



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

Avaliação do impacte da eventual exploração de ouro do Escoural sobre os recursos hídricos subterrâneos da região da povoação da Boa Fé, Évora

Joana Isabel Tolentino Guerreiro

Orientador: António Alberto Chambel Gonçalves Pedro

Mestrado em Engenharia Geológica

Relatório de Estágio

Évora, 2014



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

Avaliação do impacte da eventual exploração de ouro do Escoural sobre os recursos hídricos subterrâneos da região da povoação da Boa Fé, Évora

Joana Isabel Tolentino Guerreiro

Orientador: António Alberto Chambel Gonçalves Pedro

Mestrado em Engenharia Geológica

Relatório de Estágio

Évora, 2014

À minha família

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL	i
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABELAS	xi
AGRADECIMENTOS	xiii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Metodologia geral.....	3
2. CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
2.1. Enquadramento geográfico, administrativo e cartográfico.....	5
2.2. Enquadramento geomorfológico e hidrográfico.....	7
2.3. Enquadramento geológico	12
2.3.1. Gnaisses granitóides e migmatitos (γ_z).....	15
2.3.2. Corneanas (Z').....	17
2.3.3. Mineralização	17
2.3.4. Geologia dos principais depósitos auríferos	19
2.3.4.1. Depósito de Casas Novas	21
2.3.4.2. Depósito da Chaminé	22
3. CARATERIZAÇÃO HIDROGEOLOGICA DO AQUÍFERO DE MONTEMOR-O-NOVO	23
3.1. Enquadramento	23
3.2. Caraterísticas gerais do aquífero.....	24
3.3. Caraterização hidrodinâmica	25
3.3.1. Piezometria e funcionamento hidráulico	26
3.3.2. Distribuição espacial dos caudais	26
3.4. Caraterização hidroquímica.....	27
3.4.1. Caracterização de parâmetros físico-químicos	28
3.4.1.1. Análise estatística.....	28

3.4.1.2.	Distribuição espacial das variáveis hidroquímicas.....	30
3.4.1.2.1.	Condutividade elétrica	30
3.4.1.2.2.	pH.....	30
3.4.1.2.3.	Dureza total	30
3.4.1.2.4.	Cálcio	31
3.4.1.2.5.	Sódio	31
3.4.1.2.6.	Magnésio.....	31
3.4.1.2.7.	Cloretos	31
3.4.1.2.8.	Sulfatos	32
3.4.1.2.9.	Nitratos.....	32
3.4.2.	Fácies hidroquímicas	32
3.4.3.	Estados de saturação, problemas de incrustação e corrosão.....	33
3.4.4.	Qualidade da água para consumo humano e rega.....	33
3.4.5.	Riscos de contaminação – focos de contaminação pontual e difusa	34
4.	PROSPEÇÃO E PESQUISA DE OURO NA REGIÃO DO ESCOURAL E	
	CARACTERÍSTICAS DA ZONA MINEIRA	37
4.1.	Instalações anexas mineiras.....	37
4.2.	Método de exploração	38
4.3.	Lavaria	41
4.4.	Barragem de rejeitados e escombreira de estéreis	41
4.5.	Utilização da água	44
4.6.	Efluentes líquidos	46
4.7.	Expedição dos concentrados.....	46
4.8.	Número de trabalhadores e horário de trabalho.....	47
4.9.	Fontes de energia	47
5.	ESTUDOS HIDROGEOLOGICOS	49
5.1.	Hidrodinâmica	52
5.1.1.	Caracterização da informação disponível.....	52
5.1.2.	Piezometria e funcionamento hidráulico	52
5.1.3.	Distribuição espacial dos caudais	56
5.1.4.	Caracterização e quantificação de usos	61
5.2.	Hidroquímica.....	62

5.2.1.	Caracterização da informação disponível	62
5.2.2.	Caracterização de Parâmetros Físico-Químicos	67
5.2.2.1.	Temperatura	69
5.2.2.2.	Condutividade Elétrica	69
5.2.2.3.	pH.....	74
5.2.2.4.	Alcalinidade Total	78
5.2.2.5.	Dureza Total	81
5.2.2.6.	Cálcio	83
5.2.2.7.	Sódio.....	86
5.2.2.8.	Potássio.....	88
5.2.2.9.	Magnésio	90
5.2.2.10.	Cloretos	91
5.2.2.11.	Bicarbonato	93
5.2.2.12.	Sulfatos	95
5.2.2.13.	Sílica	98
5.2.2.14.	Nitratos.....	99
5.2.2.15.	Ferro.....	101
5.2.2.16.	Manganês	104
5.2.2.17.	Alumínio	104
5.3.	Fácies Hidroquímicas	104
5.3.1.	Diagrama de Piper	105
5.3.2.	Diagrama de Stiff.....	106
5.3.3.	Diagrama de Schoeller.....	109
5.4.	Qualidade da água para consumo humano	110
6.	ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA POTENCIAL DA EXPLORAÇÃO DAS MINAS NOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS	115
6.1.	Fase de instalação	116
6.1.1.	Rebaixamento do nível freático e disponibilidades hídricas subterrâneas	116
6.1.2.	Qualidade da água subterrânea	117
6.2.	Fase de exploração.....	117
6.2.1.	Rebaixamento do nível freático	117
6.2.2.	Disponibilidades hídricas subterrâneas	122

6.2.3.	Subsidências do terreno	123
6.2.4.	Qualidade da água subterrânea	123
6.3.	Fase de desativação	126
6.3.1.	Rebaixamento do nível freático	126
6.3.2.	Disponibilidades hídricas subterrâneas	127
6.3.3.	Qualidade da água subterrânea	127
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	131
	BIBLIOGRAFIA	137
	LEGISLAÇÃO CONSULTADA	145
	PÁGINAS DA INTERNET CONSULTADAS	147
	ANEXOS	
	ANEXOS I – FIGURAS	
	ANEXOS II – TABELAS	
	ANEXOS III – ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Localização da área em estudo.....	6
Figura 2.2 – Enquadramento geográfico e administrativo da área em estudo.....	6
Figura 2.3 – Extrato da Carta Hipsométrica de Portugal (Instituto Geográfico e Cadastral, 1992). Adaptação com a localização da área do projeto mineiro. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012).....	8
Figura 2.4 – Modelo Digital de Terreno da região em estudo (baseado nas curvas de nível de Portugal continental).....	9
Figura 2.5 – Bacia hidrográfica do rio Sado (PBHS, 2001). Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012).....	10
Figura 2.6 – A) Bacias de drenagem das ribeiras de São Brissos e Valverde, com implantação da área em estudo e das áreas afetadas ao projeto. B) Rede de drenagem da bacia da ribeira de São Brissos, com implantação das áreas afetadas ao projeto. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012).....	11
Figura 2.7 – Rede hidrográfica da área em estudo, com localização das estruturas mineiras previstas e/ou afetadas à mina e pontos de água inventariados.....	11
Figura 2.8 – Unidades tectonoestratigráficas do Maciço Ibérico segundo a recente terminologia proposta por Ribeiro (2006) (Adaptado de Julivert <i>et al.</i> , 1974; Ribeiro <i>et al.</i> , 1990, in Borrego, 2009). Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012).....	13
Figura 2.9 – Extrato da Carta Geológica 40A – Évora, escala 1/50 000, Serviços Geológicos de Portugal, 1969. (Adaptado com a implantação das áreas afetadas ao projeto). Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012).....	15
Figura 2.10 – Mapa geológico com indicação das ocorrências auríferas da área em estudo (Adaptado de Faria <i>et al.</i> , 1997 ^b). Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012).....	18
Figura 2.11 – Geologia detalhada da área de implantação do projeto. Fonte: Iberian Resources, 2011 (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).....	20
Figura 2.12 – Geologia detalhada, em perfil, da área de implantação do projeto. Fonte: Iberian Resources, 2011 (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).....	20
Figura 3.1 – Sistema Aquífero de Évora-Montemor-Cuba.....	24
Figura 3.2 – Distribuição cumulativa dos caudais instantâneos. Fonte: ERHSA (2001).....	27

Figura 4.1 – Corta de Chaminé – Início da exploração (Ano 01). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).....	39
Figura 4.2 – Corta de Chaminé – Fim da exploração (Ano 03). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).....	39
Figura 4.3 – Corta de Casas Novas – Início da exploração (Ano 03). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).....	40
Figura 4.4 – Corta de Casas Novas – Fim da exploração (Ano 05). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).....	40
Figura 4.5 – Localização e principais características construtivas da escombreira e da barragem de rejeitados. [Adaptado (tradução) de Golder Associates, 2008 in CONTECMINA, 2012]. Fonte: EIA – Vol. I – R.N.T. (2013)	42
Figura 4.6 – Escombreira de estéreis (Ano 05). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).....	43
Figura 4.7 – Desenho esquemático da deposição do estéril. Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013)	43
Figura 4.8 – Fluxograma do circuito da água do processamento mineral (Elaborado de acordo com os dados do projeto). Fonte: PGRH (2012)	46
Figura 5.1 – Registo fotográfico de alguns locais de amostragem. E002 – Nascente da Quinta do Escrivão. E003 – Galeria da Quinta do Escrivão. E004 – Nascente da Serra do Conde (Chafariz da Repartição). E005 – Nascente da Quinta dos Fregueses. E006 – Poço do Monte dos Tanques de Cima. E007 e E008 – Nascentes do Monte dos Tanques de Baixo. E009 – Furo do Monte dos Tanques de Baixo. E010 – Nascente da Quinta das Casas Altas. E013 – Nascente da Torre da Giesteira. E014 – Furo do Monte das Sesmarias. E015 – Furo de Boa Fé (Casas Novas).....	51
Figura 5.2 – A) Recolha de água; B) Medição dos parâmetros físico-químicos; C) Medição do nível de água; D) Recolha de amostra de água para o laboratório	51
Figura 5.3 – Comportamento do nível freático nas cortas de Chaminé e Casas Novas. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)	53
Figura 5.4 – Acumulação de Fluxo dos recursos hídricos superficiais da zona de estudo.....	55
Figura 5.5 – Distribuição dos valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa [Relatório (2013): Março/13 e Abril/13; ERHSA (2001): Março/89 e Abril /89; EIA (2013): Abril/90 e Dezembro/10]	70

Figura 5.6 – Distribuição dos valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Maio/88; EIA (2013): Setembro/90 e Junho/08].....	70
Figura 5.7 – Frequência de valores de condutividade elétrica (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa.....	72
Figura 5.8 – Frequência de valores de condutividade elétrica (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa.....	73
Figura 5.9 – Diagrama de caixa dos valores de condutividade elétrica (CE) (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa.....	73
Figura 5.10 – Diagrama de caixa dos valores de condutividade elétrica (CE) (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa.....	74
Figura 5.11 – Escala de pH.....	74
Figura 5.12 – Distribuição dos valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa [Relatório (2013): Março/13 e Abril/13; ERHSA (2001): Março/89 e Abril/89; EIA (2013): Abril/90 e Dezembro/10].....	75
Figura 5.13 – Distribuição dos valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Maio/88; EIA (2013): Setembro/90 e Junho/08].....	75
Figura 5.14 – Frequência de valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa.....	77
Figura 5.15 – Frequência de valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa.....	77
Figura 5.16 – Diagrama de caixa dos valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa.....	78
Figura 5.17 – Diagrama de caixa dos valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa.....	78
Figura 5.18 – Distribuição dos valores de alcalinidade total das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	79
Figura 5.19 – Frequência de valores de alcalinidade total das águas subterrâneas da zona em estudo.....	80
Figura 5.20 – Diagrama de caixa dos valores de alcalinidade total e dureza total (em mg/l) e bicarbonato (HCO_3 , em mmol/l) das águas subterrâneas da zona em estudo.....	81

