



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

# **ANÁLISE DAS ORIGENS DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM DIVERSAS ILHAS DOS AÇORES VISANDO OTIMIZAR A QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO**

**Tratamento da informação disponível e análise preliminar  
de propostas de soluções**

Entidade Reguladora de Águas e Resíduos  
dos Açores, ERSARA

Lisboa • outubro de 2018

**I&D** HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO CONJUNTO 347/2018 – **DHA/NES**

Trabalho realizado por:



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL



## Título

### **ANÁLISE DAS ORIGENS DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM DIVERSAS ILHAS DOS AÇORES VISANDO OTIMIZAR A QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO**

Tratamento da informação disponível e análise preliminar de propostas de soluções

## Autoria

IITAA – INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E TECNOLOGIAS AGRÁRIAS E DO AMBIENTE  
DA UNIVERSIDADE DOS AÇORES

### **Sílvia Quadros**

Professora Auxiliar

### **Francisco Cota Rodrigues**

Professor Auxiliar

LNEC – DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

### **Elsa Mesquita**

Bolseira de Pós-Doutoramento, Núcleo de Engenharia Sanitária

### **Teresa E. Leitão**

Investigadora Principal com Habilitação, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

### **Maria João Rosa**

Investigadora Principal, Chefe do Núcleo de Engenharia Sanitária

## Colaboração

### **Maria José Henriques**

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: [lnec@lnec.pt](mailto:lnec@lnec.pt)

[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)

Relatório 347/2018

Proc. 0606/121/20686, 0605/121/2068601

## ANÁLISE DAS ORIGENS DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM DIVERSAS ILHAS DOS AÇORES VISANDO OTIMIZAR A QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO

Tratamento da informação disponível e análise preliminar de propostas de soluções

### Resumo

---

No contexto das elevadas concentrações em cloreto, sódio e fluoreto encontradas nas águas subterrâneas de algumas captações destinadas ao consumo humano em diversas ilhas dos Açores, a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) solicitou ao LNEC a "Análise das origens de água para abastecimento público em diversas ilhas dos Açores visando otimizar a qualidade da água destinada ao consumo humano". O LNEC desenvolveu este trabalho em colaboração com a Universidade dos Açores, através da contratação da Fundação Gaspar Frutuoso (FGF). O presente documento constitui o relatório final do estudo. Respondendo aos objetivos estabelecidos, aqui se sistematiza e analisa a informação disponibilizada, apresenta-se uma análise preliminar de propostas de soluções para o abastecimento público e as conclusões e recomendações para cada uma das quatro ilhas envolvidas, São Miguel, Terceira, Graciosa e Pico.

Palavras-chave: Origens de água / Água para consumo humano / Águas subterrâneas / Qualidade da água / Fluoreto / Cloreto / Sódio / Açores

## ANALYSIS OF THE WATER SOURCES FOR PUBLIC SUPPLY IN VARIOUS AZOREAN ISLANDS AIMING THE OPTIMISATION OF THE DRINKING WATER QUALITY

Analysis of the information available and preliminary solutions proposition

### Abstract

---

In the context of the high concentrations of chloride, sodium and fluoride found in some groundwater sources used for human consumption in several Azorean islands, the Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA) has requested LNEC the "Analysis of the water sources for public supply in various Azorean islands aiming the optimisation of the drinking water quality". LNEC has developed this work in collaboration with the University of Azores, through the contracting of the Gaspar Frutuoso Foundation (FGF). This document constitutes the final report of the study. Addressing the objectives drawn, it summarizes the information collected and presents its analysis as well as the preliminary analysis of solutions for public water supply and the conclusions and recommendations for each of the four islands involved, São Miguel, Terceira, Graciosa and Pico.

Keywords: Water sources / Drinking water / Groundwater / Water quality / Fluoride / Chloride / Sodium / Optimisation / Azores





## Índice

1	Introdução .....	1
2	Enquadramento hidrogeológico insular.....	4
3	Informação solicitada e disponibilizada.....	14
3.1	ERSARA .....	14
3.2	Agência Portuguesa do Ambiente .....	15
3.3	Entidades Gestoras .....	15
3.4	Outras entidades.....	17
3.5	Estruturação da informação.....	18
4	Análise da informação disponibilizada.....	20
4.1	Nota introdutória .....	20
4.2	São Miguel – concelho de Ponta Delgada.....	20
4.2.1	Qualidade da água nas captações .....	20
4.2.2	Qualidade da água nas zonas de abastecimento .....	28
4.2.3	Informação de outros estudos .....	37
4.3	Terceira – concelho da Praia da Vitória.....	38
4.3.1	Qualidade da água nas captações .....	38
4.3.2	Qualidade da água nas zonas de abastecimento .....	49
4.3.3	Informação de outros estudos .....	54
4.4	Graciosa.....	55
4.4.1	Qualidade da água nas captações .....	55
4.4.2	Qualidade da água nas zonas de abastecimento .....	67
4.4.3	Informação de outros estudos .....	70
4.5	Pico .....	70
4.5.1	Qualidade da água nas captações .....	70
4.5.2	Qualidade da água nas zonas de abastecimento .....	79
4.5.3	Informação de outros estudos .....	85
5	Análise preliminar de propostas de soluções para o abastecimento público .....	86
5.1	Nota introdutória .....	86
5.2	CrITÉRIOS associados à mistura de origens.....	86
5.3	Opções de tratamento para controlo de fluoreto, cloreto e/ou sódio .....	87
5.4	São Miguel – concelho de Ponta Delgada.....	90
5.5	Terceira – concelho da Praia da Vitória.....	92
5.6	Graciosa.....	95
5.7	Pico .....	98
6	Conclusões e recomendações.....	101
6.1	São Miguel – concelho de Ponta Delgada.....	101
6.1.1	Conclusões .....	101
6.1.2	Recomendações .....	101
6.2	Terceira – concelho da Praia da Vitória.....	101
6.2.1	Conclusões .....	101
6.2.2	Recomendações .....	102
6.3	Graciosa.....	102
6.3.1	Conclusões .....	102
6.3.2	Recomendações .....	103
6.4	Pico .....	104

6.4.1	Conclusões .....	104
6.4.2	Recomendações .....	104
6.5	Conclusões gerais .....	105
	Referências bibliográficas .....	107
	Anexos .....	111
	ANEXO I Email a solicitar informação à ERSARA .....	113
	ANEXO II Quadros com a síntese dos ficheiros recebidos.....	117
	ANEXO III Mapas com Zonas de abastecimento do concelho de Ponta Delgada .....	121
	ANEXO IV Qualidade da água nas zonas de abastecimento descontinuadas do concelho de Ponta Delgada e do concelho da Praia da Vitória .....	129

## Índice de figuras

Figura 2.1 – Modelo hidrogeológico da ilha Terceira, assinalando-se o aquífero basal, a zona de transição entre a água doce e a água salgada e um aquífero suspenso. Adaptado de Rodrigues (2018) .....	5
Figura 2.2 – Modelo hidrogeológico do <i>graben</i> das Lajes, assinalando-se vários aquíferos suspensos sobrepostos (formações hidrogeológicas do Cume, LAJ1, LAJ2 e formações hidrogeológicas das Amoreiras) e o aquífero basal. Adaptado de Rodrigues (2018).....	5
Figura 2.3 – Principais unidades geomorfológicas da ilha de São Miguel.....	7
Figura 2.4 – Principais maciços vulcânicos da ilha Terceira, assinalando-se o CVPA e o <i>graben</i> das Lajes com os seus limites .....	8
Figura 2.5 – Principais unidades geomorfológicas da ilha Graciosa .....	10
Figura 2.6 – Carta geológica da ilha Graciosa .....	11
Figura 2.7 – Principais unidades geomorfológicas da ilha do Pico.....	12
Figura 3.1 – Ficheiro “Características dos pontos de água.xlsx” .....	18
Figura 3.2 – Ficheiro “Dados de qualidade.xlsx” .....	19
Figura 4.1 – Localização das captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel.....	21
Figura 4.2 – Localização das captações com informação disponível sobre a qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	22
Figura 4.3 – Gammas de concentração em cloreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	23
Figura 4.4 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em cloreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	23
Figura 4.5 – Gammas de concentração em sódio nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	24
Figura 4.6 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em sódio nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	24
Figura 4.7 – Gammas de concentração em fluoreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	25
Figura 4.8 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em fluoreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	25
Figura 4.9 – Concentração em cloreto e sódio e volume anual extraído em 2010-2017 no furo JK3-SP, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	26
Figura 4.10 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído em 2010-2017 nos furos JK2 e Lagoa do Conde 1 e volume anual extraído no furo Lagoa do Conde 2, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	27
Figura 4.11 – Concentração em fluoreto e volume anual extraído em 2009-2017 nas nascentes do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	27
Figura 4.12 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA sem incumprimentos nestes parâmetros, em 2009-2016, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	32
Figura 4.13 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2009-2016, nas ZA com melhoria de qualidade em fluoreto após alterações realizadas pela EG no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	33
Figura 4.14 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, nas ZA com incumprimentos em fluoreto no período 2009-2016, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	33
Figura 4.15 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2014-2016, nas novas ZA da zona urbana do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel.....	35
Figura 4.16 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2014-2016, na nova ZA dos Remédios, na zona urbana do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel.....	36
Figura 4.17 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2014-2016 ou 2015-2016, nas novas ZA de zonas não urbanas do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	36

Figura 4.18 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2016, nas novas ZA de zonas não urbanas do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel.....	37
Figura 4.19 – Localização das captações de água para consumo humano no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	38
Figura 4.20 – Localização das captações com informação disponível sobre a qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	39
Figura 4.21 – Gamas de concentração em cloreto nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	40
Figura 4.22 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em cloreto nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	41
Figura 4.23 – Gamas de concentração em sódio nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	41
Figura 4.24 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em sódio nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	42
Figura 4.25 – Gamas de concentração em fluoreto nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	42
Figura 4.26 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em fluoreto nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	43
Figura 4.27 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído no furo F5 – Fontinhas-Barreiro, em 2009-2017, no concelho de Praia da Vitória, ilha Terceira.....	45
Figura 4.28 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído nos furos F1 - Areeiro-Fontinhas, F6 - Covas, F8 - Bicas e F10 - Pico Viana, em 2009-2017, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	46
Figura 4.29 – Concentração em cloreto e em sódio nos furos F0 - Pico do Celeiro e F4 - Juncal, em 2009-2017, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira.....	48
Figura 4.30 – Concentração em fluoreto, em 2009-2017, nas nascentes do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	49
Figura 4.31 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA com incumprimento muito frequente de fluoreto, em 2009-2016, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	51
Figura 4.32 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA com incumprimento (menos severo) de fluoreto, em 2009-2016, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	52
Figura 4.33 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA com incumprimentos de cloreto, sódio e fluoreto ou apenas de cloreto, em 2009-2016, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	53
Figura 4.34 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA sem incumprimentos nestes parâmetros, em 2009-2016, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	53
Figura 4.35 – Variação do teor em fluoreto da nascente das Frechas e da precipitação considerando um período de retenção hidráulico do aquífero de 3 meses (Costa, 2014) .....	55
Figura 4.36 – Localização das captações de água para consumo humano na ilha Graciosa.....	56
Figura 4.37 – Localização das captações e zonas de abastecimento na ilha Graciosa .....	57
Figura 4.38 – Localização das captações com informação disponível sobre a qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto na ilha Graciosa .....	57
Figura 4.39 – Gamas de concentração em cloreto nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa .....	59
Figura 4.40 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em cloreto nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa .....	59
Figura 4.41 – Gamas de concentração em sódio nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa .....	60
Figura 4.42 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em sódio nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa .....	60
Figura 4.43 – Correlação cloreto-sódio em furos da ilha Graciosa.....	62
Figura 4.44 – Concentração em cloreto e em sódio nos furos JK1 e JK5 e volumes mensais extraídos nos furos JK1, JK5 e AC2 em 2009-2016, na ilha Graciosa .....	64

Figura 4.45 – Concentração em cloreto e em sódio e caudais mensais nos furos AC3, IT1 e JK4, em 2009-2016, na ilha Graciosa.....	65
Figura 4.46 – Concentração em cloreto e em sódio nos furos IT2 e SG1, em 2015-2016, na ilha Graciosa.....	66
Figura 4.47 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto nas ZA Sul e Feteira/Pontal, em 2009-2016, na ilha Graciosa .....	68
Figura 4.48 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto nas ZA Norte e Fontes, em 2009-2016, na ilha Graciosa .....	68
Figura 4.49 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto nas ZA Nova e Tanque, em 2009-2016, na ilha Graciosa .....	69
Figura 4.50 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto na ZA Quitadouro, em 2015-2016, na ilha Graciosa .....	69
Figura 4.51 – Localização das captações de água para consumo humano na ilha do Pico .....	70
Figura 4.52 – Localização das captações com informação disponível sobre a qualidade da água em cloreto e sódio na ilha do Pico.....	71
Figura 4.53 – Gamas de concentração em cloreto nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico .....	72
Figura 4.54 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em cloreto nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico.....	72
Figura 4.55 – Gamas de concentração em sódio nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico .....	73
Figura 4.56 – Diagrama de <i>box-plot</i> das concentrações em sódio nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico.....	73
Figura 4.57 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído nos furos JK1, JK2, Roças e Ribeira, em 2009-2017, no concelho de São Roque do Pico, ilha do Pico .....	75
Figura 4.58 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído nos furos IT1 (ou f1), IT2 (ou IT5) e JK3 (ou AC1), em 2009-2017, no concelho da Madalena, ilha do Pico .....	75
Figura 4.59 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído nos furos JK2_LP, JK3_LP, JK4_LP, JK1_LP, JM e JR, em 2009-2017, no concelho de Lajes do Pico, ilha do Pico .....	77
Figura 4.60 – Concentração em cloreto e em sódio nas nascentes n1 - Landroal de Cima I e n2 - Cabeço de Lança, em 2009- 2017, no concelho de Lajes do Pico, ilha do Pico ....	79
Figura 4.61 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA sem incumprimentos nestes três parâmetros, em 2009-2016, no concelho da Madalena, ilha do Pico .....	81
Figura 4.62 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA com incumprimentos em cloreto e sódio, em 2009-2016, no concelho da Madalena, ilha do Pico .....	82
Figura 4.63 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto em ZA sem incumprimentos em cloreto e sódio, em 2009-2016, no concelho das Lajes do Pico, ilha do Pico .....	83
Figura 4.64 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto em ZA com incumprimentos em cloreto e sódio, em 2009-2016, no concelho das Lajes do Pico, ilha do Pico .....	83
Figura 4.65 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto, em 2009 2016, nas ZA do concelho de São Roque do Pico, ilha do Pico .....	84
Figura 5.1 – Correspondência entre as zonas de abastecimento onde se detetaram incumprimentos em fluoreto ou concentrações próximas do VP e as respetivas origens de água, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel.....	91
Figura 5.2 – Correspondência entre as zonas de abastecimento onde se detetaram incumprimentos em fluoreto, cloreto e sódio ou concentrações próximas do VP, e as respetivas origens de água, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira.....	93
Figura 5.3 – Correspondência entre as zonas de abastecimento onde se detetaram incumprimentos em cloreto e sódio ou concentrações próximas do VP, e as respetivas origens de água, na ilha Graciosa .....	96
Figura 5.4 – Correspondência entre as zonas de abastecimento onde se detetaram incumprimentos em cloreto e sódio ou concentrações próximas do VP, e as respetivas origens de água, na ilha do Pico.....	99

## Índice de quadros

Quadro 3.1 – Resumo da informação disponibilizada pela ERSARA.....	14
Quadro 3.2 – Interlocutores em cada entidade gestora e contactos efetuados .....	16
Quadro 3.3 – Informação solicitada para cada captação.....	16
Quadro 4.1 – Evolução da população residente nos concelhos analisados.....	20
Quadro 4.2 – Síntese da informação disponibilizada para os parâmetros cloreto, sódio e fluoreto nas captações de água no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	22
Quadro 4.3 – Síntese dos parâmetros estatísticos relativos à qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel .....	26
Quadro 4.4 – Métodos analíticos utilizados pelo laboratório de análises do INOVA.....	29
Quadro 4.5 – População servida, incumprimentos em cloreto, sódio e fluoreto nas zonas de abastecimento no concelho de Ponta Delgada e captações de água associadas .....	30
Quadro 4.6 – Síntese da informação disponibilizada para os parâmetros cloreto, sódio e fluoreto nas captações de água do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	39
Quadro 4.7 – Síntese dos parâmetros estatísticos relativos à qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto nas captações de água para consumo humano no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	43
Quadro 4.8 – Grau e possíveis causas da salinização em furos do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira.....	46
Quadro 4.9 – População servida, incumprimentos em cloreto, sódio e fluoreto nas zonas de abastecimento do concelho da Praia da Vitória e captações de água associadas .....	50
Quadro 4.10 – Síntese da informação disponibilizada para os parâmetros cloreto e sódio nas captações de água na ilha Graciosa .....	58
Quadro 4.11 – Síntese dos parâmetros estatísticos relativos à qualidade da água em cloreto e sódio nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa .....	61
Quadro 4.12 – Análise interpretativa das características dos furos na ilha Graciosa .....	63
Quadro 4.13 – Grau e possíveis causas da salinização em furos na ilha Graciosa.....	65
Quadro 4.14 – Zonas de abastecimento, captações de água, população abastecida e incumprimentos em cloreto, sódio e fluoreto na ilha Graciosa .....	67
Quadro 4.15 – Síntese da informação disponibilizada para os parâmetros cloreto e sódio nas captações de água, na ilha do Pico.....	71
Quadro 4.16 – Síntese dos parâmetros estatísticos relativos à qualidade da água em cloreto e sódio nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico.....	74
Quadro 4.17 – Grau e possíveis causas da salinização em furos do concelho da Madalena, ilha do Pico .....	76
Quadro 4.18 – Grau e possíveis causas da salinização, concelho de Lajes do Pico, ilha do Pico .....	79
Quadro 4.19 – Zonas de abastecimento, captações de água, população abastecida e incumprimentos em cloreto, sódio e fluoreto nos concelhos de São Roque do Pico, Madalena e Lajes do Pico , ilha do Pico .....	80
Quadro 5.1 – Propostas para as zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores de fluoreto, no concelho de Ponta Delgada, São Miguel .....	92
Quadro 5.2 – Propostas para as zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em fluoreto e cloreto, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira .....	94
Quadro 5.3 – Análise química da água do furo SB1-Fajãs da Agualva (Sondagens Batalha, Lda., 2009).....	95
Quadro 5.4 – Propostas para as zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em cloreto e sódio, na ilha Graciosa .....	97
Quadro 5.5 – Propostas para as zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em cloreto e sódio, na ilha do Pico.....	100

## Agradecimentos

---

O desenvolvimento deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração das seguintes pessoas e entidades, a quem se agradece toda a informação disponibilizada:

- Eng.<sup>a</sup> Vanda Bettencourt e Eng.<sup>o</sup> Hélder Linhares, Praia Ambiente, E.M. (Praia da Vitória);
- Eng.<sup>a</sup> Lurdes Faustino, Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa (Santa Cruz da Graciosa);
- Eng.<sup>o</sup> Sérgio Sousa e Dr.<sup>a</sup> Neide Alvernaz, Câmara Municipal de São Roque do Pico (São Roque);
- Eng.<sup>a</sup> Luisabela Coutinho, Câmara Municipal das Lajes do Pico (Lajes do Pico);
- Eng.<sup>a</sup> Elsa Matos, Câmara Municipal de Madalena (Madalena);
- Eng.<sup>a</sup> Selma Cordeiro e Dr.<sup>a</sup> Cátia Raposo, Serviços Municipalizados da Câmara Municipal de Ponta Delgada (Ponta Delgada);
- Dr.<sup>a</sup> Sandra Mendes, Direção de Serviços de Recursos Hídricos e Ordenamento do Território, Direção Regional do Ambiente, Secretaria Regional da Energia, Ambiente e Turismo.

Agradece-se ainda toda a colaboração prestada pelos Professores José Carlos Goulart Fontes e João da Silva Madruga, do Instituto de Investigação e Tecnologias Agrárias e do Ambiente (IITAA) da Universidade dos Açores.

## Lista de acrónimos

---

AA – Alumina Ativada

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CVPA – Centro Vulcânico do Pico Alto

CM – Câmara Municipal

DSRHOT – Direção de Serviços de Recursos Hídricos e Ordenamento do Território

ED – Eletrodíálise

EDA – Eletricidade dos Açores

EG – Entidade Gestora

ERSARA – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores

ETA – Estação de Tratamento de Água

IITAA – Instituto de Investigação de Tecnologias Agrárias e do Ambiente

INOVA – Instituto de Inovação Tecnológica dos Açores

IROA – Instituto Regional de Ordenamento Agrário

LD – Limite de Detecção

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NF – Nanofiltração

NHE – Nível Hidrostático

NHD – Nível Hidrodinâmico

OI – Osmose Inversa

PCQA – Planos de Controlo da Qualidade da Água

PGRH-Açores – Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores

Q – Caudal

SIG – Sistema de Informação Geográfica

TRH – Tempo de Retenção Hidráulico

USEPA – Agência Americana de Proteção do Ambiente (*United States Environmental Protection Agency*)

VP – Valor Paramétrico (estabelecido no DL 152/2017 de 7 de dezembro)

ZA – Zona de Abastecimento



## 1 | Introdução

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e o Instituto de Investigação de Tecnologias Agrárias e do Ambiente da Universidade dos Açores (IITAA) prestaram apoio à Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos dos Açores (ERSARA), através do Ajuste Direto n.º AJD ERSARA/2017/14, na análise da qualidade das águas subterrâneas utilizadas para produção de água destinada ao consumo humano, onde esta qualidade apresenta valores elevados em cloreto, fluoreto e sódio, nas ilhas de São Miguel (concelho de Ponta Delgada), Terceira (concelho de Praia da Vitória), Graciosa (concelho de Santa Cruz da Graciosa) e Pico (concelhos de Lajes do Pico, Madalena e São Roque do Pico).

De acordo com o programa de trabalhos, o objetivo do estudo foi caracterizar a situação atual, o contexto geográfico e a origem subjacentes à qualidade das águas subterrâneas, visando apresentar propostas preliminares de soluções alternativas para abastecimento público nestas ilhas.

O programa de trabalhos foi composto pelas seguintes quatro ações: 1) levantamento da informação; 2) tratamento da informação; 3) análise preliminar de propostas de soluções; 4) elaboração de relatório. A Ação 1, que corresponde ao levantamento da informação disponível, foi da responsabilidade da Universidade dos Açores.

A informação de base foi necessária para: (a) localizar as captações afetadas; (b) analisar as principais características das mesmas, em especial aquelas que podem condicionar a qualidade da água; (c) analisar as características da qualidade da água e sua variação ao longo do tempo e espaço; e (d) descrever os elementos dos sistemas de abastecimento dos concelhos envolvidos.

No âmbito da Ação 1 foram solicitados dados relativos a:

- a) georreferenciação das captações, com as coordenadas geográficas, topografia e cota das captações;
- b) análise da origem da água em termos da massa de água a que pertence, mesmo que não em uso para abastecimento público, com base na análise do perfil litológico da captação e da posição/profundidade dos ralos; informação sobre a profundidade de cada furo e da respetiva bomba de extração, níveis piezométricos, volumes captados, caudais de exploração recomendados e transmissividade;
- c) análises químicas da qualidade da água, designadamente as concentrações em cloreto, sódio e fluoreto nas captações afetadas, sinalizadas pela ERSARA, relativos ao período 2009-2017. Refere-se no contrato que, caso esta informação não existisse, se devia proceder à análise sumária do(s) parâmetro(s) relevante(s) para o estudo, em duas amostras de água por captação. A colheita das amostras seria realizada pela equipa deste estudo; o transporte e análise seriam da responsabilidade da ERSARA;
- d) descrição das zonas de abastecimento afetadas – localização em SIG e descrição sumária das componentes dos sistemas (captações, reservatórios, adutoras, redes de distribuição), perdas

de água (estimadas ou calculadas pela entidade gestora), assim como a população residente em cada Zona de Abastecimento (ZA) e sua percentagem relativamente ao concelho.

Esta ação iniciou-se com a solicitação de dados à ERSARA para cada um dos itens indicados, tendo essa informação sido posteriormente complementada de acordo com a seguinte metodologia:

- a) contacto (pessoal, telefone ou e-mail) com um interlocutor em cada Entidade Gestora (EG) para avaliar a disponibilidade de envio de dados;
- b) recolha dos dados disponíveis em bases públicas de dados para identificação dos dados adicionais necessários, a solicitar posteriormente a cada EG;
- c) contacto oficial com outras entidades para acesso a dados: envio de mensagem de correio eletrónico (e-mail) e acordo sobre o calendário de envio de informação, visita ao local e recolha de amostras, quando aplicável;
- d) esclarecimento de dúvidas relativas aos dados disponibilizados.

A informação solicitada não existia em diversas situações, pelo que a equipa trabalhou com os dados disponibilizados, adiante apresentados.

No âmbito da Ação 2, Tratamento da informação, o conjunto de informação obtido foi analisado e tratado utilizando folhas de cálculo e SIG, por forma a caracterizar a distribuição espacial dos problemas identificados (mapas com a localização e valores máximos encontrados para fluoreto, cloreto e sódio) e a evolução da situação ao longo do tempo (gráficos com a evolução da situação e correlação entre parâmetros).

Dentro da análise da variação de cada um destes elementos ao longo do ano, procurou-se uma correlação com variações de caudal, profundidades dos ralos nos furos, época do ano, entre outros.

Este conjunto de elementos permitiu avaliar: (a) o conjunto de furos afetados e a sua extensão geográfica por ilha; (b) o carácter temporário, ou não, da qualidade da água e sua origem; e (c) os intervalos de variação da qualidade e o grau de tratamento necessário, quando aplicável. Esta ação foi realizada em conjunto pelo LNEC e Universidade dos Açores.

Com base nos resultados das ações anteriores, foi feita uma Análise preliminar de propostas de soluções (Ação 3) para o abastecimento público de água para consumo humano nas quatro ilhas, que contemplaram as seguintes opções, individualmente ou em conjunto i) gestão das profundidades de captação; ii) mistura de origens (com captações existentes ou novas); iii) substituição completa da origem; iv) tratamento dedicado em alguma(s) origem(ns). Esta análise, realizada em conjunto pelo LNEC e Universidade dos Açores, sendo preliminar, não contemplou a análise técnico-económica da eficácia e eficiência das hipóteses identificadas e do eventual tratamento necessário. Para apoio à tomada de decisão, recomenda-se a realização dessa análise aprofundada numa fase posterior, noutra estudo.

Este relatório constitui o segundo e último produto deste contrato (Ação 4) e apresenta o conjunto de resultados obtidos, desde a informação disponível, ao seu tratamento e a análise preliminar de propostas de soluções para o abastecimento público das ilhas analisadas. Foi preparado pelo LNEC em colaboração com a Universidade dos Açores.

O presente relatório contém a síntese do trabalho realizado e foi estruturado nos seguintes capítulos: 1 | Introdução; 2 | Enquadramento hidrogeológico insular; 3 | Informação solicitada e disponibilizada; 4 | Análise da informação disponibilizada; 5 | Análise preliminar de propostas de soluções para o abastecimento público; 6 | Conclusões e recomendações.

## 2 | Enquadramento hidrogeológico insular

A ocorrência, circulação e armazenamento da água subterrânea em regiões vulcânicas, como os Açores, mostram especificidades muito diferentes das de outros meios geológicos que se traduzem numa acentuada heterogeneidade e anisotropia. Estes aspetos singulares são consequência da própria edificação das ilhas, a partir de inúmeras erupções vulcânicas de magnitude e tipologia diversas, e de fatores secundários, como a alteração ou a fracturação das rochas, que podem aumentar ou diminuir o potencial original das formações rochosas, como aquíferos (Freire, 2013).

As ilhas dos Açores são essencialmente constituídas por escoadas lávicas de natureza basáltica e traquítica e depósitos piroclásticos de queda do tipo escórias e lapilli. Associados a períodos prolongados de quiescência vulcânica, surgem intercalados nestes materiais paleossolos, meteorizados termicamente nalguns troços pelas escoadas lávicas que os cobrem.

Do ponto de vista hidrogeológico, as formações rochosas que ocorrem nas ilhas açorianas são heterogêneas e anisótropas, apresentando as escoadas lávicas e os depósitos piroclásticos de queda permeabilidades elevadas. De acordo com Cruz (2004) nas escoadas lávicas podem observar-se porosidades entre 10% e 50%, embora ocorram valores fora deste intervalo, enquanto os depósitos piroclásticos apresentam valores de porosidade entre 30% e 50%, que podem ser largamente excedidos em formações de queda recentes constituídas por materiais grosseiros.

Os níveis menos permeáveis correspondem aos paleossolos, alguns com grandes continuidades espaciais e menos de 0,5 m de espessura. Estas características são responsáveis pela ocorrência de dois tipos de massas de água subterrânea distintas (Rodrigues, 1993; Cruz, 1997 e Rodrigues, 2002): um aquífero basal, disposto a cotas próximas do nível do mar, e aquíferos suspensos localizados nas zonas mais altas.

Na Figura 2.1 mostra-se um modelo hidrológico para a ilha Terceira proposto por Rodrigues (2002) e adaptado em Rodrigues (2018), o qual pode ser generalizado para a grande maioria das ilhas dos Açores.

O aquífero de base corresponde a uma lentícula de água doce que sobrenada água salgada mais densa proveniente de infiltrações do mar. A descarga deste corpo hídrico é feita através de nascentes concentradas ou difusas (nascentes basais), que ou são submarinas ou ocorrem na zona intertidal e em pauis (Figura 2.1). A ocorrência de fluxos geotermiais pode modificar a temperatura e o quimismo das águas basais.

A maior parte da recarga do aquífero basal ocorre nas zonas mais altas do centro das ilhas, onde a precipitação é elevada, sendo os valores de infiltração mais significativos nas áreas do terreno constituídas por formações recentes.

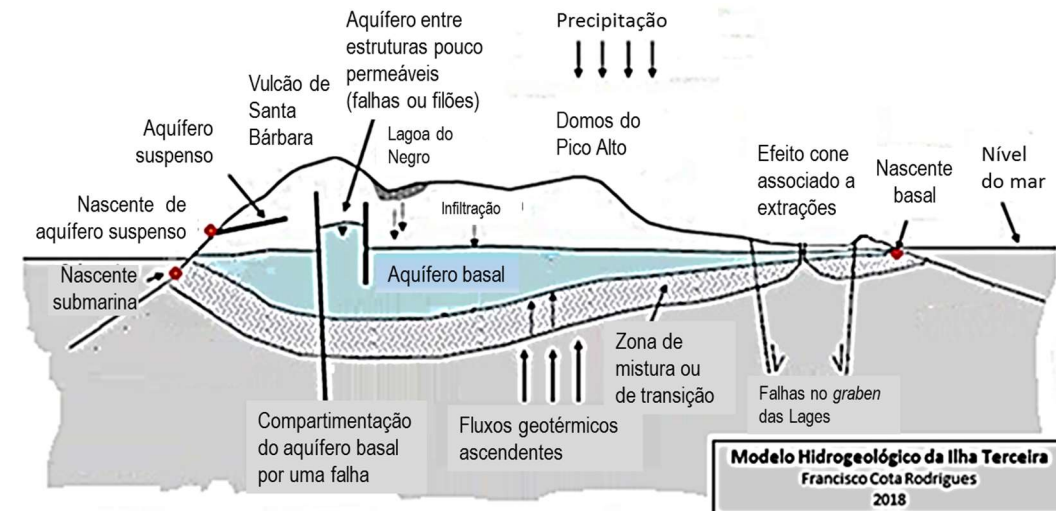


Figura 2.1 – Modelo hidrogeológico da ilha Terceira, assinalando-se o aquífero basal, a zona de transição entre a água doce e a água salgada e um aquífero suspenso. Adaptado de Rodrigues (2018)

De acordo com AHA-SRAM (2011) os caudais específicos dos furos que captam o aquífero basal variam entre  $1,4 \times 10^{-2}$  e  $266,67 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ , com um valor de mediana igual a  $21,99 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ , sendo os valores mais elevados observados nas ilhas do Pico ( $6,25 - 250 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ ) e Graciosa ( $1,36 - 266,67 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ ). A transmissividade nestas captações varia entre  $2,65 \times 10^{-6}$  e  $4,03 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ , com uma mediana igual a  $1,62 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ , verificando-se os valores mais elevados nas ilhas da Graciosa e Pico, em que, de acordo com a classificação de Krásný (1993), respetivamente 91% e 85% dos valores podem ser designados como muito altos ( $> 1,16 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ).

Os aquíferos suspensos surgem associados a níveis pouco permeáveis, como paleossolos e depósitos piroclásticos muito meteorizados. Dependendo das características do terreno, estas formações hidrogeológicas podem ser múltiplas no mesmo maciço, ocorrendo de forma sobreposta como acontece no *graben* das Lajes (Figura 2.2).

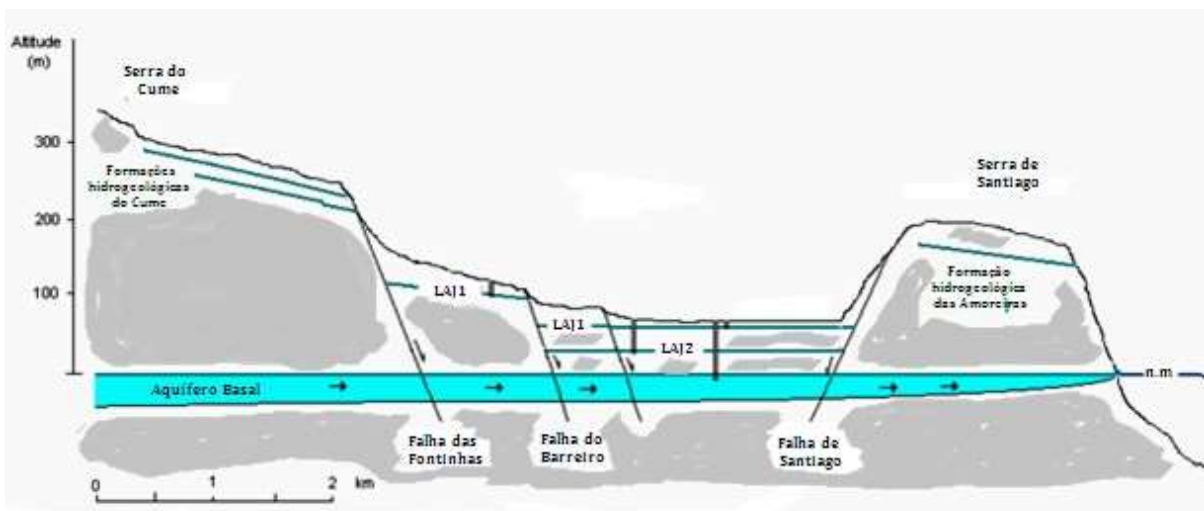


Figura 2.2 – Modelo hidrogeológico do *graben* das Lajes, assinalando-se vários aquíferos suspensos sobrepostos (formações hidrogeológicas do Cume, LAJ1, LAJ2 e formações hidrogeológicas das Amoreiras) e o aquífero basal. Adaptado de Rodrigues (2018)

Em condições topográficas favoráveis, os aquíferos suspensos descarregam a partir de nascentes localizadas nas vertentes dos grandes aparelhos vulcânicos, nomeadamente em escarpas de falha, arribas costeiras, tubos de lava, e, sobretudo, nos talvegues dos cursos de água (Figura 2.1).

Os aquíferos suspensos são maioritariamente captados através de nascentes, existindo contudo alguns, sobretudo nas ilhas Terceira e Santa Maria, que são explorados através de furos. O aquífero basal é apenas explorado através de furos.

De um modo geral, os furos insulares apresentam capacidades específicas elevadas e transmissividades muito altas. De acordo com Cruz *et al.* (2017), este facto deve-se à ocorrência de escoadas lávicas pouco espessas, muito fraturadas e com uma percentagem elevada de zonas de *clinker*.

O caudal das nascentes é normalmente baixo e comporta variações sazonais muito acentuadas, que, nalguns casos, ultrapassam 80% (Rodrigues, 2002). Constituem alguns mananciais associados a aquíferos localizados no interior de caldeiras, como as nascentes do Cabrito e da Nasce-Água na ilha Terceira, que apresentam caudais na época pluviosa muito elevados.

Em termos qualitativos, a fácies hidrogeoquímica predominante das águas açorianas são do tipo cloretado sódico ou bicarbonatado sódico, refletindo sobretudo a influência de aerossóis marinhos, interações com água do mar (Cruz & Silva, 2000; Rodrigues 2002 e Cruz *et al.*, 2010a & 2010b), e, de acordo com Cruz e Amaral (2004), a dissolução de CO<sub>2</sub> no solo pelas águas infiltradas e hidrólise de minerais silicatados.

Em termos genéricos, a composição química da água nos aquíferos suspensos difere da dos aquíferos basais. A água nos aquíferos suspensos é pouco mineralizada, com valores de condutividade elétrica baixos (inferiores a 750 µS/cm), e os principais tipos de água vão de Na-Cl a Na-HCO<sub>3</sub>, podendo ter composições intermédias de Na-Cl-HCO<sub>3</sub> e Na-HCO<sub>3</sub>-Cl. Nos aquíferos basais, a água subterrânea é mais mineralizada, maioritariamente do tipo Na-Cl, em resultado da mistura com a água do mar (Cruz e Amaral, 2004).

A presença de fluoreto em alguns dos aquíferos pode resultar de processos de lixiviação das rochas vulcânicas e da libertação de fluoreto nos vulcões ativos (Cordeiro *et al.*, 2012).

Na Figura 2.3 a Figura 2.5 e Figura 2.7 assinalam-se as principais unidades geomorfológicas das ilhas em estudo, utilizando, como base, imagens provenientes de [www.climaat.angra.uac.pt](http://www.climaat.angra.uac.pt) (acedido em 14.07.2018).

A **ilha de São Miguel** apresenta oito unidades distintas: Maciço das Sete Cidades; Região dos Picos; Maciço do Fogo (ou Maciço de Água de Pau); Planalto da Achada das Furnas; Maciço das Furnas; Vulcão da Povoação; Região da Tronqueira; e Plataforma Litoral Norte (Figura 2.3).

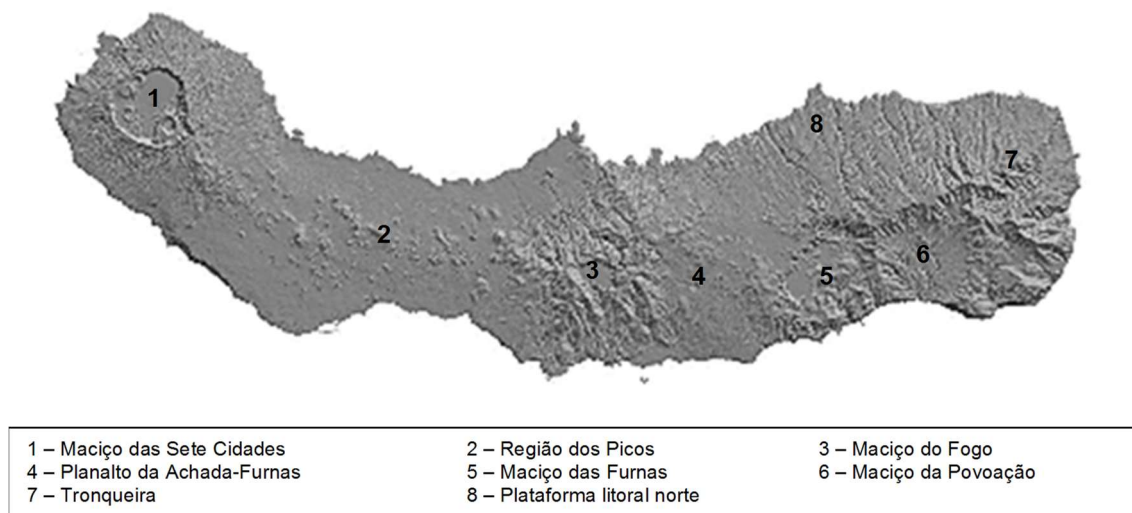


Figura 2.3 – Principais unidades geomorfológicas da ilha de São Miguel

O Maciço Vulcânico das Sete Cidades corresponde a um vulcão central com caldeira onde se podem identificar diversos cones de escórias, cones de pedra-pomes, *maars* (s.l.) e domos. A caldeira tem uma forma aproximadamente circular e apresenta paredes abruptas subverticais, com quatro lagoas no seu interior (Pereira, 2015).

A Região dos Picos situa-se numa área onde predominam alinhamentos de cones de escórias estrombolianos, ocorrendo alguns *maars*. Estende-se por cerca de 23 km comprimento e 13 km de largura e apresenta uma área aproximada de 200 km<sup>2</sup> (Pereira, 2015).

O Maciço do Fogo localiza-se na parte central da ilha e corresponde ao vulcão do Fogo. Este apresenta no seu centro uma caldeira, no interior da qual se situa a Lagoa do Fogo, domos lávicos e um cone de pedra pomes.

De acordo AHA-SRAM (2011) foram delimitadas seis massas de água subterrânea na ilha de São Miguel: Sete Cidades, Ponta Delgada-Fenais da Luz, Água de Pau, Achada, Nordeste-Faial da Terra e Furnas-Povoação).

A massa de água das Sete Cidades dispõe-se no sector ocidental da ilha, ocupando 86,05 km<sup>2</sup>, ou seja, cerca de 11,6% da superfície da ilha de São Miguel e corresponde a um sistema de aquíferos basais e de altitude, constituído por aquíferos predominantemente fissurados (AHA-SRAM, 2011). Os aquíferos de altitude podem ser porosos ou fissurados, e a sua ocorrência depende da existência de níveis de permeabilidade muito reduzida, ou é função de aparelhos vulcânicos secundários sempre que o respetivo volume seja significativo do ponto de vista hidrogeológico (Coutinho, 1990 e Cruz *et al.*, 2014).

A massa de água de Ponta Delgada Fenais da Luz tem uma área aflorante da ordem de 196,71 km<sup>2</sup>, ocupando 26,4% da superfície da ilha de São Miguel. Corresponde ao sector central-ocidental da ilha e confronta para NE com a massa Sete Cidades e a W com a massa Água de Pau. Corresponde a um sistema de aquíferos basais, constituído por aquíferos predominantemente fissurados. Admite-se a existência de aquíferos de altitude, descontínuos ou conectados hidraulicamente aos aquíferos de

base, que podem ser porosos ou fissurados, cuja ocorrência depende de níveis de permeabilidade muito reduzida, ou é função de aparelhos vulcânicos secundários sempre que o respetivo volume seja significativo do ponto de vista hidrogeológico (AHA-SRAM, 2011).

A massa de água Água de Pau corresponde a um sistema de aquíferos basais e de altitude, sendo os basais fissurados e os aquíferos de altitude porosos ou fissurados, devendo-se a sua existência à ocorrência de solos de permeabilidade reduzida (Cruz, 2004).

A Figura 2.4 mostra os três maciços vulcânicos que formam a **ilha Terceira**, salientando-se o centro vulcânico do Pico Alto (CVPA), o *graben* das Lajes e a zona de fissura onde se dispõe o furo do Pico Viana.

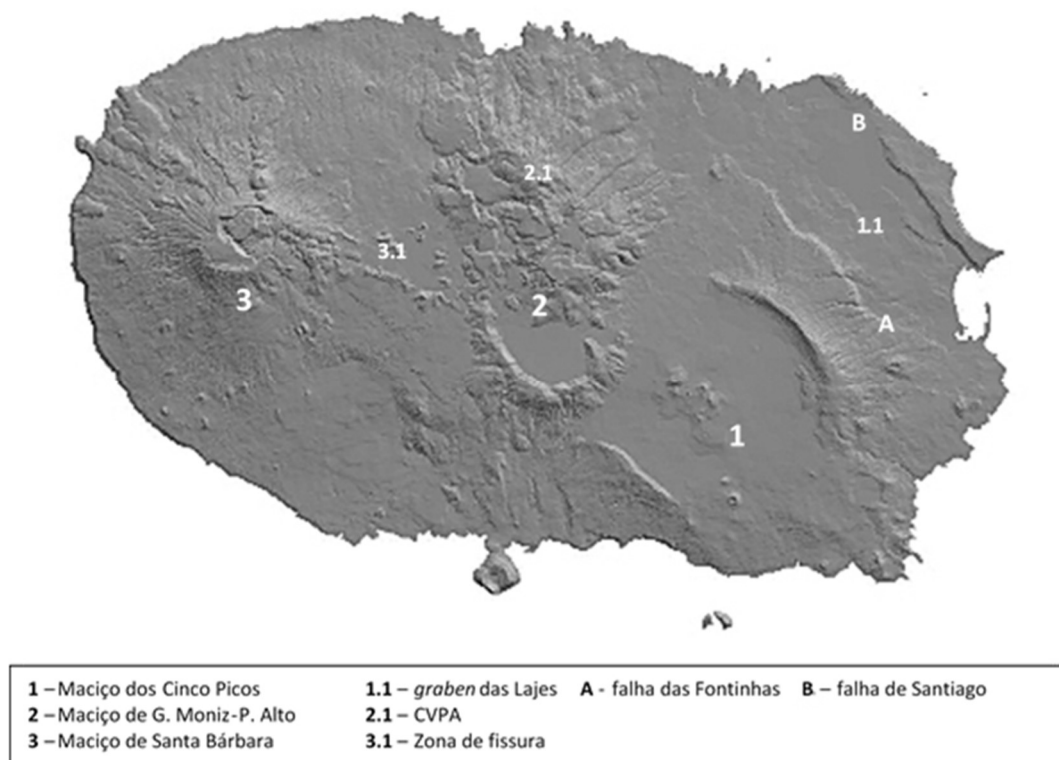


Figura 2.4 – Principais maciços vulcânicos da ilha Terceira, assinalando-se o CVPA e o *graben* das Lajes com os seus limites

O centro vulcânico do Pico Alto dispõe-se no sector norte do estrato-vulcão de Guilherme Moniz-Pico Alto, ocupando a metade norte da caldeira que encima este grande aparelho e parte das suas vertentes. É constituído por escoadas lávicas e depósitos piroclásticos de natureza traquítica (formação peralcalina do Pico Alto), emitidos nos últimos 22.000 anos a partir de várias bocas eruptivas.

O *graben* das Lajes dispõe-se no sector NE do estrato-vulcão dos Cinco Picos. Corresponde a uma depressão tectónica muito fraturada, limitada a NE pela falha de Santiago e a SW pela falha das Fontinhas.

A zona de fissura corresponde a uma faixa de terreno que se desenvolve no sentido N-S, localizada entre os estrato-vulcões de Guilherme Moniz-Pico Alto e Santa Bárbara. É constituída por escoadas



lávicas e piroclastos de queda de natureza basáltica emitidos a partir de vários centros eruptivos estrombolianos.

De acordo com Rodrigues (2002), o concelho da Praia da Vitória na ilha Terceira comporta um sistema aquífero basal, amplamente explorado por furos na zona tectonicamente deprimida do *graben* das Lajes, e uma série de aquíferos suspensos no maciço de Guilherme Moniz-Pico Alto, captados através de nascentes que ocorrem nas vertentes deste estratovulcão a norte da ilha (Aqualva, Quatro Ribeiras e Biscoitos) e por um furo localizado nos Biscoitos (Pico Viana). As nascentes apresentam caudais com variações sazonais acentuadas, enquanto os furos associados ao aquífero basal por vezes apresentam problemas de intrusão salina, sobretudo os localizados nas imediações de grandes acidentes tectónicos.

AHA-SRAM (2011) determinou o caudal específico (L/(s·m)), a transmissividade (m<sup>2</sup>/s) e a condutividade hidráulica (m/s) nos furos da ilha Terceira, variando o primeiro parâmetro entre 1,70x10<sup>-1</sup> e 166,67 L/(s·m) (mediana 7,74 L/(s·m)), o segundo entre 2,65x10<sup>-4</sup> e 2,03x10<sup>-1</sup> m<sup>2</sup>/s (mediana 9,44x10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s), e o terceiro entre 8,46x10<sup>-3</sup> e 9,72x10<sup>-3</sup> m/s. Lobo-Ferreira *et al.* (2010) determinaram o caudal específico (L/(s·m)) e a transmissividade (m<sup>2</sup>/s) em sete novos furos executados no *graben* das Lajes durante um estudo realizado em 2010, variando o primeiro entre 4,7 e 150 L/(s·m) e o segundo entre 2,19 x 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s e 8,0 x 10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s. Tendo por base estes dados, Rodrigues (2018) considera, em termos genéricos, que os valores mais elevados destes parâmetros estão associados ao aquífero basal insular, nomeadamente aos calculados para os furos dispostos no *graben* das Lajes e nas vertentes sul do vulcão de Guilherme Moniz-Pico Alto, enquanto os mais baixos estão associados a alguns furos que captam o aquífero suspenso mais profundo conhecido localizado no interior da caldeira dos Cinco Picos.

Na Figura 2.5 assinalam-se as grandes unidades geomorfológicas que caracterizam a **ilha Graciosa**, nomeadamente o Maciço da Caldeira; a Serra das Fontes; o Maciço Centro-meridional e a Plataforma Noroeste ou de Santa Cruz. Do ponto de vista hidrogeológico, as formações rochosas que ocorrem na Graciosa são muito heterogéneas e anisótropas, apresentando as escoadas lávicas e os depósitos piroclásticos permeabilidades elevadas. Os níveis menos permeáveis são constituídos por paleossolos pouco contínuos, na sua maior parte localizados na Serra das Fontes. Estas características são responsáveis pela ocorrência de duas massas de água subterrânea distintas: um aquífero basal, disposto a cotas próximas do nível do mar e contíguo a toda a ilha, e aquíferos suspensos localizados nas zonas mais altas.

O Maciço da Caldeira dispõe-se no setor SE da ilha. É formado por um estratovulcão com uma caldeira somital no topo, apresentando escoadas lávicas e piroclastos de queda de natureza basáltica e domos de natureza mais ácida.

A Serra das Fontes corresponde a parte de um antigo vulcão em escudo, muito desmantelado pela atividade tectónica. É uma estrutura alongada que desenvolve no sentido NW-SE limitada por escarpas de falha proeminentes.

O chamado Maciço Centro-meridional é constituído pela Serra Branca e Serra da Dormida, as quais estão associadas a um antigo vulcão central que apresenta na sua constituição algumas estruturas lávicas diferenciadas (domos). A plataforma de Santa Cruz localiza-se no sector norte da ilha. É marcada por ser relativamente plana e de baixa altitude, apresentando numerosos cones de escórias e escoadas lávicas de natureza basáltica.

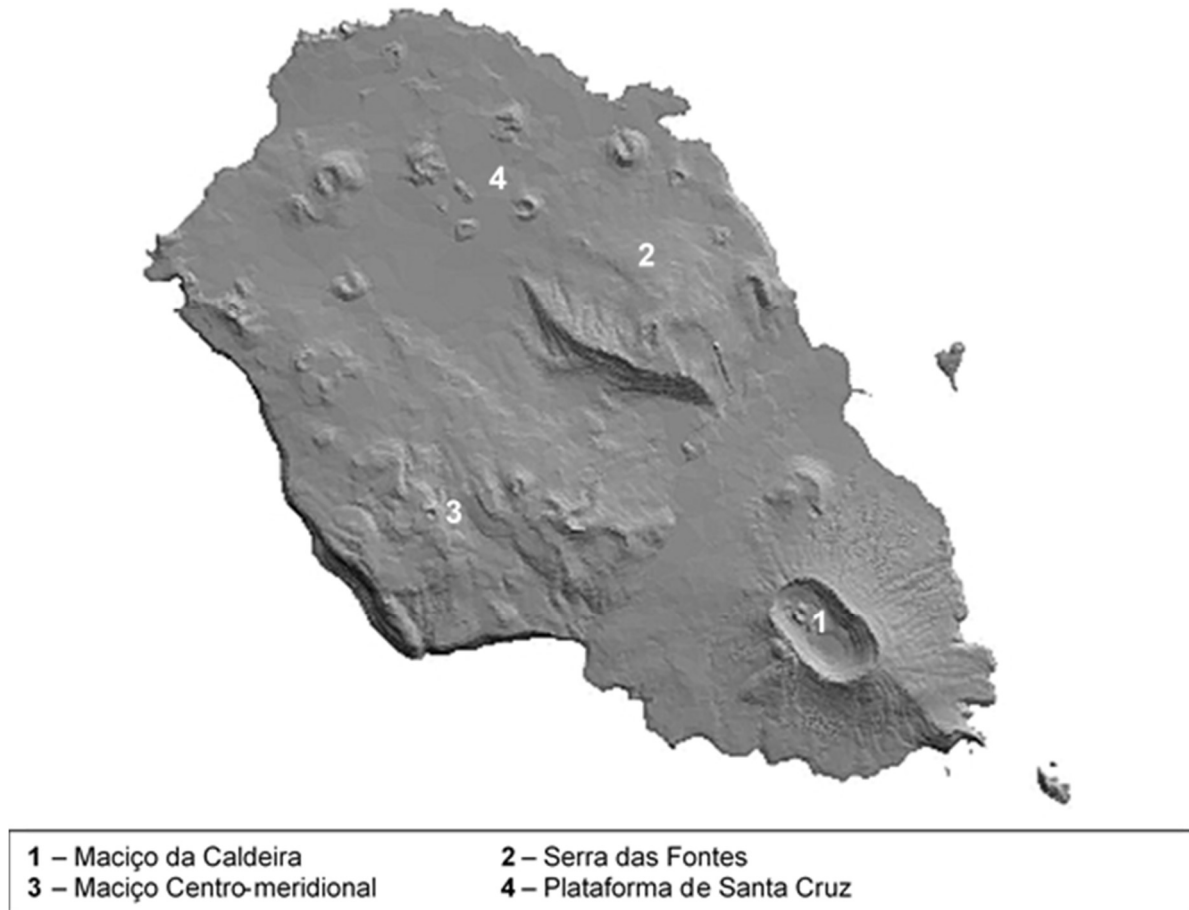


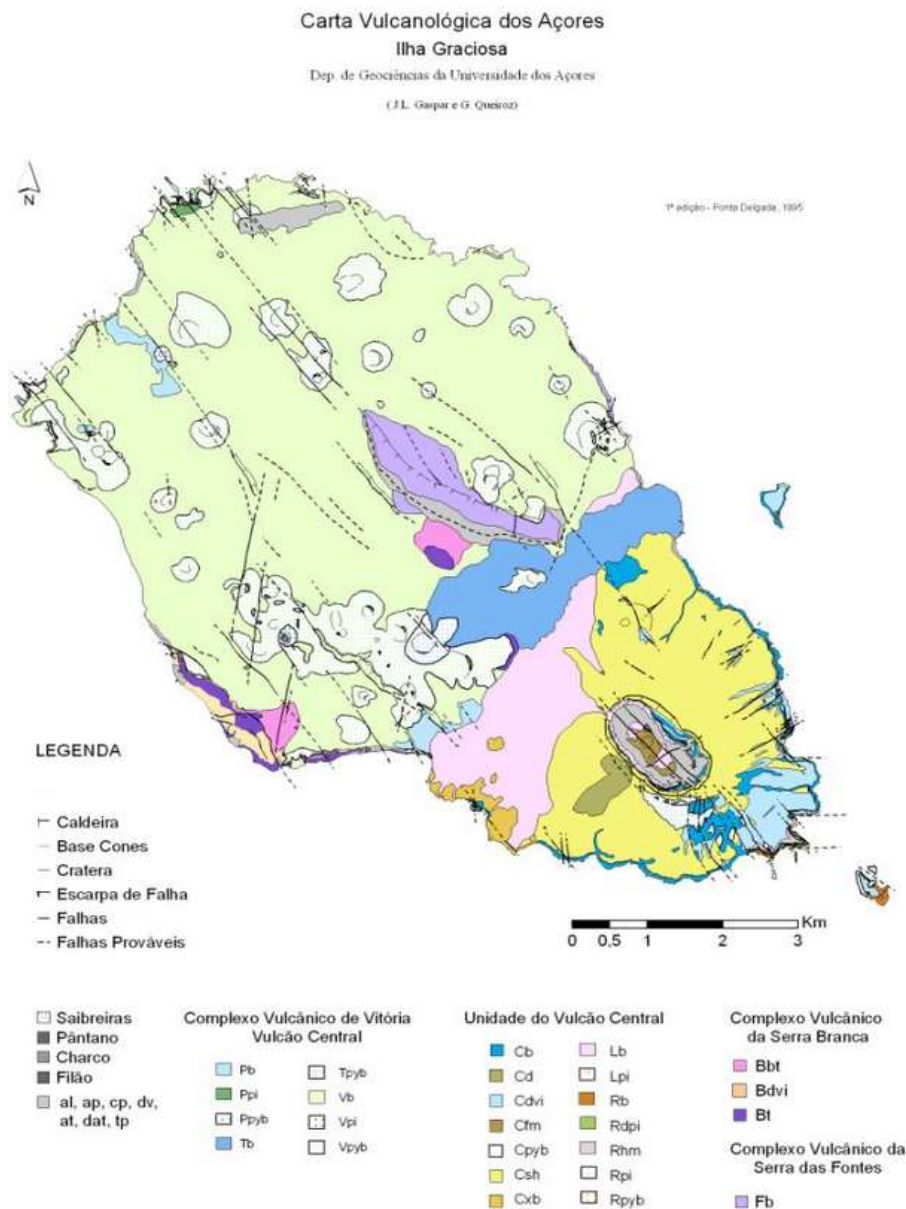
Figura 2.5 – Principais unidades geomorfológicas da ilha Graciosa

Na Figura 2.6 apresenta-se a carta vulcanológica da ilha Graciosa, onde se podem observar os maciços anteriormente descritos e as principais estruturas tectónicas da ilha.

