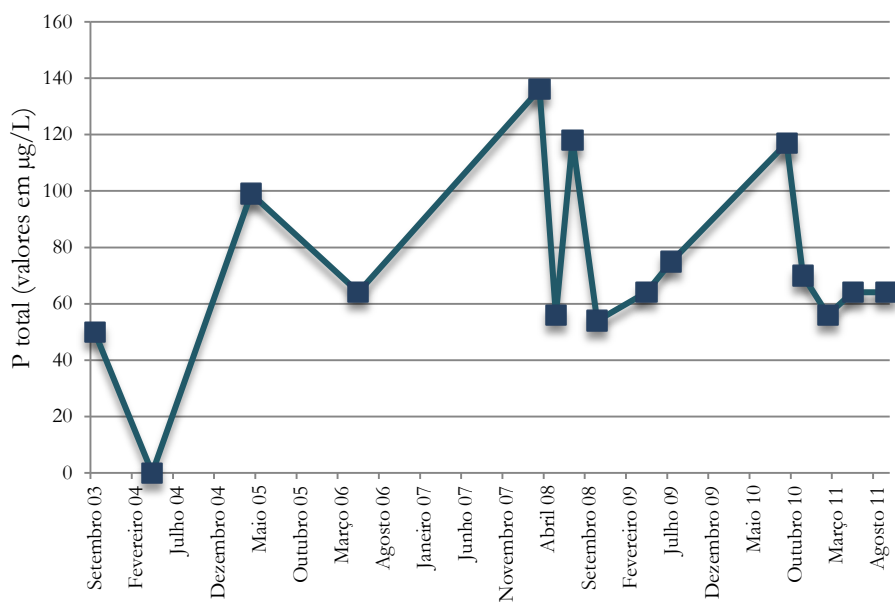


Figura 94 - Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

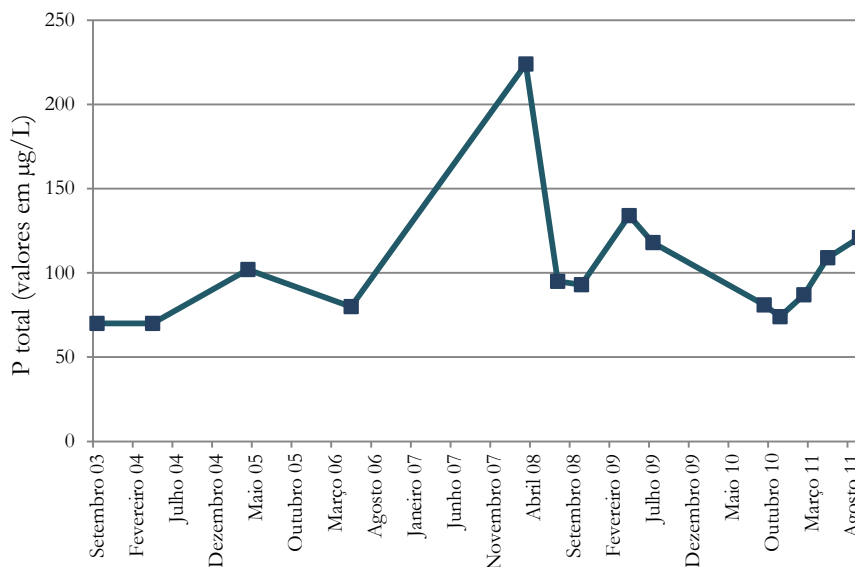


Figura 95 - Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.

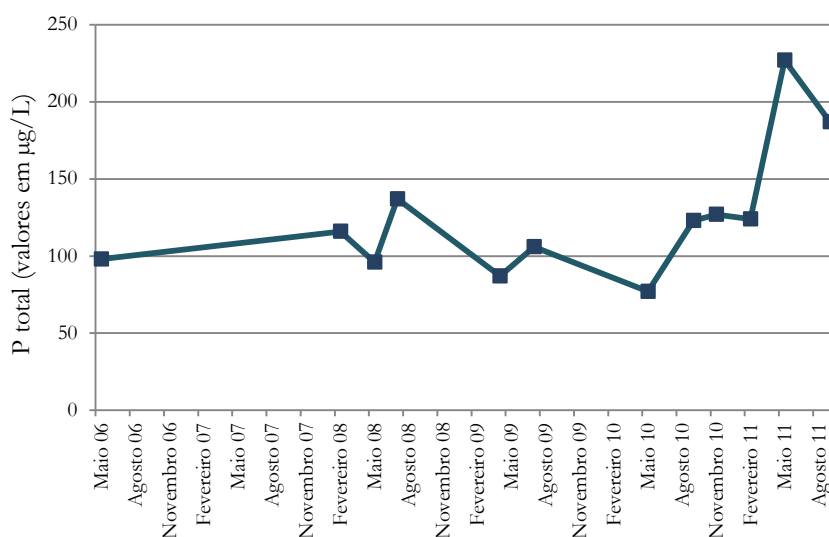


Figura 96 - Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RTX da Ribeira Grande.

No ponto RG0, a maioria das concentrações de nitrito e amónio foram inferiores ao limite de quantificação. O nitrito, nos pontos RG1 e RG2, apresentou valores inferiores a 9 µg/L e, nos anos de 2010 e 2011, os valores foram inferiores ao L.Q. (Figuras 97 e 98). Os valores médios foram iguais a 4 µg/L e 5,3 µg/L, respetivamente (Anexo I). Em relação ao amónio, a maioria dos valores registados foram inferiores ao L.Q., apresentando o valor máximo igual a 40 µg/L para RG1 e a 30 µg/L para RG2. A concentração de nitrito no ponto RG3 foi superior aos restantes, contudo a maioria dos valores foi inferior a 50 µg/L. O valor máximo foi igual a 330 µg/L (Abril de 2009; Figura 99). No RTX, o nitrito registou o valor máximo (25 µg/L) em Maio de 2006 e Abril de 2009. Após Maio de 2010 os valores foram inferiores ao L.Q. A média foi igual a 12 µg/L (Anexo I).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

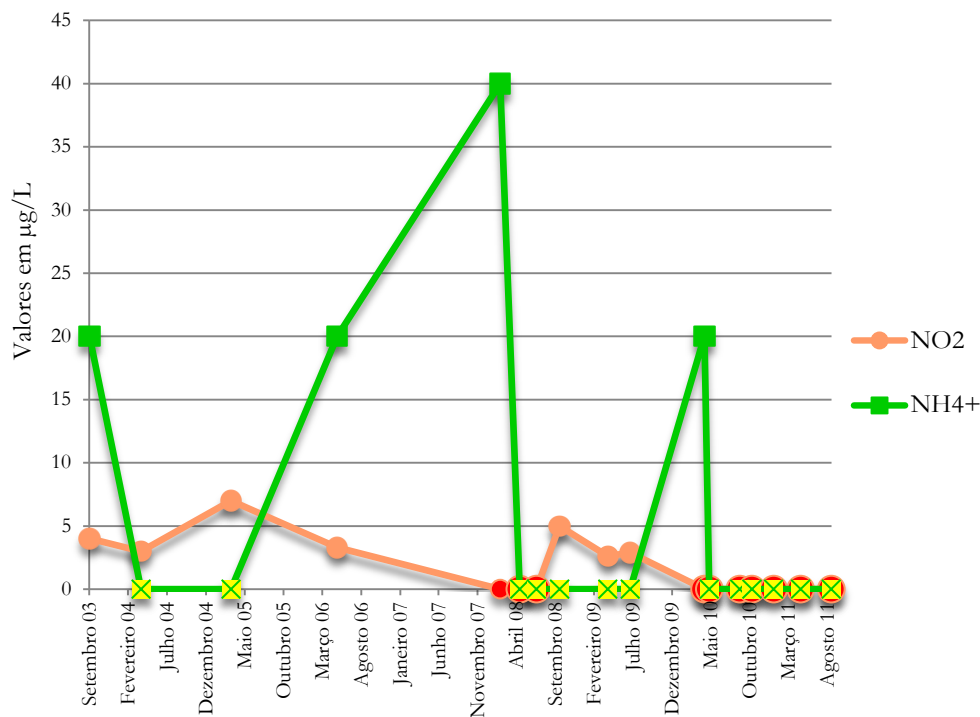


Figura 97 - Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RG1 da Ribeira Grande.

Nota: ☒ * - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

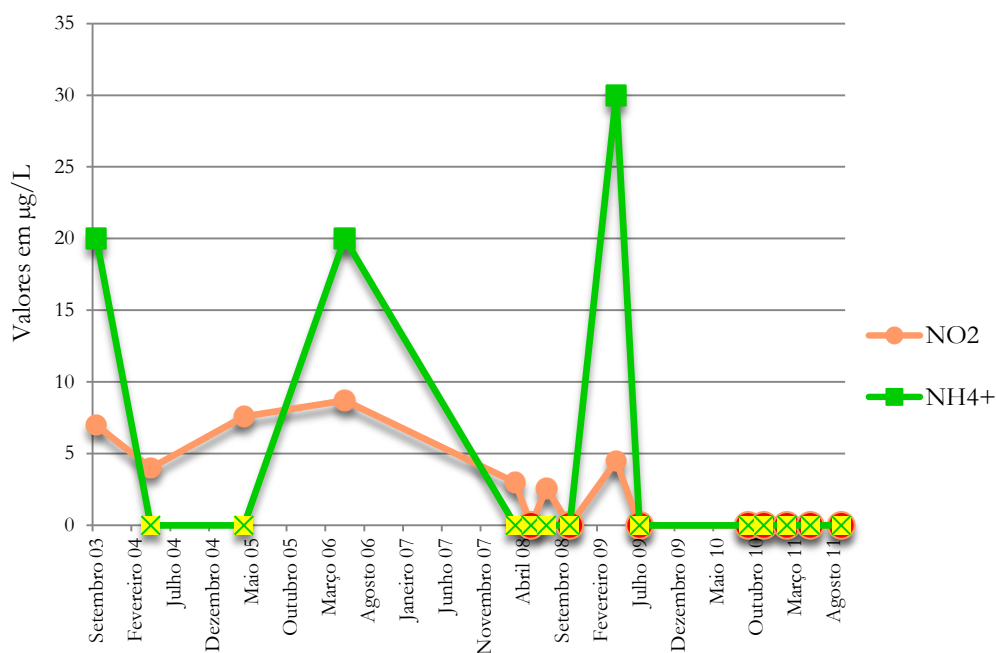


Figura 98 - Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.

Nota: ☒ * - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

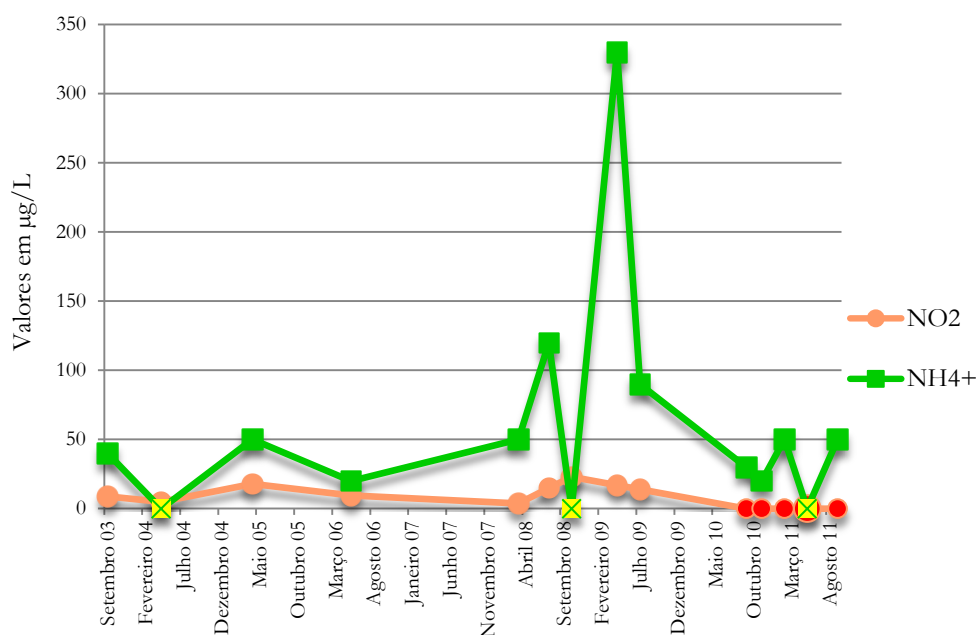


Figura 99 – Variações da concentração do nitrito e amónio no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.

Nota: ✕ • - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

No ponto RG1, a concentração de nitrato diminuiu ao longo do tempo, embora não de forma constante, com uma média igual a 1 mg/L (Anexo I). A concentração nos pontos RG2 e RG3 foram superiores, atingindo-se o máximo em Novembro 2010 (4,1 mg/L) e em Março de 2008 (3,4 mg/L), respetivamente. No ponto RTX, os valores situaram-se entre 1,2 mg/L e 2 mg/L, com uma média igual a 1,6 mg/L (Anexo I).

Em todos os pontos de amostragem, a condutividade variou de forma não constante, situando-se entre 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nos pontos RG0, RG1 e RG2 (Anexo I). Todavia, os máximos dos pontos RG3 e RTX foram bastante superiores, atingindo 1030 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no RG3 e 1160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no RTX (Anexo I). Observou-se que ocorreu o aumento deste parâmetro no ponto RTX, a partir de Maio de 2010 (Figura 100).

Relativamente aos parâmetros Cl e SO_4 , constatou-se que, no ponto RG0, os valores do desvio padrão foram baixos (Anexo I). No ponto RG1, o valor máximo do sódio foi igual a 42 mg/l (Outubro de 2008), estando os restantes valores próximos de 20 mg/L. O cloreto registou valores entre 10 mg/L e 15 mg/L (Figura 101). Nos pontos RG2 e RG3, os valores de Na e Cl apresentaram uma variação maior, verificando-se os seguintes valores de desvio padrão: 52 mg/L para Na e 56,2 mg/L para Cl (Anexo I). O sulfato apresentou valores com alterações pouco significativas em todos os pontos de amostragem

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

(Figuras 102 e 103). No ponto RTX, os parâmetros Na e Cl tiveram a mesma variação de valores e o sulfato atingiu o valor máximo em Julho de 2008 (146 mg/L; Figura 104).