Figura 5.21 – Distribuição dos valores de dureza total das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	82
Figura 5.22 – Frequência de valores de dureza total das águas subterrâneas da zona em estudo	.83
Figura 5.23 – Distribuição dos valores de cálcio das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	84
Figura 5.24 – Frequência de valores de cálcio das águas subterrâneas da zona em estudo85
Figura 5.25 – Diagrama de caixa dos valores de cálcio (Ca), sódio (Na), magnésio (Mg), cloretos (Cl), sulfatos (SO ₄), e nitratos (NO ₃), em mmol/l e sílica (Si), em mg/l, das águas subterrâneas da zona em estudo.....	85
Figura 5.26 – Distribuição dos valores de sódio das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	86
Figura 5.27 – Frequência de valores de sódio das águas subterrâneas da zona em estudo87
Figura 5.28 – Distribuição dos valores de potássio das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	88
Figura 5.29 – Frequência de valores de potássio das águas subterrâneas da zona em estudo89
Figura 5.30 – Diagrama de caixa dos valores de potássio (K, em mmol/l) das águas subterrâneas da zona em estudo.....	89
Figura 5.31 – Distribuição dos valores de magnésio das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	90
Figura 5.32 – Frequência de valores de magnésio das águas subterrâneas da zona em estudo91
Figura 5.33 – Distribuição dos valores de cloretos das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	92
Figura 5.34 – Frequência de valores de cloretos das águas subterrâneas da zona em estudo93
Figura 5.35 – Distribuição dos valores de bicarbonato das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	94
Figura 5.36 – Frequência de valores de bicarbonato das águas subterrâneas da zona em estudo	.95
Figura 5.37 – Distribuição dos valores de sulfatos das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	96
Figura 5.38 – Frequência de valores de sulfatos das águas subterrâneas da zona em estudo97
Figura 5.39 – Distribuição dos valores de sílica das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	98
Figura 5.40 – Frequência de valores de sílica das águas subterrâneas da zona em estudo99

Figura 5.41 – Distribuição dos valores de nitratos das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89].....	100
Figura 5.42 – Frequência de valores de nitratos das águas subterrâneas da zona em estudo.....	101
Figura 5.43 – Distribuição dos valores de ferro das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13]	102
Figura 5.44 – Frequência de valores de ferro das águas subterrâneas da zona em estudo	103
Figura 5.45 – Diagrama de caixa dos valores de ferro (Fe) (em mg/l) das águas subterrâneas da zona em estudo	103
Figura 5.46 – Diagrama de Piper representando as amostras de água recolhidas	106
Figura 5.47 – Diagramas de Stiff representando as amostras de água recolhidas e o seu posicionamento no terreno (sobre a carta militar nº 459).....	109
Figura 5.48 – Diagrama de Schoeller representando as amostras de água recolhidas, com os valores de cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), cloretos (Cl), bicarbonatos (HCO ₃), sulfatos (SO ₄), e nitratos (NO ₃), em meq/l, sílica (Si) e Ferro (Fe), em mg/l (espécies não iônicas como a sílica não podem ser expressas em meq/l), das águas subterrâneas da zona em estudo.....	110
Figura 5.49 – Localização, no EIA realizado em 2012, dos locais de recolha das amostras de água e dos pontos de captação de água subterrânea existentes na área de implantação do projeto. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)	113
Figura 6.1 – Buffers da distância às cortas de Casas Novas e Chaminé (sobre a carta militar nº 459).....	119
Figura 6.2 – Mapa de risco da contaminação provocada pela rotura da barragem de rejeitados	126

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Análise estatística dos iões analisados. Fonte: ERHSA (2001).....	29
Tabela 4.1 – Quantidades totais de minério e estéril. Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).....	41
Tabela 5.1 – Síntese hidrogeológica do projeto mineiro. Quantificação de parâmetros hidrodinâmicos. Fonte: EIA – Aditamento – Anexos (2013).....	61
Tabela 5.2 – Fácies hidroquímicas das amostras de água recolhidas na área de estudo	107
Tabela 5.3 – Classificação das águas subterrâneas. Fonte: INAG (2012).....	111
Tabela 6.1 – Síntese dos impactes nos recursos hídricos. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)	116

AGRADECIMENTOS

Ao longo do meu percurso académico, e durante a realização deste relatório, tive o privilégio de contactar com várias pessoas que me deram bastante apoio de diversas formas. Assim, gostaria de expressar o meu sincero agradecimento às mesmas.

Ao Professor Doutor António Chambel, meu orientador científico, devo um especial agradecimento pela ajuda, apoio, serenidade e compreensão durante estes meses, e pelo fascínio que me transmitiu sobre a hidrogeologia ao longo do curso.

Ao Engenheiro Geólogo Nelson Martins, agradeço por me ter recebido nas instalações da empresa *Eurocolt Resources* e por me ter facultado toda a informação disponível.

Ao professor João Matos, a quem muito agradeço a disponibilidade, o fornecimento de informações e ajuda no *software* ArcGis.

Ao Sr. Manuel Diamantino, agradeço a sua pronta disponibilidade e a imensa ajuda que me forneceu nas visitas de campo, ao me dar a conhecer os diversos pontos de água e a informação que me transmitiu sobre os mesmos.

À Sra. Ana Cardoso Pires e aos vários proprietários das captações e nascentes, agradeço por me terem permitido o acesso aos seus pertences, bem como pela disponibilidade e informação fornecidas pelos mesmos.

Ao Sr. José Rodrigues dos Santos, agradeço o fornecimento de informação teórica sobre o tema em estudo.

À Professora Doutora Isabel Duarte, Diretora de Curso do Mestrado em Engenharia Geológica, a quem agradeço a preocupação que demonstrou e o apoio ao longo de todos os anos que frequentei o curso.

Aos diversos professores que tive o privilégio de contactar, como o Professor Doutor António Pinho, entre outros, a quem devo agradecer pela ajuda, apoio e transmissão de um maior fascínio sobre as matérias do meu curso.

Aos meus fiéis amigos da Universidade, especialmente à Catarina Pinho e Tiago Leite, agradeço a amizade, ajuda e compreensão que me prestaram sobretudo ao longo do meu percurso no mestrado.

Aos meus pais, irmão, avós, madrinha e namorado, agradeço eternamente o vosso apoio, incentivo, ajuda e o que me ensinaram e transmitiram, o que me permitiu chegar finalmente até aqui. É a vocês que dedico o presente relatório.

RESUMO

Avaliação do impacto da eventual exploração de ouro do Escoural sobre os recursos hídricos subterrâneos da região da povoação da Boa Fé, Évora

O presente relatório tem como principal objetivo a análise da interferência potencial da prevista exploração mineira de ouro na zona da Boa Fé, nas proximidades de Évora, sobre a água subterrânea da região.

O escoamento superficial dá-se através da Ribeira de São Brissos, com direção de fluxo NW-SE e os níveis freáticos encontram-se próximos da superfície, com variações sazonais pouco acentuadas.

Hidroquimicamente as águas são neutras e férreas. Apresentam fácies bicarbonatadas calco-magnesianas ou mistas, com algumas amostras bicarbonatadas-sulfatadas ou cloretadas-bicarbonatadas, quanto aos aniões, ou magnesianas, quanto aos catiões.

Os principais impactes resultantes da eventual exploração mineira sobre a água subterrânea serão: o rebaixamento do nível freático, com maior risco de diminuição da produtividade ou mesmo a seca de captações de água subterrânea mais superficiais situadas na envolvente da área mineira, e um maior risco de degradação da qualidade da água subterrânea, principalmente na fase de exploração mineira.

Palavras-chave: Aquífero de Montemor-o-Novo, mina de ouro, impacte, águas subterrâneas.

ABSTRACT

Evaluation of the impact of the eventual gold mine of Escoural on the groundwater resources of the region of the village of Boa Fé, Évora

The main objective of the present report is to analyze the potential interference of the planned gold mining exploration in the area of Boa Fé, near Évora, on the groundwater of the region.

The runoff occurs through the Stream of São Brissos, with flow direction NW-SE and the phreatic levels are near the surface, with a limited seasonal variation.

In terms of hydrochemistry the waters are neutral and present high content of iron. The facies are bicarbonate calcium-magnesium or mixed, with some samples bicarbonate-sulphate or chloride-bicarbonate, on what concerns the anions, or magnesium, on what concerns the cations.

The main impacts on groundwater resulting from the mining exploration will be: the groundwater level will drawdown, with increased risk of lower productivity or even drought of the shallowest groundwater wells located in the mining surrounding area, and an increased risk of degradation of groundwater quality, mainly during the mine works.

Keywords: Aquifer of Montemor-o-Novo, gold mine, impact, groundwater.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

As histórias do ouro numa pequena aldeia do Alentejo, na Boa Fé, têm décadas. Nesta região, há mais de vinte anos que são executadas algumas pesquisas para confirmarem a existência de ouro no subsolo. Contudo, a extração industrial nunca chegou a concretizar-se.

Na sequência de campanhas de prospeção e pesquisa realizadas na região, foi requerida uma concessão mineira à Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), que abrange os concelhos de Évora e Montemor-o-Novo, e é delimitada por uma poligonal com 46,75 km², situando-se no seu interior a área pretendida para implantar o Projeto de Exploração Mineira Boa Fé. Nesta área inserem-se dois depósitos minerais auríferos, denominados Casas Novas e Chaminé, que serão explorados a céu aberto.

As perfurações realizadas na região da Boa Fé demonstraram a existência de um sistema mineralizado, com alto teor de ouro, mesmo à superfície, com os resultados a exceder expectativas.

Nikolas Perrault, Diretor Executivo da empresa *Colt Resources*, afiançou à *Lusa* o seguinte: "*Estamos cada vez mais confiantes de que a exploração industrial é viável*", sendo que a empresa estima para 2014 o início da extração.

No campo, facilmente se podem encontrar marcações em betão que indicam perfurações recentes e que coexistem, por vezes, com tubos oxidados que afloram do solo, vestígios de décadas de prospeção.

Porém, as explorações mineiras, em consequência dos trabalhos de prospeção, pesquisa e exploração de depósitos minerais, acarretam sempre riscos, quer ambientais, quer económicos. Assim sendo, será natural que surja, por parte da população mais próxima, alguma preocupação, principalmente em relação aos riscos ambientais, e uma grande expectativa em relação a uma melhoria económica significativa da região em causa, quer em termos de possibilidades de

emprego, quer em relação a atividades locais que possam ser desenvolvidas em função deste tipo de projetos (restauração, comércio, alguma pequena indústria, etc.).

Como consequência das preocupações da população em relação à possibilidade de contaminação ou mesmo exaurimento dos recursos hídricos subterrâneos na zona da Boa Fé, surgiu a possibilidade de estudar mais pormenorizadamente os recursos hídricos desta região, de forma a avaliar o impacto da eventual exploração do depósito aurífero de Casas Novas sobre os mesmos.