A maior parte da água captada para abastecimento da ilha Graciosa provém de 21 furos que intercetam o aquífero de base, e de 28 nascentes associadas a aquíferos suspensos (Cruz *et al.*, 2017).

As captações tubulares apresentam capacidades específicas elevadas e transmissividades muito altas. De acordo com Cruz *et al.* (2017), este facto deve-se à ocorrência de escoadas lávicas pouco espessas, muito fraturadas e com uma percentagem elevada de zonas em *clinker*.

O caudal das nascentes é baixo e comporta variações sazonais muito acentuadas, que, de acordo com Cruz *et al.* (2017), variam em média entre 0,37 e 0,80 L/s.



Extraído de: <http://www.ivar.azores.gov.pt/geologia-azores/graciosa/Paginas/GA-Graciosa-Carta-Vulcanologica.aspx>

Figura 2.6 – Carta geológica da ilha Graciosa

A Figura 2.7 mostra as principais unidades geomorfológicas que caracterizam a ilha do Pico, nomeadamente o Vulcão do Pico, o Planalto da Achada e o Vulcão do Topo.

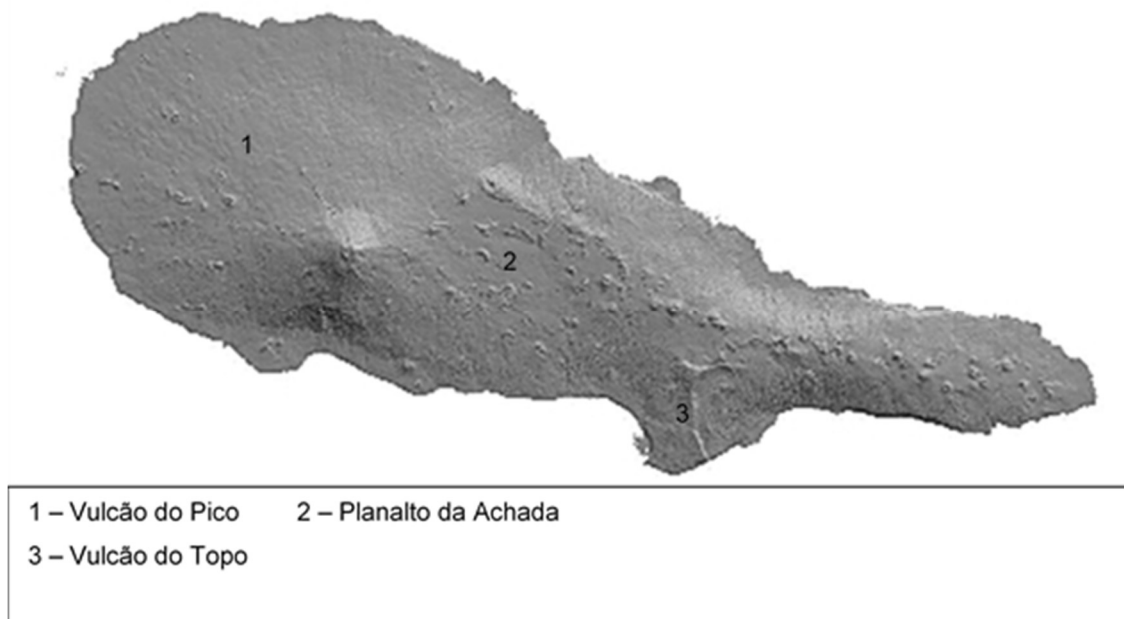


Figura 2.7 – Principais unidades geomorfológicas da ilha do Pico

A unidade correspondente ao Vulcão do Pico localiza-se na metade ocidental da ilha. É constituída por um grande estratovulcão central com 2.351 m de altitude, cujos flancos estão polvilhados por cones de escória secundários dispostos ao longo de grandes alinhamentos tectónicos regionais e radiais.

O Planalto da Achada desenvolve-se no sentido WNW-ESE desde a zona do Vulcão do Pico até ao extremo oriental da ilha. Ao longo da sua zona axial é constituído por lavas e piroclastos de queda de natureza basáltica emitidos a partir de numerosos centros eruptivos fissurais e estrombolianos.

O Vulcão do Topo localiza-se no sector sul da ilha. Corresponde a um antigo vulcão em escudo parcialmente desmantelado pela atividade erosiva e movimentos tectónicos, constituído por uma sequência espessa de escoadas lávicas e piroclastos de queda do tipo escórias e *lapilli*.

Cruz (1997) individualizou na ilha do Pico um sistema aquífero de base e alguns aquíferos suspensos, localizados sobretudo nas zonas altas do sector E da ilha, denominado Planalto Central, correspondente a uma área de vulcanismo fissural relativamente antiga. Na zona ocidental da ilha, correspondente à Montanha do Pico, este autor considera existir uma importante componente de fluxo vertical, não captada pelos poços de maré e furos do litoral, que alimenta uma unidade aquífera inferior com descargas submarinas. Esta suposição é corroborada pelo facto de não existirem nascentes de altitude no cone vulcânico do Pico.

No sector E da ilha, Cruz (1997) considera que os cones estrombolianos aí existentes funcionam como elementos drenantes do sistema, favorecendo a infiltração. Como estes se dispõem segundo fissuras radiais à Montanha, este autor admite que estas descontinuidades tendem a homogeneizar localmente o comportamento hidráulico das camadas aquíferas e, como constituem linhas de fluxo preferenciais, favorecem a drenagem profunda segundo a sua direção.

De acordo com AHA-SRAM (2011) os caudais específicos determinados nos furos da ilha do Pico oscilaram entre 6,25 e 250 L/s-m, sendo a mediana de 61,2 L/s-m. A transmissividade varia entre  $9,44 \times 10^{-3}$  e  $3,05 \times 10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s, apresentando uma mediana de  $1,11 \times 10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s e a condutividade hidráulica varia de  $1,00 \times 10^{-3}$  m/s a  $1,68 \times 10^{-2}$  m/s.

A água subterrânea na ilha do Pico é predominantemente do tipo cloretada sódica, correspondendo, em especial, às águas amostradas em furos e poços de maré basais e apresentando uma tendência para composições bicarbonatadas nas nascentes, que drenam aquíferos em altitude. As águas basais são no geral muito mineralizadas, por influência de sais de origem marinha (Cruz, 1997 e Cruz *et al.*, 2014).

### 3 | Informação solicitada e disponibilizada

#### 3.1 ERSARA

A ERSARA foi a primeira entidade a quem se solicitou informação (cf. e-mail do LNEC no Anexo I) relativa a: 1) localização e cota das captações afetadas, sinalizadas pela ERSARA; 2) principais características das captações; 3) características da qualidade da água das captações afetadas, sinalizadas pela ERSARA e 4) descrição dos elementos dos sistemas de abastecimento dos concelhos envolvidos, nas zonas de abastecimento afetadas. No Quadro 3.1 apresenta-se, de forma resumida, a informação recebida a 2 de março de 2018, designadamente para os concelhos de Praia da Vitória, Santa Cruz da Graciosa e Lajes do Pico. Para os concelhos de São Roque do Pico e Madalena não foi disponibilizada informação nesta data.

Quadro 3.1 – Resumo da informação disponibilizada pela ERSARA

Ponta Delgada	Praia da Vitória	Santa Cruz da Graciosa	Lajes do Pico
Localização em SIG de nascentes	Localização em SIG das componentes dos sistemas de abastecimento de água	Localização em SIG das componentes dos sistemas de abastecimento de água	Localização de 6 furos (cota da boca de captação)
Localização de captações com excesso de fluoreto	Captações (8 furos e 27 nascentes): <ul style="list-style-type: none"> <li>Localização</li> <li>Ano de construção e ZA associadas</li> </ul>	Captações (8 furos e 15 nascentes): <ul style="list-style-type: none"> <li>Localização</li> <li>Informação parcial: profundidade do furo e dos ralos, volumes captados, caudal recomendado</li> </ul>	Profundidade dos furos, ralos, nível hidrostático (NHE) e nível hidrodinâmico (NHD), diâmetro, tubagem, caudal específico (PGRH)
Resultados da monitorização de fluoreto (2010-2017)	Componentes associadas, diâmetros, material de tubagem	Qualidade da água das captações e ZA (2009-2017)	Correspondência captações/ZA e delimitação das ZA
	Captações: caudais médios anuais e características físicas das bombas	População por ZA e estimativa de perdas de água anuais no concelho	Caudais de exploração recomendados (2017)
	Qualidade da água: fluoreto nas nascentes (2008-2017) e cloreto, sódio e condutividade elétrica nos furos (2009-2017)		Volumes anuais captados (2009-2017)
	População por ZA e perdas de água no concelho		Qualidade da água: cloreto e condutividade elétrica nos furos (2014) e incumprimentos nas ZA (2009-2017)
	Caracterização técnica dos quatro subsistemas de abastecimento		Caracterização reservatórios, estações elevatórias e postos de cloragem

Da análise da informação recebida verificou-se que todas as captações de água utilizadas para consumo humano foram localizadas geograficamente, com exceção das do concelho de Ponta Delgada, onde apenas as captações com valores elevados de fluoreto foram indicadas. De uma forma

geral, a informação para as captações por furo é mais completa do que para as captações por nascente, nomeadamente no que diz respeito à medição de caudais.

Relativamente à monitorização da qualidade da água nas origens, foram disponibilizados dados para diferentes períodos de tempo, havendo concelhos com mais informação, como o caso do concelho da Praia da Vitória.

Com exceção de Ponta Delgada, os restantes concelhos disponibilizaram a designação das zonas de abastecimento, as captações associadas a cada zona de abastecimento e a respetiva população servida. Da mesma forma, com exceção de Ponta Delgada, foi disponibilizada a estimativa das perdas de água nos sistemas de abastecimento.

Relativamente às componentes dos sistemas, apenas para os concelhos da Praia da Vitória e Lajes do Pico foram disponibilizados elementos que permitem realizar uma caracterização resumida dos sistemas de abastecimento de água.

## 3.2 Agência Portuguesa do Ambiente

O segundo contacto realizado para obtenção da informação de base foi estabelecido com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), a 11/01/2018, solicitando o acesso à informação recolhida no âmbito do INSAAR Açores, relativa aos sistemas de abastecimento de água dos concelhos abrangidos pelo estudo. Em resultado desse contacto, foi indicado que o projeto INSAAR, apesar de descontinuado em 2008, possibilitava a consulta das tabelas de dados referentes ao período entre 2002 e 2008 (<http://insaar.apambiente.pt/index.php?id=30>). Com base nessa informação, nomeadamente a designação das captações de água para consumo humano em cada concelho abrangido, foram elaborados ficheiros para recolha das características físicas e registo de caudais anuais dessas captações para o período de 2009-2017, que foram posteriormente enviadas às Entidades Gestoras.

## 3.3 Entidades Gestoras

Os contactos com as Entidades Gestoras (EG) foram efetuados de acordo com a metodologia apresentada no capítulo 1. No Quadro 3.2 apresentam-se os interlocutores de cada EG e os contactos realizados (P – Pessoal; TF – Telefone; e-mail – Correio eletrónico) durante as cinco semanas em que se desenvolveu esta tarefa. De acordo com a metodologia adotada, estabeleceu-se um primeiro contacto telefónico com o interlocutor em cada EG para apresentação do projeto e avaliação dos dados disponíveis para envio. O correio eletrónico foi a via privilegiada para efetuar os pedidos de informação, receção das respostas e esclarecimento de dúvidas.

No início do período em que decorreu o levantamento da informação, todas as EG abrangidas pelo estudo receberam um ficheiro Excel (Captações\_*nomeEG*.xlsx) para carregamento de dados das captações, organizado em 4 folhas: DADOS\_BASE\_FUROS, DADOS\_BASE\_NASCENTES, DADOS\_EXPLORAÇÃO\_NASCENTE e DADOS\_EXPLORAÇÃO\_FUROS. A informação requerida para cada uma das captações apresenta-se no Quadro 3.3.

Quadro 3.2 – Interlocutores em cada entidade gestora e contactos efetuados

Concelho	Entidade gestora	Interlocutor	Contactos (15/02/18 – 23/03/18)		
			P	TF	e-mail
Ponta Delgada	Serviços Municipalizados da Câmara Municipal de Ponta Delgada	Eng. <sup>a</sup> Selma Cordeiro (selmacordeiro@smapdl.pt)	1	1	8
Praia da Vitória	Praia Ambiente, EM	Eng. <sup>o</sup> Hélder Linhares Eng. <sup>a</sup> Vanda Bettencourt (helder.linhares@praiaambiente.pt;vanda.bettencourt@praiaambiente.pt)	0	1	4
Santa Cruz da Graciosa	Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa	Eng. <sup>a</sup> Lurdes Faustino (lfaustino@cm-graciosa.pt)	0	4	8
Lajes do Pico	Câmara Municipal das Lajes do Pico	Eng. <sup>a</sup> Luisabela Coutinho (luisabelacoutinho.cmlp@gmail.com)	0	2	8
Madalena	Câmara Municipal de Madalena	Eng. <sup>a</sup> Elsa Matos (elsa.matos@cm-madalena.pt)	0	2	13
São Roque do Pico	Câmara Municipal de São Roque do Pico	Dr. <sup>a</sup> Neide Alvernaz (neide.alvernaz@cm-saoroquedopico.pt)	0	2	8

Nota: P – pessoal; TF – telefonema

Quadro 3.3 – Informação solicitada para cada captação

DADOS_BASE	DADOS_EXPLORAÇÃO
<b>Nascentes e Furos</b>	<b>Nascentes e Furos</b>
Código INSAAR	Designação INSAAR 2008
Designação INSAAR 2008	Volume captado 2009
Freguesia	Volume captado 2010
Situação Funcionamento (2008)	Volume captado 2011
População total servida em 2008 (hab.)	Volume captado 2012
Coordenada M	Volume captado 2013
Coordenada P	Volume captado 2014
Cota topográfica	Volume captado 2015
Cota da boca da captação	Volume captado 2016
Perfil litológico	Volume captado 2017
Zona de Abastecimento	
<b>Furos</b>	<b>Furos</b>
Profundidade do furo	Transmissividade 2010
Profundidade dos ralos	Transmissividade 2011
Profundidade da bomba de extração	Transmissividade 2012
Caudais de exploração recomendados	Transmissividade 2013
Ano	Transmissividade 2014
	Transmissividade 2015
	Transmissividade 2016
	Transmissividade 2017
	Níveis piezométricos

Quatro das seis Entidades Gestoras utilizaram o ficheiro acima referido para envio de informação e as restantes enviaram parte da mesma informação, mas em formato próprio.

Com base no conjunto de informação disponibilizada, foram identificadas as lacunas de informação e intensificados os contactos com as EG no sentido de disponibilizarem a informação em falta, relativa maioritariamente ao registo dos volumes captados, bem como a obtenção de toda a informação



necessária para os concelhos de Madalena e São Roque do Pico. A informação complementar solicitada a cada EG dos sistemas de abastecimento de água dos concelhos de Ponta Delgada, Praia da Vitória, Santa Cruz da Graciosa e Lajes do Pico foi a seguinte:

SMAS de Ponta Delgada:

- identificação de todas as captações do concelho, e não apenas das que apresentam valores elevados de fluoreto;
- registos de caudais em todas as captações para o período 2009-2017;
- associação das captações às respetivas Zonas de abastecimento.

Praia Ambiente, EM:

- relatório de execução do Furo da Fajã.

Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa:

- volumes captados no período 2009-2017.

Câmara Municipal de Lajes do Pico:

- esclarecimento de dúvidas relativas aos dados enviados.

A informação disponibilizada pelas Entidades Gestoras e pela ERSARA foi complementada com dados do Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores 2016-2021 (AHA/DRA, 2015).

Relativamente à qualidade da água nas zonas de abastecimento, e para completar a informação previamente disponibilizada para o período de 2009-2013, para os parâmetros cloreto, fluoreto e sódio, foi solicitado à ERSARA o envio de dados em falta para este período, bem como a informação dos planos de controlo da qualidade da água (PCQA) para os anos de 2014, 2015, 2016 e 2017. Essa informação foi disponibilizada a 19/03/2018, com a indicação de que os dados relativos a 2017 ainda não se encontravam disponíveis. Devido a essa circunstância, o período considerado neste estudo foi 2009-2016. Acresce que os dados de qualidade da água nas ZA relativos ao período 2014-2016, ao contrário dos anteriores, apenas eram identificados pelo ano (sem indicação de dia e mês).

### **3.4 Outras entidades**

Com o objetivo de reunir o conjunto mais alargado possível de informação, que permitisse o delineamento de soluções alternativas de abastecimento público de água, foram contactadas outras entidades regionais.

A informação sobre a rede de qualidade da água, da responsabilidade da Direção de Serviços de Recursos Hídricos e Ordenamento do Território (DSRHOT), da Direção Regional do Ambiente, abrange um conjunto de origens de água subterrânea e superficial com registos desde 2003. A 16/03/2018 foi solicitado à DSRHOT, via e-mail, o acesso aos dados de qualidade das águas subterrâneas dos concelhos abrangidos, tendo a informação sido disponibilizada no mesmo dia. Dado o fluoreto não ser monitorizado no âmbito desta rede, foram utilizados os registos do teor em cloreto e sódio nas nascentes e furos localizados nos concelhos em estudo, determinados através dos métodos padronizados PT 60:28-11-2008, para o cloreto, e SMEWW 3111, para o sódio.

Para colmatar a lacuna de registos de caudais nas captações de água do concelho da Praia da Vitória, onde se verificam valores elevados de fluoreto, foram estabelecidos contactos prévios com a EDA – Eletricidade dos Açores, a 20/03/2018, no sentido de avaliar a melhor forma de solicitar o acesso aos registos de caudal realizados no âmbito dos estudos de prospeção geotérmica na ilha Terceira. A 21/03/2018 foram oficialmente solicitados os registos de caudal das nascentes da Agualva, tendo os mesmos sido disponibilizados no dia seguinte. Os dados enviados correspondiam a medições efetuadas na nascente das Frechas no período entre 2003 e 2009, com quatro medições por hora. Uma vez que os períodos não são temporalmente coincidentes, considerou-se que os dados não permitiam a caracterização de caudal pretendida, entre 2009 e 2017.

### 3.5 Estruturação da informação

Com vista à apresentação de propostas preliminares para melhoria da qualidade da água para consumo humano, a informação recolhida foi analisada ao nível das características das captações de água (ou pontos de água) e ao nível da qualidade da água, tanto nas captações como nas respetivas zonas de abastecimento. Estes dois níveis de informação foram depois complementados com a caracterização dos sistemas de abastecimento, nas suas características mais relevantes.

Relativamente aos pontos de água, a informação foi reunida no ficheiro Excel “Caraterísticas dos pontos de água”, que distingue a informação física (Folha 1) da informação de funcionamento das captações (Folha 2), e que se apresenta de forma detalhada na Figura 3.1 .

Folha 1 – Dados dos pontos de água				
(1) Identificação captação	(2) Identificação geográfica	(3) Caraterísticas dos furos	4) Caraterísticas do aquífero	(5) Outros
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concelho</li> <li>• Referência EG</li> <li>• Designação EG</li> <li>• Zona de Abastecimento</li> <li>• Freguesia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordenadas M e P</li> <li>• Cota topográfica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cota da boca do furo</li> <li>• Profundidade do furo</li> <li>• Profundidade dos ralos</li> <li>• Diâmetro</li> <li>• Profundidade da bomba de extração</li> <li>• Caudal de exploração recomendado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfil litológico</li> <li>• Massa de água</li> <li>• Espessura da camada</li> <li>• Condutividade hidráulica, K</li> <li>• Transmissividade</li> <li>• Caudal específico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referência PGRH2015</li> <li>• NHE e NHD</li> <li>• Ano de construção</li> <li>• Potência instalada</li> <li>• N.º horas extração</li> <li>• Caudal máx. mês maior consumo</li> <li>• Caudal máximo instântaneo</li> <li>• Origem dos dados</li> </ul>

Folha 2 – Extrações		
(1) Identificação captação	(2) Volume captado	(3) Outros
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concelho</li> <li>• Referência EG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2009</li> <li>• 2010</li> <li>• 2011</li> <li>• 2012</li> <li>• 2013</li> <li>• 2014</li> <li>• 2015</li> <li>• 2016</li> <li>• 2017</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N.º horas extração</li> <li>• Caudal máx. mês maior consumo</li> <li>• Caudal máximo instântaneo</li> <li>• Origem dos dados</li> </ul>

Figura 3.1 – Ficheiro “Características dos pontos de água.xlsx”

Neste grupo de informação pretendeu-se avaliar o histórico de produtividade de cada ponto de água subterrânea (nascente e furo), através do registo dos volumes captados (Folha 2 - Extrações), como também, através da sua localização e características hidrogeológicas, avaliar soluções alternativas de abastecimento de água do ponto de vista quantitativo. A identificação dos pontos de água e respetivas zonas de abastecimento pretendeu fazer uma correspondência entre a qualidade da água captada e a qualidade da água consumida, monitorizada no âmbito dos PCQA. Esta informação encontra-se organizada no segundo conjunto de dados que diz respeito à qualidade da água (Figura 3.2).

Folha 1 – Dados totais			
(1) Identificação	(2) Identificação laboratório	(3) Análise	4) Avaliação informação
<ul style="list-style-type: none"><li>Entidade Gestora</li><li>Zona de Abastecimento / Ponto de água</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Código de Análise</li><li>Laboratório</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Data</li><li>Parâmetro</li><li>Operador</li><li>Resultado</li><li>Unidades</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Origem da informação</li></ul>

Figura 3.2 – Ficheiro “Dados de qualidade.xlsx”

Outra informação necessária ao estudo corresponde às características das zonas de abastecimento, designadamente, população servida e características das suas componentes.

Os ficheiros de dados acima indicados, “Características pontos de água” e “Dados de qualidade”, foram carregados com informação recebida das várias entidades e em vários formatos. No Anexo II apresenta-se a designação dos ficheiros de origem e a entidade gestora que enviou a informação.

## 4 | Análise da informação disponibilizada

### 4.1 Nota introdutória

A informação foi tratada por ilha, dada a sua gestão necessariamente individual, em duas fases, primeiro a qualidade da água nas origens e depois nas zonas de abastecimento. A integração por sistema de abastecimento é realizada no capítulo seguinte.

No Quadro 4.1 apresenta-se a evolução da população residente nos concelhos analisados, de acordo com os últimos três recenseamentos da população (SREA, 2012).

Quadro 4.1 – Evolução da população residente nos concelhos analisados

Concelhos	População residente (hab.)		
	1991	2001	2011
Ponta Delgada	61989	65854	68809
Praia da Vitória	20436	20252	21035
Santa Cruz da Graciosa	5189	4780	4391
Madalena	5964	6136	6049
São Roque Pico	3675	3629	3388
Lajes do Pico	5563	5041	4711

Pela análise do Quadro 4.1 verifica-se que os seis concelhos analisados neste estudo apresentam dimensões muito distintas em termos de população. Considerando a população total por ilha em 2011, os três concelhos da ilha do Pico (Madalena, São Roque do Pico e Lajes do Pico) totalizam 14148 hab., (pouco mais do que metade da população do concelho da Praia da Vitória), os dois concelhos da ilha Terceira, Angra do Heroísmo e Praia da Vitória, totalizam 56437 hab., dez vezes mais do que a população da ilha Graciosa (4391 hab.).

Da análise do Quadro 4.1 verifica-se ainda um decréscimo da população residente nas ilhas de menor população (Graciosa e Pico), tendência que poderá sofrer alguma alteração em resultado do aumento da procura turística dos Açores, verificada nos últimos anos. Decorrente do aumento da procura turística, também deverá ser avaliado o peso da população flutuante em cada um dos concelhos, aspeto que está diretamente relacionado com a gestão da água.

### 4.2 São Miguel – concelho de Ponta Delgada

#### 4.2.1 Qualidade da água nas captações

Na ilha de S. Miguel o estudo incidiu apenas sobre o concelho de Ponta Delgada, tendo a informação sido disponibilizada em formato SIG apenas para as captações.

Na Figura 4.1 representa-se a localização das captações de água para consumo humano do concelho de Ponta Delgada (algumas localizadas noutros concelhos) e a Figura 4.2 apresenta os pontos com informação disponível sobre a qualidade da água. Como se pode observar, as captações associadas a nascentes localizam-se nas vertentes dos estratovulcões das Sete Cidades e do Fogo, enquanto a maioria dos furos se dispõem na Zona dos Picos, que se desenvolve entre estes dois grandes maciços estruturais.

O Quadro 4.2 sintetiza, para cada uma das 13 captações representadas na Figura 4.2, o número de amostras analisadas para os parâmetros cloreto, sódio e fluoreto, e o período a que dizem respeito.

Da Figura 4.3 à Figura 4.8 apresentam-se os resultados do tratamento da informação disponibilizada para os parâmetros cloreto, sódio e fluoreto, na última década, entre 2009 e 2017. Primeiro representa-se a ocorrência de concentrações em 4 intervalos pré-estabelecidos e depois os parâmetros estatísticos representados em caixas de bigodes (*box-plots*).

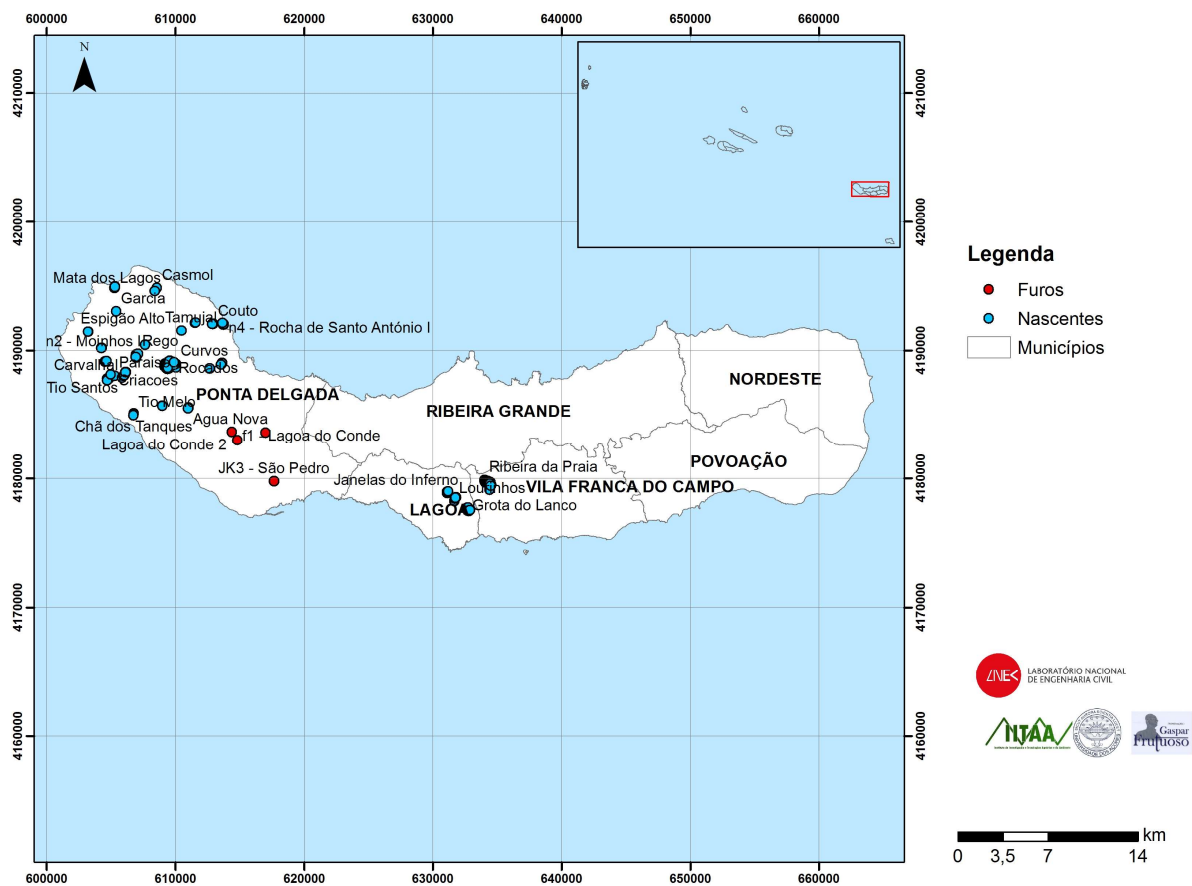


Figura 4.1 – Localização das captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

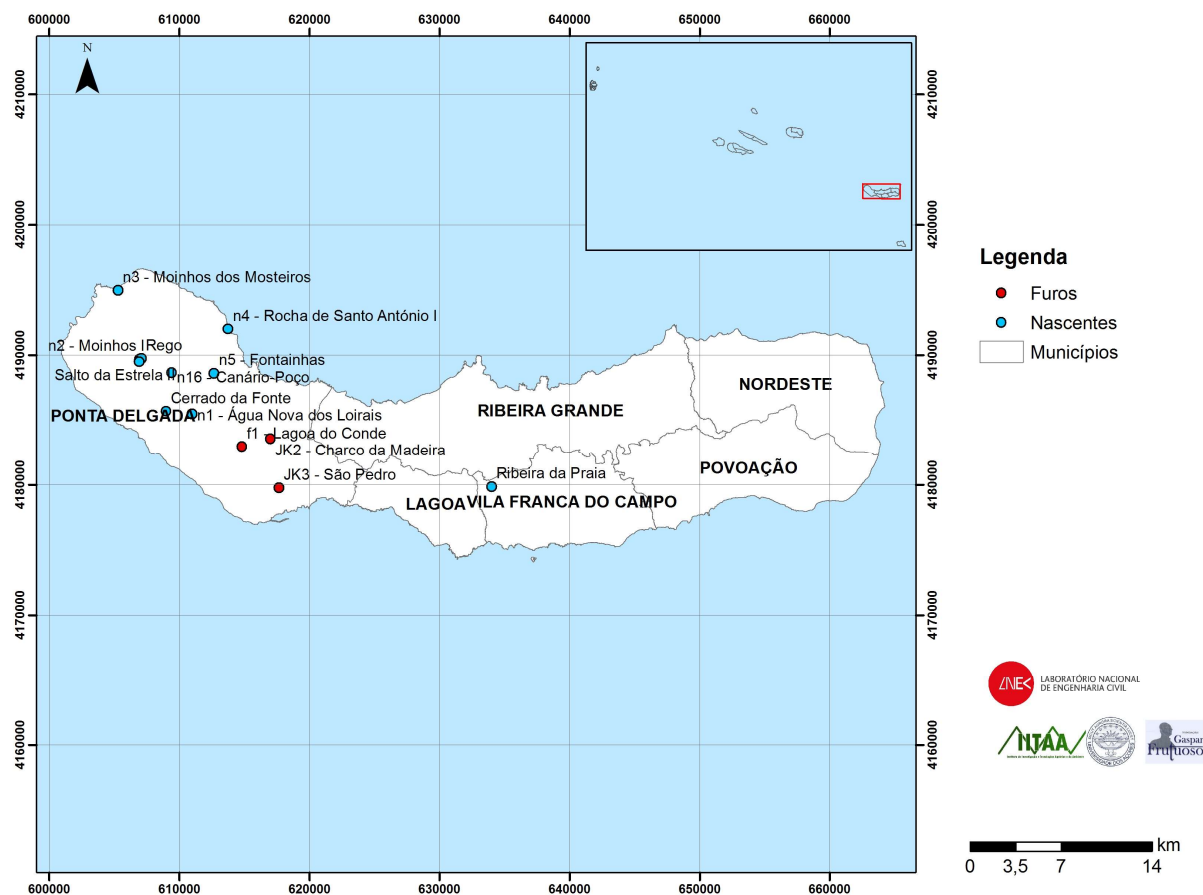


Figura 4.2 – Localização das captações com informação disponível sobre a qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

Quadro 4.2 – Síntese da informação disponibilizada para os parâmetros cloreto, sódio e fluoreto nas captações de água no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

Captação	Abreviatura	N.º amostras analisadas	1.ª amostragem	Última amostragem	N.º amostras com valores de		
					Cl	Na	F
<b>Furos no aquífero basal</b>							
f1 - Lagoa do Conde	f1-LC	10	17-07-2009	02-11-2016	10	10	0
JK2 - Charco da Madeira	JK2-CM	11	17-07-2009	04-04-2017	11	11	0
JK3 - São Pedro	JK3-SP	10	15-03-2010	04-04-2017	10	10	0
<i>Totais</i>					<i>31</i>	<i>31</i>	<i>0</i>
<b>Nascentes</b>							
Cerrado da Fonte	CFonte	4	09-10-2015	04-04-2017	2	4	0
Salto da Estrela II	Estrela II	5	13-10-2011	26-02-2015	0	0	5
n16 - Canário-Poço	n16-CP	11	16-07-2009	04-04-2017	7	11	0
n1 - Água Nova dos Loirais	n1-ANL	6	11-03-2010	31-08-2012	3	6	0
n2 - Moinhos I	n2-MI	11	16-07-2009	04-04-2017	6	11	0
n3 - Moinhos dos Mosteiros	n3-MM	11	16-07-2009	04-04-2017	6	11	0
n4 - Rocha de Santo António I	n4-RSAI	11	16-07-2009	04-04-2017	6	11	0
n5 - Fontainhas	n5-F	11	16-07-2009	04-04-2017	6	11	0
Rego	Rego	7	13-10-2011	16-05-2017	0	0	7
Ribeira da Praia	RPraia	7	09-02-2011	17-05-2017	0	0	7
<i>Totais</i>					<i>36</i>	<i>65</i>	<i>19</i>

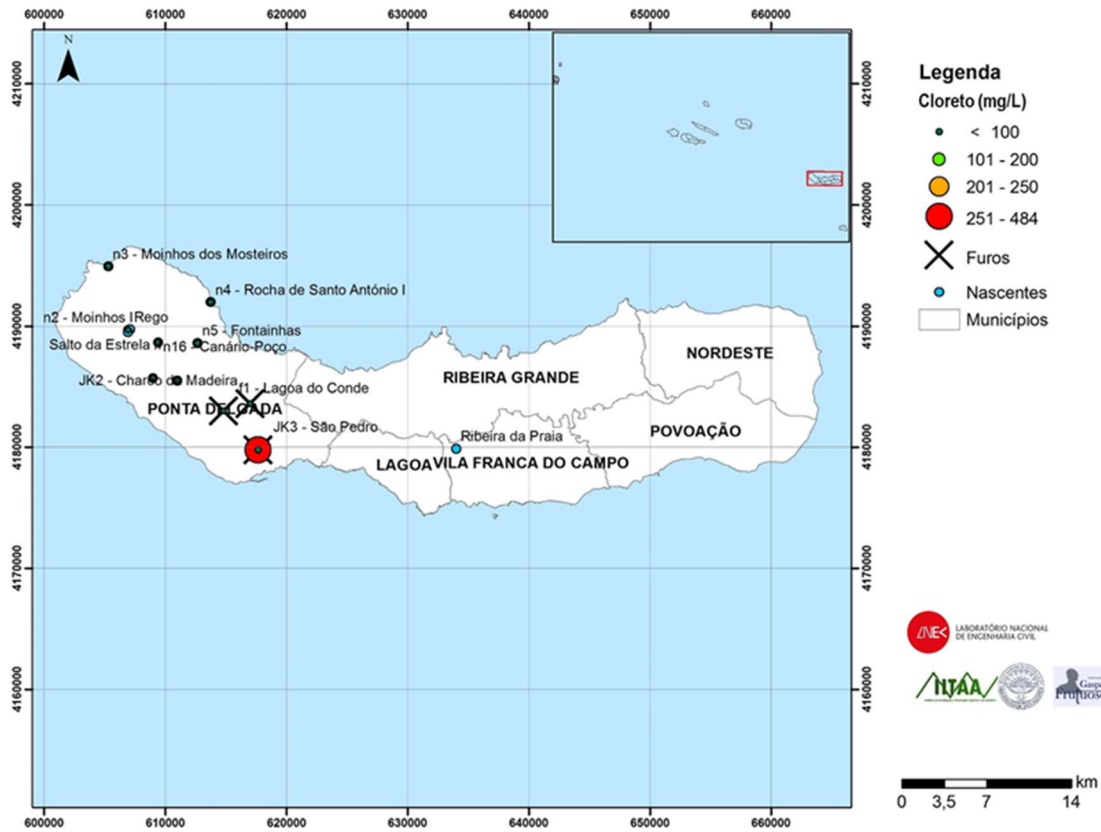


Figura 4.3 – Gamas de concentração em cloreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

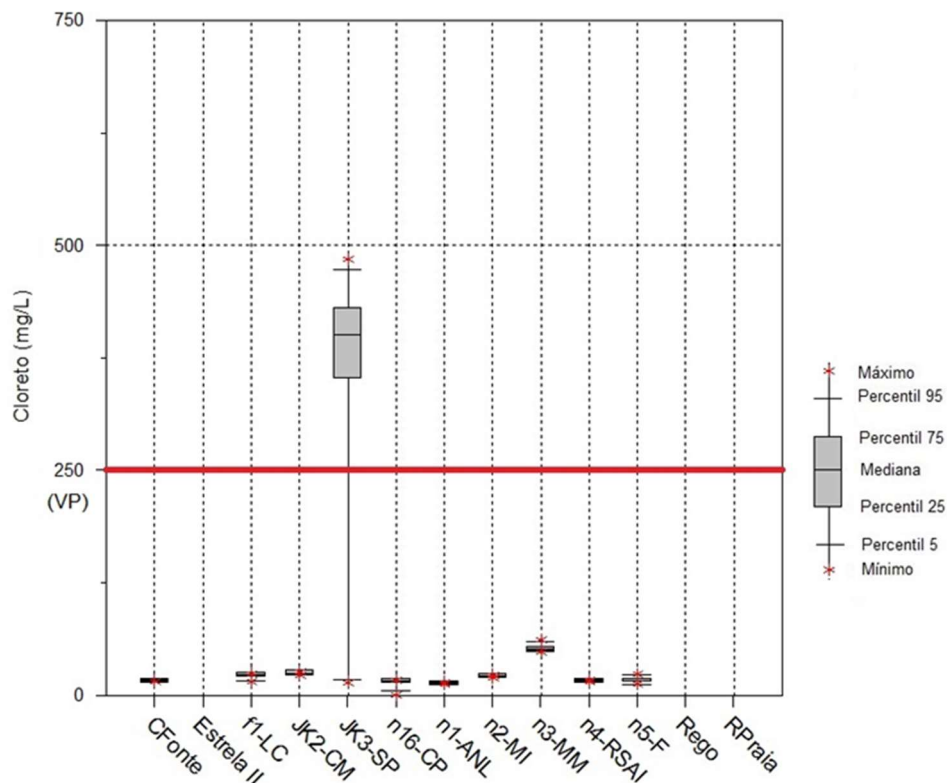


Figura 4.4 – Diagrama de *box-plot* das concentrações em cloreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel



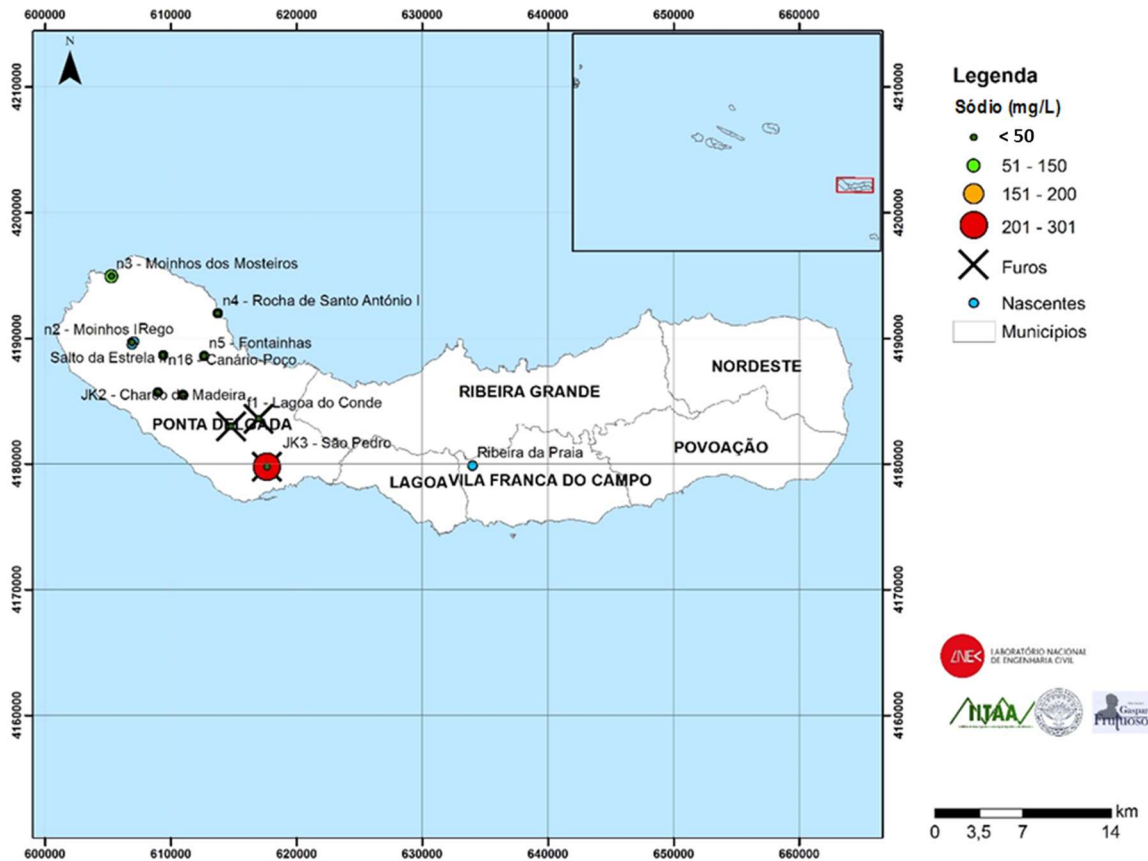


Figura 4.5 – Gamas de concentração em sódio nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

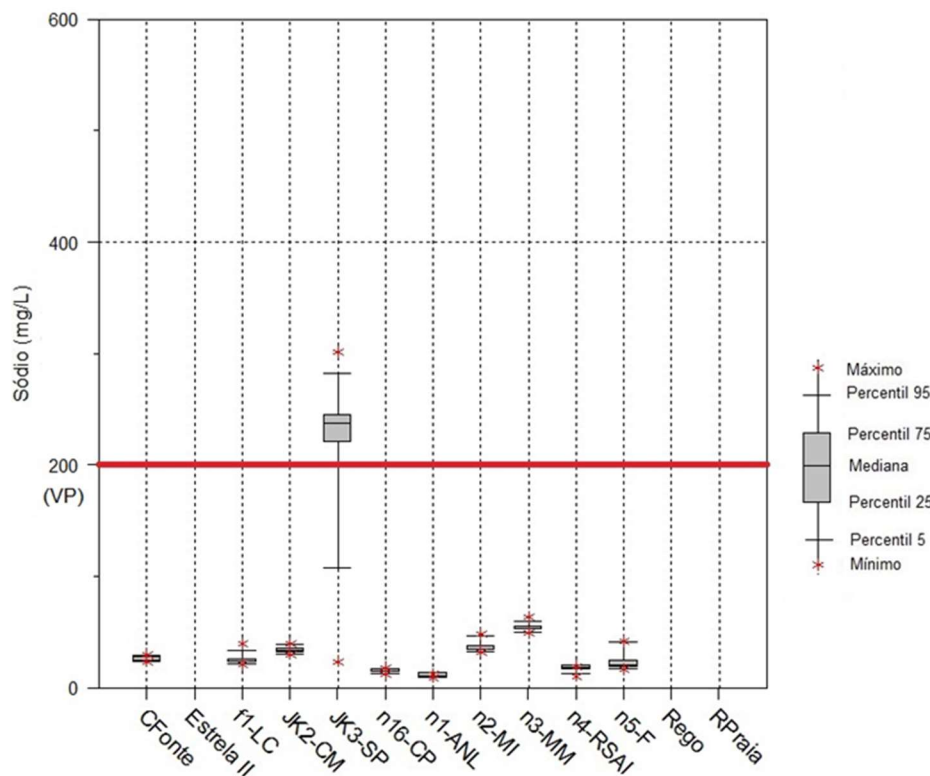


Figura 4.6 – Diagrama de *box-plot* das concentrações em sódio nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel



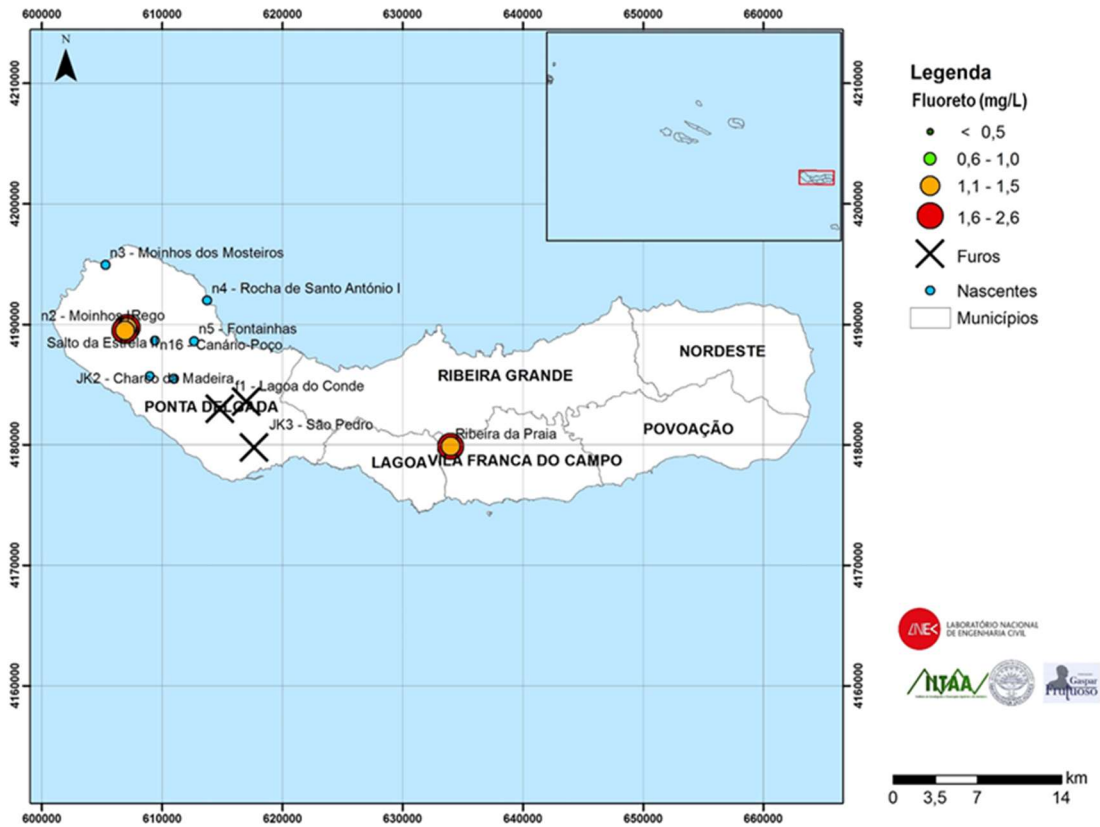


Figura 4.7 – Gamas de concentração em fluoreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

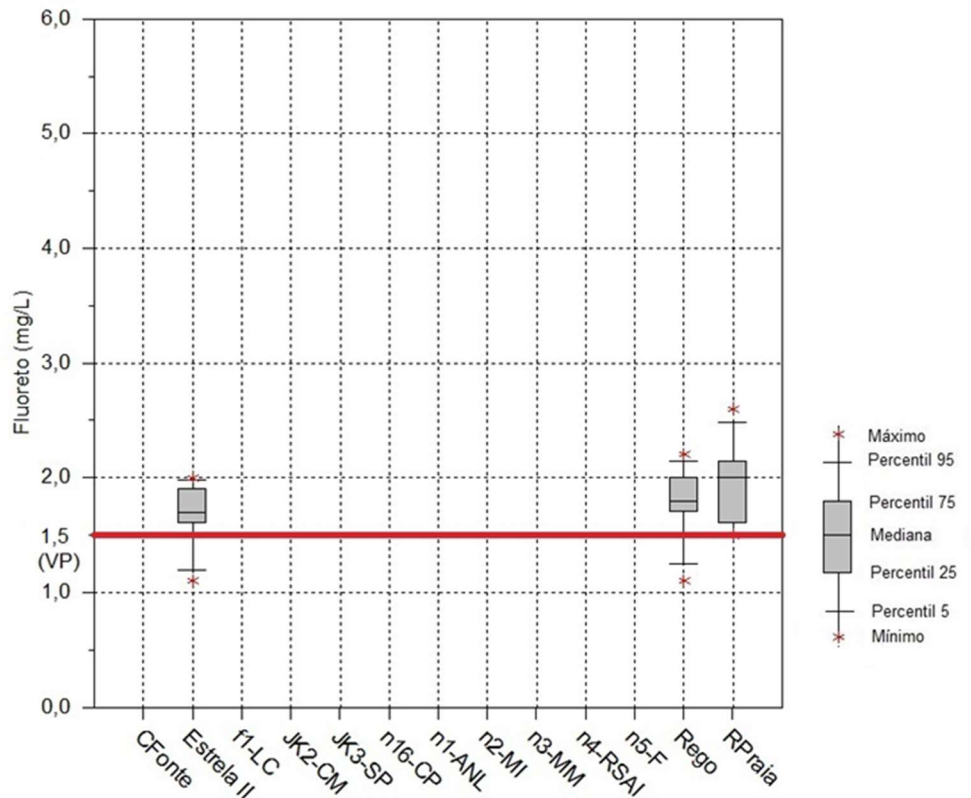


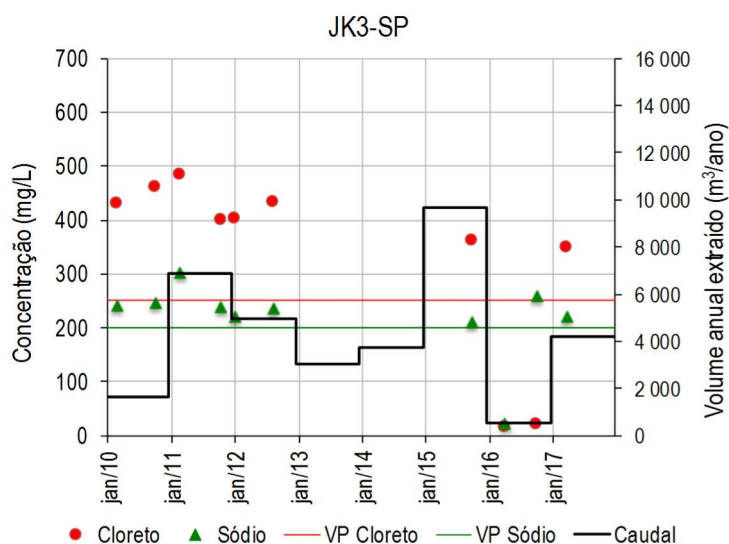
Figura 4.8 – Diagrama de *box-plot* das concentrações em fluoreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

O Quadro 4.3 apresenta uma síntese da estatística dos resultados obtidos para a qualidade da água.

**Quadro 4.3 – Síntese dos parâmetros estatísticos relativos à qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto nas captações de água para consumo humano no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel**

Parâmetro	Unidade	N.º análises	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
<b>Furos no aquífero basal</b>						
Cl <sup>-</sup>	mg/L	31	13,8	484,0	123,0	23,0
Na <sup>+</sup>	mg/L	31	20,7	301,0	90,9	33,8
<b>Nascentes</b>						
Cl <sup>-</sup>	mg/L	36	12,0	61,0	22,6	16,0
Na <sup>+</sup>	mg/L	65	9,0	63,0	27,1	20,0
F <sup>-</sup>	mg/L	19	1,1	2,6	1,8	1,8

Para as captações de água para consumo humano com dados disponíveis, apresenta-se a variação temporal do volume anual extraído e da concentração em cloreto, em sódio e em fluoreto. Na Figura 4.9 apresenta-se o furo JK3-SP, onde se verificaram incumprimentos, e, na Figura 4.10, as restantes captações por furo do concelho de Ponta Delgada. A variação temporal do caudal anual e da concentração em fluoreto nas nascentes Moinhos (Sete cidades), Salto da Estrela, Rego e Ribeira da Praia é apresentada na Figura 4.11. A nascente de Moinhos (Sete Cidades), apesar de não ter sido considerada na análise estatística apresentada na Figura 4.8 e no Quadro 4.3, por apresentar dados apenas para os anos de 2010 e 2017, foi incluída nesta análise por constituir uma nascente com elevada produtividade. De acordo com informação prestada pela EG, esta nascente passou a integrar a rede de monitorização da qualidade das massas de água interiores, pelo que a DRA isentou a EG de continuar a sua monitorização.



**Figura 4.9 – Concentração em cloreto e sódio e volume anual extraído em 2010-2017 no furo JK3-SP, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel**

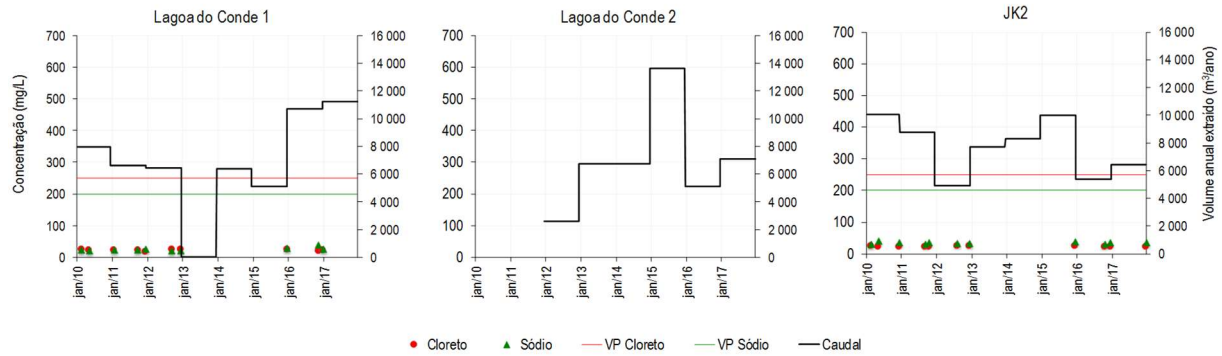


Figura 4.10 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído em 2010-2017 nos furos JK2 e Lagoa do Conde 1 e volume anual extraído no furo Lagoa do Conde 2, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

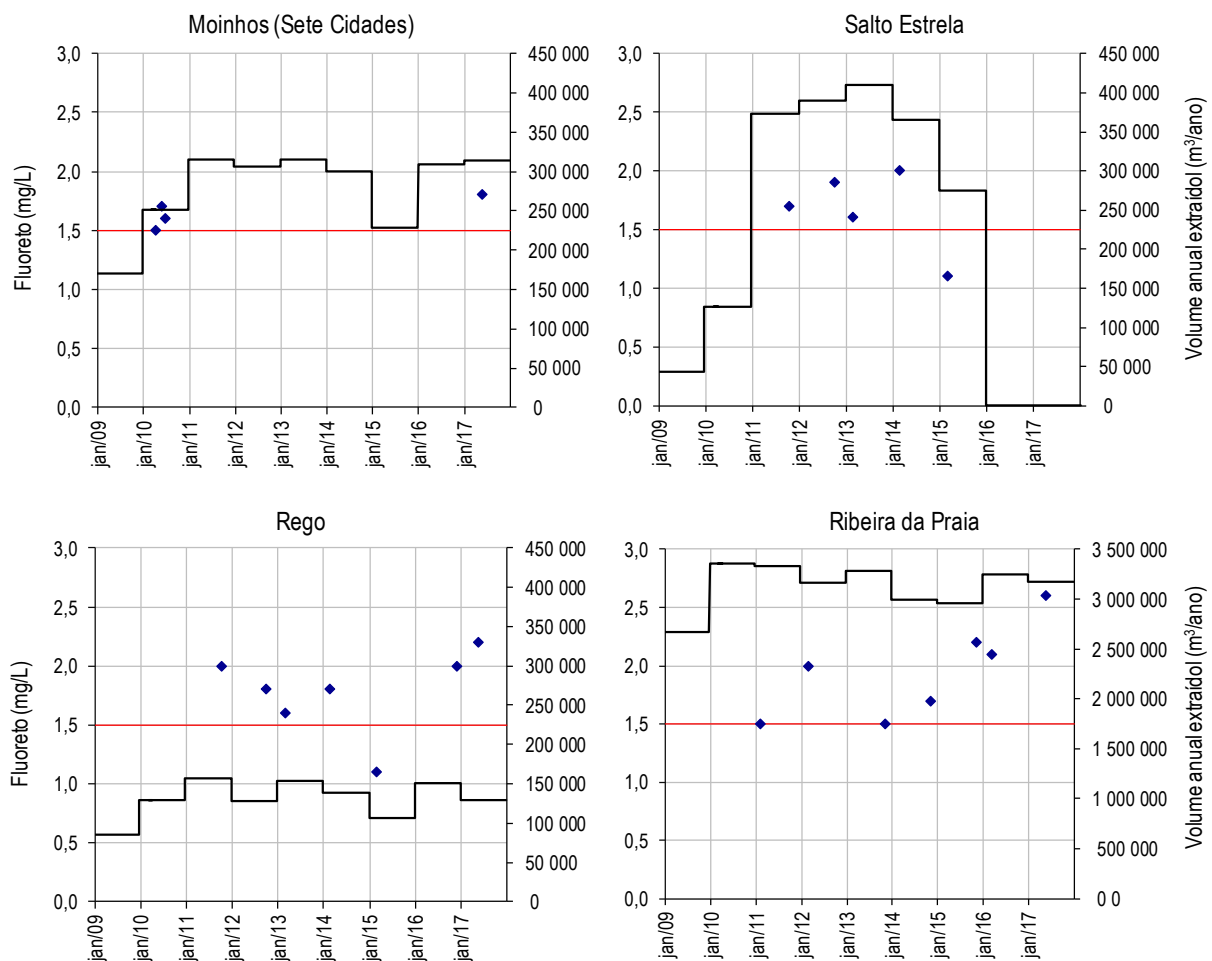


Figura 4.11 – Concentração em fluoreto e volume anual extraído em 2009-2017 nas nascentes do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

A análise das figuras relativas às concentrações em cloreto, em sódio e em fluoreto permite verificar que:

- com exceção do furo JK3-SP, as concentrações em  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$  são baixas, semelhantes e constantes ao longo da última década (Figura 4.3 a Figura 4.6 e Figura 4.10), apresentando

valores sempre inferiores aos respetivos VP, estabelecidos no DL 152/2017 de 7 de dezembro, *i.e.* 250 mg/L Cl<sup>-</sup> e 200 mg/L Na<sup>+</sup>;

- todas as nascentes com histórico de monitorização apresentaram valores de F<sup>-</sup> acima do VP (1,5 mg/L; DL 152/2017) na maioria das amostras analisadas (Figura 4.7, Figura 4.8 e Figura 4.11);
- o volume anual extraído do furo JK3-SP não foi regular, no período compreendido entre 2010 e 2017, apresentando o valor mínimo de 540 m<sup>3</sup>/ano, em 2016, e o valor máximo de 9651 m<sup>3</sup>/ano, em 2015 (Figura 4.9);
- nos meses monitorizados, as concentrações dos iões cloreto e sódio na água captada no furo JK3 - SP foram, na grande maioria dos casos, elevadas (> 350 mg/L Cl<sup>-</sup> e > 200 mg/L Na<sup>+</sup> para volumes extraídos > 1600 m<sup>3</sup>/ano), ultrapassando os valores paramétricos (250 mg/L Cl<sup>-</sup> e 200 mg/L Na<sup>+</sup>), excetuando-se os teores verificados no ano de 2016, quando os volumes anuais extraídos foram menores (540 m<sup>3</sup>/ano) - Figura 4.9. Este facto relaciona-se com fenómenos de intrusão salina mais ou menos acentuados, resultantes da elevada permeabilidade das formações, da proximidade do mar, da magnitude dos volumes extraídos e da intensidade e tempo de exploração;
- os volumes captados nas nascentes Moinhos (Sete Cidades) e Salto Estrela atingiram valores máximos de 315 360 m<sup>3</sup>/ano e 409 530 m<sup>3</sup>/ano, respetivamente, enquanto o caudal máximo na nascente do Rego não ultrapassou 157 680 m<sup>3</sup>/ano. Nestas três nascentes, localizadas no maciço da Sete Cidades, observou-se uma diminuição do caudal no ano de 2015, que esteve também associada a uma diminuição da concentração em fluoreto (Rego e Salto Estrela) - Figura 4.11;
- a captação da Ribeira da Praia, situada no maciço do Fogo (Figura 2.3), apresenta os caudais mais elevados, em que o máximo atinge 3355810 m<sup>3</sup>/ano, sendo, das captações analisadas, a que apresenta maior valor de mediana (2 mg/L F<sup>-</sup>) e onde os teores em fluoreto parecem estar a aumentar desde 2014-2015 (Figura 4.11).