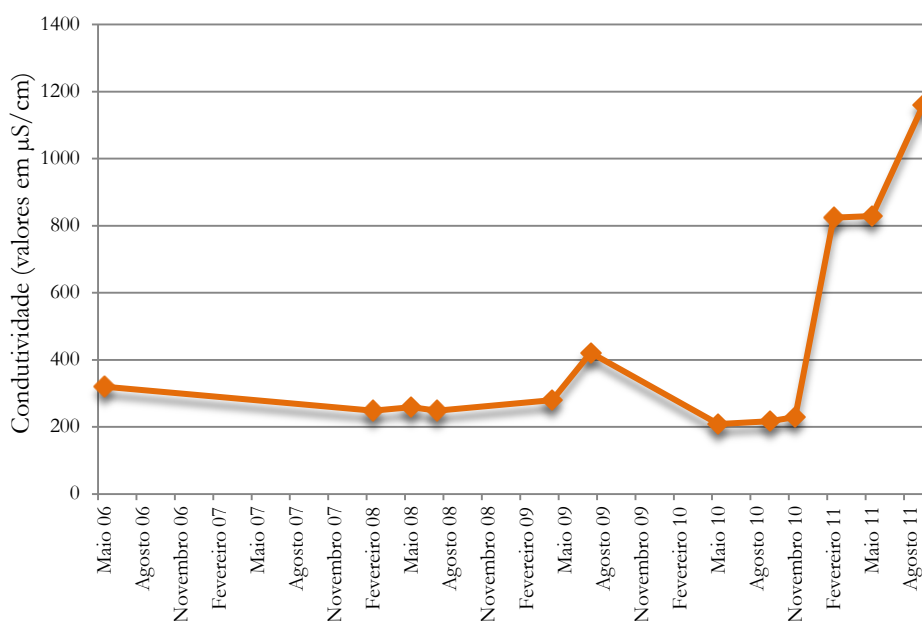


Figura 100 – Variação da condutividade no ponto RTX da Ribeira Grande

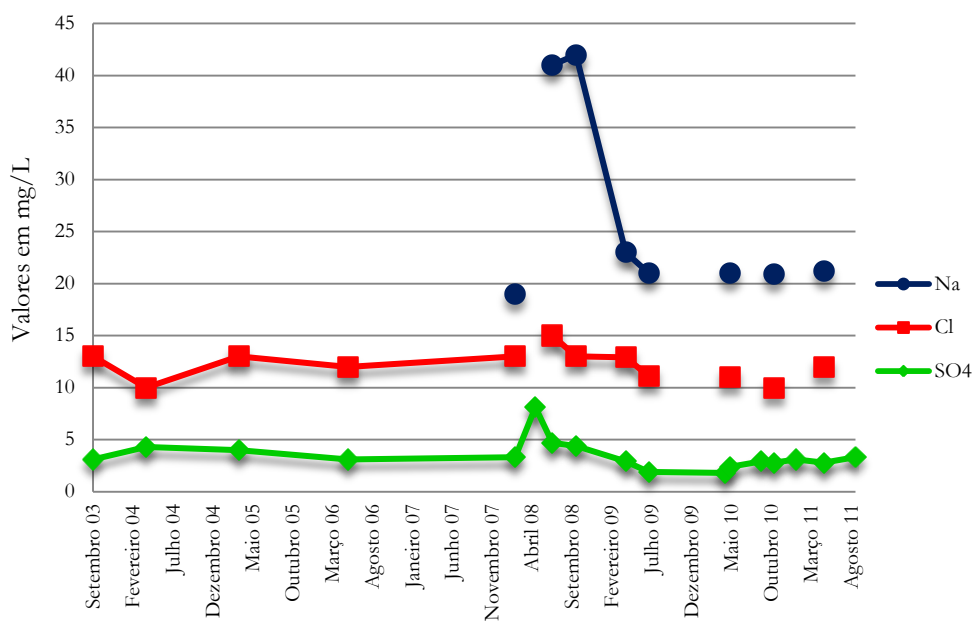


Figura 101 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RG1 da Ribeira Grande.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

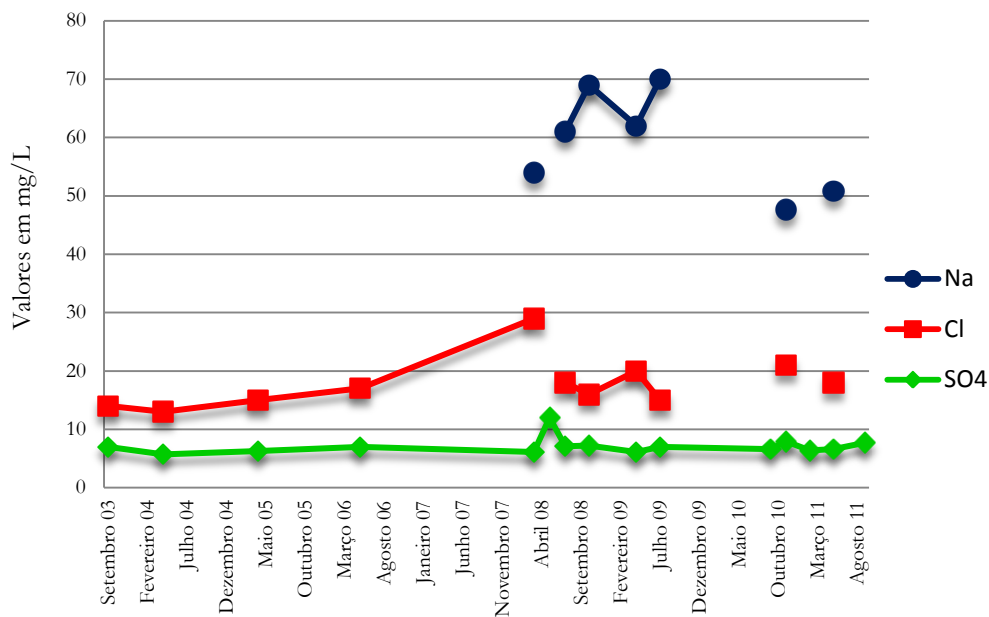


Figura 102 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RG2 da Ribeira Grande.

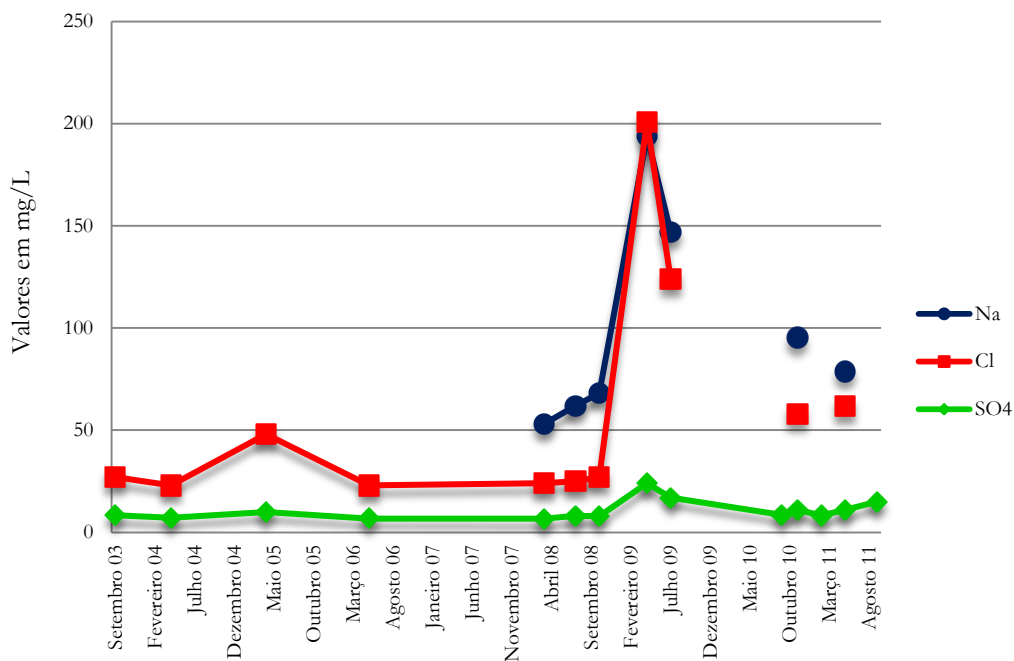


Figura 103 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RG3 da Ribeira Grande.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

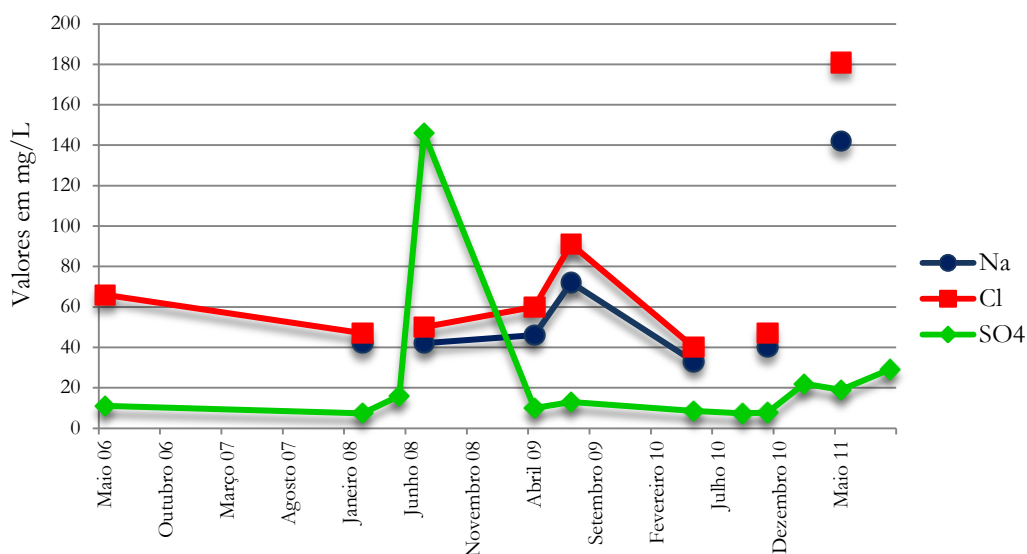


Figura 104 - Variações da concentração de sódio, cloreto e sulfato no ponto de amostragem RTX da Ribeira Grande.

6.1.7. RIBEIRA DA PRAIA

Na Ribeira da Praia foram realizadas 13 colheitas entre 2003 e 2011 num único ponto de amostragem (RP1).

A temperatura situou-se entre os 12,8°C e os 16,5°C (Figura 105), com um valor médio de 14,6°C. O pH apresentou uma variação pouco significativa com um valor médio de 7,5 unidades de pH. No que concerne aos sólidos suspensos totais, apenas em Maio de 2006 se registaram valores superiores ao limite de quantificação (3 mg/L; Anexo I).

A concentração de fósforo total diminuiu ao longo do tempo, registando-se o máximo em Abril de 2009 (64,4 µg/L) e um valor médio igual a 45,6 mg/L (Figura106). Relativamente ao nitrato, constatou-se que em Abril de 2005 se determinou um valor igual a 4,9 mg/L, enquanto nas restantes colheitas foram inferiores ao limite de quantificação (Figura107).

A condutividade registou valores entre 71,2 µS/cm e 113 µS/cm (Figura 108). Neste ponto de amostragem a média da concentração de sódio foi igual a 14,4 mg/L, a de sulfato foi igual a 2,5 mg/L e a de cloreto igual a 12,5 mg/l (Anexo I). A variação do anião cloreto é pouco significativa neste ponto e os resultados do sulfato foram inferiores a 4 mg/L (Figura 109)

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

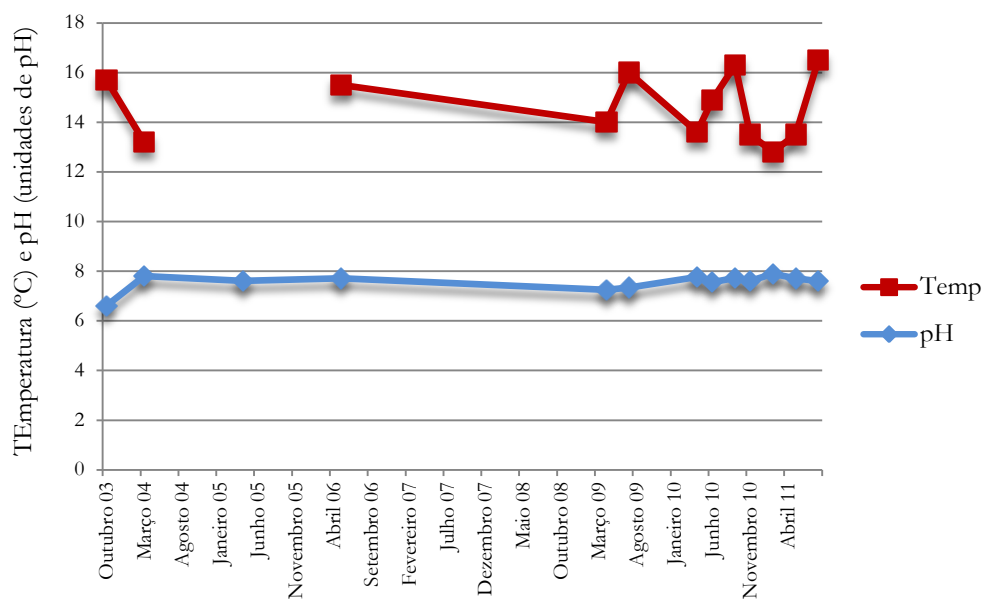


Figura 105 – Variações de temperatura e de pH no ponto de amostragem RP1 da Ribeira da Praia.