Nesta região, o aquífero existente é o de Montemor-o-Novo, identificado no ERHSA (2001) como um dos setores do sistema aquífero Évora-Montemor-Cuba. É constituído por um conjunto de rochas diversificadas do Maciço Hespérico, com geometria e extensão bastante variáveis. Este aquífero caracteriza-se por ser livre a semi-confinado, com água subterrânea sobretudo nos primeiros 30 a 40 m de espessura e com uma produtividade média-alta dentro dos aquíferos designados por fraturados, fissurados ou de rochas duras do Alentejo. Apresenta uma circulação típica de meios fissurados, caracterizados por um comportamento misto dos meios porosos e fissurados na zona alterada e com circulação por fraturas e diaclases, dentro da rocha sã (ERHSA, 2001).

A exploração mais intensiva de água subterrânea ocorre junto de aglomerados populacionais, para fins domésticos, e em terrenos mais planos que são utilizados na agricultura e pastoreio de gado bovino.

De acordo com o ERHSA (2001) o potencial agrícola destes solos está subexplorado, mas com tendência a aumentar consideravelmente a extensão da área agrícola, porque são solos ricos em água, permitindo culturas de regadio. Contudo, deverá haver uma gestão equilibrada e racional do regadio e da utilização de fertilizantes e fitofarmacêuticos, de forma a prevenir a degradação da quantidade de água disponível, bem como da sua qualidade.

A realização de estudos hidrogeológicos na área em estudo, incidindo sobre as componentes hidrodinâmicas e hidroquímicas, implicou trabalhos de campo em dois períodos distintos (em época pluviosa e em época não pluviosa) na zona da povoação da Boa Fé, situada no vale correspondente à Ribeira de São Brissos. Foram inventariados 15 pontos de água (6 furos, 7 nascentes, 1 poço e 1 galeria) e foram recolhidas informações dos proprietários e de pessoas com conhecimento local sobre os recursos hídricos. Determinou-se, *in situ*, alguns

parâmetros físico-químicos, tais como a temperatura, a condutividade elétrica e o pH, e obteve-se a informação possível acerca da produtividade e dos níveis hidrostático e hidrodinâmico. Foi também efetuada uma campanha de recolha de água para análise físico-química laboratorial, numa única colheita, realizada em período seco. Foram recolhidas 7 amostras de água em pontos distintos, distribuídas de forma homogénea pela área de estudo.

1.2. Objetivos

O presente relatório de estágio tem como objetivo a elaboração de mapas de escoamento e de distribuição da qualidade química da água subterrânea, a fim de permitir uma análise da interferência potencial da exploração das minas nos recursos hídricos subterrâneos, ou seja, a possibilidade de existirem interferências da exploração mineira sobre as águas subterrâneas da região no futuro, sobretudo a eventual afetação da dinâmica das nascentes, sempre muito suscetíveis a alterações locais ou regionais dos níveis freáticos, e a eventual afetação da qualidade das águas subterrâneas a nível local.

1.3. Metodologia geral

Para realização deste trabalho a metodologia adotada foi constituída pelas seguintes fases:

- Recolha de dados históricos, relatórios, teses, estudos e trabalhos, de forma a adquirir informação teórica sobre a geologia e hidrogeologia da região em estudo;
- Levantamento de campo das captações, dos níveis freáticos, dos caudais de nascentes, etc., medindo parâmetros hidroquímicos de campo (temperatura, condutividade elétrica e pH) e recolhendo amostras de água para análises físico-químicas de laboratório em alguns pontos, de forma a obter uma caracterização mais completa do seu quimismo;
- Determinação das direções de fluxo e da distribuição da qualidade da água subterrânea;
- Análise do efeito que a eventual exploração de ouro poderá ter nos recursos hídricos subterrâneos da região (hidrodinâmica e hidroquímica);
- Elaboração do relatório final do estágio de mestrado.

2. CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. Enquadramento geográfico, administrativo e cartográfico

A área de estudo localiza-se na freguesia da Nossa Senhora da Boa Fé, concelho e distrito de Évora. Esta área abrange o núcleo habitacional de Casas Novas e habitações isoladas (herdades ou montes) como: a Quinta do Escrivão, a Serra do Conde, a Quinta dos Freguises, o Monte dos Tanques de Cima, o Monte dos Tanques de Baixo, a Quinta das Casas Altas, a Torre da Giesteira e o Monte das Sesmarias.

A Nossa Senhora da Boa Fé é uma freguesia do concelho de Évora, que abrange uma área de 33,62 km² e tem 322 habitantes (segundo dados recolhidos em 2011). Esta freguesia possui como seu património a Igreja de Nossa Senhora da Boa Fé e a Ponte do Lagar da Boa Fé, do século XVIII, encontrando-se esta situada sobre a Ribeira de São Brissos, num antigo eixo viário Évora-Alcácer do Sal.

O depósito mineralizado mais próximo é designado por Casas Novas, situando-se aproximadamente a uma distância de 400 m relativamente ao núcleo habitacional desta povoação (Figura 2.1).

A área de estudo de campo estendeu-se de forma linear ao longo de cerca de 2,5 km da Ribeira de S. Brissos, mas, na análise global da situação foi considerada uma área mais extensa, considerando os dados englobados no Estudo de Impacte Ambiental (EIA) da futura mina e alguns dados obtidos do relatório do Projeto Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA). A área está abrangida pela carta militar de Portugal nº 459 à escala 1:25000 do IGeoE (Figura 2.2). A esta carta corresponde a folha 40-A (Évora), da carta geológica de Portugal, à escala 1:50000.

O acesso direto à zona de trabalho é feito através do núcleo habitacional de Casas Novas, e através de caminhos de terra batida utilizados para acesso a habitações e terrenos agrícolas.

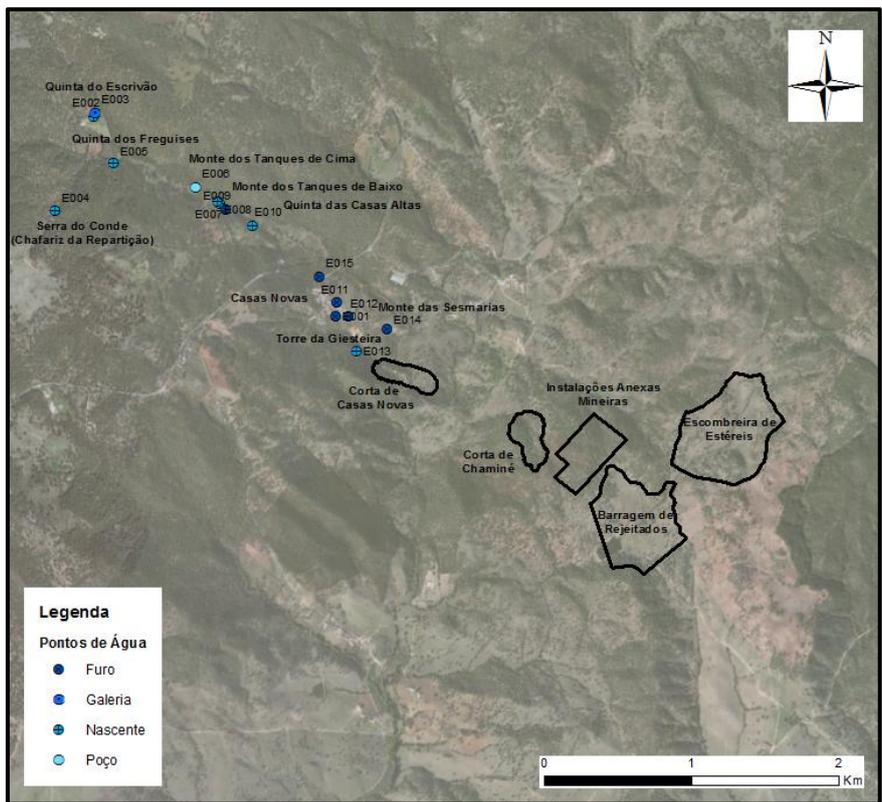


Figura 2.1 – Localização da área em estudo

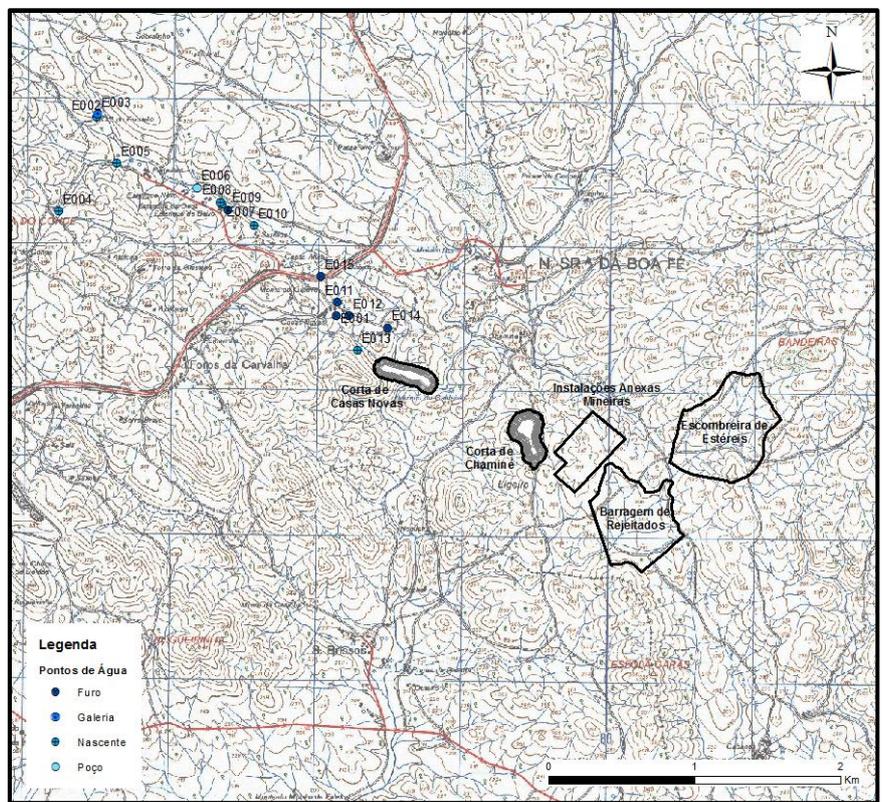


Figura 2.2 – Enquadramento geográfico e administrativo da área em estudo

2.2. Enquadramento geomorfológico e hidrográfico

A peneplanície do Alto Alentejo toma como referência a área de Évora, estando situada nas cabeceiras de três bacias hidrográficas designadas por: Guadiana (rio Degebe), Sado (rio Xarrama) e Tejo (rio Divor), uma localização que se reflete no relevo desta área, nomeadamente sob as formas de arrasamento imperfeito e dos vales. Os elementos desta peneplanície estão particularmente bem conservados na área que está ligada à bacia hidrográfica ligada ao rio Sado (Carvalhosa *et al.*, 1969).