#### 4.2.2 Qualidade da água nas zonas de abastecimento

A avaliação da qualidade da água nas zonas de abastecimento para os parâmetros cloreto, sódio e fluoreto foi realizada com base nos dados dos planos de controlo da qualidade da água (PCQA) disponibilizados pela ERSARA, para o período 2009 a 2016. Sendo o laboratório de análises do INOVA o laboratório considerado apto para o controlo da qualidade da água para consumo humano na Região Autónoma dos Açores, assumiu-se que os resultados analíticos disponibilizados teriam aquela origem. De acordo com a informação disponibilizada no website [www.inovacores.pt](http://www.inovacores.pt), os métodos analíticos utilizados para determinação dos parâmetros cloreto, sódio e fluoreto são os apresentados no Quadro 4.4. No mesmo quadro apresentam-se valores indicativos dos Limites de Detecção (LD) para cada método, obtidos a partir de fontes bibliográficas e laboratórios acreditados.

**Quadro 4.4 – Métodos analíticos utilizados pelo laboratório de análises do INOVA**

Parâmetro	Método analítico	Limite de Detecção (mg/L) (valor indicativo*)
Cloreto	NP 423:1966 - Volumetria	5
Cloreto-PT 60	PT 60:28-11-2008 - Cl	0,02
Sódio	SMEWW 3111 B:2005 - EAA (CH)	0,03
Fluoreto	SMEWW 4500-F C:2005 - Potenciometria	0,2

\* valores obtidos a partir de fontes bibliográficas e laboratórios acreditados; não são valores fornecidos pelo lab INOVA

Da análise dos dados de concentração em cloreto e sódio nas ZA, verificou-se que, em alguns casos, os valores são muito reduzidos e inferiores aos valores esperados em águas doces naturais – são exemplos o valor de 1 mg/L Cl<sup>-</sup> registado nas ZA São Vicente e Fenais da Luz, em 2013 (Anexo IV) e o valor de 2,5 mg/L Na<sup>+</sup> registado na ZA Fonte do Bastardo/Cabo da Praia, também em 2013 (Figura 4.34). Estes valores não foram considerados na nossa análise dos resultados de qualidade da água.

A delimitação das zonas de abastecimento no concelho de Ponta Delgada não foi disponibilizada pela entidade gestora em formato SIG. Para melhor compreensão da informação apresentada nesta secção, optou-se por apresentar no Anexo III as 19 zonas de abastecimento para o ano de 2018, identificadas no *website* da entidade gestora [www.smaspdl.pt/pcqa.php](http://www.smaspdl.pt/pcqa.php).

Com base nos dados de qualidade da água nas zonas de abastecimento fornecidos pela ERSARA e em informação oral da entidade gestora, verificou-se que a delimitação das ZA havia sido modificada durante o período de 2009-2016. Neste estudo, optou-se por apresentar a evolução da qualidade da água para as ZA que se mantiveram inalteradas no período 2009-2016 e para as novas ZA que entraram em funcionamento em 2014. No Anexo IV apresentam-se os dados de qualidade da água nas ZA descontinuadas, que correspondem a: Arrifes, Bretanha-Remédios, Chã do Rego-São Roque, Fajã de Baixo, Fajã de Cima, Ginetes, Livramento, Mosteiros-Sul, Relva-Covoada-Ramalho, Santo António e Capelas, São José, S. Sebastião e S. Pedro e, por último, S. Vicente e Fenais da Luz.

No Quadro 4.5 apresenta-se a designação, a população servida e a verificação de incumprimentos dos valores paramétricos de cloreto, sódio e fluoreto para cada uma das ZA consideradas, bem como a identificação das captações de água associadas a cada ZA. Dado não ter sido disponibilizada a população servida para todas as ZA, não foi possível apresentar a percentagem de população servida em cada ZA.

Uma vez que não existem dados de qualidade da água para todas as captações, optou-se por apresentar neste quadro apenas as captações para as quais existem dados de monitorização de qualidade da água. A rede de qualidade da água da DSRHOT não inclui o parâmetro fluoreto, pelo que as captações onde estes dados estão disponíveis (cedidos pela entidade gestora) encontram-se assinaladas com "(F)".

**Quadro 4.5 – População servida, incumprimentos em cloreto, sódio e fluoreto nas zonas de abastecimento no concelho de Ponta Delgada e captações de água associadas**

Zonas de abastecimento	População servida		Incumprimentos dos PCQA nas ZA em 2009-2016			Captações de água associadas a cada ZA		
	(hab.)	(%)	Cl	Na	F	Designação	Abreviatura	Tipo
<b>ZA 2009-2016</b>								
Candelária	4280	-	-	-	-	-	-	-
Capelas-Maranhão	s.d.e.	-	-	-	-	n5 - Fontainhas	n5-F	Nasc.
Capelas-Monte Alegre	s.d.e.	-	-	-	-	Ribeira da Praia	RPraia	Nasc.
Mosteiros e Bretanha	s.d.e.	-	-	*	-	n3 - Moinho dos Mosteiros Salto da Estrela II (F-) Moinho (Sete Cidades) (F-) Rego (F-)	n3-MM Estrela II - Rego	Nasc.
Mosteiros-Norte	3834	-	-	-	-	n3 - Moinho dos Mosteiros	n3-MM	Nasc.
Santa Bárbara e Remédios e Santo António	s.d.e.	-	-	-	-	n4 - Rocha de S. António I	n4-RSAI	Nasc.
Sete Cidades	s.d.e.	-	-	X	-	Rego (F-) Moinhos (Sete Cidades) (F-)	Rego -	Nasc.
Várzea	s.d.e.	-	-	-	-	n3 - Moinho dos Mosteiros Moinho (Sete Cidades) (F-)	n3-MM -	Nasc.
Feteiras	s.d.e.	-	-	*	-	n16 - Canário-Poço Cerrado da Fonte	n16-CP CFonte	Nasc.
<b>ZA 2014-2016</b>								
Lomba da Cruz	s.d.e.	-	-	-	-	-	-	-
Lomba de Baixo	313	-	-	-	-	-	-	-
Sist. Piquinhos	s.d.e.	-	-	X	-	n3 - Moinho dos Mosteiros Salto da Estrela II (F-) Moinho (Sete Cidades) (F-) Rego (F-)	n3-MM Estrela II - Rego	Nasc.
Sist. dos Remédios	s.d.e.	-	-	-	-	-	-	-
Sist. Arquinha	12304	-	-	-	-	JK3	JK3-SP	Furo
Sist. Central	s.d.e.	-	-	X	-	Ribeira da Praia	RPraia	Nasc.
Sist. Terra	s.d.e.	-	-	-	-	JK2	JK2-CM	Furo
Sist. Conceição	2886	-	-	-	-	Ribeira da Praia	RPraia	Nasc.
Sist. Encruzilhadas	s.d.e.	-	-	-	-	n16 - Canário-Poço	n16-CP	Nasc.
Sist. Pico da Carreira	2962	-	-	*	-	f1 - Lagoa do Conde Lagoa do Conde 2 Ribeira da Praia	f1-LC - RPraia	Furo Furo Nasc.
Sist. de St. António	s.d.e.	-	-	-	-	n4 - Rocha de S. António	n4-RSAI	Nasc.

's.d.e.' sem dados específicos (corresponde a ZA para as quais é indicado um valor de população em conjunto com outras ZA)

'-' ZA sem incumprimentos

'\*-' ZA sem incumprimentos nos últimos dois anos, apesar de no passado se terem verificado incumprimentos

'X' ZA com incumprimentos

'(F-)' captações onde é monitorizado fluoreto

Na Figura 4.12 representa-se a qualidade da água em termos de cloreto, sódio e fluoreto nas ZA que tiveram continuidade no período 2009-2016. Nas seis ZA, os valores de cloreto e sódio são sempre inferiores aos respetivos VP e, de forma generalizada, inferiores a 50 mg/L, com exceção da ZA Mosteiros-Norte, onde o cloreto variou na gama 58-159 mg/L e o sódio variou na gama 60-70 mg/L. Relativamente ao fluoreto, apesar de em nenhuma das ZA se ultrapassar o VP (1,5 mg/L; DL 152/2017, de 7 de dezembro), verifica-se que nas ZA Capelas-Monte Alegre e ZA Várzea se registaram valores

iguais a VP por duas vezes (em 2011 e 2016) e uma vez (em 2012), respetivamente. Nas ZA Capelas-Maranhão e na ZA Santa Bárbara-Remédios, registou-se em 2014 um valor de fluoreto superior aos registados nos outros anos analisados, embora sem atingir o VP.

Dado que a monitorização do fluoreto nestas zonas de abastecimento se realiza com uma frequência anual, os resultados disponíveis não permitem garantir que nestas quatro ZA não se terão verificado valores de fluoreto superiores ao VP. A avaliação da qualidade da água das captações associadas a estas ZA poderia contribuir para esse esclarecimento; no entanto, apenas existem dados de qualidade em fluoreto para uma das captações da ZA Várzea, designada por Moinhos (Sete Cidades), apresentada na Figura 4.11. Nesta captação, os teores em fluoreto no primeiro semestre de 2010 foram ligeiramente superiores a 1,5 mg/L, tendo-se verificado na ZA o valor de 1,3 mg/L, na amostra recolhida em agosto de 2010. Não existindo correspondência temporal entre as duas medições, não é possível relacionar o teor em fluoreto na captação com a concentração medida na zona de abastecimento.

Na Figura 4.13 e Figura 4.14 apresentam-se três ZA com incumprimento em fluoreto no período em estudo. Nas duas primeiras (Feteiras; Mosteiros e Bretanha) a situação de incumprimento foi revertida após aparentes alterações na zona de abastecimento (Figura 4.13), enquanto a ZA Sete Cidades manteve o incumprimento do VP de fluoreto (Figura 4.14).

Nos registos dos PCQA cedidos pela ERSARA, a designação Mosteiros e Bretanha é suprimida no ano 2013 e introduzida a nova designação de Mosteiros Bretanha e Remédios, sendo que no ano seguinte esta é suprimida e reposta a original Mosteiros e Bretanha. Embora sem confirmação oficial da entidade gestora de que se trata da mesma ZA, optou-se por apresentar os respetivos dados de qualidade da água em conjunto na Figura 4.13. A água desta ZA apresentou um padrão regular de teores reduzidos em cloreto e em sódio em 2009-2016 e concentrações em fluoreto superiores ao valor paramétrico (1,5 mg/L) nos anos 2009-2012, igual ao VP em 2013 e muito inferior (ca. 0,2 mg/L) em 2015-2016.

Os teores em fluoreto de 0,2 mg/L, obtidos nos dois últimos anos (2015 e 2016) na ZA Mosteiros-Bretanha, parecem indicar que foram realizadas alterações na gestão das captações (n3 - Moinhos dos Mosteiros, Moinhos (Sete Cidades), Salto da Estrela e Rego) associadas a esta ZA. Os dados de qualidade em fluoreto (2015 e 2016) para as duas últimas captações, apresentados na Figura 4.11, mostram um teor em fluoreto no Salto da Estrela de 1,1 mg/L em fevereiro de 2015 e um aumento da concentração na nascente do Rego, de 1,1 mg/L em fevereiro de 2015 para 2,0 mg/L, em novembro de 2016 e 2,2 mg/L em maio de 2017. Apesar dos valores de fluoreto superiores a VP em, pelo menos, uma das captações desta ZA, a entidade gestora parece ter adotado uma gestão de captações que garante teores muito reduzidos de fluoreto na água distribuída para consumo humano.

A segunda ZA apresentada na Figura 4.13, designada por Feteiras (Feteiras-Zona Alta e Feteiras-Zona Baixa até 2013, e Feteiras a partir de 2014), apresentou os teores mais elevados em fluoreto em 2011 (1,1 mg/L em Feteiras-Zona Alta e 1,2 mg/L em Feteiras-Zona Baixa) e em 2012 (1,7 mg/L em Feteiras-Zona Baixa). No período 2013-2016, a concentração em fluoreto diminuiu, passando a variar entre 0,3 mg/L e 0,6 mg/L. A concentração em fluoreto não é monitorizada nas duas captações que servem esta ZA (Quadro 4.5).



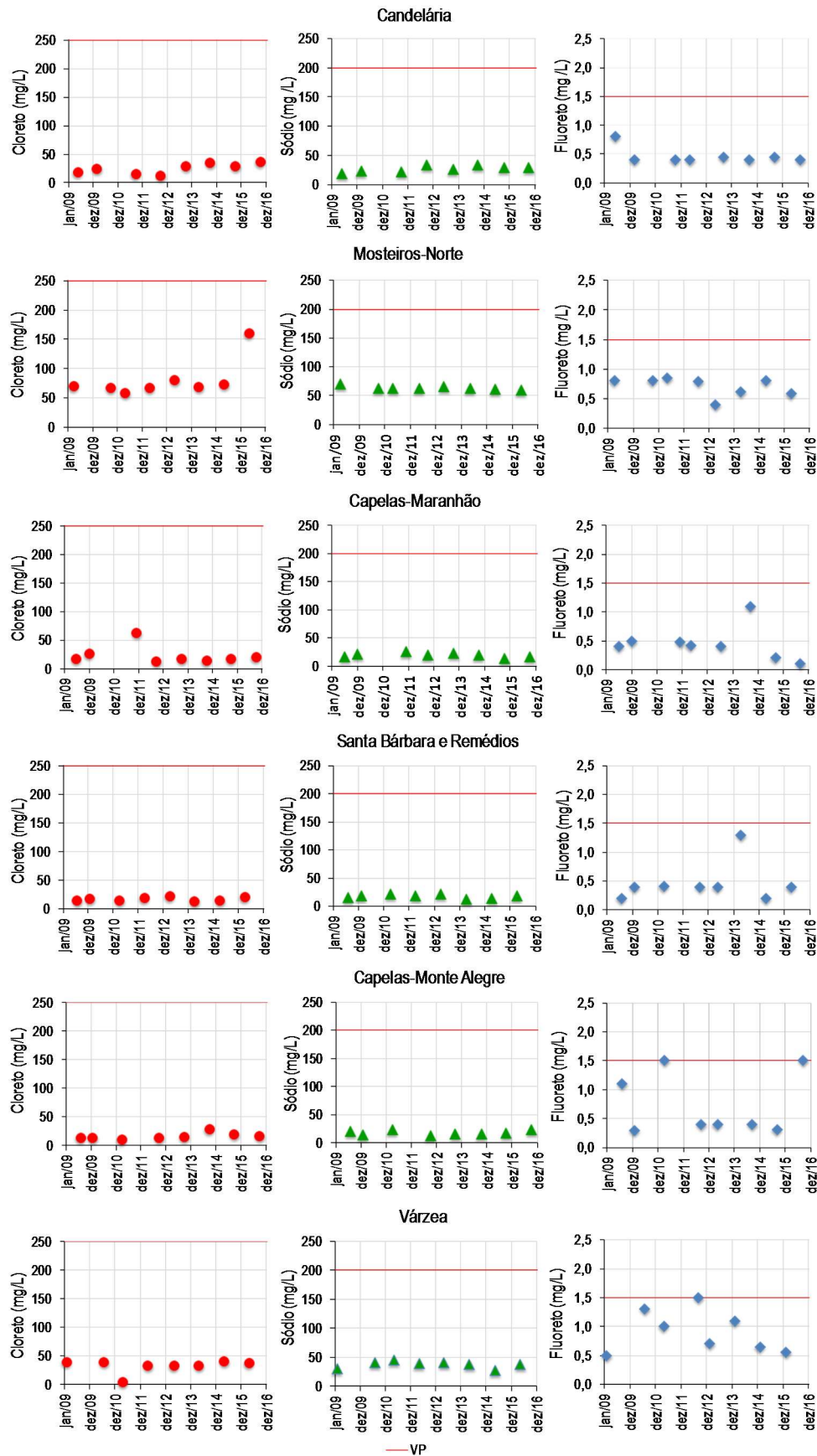


Figura 4.12 – Concentrações em cloro, sódio e fluoreto em ZA sem incumprimentos nestes parâmetros, em 2009-2016, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel



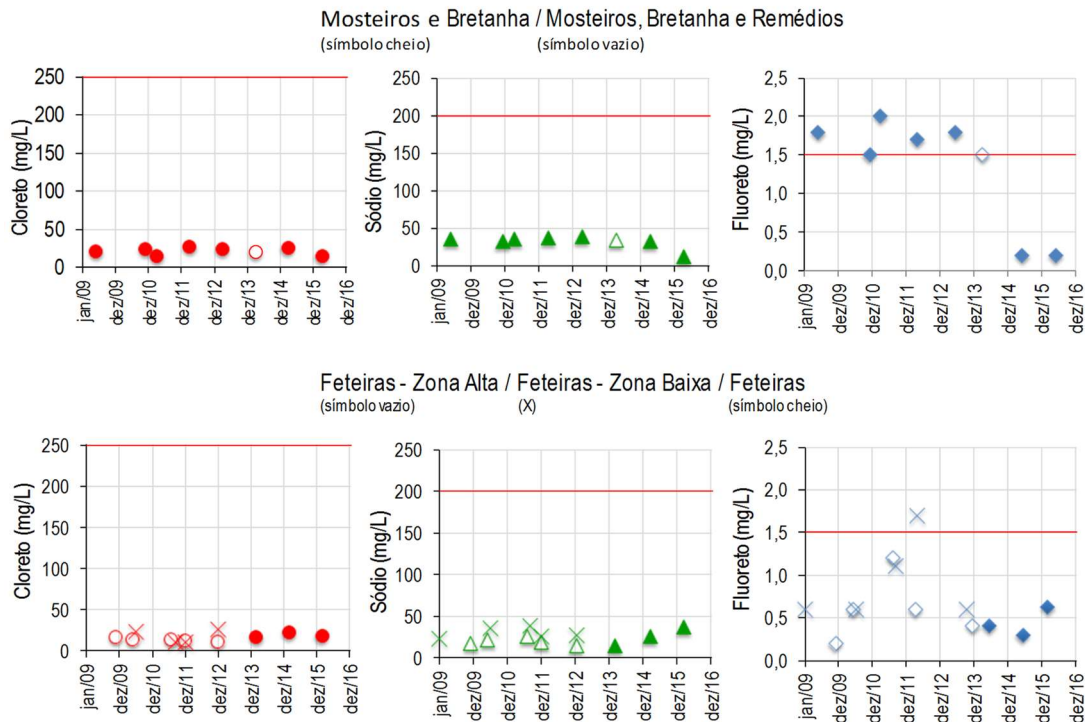


Figura 4.13 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2009-2016, nas ZA com melhoria de qualidade em fluoreto após alterações realizadas pela EG no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

A ZA Sete Cidades apresenta, de forma consistente, os resultados de fluoreto iguais ou superiores ao VP (1,5 mg/L), como se pode observar na Figura 4.14. A água é pouco mineralizada em cloreto e sódio, apresentando concentrações sempre inferiores a 50 mg/L, muito abaixo dos respetivos VP.

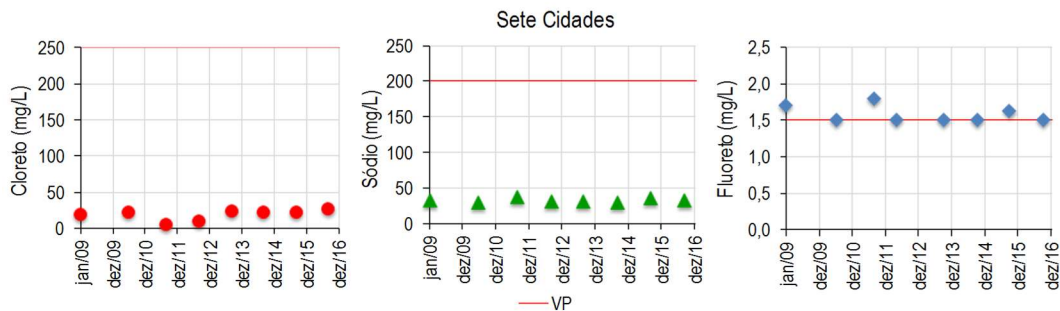


Figura 4.14 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, nas ZA com incumprimentos em fluoreto no período 2009-2016, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

A esta ZA estão associadas as captações do Rego e de Moinhos (Sete Cidades), onde os valores registados de fluoreto foram sempre superiores a 1,5 mg/L, exceto em 2015 na captação do Rego, onde se registou o valor de 1,1 mg/L. Em 2017, o único ano em que foram disponibilizados dados de qualidade para as duas captações, não se dispõe de informação de qualidade da água na ZA.

Nas Figura 4.15 a Figura 4.18 apresentam-se os resultados da qualidade da água nas ZA criadas em 2014, que integram na sua designação a palavra “Sistema”. Apresentam-se primeiro os sistemas localizados na área urbana do concelho (Figura 4.15 e Figura 4.16), coincidente com a cidade de Ponta

Delgada e arredores (Arquinha, Encruzilhadas, Pico da Carreira, Central e Remédios) e, seguidamente, os sistemas de menor dimensão, localizados em zonas não urbanas do concelho (Santo António, Terra, Conceição, Lomba da Cruz, Lomba de Baixo e Piquinhos).

Os valores de cloreto e de sódio são muito reduzidos em todas as ZA, mesmo naquelas onde a captação de água está associada a furos, como a do Sistema da Arquinha (JK3) e as do Sistema da Conceição e do Sistema Terra (JK2).

Relativamente à concentração em fluoreto, os resultados da monitorização dos PCQA nos novos sistemas apresentam uma aparente evolução positiva em relação às ZA que foram descontinuadas (Anexo IV). Estes novos sistemas apresentam, no entanto, uma evolução distinta ao longo do período 2014-2016. No Sistema da Arquinha (Figura 4.15), os valores são sempre baixos, oscilando entre 0,6 mg/L e 0,2 mg/L; no Sistema das Encruzilhadas, a oscilação é maior (0,4-1,4 mg/L). No Sistema Pico da Carreira observou-se um incumprimento em 2014, com diminuição da concentração em fluoreto nos anos seguintes. No Sistema Central, a concentração em fluoreto aumenta de 0,8 mg/L para 1,5 mg/L entre o início de 2014 e o início de 2015, e mantém-se estável em 2015 e 2016 em valores próximos do VP (1,57 mg/L – 1,38 mg/L).

A ZA do Sistema dos Remédios apresenta valores de qualidade da água (provenientes do PCQA) com designações associadas ao material das condutas de abastecimento no período 2014-2015 e relativas ao Sistema 1 e ao Sistema 2 em 2016. Na Figura 4.16 apresenta-se a qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto no período 2014-2016 associado a cada tipologia de sistema. Em 2014-2016 não se verificaram incumprimentos nesta ZA para os parâmetros em estudo, destacando-se apenas o valor de fluoreto igual ao VP (1,5 mg/L) registado uma vez, em 2016, no Sistema 2 (quando no Sistema 1 se registou 0,5 mg/L).

Nas Figura 4.17 e Figura 4.18 apresentam-se os resultados dos PCQA das novas ZA localizadas em zonas não urbanas, reportando-se na Figura 4.18 aquelas que só apresentam um valor de qualidade da água para o ano de 2016.

Relativamente ao cloreto e ao sódio, as concentrações são sempre muito inferiores a 50 mg/L. Para o fluoreto, no Sistema de Santo António, a qualidade é boa e constante (0,4-0,5 mg/L). Nas restantes ZA, o número de valores disponível é baixo. Dos valores disponíveis, a água tem baixa concentração (< 0,5 mg/L) em fluoreto nos Sistemas da Lomba da Cruz e da Lomba de Baixo, concentração intermédia (0,4-1,0 mg/L) nos Sistemas da Conceição e da Terra, neste último apenas em 2015-2016, já que em 2014 o valor registado igualou o VP (1,5 mg/L), limite que foi excedido no único valor disponível para o Sistema dos Piquinhos (1,7 mg/L em 2016). Realça-se que o Sistema dos Piquinhos está associado às mesmas captações da ZA Mosteiros-Bretanha (Quadro 4.5), onde, no mesmo ano (2016), a qualidade da água não apresentou qualquer incumprimento no teor em fluoreto, tendo-se registado concentrações de 0,2 mg/L F<sup>-</sup> (Figura 4.13).

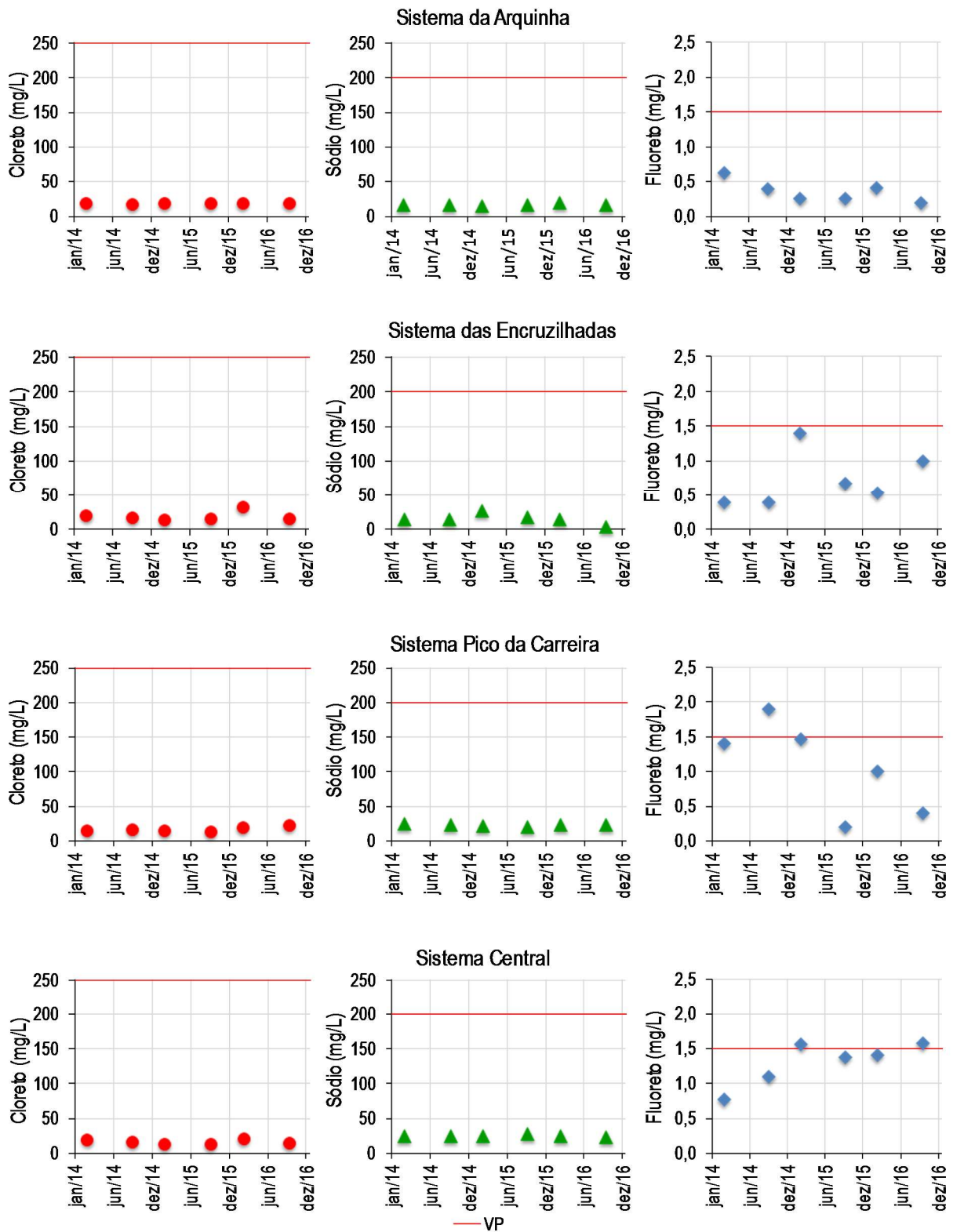


Figura 4.15 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2014-2016, nas novas ZA da zona urbana do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

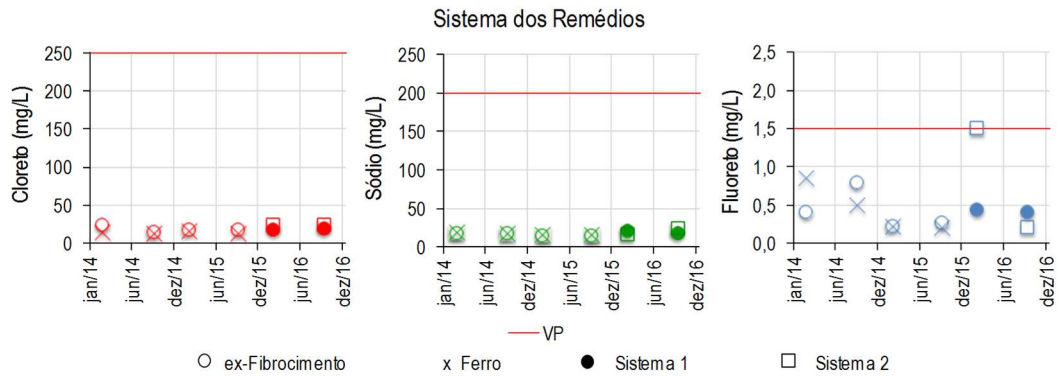


Figura 4.16 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2014-2016, na nova ZA dos Remédios, na zona urbana do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

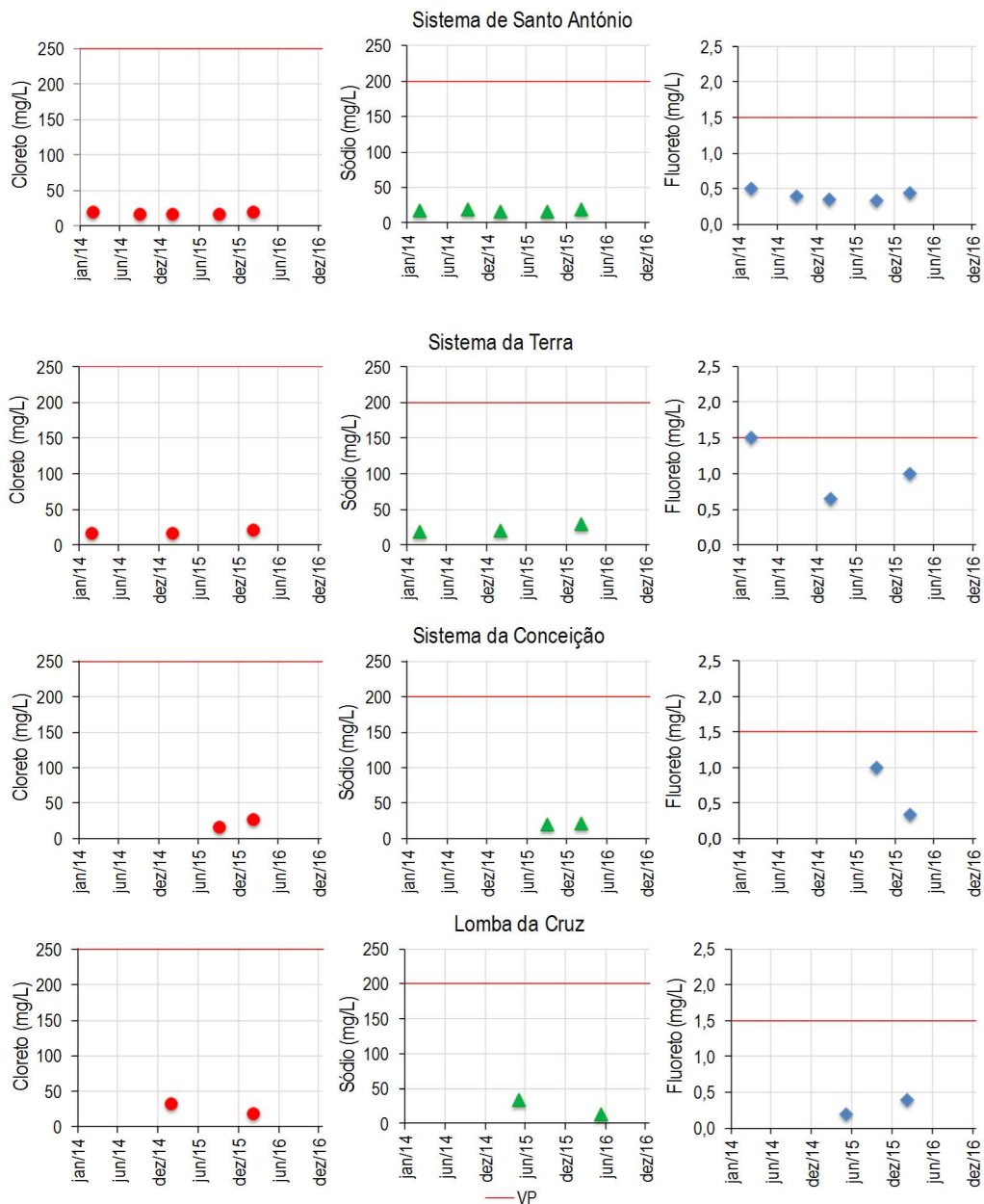


Figura 4.17 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2014-2016 ou 2015-2016, nas novas ZA de zonas não urbanas do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

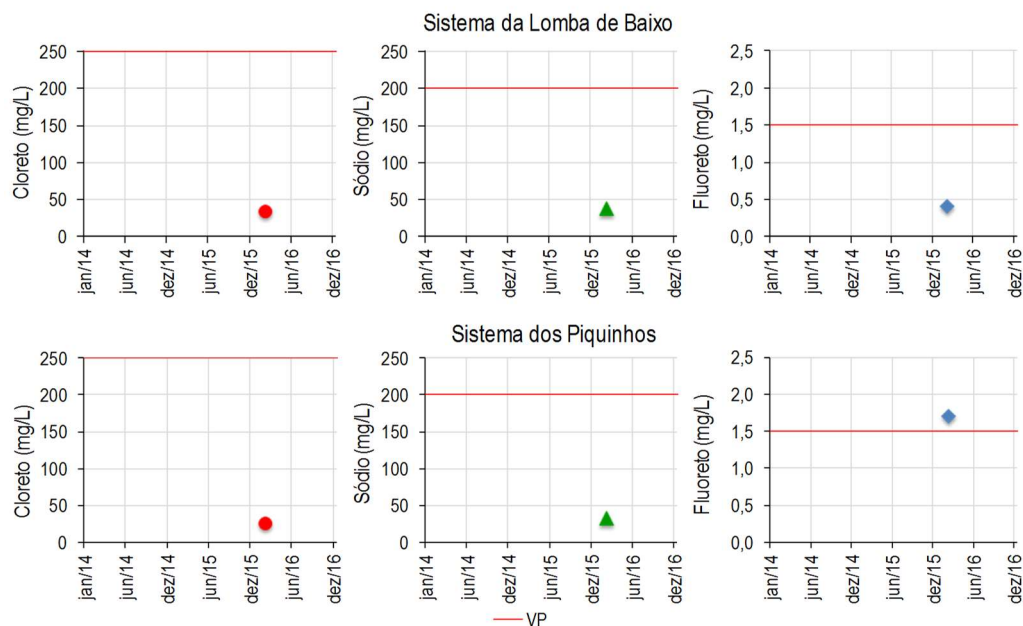


Figura 4.18 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, em 2016, nas novas ZA de zonas não urbanas do concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

Em resumo, os dados de qualidade da água das ZA permitem afirmar que após a reorganização das mesmas, ocorrida em 2014, não obstante a evolução geral positiva relativamente à situação anterior, se continuou a verificar incumprimento do parâmetro fluoreto na ZA das Sete Cidades, no Sistema de Pico da Carreira (1,9 mg/L) e no Sistema Central (1,56 mg/L e 1,57 mg/L). No Sistemas das Encruzilhadas, Sistema dos Remédios e no Sistema Terra registaram-se valores muito próximos ou iguais a VP, embora sem o ultrapassar.

Relativamente à estimativa de perdas de água nos sistemas de abastecimento, a EG não forneceu informação.

#### 4.2.3 Informação de outros estudos

Cordeiro *et al.* (2012) desenvolveram um estudo de caracterização do teor em fluoreto nas origens de água do sistema público de abastecimento de água ao concelho de Ponta Delgada, dado terem sido detetados alguns valores superiores a 1,5 mg/L entre 2004 e 2010. Neste período, as ZA São José e ZA Mosteiros-Bretanha foram as que apresentaram valores médios de fluoreto mais elevados. O estudo desenvolvido analisou 30 nascentes e 3 furos do concelho, entre novembro de 2009 e julho de 2010, recolhendo cerca de 7 amostras em cada ponto de amostragem, analisadas relativamente aos parâmetros: temperatura, condutividade elétrica, CO<sub>2</sub> dissolvido e vários iões, entre os quais cloreto, sódio e fluoreto. Para este último, o valor mínimo foi obtido na nascente de Roçados (0,17 mg/L), o valor máximo na nascente Moinho SC (2 mg/L) e as medianas variaram entre 0,2 mg/L, nas nascentes de Canário-Poço, Roçados e Janelas do Inferno, e 1,7 mg/L, na já referida nascente dos Moinhos, situada no interior da caldeira das Sete Cidades.

O estudo sugere a existência de uma relação positiva entre as concentrações em fluoreto e em sódio nas amostras onde a concentração do primeiro se apresenta mais elevada. Este facto deve-se ao contributo fornecido pela lixiviação de rochas mais ácidas, como sejam os depósitos pomíticos, lixiviação que poderá ser incrementada devido à atividade hidrotermal, uma vez que na encosta norte da caldeira das Sete Cidades são conhecidas várias nascentes com água quente.

Neste estudo, as nascentes analisadas, com teor em fluoreto elevado (Figura 4.11) não têm dados de concentração em sódio dado não integrarem a rede de monitorização da qualidade da água subterrânea da DSRHOT. Neste estudo, não foi possível relacionar as concentrações em fluoreto com a concentração em sódio.

### 4.3 Terceira – concelho da Praia da Vitória

#### 4.3.1 Qualidade da água nas captações

A Figura 4.19 apresenta uma síntese da informação coligida para o sistema de abastecimento de água para consumo humano no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira, e na Figura 4.20 representam-se os pontos com informação disponível sobre a qualidade dessa água.

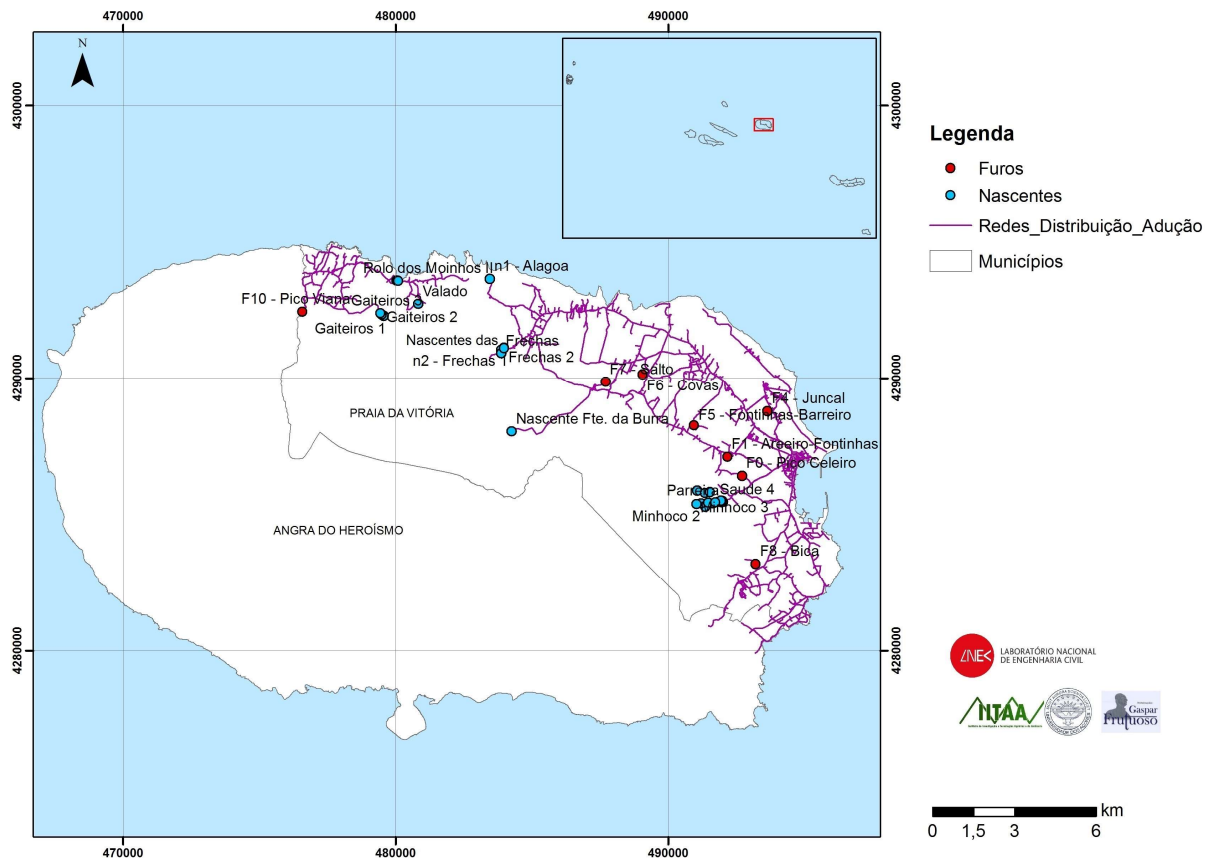


Figura 4.19 – Localização das captações de água para consumo humano no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira



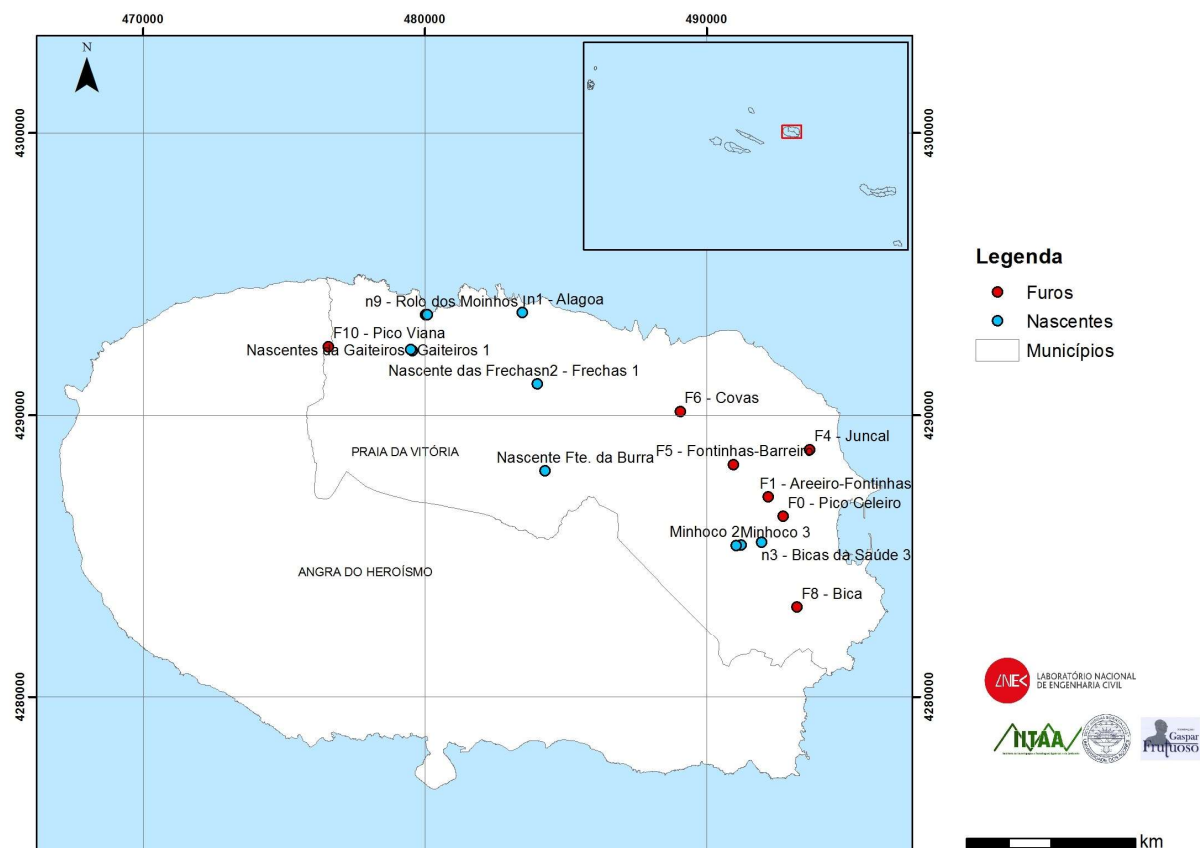


Figura 4.20 – Localização das captações com informação disponível sobre a qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

O Quadro 4.6 apresenta uma síntese da informação disponibilizada sobre a qualidade da água na ilha Terceira relativamente às concentrações em cloreto, sódio e fluoreto, para os 18 pontos de água indicados na Figura 4.20, correspondentes a 11 nascentes e sete furos, um dos quais capta o aquífero suspenso e os restantes o aquífero basal.

Quadro 4.6 – Síntese da informação disponibilizada para os parâmetros cloreto, sódio e fluoreto nas captações de água do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

Ponto de água	Abreviatura	N.º de amostras analisadas	1. <sup>a</sup> Amostragem	Última amostragem	N.º amostras com valores de		
					Cl	Na	F
<b>Furos no aquífero basal</b>							
F0 - Pico Celeiro	F0	37	01-01-2009	01-10-2017	37	37	0
F1 - Areeiro-Fontinhas	F1	48	01-01-2009	01-10-2017	48	48	0
F4 - Juncal	F4	39	01-01-2009	01-10-2017	39	38	0
F5 - Fontinhas-Barreiro	F5	53	01-01-2009	01-10-2017	53	53	0
F6 - Covas	F6	50	01-01-2009	01-10-2017	50	50	0
F8 - Bica	F8	37	01-01-2009	12-04-2017	37	37	0
<i>Totais</i>					264	263	
<b>Furo no aquífero suspenso</b>							
F10 - Pico Viana	F10	3	03-10-2016	28-07-2017	3	3	0
<i>Totais</i>					3	3	0
<b>Nascentes</b>							
Nascentes das Frechas	Frechas	107	01-01-2009	01-12-2017	0	0	107
Nascente Fte. da Burra	Fte Burra	109	01-01-2009	01-12-2017	2	4	105
Nascentes da Gaiteiros	Gteiros	43	01-01-2009	01-11-2017	0	0	43

Ponto de água	Abreviatura	N.º de amostras analisadas	1.ª Amostragem	Última amostragem	N.º amostras com valores de		
					Cl	Na	F
Gaiteiros 1	Gteiros1	11	19-12-2011	12-04-2017	9	11	0
Minhoco 2	Mnh2	1	21-04-2016	21-04-2016	1	0	0
Minhoco 3	Mnh3	1	12-04-2017	12-04-2017	1	0	0
n1 - Alagoa	n1	7	30-01-2009	28-07-2012	4	7	0
n2 - Frechas 1	n2	11	30-01-2009	12-04-2017	6	11	0
n3 - Bicas da Saúde 3	n3	7	30-01-2009	28-07-2012	4	7	0
n9 - Rolo dos Moinhos I	n9	7	30-01-2009	28-07-2012	4	7	0
Nascentes do Rolo dos Moinhos	Rmoinh	42	01-01-2009	01-09-2017	0	0	42
<i>Totais</i>					31	47	297

Da Figura 4.21 à Figura 4.26 apresentam-se os resultados obtidos para as concentrações em cloreto, sódio e fluoreto na última década, entre 2009 e 2017. O Quadro 4.7 apresenta uma síntese da estatística dos resultados obtidos para a qualidade da água no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira.