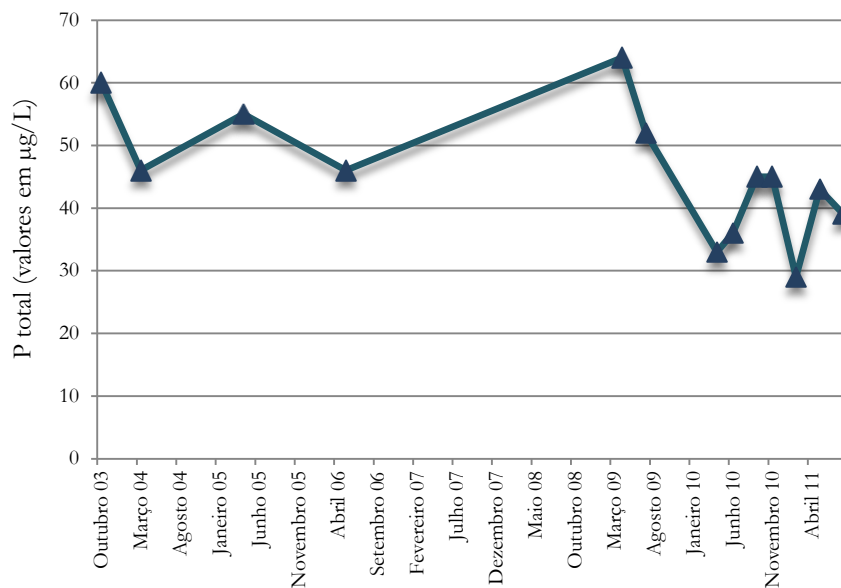


Figura 106 – Variações da concentração de fósforo total no ponto de amostragem RP1 da Ribeira da Praia.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

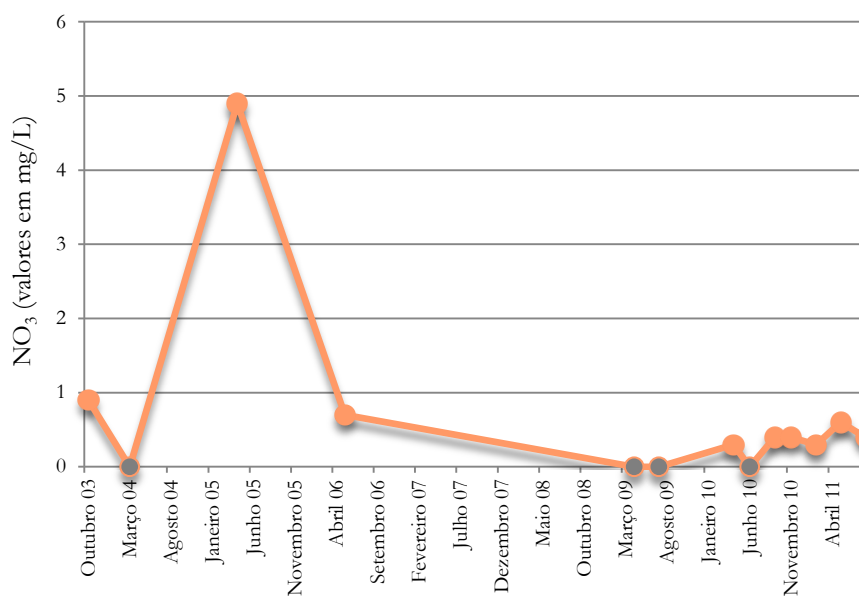


Figura 107 – Variações da concentração de nitrato no ponto de amostragem RP1 da Ribeira da Praia.

Nota: ● - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

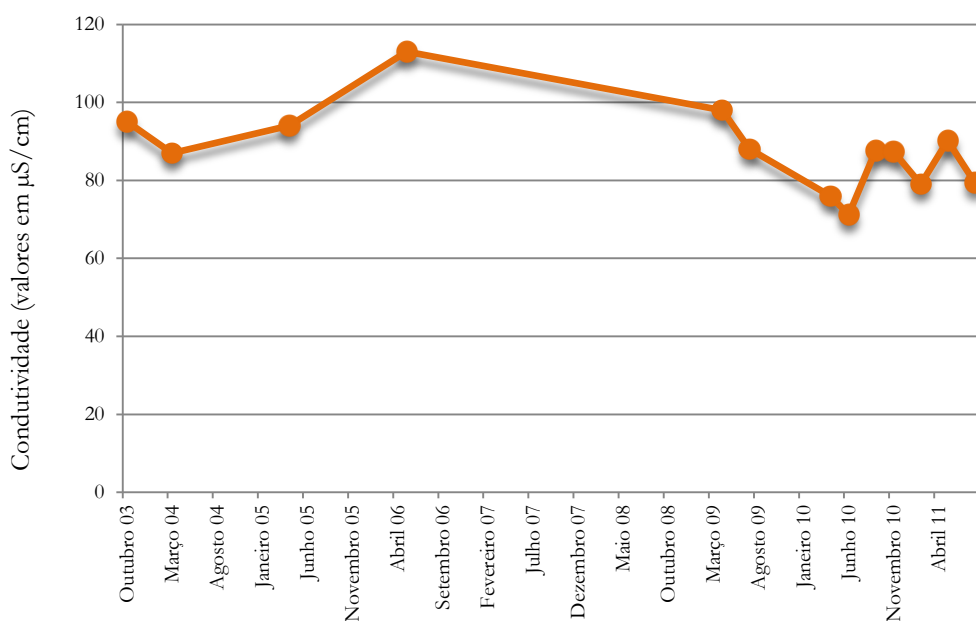


Figura 108 – Variações da condutividade no ponto de amostragem RP1 da Ribeira da Praia.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

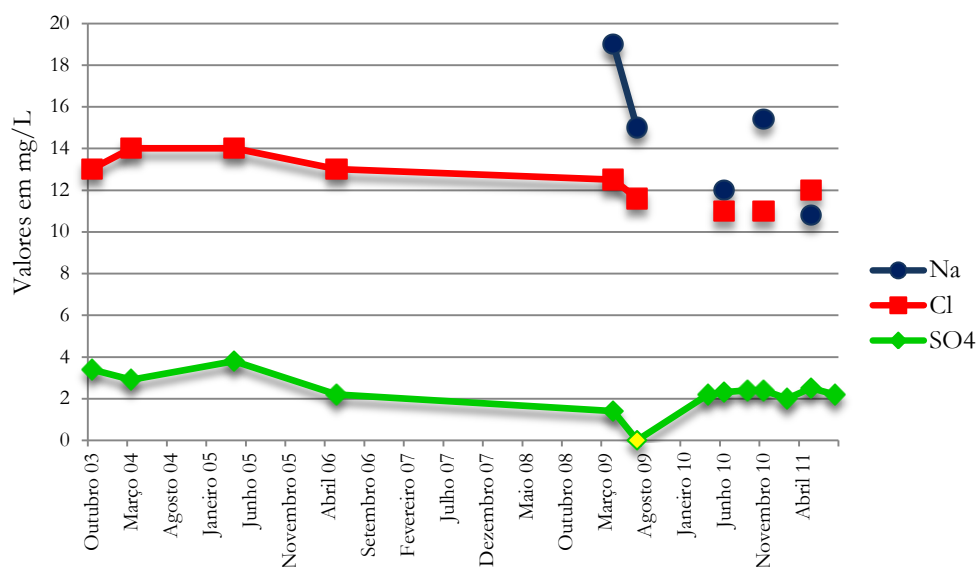


Figura 109 – Variações da concentração de sódio, cloreto, sulfato no ponto de amostragem da Ribeira da Praia.

Nota: - Representam os valores inferiores aos limites de quantificação.

6.2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

A distribuição espacial dos parâmetros físico-químicos e das concentrações iónicas, como temperatura, pH, condutividade, CQO e CBO₅, nitrato, nitrito, amónio, fósforo total, sódio, cloreto e sulfato permite perceber a sua evolução ao longo dos cursos de água e, consequentemente, determinar os impactes do meio envolvente.

Relativamente à temperatura, constatou-se que nas ribeiras Grande, Quente e Faial da Terra ocorreu um aumento deste parâmetro de montante até à foz. Junto da foz, atingiu-se temperaturas superiores a 19°C nas primeiras, enquanto na ribeira do Faial da Terra o valor foi mais baixo (15°C a 17°C). Na ribeira da Povoação a temperatura situou-se entre 15°C e 17°C em praticamente todos os pontos de monitorização, com exceção do RPV3, que registou um valor mais baixo (14,9°C; Anexo II). Na Ribeira do Caldeirões não se observou alteração da temperatura ao longo do curso de água (Figura 110).

No que concerne ao pH, constatou-se que os valores registados se distribuíram numa gama entre 7,5 e 8 unidades de pH, em praticamente todas as ribeiras (Figura 111). As ribeiras dos Caldeirões e do Guilherme não apresentaram alterações nos valores de pH ao longo do seu curso. No entanto, observou-se nas ribeiras Grande e Faial da Terra um aumento destes valores de montante à foz: os valores a montante foram, respetivamente

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

iguais a 6 e 7,1 unidades de pH, enquanto na foz destas os valores foram, respetivamente 8,5 e 8,1 unidades de pH. Na Ribeira Quente, o valor a montante e na foz situou-se na mesma gama. Todavia, no troço mediano do curso de água, os valores diminuíram até 6,9 (Anexo II). O pH, na Ribeira da Povoação, apresentou valores mais elevados no meio do curso de água (8 e 8,5).

Os valores mais elevados de condutividade registaram-se nos locais de amostragem próximos da foz das ribeiras (Figura 112). Salienta-se o aumento deste parâmetro de forma continua na Ribeira Grande, registando-se a montante valores entre 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 191 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e na foz entre 323 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Na Ribeira Quente, os valores também foram elevados nos pontos mais a jusante. A Ribeira da Povoação apresentou valores entre 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 191 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto mediano do curso de água e, a montante e na foz, os valores situaram-se entre 191 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 257 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nas restantes ribeiras não se verificou alterações significativas ao nível da distribuição espacial.

Ao longo do curso da Ribeira dos Caldeirões constatou-se que a concentração do nitrato aumentou, de 3,6 mg/L para 8,5 mg/L (Anexo II). A mesma situação foi observada nas ribeiras Quente, Grande e Faial da Terra, mas de forma menos acentuada, registando-se no período estudado valores máximos junto à foz entre 1,9 mg/L a 3,6 mg/L, para as primeiras, e 3,6 mg/L a 5,2 mg/L para a última. A Ribeira da Povoação apresentou valores elevados, com relevo para o ponto RPV3, onde se determinou valores entre 6,9 mg/L e 8,5 mg/L (Figura 113).

A concentração de nitrito na Ribeira Quente diminuiu até à foz a partir do ponto RQ2 (41 $\mu\text{g}/\text{L}$) atingindo-se 21,8 $\mu\text{g}/\text{L}$ no último troço da ribeira. Nas ribeiras dos Caldeirões e Grande verificou-se um aumento da concentração junto à foz respetiva. Em relação à ribeira da Povoação, salienta-se o ponto RPV3 com valores superiores aos restantes (26 $\mu\text{g}/\text{L}$; Figura 114).

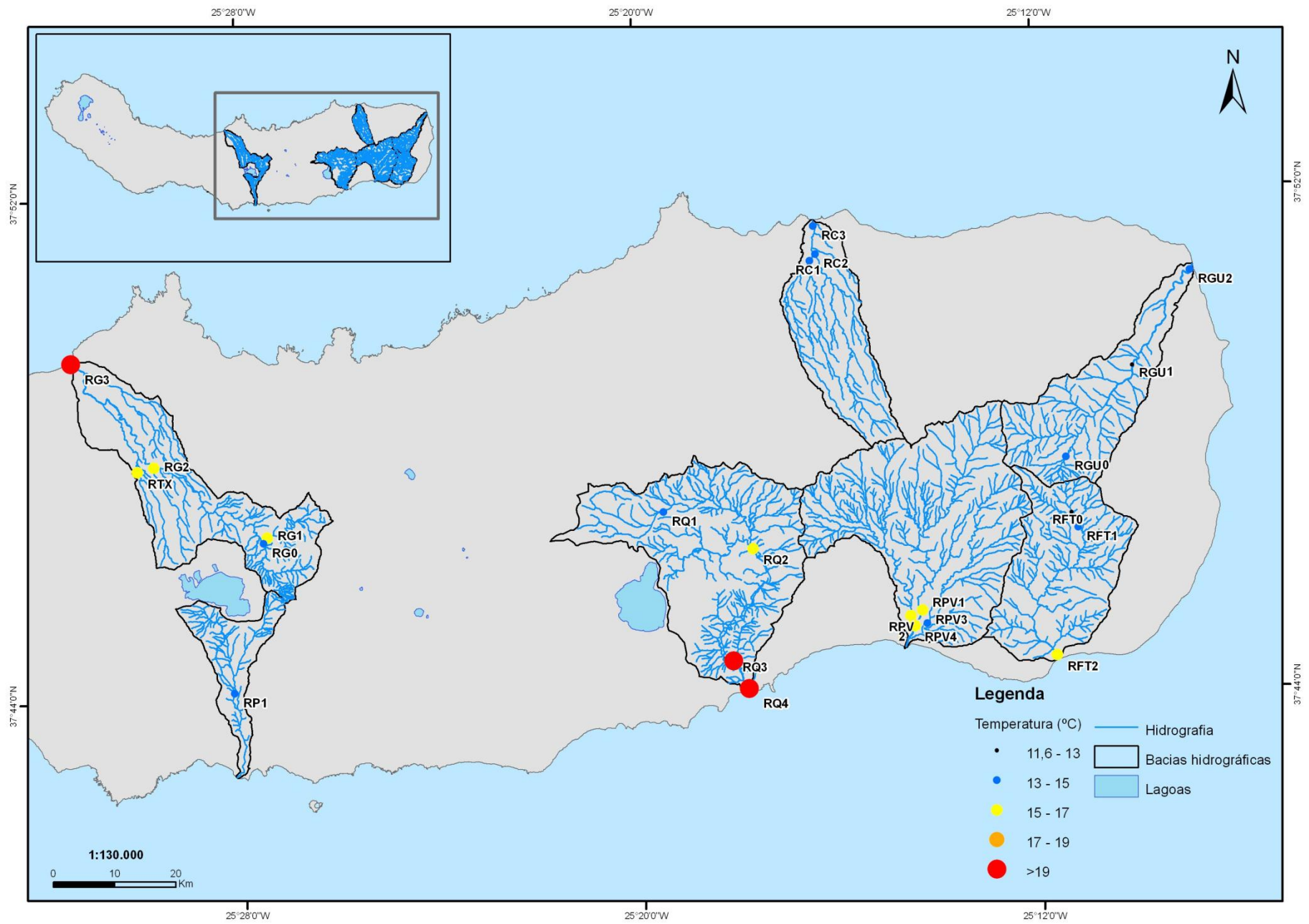


Figura 110 – Distribuição espacial da temperatura (valores da mediana).