A S e SW de Évora encontra-se a zona melhor conservada, onde a peneplanície está associada a rochas metamórficas e intrusivas, mas estas últimas estão nas zonas de aplanção imperfeita (Feio & Daveau, 2004), relacionando-se com relevos da extremidade sudeste da serra de Monfurado, onde se encontram situadas as povoações de S. Sebastião da Giesteira, Nossa Senhora da Guadalupe, Nossa Senhora da Boa Fé e S. Brissos (EIA – Vol. III – Anexos, 2012). Na serra de Monfurado, a sua parte mais alta é uma aplanção degradada que atinge o ponto mais elevado a uma altitude de 424 m, baixando para W de Montemor-o-Novo, encontrando-se a área muito erodida, através de um degrau de 40-50 m na saída de Montemor para Lavre. Por outro lado, para leste de Montemor-o-Novo, o maciço encontra-se limitado por uma escarpa retilínea e vigorosa, talhada nos gnaisses (Feio & Daveau, 2004).

Numa região relativamente aplanada, relevos pouco importantes podem condicionar bastante a precipitação, uma vez que provocam uma impulsão vertical das massas de ar húmido que surgem da região oceânica (Ribeiro *et al.*, 1988).

Em hidrogeologia é muito importante a análise e interpretação de dados meteorológicos. O objetivo é determinar a infiltração, sendo este um parâmetro que define nos aquíferos a recarga de água que permite a renovação permanente dos recursos hídricos sub-superficiais e, concomitantemente, avaliar os recursos renováveis (Chambel, 1990).

De acordo com o EIA – Vol. III – Anexos (2012), a região em estudo é detentora de um clima temperado com invernos suaves (a temperatura do mês mais frio é inferior a 18 °C e superior a -3 °C), com um verão seco (a precipitação média do mês de verão mais seco é inferior a 40 mm e a 1/3 da precipitação média do mês de Inverno mais húmido), quente e longo (temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e há mais de 4 meses com temperatura média superior a 10 °C). Ainda, segundo o mesmo estudo, nesta região processa-se a transição do

clima continental atenuado do Ribatejo, com influência atlântica, para clima continental do Alentejo oriental. Os valores de pluviosidade média anual são de 716,3 mm, o que indica um clima um pouco mais chuvoso no quadrante W da área do projeto, evidenciando o caráter de clima de transição da região.

A área do projeto mineiro apresenta uma uniformidade do relevo, com uma altitude de aproximadamente de 400 m, estando representada na carta hipsométrica (Figura 2.3) (EIA – Vol. III – Anexos, 2012) e no Modelo Digital de Terreno representado na Figura 2.4.

Abrangendo parte da extremidade sudeste da serra de Monfurado, o setor NW da área de implantação do projeto é marcado por um relevo expressivo, com altitudes superiores a 400 m, a partir do qual ocorre a transição para um relevo mais suave que passa a inserir-se no domínio da peneplanície do Alto Alentejo (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

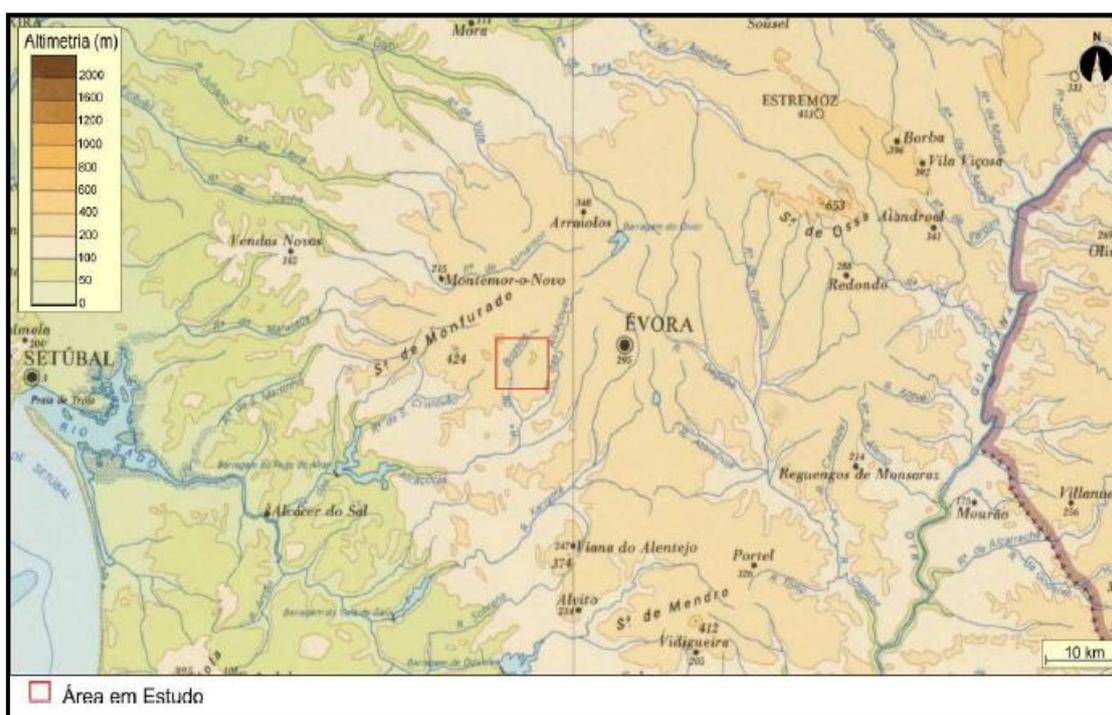


Figura 2.3 – Extrato da Carta Hipsométrica de Portugal (Instituto Geográfico e Cadastral, 1992). Adaptação com a localização da área do projeto mineiro. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)

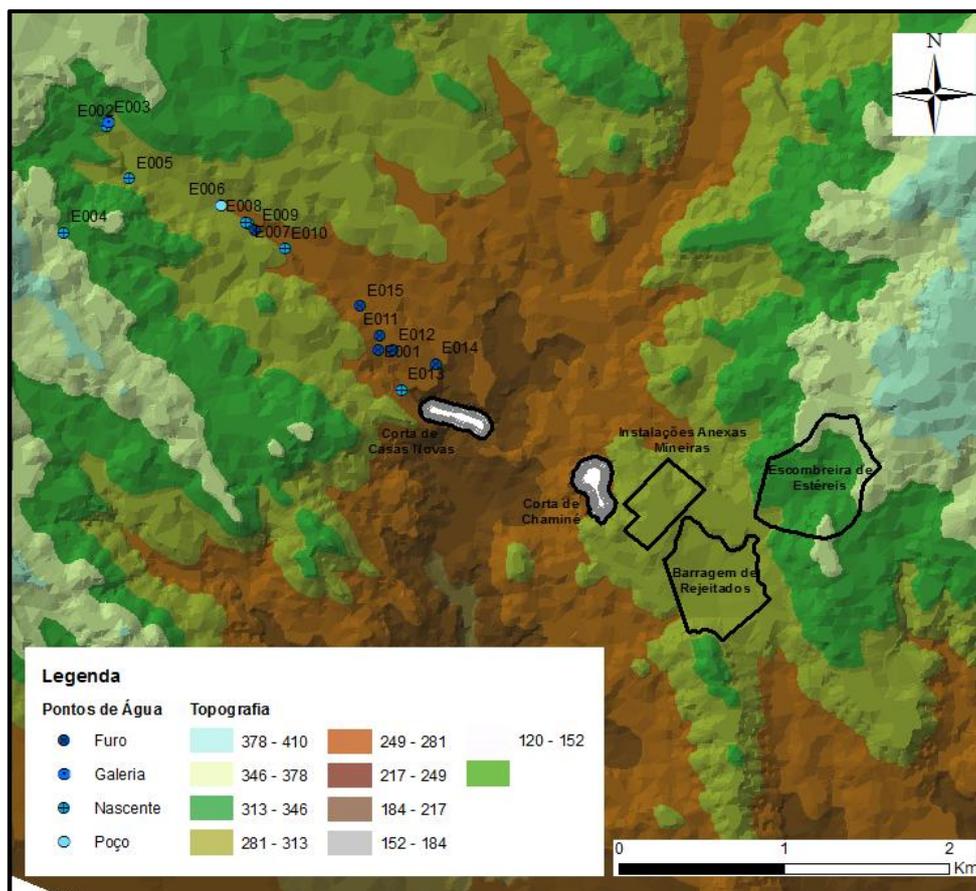


Figura 2.4 – Modelo Digital de Terreno da região em estudo (baseado nas curvas de nível de Portugal continental)

Neste quadro geomorfológico, a área do projeto abrange elevações que constituem os relevos marginais da serra de Monfurado, com maiores altitudes no quadrante norte, descendo progressivamente de altitude para sul, de relevo mais aberto, com cotas que geralmente começam a níveis inferiores a 300 m (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Do ponto de vista hidrográfico, de acordo com o PGRH (2012), o local em estudo encontra-se localizado na designada bacia hidrográfica (7690 km²) do rio Sado, mais especificamente na sub-bacia hidrográfica (966 km²) da ribeira de Alcáçovas, um dos principais efluentes da margem direita do rio Sado. A zona de confluência localiza-se próximo de Alcácer do Sal (Figura 2.5).

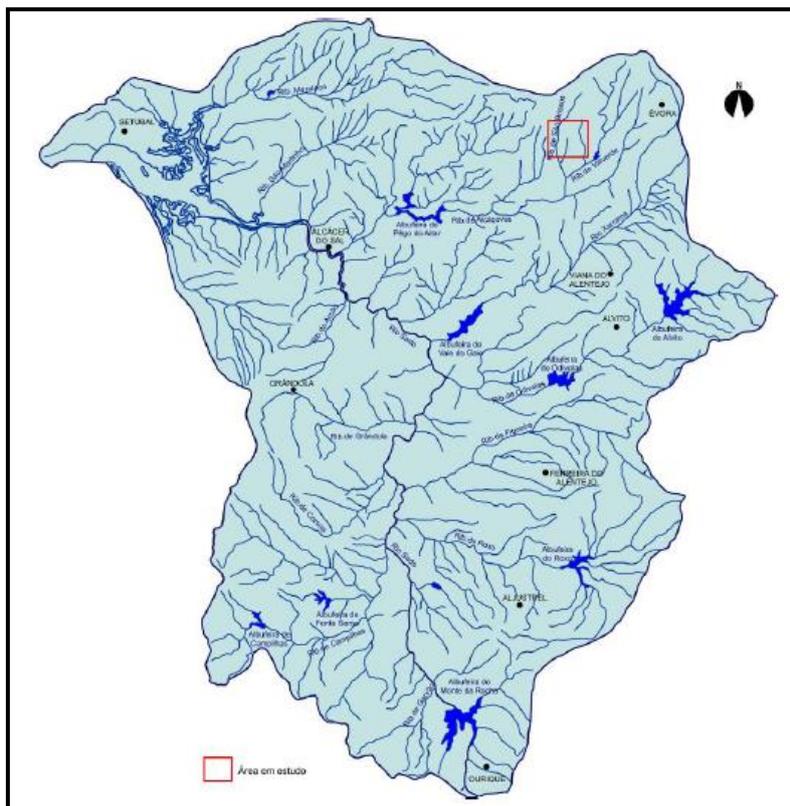


Figura 2.5 – Bacia hidrográfica do rio Sado (PBHS, 2001). Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)

Como se pode observar a partir da Figura 2.5, o principal curso de água com drenagem na área do projeto mineiro é a ribeira de São Brissos que, a sul desta área, se une à ribeira de Valverde, para realizar um percurso de aproximadamente 7 km até fluir na ribeira de Alcáçovas. Assim, a drenagem ocorre para a ribeira de São Brissos e, no setor E, para a ribeira de Valverde, enquanto no setor SW a drenagem de uma pequena superfície ocorre no sentido da Ribeirinha, afluente da ribeira de Alcáçovas (Figuras 2.6 e 2.7) (PGRH, 2012).