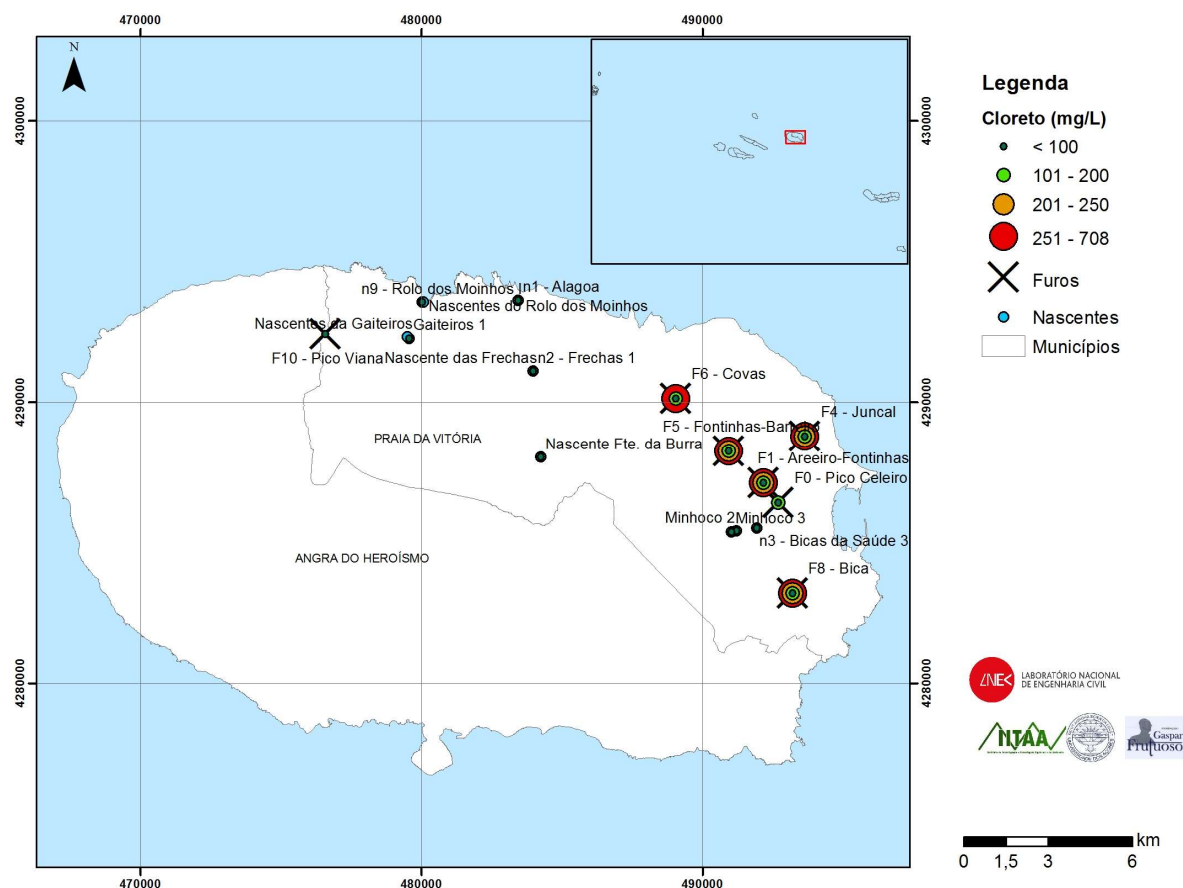


Figura 4.21 – Gammas de concentração em cloreto nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira



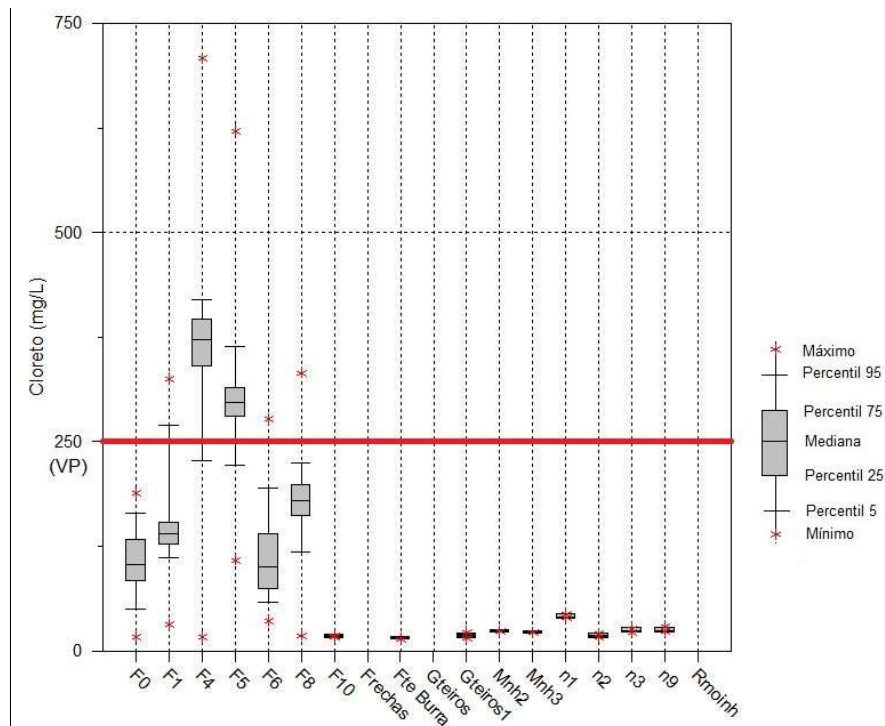


Figura 4.22 – Diagrama de *box-plot* das concentrações em cloreto nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

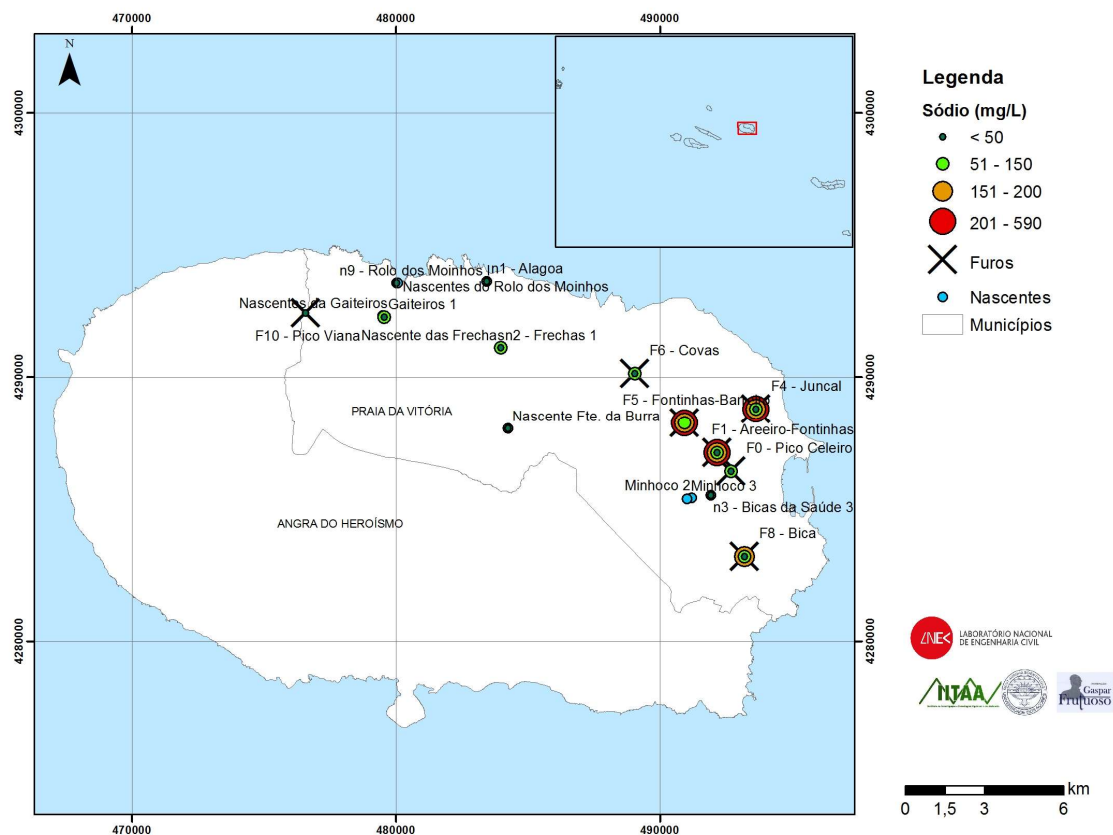


Figura 4.23 – Gamas de concentração em sódio nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

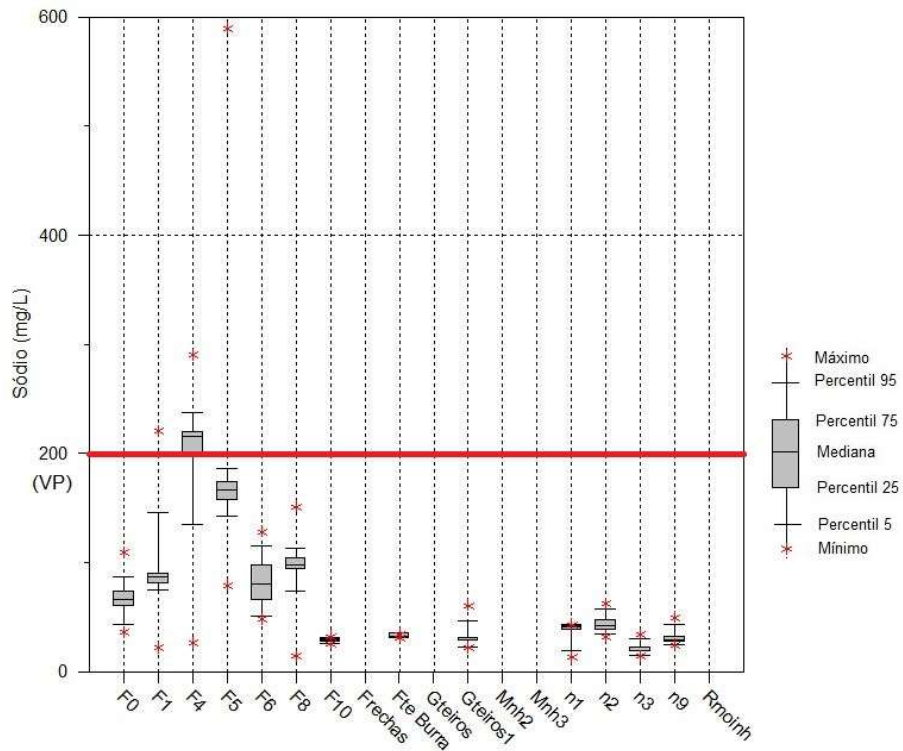


Figura 4.24 – Diagrama de *box-plot* das concentrações em sódio nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

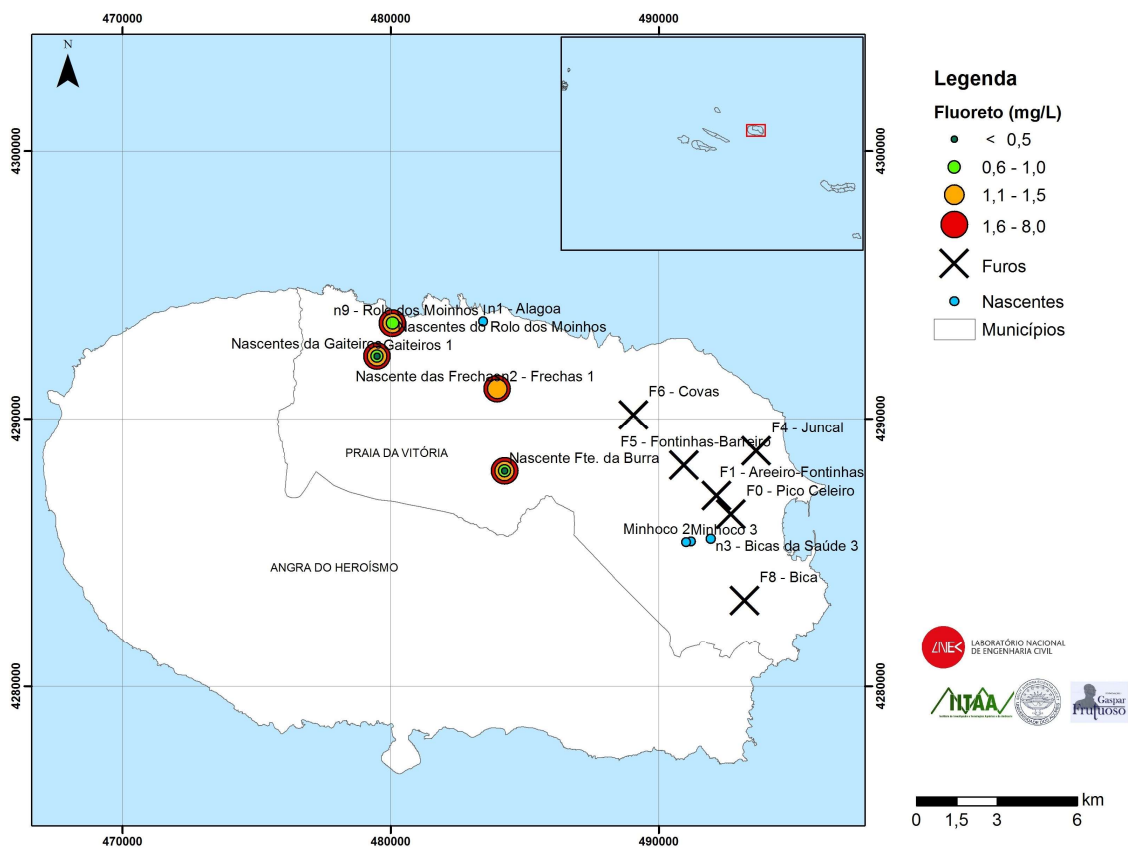


Figura 4.25 – Gamas de concentração em fluoreto nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

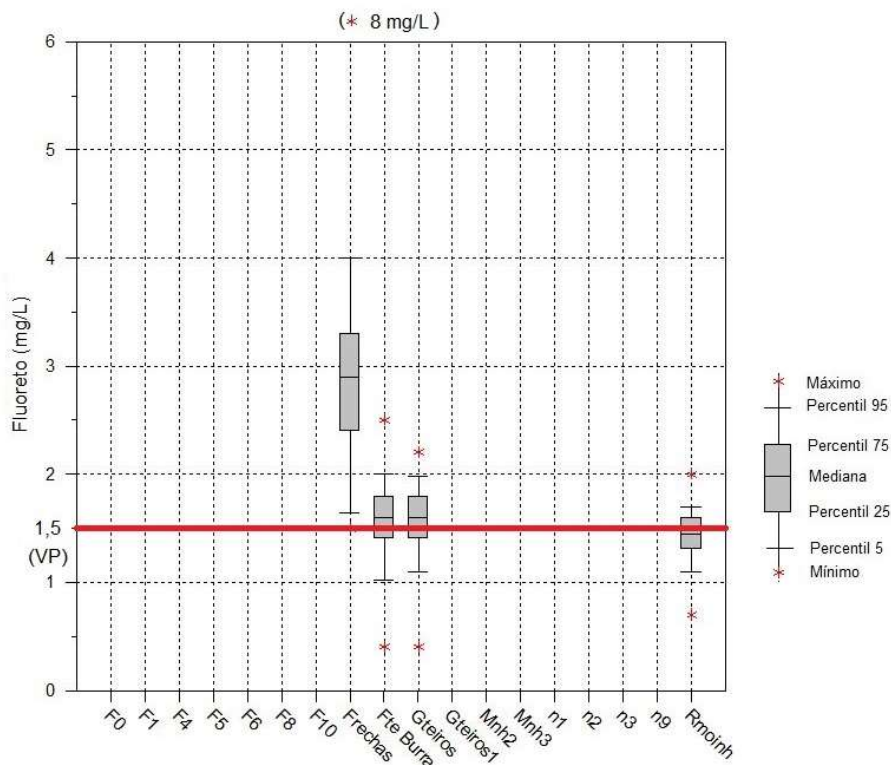


Figura 4.26 – Diagrama de *box-plot* das concentrações em fluoreto nas captações de água para consumo humano do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

Quadro 4.7 – Síntese dos parâmetros estatísticos relativos à qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto nas captações de água para consumo humano no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

Parâmetro	Unidade	N.º análises	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
<b>Furos no aquífero basal</b>						
Cl <sup>-</sup>	mg/L	264	16,0	708,0	202,8	162,5
Na <sup>+</sup>	mg/L	263	14,2	590,0	119,8	96,2
<b>Furo no aquífero suspenso</b>						
Cl <sup>-</sup>	mg/L	3	28,5	17,4	16,8	16,5
Na <sup>+</sup>	mg/L	3	25,4	31,7	28,5	28,5
<b>Nascentes</b>						
Cl <sup>-</sup>	mg/L	31	13,8	44,0	22,6	21,3
Na <sup>+</sup>	mg/L	47	12,8	62,0	33,4	31,0
F <sup>-</sup>	mg/L	297	0,4	8,0	2,0	1,7

A análise das figuras relativas às concentrações em cloreto, em sódio e em fluoreto permite verificar que:

- na água das nascentes, as concentrações em Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> são muito inferiores aos respetivos VP (Figura 4.21 a Figura 4.24);
- com exceção do furos do Pico Celeiro (F0) e do Pico Viana (F10), todos os outros furos apresentam amostras onde o teor em cloreto ultrapassa o VP (Figura 4.22);

- nos furos do Juncal (F4) e do Barreiro (F5), mais de 75% das amostras ultrapassam o valor paramétrico para cloreto (Figura 4.22);
- o furo do Juncal (F4) apresenta mais de 75% das amostras com teores em sódio que ultrapassam o VP, tendo-se registado incumprimentos menos expressivos em Areeiro-Fontinhas (F1) e Fontinhas-Barreiro (F5) - Figura 4.22;
- a monitorização do fluoreto nas nascentes equipara-se em número de análises realizadas (297 análises realizadas) à monitorização do cloreto e do sódio nos furos (295 e 310 análises realizadas, respetivamente) - Quadro 4.7;
- o resultado do conjunto das quatro nascentes monitorizadas (Figura 4.26), mostra que tanto a média como a mediana dos valores de fluoreto ultrapassam o respetivo VP (Quadro 4.7);
- a nascente das Frechas destaca-se das restantes nascentes por apresentar valores de fluoreto mais elevados e uma maior variabilidade (Figura 4.26).

Nas Figura 4.27 e Figura 4.28 apresenta-se a evolução temporal das concentrações em cloreto e em sódio nos cinco furos com registos de caudal e na Figura 4.29 os registos de concentração em cloreto e em sódio para os dois furos sem medição de caudal (Pico Celeiro e Juncal). Na Figura 4.30 apresenta-se a evolução da concentração em fluoreto nas quatro captações de água utilizadas para abastecimento público.

O furo F5 (Barreiro) (Figura 4.27) localiza-se na plataforma das Fontinhas e capta o aquífero basal. Esta estrutura corresponde a uma faixa de terreno limitada a SW pela falha das Fontinhas, a NE pela falha do Barreiro, a SE pelo mar (Baía da Praia da Vitória e Paul da Pedreira) e a NW por uma fratura que subdivide o *graben* das Lajes em duas secções distintas. Do ponto de vista hidrogeológico, esta zona comporta, pelo menos, o aquífero suspenso Lajes 1 (Rodrigues, 2002) e um setor do aquífero basal insular, onde o fluxo hídrico genericamente se dirige para SE (Lobo Ferreira *et al.*, 2010).

Os volumes anuais extraídos no período 2012-2014 e no ano 2016 oscilaram entre 341927 m<sup>3</sup>/ano (2016) e 374430 m<sup>3</sup>/ano (2013), não existindo dados para 2009, 2010, 2011, 2015 e 2017. Em 2013 e 2014 o volume extraído foi elevado, correspondendo a caudais que ultrapassam em média 1000 m<sup>3</sup>/dia.

Nos meses monitorizados, as concentrações em cloreto ultrapassaram sempre o valor paramétrico, quer nos anos em que houve maiores extrações (2013 e 2014), quer nos anos em que estas foram menores (2012 e 2016).

A ausência de dados mensais referentes aos volumes extraídos em 2009, 2010, 2011 e 2015 e de concentrações em sódio e cloreto em 2014, ano em que a exploração foi elevada, não permite estabelecer uma relação clara entre os volumes extraídos e concentração destes iões. A avaliação dos fenómenos de salinização neste furo (F5) é, portanto, naturalmente incompleta. Contudo, o facto de grande parte das concentrações destes iões ultrapassar 250 mg/L indicia intrusões elevadas, facto que poderá estar relacionado com os fatores sistematizados no Quadro 4.8.

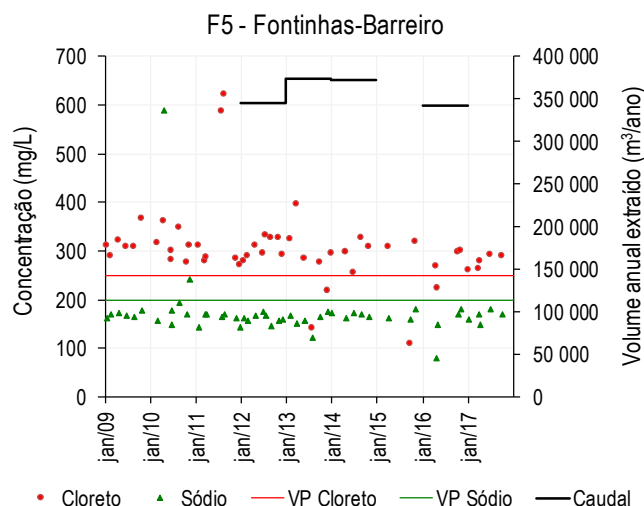


Figura 4.27 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído no furo F5 – Fontinhas-Barreiro, em 2009-2017, no concelho de Praia da Vitória, ilha Terceira

Na Figura 4.28 apresentam-se os dados de volume anual extraído e de concentração em cloreto e sódio nos quatro furos do concelho da Praia da Vitória com melhor qualidade da água. Os dados de qualidade da água no furo F10 (Pico Viana, também designado por Biscoitos) são provenientes de outro estudo do LNEC (Leitão e Henriques, 2018).

O furo F1 (Areeiro) localiza-se na plataforma das Fontinhas e capta o aquífero basal. Dispõe-se na vizinhança da Falha das Fontinhas e do cone vulcânico do Pico Celeiro. Os volumes extraídos nesta captação entre 2012 e 2017 oscilaram entre 8213 m<sup>3</sup>/ano (2017) e 182128 m<sup>3</sup>/ano (2012) (Figura 4.28).

Os registos analíticos no furo do Areeiro foram, entre 2009 e 2017, inferiores a 200 mg/L de sódio e 250 mg/L de cloreto, exceto em agosto de 2011 para o cloreto, e em maio e novembro de 2016 para o sódio e o cloreto, em que se ultrapassou o VP.

A avaliação dos fenómenos de salinização neste furo é incompleta, dada a inexistência de dados mensais de volumes extraídos e teores de sódio e cloreto. Contudo, o facto de grande parte das concentrações destes iões apresentar teores bastante abaixo do VP, ultrapassando-o apenas em quatro amostras, indicia intrusões incipientes, facto que poderá estar relacionado com os fatores referidos no Quadro 4.8.

O furo F6 (Covas) localiza-se no sector NW do *graben* das Lajes, captando o aquífero basal (Figura 2.2). Na Figura 4.28 apresentam-se os volumes anuais extraídos nesta captação no período compreendido entre 2012 e 2017, bem como medições pontuais dos teores em cloreto e sódio na água captada. Como pode ser observado, os volumes extraídos apresentaram oscilações significativas, entre 2053 m<sup>3</sup>/ano (2015) e 142785 m<sup>3</sup>/ano (2013), não existindo registos para os anos de 2009, 2010 e 2011.

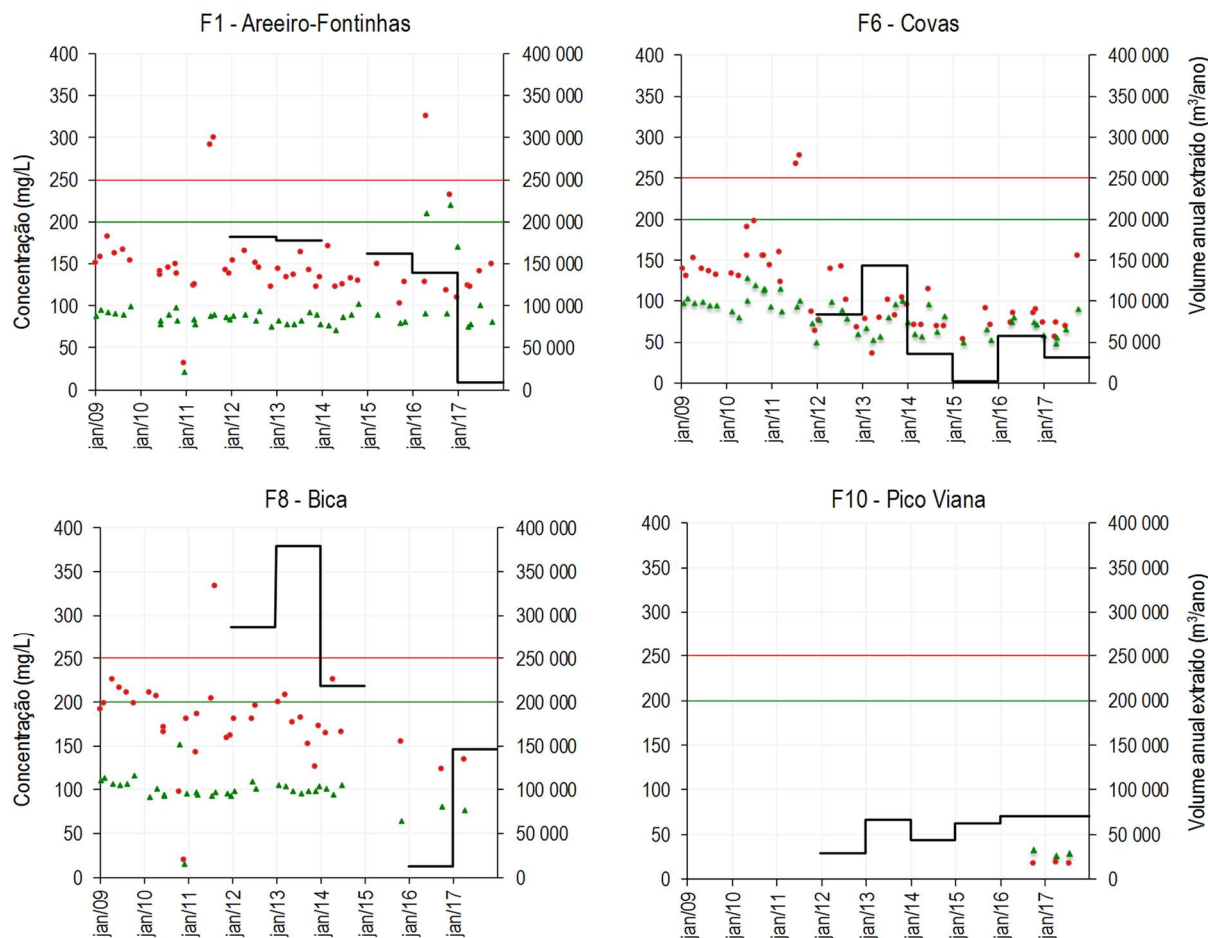


Figura 4.28 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído nos furos F1 - Areeiro-Fontinhas, F6 - Covas, F8 - Bicas e F10 - Pico Viana, em 2009-2017, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

Quadro 4.8 – Grau e possíveis causas da salinização em furos do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

Furo	Salinização	Extração elevada	Extração prolongada	Permeabilidade das formações	Tectónica local
F0 - Pico Celeiro	++	S	S	S	N
F1 - Areeiro-Fontinhas	++	S	S	S	N
F4 - Juncal	+++	S	N	S	S
F5 - Fontinhas-Barreiro	+++	S	S	S	S
F6 - Covas	+	N	N	S	N
F8 - Bica	++	N	N	S	N

Nota: S: Sim; N: Não

+ mediana de cloreto < 100 mg/L

++ mediana de cloreto 100-250 mg/L

+++ mediana de cloreto 250-500 mg/L

++++ mediana de cloreto > 500 mg/L

Nos meses em que a qualidade da água foi monitorizada, as concentrações em cloreto e sódio foram inferiores ao valor paramétrico, com exceção de dois valores de cloreto medidos em 2011. A ausência de dados mensais não permite estabelecer uma relação clara entre os volumes extraídos e a concentração destes iões. A avaliação dos fenómenos de salinização neste furo é, portanto, incompleta;

contudo, o facto de grande parte das concentrações destes iões estar em conformidade com os valores paramétricos indicia intrusões baixas, o que poderá estar relacionado com os seguintes fatores:

- pequenos volumes de água extraídos;
- implantação do furo numa zona do aquífero basal relativamente afastada do mar;
- implantação do furo numa zona do aquífero basal sujeita a fluxos hídricos provenientes do interior da ilha, onde as recargas são maiores, conforme se pode inferir dos modelos de circulação basais de CH2M HILL (2005) e Lobo Ferreira *et al.* (2010).

O furo F8 (Bicas) explora o aquífero basal insular. A Figura 4.28 mostra a evolução do volume anual de água extraído nesta captação no período compreendido entre 2012 e 2017 e a concentração em cloreto e sódio. Como se pode observar, os volumes extraídos apresentaram oscilações entre um mínimo de 13015 m<sup>3</sup>/ano (2016) e um máximo de 379602 m<sup>3</sup>/ano (2013). Para os anos de 2009, 2010, 2011 e 2015 não existem dados. Em 2013, a extração no furo das Bicas foi elevada, ultrapassando em média 1000 m<sup>3</sup>/dia.

Nos meses monitorizados, as concentrações em sódio e cloreto foram inferiores a 250 mg/L, exceto para o cloreto que, em agosto de 2011, atingiu 332 mg/L.

A avaliação dos fenómenos de salinização neste furo é incompleta, dada a inexistência de dados mensais referentes aos volumes extraídos e aos teores em sódio e cloreto. Contudo, o facto de grande parte das concentrações em cloreto apresentar teores relativamente elevados (próximos de 250 mg/L), indicia intrusões marinhas, ainda pouco preocupantes.

O furo F10 (Pico Viana, também designado por Biscoitos) localiza-se na zona de fissura disposta entre os maciços de Guilherme Moniz e de Santa Bárbara (Figura 2.4) e capta um aquífero suspenso. Esta formação é sobretudo constituída por lavas basálticas associadas a centros emissores dispostos no centro da ilha (e.g., Pico da Bagacina, Pico Gaspar, Pico do Alpanaque, Picos Vermelhos).

A Figura 4.28 mostra o volume anual de água extraída nesta captação no período entre 2012 e 2017 e a concentração pontual em cloreto e sódio. Da sua análise conclui-se o seguinte:

- os volumes anuais extraídos apresentaram oscilações entre 30000 m<sup>3</sup>/ano (2012) e 70907 m<sup>3</sup>/ano (2017), não existindo dados para 2009, 2010 e 2011;
- as concentrações em cloreto e em sódio registadas em 2016 e 2017 foram baixas, inferiores a 50 mg/L, o que, de acordo com os critérios adotados por Rodrigues (2002), indicia tratar-se de água proveniente de um aquífero suspenso, não estando sujeito a processos de salinização.

Para os furos F0 e F4 não foram fornecidos caudais, pelo que se apresenta na Figura 4.29 os valores de concentração em cloreto e sódio no período em estudo. No furo F0 as concentrações destes iões são sempre inferiores aos respetivos VP, o que se poderá justificar pela ausência de falhas próximas da captação. Ao contrário desta captação, a grande maioria dos valores de cloreto e sódio no furo do Juncal são superiores aos respetivos VP. Este facto deve-se a fenómenos marcados de intrusão salina associados à proximidade da linha de costa e ao enquadramento tectónico desta captação, na conjugação de duas grandes estruturas tectónicas (falhas de Santiago e São Lázaro).

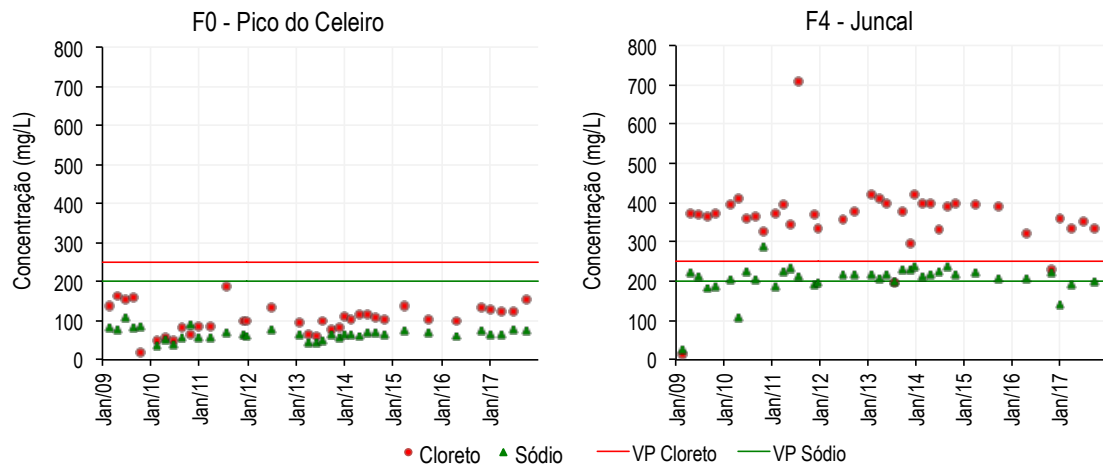


Figura 4.29 – Concentração em cloreto e em sódio nos furos F0 - Pico do Celeiro e F4 - Juncal, em 2009-2017, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

Numa análise global dos dados de concentração em cloreto e sódio em todos os furos, verifica-se que as concentrações em cloreto e em sódio foram relativamente estáveis ao longo da última década, embora numa amostragem em agosto de 2011 se tenha verificado um aumento de cloreto em todos os furos e em outros períodos se tenham verificado pequenas oscilações. Essa variação não se observa nas concentrações em sódio em 2011. A informação disponibilizada não continha dados sobre as extrações em 2011 que permitissem analisar se o aumento em cloreto corresponderia a um aumento das extrações.

Nos dados disponíveis sobre a concentração em fluoreto nas captações do concelho da Praia da Vitória (Figura 4.30) pode observar-se que a nascente das Frechas apresenta concentrações em fluoreto sempre acima do VP (1,5 mg/L) e as restantes nascentes apresentam valores em torno do VP. O valor observado de 8 mg/L pode corresponder a um *outlier*.



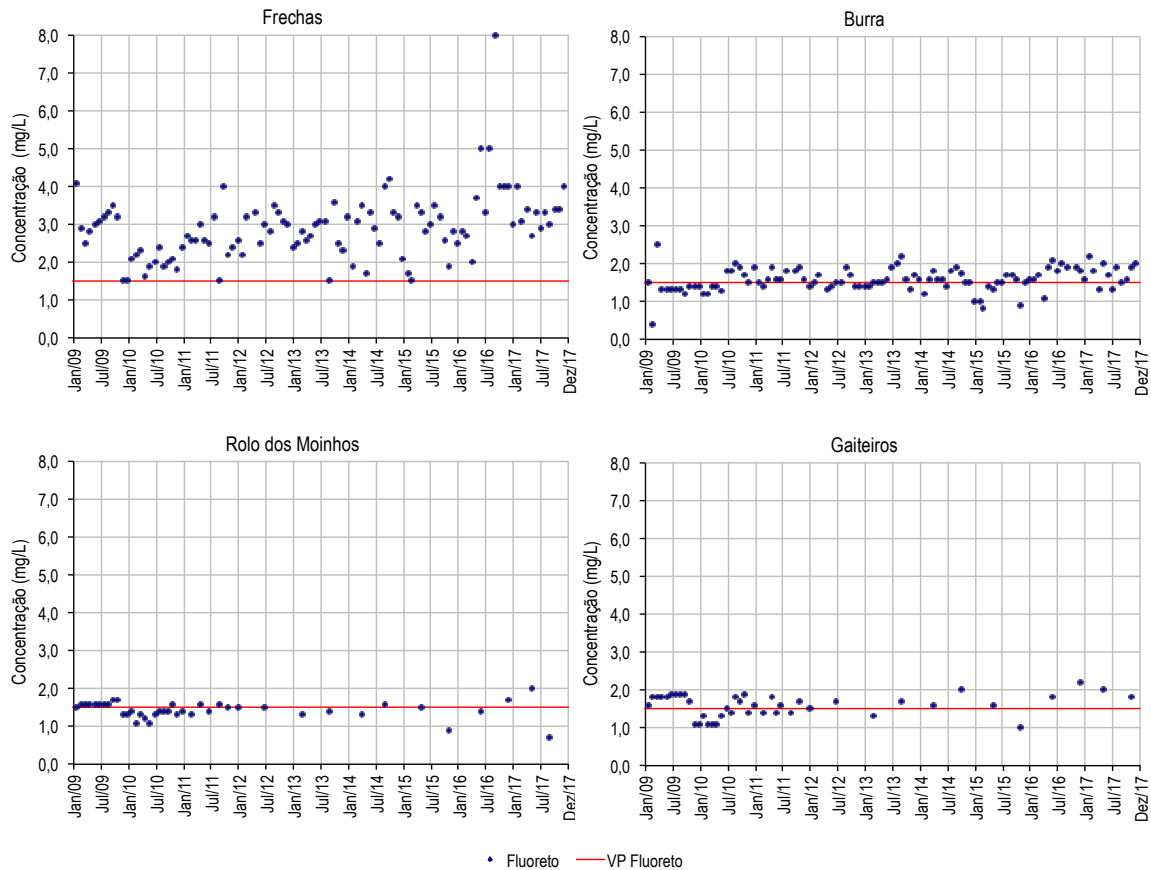


Figura 4.30 – Concentração em fluoreto, em 2009-2017, nas nascentes do concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

### 4.3.2 Qualidade da água nas zonas de abastecimento

De forma a poder relacionar a qualidade da água nas ZA com a qualidade da água nas captações, analisada na secção anterior, indicam-se no Quadro 4.9 as captações associadas a cada ZA do concelho da Praia da Vitória, assim como as captações que são utilizadas para ceder água ao concelho de Angra do Heroísmo. A dimensão de cada ZA é traduzida através da população servida e da sua percentagem em relação ao total do concelho, sendo estes valores aproximados.

A classificação das ZA foi modificada durante o período do estudo, apresentando-se no Quadro 4.9 apenas as que se mantiveram durante todo o período entre 2009-2016. No Anexo IV apresentam-se as ZA descontinuadas neste período e que terão sido integradas em outras ZA.

**Quadro 4.9 – População servida, incumprimentos em cloreto, sódio e fluoreto nas zonas de abastecimento do concelho da Praia da Vitória e captações de água associadas**

Zonas de abastecimento	População servida		Incumprimentos dos PCQA nas ZA em 2009-2016			Captações de água associadas a cada ZA		
	(hab.)	(%)	Cloreto	Sódio	Fluoreto	Designação	Abreviatura	Tipo
Biscoitos	990	5	-	-	X	Nasc. do Rolo dos Moinhos	Rmoinh	Nasc.
Caparica dos Biscoitos	434	2	-	-	X	Biscoitos/Cancela Nasc. da Gaiteiros	F10-Pico Viana Gteiros	Furo Nasc.
Quatro Ribeiras	394	2	-	-	-	Valado	-	Nasc.
Aqualva	1432	7	-	-	X	Nasc. das Frechas	Frechas	Nasc.
Vila Nova	1678	8	-	-	X	n1 - Alagoa Nasc. das Frechas	Alagoa Frechas	Nasc. Nasc.
São Brás	1088	5	-	-	X	Quatro Canadas Nasc. Fte. Da Burra Nasc. das Frechas	F7 - Salto Fte Burra Frechas	Furo Nasc. Nasc.
Lajes/Santa Luzia /Juncal	4926	25	-	-	X	F6 - Covas Nasc. Fte. da Burra Nasc. das Frechas	F6 Fte Burra Frechas	Furo Nasc. Nasc.
Santa Rita/25 de Abril	2219	11	X	X	X	F4 - Juncal F6 - Covas Nasc. das Frechas	F4 F6 Frechas	Furo Furo Nasc.
Fontinhas	1594	8	X	-	-	F6 - Covas F5 – Fontinhas-Barreiro Nasc. das Frechas	F6 F5 Frechas	Furo Furo Nasc.
Praia da Vitória	2284	11	X	-	-	F1 - Areeiro-Fontinhas Beiras	F1 -	Furo Nasc.
Casa da Ribeira 1	n.d.	-	-	-	-	Beiras Lourais	- -	Nasc. Nasc.
Casa da Ribeira 2	n.d.	-	-	-	-	F0 - Pico Celeiro Beiras Lourais	F0 - -	Furo Nasc. Nasc.
Fonte do Bastardo/ Cabo da Praia	780	4	-	-	-	F8 - Bica	F8	Furo
Fonte do Bastardo/Porto Martins	2211	11	-	-	-	Cabrito Furo dos Cinco Picos	- -	Nasc. Furo
Entrega aos SMAH	-	-	-	-	-	Nasc. do Rolo dos Moinhos	Rmoinh	Nasc.
Entrega SMAH	-	-	-	-	-	Biscoitos/Cancela	F10 - Pico Viana	Furo

Da análise do Quadro 4.9 pode verificar-se o seguinte:

- todos os sistemas de abastecimento existentes dependem de águas subterrâneas, captadas através de nascentes e furos;
- apenas as zonas de abastecimento dos Biscoitos, Quatro Ribeiras, Aqualva, Vila Nova e Casa da Ribeira 1 assentam exclusivamente na captação de nascentes;
- com exceção da pequena zona da Casa da Ribeira 1, todos os sistemas que abastecem a área do Ramo Grande, correspondente em termos geomorfológicos ao *graben* das Lajes (Figura 2.4), recebem água proveniente de furos que captam o aquífero basal;

- no setor norte do concelho, implanta-se apenas um furo (Pico Viana ou Biscoitos), cuja água contribui para o abastecimento da zona da Caparica dos Biscoitos e, em determinados períodos do ano, para as freguesias dos Altares e Raminho localizadas no concelho de Angra do Heroísmo;
- a água proveniente de nascentes e do furo do Pico Viana tem origem em aquíferos suspensos, enquanto a dos restantes furos é extraída do aquífero basal.

Na Figura 4.31 a Figura 4.33 apresentam-se os resultados da monitorização da qualidade da água relativamente aos três parâmetros em estudo, nas seis ZA com incumprimento em fluoreto.

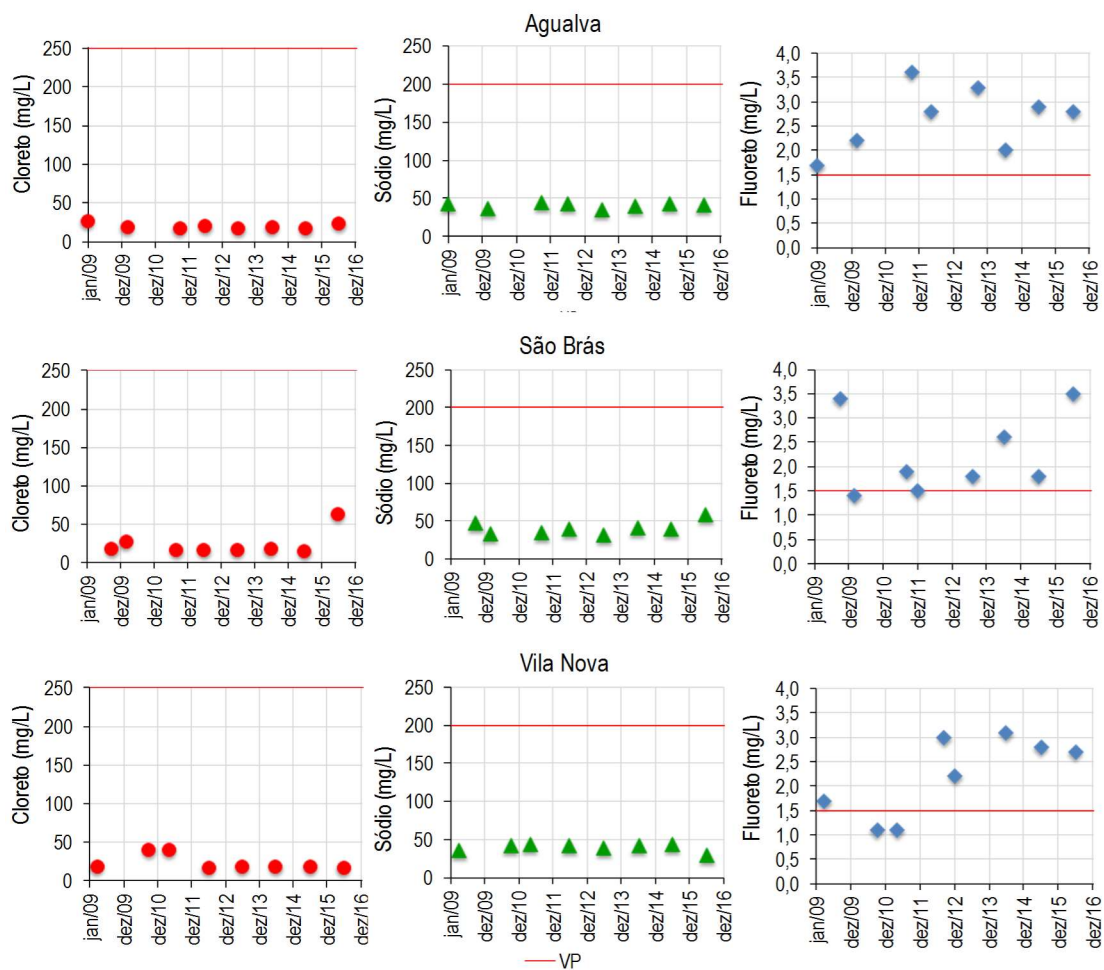


Figura 4.31 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA com incumprimento muito frequente de fluoreto, em 2009-2016, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

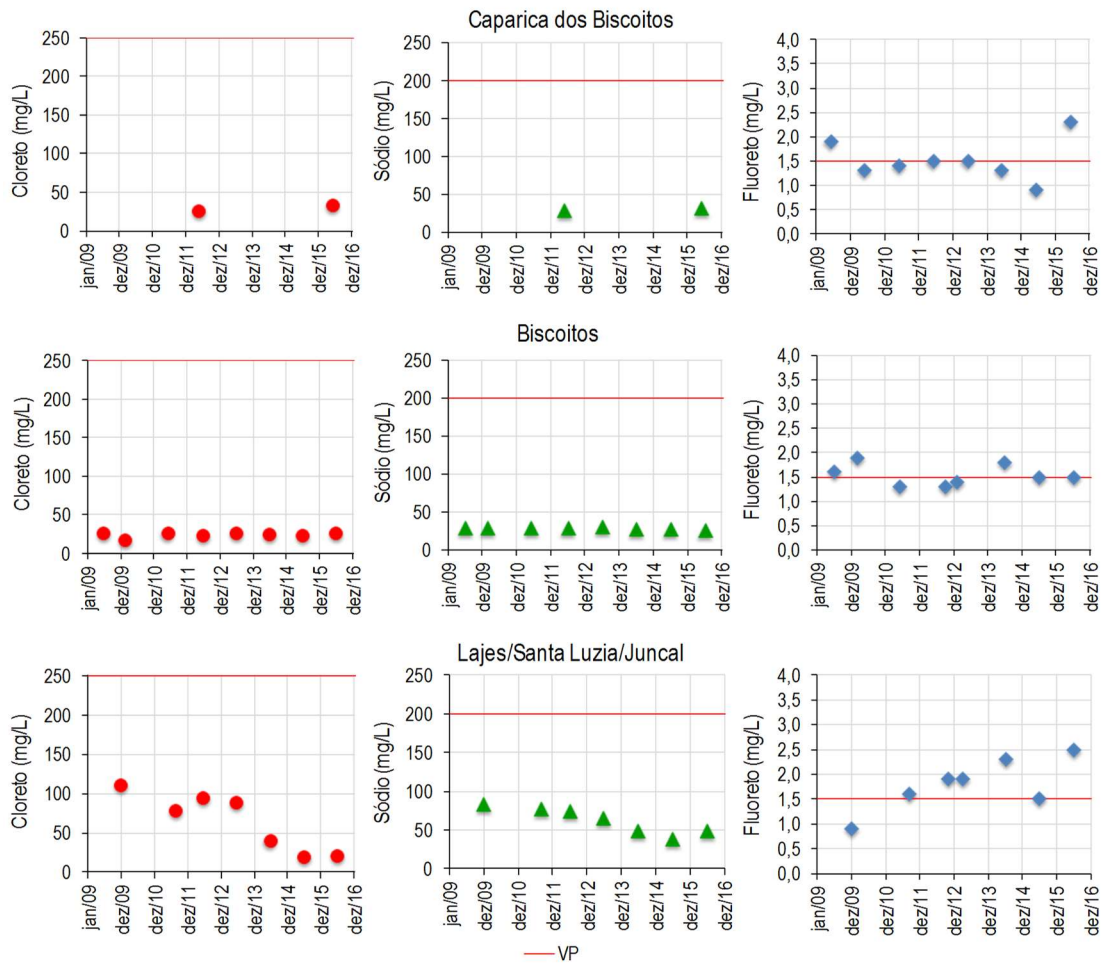


Figura 4.32 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA com incumprimento (menos severo) de fluoreto, em 2009-2016, no conelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

A ZA Aguálva (Figura 4.31) destaca-se das restantes por apresentar todos os valores de fluoreto registados no período de 2009-2016 superiores ao valor paramétrico e com um valor máximo, registado em 2011, correspondente a 3,6 mg/L. A ZA Biscoitos (Figura 4.32), ao contrário das restantes, apresentou valores de fluoreto muito próximos do VP durante o período em análise.

A única zona de abastecimento que apresenta incumprimentos nos três parâmetros, embora desfasados no tempo, corresponde a Santa Rita/25 de Abril. (Figura 4.33). Nas ZA Praia da Vitória e ZA Fontinhas registou-se apenas incumprimento no parâmetro cloreto em 2011 (Figura 4.33).

Na ZA Santa Rita/25 de Abril, a gestão das captações foi alterada no período analisado, reduzindo-se a extração a partir do furo do Juncal e reforçando-se o volume extraído da nascente das Frechas – esta alteração refletiu-se numa diminuição dos teores em cloreto e em sódio e num aumento da concentração em fluoreto.

Na Figura 4.34 apresentam-se as três zonas de abastecimento sem incumprimentos em cloreto, sódio e fluoreto, que correspondem a Casa da Ribeira 2, Fonte do Bastardo/Cabo da Praia e Quatro Ribeiras.

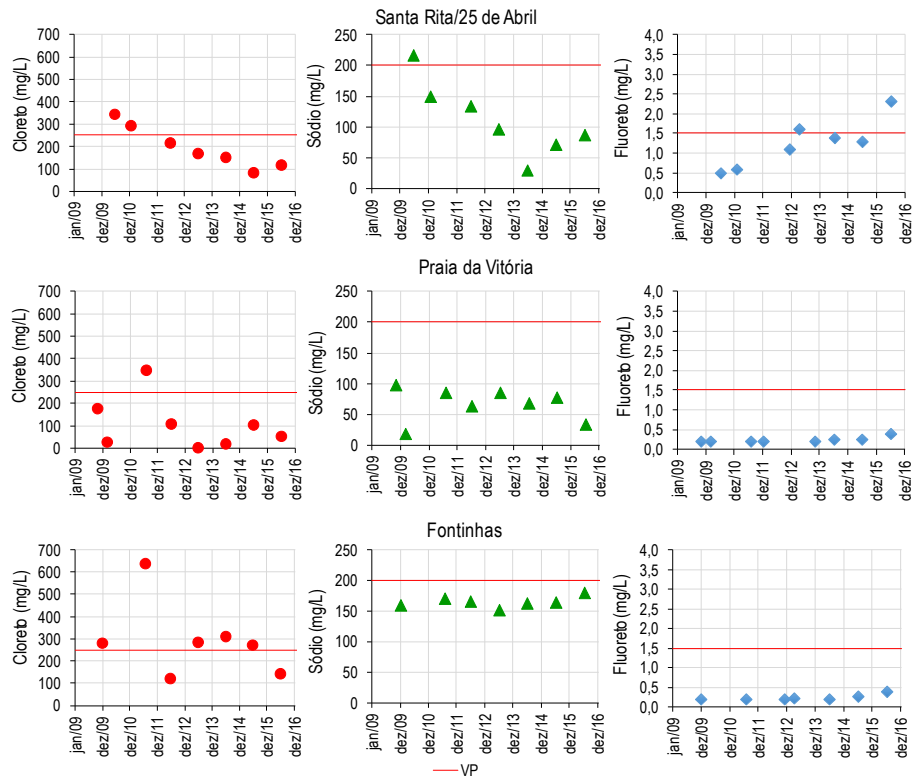


Figura 4.33 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA com incumprimentos de cloreto, sódio e fluoreto ou apenas de cloreto, em 2009-2016, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

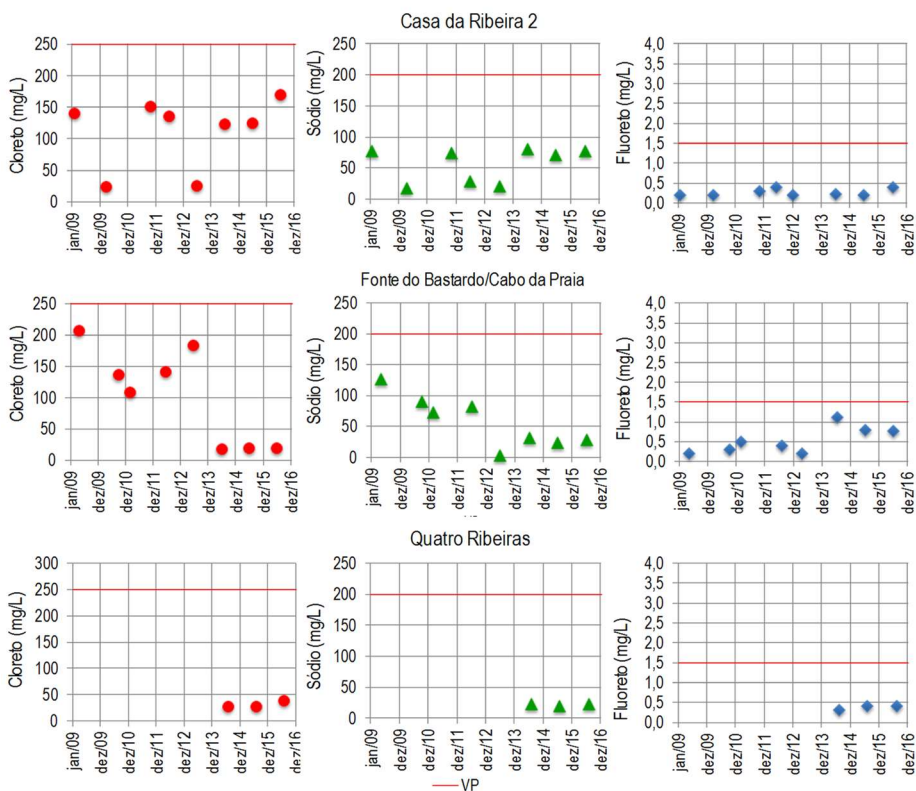


Figura 4.34 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA sem incumprimentos nestes parâmetros, em 2009-2016, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

De acordo com ERSARA (2017), em 2016, o único incumprimento nos parâmetros do controlo de inspeção neste concelho correspondeu ao fluoreto, com 40% de incumprimento.

Em termos gerais, a relação entre a qualidade da água nas origens e nas ZA permite concluir o seguinte:

- o teor em cloreto na água proveniente dos furos do Juncal (F4) e do Barreiro (F5), que abastecem os sistemas de Santa Rita/25 de Abril e Fontinhas, reflete-se na qualidade da água destas ZA, que apresentam incumprimentos neste parâmetro - os incumprimentos nas ZA apenas se verificaram em 2010 - início de 2011; a partir de 2012 deixaram de existir incumprimentos nas ZA, embora os valores de cloreto e sódio nas captações se mantivessem elevados;
- o teor em fluoreto na água proveniente das nascentes das Frechas, Burra, Gaiteros e Moinhos, que abastecem os sistemas de Biscoitos, Caparica de Biscoitos, Agualva, Vila Nova, São Brás, Lajes/Santa Luzia /Juncal e Santa Rita/25 de Abril, traduz-se no incumprimento do VP de fluoreto nestas ZA.

Relativamente à estimativa das perdas de água nos sistemas de abastecimento, a informação cedida pela EG indica o valor de 35% de perdas de água para todos os sistemas do concelho.

#### 4.3.3 Informação de outros estudos

Costa (2014) estudou os fatores que influenciam a variação do teor em fluoreto nas nascentes das Frechas, Burra, Gaiteros e Rolo dos Moinhos, assim como as consequências para a saúde pública decorrentes da ingestão desta água. Influenciadas pela composição dos maciços estruturais onde se localizam estas nascentes, as variáveis precipitação e tempo de retenção hidráulico (TRH) dos aquíferos parecem influenciar a variação anual do teor em fluoreto. Para avaliar a influência do TRH do aquífero na concentração em fluoreto, consideraram-se valores de um, dois e três meses, tendo-se obtido para este último uma aparente correlação entre estas duas variáveis. Na Figura 4.35 apresenta-se a variação da concentração em fluoreto na nascente das Frechas durante cinco anos (2008-2012) e a precipitação média mensal, considerando o tempo de retenção hidráulico do aquífero de três meses (*i.e.*, a concentração em fluoreto medida em fevereiro de 2008 corresponde à precipitação média diária dos três meses anteriores, obtida pela soma da precipitação mensal a dividir por 90).

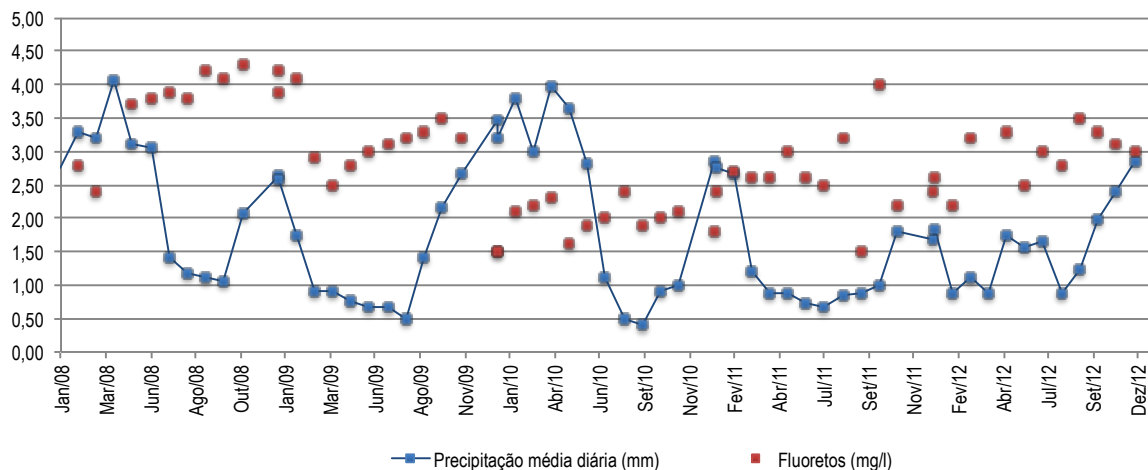


Figura 4.35 – Variação do teor em fluoreto da nascente das Frechas e da precipitação considerando um período de retenção hidráulico do aquífero de 3 meses (Costa, 2014)

Da análise da Figura 4.35 parece existir uma relação inversa entre precipitação e concentração em fluoreto, mais pronunciada nos anos 2008 e 2009 do que nos restantes. Em 2010, devido ao menor número de meses com baixas precipitações, o teor em fluoreto não subiu aos valores dos anos anteriores, não ultrapassando 2,5 mg/L. Os dados apresentados consistem numa abordagem exploratória da possível influência da precipitação e do tempo de retenção hidráulico no teor em fluoreto na nascente das Frechas.

A avaliação das consequências dos elevados teores em fluoreto na água para consumo humano nas ZA Agualva, Vila Nova e S. Brás foi realizada através de um rastreio de fluorose dentária realizado por profissionais de saúde na Escola Básica Integrada da Praia da Vitória, a 30 de setembro de 2013, a uma amostra de 56 crianças com idades entre 9 e 12 anos, residentes nas freguesias afetadas. Os resultados, expressos numa escala de 0 a 5, indicaram que 50% da amostra apresentava dentição normal, 25% questionável e os restantes 25% apresentavam algum grau de fluorose dentária (muito suave, suave, moderado ou severo), a maioria com um índice muito suave (16,1%), mas ainda assim 1,8% com índice severo.

## 4.4 Graciosa

### 4.4.1 Qualidade da água nas captações

A Figura 4.36 apresenta uma síntese da informação coligida relativamente ao sistema de abastecimento de água para consumo humano no concelho de Santa Cruz da Graciosa, único concelho da ilha Graciosa, e a Figura 4.38 representa os pontos com informação disponível sobre a qualidade dessa água.

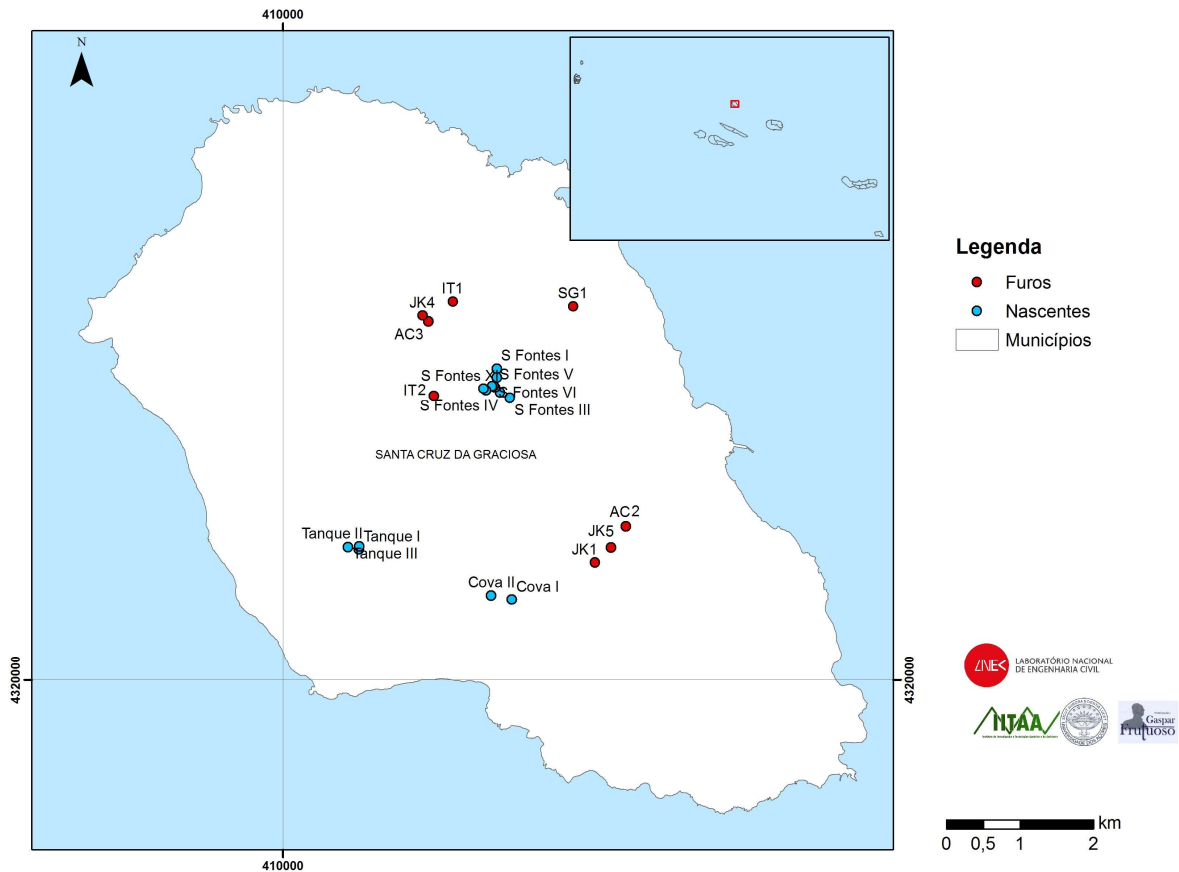


Figura 4.36 – Localização das captações de água para consumo humano na ilha Graciosa

Na Figura 4.37 mostram-se as diferentes ZA da ilha Graciosa. Como se pode observar, as ZA dispostas a norte não têm interligação com as ZA localizadas a sul, sendo impossível transferir água entre sistemas (confirmado em contacto telefónico com a Eng.<sup>a</sup> Lurdes Faustino).