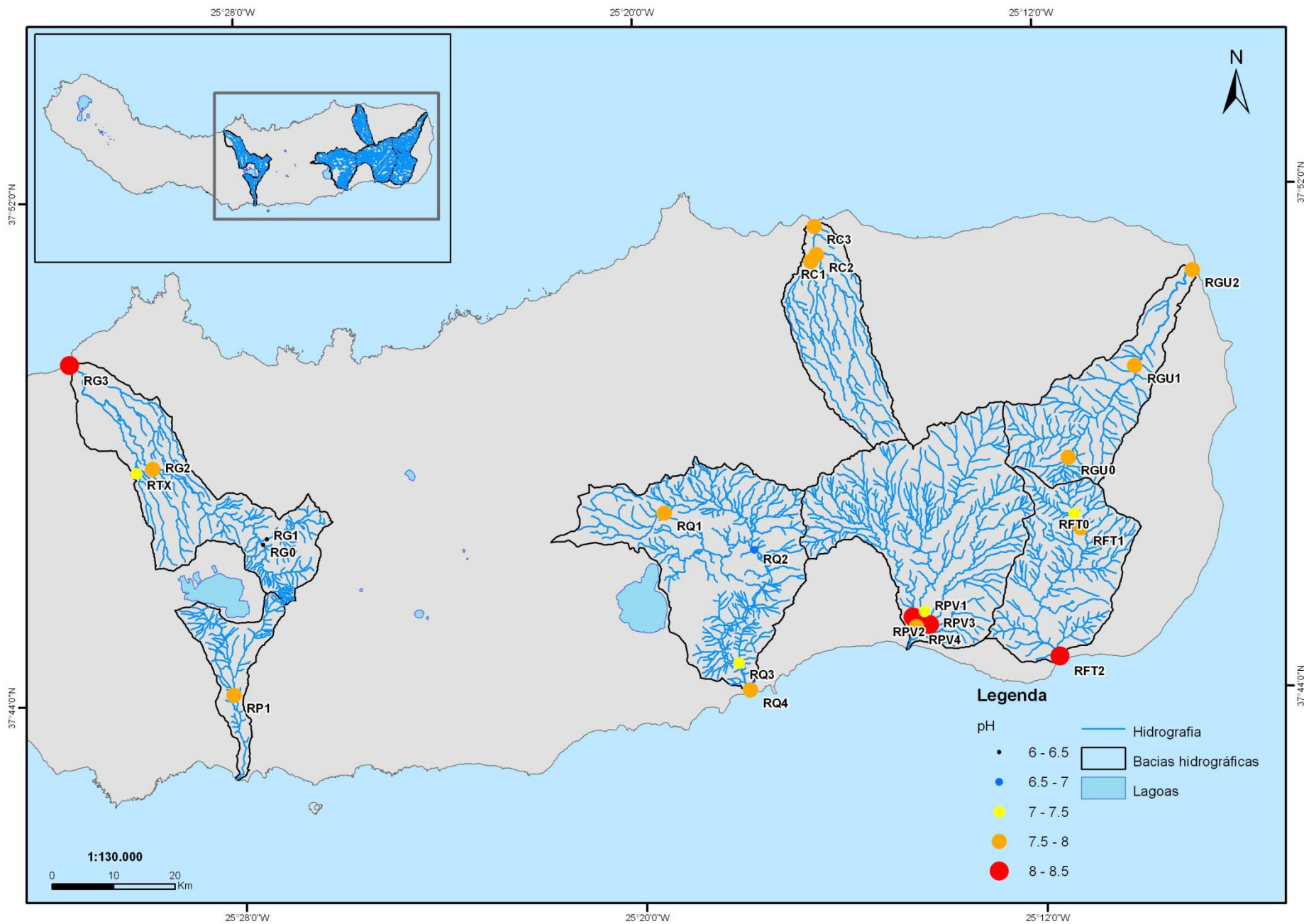


Figura 111 – Distribuição espacial do pH (valores da mediana).

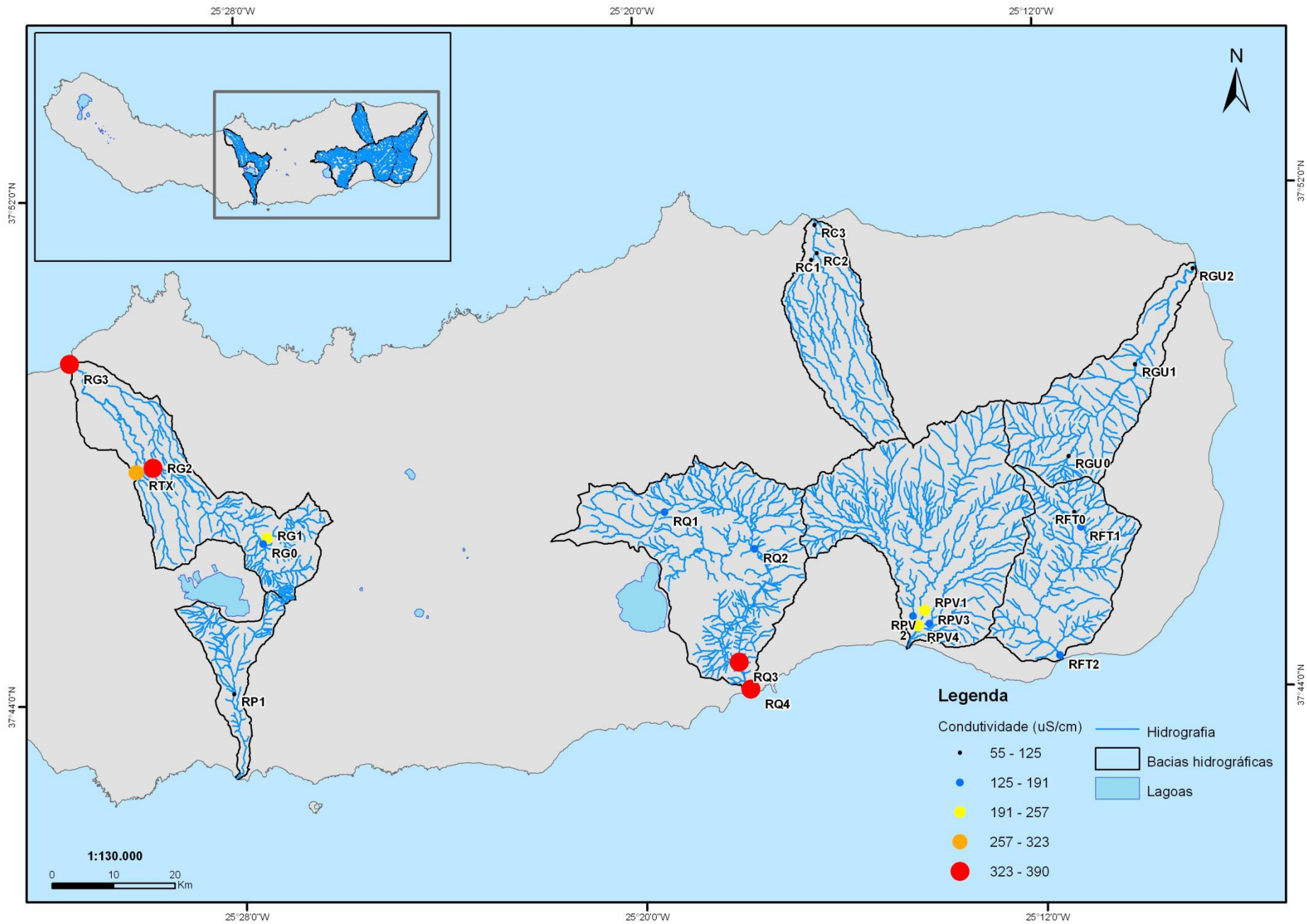


Figura 112 – Distribuição espacial da condutividade (valores da mediana).

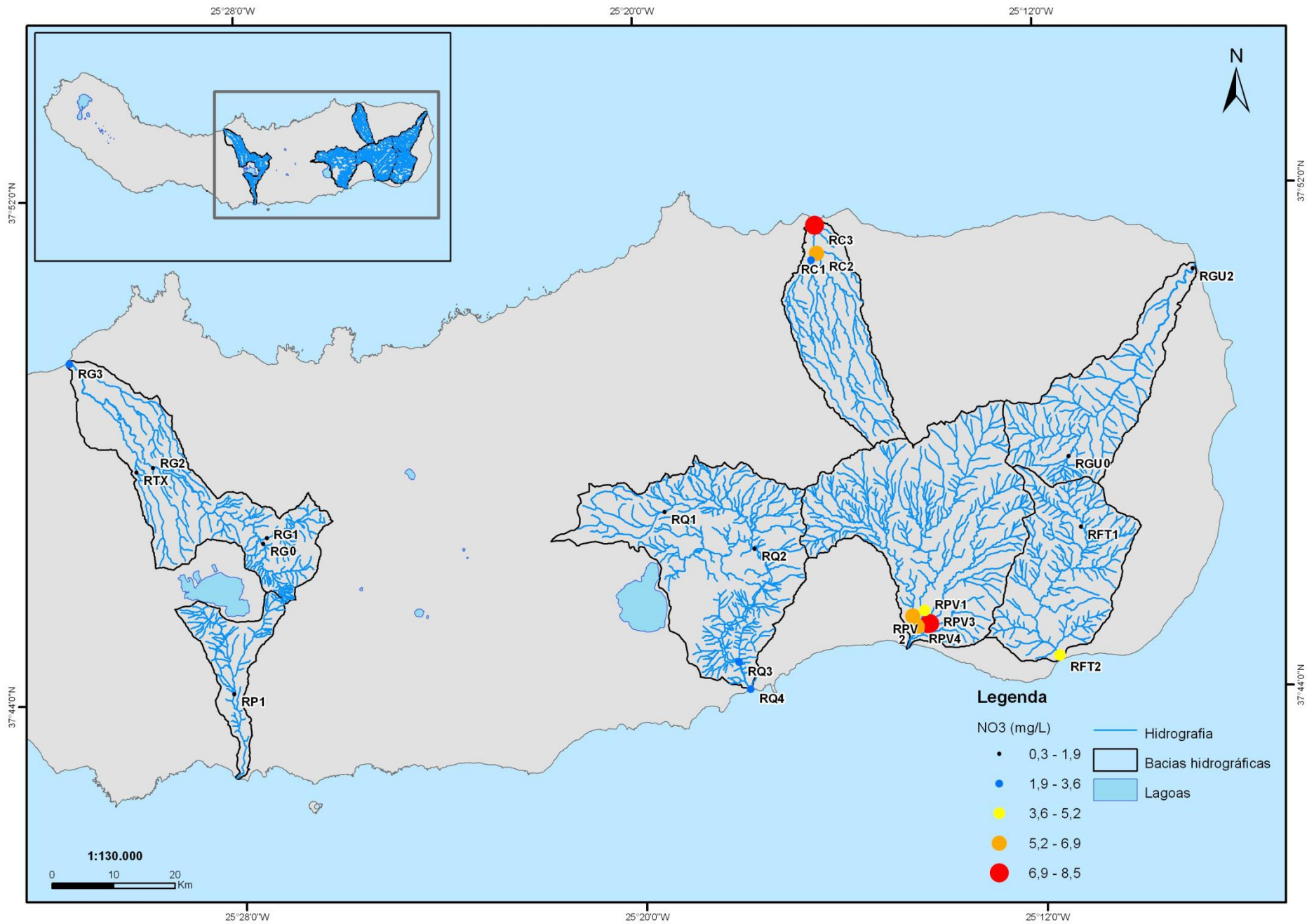


Figura 113 – Distribuição espacial do nitrato (valores da mediana).