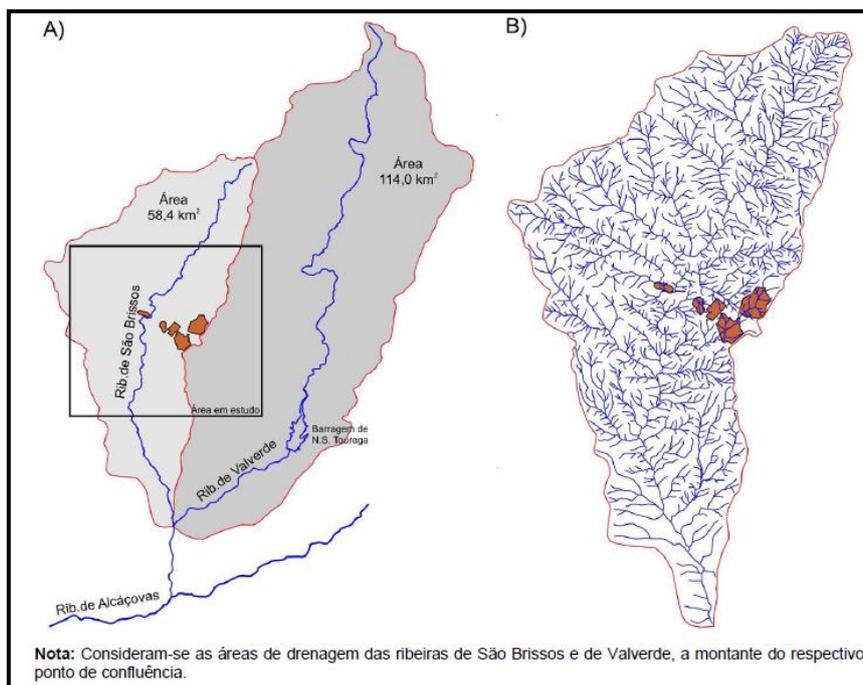


Figura 2.6 – A) Bacias de drenagem das ribeiras de São Brissos e Valverde, com implantação da área em estudo e das áreas afetadas ao projeto. B) Rede de drenagem da bacia da ribeira de São Brissos, com implantação das áreas afetadas ao projeto. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)

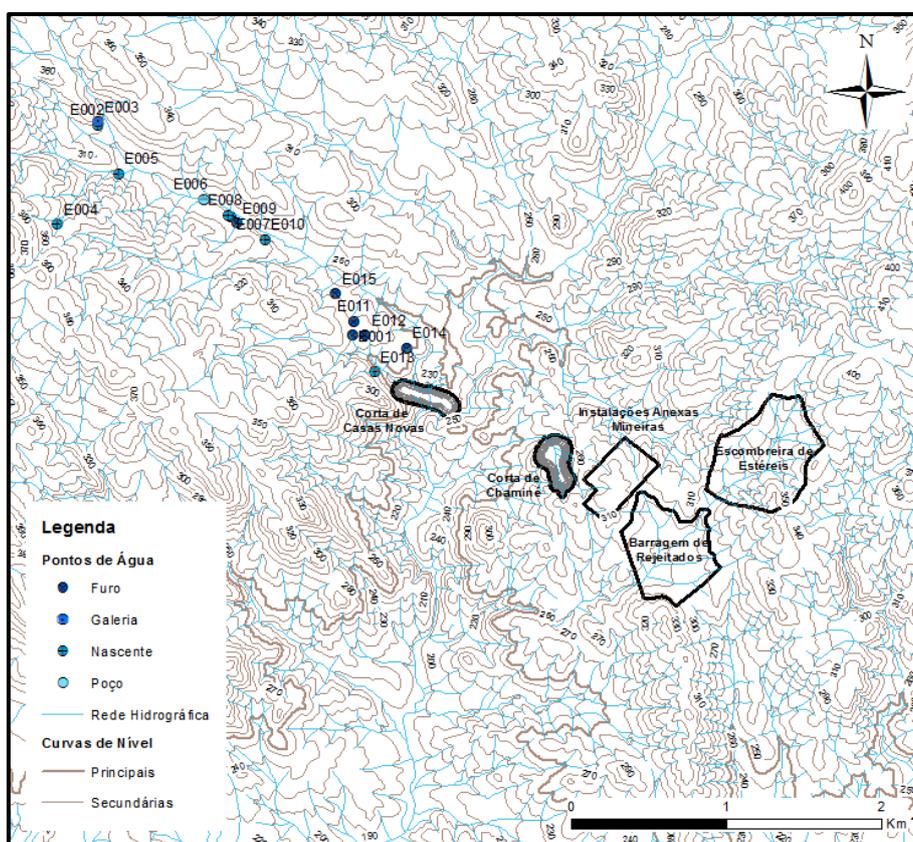


Figura 2.7 – Rede hidrográfica da área em estudo, com localização das estruturas mineiras previstas e/ou afetadas à mina e pontos de água inventariados

Segundo o PGRH (2012): *“As ribeiras de São Brissos e Valverde, abrangendo bacias hidrográficas de 58,4 km² e de 114 km², respetivamente, são alimentadas por uma expressiva rede de drenagem de padrão dendrítico, maioritariamente formada por linhas de água de 1.^a e 2.^a ordem, com escoamento efémero ou torrencial. Os sentidos de escoamento são diversos, sendo mais frequente a direção NNW-SSE”*.

A corta de Casas Novas é a que se encontra mais próxima da Ribeira de São Brissos, cujo canal de drenagem contorna a corta pelo seu limite sul, no qual se encontra contemplada no projeto (PARP) uma zona de proteção à ribeira com 30 m de largura (PGRH, 2012). De salientar ainda que, no interior da corta de Casas Novas, unem-se duas linhas de água, o que origina uma linha de 3.^a ordem que a atravessa no sentido Sul e aflui na ribeira de São Brissos. Assim, de forma a ocorrer a exploração desta corta, terão de realizar-se desvios destas linhas de água, ou seja, ocorrerá manutenção da afluência destas duas linhas de água nesta Ribeira, tanto a montante como a jusante da corta (PGRH, 2012).

Na restante área onde ocorrerá a implantação do projeto não se colocam problemas de drenagem superficial que impliquem a prévia resolução, como sucede na corta de Casas Novas. Os locais onde serão colocadas a escombreira de estéreis e a barragem de rejeitados abrangem uma linha de água por onde ocorre a drenagem de águas pluviais que precipitam e que atualmente são retidas numa barragem de utilização agrícola que se encontra mais a jusante. A escolha dos locais para implementar estas estruturas relaciona-se com a função que aquele talvegue poderá exercer para a recolha e encaminhamento das águas de drenagem da escombreira de estéreis para dentro da barragem de rejeitados (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

A área do projeto encontra-se portanto localizada num território caracterizado por uma rede hidrográfica bem desenvolvida, constituída por um conjunto ramificado de linhas de água características das primeiras ordens de escoamento de águas pluviais, drenando para linhas de água sazonais, como a ribeira de São Brissos (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

2.3. Enquadramento geológico

A região do Alto Alentejo, em termos de formações geológicas, é principalmente constituída por maciços ígneos e metamórficos afetados pela orogenia hercínica, à exceção de

algumas áreas a ocidente, que estão significativamente cobertas por formações sedimentares mais recentes pertencentes às bacias do Sado e Baixo Tejo.

A área em estudo é composta pelas formações ígneas e metamórficas da Zona de Ossa-Morena (ZOM), uma unidade tectonoestratigráfica (Figura 2.8), isto é, uma das divisões, do orógeno hercínico ibérico, resultante das diversas características tectónicas, litológicas, estratigráficas, paleogeográficas, entre outras, que diferenciam a geologia do Maciço Antigo da Península Ibérica (Ribeiro *et al.*, 1979).

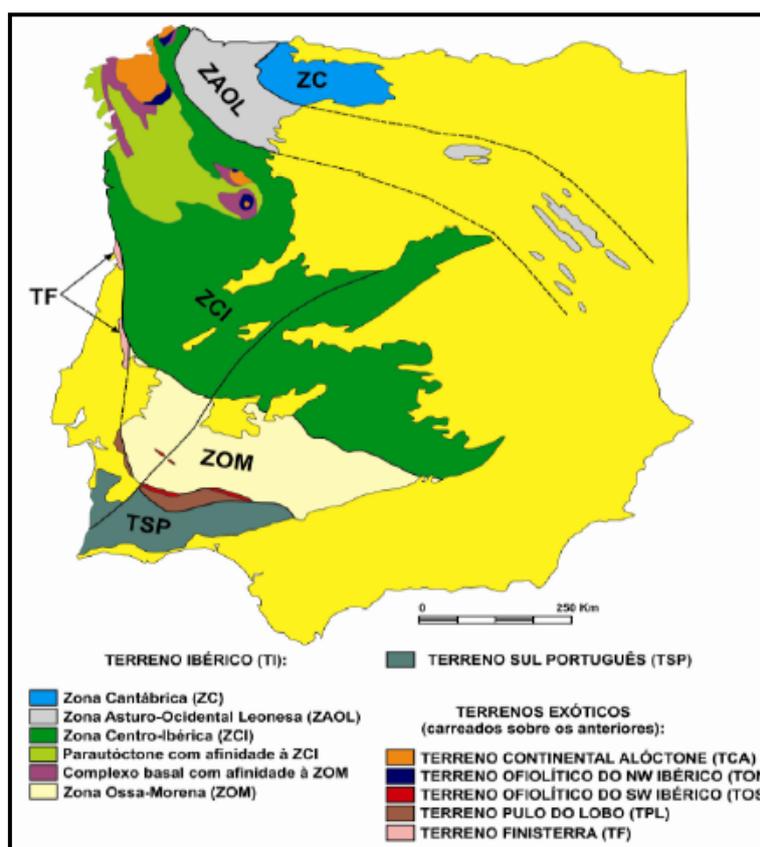


Figura 2.8 – Unidades tectonoestratigráficas do Maciço Ibérico segundo a recente terminologia proposta por Ribeiro (2006) (Adaptado de Julivert *et al.*, 1974; Ribeiro *et al.*, 1990, in Borrego, 2009). Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)

Segundo Chacón *et al.* (1983) a ZOM é ainda dividida em vários domínios e subdomínios. A região de Évora insere-se no domínio Évora-Aracena, subdomínio de Évora-Beja, tendo a sua continuação para Espanha na faixa metamórfica de Aracena. As suas formações rochosas foram afetadas no mínimo por duas deformações durante a orogenia hercínica. A primeira fase terá ocorrido no Devónico médio/superior (Julivert, 1987), apesar noutros setores mais a nordeste poder ter decorrido no Carbónico inferior (Julivert *et al.*, 1980).

A segunda fase ter-se-á desenvolvido após o Devónico superior e anteriormente ao Vestefaliano D (observação na área de Santa Susana). A existência da terceira fase não é consensual, sendo esta defendida por autores como Apalategui (1980) e Vauchez (1976), in Julivert (1987), enquanto outros defendem que apenas são dobramentos relacionados com o final da segunda fase, não se tratando de um episódio independente de deformação (Perdigão *et al.*, 1982).