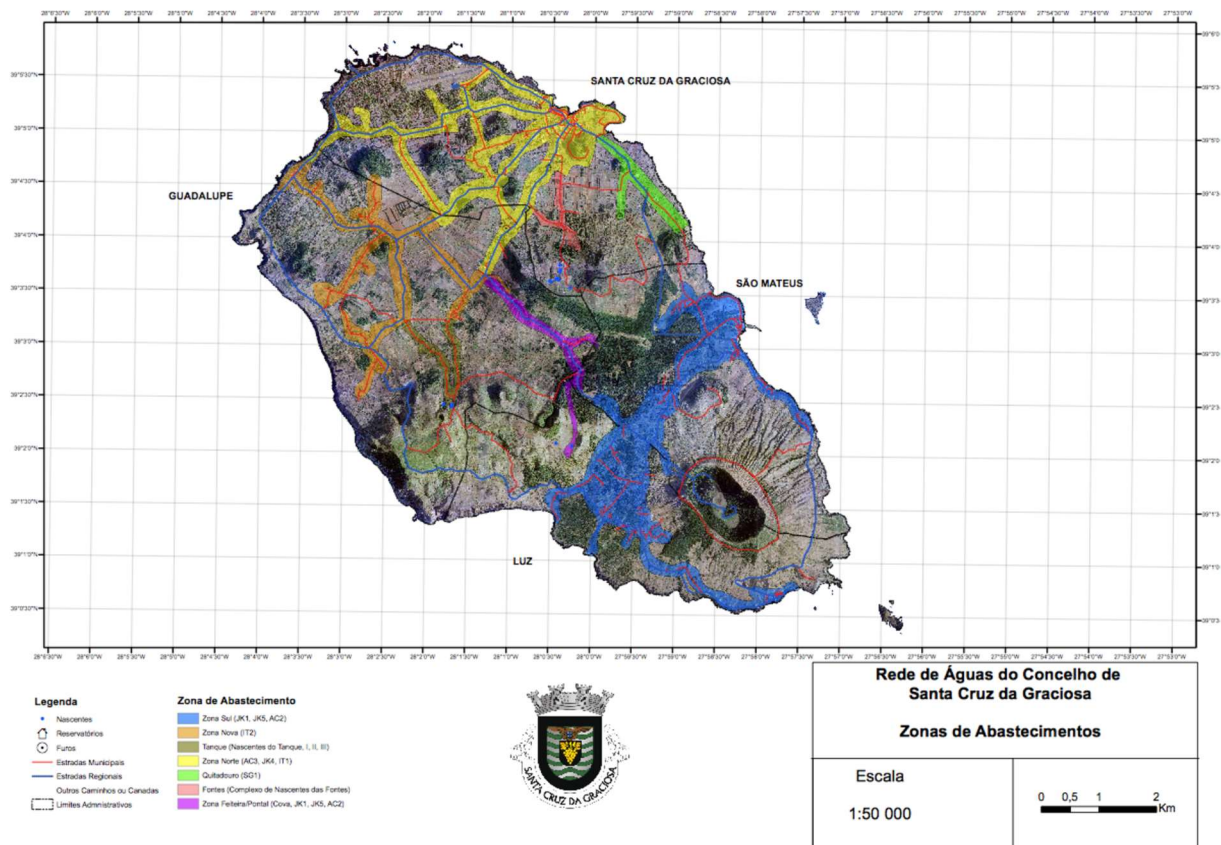


Figura 4.37 – Localização das captações e zonas de abastecimento na ilha Graciosa

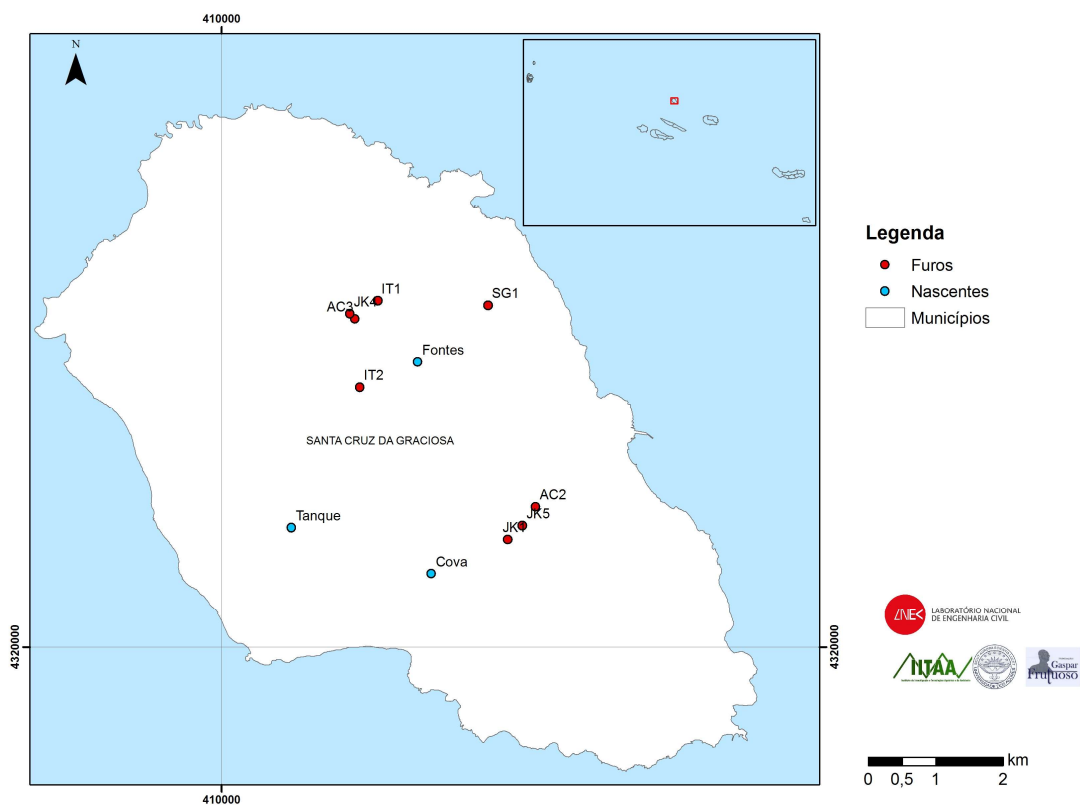


Figura 4.38 – Localização das captações com informação disponível sobre a qualidade da água em cloreto, sódio e fluoreto na ilha Graciosa

O Quadro 4.10 apresenta uma síntese da informação disponibilizada sobre a qualidade da água na ilha Graciosa relativamente às concentrações em cloreto e sódio, para os 11 pontos de água indicados na Figura 4.38, correspondentes a três grupos de nascentes e a oito furos.

Quadro 4.10 – Síntese da informação disponibilizada para os parâmetros cloreto e sódio nas captações de água na ilha Graciosa

Ponto de água	Abreviatura	N.º de amostras analisadas	1. <sup>a</sup> Amostragem	Última amostragem	N.º amostras com valores de	
					Cl	Na
<b>Furos no aquífero basal</b>						
AC2	AC2	5	01-01-2012	01-06-2016	5	5
AC3	AC3	10	17-06-2009	04-04-2017	10	10
IT1	IT1	10	17-06-2009	04-04-2017	10	9
IT2	IT2	4	01-01-2015	01-01-2017	4	4
JK1	JK1	12	17-06-2009	01-06-2017	10	12
JK4	JK4	4	01-01-2012	01-06-2014	4	4
JK5	JK5	5	01-01-2012	04-04-2017	5	5
SG1	SG1	5	01-06-2015	01-01-2017	5	4
<i>Totais</i>					53	53
<b>Nascentes</b>						
Cova	CVA	11	17-06-2009	04-04-2017	6	11
Fontes	FTE	9	17-06-2009	04-04-2017	5	9
Tanque	TNQ	11	17-06-2009	04-04-2017	7	11
<i>Totais</i>					18	31

Como já foi referido anteriormente, a rede de monitorização da qualidade da água subterrânea da DSRHOT não inclui o parâmetro fluoreto, pelo que não existem valores deste parâmetro para as captações indicadas no Quadro 4.10.

Da Figura 4.39 à Figura 4.42 apresentam-se os resultados obtidos para as concentrações em cloreto e em sódio na última década, entre 2009 e 2017. O Quadro 4.11 apresenta uma síntese da estatística dos resultados obtidos para a qualidade da água da ilha Graciosa.

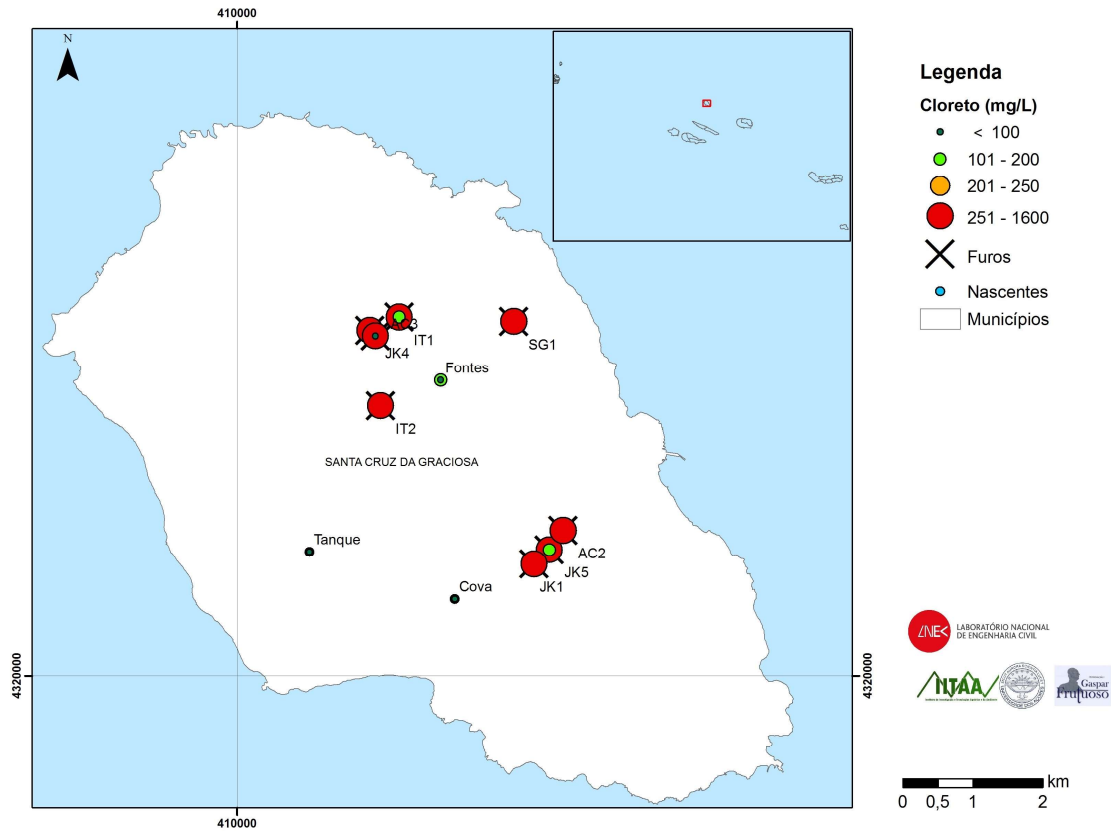


Figura 4.39 – Gamas de concentração em cloreto nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa

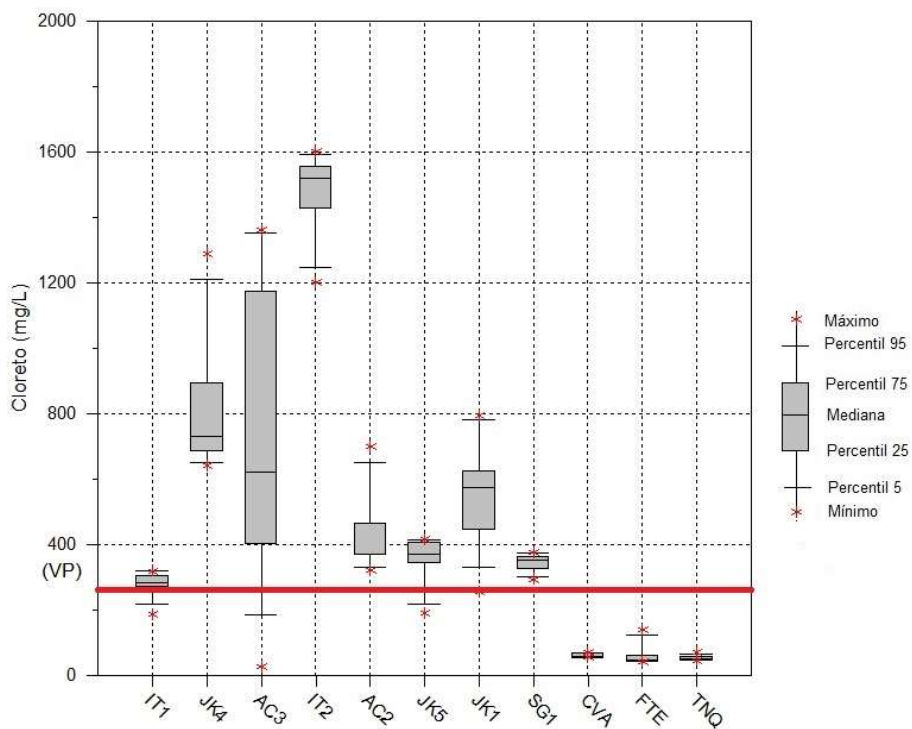


Figura 4.40 – Diagrama de *box-plot* das concentrações em cloreto nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa

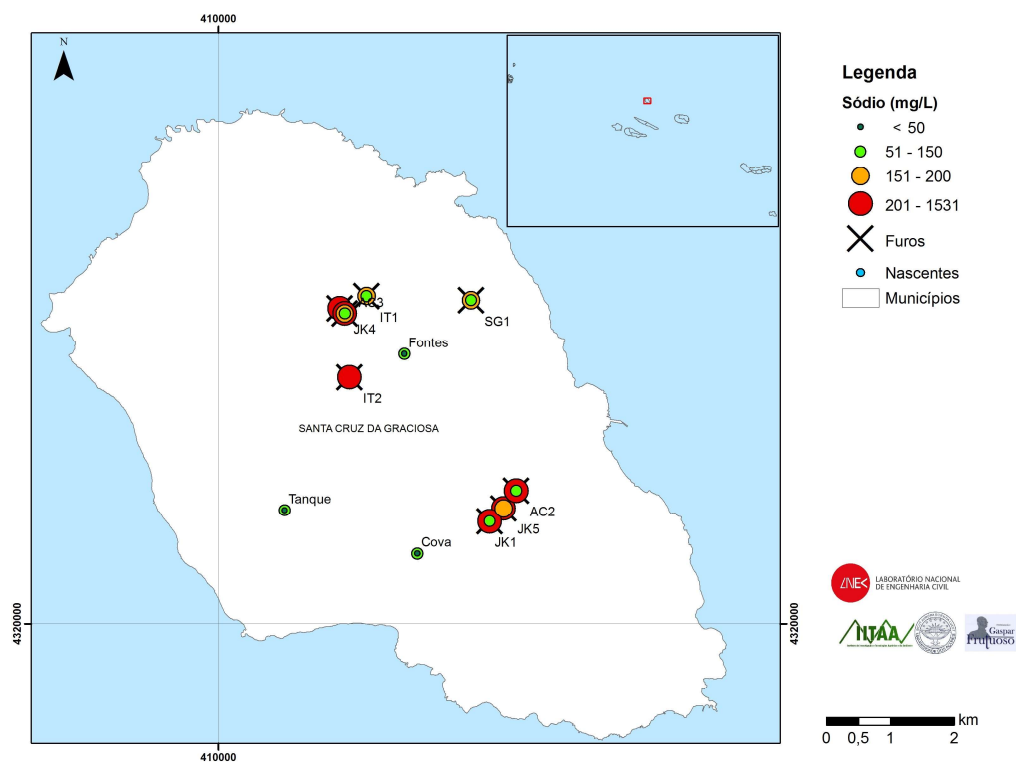


Figura 4.41 – Gamas de concentração em sódio nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa

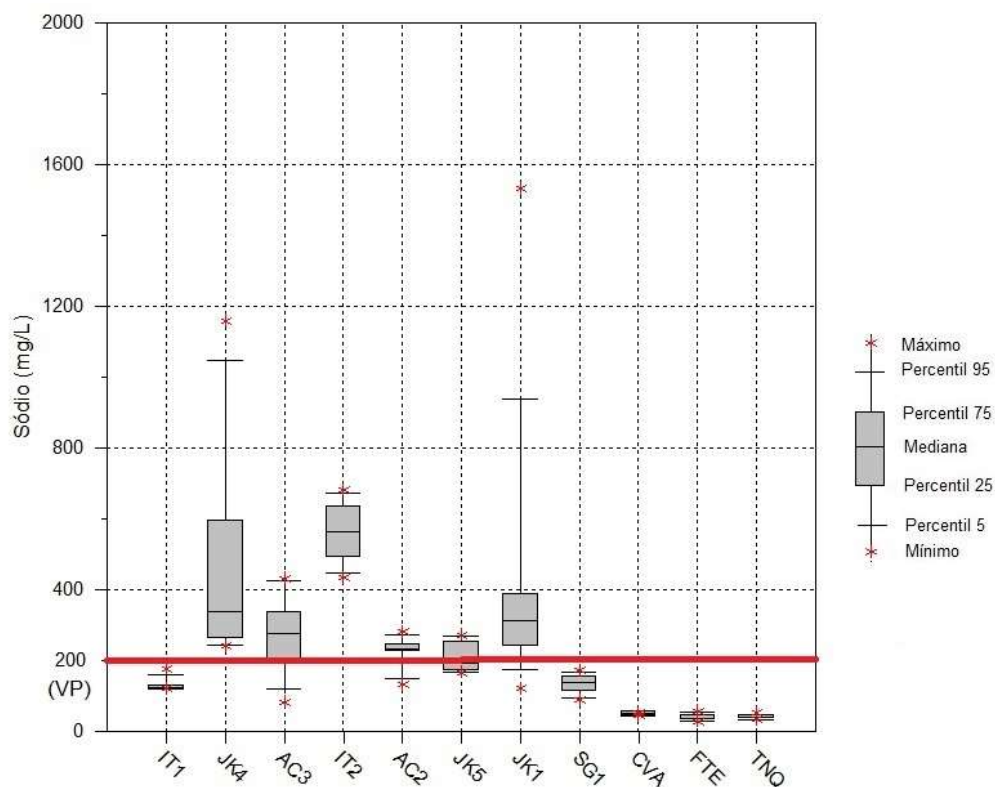


Figura 4.42 – Diagrama de *box-plot* das concentrações em sódio nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa

**Quadro 4.11 – Síntese dos parâmetros estatísticos relativos à qualidade da água em cloreto e sódio nas captações de água para consumo humano na ilha Graciosa**

Parâmetro	Unidade	N.º análises	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
<b>Furos no aquífero basal</b>						
Cl <sup>-</sup>	mg/L	53	24,1	1600,0	587,3	414,0
Na <sup>+</sup>	mg/L	53	81,8	1531,0	300,0	241,5
<b>Nascentes</b>						
Cl <sup>-</sup>	mg/L	18	41,0	138,0	57,2	54,0
Na <sup>+</sup>	mg/L	31	27,0	55,7	40,5	41,5

A análise das figuras e dos quadros relativos às concentrações em cloreto e em sódio permite verificar que:

- as concentrações em Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> são inferiores nas nascentes, com todas as análises abaixo do VP para o Cl<sup>-</sup> (Figura 4.40) e para o Na<sup>+</sup> (Figura 4.42);
- as concentrações em Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> nos furos apresentam variações assinaláveis ao longo do tempo, em especial de Cl<sup>-</sup> (Figura 4.40), que, na maioria dos furos, oscilam entre valores pontuais abaixo do VP e a maioria dos valores muito acima deste;
- o furo com maiores oscilações em cloreto é o AC3 (Figura 4.40);
- o furo IT2 é o que apresenta pior qualidade da água em cloreto (Figura 4.40) e sódio (Figura 4.42), com as medianas, percentis 25 e 75 mais elevados;
- do ponto de vista espacial (Figura 4.39, Figura 4.41) observa-se que as maiores concentrações surgem na zona central e norte da ilha, nos pontos IT2, AC3 e JK4, e as concentrações mais baixas nos furos JK1, JK5 e AC2, localizados a SE e na Unidade do Vulcão Central.

Atendendo aos resultados obtidos e à boa correlação entre estes dois iões (Figura 4.43) é possível que a presença de Cl<sup>-</sup> e de Na<sup>+</sup> se deva a um processo de intrusão marinha resultante de uma ou mais das seguintes condições, decorrentes das características do próprio furo ou do processo de extração de águas subterrâneas:

- 1) a posição dos ralos estar muito abaixo da cota 0 (assumiu-se o valor abaixo de -6 m);
- 2) a cota do nível hidrodinâmico estar abaixo da cota 0 do nível do mar (*i.e.* 0 m); ou
- 3) os caudais de extração serem superiores ao recomendado.

No Quadro 4.12 apresenta-se uma síntese da análise efetuada sobre estes aspetos, assinalando a rosa as células cujos valores se encontram numa das condições acima referidas. O resultado dessa análise revela-se inconclusivo na medida em que nos pontos com maiores concentrações (*e.g.*, JK4 e IT2) não foi possível calcular algumas das condições atrás mencionadas (*e.g.*, caudal de extração) e há pontos com menores problemas de qualidade que apresentam condições desfavoráveis (*e.g.*, JK1).

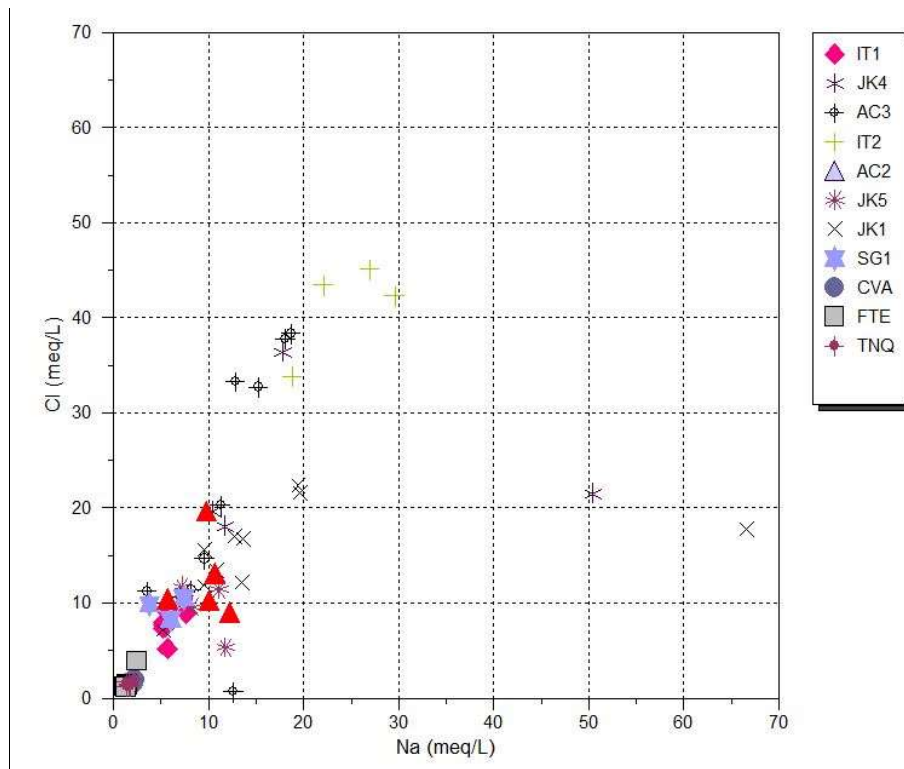


Figura 4.43 – Correlação cloreto-sódio em furos da ilha Graciosa

Na Figura 4.44 e Figura 4.45 apresenta-se a evolução temporal da concentração em cloreto e sódio com os volumes mensais extraídos nos furos. Ao contrário dos registos apresentados nas secções anteriores, a Câmara Municipal de Santa Cruz da Graciosa disponibilizou os volumes mensais extraídos nos furos de captação de água para consumo humano no período de 2009 a 2016 (a partir de setembro de 2013, os volumes extraídos são apresentados em ano hidrológico, verificando-se registos contraditórios na passagem do ano civil para o ano hidrológico). Os meses sem registo foram considerados sem informação, mesmo quando apresentando o valor de zero. Relativamente às concentrações, as figuras seguintes apresentam apenas os valores com mês e ano associado, que neste caso correspondem à qualidade da água nos furos AC3, IT1, JK1, JK5. Os furos AC2, IT2, JK4 e SG1, cuja informação foi cedida pela EG, possuem dados de concentração em cloreto e sódio, mas apenas com indicação do ano a que respeitam, o que é insuficiente para a análise mensal que se pretende realizar.

Quadro 4.12 – Análise interpretativa das características dos furos na ilha Graciosa

Furo	AC2_Graciosa	AC3_Graciosa	IT1_Graciosa	IT2_Graciosa	JK1_Graciosa	JK4_Graciosa	JK5_Graciosa	SG1_Graciosa
Referência SIG	AC2	AC3	IT1	IT2	JK1	JK4	JK5	SG1
M	414652,94	411974,40	412311,97	412048,19	414241,59	411897,41	414456,92	413946,55
P	4322080,92	4324867,80	4325136,06	4323860,42	4321598,09	4324946,31	4321802,49	4325071,57
Cota da boca do furo (m)	95,5	69,2	74,0	104,5	110,8	66,0	107,0	150,0
Profundidade dos ralos (m) (AHA/DRA, 2015)	94,00-96,00	71,00-76,00	67,92-79,45	98,40-110,00	110,0-119,0	64,80-67,80	107,13-115,65	-
Profundidade último ralo (m) (AHA/DRA, 2015)	96	76	79,45	110	119	67,8	115,65	-
Cota último ralo (m)	-0,5	-6,8	-5,5	-5,5	-8,2	-1,8	-8,7	-
Profundidade do furo (m)	99	-	80	110	121	-	109,86	158
Profundidade do furo (m) (AHA/DRA, 2015)	100,6	79,2	80	100	121,24	71	117,7	-
Cota base do furo (m)	-5,1	-10,0	-6,0	4,5	-10,4	-5,0	-10,7	-
Cota base do furo (m) (AHA/DRA, 2015)	-3,5	-	-6,0	-5,5	-10,2	-	-2,9	-8,0
NHE (m)	93,20	67,55	73,30	104,82	109,63	64,30	106,25	-
NHD (m)	93,27	67,59	73,46	104,97	109,66	64,35	106,29	-
Cota NHD (m)	2,23	1,61	0,54	-0,47	1,14	1,65	0,71	-
Transmissividade (m <sup>2</sup> /s)	2,69E-02	2,35E-01	3,81E-02	4,07E-02	3,25E-01	1,10E-02	2,17E-01	-
Caudal específico (L/s·m)*	142,86	192,50	31,25	33,33	266,67	200,00	177,50	-
Espessura da camada (m)	2,00	5,00	11,53	11,60	9,00	3,00	8,52	-
K (m/s)	1,35E-02	4,70E-02	3,31E-03	3,51E-03	3,61E-02	3,65E-02	2,54E-02	-
Caudal de exploração recomendado (m <sup>3</sup> /h)	36	36	36	36	36	36	36	36
Ano (construção)	1980	1981	1993	1993	1969	1969	1963	2014
Q médio (m <sup>3</sup> /h)	42,6	20,2	28,0	-	41,9	-	-	36,0

Nota:

A rosa estão as células cujos valores se encontram numa das condições:

- 1) a posição dos ralos está muito abaixo do nível do mar (assumiu-se o valor abaixo de -6 m);
- 2) a cota do nível hidrodinâmico está abaixo do nível do mar (*i.e.* 0 m); ou
- 3) os caudais de extração são superiores ao recomendado.

A vermelho estão os cálculos efetuados com base na informação disponibilizada.

Os furos AC2, JK5 e JK1, apresentados na Figura 4.44, dispõem-se na base das vertentes N do maciço da Caldeira, captando o aquífero basal. Para este conjunto de furos, foram disponibilizados dados de qualidade para o furo JK1(desde 2009) e para o furo JK5 (desde 2015),. Da análise da Figura 4.44 pode verificar-se o seguinte:

- a extração nos três furos é complementar, sobretudo nos JK1 e AC2, os quais, no seu conjunto, não excederam 40000 m<sup>3</sup>/mês;
- no furo JK5 no período mais recente (2014-2016), as extrações não ultrapassaram 5000 m<sup>3</sup>/mês (em 2012, chegou a 18400 m<sup>3</sup>/mês em maio), circunscrevendo-se praticamente ao período estival (só em 2015 houve extração fora do verão), provavelmente para responder a consumos mais elevados;
- no furo JK1, nas seis monitorizações efetuadas, os valores de cloreto ultrapassaram o VP cinco vezes e igualaram-no uma vez; os registos de sódio estiveram sempre acima do VP;
- no furo JK5 os teores de sódio e cloreto são elevados, ultrapassando o VP em outubro de 2015. Este facto tem particular significado, dado o valor diminuto dos volumes captados neste mês.

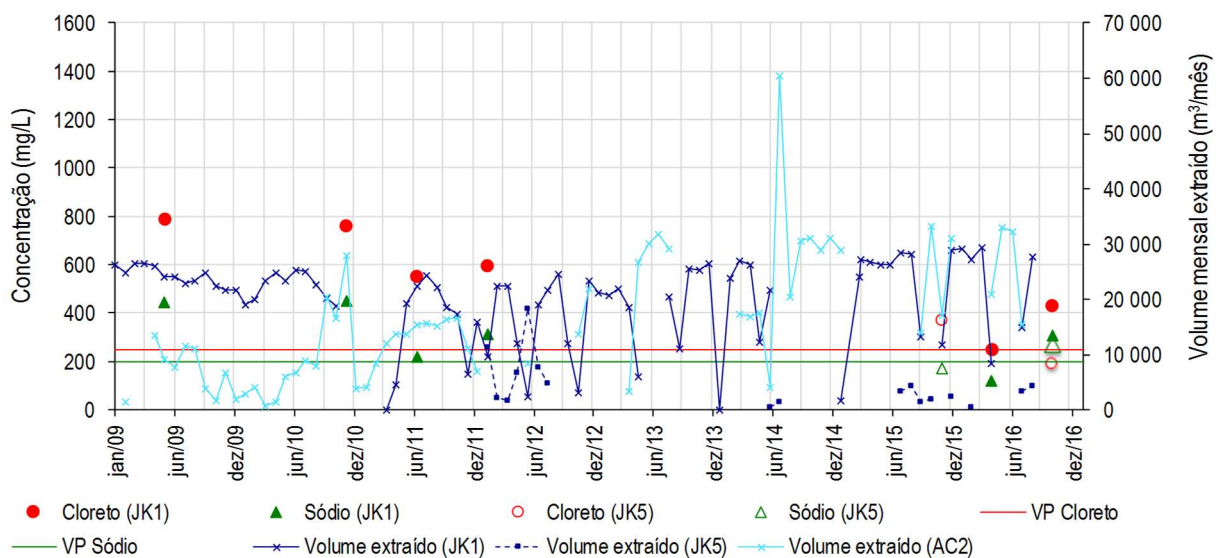


Figura 4.44 – Concentração em cloreto e em sódio nos furos JK1 e JK5 e volumes mensais extraídos nos furos JK1, JK5 e AC2 em 2009-2016, na ilha Graciosa

O facto de apenas existirem quatro medições dos teores em sódio e cloreto e de não existirem dados sobre os caudais a partir de setembro 2016, não permite estabelecer uma relação clara entre o volume de água extraído e a concentração destes iões.

A avaliação dos fenómenos de salinização nestes furos é, portanto, incompleta; contudo, o facto de grande parte das concentrações destes iões ser elevada, acima dos valores paramétricos, indicia processos de salinização acentuados, facto que está relacionado com as causas referidas no Quadro 4.13, onde, além dos fatores já considerados nas ilhas anteriormente analisadas, se salienta o facto



destes furos estarem concentrados numa área restrita, com sensivelmente 600 m de diâmetro, potenciando um único efeito cone (*upconing effect*) na massa de água basal.

Quadro 4.13 – Grau e possíveis causas da salinização em furos na ilha Graciosa

Furo	Salinização mediana	Extração elevada	Extração prolongada	Permeabilidade formações	Tectónica local	Efeito de cone
AC2	+++	S	S	S	N	S
AC3	++++	S	S	S	N	S
IT1	+++	S	S	S	N	S
IT2	++++	S	S	S	S	S
JK1	++++	S	S	S	N	S
JK4	++++	S	S	S	N	S
JK5	+++	S	S	S	N	S
SG1	+++	S	S	S	N	S

Nota: S: Sim; N: Não

+ mediana de cloreto < 100 mg/L

++ mediana de cloreto 100-250 mg/L

+++ mediana de cloreto 250-500 mg/L

++++ mediana de cloreto > 500 mg/L

Os furos AC3, IT1 e JK4 dispõem-se na plataforma de Santa Cruz, captando o aquífero basal. A Figura 4.45 mostra a variação dos volumes mensais extraídos e das concentrações em cloreto e sódio nestas captações. Como se pode observar no período 2009-2013, o furo JK4 foi a captação mais usada, sendo o AC3 especialmente usado na primavera-verão. De dezembro de 2011 a maio de 2012 e de junho a dezembro de 2013, houve uma inversão deste comportamento, sendo o AC3 mais usado do que o JK4. Em agosto de 2013, o furo IT1 entrou em funcionamento e foi a captação mais usada até meados de 2014, altura em que o JK4 passou a ter extrações equiparáveis à do IT1. Em 2016, os volumes mensais extraídos no furo JK4 diminuíram tendo essa diminuição sido compensada pelo aumento da extração no furo IT1, que passou a ser da ordem dos 20000 m<sup>3</sup>/mês. Este aumento nos volumes mensais extraídos não se refletiu num aumento dos teores em cloreto e sódio no furo IT1.

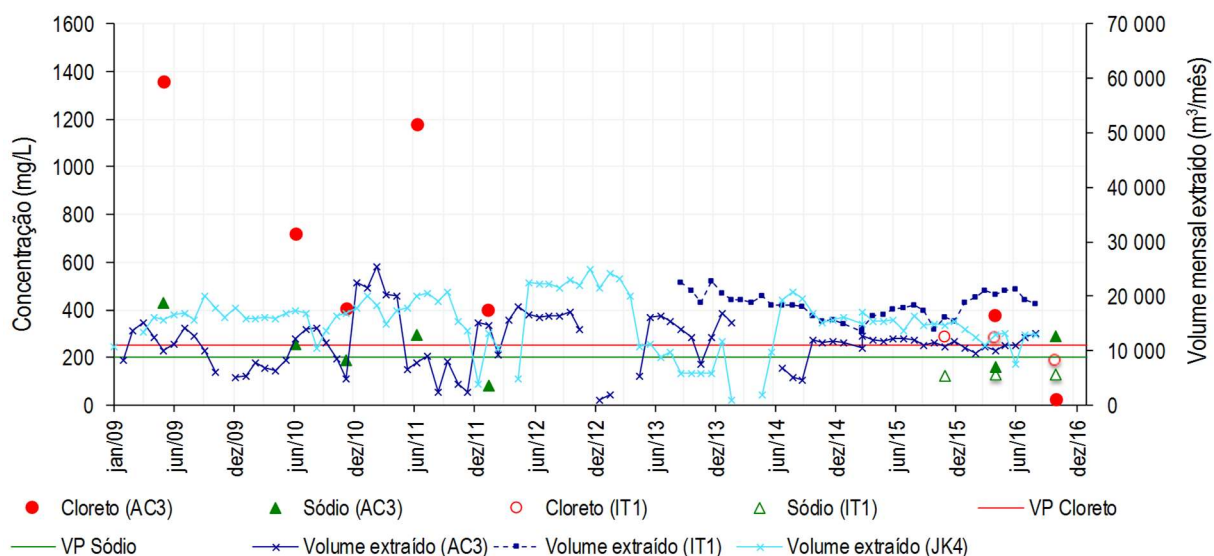


Figura 4.45 – Concentração em cloreto e em sódio e caudais mensais nos furos AC3, IT1 e JK4, em 2009-2016, na ilha Graciosa

Não foram disponibilizados dados referentes aos teores em sódio e cloreto na água captada no furo JK4.

Na Figura 4.45 mostra-se a variação da concentração em cloreto e sódio nestas captações em função dos caudais mensais, nos períodos 2009-2012 e 2015-2016. Da sua análise pode concluir-se o seguinte:

- as concentrações em cloreto são superiores ao valor paramétrico em todas as monitorizações efetuadas (o cloreto apresentou o valor 24,1 mg/L em outubro de 2016, porém foi desvalorizado devido à sua discrepância relativamente ao histórico desta captação);
- no furo AC3 os teores em cloreto são muito elevados, oscilando entre 378 mg/L e 1360 mg/L, indiciando processos de salinização muito acentuados;
- não existe uma correlação clara entre o teor em cloreto e os volumes extraídos, facto que poderá estar associado à influência de outras captações na proximidade (IT1 e JK4), indutoras de efeitos de cone próximos, passíveis de se intercetarem ou fundirem.

No ano de 2010, uma redução do caudal após um período de exploração contínuo de quatro meses, levou a uma diminuição no teor em sódio e cloreto. Este aspeto parece sugerir que períodos de exploração mais curtos e de menor caudal conduzem a menores concentrações destes iões. De facto, os dados disponíveis mostram uma melhoria da qualidade global da água captada – no furo AC3 a qualidade da água manteve-se ou melhorou, mas não se registaram mais valores acima de 400 mg/L e no furo IT1 o cloreto manteve-se próximo do VP (ligeiramente acima ou ligeiramente abaixo) e o sódio ficou sempre abaixo do VP.

Para os furos IT2 e SG1 não foram disponibilizados dados de caudal, pelo que se apresenta na Figura 4.46 apenas as concentrações disponíveis dos iões cloreto e sódio.

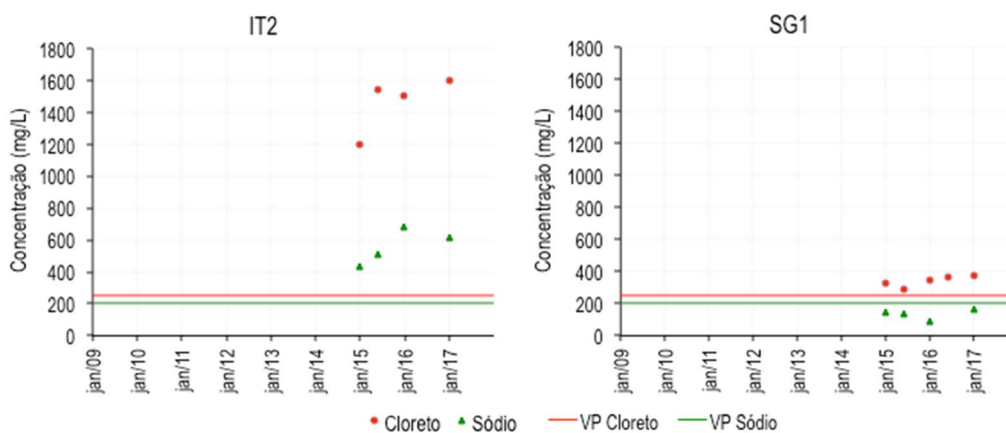


Figura 4.46 – Concentração em cloreto e em sódio nos furos IT2 e SG1, em 2015-2016, na ilha Graciosa

Como se pode observar, os teores de cloreto em ambos os furos situam-se acima do VP, indiciando processos de salinização muito acentuados, sobretudo no furo IT2.

#### 4.4.2 Qualidade da água nas zonas de abastecimento

No Quadro 4.14 apresentam-se as captações de água associadas a cada uma das sete zonas de abastecimento do concelho de Santa Cruz da Graciosa e os incumprimentos relativamente ao cloreto, sódio e fluoreto, no período compreendido entre 2009 e 2016.

**Quadro 4.14 – Zonas de abastecimento, captações de água, população abastecida e incumprimentos em cloreto, sódio e fluoreto na ilha Graciosa**

Zonas de abastecimento	População servida		Incumprimentos dos PCQA nas ZA em 2009-2016			Captações de água associadas a cada ZA		
	(hab.)	(%)	Cloreto	Sódio	Fluoreto	Designação	Abrev.	Tipo
Zona Sul	1669	38	X	X	-	Trás Pomares Pedra Branca ou Praia	JK1	Furo
						Trás Pomares ou Praia	JK5	Furo
						Trás Pomares ou Fonte do Mato	AC2	Furo
Feteira/Pontal						Nascente da Cova I	CVA	Nasc.
						JK1, JK5, AC2	-	Furo
Zona Nova Tanque	946	22	X	X	-	Pontal	IT2	Furo
Zona Norte	1736	40	X	X	-	Nascentes Tanque I a III	TNQ	Nasc.
						Poço Velho	JK4	Furo
						Covas	IT1	Furo
Fontes						Poço Velho ou Galinhas	AC3	Furo
						Nascentes da Serra das Fontes I a IX	FTE	Nasc.
Quitadouro	40	1	X	-	-	Canada da Rosa	SG1	Furo

Da análise do Quadro 4.14 verifica-se o seguinte:

- todos os sistemas de abastecimento existentes dependem de águas subterrâneas, captadas através de nascentes e de furos;
- nenhuma das ZA é alimentada exclusivamente a partir de nascentes, mas sim de mistura destas com água de furos;
- em termos de teores em cloreto e em sódio, a água proveniente dos furos apresenta incumprimentos generalizados, indiciando processos de salinização do aquífero basal;
- em termos de fluoreto, não se verificam incumprimentos.

Na Figura 4.47 a Figura 4.50 apresentam-se os teores em cloreto, sódio e fluoreto na água de abastecimento do concelho de Santa Cruz da Graciosa, para as ZA associadas em termos de população servida (Quadro 4.14) e por ordem decrescente de população servida.

No período entre 2009 e 2016 verificaram-se incumprimentos de cloreto e sódio em todas as ZA do concelho de Santa Cruz da Graciosa, com exceção da ZA Quitadouro que não registou incumprimento em sódio nos dois anos monitorizados (2015 e 2016). Em todas as ZA da ilha Graciosa, não se registaram concentrações de fluoreto superiores a 0,4 mg/L.

Analisando a Figura 4.47 e a Figura 4.48 pode verificar-se que a ZA Sul e a ZA Norte registaram um decréscimo do teor em cloreto entre 2009-2011 (ZA Sul) ou 2009-2012 (ZA Norte), em que se

registaram concentrações de cloreto que atingiram 1000 mg/L, e os anos posteriores, com teores abaixo de 400 mg/L.

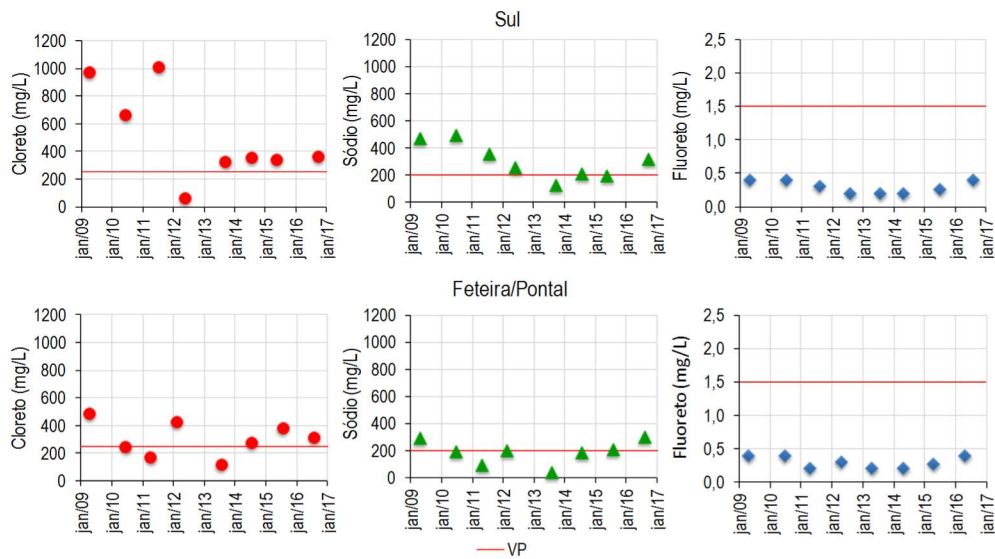


Figura 4.47 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto nas ZA Sul e Feteira/Pontal, em 2009-2016, na ilha Graciosa

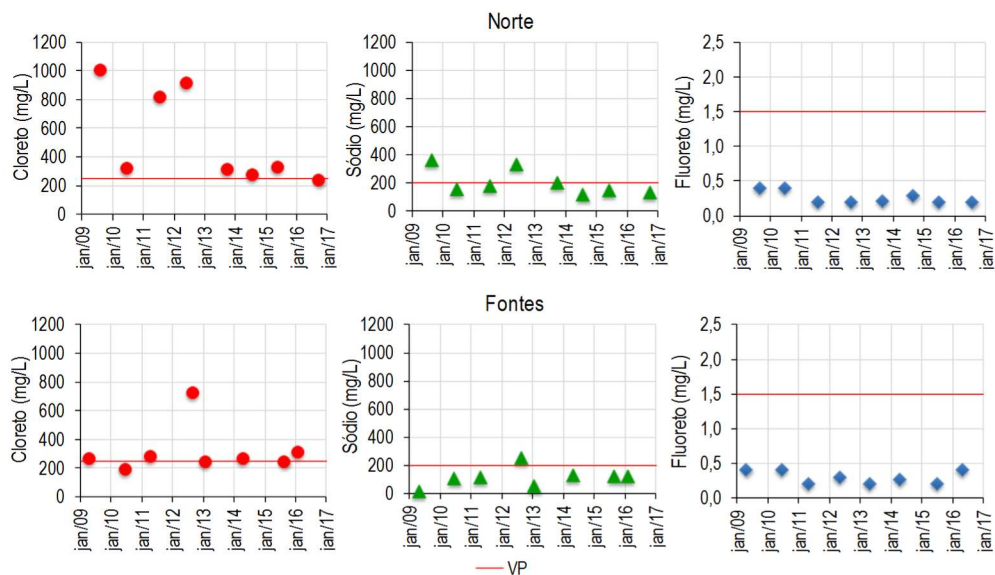


Figura 4.48 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto nas ZA Norte e Fontes, em 2009-2016, na ilha Graciosa

Por outro lado, as ZA Feteira/Pontal (Figura 4.47) e Fontes (Figura 4.48) apresentaram menores teores em cloreto e sódio, dado serem abastecidas por mistura de água de nascente e furo, no caso de ZA Feteira/Pontal e apenas por água de nascente, no caso da ZA Fontes. Aliás, o valor de cloreto (721 mg/L) e o valor de sódio (256 mg/L) registados nesta ZA em 2012 não correspondem à qualidade esperada de água de nascente, podendo significar ter ocorrido alguma mistura com água de furo neste ano.

A ZA com pior qualidade em termos de cloreto e de sódio é a Zona Nova, que, em conjunto com a ZA Tanque, abastece 22% da população da ilha. Nesta ZA, ao contrário do observado nas ZA Sul e ZA Norte, as concentrações em cloreto atingiram os valores mais elevados, 1600 mg/L e 1400 mg/L, nos dois últimos anos (2015 e 2016). Estes valores parecem ser justificados pelas elevadas concentrações em cloreto e sódio registados no furo IT2 (Pontal) (Figura 4.46), única captação que abastece esta ZA, e que apresentou valores máximos e mínimos de cloreto de 1600 mg/L e 1200 mg/L, no período em estudo (Figura 4.40).

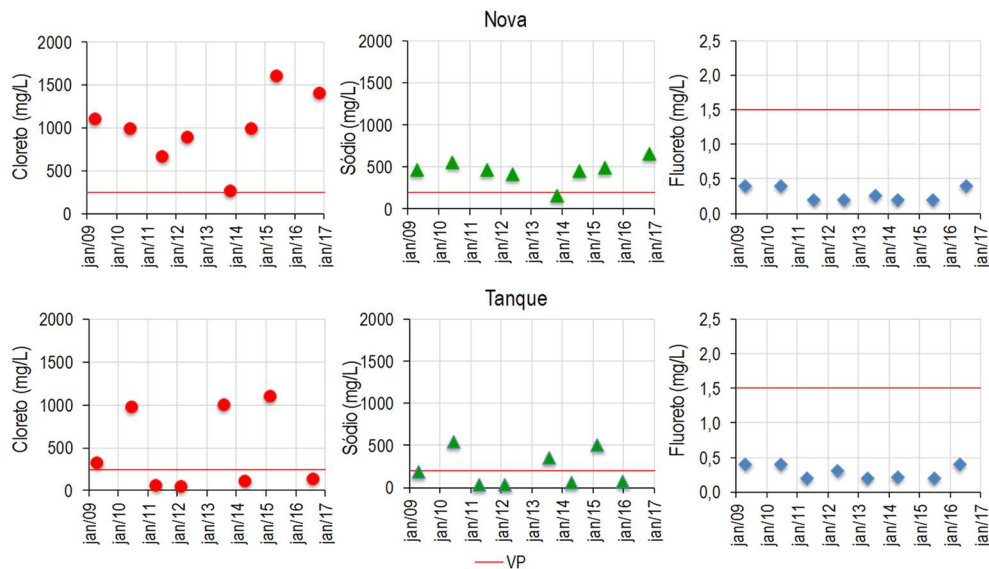


Figura 4.49 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto nas ZA Nova e Tanque, em 2009-2016, na ilha Graciosa

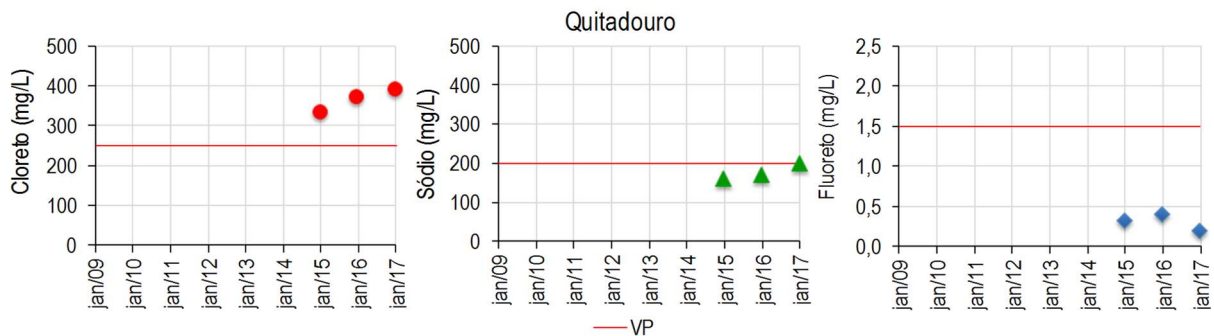


Figura 4.50 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto na ZA Quitadouro, em 2015-2016, na ilha Graciosa

A ZA Quitadouro é a mais recente do concelho, com monitorização iniciada em 2015. Como referido anteriormente, é a única ZA onde não se verifica incumprimento do VP de sódio, verificando-se também que a concentração em cloreto não excedeu 390 mg/L, valores concordantes com os valores registados no furo SG1 (Figura 4.46), única captação que abastece esta ZA.

Segundo estimativas da EG, para cada um dos anos entre 2009 e 2016, a água não faturada, que resulta da diferença entre os volumes extraídos e os faturados, variou entre 71% e 63%, sendo 70% em 2016. Na estimativa de água não faturada incluem-se os consumos próprios e a água entregue à agricultura em reservatórios de abastecimento.

### 4.4.3 Informação de outros estudos

A salinização é um dos principais fatores que condiciona a exploração dos aquíferos basais insulares. Este facto é particularmente importante na Graciosa onde a maior parte das reservas hídricas se acumulam nessa formação aquífera e a água proveniente dos aquíferos suspensos é diminuta.

Segundo Cruz *et al.* (2017), na ilha Graciosa mais de dois terços dos furos de captação apresentam água com condutividades elétricas e teores em cloreto acima dos valores paramétricos. Estes autores, baseados no estudo hidroquímico e isotópico ( $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$  e  $^{87}\text{Sr}$ ) de águas provenientes de captações basais, postulam que a salinização deste aquífero se deve a fenómenos de intrusão salina associados à exploração, os quais são potenciados: i) pela pequena espessura da franja costeira da massa hídrica basal, onde se localizam os furos de captação; ii) pelas oscilações diárias induzidas pela maré (Cruz e Silva 2001; Cruz *et al.*, 2011); iii) pela elevada permeabilidade das formações rochosas lávicas e iv) por fatores de ordem antropogénica associados à distribuição geográfica das captações, às técnicas de perfuração utilizadas e à gestão das extrações. Neste trabalho, estes autores concluem que a captação das águas subterrâneas basais nesta ilha deve ser cuidadosamente gerida, monitorizando-se as extrações, os níveis piezométricos e traçadores hidrogeoquímicos conservativos como o teor em cloreto.

## 4.5 Pico

### 4.5.1 Qualidade da água nas captações

A Figura 4.51 apresenta uma síntese da informação coligida para o sistema de abastecimento de água para consumo humano na ilha do Pico (no três concelhos que a constituem) e a Figura 4.52 representa os pontos com informação disponível sobre a qualidade dessa água.

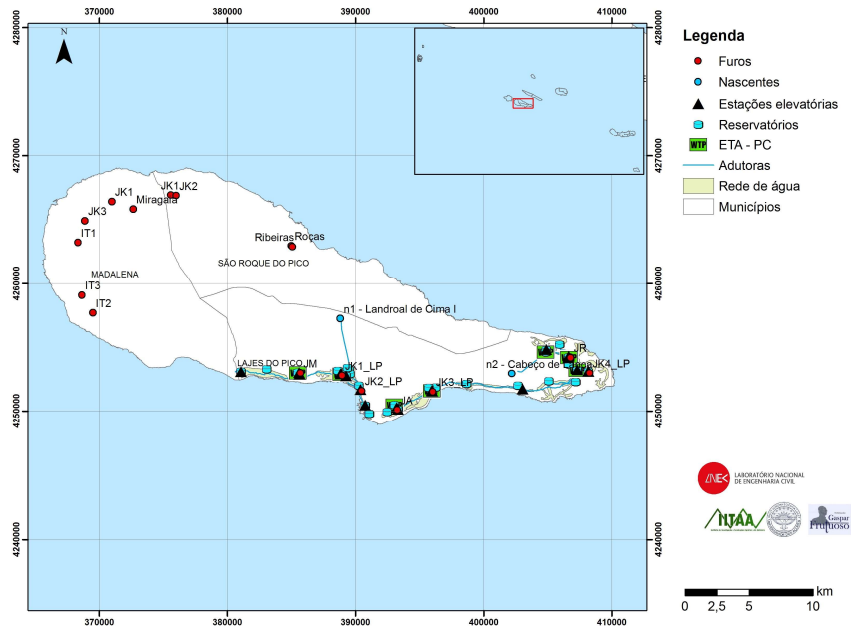


Figura 4.51 – Localização das captações de água para consumo humano na ilha do Pico

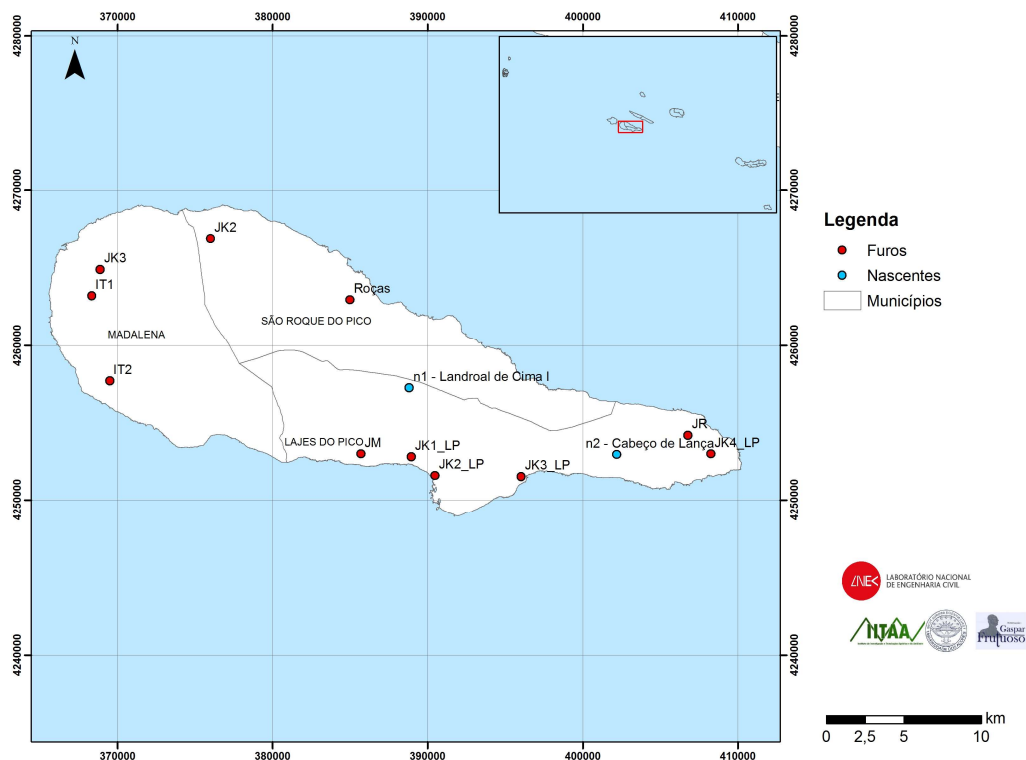


Figura 4.52 – Localização das captações com informação disponível sobre a qualidade da água em cloreto e sódio na ilha do Pico

O Quadro 4.15 apresenta uma síntese da informação disponibilizada sobre a qualidade da água na ilha do Pico relativamente às concentrações em cloreto e sódio, para os 13 pontos de água indicados na Figura 4.52, correspondentes a 11 furos e a dois grupos de nascentes. Não foram disponibilizados dados sobre concentrações em fluoreto.