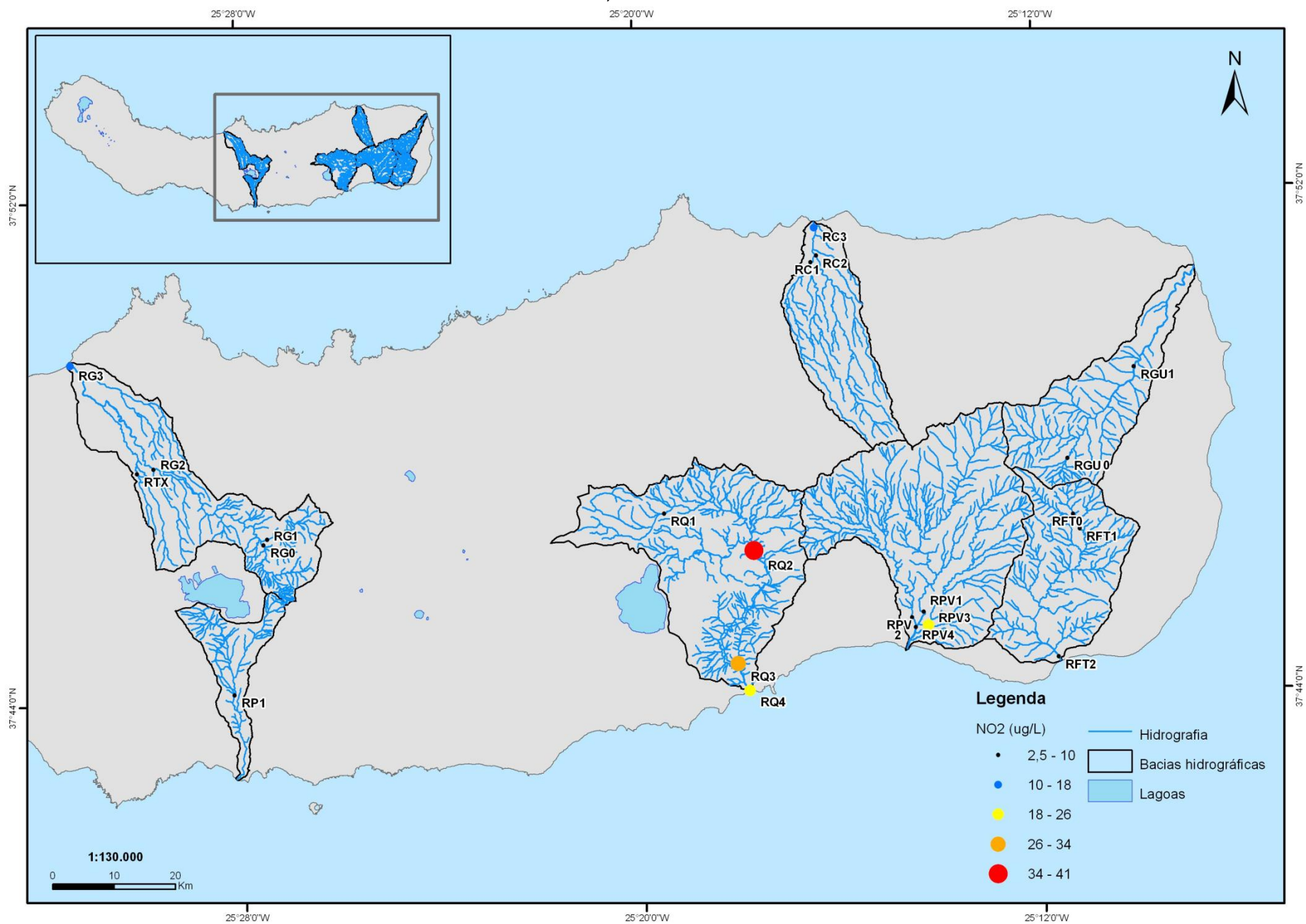


Figura 114 – Distribuição espacial do nitrito (valores da mediana).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

A concentração de NH_4^+ aumentou na Ribeira Quente, do ponto RQ1 (38-52 $\mu\text{g/L}$) para o RQ2 (66-80 $\mu\text{g/L}$), estando os restantes na mesma gama de valores (Figura 115). As restantes ribeiras apresentaram os valores entre 10 $\mu\text{g/L}$ e 24 $\mu\text{g/L}$, constatando-se que este catião apresentou alterações pouco significativas ao longo dos cursos de água.

No que concerne ao fósforo total observou-se, na Ribeira Grande, o aumento da concentração desde a gama 35 $\mu\text{g/L}$ a 62 $\mu\text{g/L}$ registados no RG0 e RG1, para 90 $\mu\text{g/L}$ a 117 $\mu\text{g/L}$ na foz. Salienta-se o ponto RTX onde se registou o valor mais elevado (119,5 $\mu\text{g/L}$; Anexo II). Na Ribeira do Faial da Terra também aumentou a concentração deste elemento ao longo do seu curso, atingindo valores de 62 $\mu\text{g/L}$ a 90 $\mu\text{g/L}$ na foz. Na Ribeira Quente, constatou-se um aumento de 80 $\mu\text{g/L}$, no ponto RQ1 para valores entre 117 e 144 $\mu\text{g/L}$ no ponto RQ2. Os restantes mantiveram-se na mesma gama. Na ribeira da Povoação, o valor mais elevado (110 $\mu\text{g/L}$) verificou-se no ponto RPV2 (Figura 116).

O sódio apresentou valores semelhantes, entre 7 mg/L e 21 mg/L , em praticamente todos os pontos de amostragem, com exceção das ribeiras Grande e Quente (Figura 117). Na Ribeira Grande, observou-se um aumento gradual da concentração deste elemento desde os pontos a montante, com valores entre 21 mg/L e 35 mg/L , até à sua foz. Na Ribeira Quente, os valores mais elevados foram registados nos pontos RQ3 e RQ4, os mais próximos da foz.

O cloreto, tal como acontece no sódio, apresentou poucas alterações ao longo dos cursos de água, na maioria das ribeiras, estando os valores compreendidos na gama dos 10 mg/L a 19 mg/L . As exceções ocorreram na Ribeira Grande, com valor igual a 27 mg/L na foz, e no ponto RTX, onde se registou o valor mais elevado de todas as ribeiras (55 mg/L ; Anexo II). Nas Ribeiras Quente e do Faial da Terra registou-se um aumento da concentração nos pontos mais próximos da foz, nomeadamente, nos pontos RQ3 e RQ4 com valores entre 28 mg/L e 37 mg/L e, no ponto RFT2, com valores entre 19 mg/L e 28 mg/L (Figura 118).

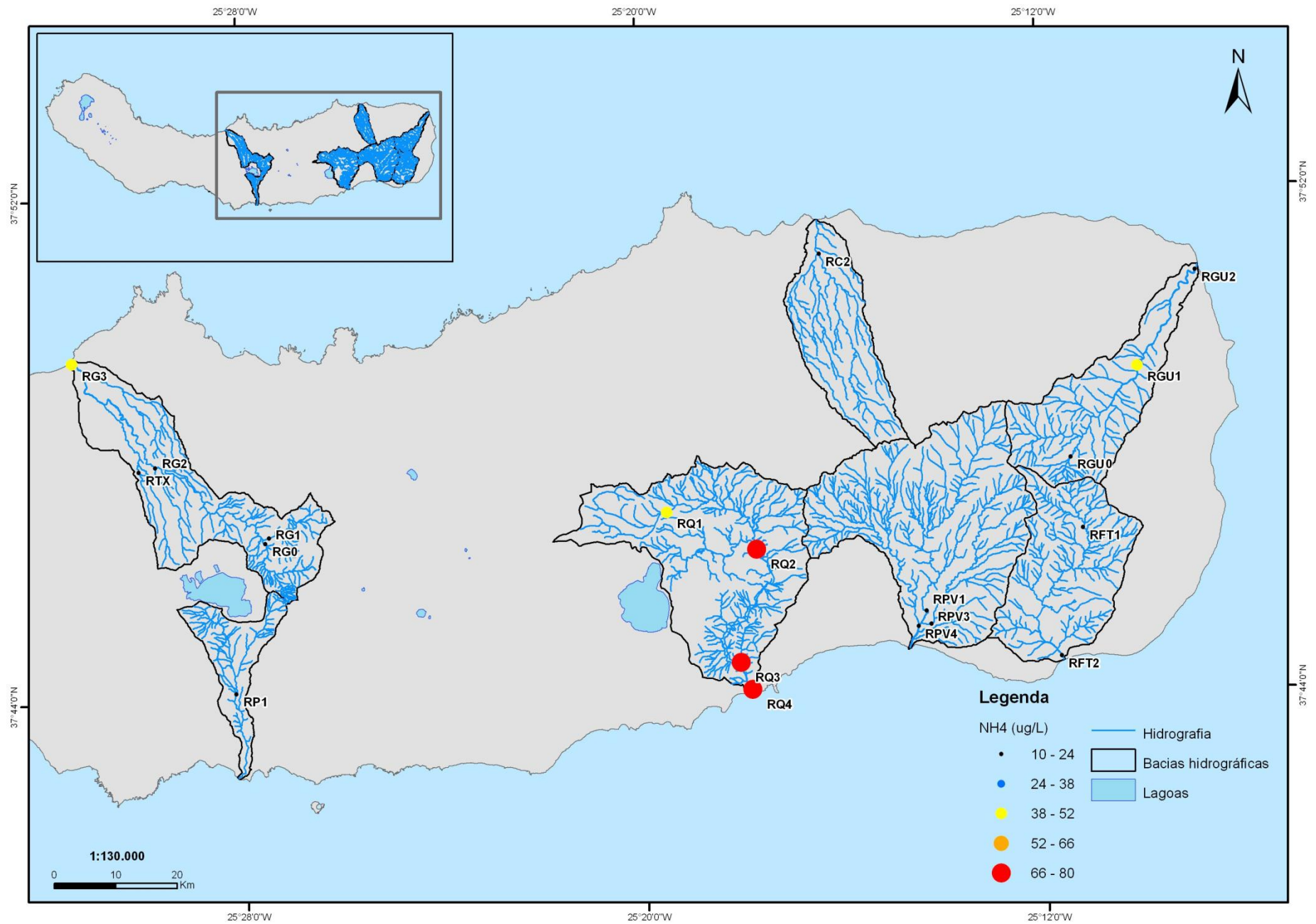


Figura 115 – Distribuição espacial do amónio (valores da mediana).

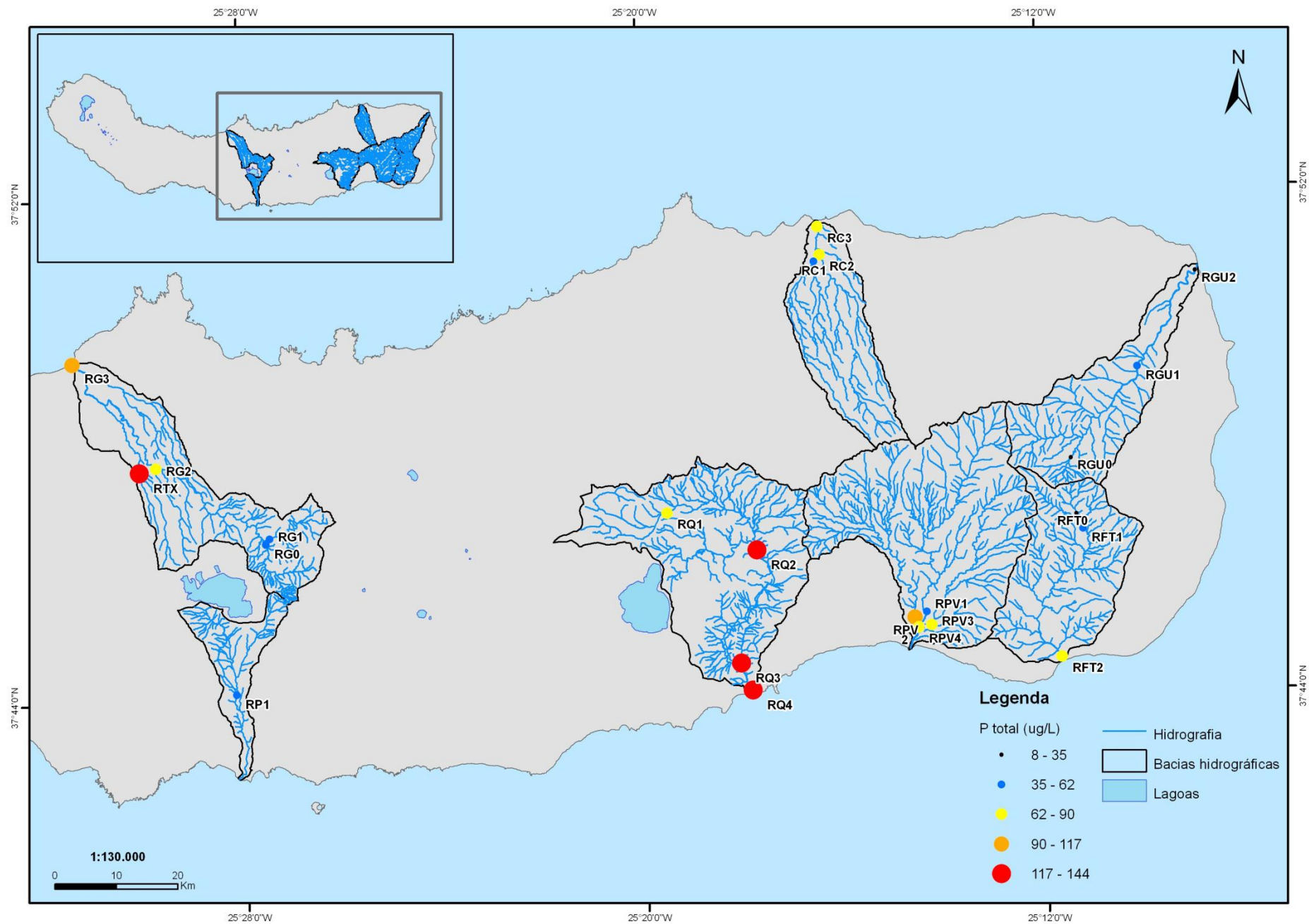


Figura 116 – Distribuição espacial do fósforo total (valores da mediana).