O maciço de Évora-Beja, metamorficamente, corresponde a uma faixa metamórfica de baixa pressão que não ultrapassa a fácies dos xistos verdes, com alguns domos térmicos que recortam as estruturas hercínicas e produzem migmatização nas regiões de Évora e Serpa (Ribeiro *et al.*, 1979; Chacón *et al.*, 1983).

A ZOM possui litologias aflorantes bastantes variadas. A região envolvente de Évora é uma zona de rochas metamórficas onde muitas vezes as temperaturas atingiram valores que levaram à formação de rochas granulares anactéticas. Na região de Évora prevalecem os gnaisses, micaxistos, xistos anfibólicos e calcários cristalinos, e, no seio destas rochas metamórficas, surgem os quartzodioritos e granodioritos de grão fino ou médio não porfiróide ou mesmo grosseiro porfiróide, alguns granitos de grão fino não porfiróide ou grosseiro porfiróide e gabro-dioritos em pequenas manchas. Se algumas destas rochas parecem ter origem anactética, existem todos os indícios de algumas serem anteriores à orogenia hercínica, uma vez que surgem como restitos nos gnaisses migmatíticos de Montemor-o-Novo. Surgem também algumas zonas de filões e massas aplito-pegmatíticas associadas aos quartzodioritos e granodioritos, nomeadamente a oeste da cidade de Évora. Mais para sul, podem ser observados quartzitos negros e rochas verdes, enquanto que, no extremo sudoeste da carta geológica de Évora, surgem ainda rochas diversas do Complexo de Beja (Maciço de Beja). Ainda de acordo com a carta geológica de Évora, existem alguns filões de quartzo, um único afloramento de rocha basáltica (basalto olivínico) na área coberta pela mesma carta, localizada a este da cidade de Évora (Carvalhosa *et al.*, 1969).

A região em estudo é constituída por rochas gnáissicas e migmatíticas (γ_z) e corneanas (Z'), segundo a Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000 (Figura 2.9) (Carvalhosa *et al.*, 1969).

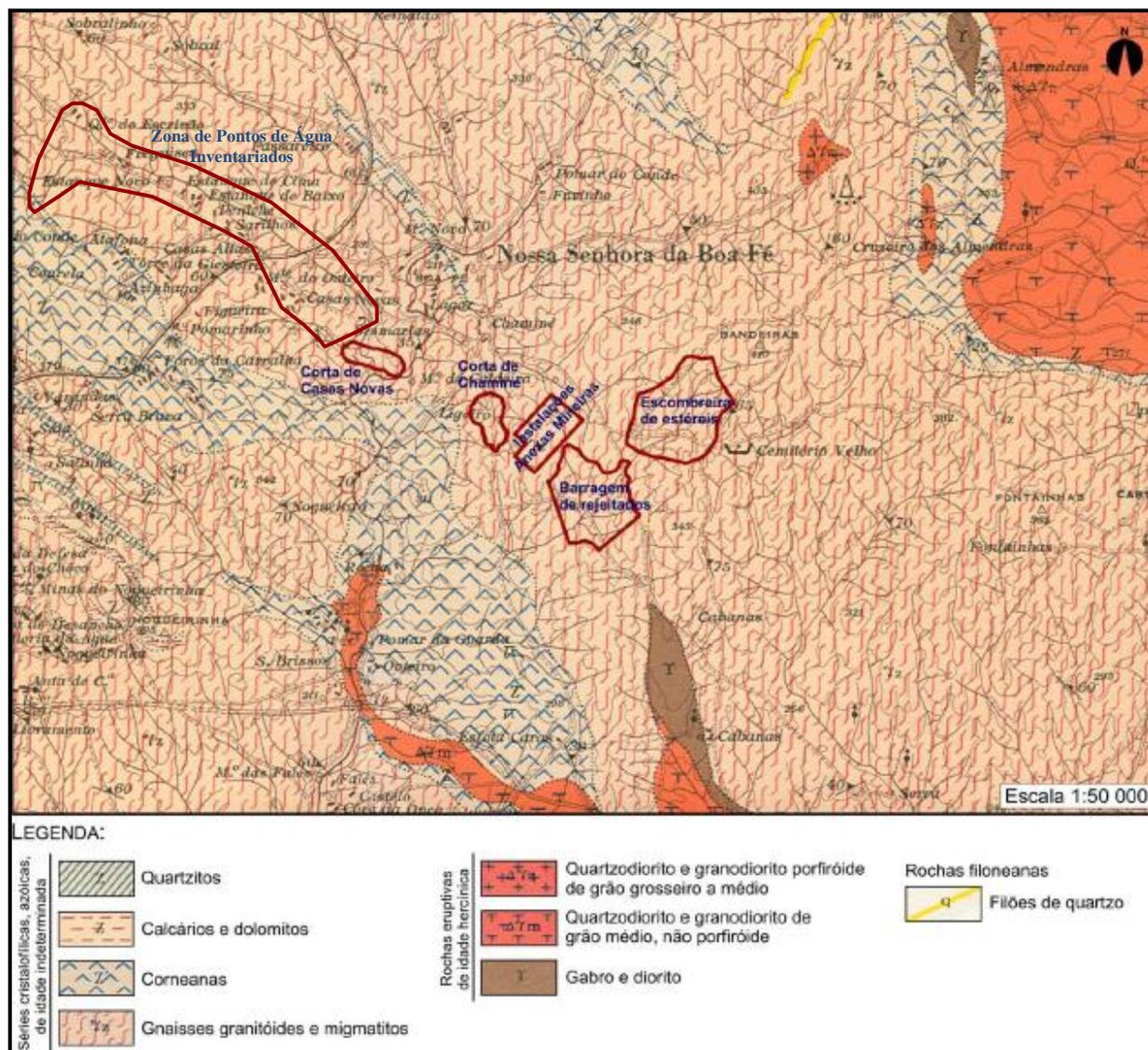


Figura 2.9 – Extrato da Carta Geológica 40A – Évora, escala 1/50 000, Serviços Geológicos de Portugal, 1969. (Adaptado com a implantação das áreas afetadas ao projeto). Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)

2.3.1. Gnaisses granitóides e migmatitos (γ_z)

O maciço cristalino de Évora é maioritariamente constituído por rochas granitóides, sintectónicas, apresentando gnaisses e migmatitos com texturas bastante variadas, com lineação e foliação sempre bem patentes. Estas rochas encontram-se associadas a maciços granitóides, possuindo geralmente idêntica composição, mas sem a presença de orientação dos seus elementos mineralógicos (Carvalhosa *et al.*, 1969).

A passagem para rochas granitóides, não orientadas, ocorre por vezes de forma gradual e por intermédio de “granitos” gnáissicos. Algumas fácies graníticas demonstram o paralelismo

dos constituintes máficos, havendo casos em que se podem observar encraves de gnaisses e migmatitos, por vezes alinhados, incluídos em rochas granitóides, sendo estas em diversos casos discordantes com os gnaisses migmatíticos, cortando a foliação original (Carvalhosa *et al.*, 1969).

Estas formações gnáissico-migmatíticas evidenciam uma grande heterogeneidade, pois apresentam numerosos encraves, às vezes de grandes dimensões, que podem encontrar-se alinhados e paralelos à foliação do gnaisse ou também dispostos de forma discordante. Estes encraves, por vezes, conservam as dobras e xistosidade dos metassedimentos, anteriores à foliação do gnaisse (Carvalhosa *et al.*, 1969).

Segundo Carvalhosa *et al.* (1969), de uma forma geral, os gnaisses são concordantes com os metamorfitos desta região, observando-se a orientação comum das suas respectivas foliações. Os maciços gnáissico-migmatíticos têm uma distribuição paralela à orientação tectónica regional, sendo também a direção predominante da foliação dos gnaisses e metassedimentos. Assim, como as diferentes rochas apresentam um alinhamento comum, tudo aponta para que a sua origem esteja em relação com os mesmos esforços tectónicos. Por outro lado, os mesmos autores detetaram tectonização paralela aos contatos, que atinge indistintamente as rochas granitóides e filões de aplito e quartzo, originando uma foliação secundária.

Estes gnaisses e migmatitos apresentam composições mineralógicas variadas. Existem gnaisses de composição granodiorítica, quartzo-diorítica e de composição granítica, apesar desta última ser menos frequente. De acordo com Carvalhosa *et al.* (1969), os porfiroblastos são invariavelmente de quartzo e feldspato, o que confere uma textura ocelada em algumas rochas. Determinados casos apresentam cordierite, quase sempre muito alterada, andaluzite, fibrolite, turmalina e, também a biotite e moscovite são muito comuns.

Algumas rochas apresentam um carácter anfibolítico, o que sugere a hipótese de uma ligação genética com tufos básicos. Também se observam exemplos de recristalização de quartzo aparentemente detrítico, o que poderá sugerir a sua filiação numa sequência arenítica (Carvalhosa *et al.*, 1969).

Na estrada de Évora para o Escoural, ao longo dos taludes, podem observar-se aspetos interessantes de migmatitos, nomeadamente, de agmatitos. Na ribeira de S. Brissos, no troço

junto à região de Boa Fé, existem afloramentos migmatíticos, sendo que em determinados pegmatóides ocorrem granadas e berilo (Carvalhosa *et al.*, 1969).

2.3.2. Corneanas (Z')

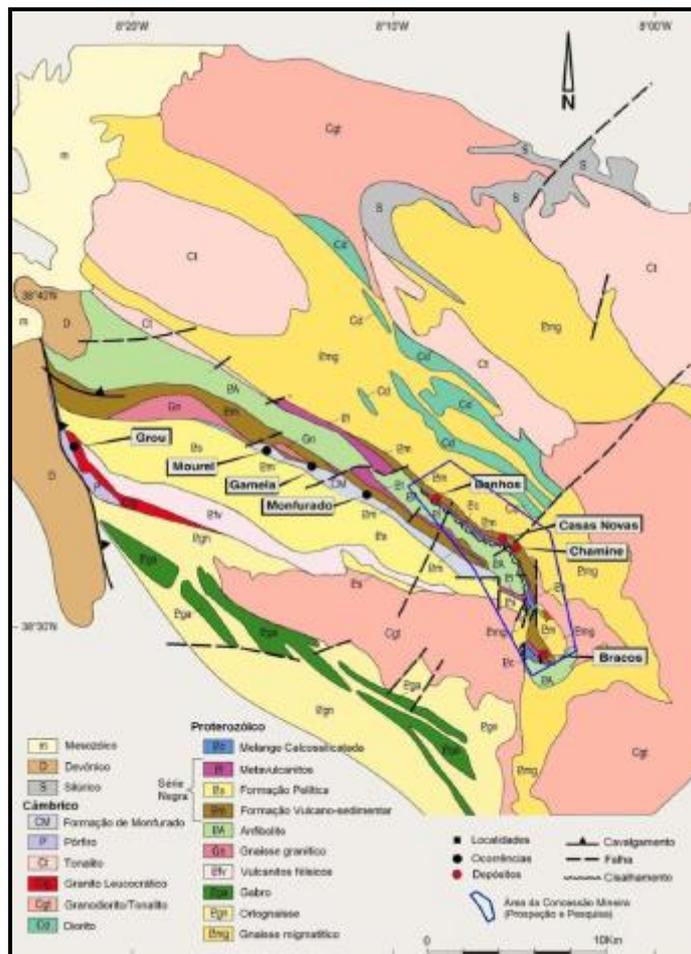
As corneanas surgiram aquando da instalação das rochas granitóides e gnaisses migmatíticos entre os sedimentos antigos. Estas corneanas apresentam uma natureza diversificada, sendo estas pelíticas, básicas e calcárias, e ocorrem em auréolas de contacto ou em encaves de dimensões bastante variadas. Do metamorfismo de contato surgiram predominantemente as corneanas calcíticas ou calco-silicatadas, seguidas das corneanas pelíticas, e, em menor quantidade, as corneanas básicas (Carvalhosa *et al.*, 1969).