Quadro 4.15 – Síntese da informação disponibilizada para os parâmetros cloreto e sódio nas captações de água, na ilha do Pico

Ponto de água	Abreviatura	Concelho	N.º de amostras analisadas	1. <sup>a</sup> Amostragem	Última amostragem	N.º amostras com valores de		
							Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>
<b>Furos no aquífero basal</b>								
JK2	JK2	São Roque do Pico	12	27-03-2009	19-04-2017	12	12	
Roças e Ribeira	Roças		3	28-04-2014	30-04-2014	3	3	
IT1 (Criação Velha)	IT1	Madalena	11	27-03-2009	18-04-2017	11	11	
IT2 (Mirateca)	IT2		12	27-03-2009	18-04-2017	12	12	
JK3 (Bicadas)	JK3		11	29-07-2009	18-04-2017	11	11	
JM	JM	Lajes do Pico	5	28-04-2014	01-12-2014	5	5	
JK1_Lajes do Pico	JK1_LP		6	24-02-2014	01-12-2014	6	6	
JK2_Lajes do Pico	JK2_LP		18	27-03-2009	10-04-2017	18	18	
JK3_Lajes do Pico	JK3_LP		14	27-03-2009	10-04-2017	14	14	
JK4_Lajes do Pico	JK4_LP		18	23-03-2009	10-04-2017	18	18	
JR	JR	6	24-02-2014	01-12-2014	6	6		
<i>Totais</i>						116	116	
<b>Nascentes</b>								
n1 - Landroal de Cima I	n1-LCI		11	29-07-2009	11-04-2017	6	11	
n2 - Cabeço de Lança	n2-CIça		11	29-07-2009	11-04-2017	6	11	
<i>Totais</i>						12	22	



Da Figura 4.53 à Figura 4.56 apresentam-se os resultados obtidos para as concentrações em cloreto e sódio na última década, entre 2009 e 2017.

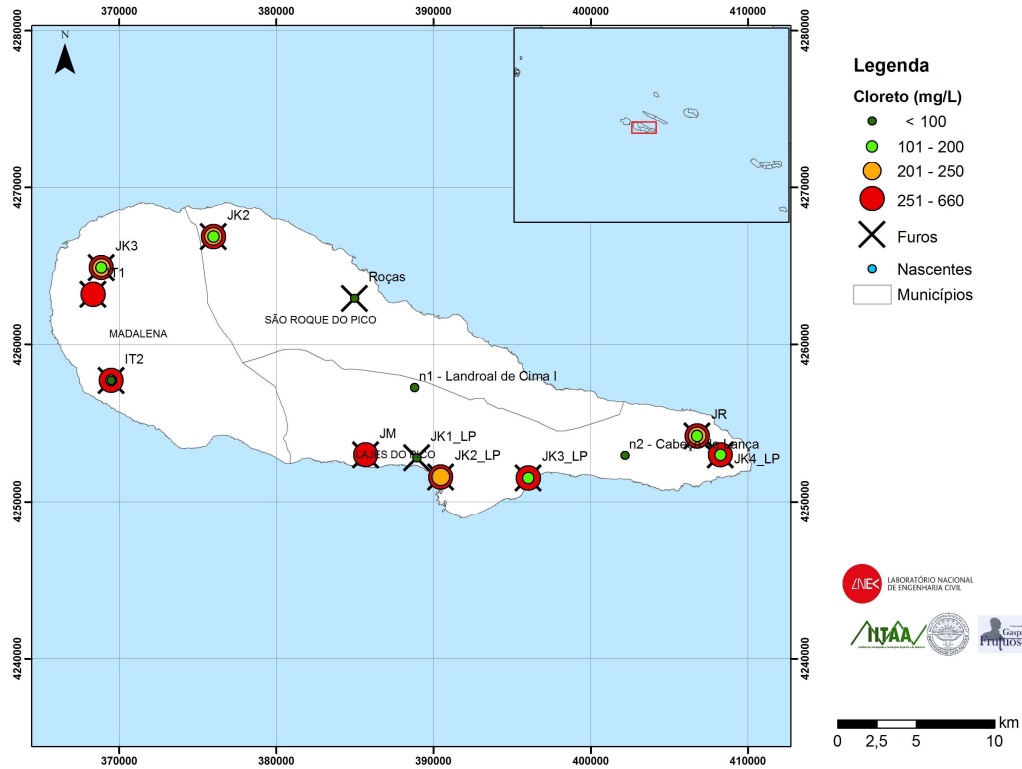


Figura 4.53 – Gamas de concentração em cloreto nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico

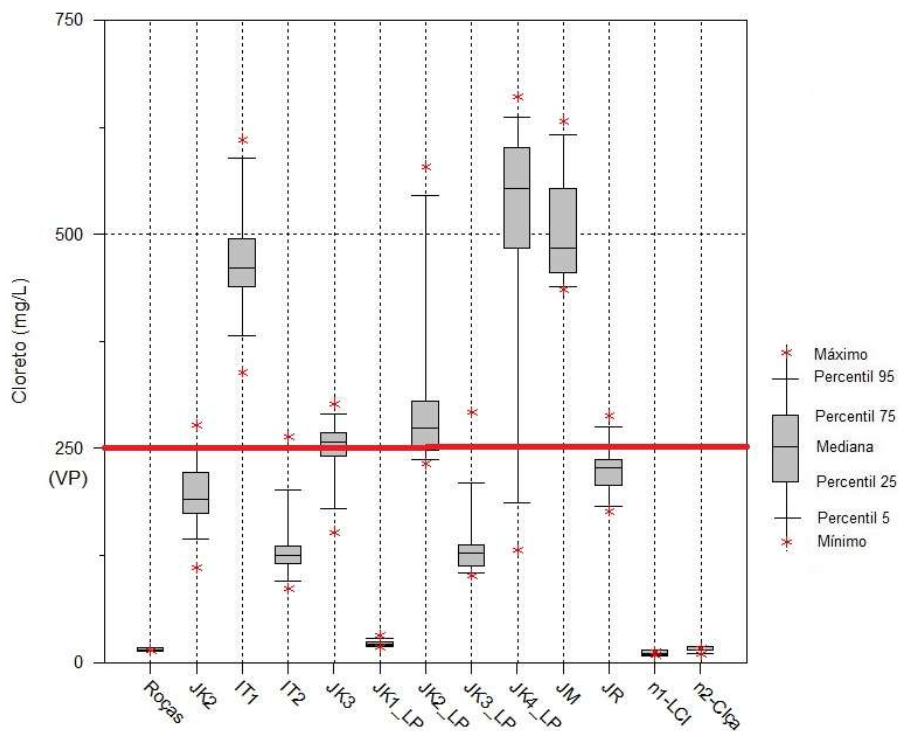


Figura 4.54 – Diagrama de *box-plot* das concentrações em cloreto nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico



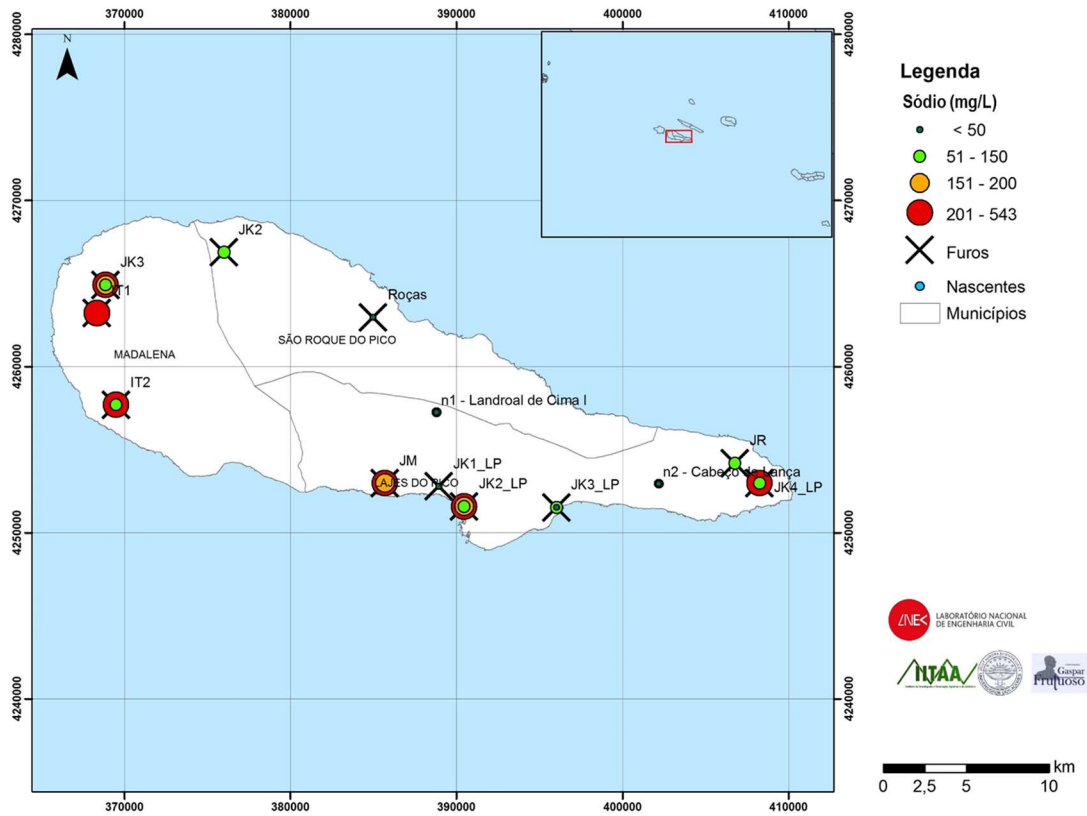


Figura 4.55 – Gamas de concentração em sódio nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico

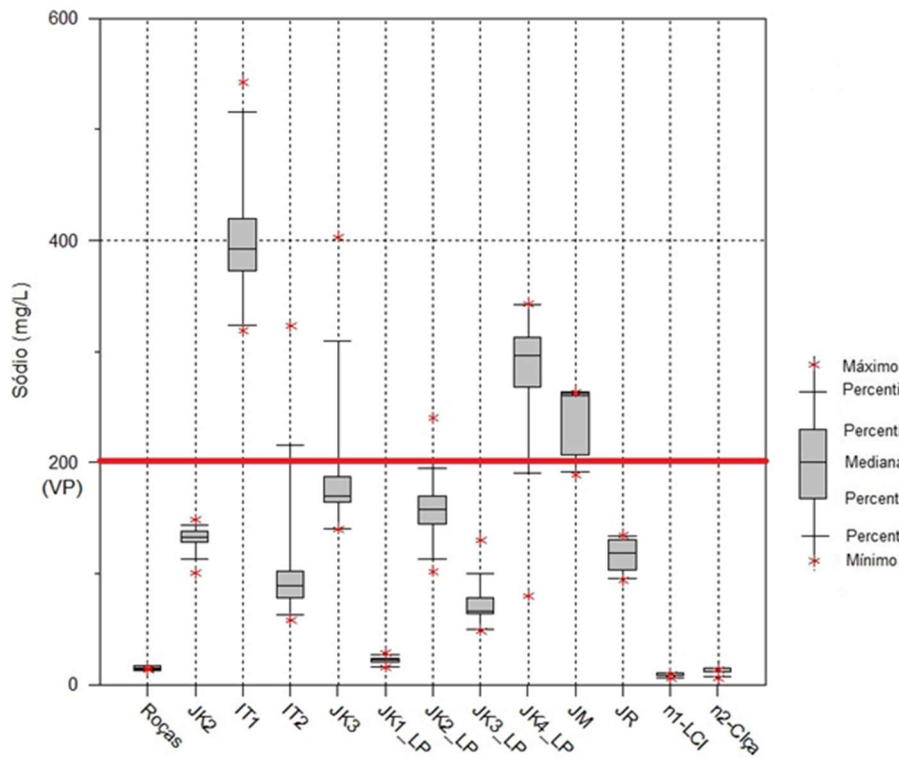


Figura 4.56 – Diagrama de box-plot das concentrações em sódio nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico

O Quadro 4.16 apresenta uma síntese da estatística dos resultados obtidos para a qualidade da água da ilha do Pico em cloreto e em sódio.

**Quadro 4.16 – Síntese dos parâmetros estatísticos relativos à qualidade da água em cloreto e sódio nas captações de água para consumo humano na ilha do Pico**

Parâmetro	Unidade	N.º análises	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
<b>Furos no aquífero basal</b>						
Cl <sup>-</sup>	mg/L	116	13,3	660,0	282,8	239,6
Na <sup>+</sup>	mg/L	116	12,8	543,0	175,6	142,9
<b>Nascentes</b>						
Cl <sup>-</sup>	mg/L	12	8,0	16,0	11,8	11,5
Na <sup>+</sup>	mg/L	22	6,0	13,0	9,3	8,7

A análise das figuras e dos quadros, relativos às concentrações em cloreto e em sódio, permite verificar que:

- as concentrações em Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> são inferiores nas nascentes, onde todos os valores se encontram abaixo do VP para o Cl<sup>-</sup> e para o Na<sup>+</sup> (Figura 4.53 a Figura 4.56);
- as baixas concentrações em Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> registadas nos furos das Roças (São Roque do Pico) e JK1\_LP (Lajes do Pico) (Quadro 4.15) são semelhantes às das nascentes associadas a aquíferos suspensos (Figura 4.54 e Figura 4.56);
- as concentrações destes dois iões nos restantes furos apresentam variações assinaláveis ao longo do tempo que, na maioria dos casos, oscilam entre valores abaixo do VP e acima deste (Figura 4.54 e Figura 4.56).

Da Figura 4.57 à Figura 4.60 apresentam-se os dados disponíveis de concentração em cloreto e em sódio e de volumes anuais extraídos nas captações utilizadas para o abastecimento público de água, em cada concelho.

No concelho de São Roque do Pico são usadas quatro captações de origem subterrânea (furos JK1, JK2, Roças e Ribeira) e uma captação de origem superficial (Lagoa do Caiado, não analisada neste estudo).

Na Figura 4.57 apresenta-se a evolução dos caudais anuais nestes furos, entre 2009 e 2017, bem como os registos de cloreto e de sódio na água captada em JK2 e no aquífero captado pelos furos Roças e Ribeira. Como se pode observar, os caudais extraídos no furo JK1 e JK2 apresentaram pequenas variações, entre 72566 e 90342 m<sup>3</sup>/ano, tendo as extrações mais baixas ocorrido nos últimos dois anos. Os teores em sódio variaram entre 100 mg/L e 148 mg/L, enquanto os teores em cloreto oscilaram entre 110 mg/L e 277 mg/L (Figura 4.57). Esta captação indicia processos de salinização incipientes que, dada a idade de exploração do furo (54 anos), exigem uma cuidada gestão dos caudais e do tempo de exploração. Este furo localiza-se em Santa Luzia, sensivelmente a 1,9 km da linha de costa, e capta o aquífero basal (Figura 2.1) num setor constituído pelas Formações de Montanha (Cruz, 1997).

Os caudais extraídos nos furos Roças e Ribeira, entre 2009 e 2017, variaram entre 76149 e 145496 m<sup>3</sup>/ano e os teores em cloreto e em sódio foram baixos, inferiores a 100 mg/L (com exceção de um valor de 418 mg/L Cl<sup>-</sup> em janeiro de 2011, que não foi valorizado considerando o histórico deste furo) ou, mais recentemente, em 2015-2017, inferiores a 130 mg/L em cloreto, portanto sem indícios de salinização (Figura 4.57). Segundo informação do Eng.º Sérgio Sousa (Câmara Municipal de São Roque do Pico), não obstante os elevados caudais extraídos em finais de junho de 2018, ca. 15 L/s vs. 5 L/s em 2011, os teores em cloreto e em sódio registados nos furos das Roças e Ribeira, concelho de São Roque do Pico, foram significativamente inferiores ao VP, o que corresponde a uma situação única nos furos da ilha do Pico. Este facto poderá estar associado à tectónica local, a descontinuidades geológicas do terreno e a eventuais compartimentações do sistema aquífero basal relacionados com a ocorrência de filões. Apesar de se tratar do aquífero basal, a água captada apresenta teores em cloreto e em sódio idênticos a massas de água associadas a aquíferos suspensos. Este facto poderá ser explicado pela existência de uma zona onde o fluxo hídrico é muito intenso, dificultando a intrusão, ou pela existência de compartimentações no aquífero basal.

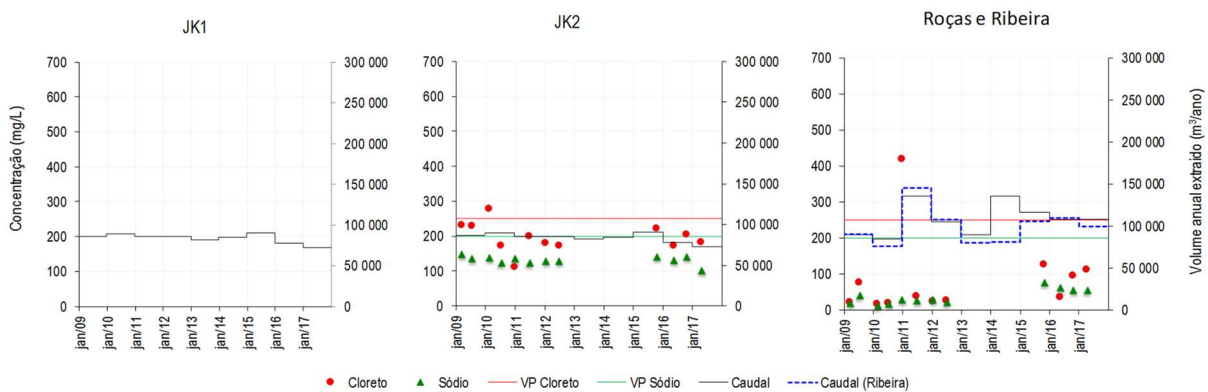


Figura 4.57 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído nos furos JK1, JK2, Roças e Ribeira, em 2009-2017, no concelho de São Roque do Pico, ilha do Pico

Das seis captações de origem subterrânea do concelho da Madalena, apresenta-se na Figura 4.58 a evolução dos volumes apenas para três furos (IT1 ou f1, IT2 ou IT5, JK3 ou AC1), entre 2009 e 2017, bem como os registos de cloreto e de sódio na água captada.

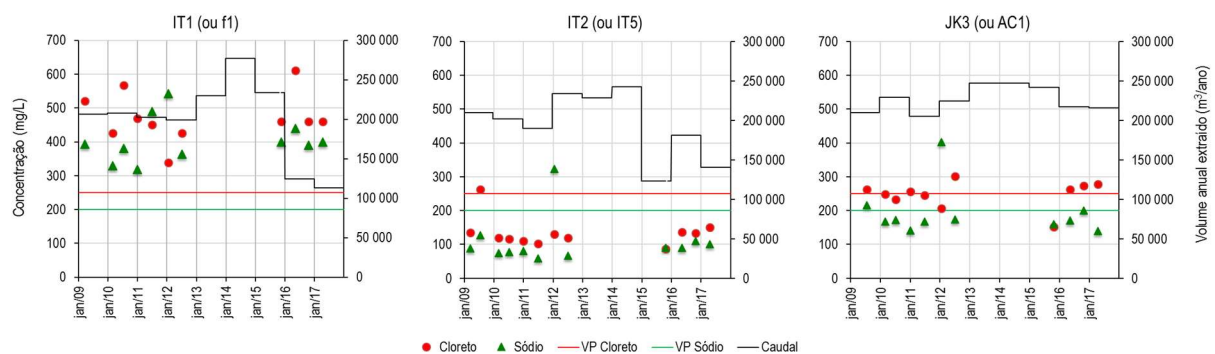


Figura 4.58 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído nos furos IT1 (ou f1), IT2 (ou IT5) e JK3 (ou AC1), em 2009-2017, no concelho da Madalena, ilha do Pico

Os volumes anuais extraídos no furo IT1, entre 2009 e 2015, oscilaram entre 200000 m<sup>3</sup>/ano e 280000 m<sup>3</sup>/ano, sofrendo uma redução significativa em 2016 e 2017. Os teores em cloreto e em sódio na água captada excederam largamente o valor paramétrico, indiciando uma salinização elevada no aquífero basal, cujas possíveis causas se apresentam no Quadro 4.17. Esta captação tubular localiza-se na Criação Velha, capta o aquífero basal na formação hidrogeológica da Montanha (Cruz, 1997) (Figura 2.1) e a distância mais próxima da linha de costa é aproximadamente 2,8 km.

No furo IT2 ou IT5 os volumes extraídos oscilaram entre um mínimo de 123311 m<sup>3</sup>/ano, em 2015, e um máximo de 243369 m<sup>3</sup>/ano, em 2014, e os teores em cloreto e em sódio, não obstante serem elevados, foram inferiores ao VP, com exceção do cloreto em julho de 2009 e do sódio em janeiro de 2012. Este furo localiza-se na Mirateca, capta o aquífero basal na formação hidrogeológica da Montanha (Cruz, 1997) e dispõe-se a sensivelmente 1,5 km do ponto mais próximo da linha de costa.

No furo JK3 ou AC1, os volumes anuais extraídos foram estáveis e contínuos, oscilando entre 204592 m<sup>3</sup>/ano e 247472 m<sup>3</sup>/ano, o que, em termos médios, representa volumes diários entre 560 m<sup>3</sup>/dia e 678 m<sup>3</sup>/dia. Os teores em cloreto nesta captação são elevados, ultrapassando os 250 mg/L em 55% das amostras colhidas. Este facto indicia uma forte salinização do aquífero basal, cujas possíveis causas se apresentam no Quadro 4.17. Este furo localiza-se no lugar de Ladeira Grande, capta o aquífero basal na formação hidrogeológica da Montanha (Cruz, 1997), e dista do mar sensivelmente 2,5 km.

Quadro 4.17 – Grau e possíveis causas da salinização em furos do concelho da Madalena, ilha do Pico

Furo	Salinização	Extração elevada	Extração prolongada	Permeabilidade formações	Tectónica local
IT1	+++	S	N	S	N
IT2	++	S	N	S	N
JK3	++	S	S	S	?

Nota: S: Sim; N: Não; ?: Sem informação

+ mediana de cloreto < 100 mg/L

++ mediana de cloreto 100-250 mg/L

+++ mediana de cloreto 250-500 mg/L

++++ mediana de cloreto > 500 mg/L

Para o concelho das Lajes do Pico analisaram-se dados de seis furos (JK2\_LP, JK3\_LP, JK4\_LP, JK1\_LP, JM, JR) e duas nascentes (n1- Landroal de Cima I e n2 – Cabeço de Lança). Na Figura 4.59 apresenta-se a evolução das concentrações em cloreto e em sódio na água captada, entre 2009 e 2017 (ou em 2014, para os furos JK1\_LP, JM, JR), à qual se associam os volumes anuais extraídos nos furos. Para as nascentes (n1 e n2) não foram disponibilizados registos de caudal (Figura 4.60).

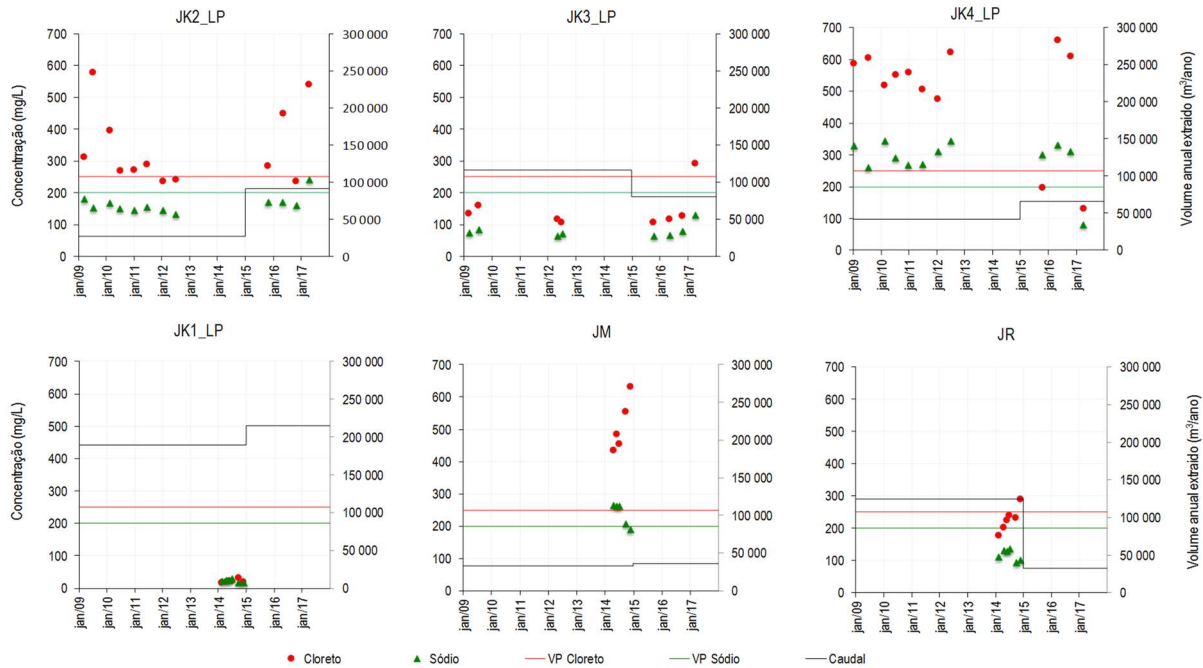


Figura 4.59 – Concentração em cloreto e em sódio e volume anual extraído nos furos JK2\_LP, JK3\_LP, JK4\_LP, JK1\_LP, JM e JR, em 2009-2017, no concelho de Lajes do Pico, ilha do Pico

Para o furo JK2\_LP é possível concluir o seguinte:

- os volumes anuais extraídos entre 2009 e 2014 mantiveram-se em 27375 m<sup>3</sup>/ano, tendo mais do que triplicado entre 2015 e 2017, atingindo 91250 m<sup>3</sup>/ano;
- os teores em sódio apenas ultrapassaram o VP numa medição, enquanto a grande maioria dos valores de cloreto (9 em 12) ultrapassou o respetivo VP;
- parece haver um progressivo acréscimo dos teores de cloreto a partir de 2015 (em relação a 2010-2012), o qual poderá estar associado ao aumento do volume extraído e ao prolongamento do período de exploração.

O furo JK2\_LP dispõe-se na Ribeira do Meio, captando o aquífero basal na formação hidrogeológica do Sistema Fissural (Cruz, 1992), a sensivelmente 300 m da linha de costa (Figura 2.1). Os elevados teores de sódio e, sobretudo, de cloreto indiciam uma clara salinização do aquífero basal nesta zona, cujas possíveis causas se apresentam no Quadro 4.18. Para o furo JK3\_LP é possível concluir o seguinte:

- entre 2009 e 2014, os volumes anuais extraídos mantiveram-se em 116800 m<sup>3</sup>/ano, tendo diminuído nos anos seguintes para 80300 m<sup>3</sup>/ano;
- os valores de cloreto e sódio foram significativamente inferiores ao VP, com exceção de uma medição de cloreto efetuada em 2017, o que indicia uma salinização baixa;
- a diminuição de volumes extraídos verificada em 2015, aparentemente, não teve impacto na evolução dos teores em cloreto e em sódio.

O furo JK3\_LP localiza-se na freguesia das Ribeiras a sensivelmente 300 m do mar. De acordo com Cruz (1997), capta o aquífero basal nas formações hidrogeológicas do Sistema Fissural (Figura 2.1). No Quadro 4.18 apresentam-se as possíveis causas para a baixa salinização deste furo.

Para o furo JK4\_LP pode concluir-se o seguinte:

- entre 2009 e 2014 os volumes anuais extraídos foram constantes, 41245 m<sup>3</sup>/ano, tendo aumentado para 65700 m<sup>3</sup>/ano em 2015 - 2017;
- os teores em cloreto e em sódio foram significativamente superiores ao VP até 2012, tendo mantido este padrão em 2015-2016 e baixado significativamente em 2017.

O furo JK4\_LP localiza-se no extremo oriental da ilha do Pico, na freguesia da Piedade, a 1,4 km do mar. De acordo com Cruz (1997) intercepta o aquífero basal nas formações hidrogeológicas do Sistema Fissural (Figura 2.1). Os teores em cloreto e em sódio registados refletem uma elevada salinização no aquífero basal, cujas possíveis causas se apresentam no Quadro 4.18.

Para o furo JK1\_LP pode concluir-se o seguinte:

- entre 2009 e 2014 os volumes anuais extraídos foram constantes, 189800 m<sup>3</sup>/ano, tendo aumentado a partir dessa data para 215350 m<sup>3</sup>/ano;
- em 2014 (único ano para o qual há dados disponíveis), os teores em cloreto e em sódio foram significativamente inferiores ao VP, com valores máximos de 31 mg/L em cloreto e de 28 mg/L em sódio.

Para o furo JM pode concluir-se o seguinte:

- entre 2009 e 2014 os volumes extraídos foram constantes, 32850 m<sup>3</sup>/ano, tendo aumentado ligeiramente a partir dessa data para 36500 m<sup>3</sup>/ano;
- em 2014 (único ano para o qual há dados disponíveis), os teores em cloreto e em sódio excederam os respetivos VP, com exceção do sódio que em dezembro de 2014 foi de 189 mg/L.

Para o furo JR pode concluir-se o seguinte:

- entre 2009 e 2014 os volumes extraídos foram constantes, 124830 m<sup>3</sup>/ano, tendo diminuído a partir dessa data para 32000 m<sup>3</sup>/ano;
- em 2014 (único ano para o qual há dados disponíveis), os teores em cloreto e em sódio mantiveram-se abaixo dos respetivos VP, em 2014, com exceção do cloreto que em dezembro foi de 288 mg/L; contudo, o cloreto apresentou valores muito próximos de VP a partir de junho.

Os furos JM e JR, respetivamente, com cinco e seis amostras analisadas por ano, revelaram uma tendência de aumento das concentrações em cloreto ao longo do ano, não acompanhada pelos teores em sódio.

Quadro 4.18 – Grau e possíveis causas da salinização, concelho de Lajes do Pico, ilha do Pico

Furo	Salinização mediana	Extração elevada	Extração prolongada	Permeabilidade formações	Tectónica local
JM	+++	N	S	S	S
JK1_Lajes do Pico	+	N	N	S	N
JK2_Lajes do Pico	+++	S	S	S	N
JK3_Lajes do Pico	++	N	N	S	N
JK4_Lajes do Pico	++++	S	S	S	N
JR	++	S	N	S	N

Nota: S: Sim; N: Não

+ mediana de cloreto < 100 mg/L

++ mediana de cloreto 100-250 mg/L

+++ mediana de cloreto 250-500 mg/L

++++ mediana de cloreto > 500 mg/L

No período em análise, as nascentes n1 - Landroal de Cima I e n2 - Cabeço de Lança apresentaram teores em cloreto e em sódio muito inferiores aos respetivos VP, com valores máximos de 12 mg/L Cl<sup>-</sup> e 9 mg/L Na<sup>+</sup> para a primeira nascente, e de 16 mg/L Cl<sup>-</sup> e 13 mg/L Na<sup>+</sup> para a segunda (Figura 4.60).



Figura 4.60 – Concentração em cloreto e em sódio nas nascentes n1 - Landroal de Cima I e n2 - Cabeço de Lança, em 2009- 2017, no concelho de Lajes do Pico, ilha do Pico

#### 4.5.2 Qualidade da água nas zonas de abastecimento

O abastecimento de água na ilha do Pico é gerido de forma independente por cada um dos três concelhos, através das respetivas câmaras municipais.

No concelho de São Roque do Pico, o abastecimento de água faz-se a partir de três sistemas (São Roque, Santa Luzia e Prainha-Santo Amaro), alimentados por quatro furos que captam o aquífero basal (Roças, Ribeiras, JK1 e JK2) e por águas superficiais (Lagoa do Caiado). Esta última fonte de água abastece 32% da população residente neste concelho (Quadro 4.19).

As seis zonas de abastecimento que existem no concelho da Madalena dependem da captação do aquífero basal através dos furos IT1 (Criação Velha), IT2 (Mirateca), IT3 (Candelária), JK1 (Cabeço do Chão), JK3 (Bicadas) e Miragaia ou Bandeiras (Quadro 4.19). Os sistemas do Cabeço do Chão e

Bicadas, respetivamente alimentados pelos furos JK1 e JK3, servem mais de metade da população (2582 pessoas).

O concelho das Lajes do Pico engloba oito zonas de abastecimento que dependem da captação do aquífero basal (furos JK1\_LP, JK2\_LP, JM, JK3\_LP, JK4\_LP e JR) e das nascentes n1 - Landroal de Cima e n2 - Cabeço de Lança, associadas a aquíferos suspensos. Os furos JK2\_LP e JK3\_LP, respetivamente responsáveis pelas zonas de abastecimento ZA2 e ZA4, servem 58% da população residente no concelho (Quadro 4.19).

**Quadro 4.19 – Zonas de abastecimento, captações de água, população abastecida e incumprimentos em cloreto, sódio e fluoreto nos concelhos de São Roque do Pico, Madalena e Lajes do Pico , ilha do Pico**

Zonas de abastecimento	População servida		Incumprimentos dos PCQA em 2009-2016			Captações de água associadas a cada ZA		
	(hab.)	(%)	Cloreto	Sódio	Fluoreto	Designação	Abrev.	Tipo
<b>Concelho de São Roque do Pico</b>								
São Roque	1316	51	-	-	-	Roças	-	Furo
						Bicadas	-	Furo
Santa Luzia	422	16	-	-	-	JK1	-	Furo
						JK2	-	Furo
Prainha e Santo Amaro	835	32	-	-	-	Lagoa do Caiado	-	Lagoa
<b>Concelho da Madalena</b>								
Criação Velha	768	16	X	X	-	Criação Velha ou f1	IT1	Furo
Mirateca	411	9	-	-	-	Mirateca ou IT5	IT2	Furo
Candelária	411	9	-	-	-	Candelária	IT3	Furo
Cabeço-Chão	1291	27	X	X	-	Cabeço-Chão	JK1	Furo
Bicadas	1291	27	X	X	-	Bicadas (JK3) ou AC1	JK3	Furo
Miragaia ou Bandeiras	626	13	X	X	-	Miragaia ou Bandeiras	-	Furo
<b>Concelho das Lajes do Pico</b>								
ZA1	423	9	-	-	-	JK1_Lajes do Pico	JK1_LP	Furo
ZA2	1802	38	X	-	-	JK2_Lajes do Pico	JK2_LP	Furo
ZA3-ZIL	-	-	X	X	-	JM	-	Furo
ZA4	925	20	-	X	-	JK3_Lajes do Pico	JK3_LP	Furo
ZA5	1561	33	X	X	-	JK4_Lajes do Pico	JK4_LP	Furo
						JR	-	Furo
-	-	-	-	-	-	n1-Landroal de Cima *	-	Nasc.
-	-	-	-	-	-	n2 – Cabeço de Lança **	-	Nasc.

\* Em servidão; \*\* Funcionamento de recurso

Na Figura 4.61 e na Figura 4.62 apresenta-se a qualidade da água nas ZA do concelho da Madalena para os parâmetros cloreto, sódio e fluoreto.

Das seis ZA do concelho, apenas Candelária e Mirateca, respetivamente abastecidas pelos furos IT3 e IT2, não apresentam incumprimentos em nenhum dos parâmetros referidos (Figura 4.61). Relativamente ao parâmetro fluoreto, os valores registados em ambas as ZA mantêm-se relativamente estáveis no período em estudo, entre 0,7 e 0,9 mg/L na ZA Candelária e entre 0,5 e 0,8 mg/L na ZA Mirateca.



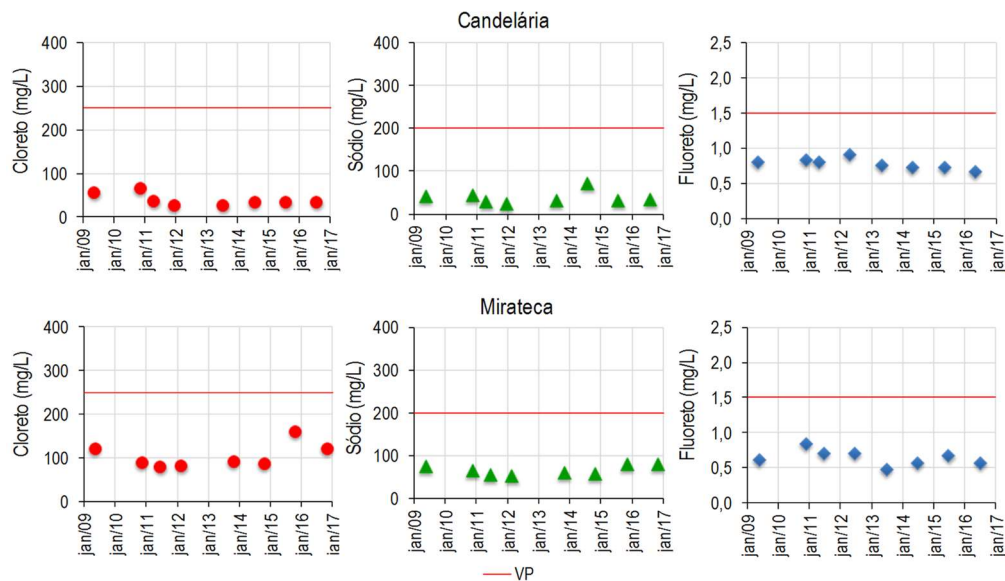


Figura 4.61 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA sem incumprimentos nestes três parâmetros, em 2009-2016, no concelho da Madalena, ilha do Pico

As ZA do concelho da Madalena com incumprimentos nos parâmetros cloreto e sódio são apresentadas na Figura 4.62, destacando-se a ZA Criação Velha e a ZA Cabeço do Chão como aquelas em que, no período em estudo, o VP de cloreto nunca foi cumprido. Relativamente à concentração em sódio, a ZA Cabeço do Chão apresenta valores mais reduzidos do que a ZA Criação Velha, e com menor variação. Nestas ZA, o teor em fluoreto esteve sempre abaixo do VP.

A ZA Bicadas e a ZA Bandeiras apresentam um padrão de concentração em cloreto e sódio distinto das anteriores ZA e também distinto entre si (Figura 4.62). A ZA Bicadas apresenta valores de cloreto e de sódio estáveis, oscilando em torno do respetivo VP (exceção feita a um valor de sódio em 2014). Ao contrário desta, a ZA Bandeiras apresenta valores de cloreto e sódio muito inferiores aos respetivos VP, com exceção do registo do ano 2010 que corresponde a valores destes dois parâmetros ligeiramente superiores aos respetivos VP. Poderá tratar-se de um erro de medição, situação que não se pôde verificar dada a inexistência de dados de qualidade para o furo Miragaia (ou Bandeiras). A concentração em fluoreto não ultrapassa o VP em nenhuma das ZA, atingindo-o apenas pontualmente (Figura 4.62).

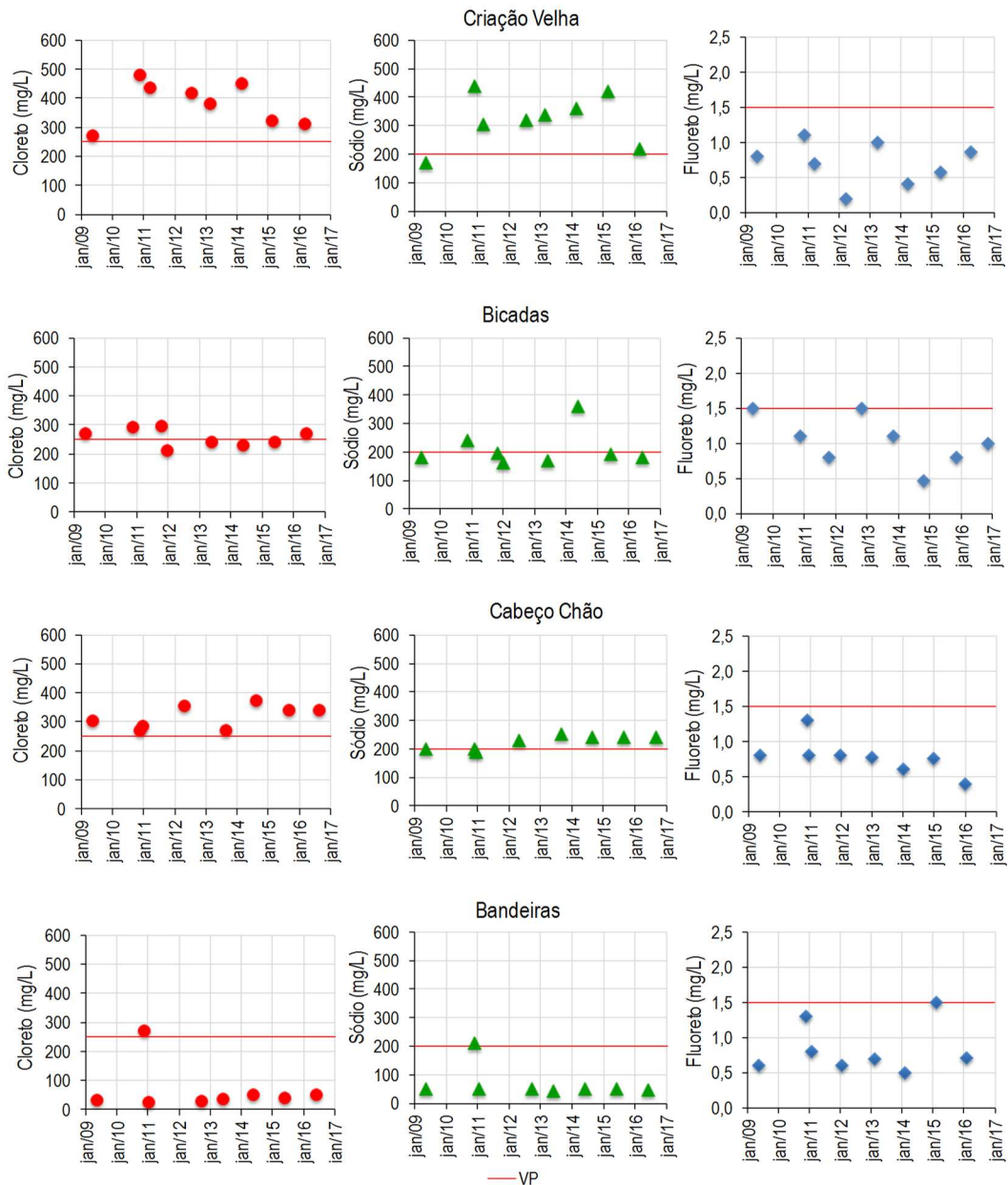


Figura 4.62 – Concentrações em cloreto, sódio e fluoreto em ZA com incumprimentos em cloreto e sódio, em 2009-2016, no concelho da Madalena, ilha do Pico

Na Figura 4.63 e Figura 4.64 apresentam-se os dados de qualidade da água nas ZA do concelho das Lajes do Pico.

Das cinco zonas de abastecimento deste concelho, a ZA 1 corresponde à água com menor concentração nos três parâmetros em estudo (Figura 4.63), com valores máximos de 35 mg/L Cl<sup>-</sup>, 30 mg/L Na<sup>+</sup> e 0,4 mg/L F<sup>-</sup>. Esta ZA serve apenas 9% da população do concelho e está associada à captação de água subterrânea pelo furo JK1.

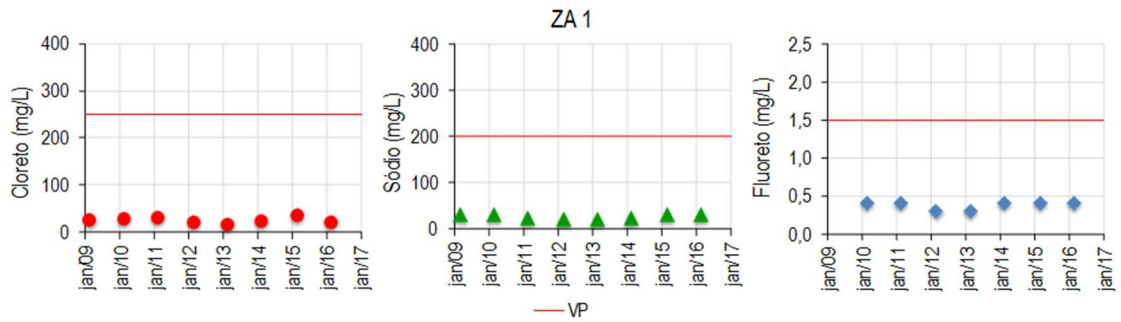


Figura 4.63 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto em ZA sem incumprimentos em cloreto e sódio, em 2009-2016, no concelho das Lajes do Pico, ilha do Pico

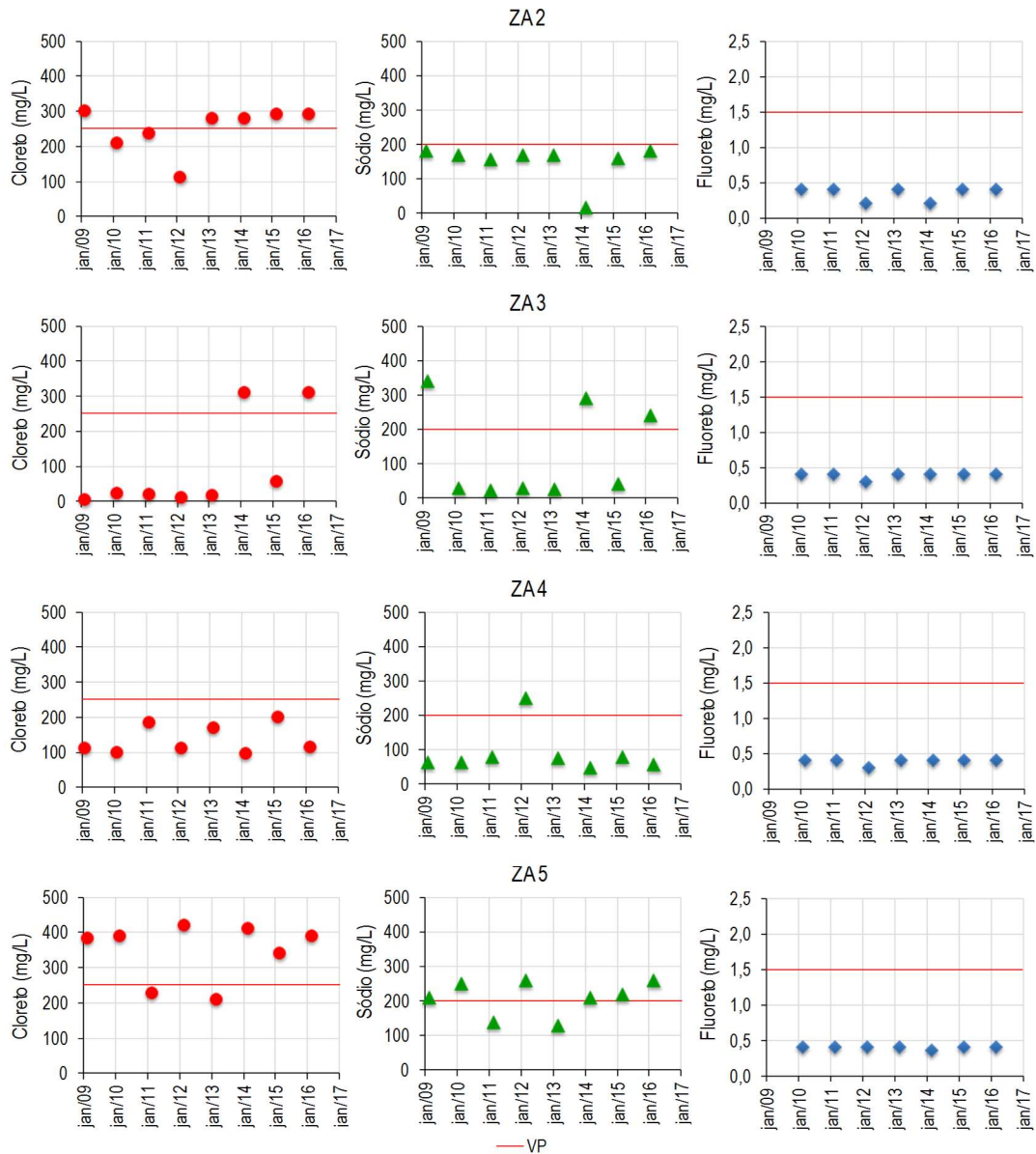


Figura 4.64 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto em ZA com incumprimentos em cloreto e sódio, em 2009-2016, no concelho das Lajes do Pico, ilha do Pico

Os dados de qualidade da água das restantes ZA (Figura 4.64) apresentam incumprimentos para os parâmetros cloreto e sódio, destacando-se pela positiva a ZA 4. Nesta ZA, não se valoriza o único valor que excede o VP, 250 mg/L Na<sup>+</sup> em 2012, pois este *outlier* deve estar associado a algum erro – é muito superior ao valor de cloreto e afasta-se do padrão da concentração relativa entre os dois iões nos últimos seis anos.

As ZA 2 e ZA 5 são as mais populosas do concelho, servindo cerca de 38% e 32% da população, respetivamente. No que respeita à qualidade da água, a ZA 2 registou incumprimentos no teor em cloreto, com valores que se mantiveram entre 280 e 290 mg/L nos últimos quatro anos do período em estudo. A ZA 5 apresentou mais incumprimentos neste parâmetro, que oscilaram entre 340 e 420 mg/L.

A ZA 3 não tem população associada porque serve exclusivamente a zona industrial da ilha do Pico.

Na Figura 4.65 apresentam-se os dados disponíveis de qualidade da água nas ZA do concelho de São Roque do Pico. De acordo com os dados disponibilizados pela ERSARA, não se verificam incumprimentos de cloreto, sódio ou fluoreto em nenhuma das três ZA do concelho.

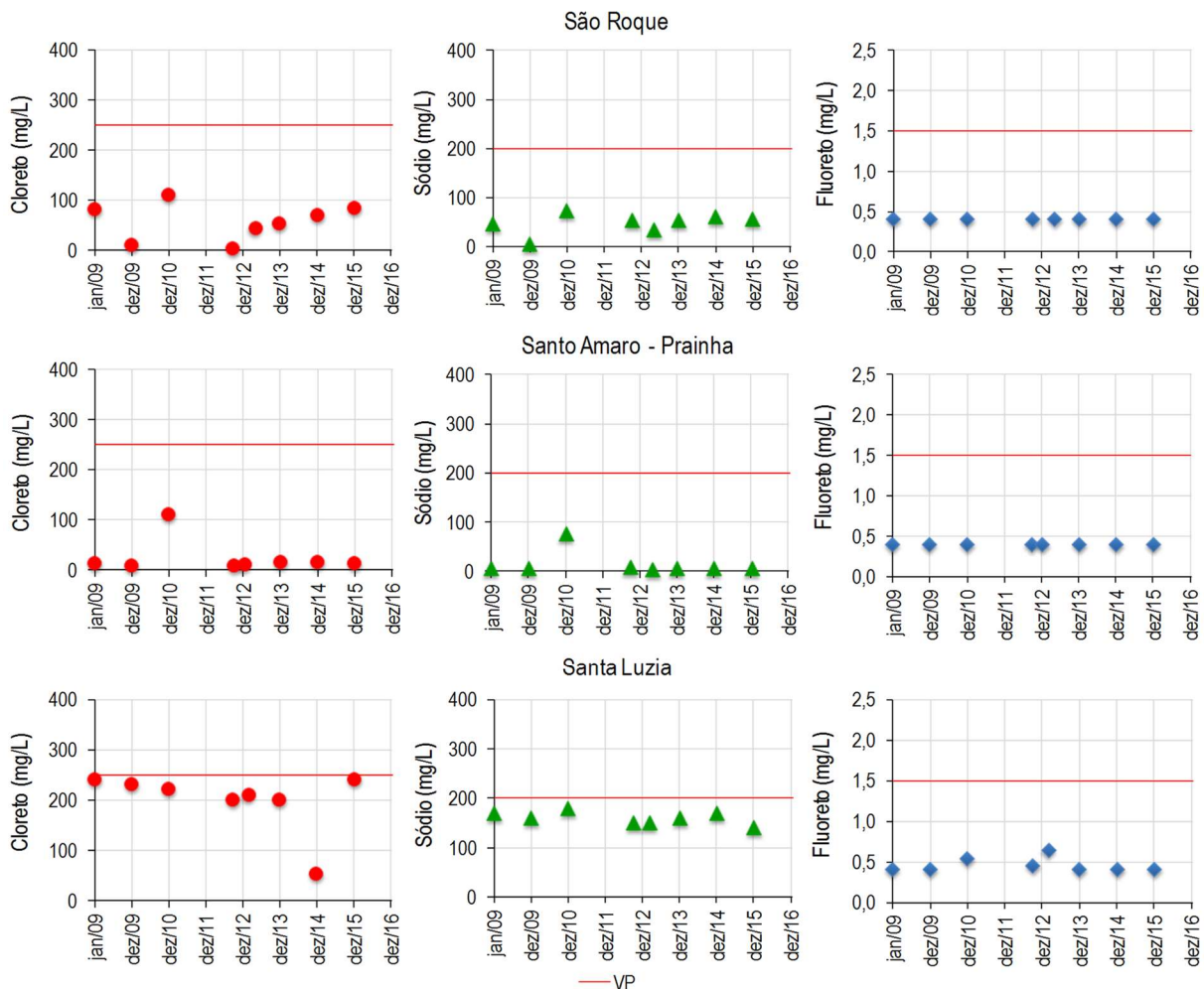


Figura 4.65 – Concentrações em cloreto, sódio e em fluoreto, em 2009-2016, nas ZA do concelho de São Roque do Pico, ilha do Pico

Relativamente à estimativa de perdas de água nos sistemas de abastecimento, apenas a Câmara Municipal da Madalena disponibilizou valores anuais estimados de volume de água não faturado no período entre 2009 e 2017, que variaram entre 53% e 65%, sendo 54% em 2017.

#### 4.5.3 Informação de outros estudos

Um dos principais fatores que condiciona a exploração do aquífero basal na ilha do Pico é a salinização. Este facto assume particular importância no concelho da Madalena, onde a quase totalidade da água captada para abastecimento público e agropecuário provém deste corpo hídrico.

Na ilha do Pico a grande maioria dos furos de captação apresentam água com teores de cloreto e condutividades elétricas acima dos valores paramétricos definidos na legislação nacional (Cruz *et al.*, 2017). Com base em dados de ordem hidroquímica e teores de  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$  e  $^{87}\text{Sr}$  estes autores consideram que a salinização do aquífero basal decorre da intrusão marinha associada à extração, a qual é potenciada pela pequena espessura aquífera na zona dos furos de captação, oscilações da maré, elevada permeabilidade das formações rochosas lávicas e por fatores de ordem antropogénica associados à distribuição geográfica das captações, técnicas de perfuração e gestão das extrações.

De acordo com Cruz e Silva (2001); Cruz *et al.* (2011) e Cruz *et al.* (2017) a captação das águas subterrâneas basais no Pico e na ilha Graciosa deve ser gerida de forma cuidadosa, monitorizando-se as extrações, os níveis piezométricos e alguns traçadores hidrogeoquímicos conservativos como o cloreto.

## 5 | Análise preliminar de propostas de soluções para o abastecimento público

### 5.1 Nota introdutória

Neste capítulo integra-se a informação anterior por sistema de abastecimento com vista a cumprir os objetivos estabelecidos, ou seja, a analisar as seguintes opções, individualmente ou em conjunto: mistura de origens (com captações existentes ou novas); substituição completa da origem; tratamento dedicado em alguma(s) origem(ns).