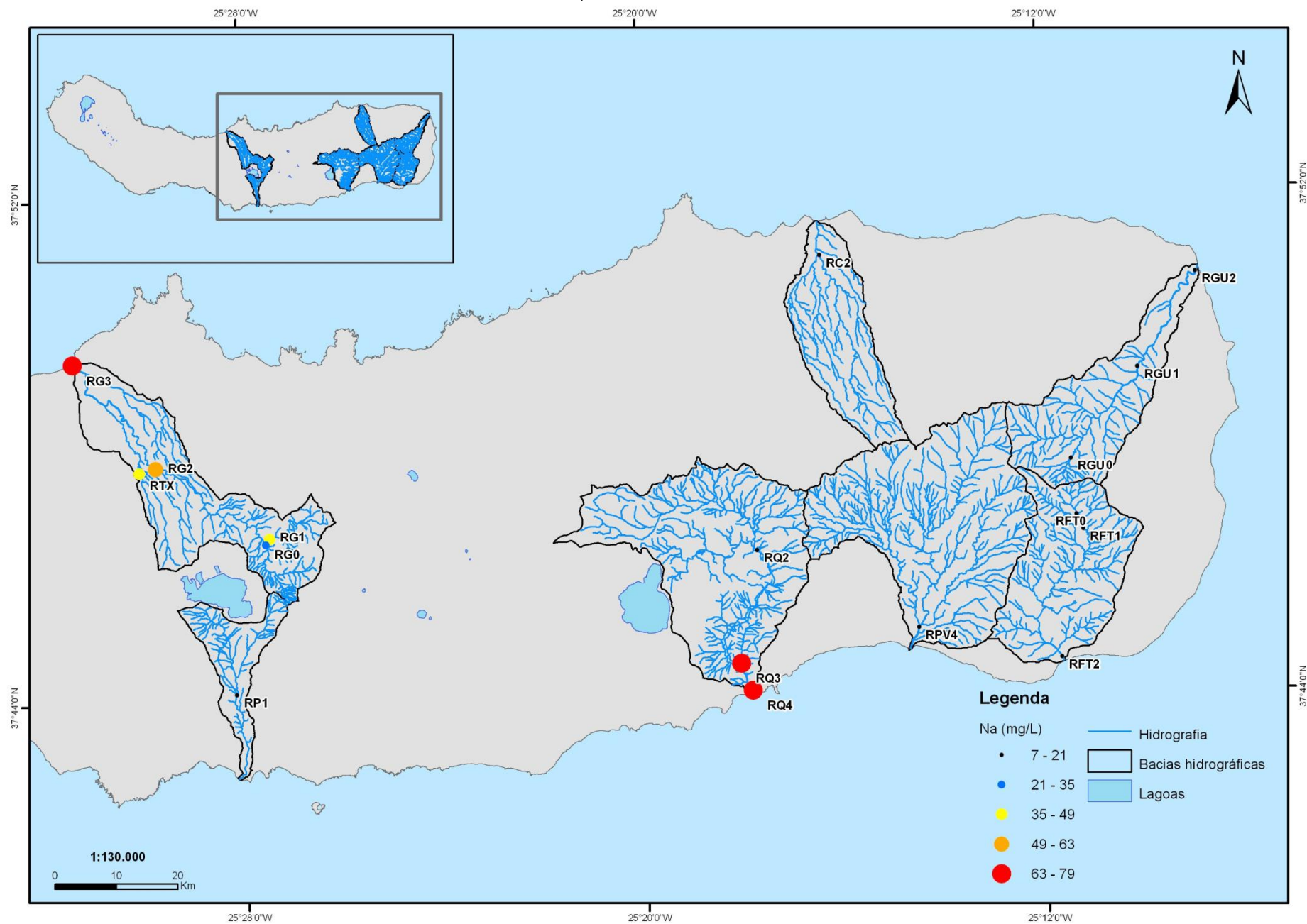


Figura 117 – Distribuição espacial do sódio (valores da mediana).

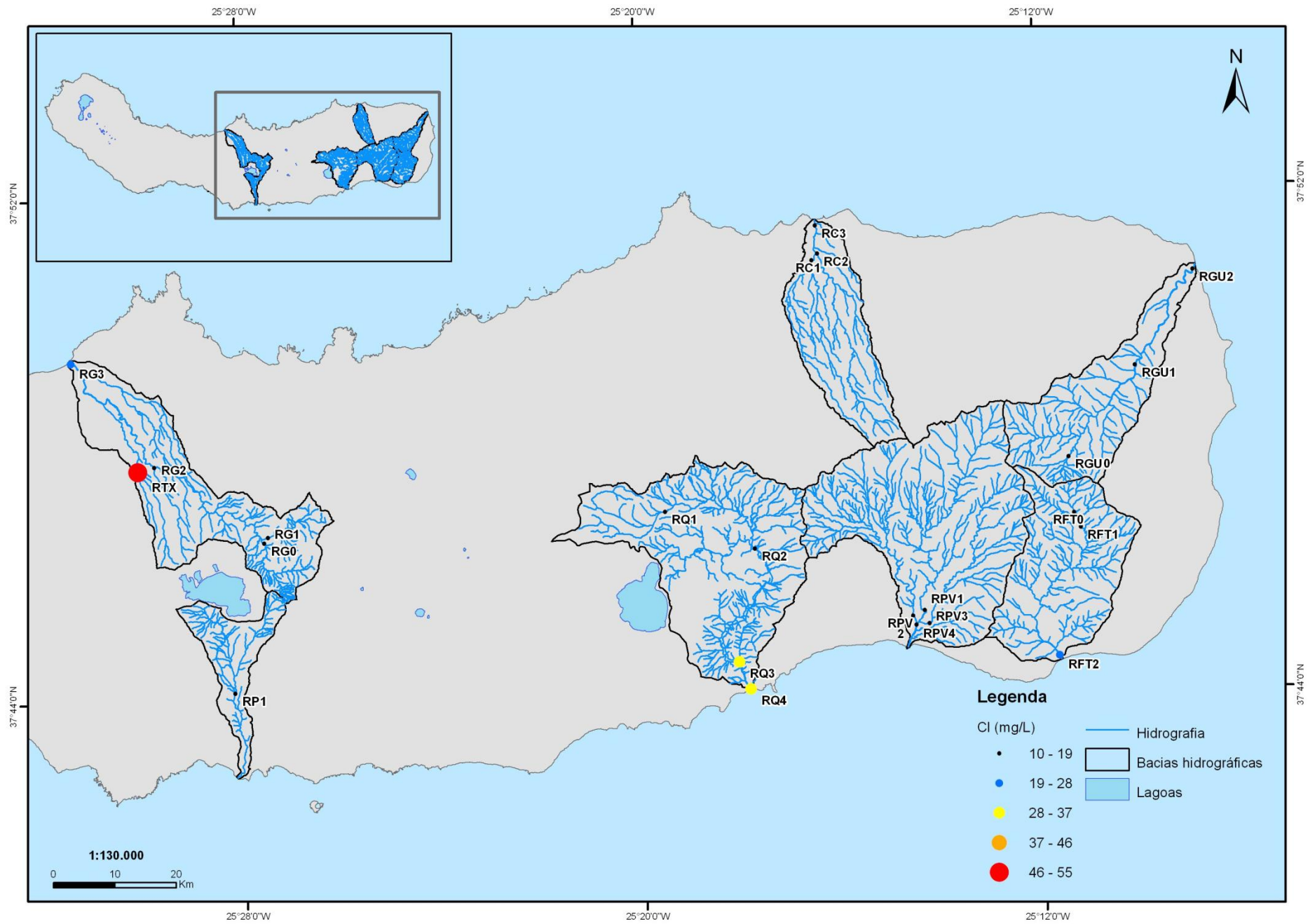


Figura 118 – Distribuição espacial do cloreto (valores da mediana).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Na Ribeira Grande, à semelhança do que acontece para o cloreto, o sulfato apresentou o valor mais elevado (10-12 mg/L) no ponto RTX, observando-se um aumento gradual da concentração deste elemento ao longo do curso de água até um valor compreendido entre 8 mg/L e 10 mg/L. Nas ribeiras dos Caldeirões e da Povoação, os valores não se alteraram, registando valores entre 4 mg/L e 6 mg/L. A mesma situação constatou-se na Ribeira do Guilherme, no entanto com valores inferiores. Na Ribeira do Faial da Terra, a concentração do sulfato situou-se entre 2 mg/L e 4 mg/L, com exceção do ponto RFT2 (foz), onde se verificou o valor igual a 4,3 mg/L (Figura 119).

Relativamente à carência química de oxigénio observou-se que, apenas a Ribeira do Guilherme não apresentou alterações na concentração deste parâmetro (Figura 120). Na Ribeira Grande somente o ponto RG2 fez com que o padrão atrás mencionado não ocorresse, uma vez que a CQO diminuiu para valores entre 3 mg/L e 3,8 mg/L. A concentração deste elemento nas Ribeiras Quente e Caldeirões aumentou desde o ponto a montante até à foz. A Ribeira da Povoação foi a que apresentou uma maior variação da concentração de CQO, registando-se os valores mais baixos (3-3,8 mg/L) e os mais elevados (5,5-6,2 mg/L) no meio da ribeira (Figura 120).

No que concerne ao parâmetro CBO₅, constatou-se que a maioria dos valores esteve compreendida entre 1,4 mg/L e 2,2 mg/L (Figura 121). Em relação às ribeiras Grande e Faial da Terra, observou-se um aumento da concentração ao longo do curso de água, registando 2,2 mg/L, na foz da Ribeira Grande e 1,4 mg/L, na foz da Ribeira do Faial da Terra. Verificou-se que o ponto RTX foi o que apresentou menor concentração da Ribeira Grande (0,9 mg/L; Anexo II). Na Ribeira do Guilherme, constatou-se um aumento da concentração junto da foz, com valores compreendido entre 1,7 mg/L e 1,9 mg/L. Na Ribeira Quente, os valores mais elevados foram verificados nos pontos RQ2 (2,2 mg/L) e RQ4 (2,1 mg/L). Quanto às Ribeiras dos Caldeirões e Povoação constatou-se uma diminuição da concentração ao longo do curso de água (Figura 121).

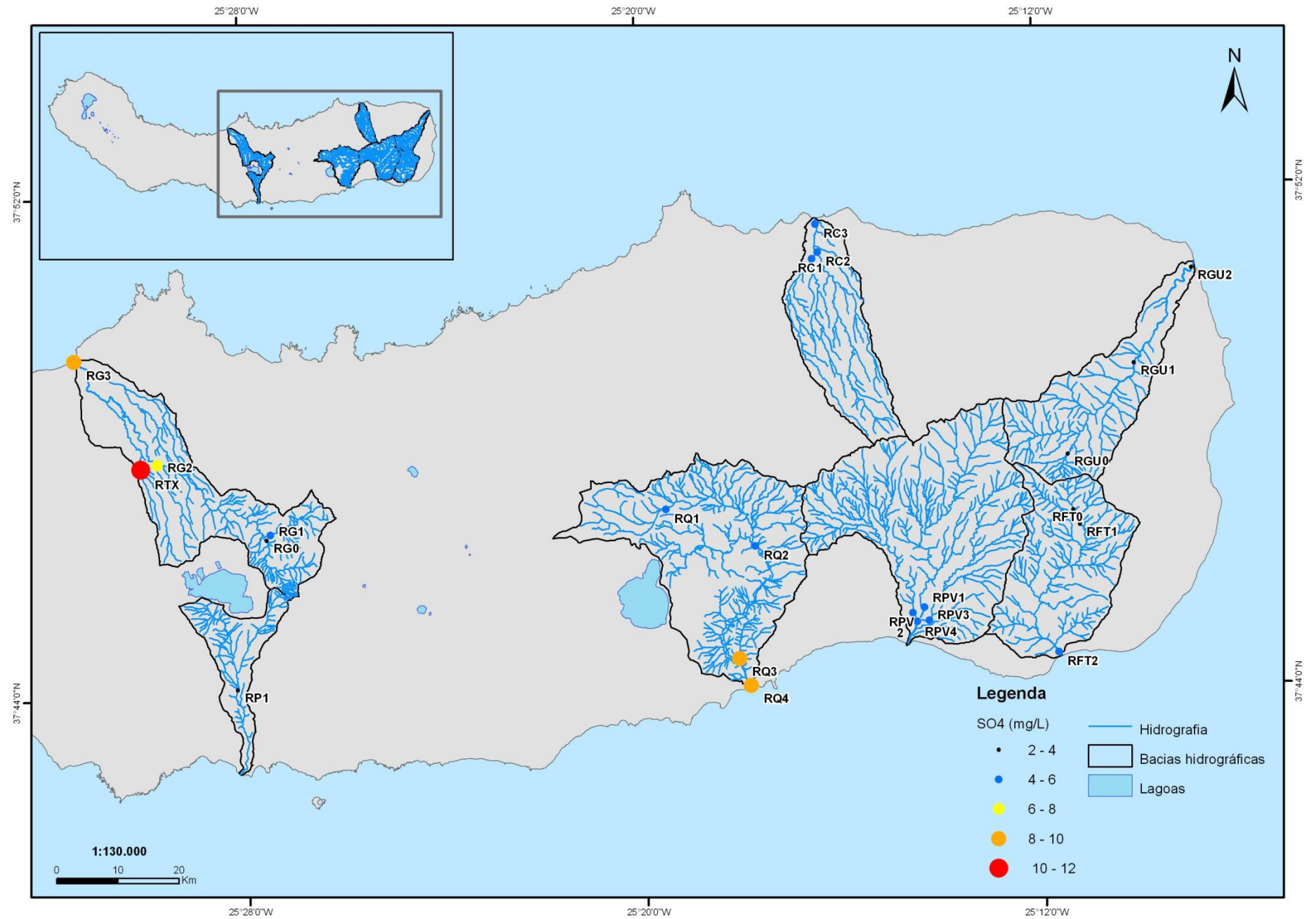


Figura 119 – Distribuição espacial do sulfato (valores da mediana).