Segundo Carvalhosa *et al.* (1969), as corneanas originadas de calcários possuem alguma variação mineralógica. As suas fácies principais são: calcite-vesuvianite-diópsido-epídoto; calcite-vesuvianite-volastonite-diópsido e calcite-vesuvianite, grossulária-diópsido. Por outro lado, existem rochas calcíticas que resultaram de metamorfismo essencialmente térmico, contendo, além dos minerais já referidos, plagioclase e esfena, plagioclase e quartzo ou apenas quartzo.

Das corneanas não calcíticas não é, por vezes, fácil distinguir as corneanas pelíticas das básicas, devido à predominância das rochas anfibolíticas que podem derivar tanto de sedimentos argilosos como de rochas eruptivas, hipabissais ou efusivas (Carvalhosa *et al.*, 1969).

2.3.3. Mineralização

No EIA – Vol. III – Anexos (2012), perante os resultados obtidos durante os trabalhos realizados pelas empresas de prospeção, na região da Boa Fé, até ao ano de 2005, reinterpreto-se e compreendeu-se melhor a geologia da área pretendida para o projeto, a qual se pode observar no mapa geológico da Figura 2.10, utilizando como base a Carta Geológica de Portugal.



Nota: A unidade identificada como “m” está como sendo Mesozóico, mas deveria ser Miocénico (Cenozóico).

Figura 2.10 – Mapa geológico com indicação das ocorrências auríferas da área em estudo (Adaptado de Faria *et al.*, 1997^b). Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)

Como se pode observar a partir da Figura 2.10, a mineralização aurífera circunscreve-se principalmente às unidades da Série Negra atribuídas ao Proterozóico (Pré-câmbrico superior), existindo ainda algumas ocorrências secundárias em litologias pertencentes ao Câmbrico (Formação de Monfurado) (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Segundo o EIA – Vol. III – Anexos (2012), a gênese da mineralização aurífera tem um claro controlo tectónico, isto é, defende-se a presença de um importante acidente tectónico, uma zona de cisalhamento, no contato entre as unidades litoestratigráficas “Anfibolito” – PA e “Formação Vulcano-Sedimentar” – Pm.

O controlo da mineralização é sobretudo de origem tectónica mesotermal, isto é, os depósitos estão preferencialmente em zonas de cisalhamento onde o ouro remobilizado terá sido concentrado em locais favoráveis (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

De acordo com o descrito no EIA – Vol. III – Anexos (2012) “*A precipitação aurífera é acompanhada por uma alteração metassomática/hidrotermal considerável, onde predominam claramente os fenómenos de intensa silicificação. A origem dos fluidos remobilizantes auríferos deverá estar associada aos fenómenos de desidratação típicos do desenvolvimento de rochas de alto grau metamórfico, ao qual se deverão ter associado ainda fluidos provenientes de processos magmáticos contemporâneos. Importa referir que as mineralizações ocorrem geralmente nos níveis litoestratigráficos xistentos metapelíticos, o que sugere que exista uma propensão de alguns tipos de rochas para criar armadilhas para as mineralizações de ouro (Faria et al., 1997^c)*”.

Segundo Inverno (2002), esta mineralização de ouro acontece na maioria dos casos de forma disseminada, mas pode também surgir em veios de quartzo, em “stockworks” ou em corpos estratiformes. A pirite, arsenopirite, pirrotite, calcopirite, entre outros, podem surgir como mineralização associada.

2.3.4. Geologia dos principais depósitos auríferos

Perante os estudos realizados pela empresa *Iberian Resources* (Figuras 2.11 e 2.12), a mineralização aurífera encontra-se associada à zona de cisalhamento que separa dois subdomínios de rochas xistentas, desenvolvidos em ambientes que se encontram associados a graus de metamorfismos distintos. As ocorrências de ouro encontram-se ausentes nas litologias típicas de ambientes de alto grau de metamorfismo (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

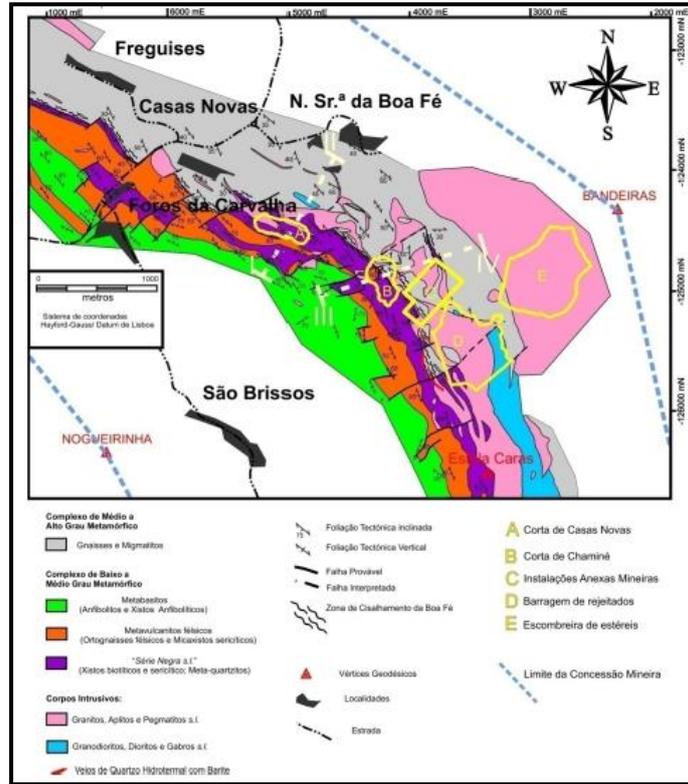


Figura 2.11 – Geologia detalhada da área de implantação do projeto. Fonte: Iberian Resources, 2011 (EIA – Vol. III – Anexos, 2012)

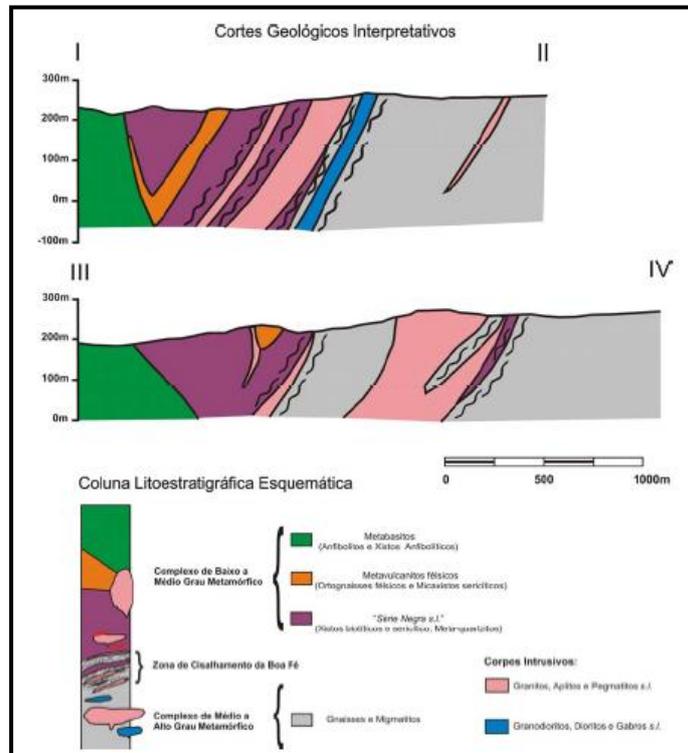


Figura 2.12 – Geologia detalhada, em perfil, da área de implantação do projeto. Fonte: Iberian Resources, 2011 (EIA – Vol. III – Anexos, 2012)

No EIA – Vol. III – Anexos (2012) apresenta-se uma caracterização geológica sucinta dos principais depósitos de ouro, a qual resultou da conjugação de dados obtidos pela empresa *Iberian Resources* durante as campanhas de pesquisa e prospeção e através da informação já existente. Os principais depósitos referenciados são: Casas Novas, Chaminé, Braços e Banhos.

Todavia, os únicos depósitos em que o corpo mineralizado já é conhecido com um grau de confiança mais elevado, são os depósitos de Chaminé e Casas Novas, sendo estes por enquanto os únicos que estão a ser submetidos a autorização. Apesar dos depósitos de Braços e Banhos não terem sido ainda sujeitos a pesquisas tão intensas como em Casas Novas e Chaminé, existem indícios de que estes depósitos poderão vir a ser considerados como mais dois jazigos economicamente interessantes. Deste modo, no futuro estes depósitos poderão vir a ser dimensionados no sentido de exploração, mas ainda terão de ser realizados trabalhos de avaliação geológica suplementares, como muitas sondagens para se averiguar as suas dimensões, teor de ouro e se são economicamente viáveis as suas explorações (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

2.3.4.1. Depósito de Casas Novas

O depósito de Casas Novas encontra-se localizado imediatamente a NW da principal flexura da zona de cisalhamento. A sua sequência litológica é constituída por rochas metamórficas atribuídas ao Complexo de Baixo a Médio grau de metamorfismo, os quais englobam metavulcanitos félsicos, atribuídos à Formação Vulcano-Sedimentar, e ainda xistos biotíticos e sericíticos típicos da Série Negra (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

De acordo com o EIA – Vol. III – Anexos (2012). “*O conjunto sobrepõe-se, progressivamente, ao longo da zona de cisalhamento da Boa Fé, a paragnaisse migmatíticas do Complexo de Médio a Alto Grau Metamórfico. São frequentes os corpos filonianos de natureza granítica, com espessura variável e geometria tabular, sub-paralelos à foliação tectónica. Da mesma forma, a mineralização aurífera (a arsenopirite, a pirite e a loellingite estão presentes como mineralização associada) ocorre frequentemente como ouro grosseiro em veios de quartzo e no xisto biotítico, e no geral parece desenvolver zonas mineralizadas paralelas à xistosidade. Porém, as zonas mais ricas em ouro parecem corresponder a corpos lenticulares alongados e mergulhantes para SE*”.