Sempre que possível, e por princípios de racionalidade, dar-se-á primazia às soluções que não envolvam a implementação de processos de tratamento adicionais, por serem menos onerosas, não gerarem resíduos e nem requererem formação adicional dos operadores.

### 5.2 Critérios associados à mistura de origens

A solução de mistura de origens assenta na diluição das concentrações em fluoreto, cloreto e/ou sódio das captações problemáticas com água proveniente de outras captações com baixos teores nestes iões. A mistura de origens deverá ser efetuada numa proporção que assegure o cumprimento dos valores paramétricos de cada um dos iões em análise, sem prejuízo dos restantes parâmetros de qualidade da água.

A mistura de duas ou mais origens com concentrações em  $F^-$ ,  $Cl^-$  e/ou  $Na^+$  distintas deverá ser feita de modo a assegurar que o VP de cada um dos parâmetros não é atingido ou ultrapassado, após mistura das águas. Ou seja,:

$$\sum C_i \cdot x_i Q_{total} \leq VP \cdot Q_{total} \quad [1]$$

Onde,

$C_i$  é a concentração em  $F^-$ ,  $Cl^-$  ou  $Na^+$  detetada na origem  $i$

$x_i$  é a fração de caudal proveniente da origem  $i$ ,  $\sum x_i = 1$

$Q_{total}$  é o caudal total resultante da mistura das origens

A seleção das origens a misturar deverá idealmente ter em consideração a sua proximidade geográfica, para minimizar a dimensão do sistema de condutas necessário ao transporte da água para o ponto de mistura.

No caso da mistura de origens não assegurar o cumprimento dos requisitos em fluoreto, cloreto e/ou sódio, poderá optar-se pela substituição completa da origem.

Tanto para a mistura como para a substituição completa das origens, é necessário:

- garantir que a produtividade das captações tem capacidade para fazer face à demanda das zonas de abastecimento que lhes vão estar associadas;

- caracterizar a qualidade físico-química da água de forma a avaliar o impacto que terá nos processos de tratamento existentes e no sistema de distribuição (Chen, 2014).

### 5.3 Opções de tratamento para controlo de fluoreto, cloreto e/ou sódio

Se a gestão de origens não for suficiente para garantir o cumprimento dos valores paramétricos de fluoreto, cloreto e/ou sódio na água de abastecimento público, deverá equacionar-se a implementação de processos de tratamento que, em adição ou substituição dos atualmente existentes, permitam controlar esses contaminantes. Serão apenas consideradas as opções tecnológicas de tratamento centralizado, com provas dadas à escala real, recomendadas pela Agência Americana de Proteção do Ambiente (*USEPA – United States Environmental Protection Agency*), não se fazendo referência a outras opções de tratamento testadas apenas à escala laboratorial ou piloto.

Para o controlo de fluoreto, as opções de tratamento disponíveis incluem processos de coagulação/precipitação, adsorção, permuta iónica e membranas, tais como osmose inversa (OI), nanofiltração (NF) e electrodiálise (ED) (Rosa *et al.*, 2009). Destas, a adsorção em alumina ativada (AA) e a OI são consideradas pela USEPA (Chen, 2014) como as melhores tecnologias disponíveis para remoção de fluoreto, em termos de eficácia e custos. Para sistemas que necessitem apenas de controlo de fluoreto, o recurso à AA será apropriado. Se for necessário remover sólidos dissolvidos totais (SDT) e outros contaminantes além do fluoreto, a tecnologia de membranas afigura-se como mais adequada.

Apresenta-se de seguida um resumo destas tecnologias.

#### Coagulação/precipitação

Os sais de alumínio (alum) são convencionalmente usados como agentes coagulantes/precipitantes no tratamento de água para consumo humano para remoção de turvação e cor. Embora seja possível remover fluoreto por este processo, é necessário aplicar elevadas doses de coagulante, muito superiores às aplicadas normalmente para controlo de turvação e cor, pelo que não é considerada uma solução prática para a remoção de fluoreto (Chen, 2014).

O processo de precipitação poderá ser considerado no caso de águas com elevada dureza, em particular com elevada concentração em magnésio, e que necessitem de amaciamento com cal. Nessas situações, a aplicação de cal e, eventualmente, carbonato de sódio e/ou de magnésio, promove a remoção de  $\text{Ca}^{2+}$  e de  $\text{Mg}^{2+}$  na forma de precipitados de carbonato de cálcio e hidróxido de magnésio. Durante esse processo, o fluoreto presente na água pode co-precipitar com o hidróxido de magnésio, sendo assim removido (Rosa *et al.*, 2009). Este processo é adequado para águas com baixa concentração em fluoreto e elevada concentração em magnésio (Chen, 2014).

A adição de alum e cal numa mistura rápida, seguida de floculação, sedimentação, filtração e desinfecção com cloro, conhecida por técnica de Nalgonda, é um método simples e económico utilizado nos países em desenvolvimento para tratamento de água para consumo humano e controlo de fluoreto (Ayoob *et al.*, 2008).

Os processos de coagulação/precipitação requerem normalmente concentrações altas de reagentes, produzem lamas com complexos de fluoreto e alumínio e podem deixar residuais de alumínio na água.

### **Adsorção / Permuta iónica**

A alumina ativada é usada desde 1940 como um adsorvente eficaz para remoção do fluoreto da água. Trata-se de um material poroso granulado, essencialmente de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ), com área superficial apreciável (200-300  $m^2/g$ ), preparado a partir da desidratação a baixa temperatura (300-600 °C) do hidróxido de alumínio ( $Al(OH)_3$ ). A eficiência do tratamento com alumina depende do pH da água, que deverá ser inferior a 8,2 (tipicamente, o valor de pH ao qual a alumina ativada apresenta carga nula; abaixo deste pH a superfície da alumina tem uma carga global positiva, requisito para a remoção de  $F^-$ ) (Ayoob *et al.*, 2008; Chen, 2014).

Um sistema de filtros de AA típico consiste em dois ou mais leitos empacotados dispostos em série e/ou em paralelo, alimentados com fluxo descendente e tempos de contacto (EBCT – *empty bed contact time*) de 5 - 7,5 min. O tempo de vida destes filtros depende da qualidade da água a tratar e das condições de operação aplicadas, podendo corresponder a várias centenas ou alguns milhares de *bed volums* de água tratada. A alumina exausta pode ser regenerada com hidróxido de sódio, com uma diminuição marginal da sua capacidade de adsorção após cada ciclo de regeneração.

A eficiência dos filtros AA pode diminuir na sequência da acumulação de sólidos suspensos, hidróxidos metálicos, carbonatos e sílica adsorvida. Nestas situações, os filtros devem ser lavados em contracorrente com água ou ar e/ou tratados com ácido para remoção de silicatos. Os resíduos produzidos durante a regeneração são, essencialmente, o hidróxido de sódio usado e a água da lavagem alcalina. Estas correntes poderão ser tratadas na etapa de clarificação da estação de tratamento de água (ETA), à qual se adiciona cloreto de cálcio para se formar um precipitado de fluoreto de cálcio que será removido com as lamas da ETA. Em sistemas pequenos, poderá equacionar-se a não regeneração da alumina, para evitar o problema da eliminação dos resíduos produzidos.

As principais vantagens e limitações da utilização de alumina ativada para o controlo de fluoreto são:

- a capacidade de remoção de fluoreto pela alumina ativada não é afetada pela presença de sulfato ou cloreto na água a tratar; no entanto, o arsénio, selénio e outros iões inorgânicos (*e.g.*, fosfato) e a matéria orgânica dissolvida podem competir com o fluoreto para os locais de adsorção da alumina;
- a alumina ativada usada pode ser regenerada utilizando soda cáustica, seguida de neutralização com ácido e lavagem com água. A utilização de ácidos e bases fortes e a possibilidade de dissolução do óxido /hidróxido de alumínio, com conseqüente libertação dos iões de alumínio para a água tratada, são a principal desvantagem da utilização de AA.

A utilização de outros materiais adsorventes com potencial para a remoção de fluoreto como carvão ativado granulado, materiais à base de apatite, osso, entre outros (Rosa *et al.*, 2009; Bhatnagar *et al.*, 2011), poderá ser considerada. No entanto, a sua aplicação necessita de um estudo prévio para seleção dos materiais e condições de operação, estudo que excede o âmbito deste relatório.



A utilização de **resinas de permuta aniónica**, contendo grupos funcionais de amónio quaternário, é comum no tratamento de água e pode ser uma opção para o controlo de fluoreto. O processo de tratamento envolve a substituição dos iões cloreto das resinas pelos iões fluoreto presentes na água. Quando saturadas, as resinas podem ser regeneradas com soluções salinas para reposição do cloreto nos seus grupos funcionais. Esta opção de tratamento só deverá ser considerada para águas com baixos teores noutros aniões, como o fosfato, arseniato, sulfato, carbonato e alcalinidade, já que estes competirão com o fluoreto, diminuindo assim de forma expressiva a eficácia das resinas. Por outro lado, os custos associados à regeneração das resinas poderá ser uma limitação para a seleção deste processo de tratamento.

### **Tecnologia de membranas**

Os sistemas de membranas não apresentam os efeitos negativos de competição entre contaminantes a remover encontrados noutras tecnologias, por exemplo, na adsorção e na permuta iónica. No entanto, têm em comum com os sistemas de permuta iónica a desvantagem de aumentarem a agressividade da água, tanto mais quanto menor for a dureza final da água (membranas e permuta iónica), ou maior for o teor em cloreto (permuta iónica) (Rosa *et al.*, 2009). Por isso, nos casos em que for necessário remover outros contaminantes além do fluoreto, o recurso à osmose inversa (OI) ou à nanofiltração (NF) pode ser uma boa opção de tratamento. Esta tecnologia tem sido instalada com esse propósito, na última década, em algumas estações de tratamento dos Estados Unidos (*e.g.*, Gila Bend, Arizona; Andrews, Texas; Wolfforth, Texas; Blythe, Califórnia e Maude, Oklahoma) e na Europa (*e.g.*, Finlândia) (Chen, 2014).

Na **osmose inversa**, a água tratada (ou permeado) resulta da sua passagem pela membrana contra o gradiente de concentração, à medida que se exerce uma pressão superior à pressão osmótica no lado da solução concentrada. A água não tratada remanescente e os contaminantes rejeitados são descartados na forma de uma corrente de resíduo concentrado. A eficácia do processo e a quantidade de permeado produzida, *i.e.* a taxa de recuperação de água, dependem da qualidade da água a tratar, da dimensão e carga dos contaminantes, das características da membrana, da pressão aplicada ao sistema, da temperatura e do caudal.

Na década passada, os produtores de membranas desenvolveram membranas de OI com maiores porosidades e menores pressões de trabalho, que se aproximam mais das membranas de **nanofiltração**. As membranas de nanofiltração, por terem porosidades maiores, oferecem menor resistência à passagem de solventes e solutos e, portanto, não exigem pressões de trabalho tão elevadas como as de OI tradicional.

A grande vantagem da utilização destas membranas relaciona-se com a possibilidade de remover, num único processo, iões multivalentes que conferem dureza, outros componentes inorgânicos (*e.g.*, fluoreto, nitrato, arsénio), compostos orgânicos (*e.g.* pesticidas, cianotoxinas), bactérias e vírus. As limitações desta tecnologia incluem a possibilidade de deposição de partículas na membrana e consequente colmatagem (Ayoob *et al.*, 2008; Rosa *et al.*, 2009).

A **electrodialise**, outra tecnologia de membranas, recorre à corrente elétrica para a remoção dos iões da corrente aquosa. Devido à complexidade e custos associados, existem poucos sistemas destes instalados à escala real (Chen, 2014).

Apresenta-se, seguidamente, as propostas preliminares de soluções para as várias zonas de abastecimento em cada ilha (São Miguel, Terceira, Graciosa e Pico).

#### 5.4 São Miguel – concelho de Ponta Delgada

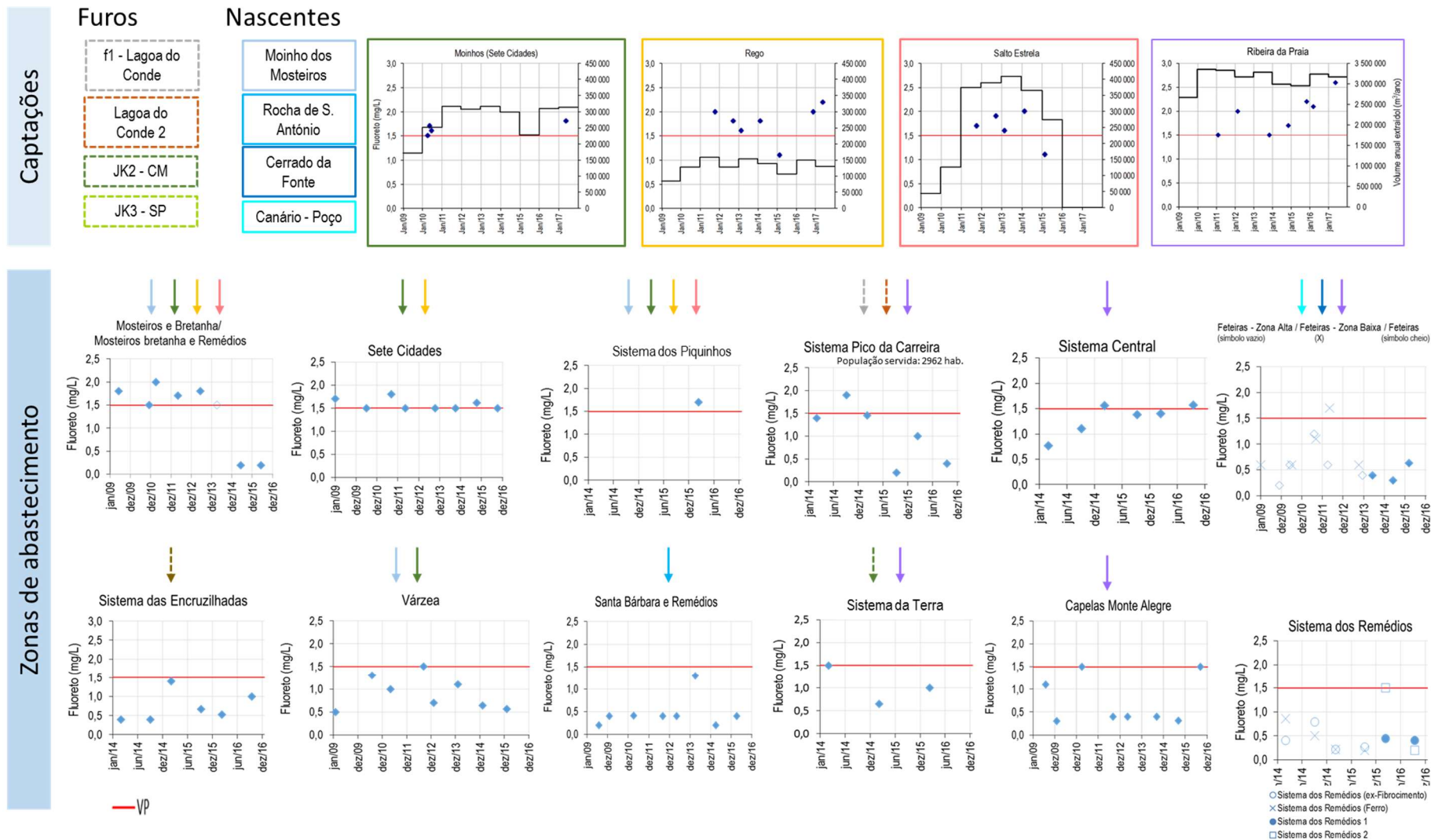
Os dados apresentados na secção 4.2 permitiram identificar cinco zonas de abastecimento, no concelho de Ponta Delgada, com teores em fluoreto acima do valor paramétrico entre 2009 e 2016: Mosteiros e Bretanha/Mosteiros Bretanha e Remédios, Sete Cidades, Sistema dos Piquinhos, Sistema Pico da Carreira e Sistema Central; e outras seis com valores próximo de 1,5 mg/L. Para o cloreto e o sódio não se observaram incumprimentos. Apresenta-se na Figura 5.1 o histórico dessas zonas de abastecimento em termos de concentração em fluoreto e identificam-se as origens de água associadas a cada ZA, com indicação dos respetivos teores em fluoreto e volumes anuais extraídos, no caso das captações problemáticas.

Para a ilha de S. Miguel afigura-se adequada a solução de substituição ou a mistura de origens para controlar o fluoreto na água distribuída para consumo humano. Exemplo da eficácia desta solução é a Zona de Abastecimento de Mosteiros e Bretanha onde, a partir de 2015 os teores em fluoreto deixaram de ser preocupantes (Figura 5.1), devido a uma adequada gestão de origens – das quatro nascentes que fornecem água para Mosteiros e Bretanha, três têm histórico de fluoreto superior a 1,5 mg/L; porém, a mistura adequada dessas origens com água da nascente de Moinhos dos Mosteiros permitiu atingir valores de fluoreto para níveis muito baixos (0,2 mg/L).

Nas ZA Sete Cidades e Sistema dos Piquinhos, propõe-se uma solução idêntica à aplicada na Zona de Mosteiros e Bretanha, *i.e.*, propõe-se a mistura com água proveniente de outra(s) nascente(s) ou furo(s) sem histórico de incumprimento em fluoreto, numa razão de caudais que dependerá dos teores em fluoreto da nova origem. Embora o número de dados de fluoreto no Sistema de Piquinhos seja manifestamente insuficiente (apenas um valor em 2016), antecipa-se que esta zona seja problemática considerando as características das suas origens de água.

O sistema Pico da Carreira deverá continuar a ser monitorizado, bem como as suas origens, para se confirmar se os valores de fluoreto acima de 1,5 mg/L são esporádicos ou se poderão ser preocupantes.

A ausência de informação sobre as origens de água das zonas de abastecimento do Sistema Central, Capelas Monte Alegre e Sistema dos Remédios não permite estabelecer para já uma proposta de solução/prevenção para estas ZA.



A cor e o tipo de linha (cheia ou tracejada) das setas identifica a captação (origem) associada a cada zona de abastecimento.

Figura 5.1 – Correspondência entre as zonas de abastecimento onde se detetaram incumprimentos em fluoreto ou concentrações próximas do VP e as respetivas origens de água, no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel

No Quadro 5.1 sintetizam-se as propostas para as ZA problemáticas ou potencialmente problemáticas.

**Quadro 5.1 – Propostas para as zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores de fluoreto, no concelho de Ponta Delgada, São Miguel**

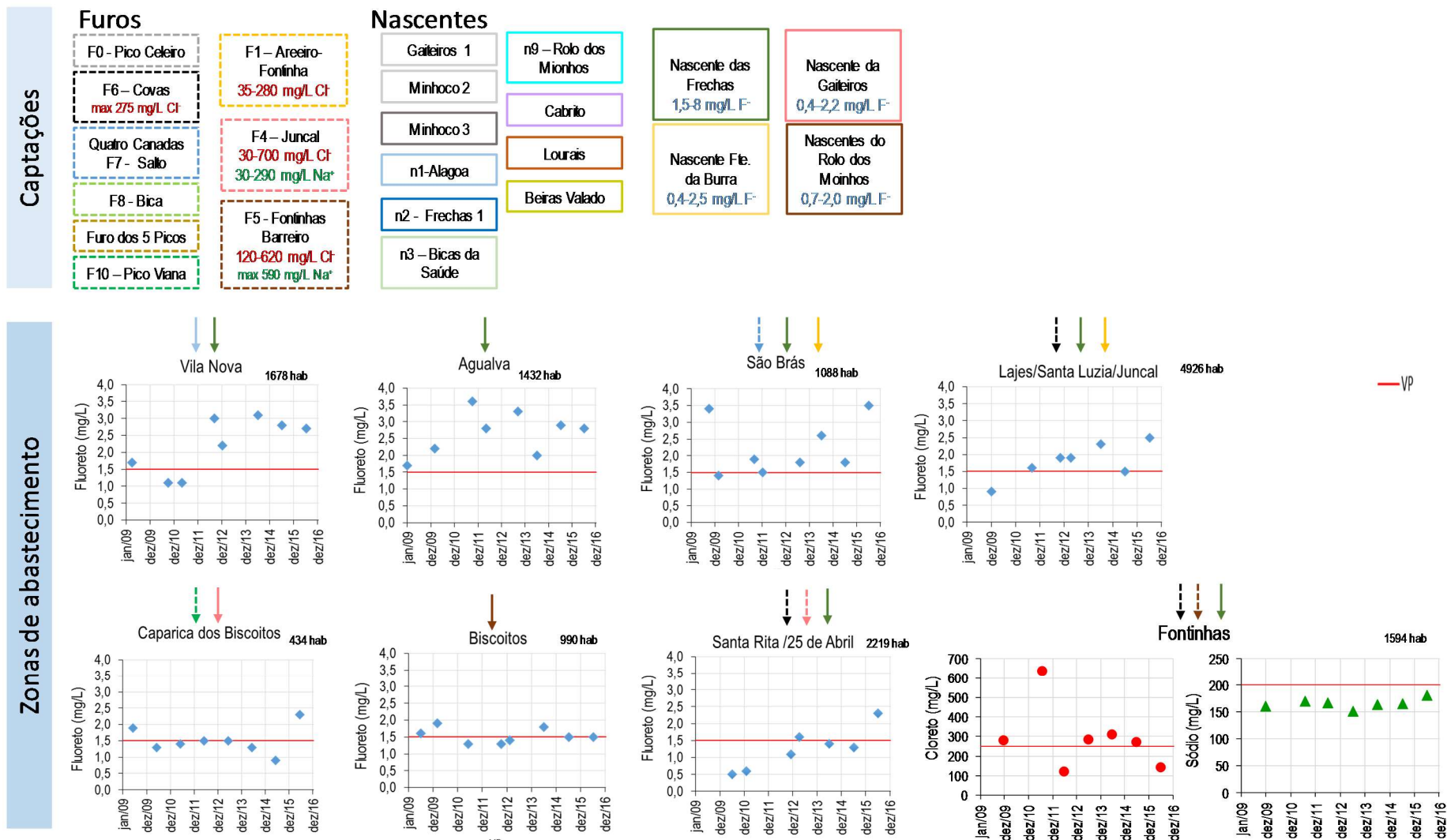
Zonas de abastecimento	Solução proposta	Observações
Feteiras	Manter a gestão de origens praticada em 2013 - 2016	Com um incumprimento em 2012
Mosteiros e Bretanha	Manter a gestão de origens praticada em 2015 e 2016	ZA com incumprimentos nos anos anteriores a 2014
Sete Cidades	Gestão de origens semelhante à praticada desde 2012 acrescendo com água de outras nascentes isentas de fluoreto (e.g., Moinho dos Mosteiros; Rocha de Santo António). Uma mistura conservativa poderia ser: $Q_{\text{Moinhos (Sete Cidades)}} + Q_{\text{Rego}} \leq 2/3 Q_{\text{total}}$ $Q_{\text{nascente}} \geq 1/3 Q_{\text{total}}$	ZA com 1,5 a 1,8 mg/L F <sup>-</sup>
Sistema dos Piquinhos	Manter a gestão atual de origens e assegurar a que a contribuição da nascente Moinhos dos Mosteiros corresponde a, pelo menos, 1/3 do volume total (valor conservativo) Aumentar a frequência de monitorização do fluoreto	ZA com apenas uma análise de fluoreto entre 2014 e 2016
Sistema Pico da Carreira	Manter gestão de origens praticada em 2015 e 2016	ZA com um incumprimento e duas análises com valores próximos de VP em 2014
Sistema Central	Misturar atual origem com outra, sem problemas de F <sup>-</sup> , de modo a $Q_{\text{nova origem}} \geq 1/3 Q_{\text{total}}$	ZA com dois incumprimentos e duas análises com valores próximos de VP em 2015-2016
Sistema da Terra	Manter origem Aumentar a frequência da monitorização e, se se vier a detetar incumprimentos no fluoreto, misturar origem com, por exemplo, JK3 (abastece o sistema da Arquinha que mantém níveis de F <sup>-</sup> abaixo de 0,6 mg/L desde 2014)	Sem incumprimento mas com valores próximos de VP

Se a gestão das origens não for suficiente, poderão equacionar-se as tecnologias de tratamento apresentadas em 5.3 para controlo de fluoreto.

## 5.5 Terceira – concelho da Praia da Vitória

Os dados disponíveis permitiram identificar, no concelho da Praia da Vitória da ilha Terceira, sete zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em fluoreto ou com valores muito próximos do valor paramétrico, designadamente, Biscoitos, Caparica dos Biscoitos, Aqualva, Vila Nova, São Brás, Lajes/Santa Luzia/Juncal e Santa Rita/25 de Abril. Esta última, apresentou também histórico de incumprimento nos valores de cloreto e sódio em 2010. A zona de abastecimento das Fontinhas, também deve merecer atenção por apresentar recorrentemente incumprimentos no parâmetro cloreto.

Na Figura 5.2 apresenta-se o histórico dessas zonas de abastecimento em termos de concentração em fluoreto, ou cloreto e sódio (no caso da ZA Fontinhas), e identificam-se as respetivas origens de água, com indicação dos teores em fluoreto, cloreto e sódio quando estes forem superiores aos respetivos VP.



A cor e o tipo de linha (cheia ou tracejada) das setas identifica a captação (origem) associada a cada zona de abastecimento.

Figura 5.2 – Correspondência entre as zonas de abastecimento onde se detetaram incumprimentos em fluoreto, cloreto e sódio ou concentrações próximas do VP, e as respetivas origens de água, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

À semelhança do proposto para o concelho de Ponta Delgada, na ilha de São Miguel, a substituição ou a mistura de origens poderá permitir o controlo do fluoreto e do cloreto na água distribuída no concelho da Praia da Vitória, na ilha Terceira.

No Quadro 5.2 sintetizam-se as propostas para as ZA problemáticas ou que poderão tornar-se problemáticas, i.e. com concentrações em fluoreto ou em cloreto próximas dos respetivos VP.

Quadro 5.2 – Propostas para as zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em fluoreto e cloreto, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

Zonas de abastecimento	Solução proposta	Observações
Vila Nova	Manter a mistura das origens atuais, Frechas e n1-Alagoa, mas assegurar que o caudal proveniente das Frechas não excede 1/4 do total (i.e., $Q_{\text{Frechas}} \leq \frac{1}{4} Q_{\text{total}}$ e $Q_{\text{n1-Alagoa}} \geq \frac{3}{4} Q_{\text{total}}$ ; exemplo conservativo)	ZA com incumprimentos em F <sup>-</sup> desde 2012
Aigualva	Misturar a origem atual (nascente das Frechas) com uma ou mais origens sem problemas de fluoreto, cloreto e sódio, como, por exemplo, os furos F6-Covas, F7-Salto, ou a nascente n1-Alagoa, de modo que $Q_{\text{Frechas}} \leq \frac{1}{4} Q_{\text{total}}$ e $Q_{\text{F6, F7, n-1Alagoa}} \geq \frac{3}{4} Q_{\text{total}}$ (exemplo conservativo)	ZA com incumprimentos nos anos anteriores a 2014
São Brás	Manter as origens atuais, nascente das Frechas, nascente da Fonte da Burra e furo F7 - Salto, mas assegurar que a soma dos caudais provenientes das Frechas e da Fonte da Burra não excede 1/4 do total (i.e., $Q_{\text{nasc.Frechas}} + Q_{\text{Fonte da Burra}} \leq \frac{1}{4} Q_{\text{total}}$ e $Q_{\text{F7}} \geq \frac{3}{4} Q_{\text{total}}$ ; exemplo conservativo)	ZA com incumprimentos em F <sup>-</sup> ou com valores próximos de VP desde 2009
Lajes/ Santa Luzia/ Juncal	Manter as origens atuais, nascente das Frechas, nascente da Fonte da Burra e furo F6-Covas, mas assegurar que a soma dos caudais provenientes das Frechas e da Fonte da Burra não excede 1/4 do total (i.e., $Q_{\text{Frechas}} + Q_{\text{FBurra}} \leq \frac{1}{4} Q_{\text{total}}$ e $Q_{\text{F6}} \geq \frac{3}{4} Q_{\text{total}}$ ; exemplo conservativo)	ZA com incumprimentos em F <sup>-</sup> ou com valores próximos de VP desde 2011
Caparica dos Biscoitos	Manter as origens atuais, nascentes de Gaiteiros, e furo F10-Pico Viana, mas assegurar que o caudal proveniente das nascentes de Gaiteiros não ultrapassa 1/2 do caudal total (i.e., $Q_{\text{Gaiteiros}} \leq \frac{1}{2} Q_{\text{total}}$ e $Q_{\text{F10}} \geq \frac{1}{2} Q_{\text{total}}$ ; exemplo conservativo)	ZA com incumprimentos em F <sup>-</sup> ou com valores próximos de VP desde 2009
Biscoitos	Misturar a atual origem (nascentes do Rolo dos Moinhos) com outra, sem problemas de F <sup>-</sup> , como, por exemplo, o furo F10-Pico Viana, de modo que $Q_{\text{Rolo dos Moinhos}} \leq \frac{1}{2} Q_{\text{total}}$ (exemplo conservativo)	ZA com incumprimentos em F <sup>-</sup> ou com valores próximos de VP desde 2009
Santa Rita / 25 de Abril	Manter as origens atuais, nascente das Frechas, furo F4–Juncal e furo F6-Covas, e assegurar a sua mistura adequada; por exemplo (proporção conservativa): $Q_{\text{Frechas}} = \frac{1}{4} Q_{\text{total}}$ , $Q_{\text{F6}} = \frac{1}{2} Q_{\text{total}}$ e $Q_{\text{F4}} = \frac{1}{4} Q_{\text{total}}$	ZA com incumprimentos em F <sup>-</sup> ou com valores próximos de VP desde 2012
Fontinhas	Manter as origens atuais, nascente das Frechas, furos F5 – Fontinhas Barreiro e F6-Covas. Assegurar a mistura adequadas das origens, por exemplo, na seguinte proporção (conservativa): $Q_{\text{Frechas}} = \frac{1}{4} Q_{\text{total}}$ , $Q_{\text{F5}} = \frac{1}{4} Q_{\text{total}}$ e $Q_{\text{F6}} = \frac{1}{2} Q_{\text{total}}$	ZA com incumprimentos em Cl <sup>-</sup> entre 2009 e 2015

Além das origens referidas no Quadro 4.6, o furo SB1 – Fajãs da Agualva (que resultou de uma prospeção bem sucedida realizada em 2009) poderá ser uma opção a considerar para mistura de origens, em particular no caso da ZA Agualva. De acordo com o Relatório de Sondagens (Sondagens Batalha, Lda., 2009), o caudal de exploração do furo corresponde a 50 m<sup>3</sup>/h e a qualidade da água é a apresentada no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Análise química da água do furo SB1-Fajãs da Agualva (Sondagens Batalha, Lda., 2009)

Aniões	Valor	Unidades	Catiões	Valor	Unidade
Bicarbonato	29,9	mg HCO <sub>3</sub> /L	Azoto amoniacal	< 0,05	mg NH <sub>4</sub> /L
Cloreto	19	mg/L	Cálcio	2,7	mg/L
Fluoreto	0,5	mg/L	Ferro	0,10	mg/L
Nitrato	5,9	mg NO <sub>3</sub> /L	Magnésio	2,1	mg/L
Nitrito	< 0,010	mg NO <sub>2</sub> /L	Potássio	3,5	mg/L
Sulfato	4,7	mg SO <sub>4</sub> /L	Sódio	19,6	mg/L

Se a gestão das origens não for suficiente, poderão equacionar-se as tecnologias de tratamento apresentadas em 5.3 para controlo de fluoreto e/ou cloreto e sódio.

## 5.6 Graciosa

Na ilha Graciosa identificaram-se sete zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em cloreto e sódio ou com concentrações muito próximas do valor paramétrico, designadamente, Sul, Feteira/Pontal, Nova, Tanque, Norte e Fontes. Na Figura 5.3 apresenta-se o histórico dessas zonas de abastecimento em termos de concentração em cloreto e sódio, e identificam-se as respetivas origens de água, com indicação dos teores em cloreto e sódio, quando estes são superiores aos respetivos VP.

No Quadro 5.4 sintetizam-se as propostas para cada ZA problemática ou com concentrações em cloreto e/ou em sódio próximas dos respetivos VP. Essas propostas assentam na substituição ou na mistura de origens.

Se a gestão das origens não for suficiente, poderão equacionar-se as tecnologias de tratamento apresentadas em 5.3 para controlo de cloreto e sódio.

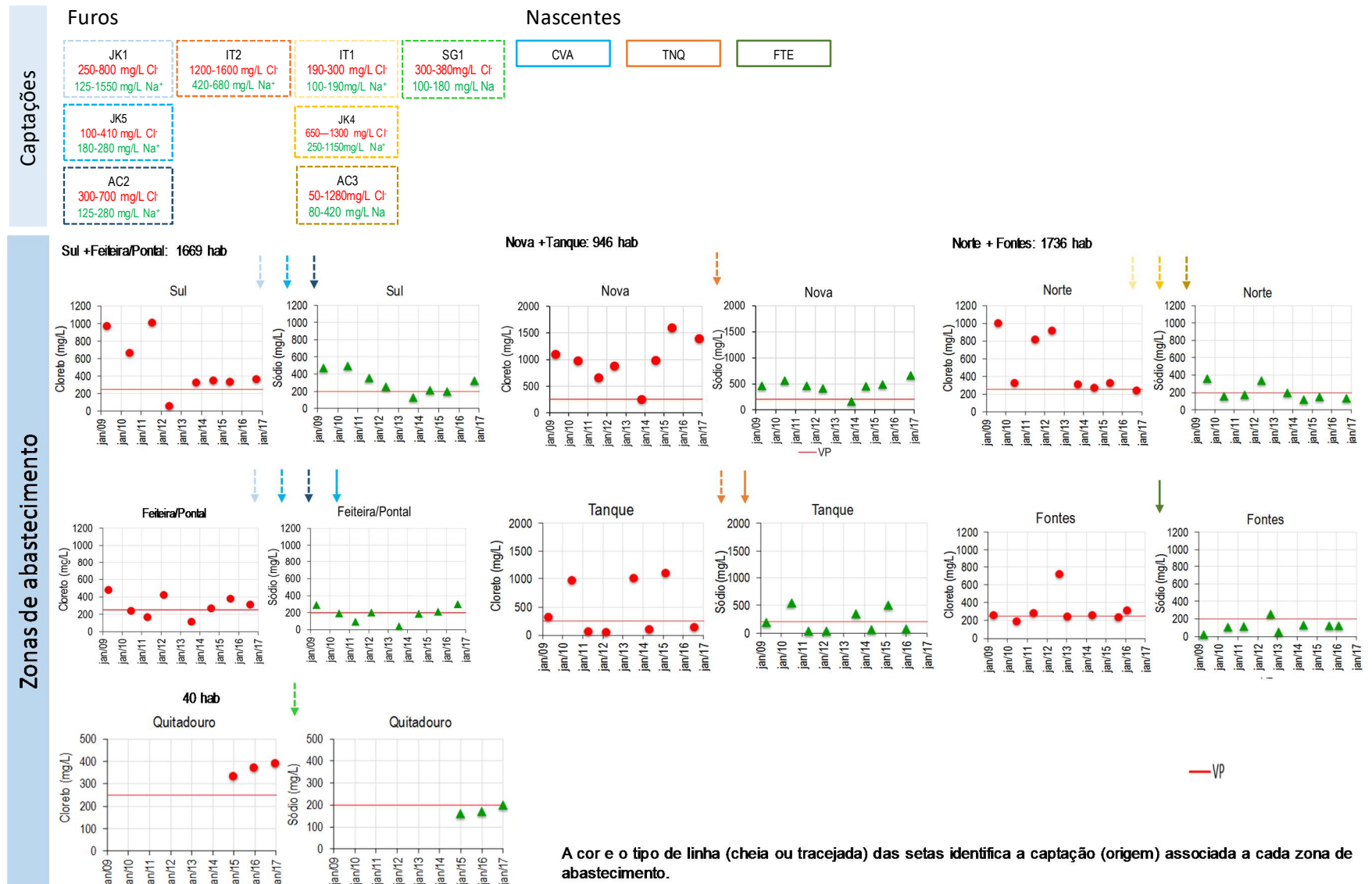


Figura 5.3 – Correspondência entre as zonas de abastecimento onde se detetaram incumprimentos em cloreto e sódio ou concentrações próximas do VP, e as respetivas origens de água, na ilha Graciosa



**Quadro 5.4 – Propostas para as zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em cloreto e sódio, na ilha Graciosa**

Zonas de abastecimento	Solução proposta	Observações
Sul	Misturar as origens atuais (furos JK1, JK5 e AC2) com água proveniente das nascentes CVA numa proporção que assegure a diluição adequada dos sais provenientes dos furos, por exemplo, $Q_{CVA} = \frac{3}{4} Q_{total}$ ou $Q_{CVA} = \frac{1}{2} Q_{total}$ , se $Q_{JK1} \leq \frac{1}{3} Q_{total}$	ZA com incumprimentos em cloreto e incumprimentos, ou próximo dele, em sódio, desde 2009
Feteira/Pontal	Manter as origens atuais (furos JK1, JK5, AC2 e nascentes CVA) e aumentar a contribuição das nascentes CVA para assegurar a diluição adequada dos sais provenientes dos furos, por exemplo $Q_{CVA} = \frac{3}{4} Q_{total}$ ou $Q_{CVA} = \frac{1}{2} Q_{total}$ , se $Q_{JK1} \leq \frac{1}{3} Q_{total}$	ZA com incumprimentos em cloreto e em sódio, ou próximo deles, desde 2009
Nova	Deixar de usar o furo IT2 e utilizar as nascentes TNQ e/ou FTE como origem de água. Em alternativa, misturar IT2 com TNQ e/ou FTE, desde que seja possível assegurar, por exemplo, a seguinte proporção de caudais (conservativa): $Q_{IT2} = \frac{1}{7} Q_{total}$ e $Q_{nascentes} = \frac{6}{7} Q_{total}$ .	ZA com incumprimentos muito elevados em cloreto e em sódio, desde 2009
Tanque	Deixar de usar o furo IT2 e manter as nascentes TNQ como origem de água ou, caso seja necessário manter as duas origens, garantir que os sais provenientes de IT2 são diluídos com a mistura de origens; usar por exemplo $Q_{IT2} = \frac{1}{7} Q_{total}$ e $Q_{TNQ} = \frac{6}{7} Q_{total}$ . Poderá equacionar-se a utilização das nascentes FTE, como sugerido para a ZA Nova	ZA com alternância de incumprimentos / cumprimentos, no período 2009-20016, em termos de cloreto e de sódio
Norte	Manter a gestão das origens semelhante à praticada em 2015-2016 e acrescentar água proveniente das nascentes FTE, por exemplo, de modo que $Q_{FTE} = \frac{1}{3} Q_{total}$	ZA com incumprimentos em cloreto, muito elevados entre 2009 e 2012, e com alguns incumprimentos em sódio
Fontes	Manter origem e controlar possíveis intrusões de outras origens nos pontos de mistura	ZA com teores em cloreto iguais ou próximos de VP. As concentrações em cloreto e sódio são, por vezes, superiores aos registados na origem
Quitadouro	Misturar a origem atual (furo SG1) com água das nascentes FTE, por exemplo, na seguinte proporção de caudais (conservativa): $Q_{SG1} = \frac{2}{3} Q_{total}$ e $Q_{nascentes} = \frac{1}{3} Q_{total}$ .	ZA pouco povoada (40 hab.), com incumprimentos em cloreto;

Em alternativa ou complementarmente às propostas apresentadas no Quadro 5.4, sugere-se:

- i. o estabelecimento de uma rede de abastecimento única para toda a ilha, com contribuição de todas as captações que, de forma “sincopada”, deverão funcionar em função do seu grau de salinização. A gestão criteriosa das origens permitirá minimizar o efeito cone resultante da exploração excessiva dos aquíferos basais e, assim, controlar os processos de salinização dos mesmos;
- ii. a implementação de medidas para incentivar o consumo parcimonioso de água, em particular no setor agropecuário, e a redução dos consumos não faturados – estas medidas contribuirão para minimizar a salinização dos aquíferos basais;
- iii. o estudo da possibilidade de construir uma captação no sector E da ilha, de forma a obter-se três origens de água suficientemente afastadas entre si, impedindo a interceção dos efeitos de cone basais;

- iv. o estudo do efeito do cloreto na corrosão das condutas de abastecimento (AWWA, 1999) e consequente efeito nas perdas de água.

## 5.7 Pico

Na ilha do Pico foram identificadas, nos concelhos da Madalena e das Lajes do Pico, seis zonas com histórico de incumprimentos nos teores em cloreto e/ou sódio. No concelho de S. Roque do Pico não se detetaram incumprimentos nesses parâmetros; porém, a ZA Santa Luzia é identificada nesta secção por ter dados de monitorização próximos dos VP para o cloreto e sódio.

Na Figura 5.4 apresenta-se o histórico dessas zonas de abastecimento em termos de concentração cloreto e sódio (e de fluoreto, no caso da ZA Bandeiras), e identificam-se as respetivas origens de água, com indicação dos teores em cloreto e sódio, quando são superiores aos respetivos VP.

No Quadro 5.5 sintetizam-se as propostas para cada ZA problemática ou que poderá tornar-se problemática, *i.e.* com concentrações em cloreto, em sódio ou fluoreto próximas dos respetivos VP. Essas propostas assentam na substituição ou na mistura de origens.

Se a gestão das origens não for suficiente, poderão equacionar-se as tecnologias de tratamento apresentadas em 5.3 para controlo de cloreto e sódio.

Em alternativa ou em adição às propostas apresentadas no Quadro 5.5 sugere-se:

- i. o estabelecimento de um modelo de gestão integrada da água que envolva todas as entidades gestoras da água (municípios e IROA – Instituto Regional de Ordenamento Agrário);
- ii. o estabelecimento de uma rede de distribuição de água única, onde a gestão criteriosa dos caudais extraídos nos furos permita minimizar o efeito cone resultante da exploração excessiva dos aquíferos basais e, assim, controlar os processos de salinização;
- iii. a implementação de medidas para incentivar o consumo parcimonioso de água, em particular no setor agropecuário, e a redução dos consumos não faturados – estas medidas contribuirão para minimizar a salinização dos aquíferos basais;
- iv. a realização de um estudo hidrogeológico da ilha que inclua a utilização de técnicas complementares de deteção de água, nomeadamente, prospeção geoelétrica, na área no Planalto Central, onde as precipitações anuais ultrapassam 4000 mm;
- v. o estudo da possibilidade de captar e armazenar águas superficiais;
- vi. o estudo do efeito do cloreto na corrosão das condutas de abastecimento (AWWA, 1999) e consequente efeito nas perdas de água.

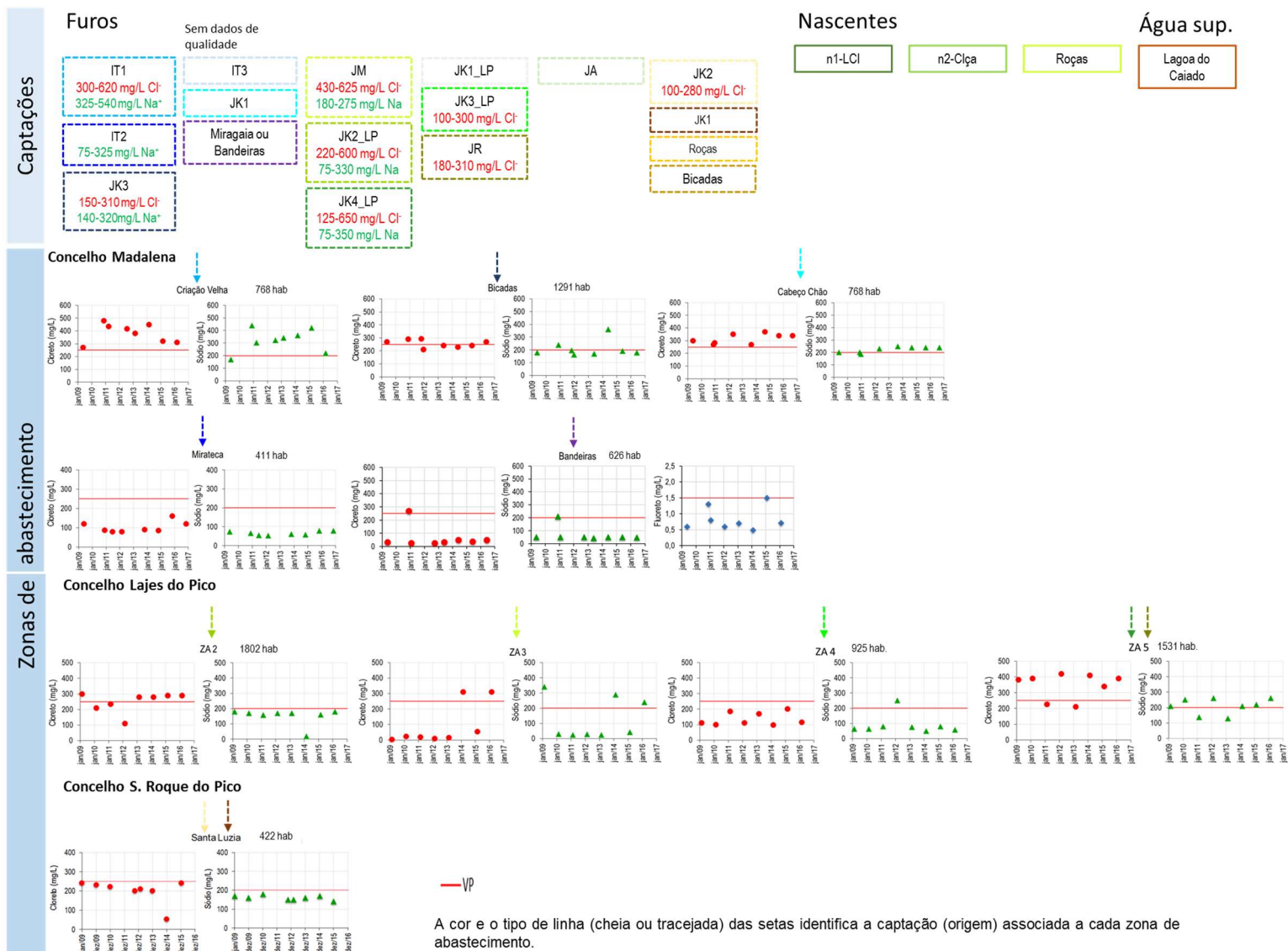


Figura 5.4 – Correspondência entre as zonas de abastecimento onde se detetaram incumprimentos em cloreto e sódio ou concentrações próximas do VP, e as respetivas origens de água, na ilha do Pico

**Quadro 5.5 – Propostas para as zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em cloreto e sódio, na ilha do Pico**

<b>Zonas de abastecimento</b>	<b>Solução proposta</b>	<b>Observações</b>
<b>Concelho da Madalena</b>		
Criação Velha	Misturar a atual origem (furo IT1) com água proveniente dos furos IT3 e/ou Miragaia/Bandeiras (estas origens abastecem duas zonas sem problemas em cloreto e sódio). A mistura deverá garantir a diluição adequada dos sais provenientes de IT1, por exemplo, $Q_{IT1} = 1/3 Q_{total}$ (valor conservativo)	ZA com incumprimentos em cloreto e sódio, desde 2009
Bicadas	Misturar a atual origem (furo JK3) com água proveniente dos furos IT3 e/ou Miragaia/Bandeiras (estas origens abastecem duas zonas sem problemas em cloreto e sódio). A mistura deverá garantir a diluição adequada dos sais proveniente de IT1, por exemplo, $Q_{JK3} = 1/2 Q_{total}$ (valor conservativo)	ZA com incumprimentos em cloreto e em sódio, ou próximo deles, desde 2009
Cabeço de Chão	Misturar a atual origem (furo JK1) com água proveniente dos furos IT3 e/ou Miragaia/Bandeiras (estas origens abastecem duas zonas sem problemas em cloreto e sódio). A mistura deverá garantir a diluição adequada dos sais provenientes de IT1, por exemplo, $Q_{JK1} = 1/2 Q_{total}$ (valor conservativo)	ZA com incumprimentos em cloreto e em sódio, ou próximo deles, desde 2009
Bandeiras	Manter a atual origem (furo Miragaia ou Bandeiras) e aumentar a monitorização de fluoreto. Se os incumprimentos neste parâmetro continuarem, fazer mistura adequada com água do furo IT3	ZA com incumprimento recente em fluoreto
Mirateca	Manter a atual origem (furo IT2) e estar alerta para o processo de salinização deste furo, sugerido pelos dados da Figura 4.54 e Figura 4.56	ZA sem incumprimentos em cloreto e sódio, desde 2009, mas servida por origem com alguns incumprimentos em sódio
<b>Concelho das Lajes do Pico</b>		
ZA2	Misturar a atual origem (furo JK2_LP) com água proveniente do furo JK1_LP, por exemplo; $Q_{JK2\_LP} \leq 2/3 Q_{total}$ (valor conservativo). Prestar atenção ao processo de salinização do furo JK2_LP	ZA com incumprimentos em cloreto e com teores em sódio próximos do VP
ZA3	Misturar a atual origem (furo JM) com água proveniente do furo JK1_LP, por exemplo; $Q_{JM} \leq 2/3 Q_{total}$ (valor conservativo). Prestar atenção ao processo de salinização do furo JM	ZA com incumprimentos pontuais em cloreto e em sódio
ZA4	Manter a atual origem (furo JM) e prestar atenção ao a eventuais processos de salinização	ZA sem incumprimentos em cloreto e sódio, desde 2009, mas servida por origem aparentemente em processo de salinização (JK3_LP)
ZA5	Misturar as atuais origens (furo JK4_LP 4 JR) com água proveniente do furo JK1_LP, por exemplo; $Q_{JK4\_LP} = 1/6 Q_{total}$ , $Q_{JR} = 2/6 Q_{total}$ e $Q_{JK1\_LP} = 1/2 Q_{total}$ (valores conservativos)	ZA com incumprimentos em cloreto e em sódio ou com valores próximos dos VP
<b>Concelho de São Roque do Pico</b>		
Santa Luzia	Manter as atuais origens (furos JK1 e JK2), aumentar a frequência de monitorização e, se se justificar, alterar a gestão dos caudais das origens	ZA com teores em cloreto e sódio altos mas inferiores aos VP, servida por uma origem com histórico de incumprimento em cloreto

## 6 | Conclusões e recomendações

### 6.1 São Miguel – concelho de Ponta Delgada

#### 6.1.1 Conclusões

A água para abastecimento humano e agropecuário no concelho de Ponta Delgada, ilha de São Miguel, assenta na exploração do aquífero basal (três furos) e de aquíferos suspensos (nascentes). Apenas a água captada no furo JK3-SP apresenta teores elevados em cloreto e em sódio, associados a processos de salinização muito acentuados do aquífero basal. Do conjunto de captações associadas a aquíferos suspensos, apenas existem dados de fluoreto para três nascentes, os quais apresentam valores elevados.

No concelho de Ponta Delgada existem cinco zonas de abastecimento, com teores em fluoreto acima do valor paramétrico (1,5 mg/L): Mosteiros e Bretanha/Mosteiros Bretanha e Remédios, Sete Cidades, Sistema dos Piquinhos, Sistema Pico da Carreira e Sistema Central; e outras seis com valores próximos de 1,5 mg/L.

#### 6.1.2 Recomendações

O controlo dos teores em fluoreto nas zonas de abastecimento referidas em 6.1.1 poderá ser conseguido com a melhoria da gestão das origens de água. Para os casos identificados, propõe-se a mistura das atuais origens com problemas em fluoreto com outras isentas ou com baixos teores em fluoreto numa proporção que garanta a diluição adequada dos teores em fluoreto. Por exemplo, numa perspetiva conservativa, as origens adicionais, a considerar para cada ZA, deverão representar um terço do caudal total necessário ao abastecimento da respetiva ZA. Esta razão de mistura de origens é conservativa, carece de validação e poderá ter de ser ajustada em função da atualização dos dados de qualidade da água, que poderão modificar-se com as novas taxas de extração sugeridas para cada origem.

### 6.2 Terceira – concelho da Praia da Vitória

#### 6.2.1 Conclusões

A água para abastecimento humano no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira, assenta na exploração do aquífero basal (sete furos) e de aquíferos suspensos (um furo e mais de duas dezenas de nascentes). Os furos que exploram o aquífero basal apresentam teores elevados em cloreto e em sódio, associados a processos de salinização acentuados, por oposição ao que se verifica nas nascentes. Quatro das nascentes associadas a aquíferos suspensos do Pico Alto apresentam teores em fluoreto acima do valor paramétrico.

No concelho da Praia da Vitória identificaram-se sete zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em fluoreto ou com valores muito próximos do valor paramétrico: Biscoitos, Caparica dos Biscoitos, Agualva, Vila Nova, São Brás, Lajes/Santa Luzia/Juncal e Santa Rita/25 de Abril. A ZA Fontinhas apresentou recorrentemente incumprimentos no parâmetro cloreto.

## 6.2.2 Recomendações

O controlo dos teores em fluoreto nas zonas de abastecimento identificadas em 6.2.1 poderá ser conseguido com a melhoria da gestão das atuais origens, podendo-se igualmente ponderar a utilização de novas origens.

Propõe-se a minimização do contributo da nascente das Frechas para o abastecimento de água, através da sua mistura com as outras origens atualmente usadas – o contributo da nascente das Frechas não deverá exceder um quarto do caudal total necessário para servir as zonas de abastecimento Vila Nova, Agualva, Santa Rita/ 25 de Abril e Fontinhas. No caso da ZA Agualva, o recurso ao furo SB1 – Fajãs da Agualva poderá ser uma opção a considerar para mistura de origens.

Nos casos em que há mistura de água das nascentes das Frechas e da Fonte da Burra, a contribuição destas origens não deverá exceder um quarto do caudal total necessário para servir a ZA São Brás e a ZA Lajes/Santa Luzia/Juncal.

A água das nascentes de Gaiteiros deverá ser misturada, por exemplo, na proporção 50:50, com a água proveniente do furo F10 – Pico Viana, no caso da ZA Caparica dos Biscoitos.

Propõe-se também que a água proveniente das nascentes do Rolo dos Moinhos, usada no abastecimento da ZA Biscoitos, seja misturada com outra origem, sem problemas de fluoreto, na proporção 50:50.

As razões propostas para mistura de origens são conservativas, carecem de validação e poderão ter de ser ajustadas em função da atualização dos dados de qualidade da água, que poderão modificar-se com as novas taxas de extração sugeridas para cada origem.

## 6.3 Graciosa

### 6.3.1 Conclusões

A água para abastecimento humano e agropecuário na ilha Graciosa assenta, quase exclusivamente, na exploração do aquífero basal. Esta processa-se sobretudo em dois grupos de captações distintas, cada uma constituída por três furos muito próximos uns dos outros – os furos AC3, JK4 e IT1 na Plataforma de Santa Cruz, e os furos AC2, JK5 e JK1 a NW, na vertente N do maciço da Caldeira. A água captada nestes furos apresenta teores muito elevados em cloreto e em sódio, associados a processos de salinização muito acentuados do aquífero captado.

As zonas de abastecimento com incumprimentos nos teores em cloreto e sódio ou com concentrações muito próximas do valor paramétrico são: Sul, Feteira/Pontal, Nova, Tanque, Norte, Fontes.

### 6.3.2 Recomendações

O controlo dos teores em cloreto e sódio nas zonas de abastecimento referidas em 6.3.1 poderá ser conseguido com a melhoria da gestão das origens, através de misturas que assegurem a diluição adequada dos sais existentes na água das captações tubulares. Em alguns casos, dever-se-á considerar a substituição de origens e/ou adição de novas origens.

Propõe-se a mistura de água das nascentes da Cova I com a água dos furos JK1, JK5, AC2, numa proporção conservativa de 75:25 (nascentes : furos), nos casos das ZA Sul e Feteira/Pontal.

Devido aos elevados teores em cloreto e sódio que apresenta, sugere-se a descontinuação do furo IT2 como origem de água para abastecimento público ou, caso não seja possível, deve assegurar-se que o seu contributo para o caudal total necessário ao fornecimento não exceda 1/7 do caudal total. As nascentes Tanque I a III e/ou da Serra das Fontes I a IX poderão substituir o furo IT2, para assegurar o abastecimento das ZA Nova e Tanque.

Sugere-se ainda a utilização de água na nascente FTE, em adição às atuais origens, para controlar os teores de sais na água que abastece a ZA Norte.

As razões propostas para mistura de origens são conservativas, carecem de validação e poderão ter de ser ajustadas em função da atualização dos dados de qualidade da água, que poderão modificar-se com as novas taxas de extração sugeridas para cada origem.

Propõe-se ainda a consideração das seguintes medidas, do lado da oferta de água:

- i. análise frequente (6 vezes por ano) do teor em cloreto, para se poder estabelecer uma relação entre a sua concentração e os caudais de exploração;
- ii. estudo da salinização dos furos;
- iii. estudo da possibilidade de construir uma captação no sector no sector E da ilha, de forma a obter-se três origens de água suficientemente afastadas entre si, impedindo a interceção dos efeitos de cone basais;
- iv. interligação de todas as ZA da ilha, com contribuição de todas as captações que, de forma “sincopada”, deverão funcionar em função do seu grau de salinização;

e do lado da procura de água:

- v. implementação de medidas para incentivar o consumo parcimonioso de água, em particular no setor agropecuário, e a redução dos consumos não faturados;
- vi. a quantificação e minimização das perdas reais no sistema de abastecimento;
- vii. o estudo do efeito do cloreto na corrosão das condutas de abastecimento e conseqüente efeito no controlo de perdas de água.