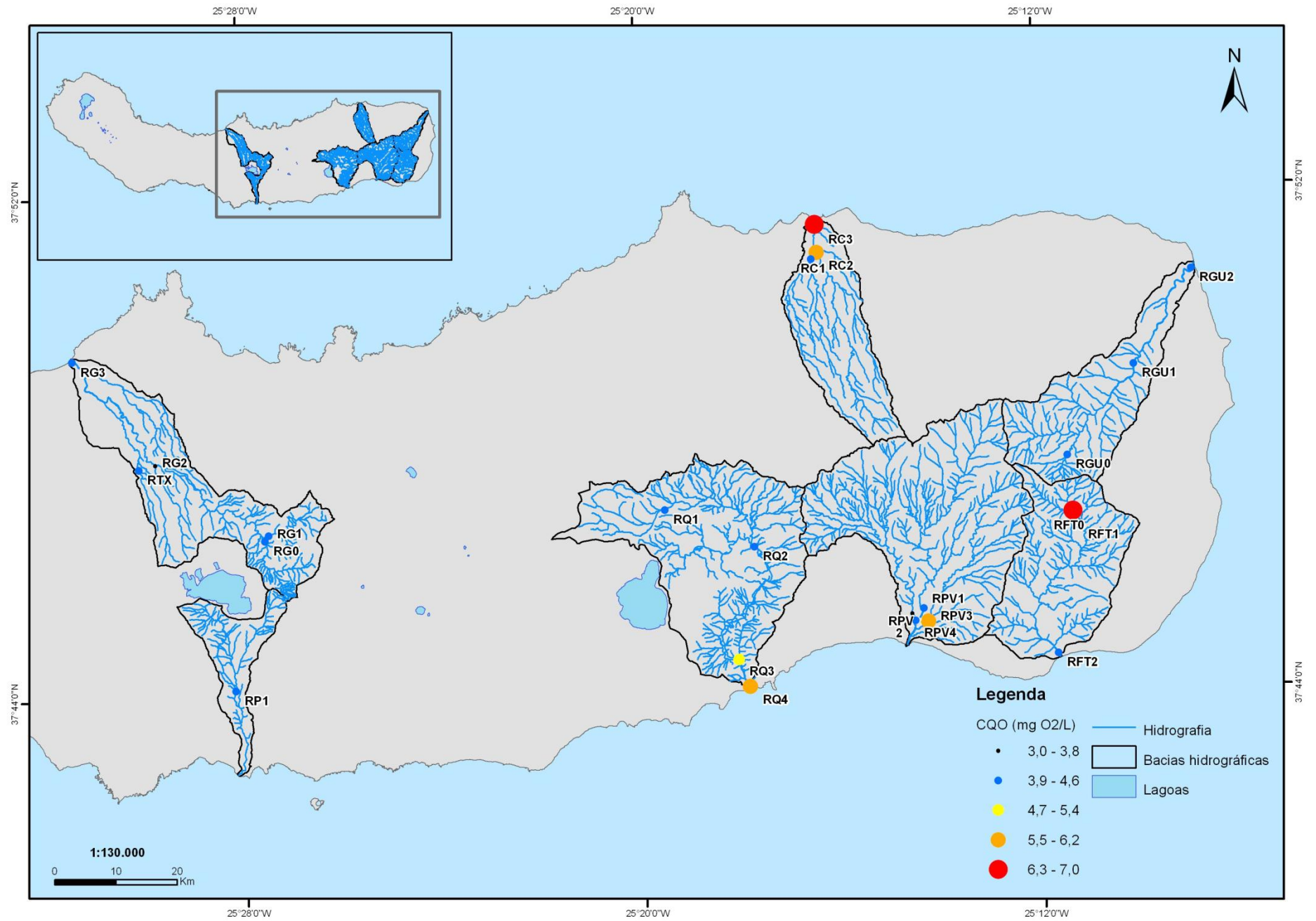


Figura 120 – Distribuição espacial da carencia química de oxigenio (valores da mediana).

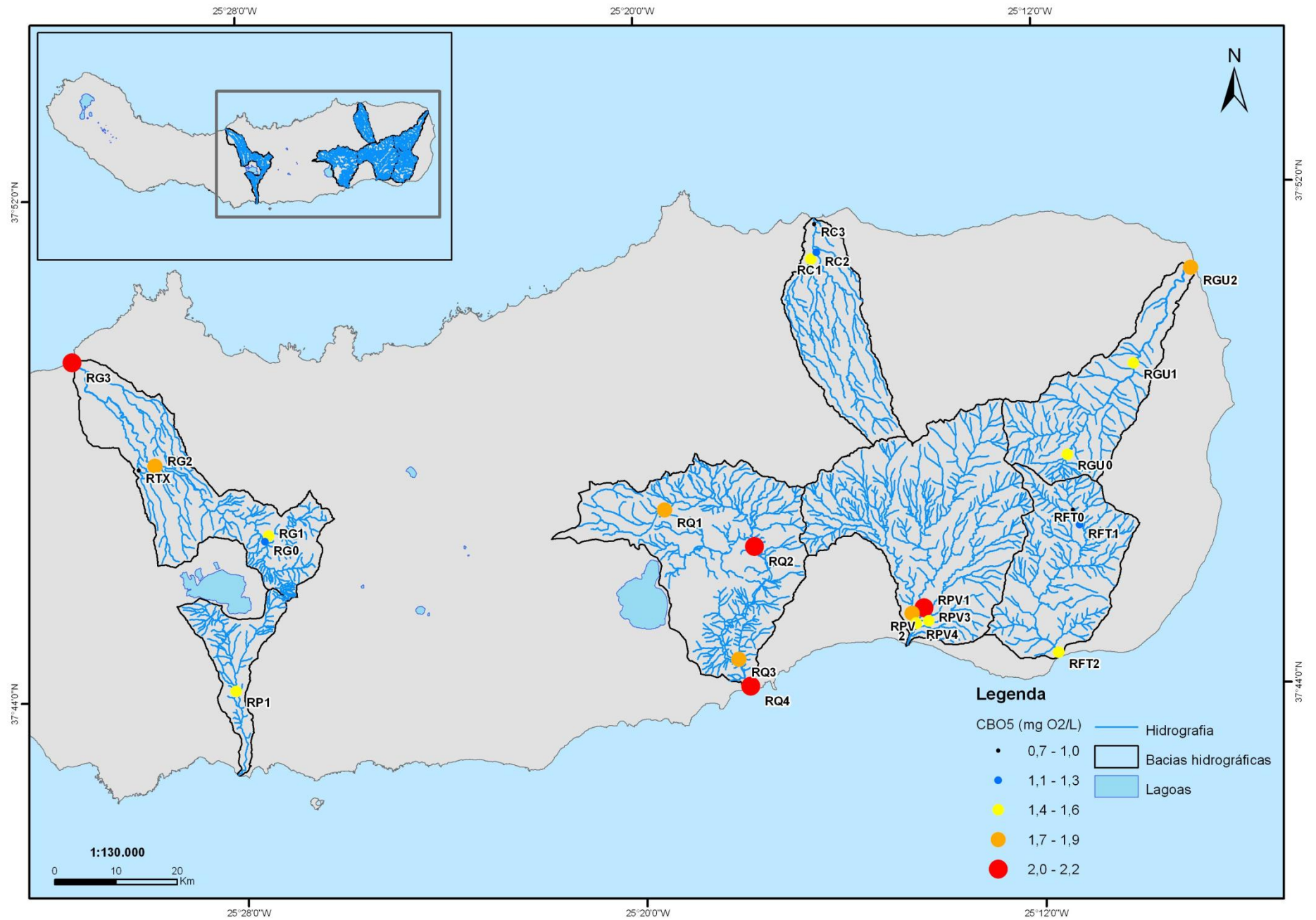


Figura 121 – Distribuição espacial da carência bioquímica de oxigênio (valores da mediana).

6.3. IMPACTES NA QUALIDADE DA ÁGUA DAS RIBEIRAS

A qualidade das massas de água é alterada pela introdução de substâncias associadas às várias atividades humanas, com predominância para a contaminação difusa e para focos de poluição urbana. A sua origem está, sobretudo, relacionada com a atividade agropecuária, que é bastante marcada nos Açores, e com os aglomerados populacionais, devido à inexistência de um sistema de tratamento de águas residuais que abarque toda a população. Estas descargas no meio hídrico alteram as características do estado químico e ecológico da água (Cymbron *et al.*, 2006; Cymbron *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2010a; Cruz *et al.*, 2010b; Silva, 2010).

A monitorização das águas das ribeiras permite verificar a sua qualidade, bem como determinar quais os impactes das principais fontes de poluição sobre as mesmas, nos vários pontos de amostragem. Esta avaliação possibilita elaborar planos de intervenção adequados aos vários locais e manter ou melhorar a qualidade das águas.

No presente trabalho não foi realizada a análise dos hidrocarbonetos e dos metais pesados, uma vez que estes apresentaram, na sua maioria, valores inferiores ao limite de quantificação. Este fato traduz-se num impacte pouco significativo na qualidade da água das ribeiras.

Com a distribuição temporal verificou-se que os valores mais elevados da temperatura foram observados entre os meses de Maio a Setembro, os quais são caracterizados por temperaturas atmosféricas mais elevadas, o que pode aumentar a temperatura da água das ribeiras.

Em todas as ribeiras observou-se concentrações elevadas de fósforo total, compostos de azoto e sulfato nos meses de Março a Maio e de Setembro a Outubro. Esta situação pode estar associada a uma diminuição da precipitação no período em estudo, o que ocasiona menor diluição dos elementos na água. Este aumento da concentração nos pontos de amostragem RC2, RFT1 e RQ3 pode estar, ainda, relacionado com atividade agrícola.

Nos pontos de amostragem RTF2, RPV4, RQ4 e RG3 observaram-se concentrações de fósforo total mais elevadas em relação aos pontos anteriores. Verificou-se, ainda, que o amónio apresentou concentrações elevadas nos meses de Março a Maio e de Setembro a Outubro, o que sugere que as águas daqueles pontos, para além de serem

influenciadas pelos nutrientes provenientes da agropecuária, são também influenciadas pelas águas residuais.

A existência da diminuição da concentração dos poluentes, em alguns meses de verão pode dever-se ao aumento pontual da precipitação, que origina um aumento do caudal das ribeiras. Esta situação pode constatar-se em Agosto de 2010, nos pontos RC2 e RGU2, e em Junho de 2009, no ponto RPV4 (fósforo total e nitrito).

A Ribeira Grande apresentou desde o ponto RG1 valores de temperatura superiores a 15°C com o máximo na foz (RG3). Esta situação pode estar associada ao fato de em alguns pontos de amostragem verificar-se atividade vulcânica, podendo existir, contacto com águas geotérmicas, que são águas caracterizadas por temperaturas elevadas e, conseqüentemente, aumentam a temperatura da água dos cursos superficiais. Na foz, para além destes fatores, a existência de aglomerados populacionais com incorreto tratamento de águas residuais, também influencia este aumento da temperatura. O contacto com águas geotérmicas também explica o aumento da condutividade nos pontos RG2, RTX e RG3, dado que os dois primeiros situam-se em locais com bastante atividade vulcânica e onde existem centrais geotérmicas. O cloreto apresentou o valor mais elevado de 55 mg/L, no ponto RTX, o que está associado à influência de águas geotérmicas e à atividade vulcânica.

A Ribeira Quente apresentou nos pontos RQ3 e RQ4 os valores mais elevados dos parâmetros temperatura, condutividade e cloreto. Estes valores são influenciados, tal como acontece na Ribeira Grande, pela mistura com águas minerais descarregadas naturalmente.

Em relação ao pH, constatou-se que a maioria dos valores foi superior a 7 unidades de pH, conferindo propriedades alcalinas à água. A exceção ao referido ocorreu nos pontos de amostragem RG0, RG1 e RQ2. Esta situação pode ser explicada pela mistura das águas das ribeiras com fluido geotérmico, uma vez que este é ácido devido à forte oxidação de ácido sulfúrico (H₂S) vulcânico (Mateus et al., 2009; Cruz *et al.*, 2010c).

A Ribeira Grande apresentou a maior concentração de nitrato no ponto RG3, situação que estará associada às descargas de efluentes domésticos, uma vez que se trata de uma zona com grande densidade populacional. A mesma situação verificou-se na Ribeira do Faial da Terra. As Ribeiras da Povoação e dos Caldeirões apresentaram maiores concentrações em relação às restantes. A montante das ribeiras, a principal causa dos valores verificados será a utilização de adubos, sobretudo azotados, que permitem ao solo ter nutrientes para as plantações, e a carga orgânica associada ao gado. A esta situação,

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

acrescenta-se, na foz das ribeiras, as descargas das águas residuais, muitas das quais sem tratamento adequado.

As concentrações mais elevadas de nitrito e de amónio verificaram-se na Ribeira Quente, sobretudo nos pontos RQ2, RQ3 e RQ4. Estes pontos localizam-se em zonas agropecuárias, onde são utilizados adubos, e em zonas urbanas. Esta situação também justifica concentrações mais elevadas de nitrito nos pontos RG3, RC3 e RPV3.

No que concerne ao fósforo total, constatou-se que foi na Ribeira do Guilherme que se encontraram valores mais baixo, visto que os pontos situam-se em zonas de vegetação natural e de floresta, com influência antropogénica nula ou com pouco significado. Os restantes pontos estão, predominantemente, em espaços com bastante atividade humana, especificamente pastagem, terrenos agrícolas e, a jusante, localizam-se os aglomerados populacionais. Dos primeiros, os principais fatores serão a utilização de fertilizantes, enquanto no meio urbano, o fator principal será o encaminhamento de águas residuais com grande carga orgânica.

Os pontos das Ribeiras Grande (RTX, RG2, RG3) e dos Caldeirões (RQ3, RQ4) foram exceção às medianas dos valores encontrados para o sódio e sulfato, que se situaram entre 7 mg/L e 21 mg/L e, entre 2 mg/L e 6 mg/L, respetivamente. Os valores encontrados para os pontos RTX, RG2 e RQ3 devem-se à mistura com fluido geotérmico, bem como à atividade vulcânica (origem natural). Quanto aos pontos RG3 e RQ4 a aproximação ao mar justifica os valores elevados de sódio, que estes pontos registaram.

O CQO registou concentrações elevadas apenas nos pontos RC2, RC3, RFT0, RPV3, RQ3 e RQ4, porém, o CBO₅ assinalou valores elevados na grande maioria dos pontos, com exceção para os localizados em zonas de vegetação natural. Estes resultados demonstram que as áreas ocupadas com pastagens ou urbanizadas são as principais fontes de poluição, com a drenagem de elevadas quantidades de matéria orgânica para as massas de água. A sua decomposição por microrganismos origina a depleção de oxigénio, o que pode alterar a biodiversidade das massas de água.

Os impactes antropológicos negativos nas massas de água são evidentes, com especial destaque para a atividade agropecuária, que é dominante na ilha de São Miguel. Todos os anos, os terrenos são utilizados, havendo necessidade de conterem bastantes nutrientes para que as culturas e pastagem sejam rentáveis. Este fato, associado à utilização de adubos inorgânicos e ao elevado número de gado que pasta junto das massas de água, ocasiona um aumento da matéria orgânica e, conseqüentemente, de nutrientes nas ribeiras.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Neste sentido, torna-se importante sensibilizar os lavradores para o impacte dos seus atos e quais as alternativas em termos da rotatividade das culturas, número de cabeças de gado e a localização das zonas de pastagem, para além de se realizar a efetiva implementação da Diretiva “Nitratos” da União Europeia. Um correto ordenamento território permitiria afastar as pastagens das ribeiras e de outras massas de água.

Do estudo constatou-se que junto dos aglomerados populacionais existe um aumento das concentrações de nutrientes e elementos associados à grande quantidade de matéria orgânica e sua decomposição. O melhoramento do sistema de drenagem e tratamento das águas residuais, abrangendo a totalidade da população, iria contribuir para uma melhor qualidade da água.

Em 2010 foi publicado um estudo abordando a mesma temática, discutir os resultados químicos da monitorização realizada às ribeiras, bem como identificar as principais fontes de poluição. Concluiu-se que as fontes de poluição eram as águas residuais nas zonas urbanas e as pastagens, que, explicavam os elevados valores de CBO_5 e nutrientes na água. Verificou-se então, que a qualidade da água era influenciada pelos solos que drenam (Cruz *et al.*, 2010a). Este estudo, e o presente trabalho, demonstram a mesma situação no que se refere aos elementos com maior impacto na qualidade da água e, conseqüentemente, as principais fontes de poluição. Neste sentido, é necessário proceder à efetiva aplicação de normativos comunitários, nacionais e regionais para que seja possível melhorar a qualidade da água e cumprir os objetivos da DQA.

7. CONCLUSÕES

A água é um elemento importante na sociedade devido a (INAG, 2012): (1) corresponder a um interesse económico a nível nacional, das empresas, das entidades gestoras da água e dos cidadãos, (2) constituir uma matéria importante em termos de legislação nacional e comunitária e (3) constituir uma necessidade estratégica. Por conseguinte, é importante realizar o planeamento da água, que propõe basear e orientar os seguintes aspetos (APA, 2012): a proteção e a gestão das águas e a compatibilização das suas utilizações com as suas disponibilidades de forma a garantir a sua utilização sustentável, fixar as normas de qualidade ambiental e os critérios relativos ao estado das águas.

O presente trabalho aborda a temática da qualidade das águas superficiais, focando-se apenas nas pertencentes às categorias dos rios (ribeiras) da ilha de São Miguel (Açores). Pretendeu-se determinar quais os elementos físico-químicos com valores mais elevados e associar esses valores às principais fontes de poluição. Isto contribui para a verificação da eficácia da implementação das medidas já desenvolvidas, demonstrar a necessidade de adotar melhores práticas nos vários setores e fomentar a implementação de diretivas que possam minimizar a situação descrita.

No presente trabalho foram analisadas 6 ribeiras. Nestas foram identificados 23 pontos de amostragem, nos quais foram recolhidas 243 amostras. Dos parâmetros monitorizados não se procedeu ao tratamento dos hidrocarbonetos e dos metais pesados, uma vez que estes apresentaram, na sua maioria, valores inferiores ao limite de quantificação. Este fato traduz-se num impacto pouco significativo na qualidade da água das ribeiras.

Da análise realizada constatou-se que não existe uma relação entre o aumento da concentração dos poluentes e uma estação ou mês do ano, dada a ocorrência de precipitação, mesmo nos meses de verão. A existência de concentrações mais elevadas entre Março e Outubro pode estar relacionada com a introdução de poluentes inorgânicos e orgânicos e devido ao menor caudal das ribeiras (nos meses com pouca precipitação).

A poluição deve-se, sobretudo, a descargas de águas residuais, bem como à atividade agropecuária que abrange uma elevada ocupação do solo na ilha em análise. Esta situação pode ser verificada por valores elevados de nutrientes, como fósforo total, nitritos,

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

nitratos, e do parâmetro CBO_5 . Consta-se de forma evidente que as características da água demonstram os elementos e as atividades nas bacias hidrográficas. Importa não só estabelecer planos de ordenamento do território e proteção das massas de água, de forma a preservar os recursos hídricos, como também desenvolver os existentes.

Nos pontos mais interiores da ilha verifica-se menor poluição devido à predominante existência de vegetação natural e floresta. Contudo, os pontos localizados em áreas mais planas e próximas do litoral, que têm mais acessibilidade, apresentam um maior grau de poluição causada pela existência de grandes zonas de pastagem, alguma agricultura e, ainda, pelos aglomerados populacionais.

O presente trabalho permitiu identificar quais as principais fontes de poluição através da análise dos parâmetros recolhidos, no entanto, é importante a realização de estudos mais aprofundados sobre esta temática e, que permitam contribuir para a minimização dos impactes antropogénicos na qualidade da água.

Relativamente às colheitas realizadas propõe-se alteração da sua periodicidade e do número de pontos de amostragem. Assim, poder-se-ia não só aumentar a frequência da realização das recolhas de amostras, como aumentar o número de pontos de amostragem com o intuito de verificar, com maior precisão, os locais e as atividades que contribuem para a introdução de poluentes nas massas de águas. Utilizando estes resultados e comparando-os com os resultados do controlo físico-químico realizado pelas entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água e drenagem e tratamento de águas residuais poder-se-ia verificar se existe alguma relação e qual o seu impacto no meio ambiente e no Homem.

Para além do referido considera-se relevante aumentar a abrangência dos poluentes monitorizados, que também têm impacto na qualidade da água, na biodiversidade e que podem ser prejudiciais para a saúde humana. Propõe-se incluir no programa de monitorização os seguintes poluentes cujo desenvolvimento das capacidades analíticas permitem a sua determinação regular: antibióticos, ansiolíticos, cardiotónicos, antidepressivos, analgésicos, reguladores lípidos, antifúngicos, diuréticos, neurolépticos, anti hipertensos, anti diabéticos e os estrogénios.

8. BIBLIOGRAFIA

APA (2012). Planeamento e Gestão da Água. APA, Lisboa, <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9> (consulta em 28 de Setembro de 2012).

Berner, E. e Berner, R. (2012). Global environment. Water, air and geochemical cycles, Princeton University Press, Princeton, 444pp.

Brito, Raquel (2012). Clima e suas influências. O Clima das Ilhas, http://www.igeo.pt/atlas/Cap1/Cap1d_4.html (consulta em 02 de Março de 2012).

Câmara Municipal da Lagoa (2012). Caracterização do concelho da Lagoa. CML, Lagoa, <http://cm-lagoa.azoresdigital.pt> (consulta em 28 de Fevereiro de 2012).

Câmara Municipal do Nordeste (2012). Freguesias. CMN, Nordeste, <http://www.cmnordeste.pt> (consulta em 28 de Fevereiro de 2012).

Câmara Municipal de Ponta Delgada (2012). Freguesias. CMPDL, Ponta Delgada, <http://www.cm-pontadelgada.azoresdigital.pt/> (consulta em 28 de Fevereiro de 2012).

Câmara Municipal da Povoação (2012). Concelho da Povoação. CMP, Povoação, <http://www.cm-povoacao.pt> (consulta em 28 de Fevereiro de 2012).

Câmara Municipal da Ribeira Grande (2012). Concelho. CMRG, Ribeira Grande, <http://www.cm-ribeiragrande.azoresdigital.pt> (consulta em 28 de Fevereiro de 2012).

Câmara Municipal de Vila Franca do Campo (2012). Freguesias. CMVFC, Vila Franca do Campo, <http://www.cmvfc.pt> (consulta em 28 de Fevereiro de 2012).

Carapeto, Cristina (1999). Poluição das Águas. Causas e Efeitos. Universidade Aberta, Lisboa. (Depósito Legal n.º 127024/98; ISBN 972-674-265-X).

Cymbron, R., Pacheco, D., Gonçalves, V., Cabral, M., Cruz, J.V., Raposeiro, P., Costa, A., Marques, H., Domingos, M., Nunes, J.C. e Coutinho, R. (2005). Monitorização da qualidade das águas interiores das ilhas de Santa Maria e São Miguel da Região Autónoma dos Açores. In: Ortega, A., Peña, L. e Rodriguez, G. (Eds.). Técnicas y métodos para la gestión sostenible del agua en la Macaronesia, Canarias, 295-334.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Cymbron, R., Pacheco, D., Cabral, M., Cruz, J.V., Domingos, M., Nunes, J.C. e Coutinho, R. (2006). Monitorização da qualidade das águas superficiais das ilhas de Santa Maria e São Miguel da Região Autónoma dos Açores. Anais (em CD ROM) do 8º Congresso da Água “Água, Sede de sustentabilidade”, Figueira da Foz, 14 pp.

Cruz, J.V., Pacheco, D., Mendes, S. e Medeiros, M. (2007) – Atlas da água nos Açores. Ed. Secretaria Regional do Ambiente e do Mar e Sociedade de Promoção e Gestão Ambiental, S.A.. Ponta Delgada, 159 pp. (Depósito Legal nº 261151/07; ISBN 978-972-99925-4-4).

Cruz, J.V., Pacheco, D., Coutinho, R., Cymbron, R., Mendes, S., Antunes, Fontiela, J. e Freire, P. (2010a). Chemical monitoring of river water bodies in an EU outermost region: examples from the Azores archipelago (Portugal). *J. Environ. Monit.*, 2010, 12, 2216 – 2225.

Cruz, J.V., Pacheco, D., Cymbron, R. e Mendes, S. (2010b). Monitoring of groundwater chemical status in the Azores archipelago (Portugal) in the context of the EU water framework directive. *Environ Earth Sci* 61:173-186.

Cruz, J.V., Freire, P. e Costa, A. (2010c). Mineral water characterization in the Azores archipelago (Portugal). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 190: 353-364

Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho 2000/60/CE, de 23 de Outubro de 2000. Estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.

DROTRH/SRAM (2007). Carta de Ocupação do Solo da Região Autónoma dos Açores. Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos, Secretaria Regional do Ambiente e do Mar.

DROTRH/SRAM (2011a). Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores RH9. Relatório Técnico. Versão para consulta pública. Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos, Secretaria Regional do Ambiente e do Mar, Ponta Delgada.

DROTRH/SRAM (2011b). Monitorização das massas de água interiores. DROTRH/SRAM, Ponta Delgada, <http://www.azores.gov.pt/Gra/sram-drotrh/conteudos/noticias/2011/Dezembro/Monitorização+das+Massas+de+Água+Interiores.htm> (consulta em 04 de Fevereiro de 2012).

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

DROTRH/INAG (2001). Plano Regional da Água. Relatório Técnico. Versão para Consulta Pública. Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos e Instituto da Água, Ponta Delgada.

DROTRH/INAG (2006). Relatório Síntese da Caracterização da Região Hidrográfica do Arquipélago dos Açores, Portugal. Implementação da Directiva Quadro Água (cumprimento do art. 5.º e do art. 15.º). Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos e Instituto da Água.

INAG (2001). Monitorização de Recursos Hídricos no limiar do séc. XXI. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, 141pp. (Depósito Legal: 168671/01).

INAG (2005). Relatório Síntese sobre a Caracterização das regiões Hidrográficas prevista na Directiva-Quadro da Água. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

INAG (2012). Uso Eficiente da Água. Portal da Água. INAG, Lisboa, <http://portaldagua.inag.pt/PT/InfoUtilizador/UseEficiente/Pages/default.aspx> (consulta em 28 de Setembro de 2012).

INE (2011). Censos 2011 – Resultados Provisórios. INE, I.P., Lisboa.

LNEG (2012). Hidrolex. Léxico de termos hidrogeológicos. LNEG, Lisboa, http://geoportal.lneg.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=4&lg=pt (consulta em 05 de Junho de 2012).

Mateus, A., Carvalho, M.R., Nunes, J.C., Carvalho, J.M. (2009). Formação do fluido termal e das lamas associadas à pluma de vapor ácido das Caldeiras da Ribeira Grande (S. Miguel, Açores). Encontro Internacional de Termalismo e Turismo Termal. III Fórum Ibérico das Águas Engarrafadas e Termalismo. Furnas, Açores.

Medeiros, C., Rodrigues, L., Verdadeiro, R., Pacheco, D. e Cruz, J.V. (2008). Requalificação ambiental de cursos de água nos Açores. Actas (em CD ROM) do 9º Congresso da Água “Água: desafios de hoje, exigências de amanhã”. Cascais, 3 pp.

Medeiros, Carlos (2011). A Utilização do *River Habitat Survey* como ferramenta de apoio à decisão na gestão dos recursos hídricos nos Açores, Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade dos Açores.

Monitorização e Impactes Antropogénicos sobre a Qualidade da Água em Ribeiras de Caudal Permanente na Ilha de São Miguel (Açores)

Mendes, B. e Oliveira, J. F. Santos (2004). Qualidade da água para consumo humano. LIDEL – Edições Técnicas, Lda., Lisboa.

MAOTDR (2002). Plano Nacional da água, Volume I e II. Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Lisboa.

MAOTDR (2007). Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território. Ed. Almeida, Coimbra, 383 pp.

Pacheco, D., Malcata, A., Mendes, S., Cruz, J., Gaspar, J. (2010). Monitorização da qualidade da água das lagoas de São Miguel. Comparação dos resultados entre 2004 e 2008. Ed. Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. Ponta Delgada, 218 pp. (ISBN 978-972-9171-74-1).

Petrela, R. (2002). O manifesto da água. Argumento para um contrato mundial. Ed. Vozes, Petrópolis, 159 pp.

Portugal. Lei n.º 58 de 29 de Dezembro de 2005. Aprova a Lei da Água. Diário da República, Lisboa. Secção A, p.7280.

Portugal. Decreto Legislativo Regional n.º 19/2008/A de 8 de Julho. Cria o Parque Natural da Ilha de São Miguel. Diário da República, Lisboa, 1.ª Série, Secção A, p. 4242.

Raposeiro, P. (2011). Comunidades de Macroinvertebrados dos Sistemas Lóticos dos Açores, Uma perspectiva ecológica e taxonómica, Dissertação de Doutoramento no ramo de Biologia, especialidade Ecologia Animal, Universidade dos Açores, Departamento de Biologia, Ponta Delgada.

Silva, M.M. (2009). A água e a sociedade. In: Xavier Malcata, F. (coord.), Água: um desafio sem espaço nem tempo, Universidade Católica Portuguesa, Lisboa, 191-207.

Silva, L. (2010). Controlo da qualidade da água de consumo humano no concelho da Povoação (São Miguel): diagnóstico e implicações para a saúde pública, Dissertação de Mestrado em Ambiente, Saúde e Segurança, Universidade dos Açores, Departamento de Biologia, Ponta Delgada.

Anexos

Anexo I

Dados estatísticos dos pontos de amostragem das ribeiras em estudo

Anexo II

Medianas e coordenadas dos pontos de amostragem das ribeiras em estudo