## 6.4 Pico

### 6.4.1 Conclusões

A água para abastecimento humano e agropecuário na ilha do Pico assenta sobretudo na exploração do aquífero basal (17 furos), de pequenos aquíferos suspensos (duas nascentes) e de águas superficiais (uma lagoa). A água captada no aquífero basal apresenta, de um modo geral, teores elevados em cloreto e em sódio, associados a processos de salinização, com exceção da água captada nos furos das Roças, Ribeiras e JK1\_LP. A água captada nos aquíferos suspensos apresenta excelente qualidade no que diz respeito a estes dois parâmetros. Não existem dados sobre a concentração em fluoreto nas captações.

No concelho da Madalena identificaram-se três zonas de abastecimento (Criação Velha, Bicadas, Cabeço de Chão) com incumprimentos nos teores em cloreto e/ou sódio e no concelho das Lajes do Pico outras três (ZA2, ZA3, ZA5). No concelho de S. Roque não se detetaram incumprimentos nesses parâmetros.

### 6.4.2 Recomendações

O controlo dos teores em cloreto e sódio nas zonas de abastecimento identificadas em 6.4.1 poderá ser conseguido com a melhoria da gestão das origens, através de mistura com outras origens sem problemas de cloreto e/ou sódio (e.g., IT3 e/ou Miragaia/Bandeiras no concelho da Madalena e JK1\_LP no concelho das Lajes do Pico) que assegurem a diluição adequada dos sais existentes nas captações problemáticas.

Propõe-se ainda a consideração das seguintes medidas, do lado da oferta de água:

- i. análise frequente (6 vezes por ano) do teor em cloreto, para se poder estabelecer uma relação entre a sua concentração e os caudais de exploração;
- ii. o estudo hidrogeológico detalhado dos furos das Roças e Ribeira, São Roque do Pico, tendo em vista a determinação das condicionantes hidrológicas que determinam a qualidade da água detetada nestes furos. Este estudo poderá ser indicativo da localização de outras zonas com características favoráveis idênticas para abertura de novos furos.
- iii. estabelecimento de um modelo de gestão integrada da água que envolva todas as entidades gestoras da água (municípios e IROA);
- iv. interligação de todas as ZA da ilha, onde a gestão criteriosa dos caudais extraídos nos furos permita minimizar o efeito cone resultante da exploração excessiva dos aquíferos basais e, assim, controlar os processos de salinização;
- v. realização de um estudo hidrogeológico da ilha que inclua a utilização de técnicas complementares de deteção de água, nomeadamente, prospeção geoelectrica, no Planalto Central, onde as precipitações anuais ultrapassam 4000 mm;
- vi. estudo da possibilidade de captar e armazenar águas superficiais;



- vii. atualização da cartografia das nascentes na zona da Achada, estudos de prospeção geofísica (geoelétrica) para deteção de eventuais aquíferos suspensos;

e do lado da procura:

- viii. implementação de medidas para incentivar o consumo parcimonioso de água, em particular no setor agropecuário, e a redução dos consumos não faturados;
- ix. a quantificação e minimização das perdas reais no sistema de abastecimento;
- x. o estudo do efeito do cloreto na corrosão das condutas de abastecimento e consequente efeito nas perdas de água.

## 6.5 Conclusões gerais

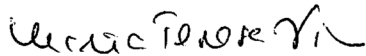
A gestão de origens afigura-se como uma solução eficaz para o controlo de sódio, cloreto e/ou fluoreto nas quatro ilhas, desde que haja um acompanhamento e controlo do processo de salinização dos aquíferos basais através da gestão adequada dos volumes extraídos. Isto requer a monitorização da qualidade da água fornecida para deteção atempada de eventuais alterações não desejadas na qualidade da água, por exemplo resultantes das novas taxas de extração. A medição de caudal nas nascentes é inexistente em algumas das ilhas estudadas, situação que deve ser modificada, especialmente nos casos em que se pretende realizar a mistura de origens para diminuição das concentrações dos iões cloreto e/ou fluoreto. Recomenda-se também a realização dos estudos hidrogeológicos identificados nas secções 5.4 a 5.7.

Em alternativa, ou em complemento à gestão das origens, poderá considerar-se a implementação de processos de tratamento de água eficazes e eficientes económica e ambientalmente, isto é, que consumam o mínimo de reagentes e produzam o mínimo de resíduos, por exemplo a nanofiltração. Esta tecnologia, além de controlar estes iões, permite o controlo de contaminantes orgânicos como pesticidas, fármacos, e assegura a desinfeção da água. Para apoio à tomada de decisão sobre a tecnologia de tratamento mais adequada, recomenda-se a realização, num próximo estudo, de uma análise mais aprofundada do eventual nível de tratamento necessário, considerando outros parâmetros de qualidade, incluindo dados que deverão estar disponíveis para as zonas de abastecimento, via PCQA, e também outros parâmetros em função das pressões existentes em cada local, seguida da análise técnico-económica das hipóteses identificadas.

Lisboa, LNEC, outubro de 2018

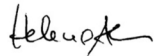
VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e  
Estruturas Hidráulicas



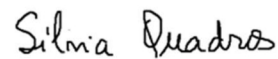
Teresa Viseu

A Diretora do Departamento de Hidráulica e  
Ambiente

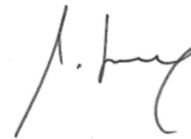


Helena Alegre

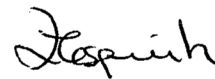
AUTORIA



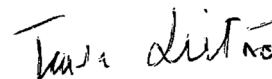
Sílvia Quadros  
Professora Auxiliar  
Universidade dos Açores



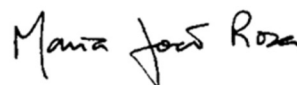
Francisco Cota Rodrigues  
Professor Auxiliar  
Universidade dos Açores



Elsa Mesquita  
Bolsista de Pós-Doutoramento  
LNEC



Teresa E. Leitão  
Investigadora Principal com Habilitação  
LNEC



Maria João Rosa  
Investigadora Principal  
LNEC  
Chefe do Núcleo de Engenharia Sanitária

## Referências bibliográficas

- AHA/DRA, 2015 – **Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores - RH9**. Versão para consulta pública. AHA-DRA, Ponta Delgada.
- AHA-SRAM, 2011 – **Plano de gestão da região hidrográfica dos Açores - RH9**. Relatório técnico. Versão para consulta pública. Ponta Delgada. Açores. Portugal.
- AWWA, 1999 – **Water quality and treatment: a handbook of community water supplies**. American Water Works Association, 5<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, New York, p.17.43.
- AYOUB, S.; GUPTA, A.K.; BHAT, V.T., 2008 – **A conceptual overview on sustainable technologies for the defluoridation of drinking water**. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 38:6, 401-470.
- BHATNAGAR, A.; KUMAR, E; SILLANPÄÄ, M., 2011 – **Fluoride removal from water by adsorption – A review**. Chemical Engineering Journal, 171, 811-840.
- CHEN, A., 2014 – **Design manual: Removal of fluoride from drinking water supplies by activated alumina**. US EPA Office of Research and Development, Washington, DC, EPA/600/R-14/236, 2014.
- CH2M HILL, 2005 – **Hydrogeological Study Report, Lajes Field, Azores, Portugal**. Technical Report, Final.
- CORDEIRO, S.; COUTINHO, R.; CRUZ, J.V., 2012 – **Fluoride content in drinking water supply in São Miguel volcanic Island (Azores, Portugal)**. Science of Total Environment, 432, 23-36.
- CORDEIRO, S.; COUTINHO, R.; CRUZ, J.V., 2015 – **Monitorização de fluoreto em águas captadas para consumo humano em zonas vulcânicas ativas: caso de estudo nos SMAS de Ponta Delgada**. Açoreana, 10, 645-675
- COSTA, S., 2014 – **Avaliação de fluoretos na água de consumo do concelho da Praia da Vitória (ilha Terceira, Açores) e suas consequências a nível da saúde pública**. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Água. Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo. 95 pp.
- COUTINHO, R., 1990 – **Estudo hidrogeológico do Maciço das Sete Cidades**. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 134p.
- CRUZ, J.V., 1997 – **Estudo Hidrogeológico da Ilha do Pico (Açores – Portugal)**. Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores, Departamento de Geociências. 433 pp.
- CRUZ, J.V., 2004 – **Ensaio sobre a água subterrânea nos açores. História, ocorrência e qualidade**. Ed. Secretaria Regional do Ambiente, Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos, 288 p.
- CRUZ, J.V.; SILVA, M.O., 2001 – **Hydrogeologic framework of the Pico island (Azores, Portugal)**. Hydrol. J., 9, 177-189.

- CRUZ, J.V.; AMARAL, C., 2004 – **Estudo hidrogeológico da ilha Graciosa (Açores - Portugal)**. Anais do 7º Congresso da Água “Água – Qualidade de toda a vida”, Lisboa, 8-12 março, APRH, 15 p.
- CRUZ, J.V.; AMARAL, C., 2004 – **Major ion chemistry of groundwaters from perched-water bodies at Azores (Portugal) volcanic archipelago**. Applied Geochemistry, 19, 445-459.
- CRUZ, J.V.; ANDRADE, C., 2017 – **Groundwater salinization in Graciosa and Pico islands (Azores archipelago, Portugal): processes and impacts**. Journal of Hydrology: Regional Studies, 12, 69-87.
- CRUZ, J.V.; COUTINHO, R.; PACHECO, D.; CYMBRON, R.; ANTUNES, P.; FREIRE, P.; MENDES, S., 2011 – **Groundwater salinization in the Azores archipelago (Portugal)**. Environ. Earth Sci., 62, 1273-1285.
- CRUZ, J.V.; ANDRADE, C.; COUTINHO, R., 2014 – **Estado químico das massas de água subterrânea nas ilhas de São Miguel e Santa Maria (Açores, Portugal) de acordo com a Directiva-Quadro da Água**. Comunicações Geológicas, 101, 659-663.
- ERSARA, 2017 – **Relatório anual do controlo da qualidade da água para consumo humano**. Entidade Reguladora de Águas e Resíduos dos Açores. Maio 2017, Horta.
- FREIRE, P.A.T., 2013 – **Recursos hidrominerais dos Açores: hidrogeologia e avaliação do potencial socioeconómico**. Tese de doutoramento. Universidade dos Açores.
- GASPAR, J.L.; QUEIROZ, G., 1995 – **Carta Vulcanológica da ilha Graciosa**. Edição do Centro de Vulcanologia e Avaliação de Riscos Geológicos.
- GASPAR, J.L., 1996 – **Ilha Graciosa (Açores). História vulcanológica e avaliação do perigo**. Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores, Departamento de Geociências.
- LEITÃO, T.E.; HENRIQUES M.J., 2018 – **Análise e acompanhamento dos trabalhos de reabilitação para melhoria da situação ambiental envolvente aos furos de abastecimento de água do concelho de Praia da Vitória, Açores. Análise dos resultados de monitorização**. LNEC - Proc. 0605/121/21177. Relatório 57/2018 – DHA/NRE.
- LOBO FERREIRA, J.P.C.; LEITÃO, T.E.; NOVO, M.E.; OLIVEIRA, L.S.; OLIVEIRA, M.M.; HENRIQUES, M.J.; MARTINS, T., 2010 – **Análise e parecer sobre a situação ambiental nas áreas de captação dos furos de abastecimento no concelho da Praia da Vitória – Açores**. LNEC - Proc. 0607/1/17171. Relatório 424/2010 – DHA/NAS.
- PEREIRA, H.C., 2015 – **Águas Minerais de São Miguel (Açores): percepção pública da sua génese e ocorrência**. Tese de Mestrado. Departamento de Geociências. Universidade dos Açores.
- KRÁSNÝ, J., 1993 – **Classification of Transmissivity Magnitude and Variation**. Groundwater, 31:2, 230-236.
- RODRIGUES, F.C., 2002 – **Hidrogeologia da Ilha Terceira (Açores – Portugal)**. Tese de Doutoramento em Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias – Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo. 417 pp.

RODRIGUES, F.C., 2018 – **Águas subterrâneas no sector oriental da ilha Terceira**. Perspetivas de futuro. Ciclo de Conferências Saberes da Terra. Museu de Angra do Heroísmo, 24 Fevereiro.

ROSA, M.R.; VIEIRA, P.; MENAIA, J., 2009 – **O tratamento de água para consumo humano face à qualidade da água de origem**. Guia Técnico 13. Edição Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. ISBN 978-989-95392-7-3.

SONDAGENS BATALHA, 2009 – **Relatório de execução de um furo de pesquisa e captação de água subterrânea nas Fajãs da Agualva, Praia da Vitória, Ilha Terceira**. Relatório Técnico de Sondagens realizado para a Praia Ambiente.

SREA, 2012 – **Principais resultados definitivos dos censos 1991, 2001 e 2011**. Serviço Regional de Estatística dos Açores.



## Anexos

---





## ANEXO I

### Email a solicitar informação à ERSARA



Date: Thu, 28 Dec 2017 17:56:14 +0000

From: Teresa Leitão <tleitao@lneec.pt>

To: Eng. Hugo Pacheco <Hugo.MF.Pacheco@azores.gov.pt>

CC: Maria João Rosa <mjrosa@lneec.pt>, Sílvia Quadros (uaç) <silvia.ab.quadros@uac.pt>

Caro Eng. Hugo Pacheco,

Espero que se encontre bem, desde o nosso recente telefonema.

No seguimento do Ajuste Direto n.º AJD-ERSARA/2017/14 recentemente assinado entre a ERSARA e o LNEC, vimos por este meio solicitar o envio da informação disponível na ERSARA, relativamente aos seguintes aspetos:

1. Localização e cota das captações afetadas/sinalizadas pela ERSARA:

- coordenadas geográficas (M e P)
- cota topográfica
- cota da boca da captação

2. Principais características das captações, designadamente:

- profundidade
- perfil litológico
- posição/profundidade dos ralos (zona de entrada de água no furo)
- profundidade da bomba de extração
- níveis piezométricos (ao longo do tempo)
- volumes captados (ao longo do tempo)
- caudais de exploração, recomendados e em curso
- transmissividades

3. Características da qualidade da água nas captações afetadas/sinalizadas pela ERSARA:

- análises da qualidade da água para o período 2009-2017 considerando, pelo menos, as concentrações em fluoreto, cloreto e sódio

4. Descrição dos elementos dos sistemas de abastecimento dos concelhos envolvidos, nas zonas de abastecimento afetadas:

- localização em SIG e descrição sumária das componentes dos sistemas (captações, reservatórios, adutoras, redes de distribuição)
- perdas de água (estimadas ou calculadas pela Entidade Gestora)
- população residente em cada zona de abastecimento e sua percentagem relativamente ao concelho

Atendendo ao curto tempo de realização deste estudo, muito agradecemos uma resposta breve ao solicitado.

Melhores cumprimentos e votos renovados de excelente ano 2018.

ANÁLISE DAS ORIGENS DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM DIVERSAS ILHAS DOS AÇORES VISANDO OTIMIZAR A QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO

Tratamento da informação disponível e análise preliminar de propostas de soluções

## ANEXO II

### Quadros com a síntese dos ficheiros recebidos



Quadro II.1 – Ficheiros com informação geral

Ilha		São Miguel	Terceira	Graciosa	Pico		
Concelho		Ponta Delgada	Praia da Vitória	Santa Cruz da Graciosa	Lajes do Pico	Madalena	São Roque do Pico
Operador		SMAS	Praiambiente	CM	CM	CM	CM
Ficheiros com dados	Capt_PONTA_DELGADA.XLSX	X					
	Dados Fluoretos.xlsx	X					
	Captações_PTRA.dbf	X					
	Captações_PRAIA_DA_VITORIA.xlsx		X				
	1_2_Localização e Principais Características.xls		X				
	Furos.dbf (Terceira)		X				
	CM da Graciosa.xls			X			
	Universidade inquérito.xls			X			
	resumo 2009.pdf, totais 2010.pdf, resumo 2011.pdf, resumo 2012.pdf, resumo 2013.pdf, resumo 2014.pdf, resumo 2015.pdf, registo 2016.pdf, registo 2017.pdf			X			
	Furos.dbf (Graciosa)			X			
	Nascentes.dbf (Graciosa)			X			
	DADOS FUIROS_LAJES DO PICO_S333.xls				X		
	Furos Lajes_Noraqua.pdf				X		
	Captagua_RAA_C. M. LAJES DO PICO.dbf				X		
	Caracterização_Rede Abastecimento de Aguas_Lajes_do_Pico.xlsx				X		
	Informação sistema abastecimento água_lajes do Pico.pdf				X		
	Captações_MADALENA.xlsx					X	
	20180316162629.pdf					X	
	Captações_SÃO_ROQUE.xlsx						X
	relatório captações.pdf						X
AHA/DRA (2015). Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores - RH9.pdf				X	X	X	X

Quadro II.2 - Ficheiros com informação da qualidade da água

<b>Ilha</b>	<b>São Miguel</b>	<b>Terceira</b>	<b>Graciosa</b>	<b>Pico</b>			
<b>Concelho</b>	<b>Ponta Delgada</b>	<b>Praia da Vitória</b>	<b>Santa Cruz da Graciosa</b>	<b>Lajes do Pico</b>	<b>Madalena</b>	<b>São Roque do Pico</b>	
<b>Operador</b>	<b>SMAS</b>	<b>Praiamambiente</b>	<b>CM</b>	<b>CM</b>	<b>CM</b>	<b>CM</b>	
Ficheiros com dados	Dados Fluoretos.xlsx	X					
	3_Características Qualidade da Água.xlsx		X				
	Informação dos furos.xls			X			
	DADOS FUIROS_LAJES DO PICO_S333.xls				X		
	Tabelas_Pico_LP.pdf				X		
	PCQA Incumprimentos_2017.pdf				X		
	Cloretos.xls					X	
	Sodio.xls					X	
	Fluoretos.xls					X	
	Ficheiro inicial com pastas 2009 ... 2015	X	X		X	X	X
	DRA_QualidadeAguasInteriores_DadosFisicoQuimicos.xlsx	X	X	X	X	X	X
	Livro1.xlsx	X	X	X		X	X
	CMSRO_Furo das Roças_Nivel hidrodinâmico 6,25_5543_2014.pdf						X
	CMSRO_Furo das Roças_Nivel hidrodinâmico 7,14_5544_2014.pdf						X
	CMSRO_Furo das Roças_Nivel hidrodinâmico_5524_2014-1.pdf						X



### ANEXO III

## Mapas com Zonas de abastecimento do concelho de Ponta Delgada

ANÁLISE DAS ORIGENS DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM DIVERSAS ILHAS DOS AÇORES VISANDO OTIMIZAR A QUALIDADE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO

Tratamento da informação disponível e análise preliminar de propostas de soluções

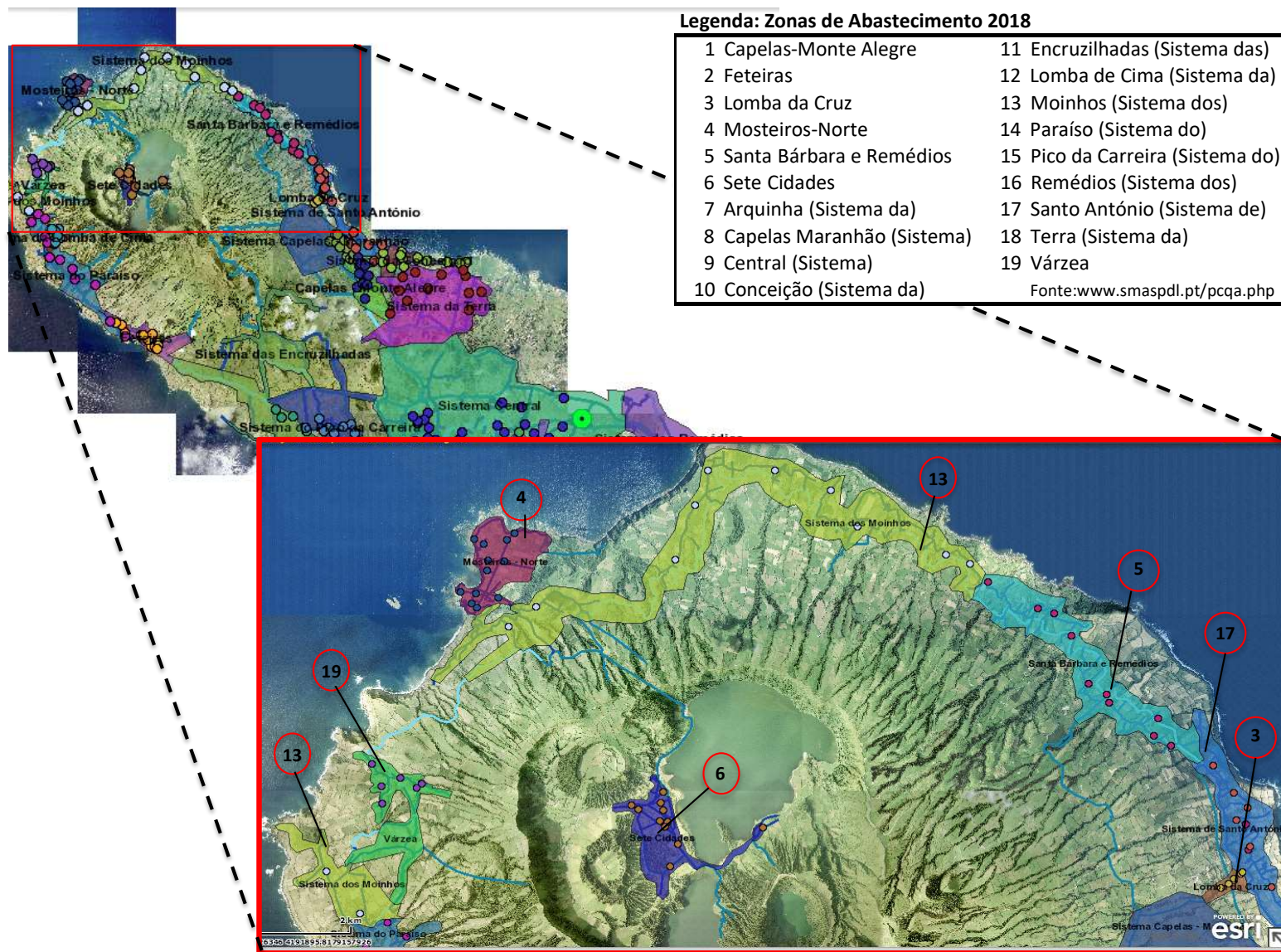


Figura III.1 – Zonas de abastecimento localizadas a NW do concelho de Ponta Delgada, ilha de S. Miguel



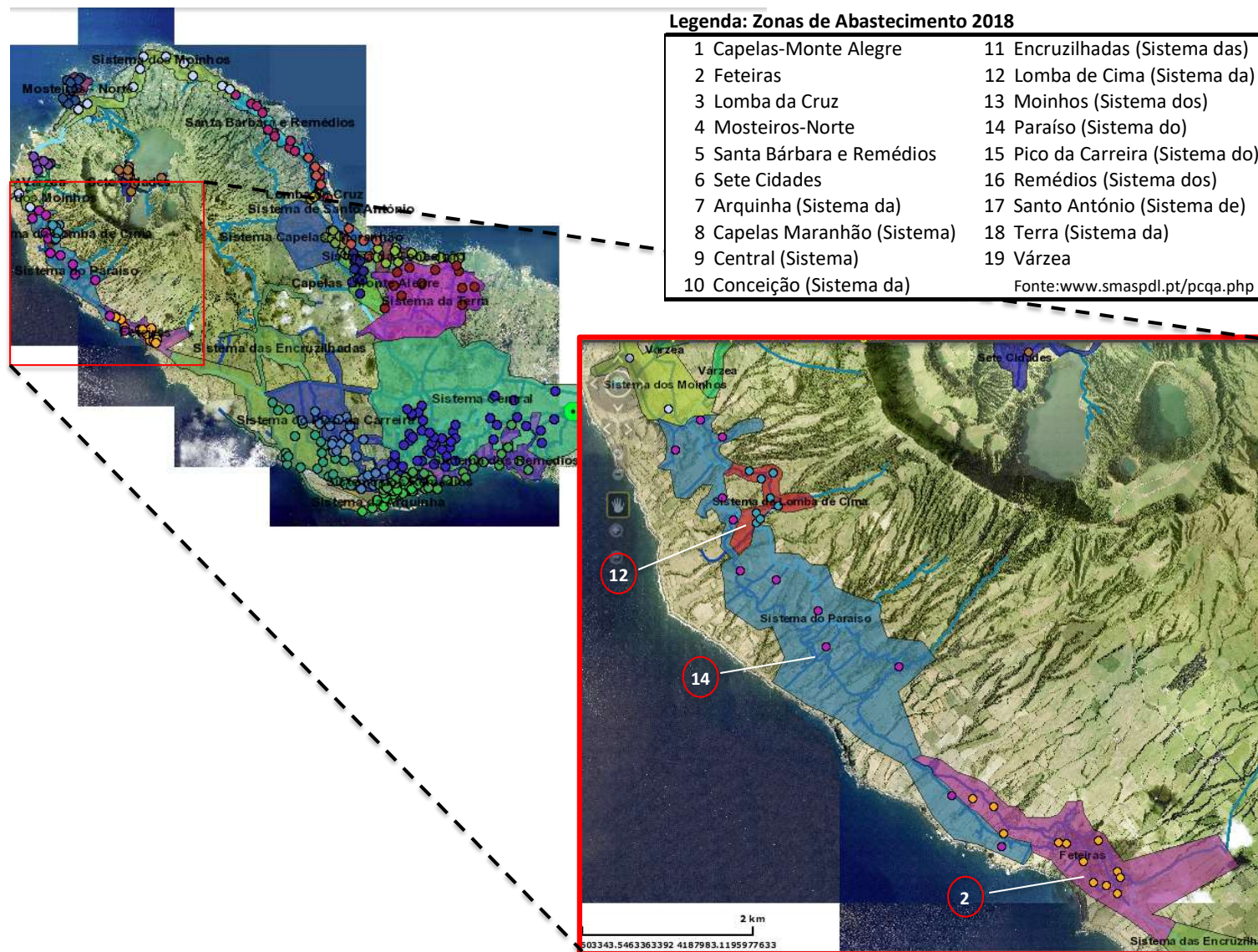


Figura III.2 – Zonas de abastecimento localizadas a SW do concelho de Ponta Delgada, ilha de S. Miguel

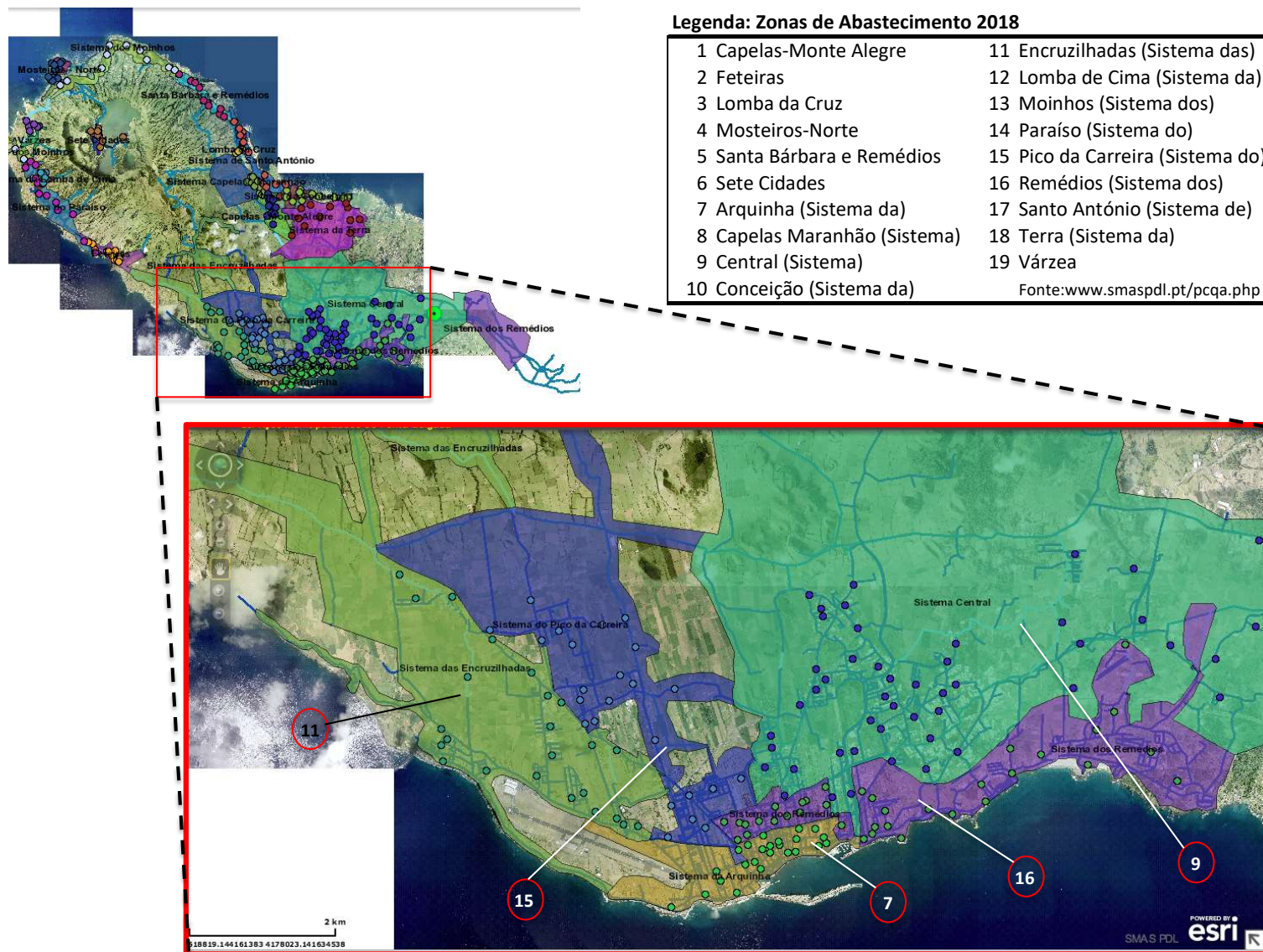


Figura III.3 – Zonas de abastecimento localizadas na zona urbana do concelho de Ponta Delgada, ilha de S. Miguel



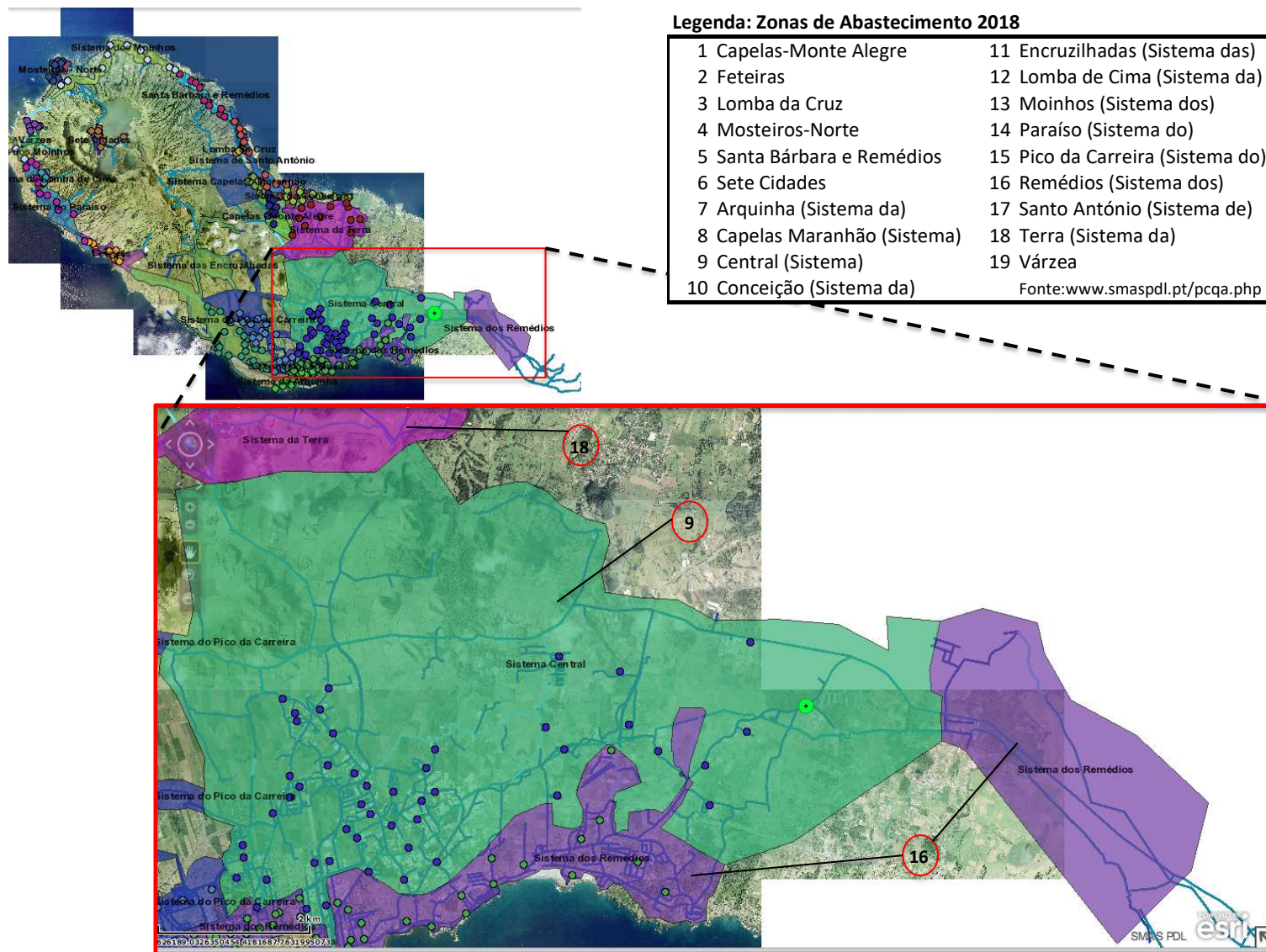


Figura III.4 – Zonas de abastecimento localizadas a SE do concelho de Ponta Delgada, ilha de S. Miguel

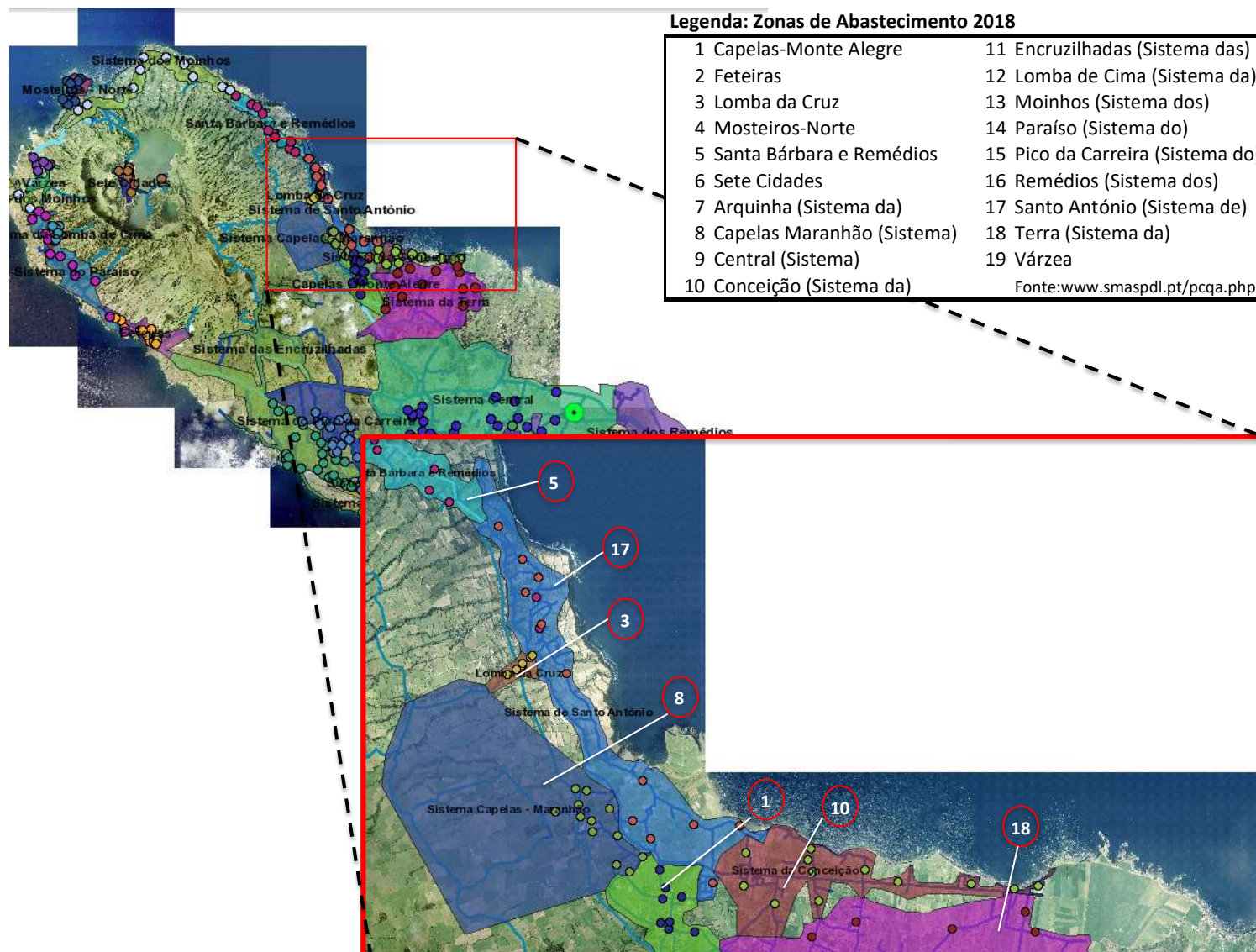


Figura III.5 – Zonas de abastecimento localizadas a N do concelho de Ponta Delgada, ilha de S. Miguel



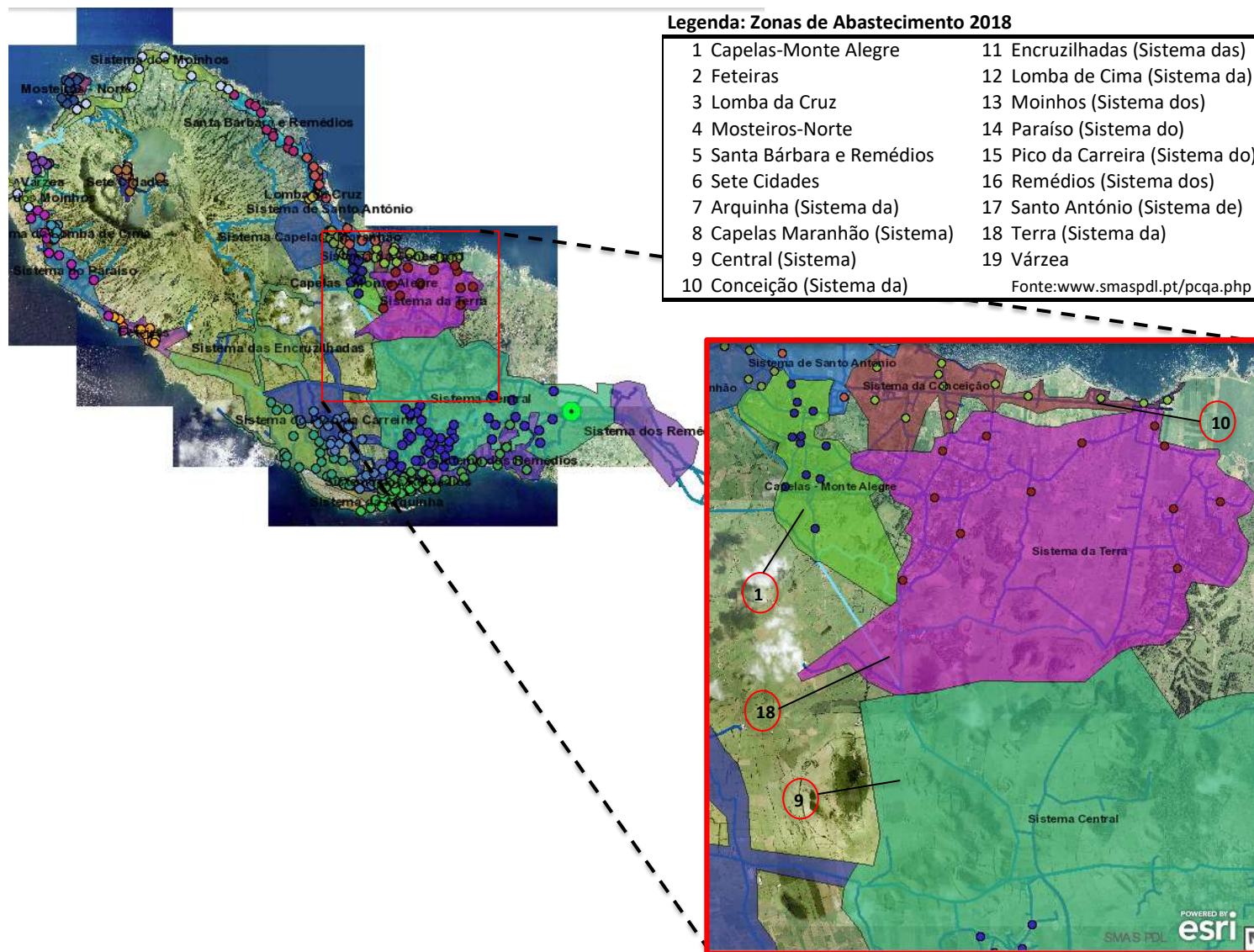


Figura III.6 – Zonas de abastecimento localizadas a N da zona urbana do concelho de Ponta Delgada, ilha de S. Miguel



## ANEXO IV

Qualidade da água nas zonas de abastecimento descontinuadas do concelho de Ponta Delgada e do concelho da Praia da Vitória



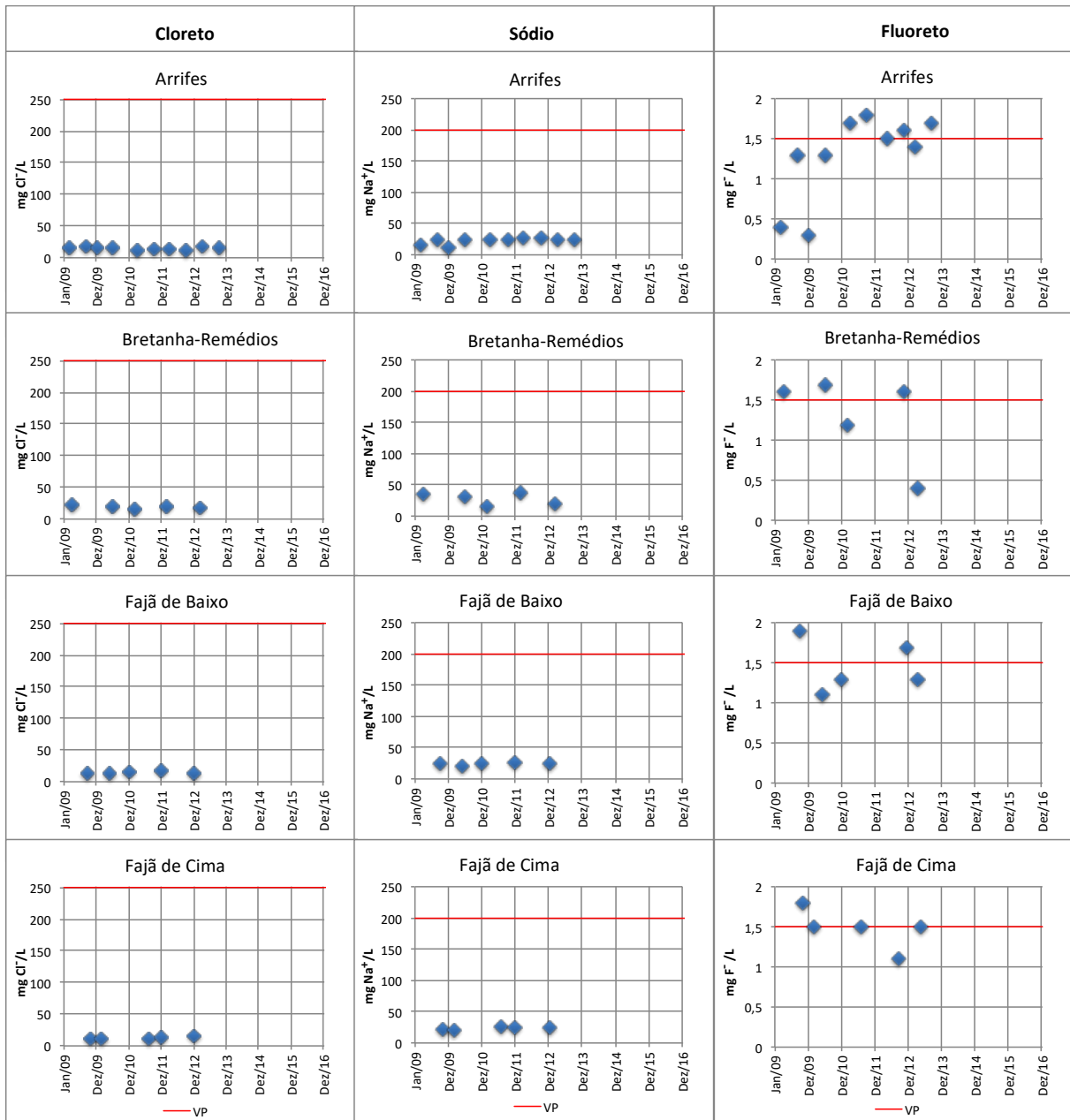


Figura IV.1 – Concentração em cloreto, sódio e fluoreto nas ZA descontinuadas de Arrifes, Bretanha-Remédios, Fajã de Baixo e Fajã de Cima, no concelho de Ponta Delgada, ilha de S. Miguel

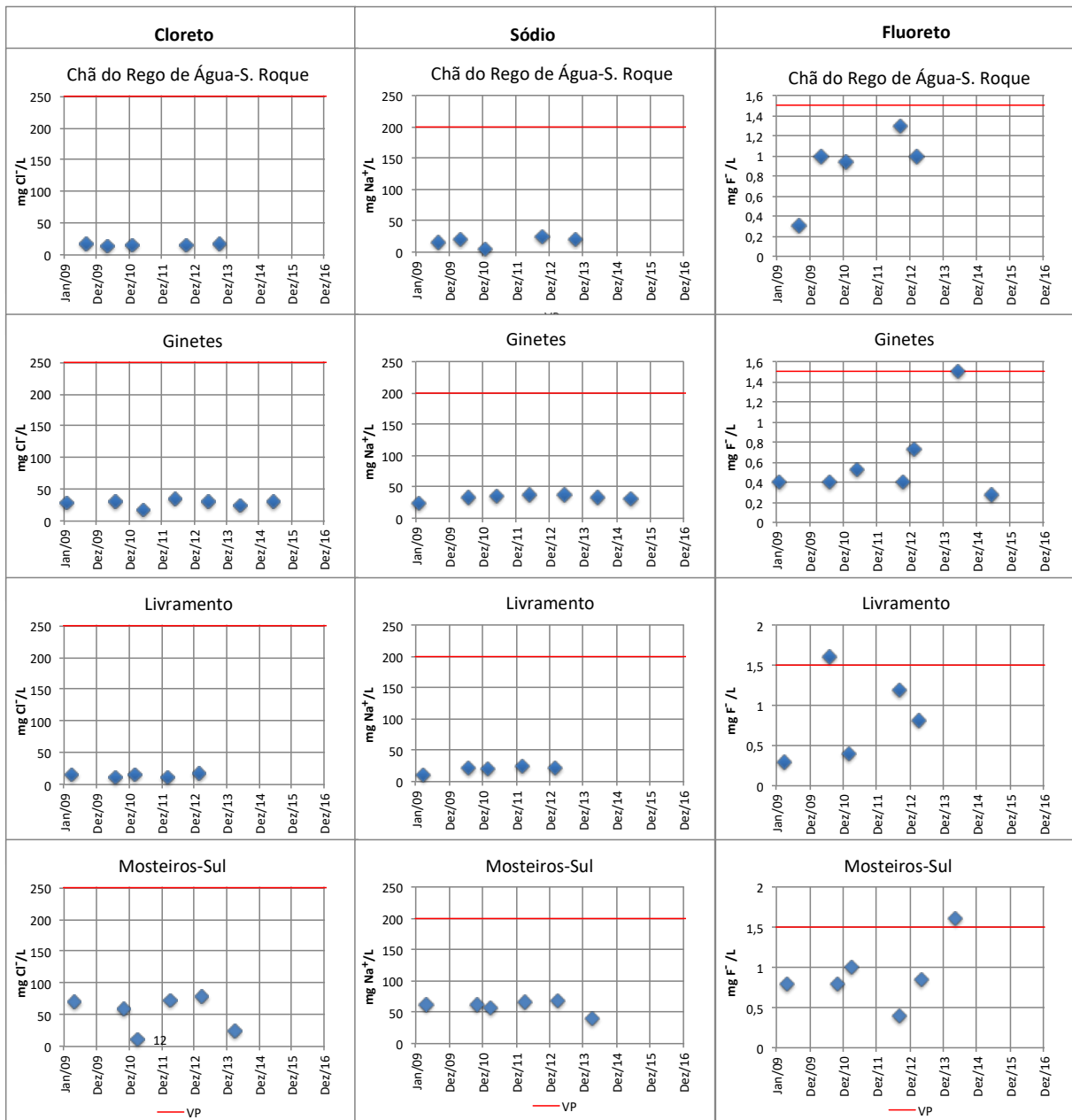


Figura IV.2 – Concentração em cloreto, sódio e fluoreto nas ZA descontinuadas de Chã do Rego de Água-S. Roque, Ginetes, Livramento e Mosteiros Sul, no concelho de Ponta Delgada, ilha de S. Miguel

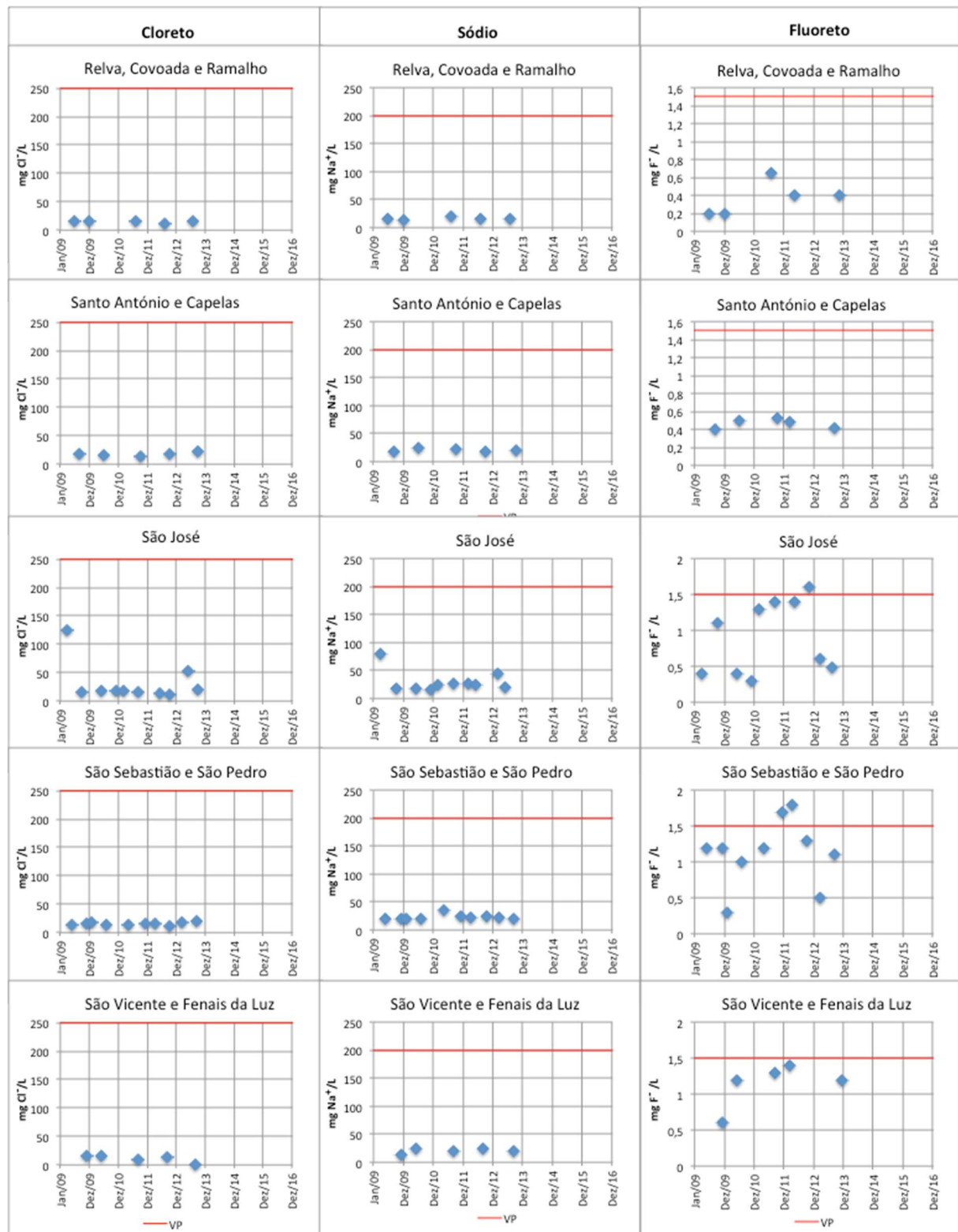


Figura IV.3 – Concentração em cloreto, sódio e fluoreto nas ZA descontinuadas de Relva-Covoada-Ramalho, Santo António-Capelas, São José, São Sebastião-São Pedro e São Vicente-Fenais da Luz, no concelho de Ponta Delgada, ilha de S. Miguel

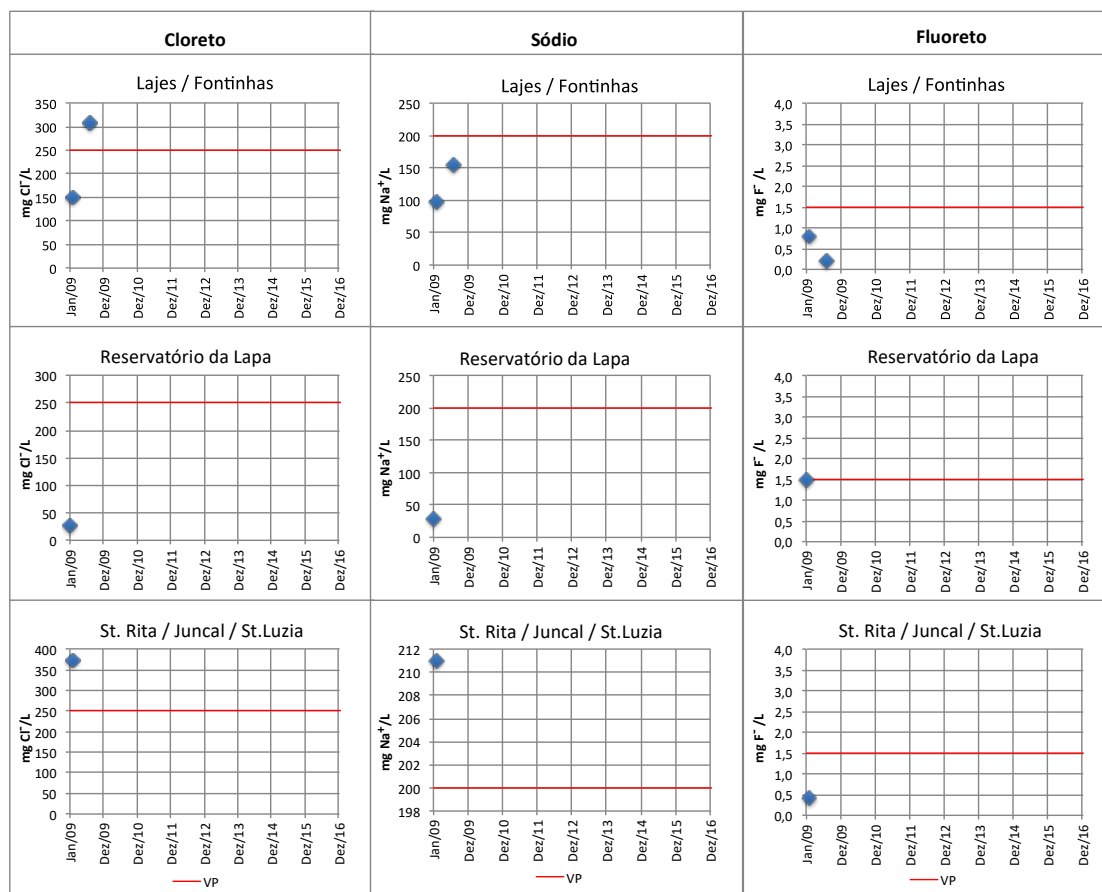


Figura IV.4 – Concentração em cloreto, sódio e fluoreto nas ZA descontinuadas de Lajes/Fontinhas, Reservatório da Lapa e Sta. Rita/Juncal/Sta. Luzia, no concelho da Praia da Vitória, ilha Terceira