2.3.4.2. Depósito da Chaminé

O depósito da Chaminé encontra-se localizado a S da flexura da zona de cisalhamento de Boa Fé, parecendo ser limitado a N por falhas de desligamento esquerdas (NE-SW a NNE-SSW). Em relação à sua sequência litoestratigráfica, esta é semelhante ao depósito de Casas Novas já descrito, com a diferença de que, no depósito da Chaminé, os valores de ouro de maior interesse ocorrem em zonas de forte silicificação e definem corpos lenticulares alongados, mergulhados para N (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Perante sondagens profundas realizadas no jazigo da Chaminé verificou-se que haverá continuidade em profundidade deste jazigo, que, segundo o EIA – Aditamento (2013): *“Assim, afigura-se agora a possibilidade de, uma vez terminada a exploração mineira da corta hoje prevista da Chaminé, a lavra deste jazigo possa vir a ser prosseguida através de mineração subterrânea para níveis mais profundos, sendo o conhecimento de um jazigo mineral um processo contínuo e que só termina quando ocorre o seu efetivo esgotamento”*.

3. CARATERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO AQUÍFERO DE MONTEMOR-O-NOVO

3.1. Enquadramento

As formações aquíferas da Unidade Hidrogeológica do Maciço Antigo são compostas, maioritariamente, por calcários, quartzitos, gabros paleozóicos, gnaisses, gnaisses graníticos, alguns quartzodioritos e granodioritos, migmatitos, rochas metavulcânicas, depósitos de idade terciária e terraços e cascalheiras que ocupam depressões instaladas no soco antigo. É nesta unidade que se insere o aquífero subjacente à área em estudo.

Durante a execução do Projeto Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA, 2001) foram identificados algumas novas estruturas aquíferas. Uma das estruturas identificadas nessa altura foi o Sistema Aquífero de Évora-Montemor-Cuba, formado por um conjunto de rochas diversificadas do Maciço Hespérico, com geometria e extensão bastante variáveis. Este sistema de aquífero caracterizava-se por uma produtividade média-alta dentro das rochas cristalinas e cristalofilinas portuguesas, e foi definido como constituído pelos seguintes setores (Figura 3.1):

- Évora;
- Montemor-o-Novo;
- Escoural;
- Cuba-São Cristóvão;
- Vidigueira-Selmes;

a que se juntava na altura o aquífero Carbonatado de Viana-Alvito e de Portel, por estar na vizinhança dos restantes setores e também por ter sido identificado durante esse Projeto (não representado na Figura 3.1).

Mais recentemente, estes setores passaram a ser considerados aquíferos autónomos, pelo que se considera que a área de trabalho se insere no aquífero de Montemor-o-Novo, embora se

encontre localizada numa zona de fronteira entre esse aquífero e o aquífero do Escoural (Figura 3.1).

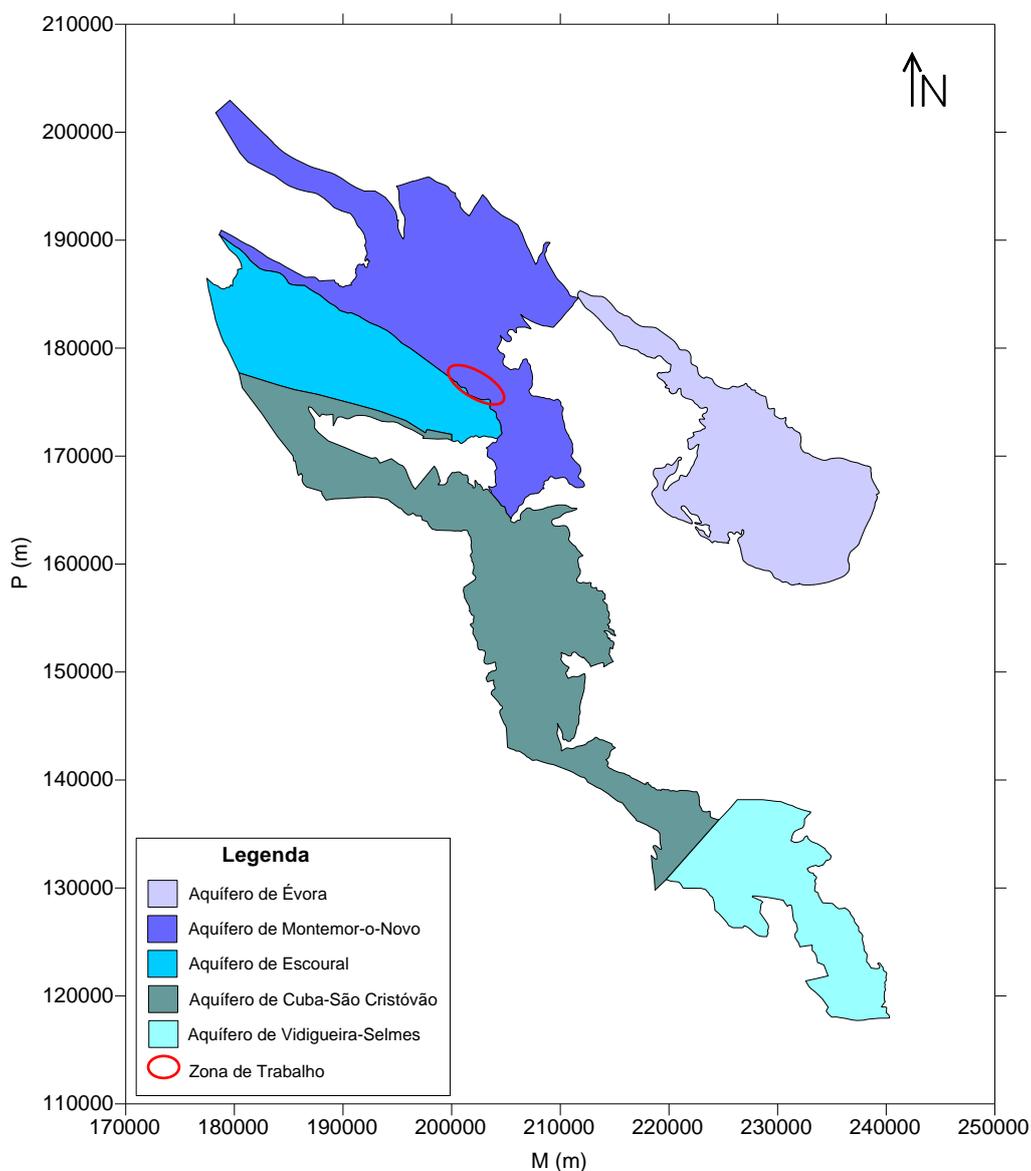


Figura 3.1 – Sistema Aquífero de Évora-Montemor-Cuba

3.2. Caraterísticas gerais do aquífero

O aquífero de Montemor-o-Novo é caracterizado por ser livre a semi-confinado, com água sobretudo nos primeiros 30 a 40 m de espessura.

Neste aquífero a precipitação média anual é bastante inferior à média do Continente, verificando-se probabilidades elevadas de ocorrência de anos muito secos. Por outro lado,

existem amplas amplitudes térmicas, ocorrendo invernos de chuva abundante e verões secos, com temperaturas médias elevadas, consequência do relevo aplanado que acentua as influências mediterrânicas. Os relevos da serra de Monfurado, no alinhamento NW-SE entre Montemor-o-Novo e Santiago do Escoural, induzem a um aumento significativo dos valores de precipitação, no limite sudoeste da área estudada (ERHSA, 2001).

Neste aquífero, a precipitação média anual é de 714 mm. Considerando uma infiltração eficaz de 10%, para uma área de 37 km², os recursos renováveis anuais serão de 26,6 hm³ (ERHSA, 2001).

O aquífero de Montemor-o-Novo engloba fundamentalmente rochas migmatíticas, gnaisses migmatíticos, granitos, tonalitos, corneanas, gabros e dioritos (ERHSA, 2001, Chambel *et al.*, 2006, PBHS, 2011). Trata-se de um aquífero fissurado, livre a semi-confinado, com 373 km² de superfície, uma produtividade mediana de 1,0 l/s e média de 3,2 l/s, uma recarga média global de 26,5 hm³/ano e com águas quimicamente nas fácies bicarbonatadas-mistas a cloretadas-mistas (Chambel *et al.*, 2006).

A produtividade hídrica subterrânea das rochas do Maciço Antigo, a nível local, é bastante controlada pela tectónica à escala do afloramento (Carvalho *et al.*, 2003) e menos pela tectónica regional, apesar de também condicionado por esta (EIA – Aditamento – Anexos, 2013).

Segundo o EIA – Aditamento – Anexos (2013), a informação hidrogeológica regional disponível da zona envolvente a este projeto mineiro é reduzida. Contudo, verifica-se, nas formações ocorrentes, que a sua permeabilidade é baixa (por alguns critérios considerados simplesmente como camadas confinantes, ou formações não aquíferas), mas não impede manifestações e a circulação de água subterrânea natural ou por captações artificialmente construídas.

3.3. Caraterização hidrodinâmica

Para a caraterização hidrodinâmica deste aquífero, expõe-se a informação disponível no relatório técnico do ERHSA (2001), com base em informação obtida em visitas de campo e em relatórios técnicos fornecidos por diversas empresas de sondagem (Anexos – Figura I.1).

3.3.1. Piezometria e funcionamento hidráulico

Neste tipo de rochas o fluxo depende da topografia da região e é mais acentuado na direção E-W, coincidente com o rio Almansor. Nos Anexos – Figura I.2, representam-se os diferentes sentidos de fluxo para este aquífero (ERHSA, 2001).

Contudo, salienta-se que a interpretação foi elaborada com muitas reservas, tendo em consideração o caráter limitativo da informação disponível.

Da análise dos dados (ERHSA, 2001) considera-se que este aquífero apresenta uma circulação típica de meios fissurados, caracterizado por um comportamento misto dos meios porosos e fissurados na zona alterada e com circulação por fraturas e diaclases, na rocha sã.

3.3.2. Distribuição espacial dos caudais

De uma forma geral, os recursos exploráveis dos vários aquíferos apresentam-se mais ou menos avultados consoante o grau de permeabilidade das litologias e/ou capacidade de armazenamento, isto em consequência do grau de fracturação e/ou alteração das rochas.

Conforme Chambel *et al.* (2006), verifica-se que, no aquífero de Montemor-o-Novo, o caudal máximo obtido foi de 30 l/s, sendo a média de 3,2 l/s, valor este muito superior ao valor médio neste tipo de litologias (1,0 l/s). Porém, tomando em consideração a mediana, este valor diminui para 1,0 l/s. A explicação relaciona-se com o fato de se terem utilizado para o estudo captações improdutivas e várias captações com caudais instantâneos inferiores a 1000 l/h que também não são exploradas. Excluindo essas captações, a média sobe para 4,1 l/s e a mediana para 1,8 l/s (ERHSA, 2001). As captações abandonadas são furos com produtividades inferiores a 0,3 l/s, que não eram economicamente viáveis.

De acordo com o ERHSA (2001) este aquífero é bastante heterogéneo em termos de potencial hidrogeológico (Anexos – Figuras I.3 e I.4), verificando-se que as maiores produtividades surgem associadas aos tonalitos a este de Montemor-o-Novo, junto da Herdade da Caravela, nos quais a produtividade média das captações atingiu valores entre 3,0 e 6,0 l/s.

No complexo gnaiisso-migmatítico a sudeste de Montemor-o-Novo, na Herdade dos Padres, as produtividades atingiram valores de 20 a 30 l/s. Perante a análise dos dados, conclui-se que os caudais diminuem consideravelmente quando afloram granitos biotíticos

associados (ERHSA, 2001). Na zona em estudo, a produtividade é baixa, mas superior à média relativamente à produtividade das rochas do Alentejo.

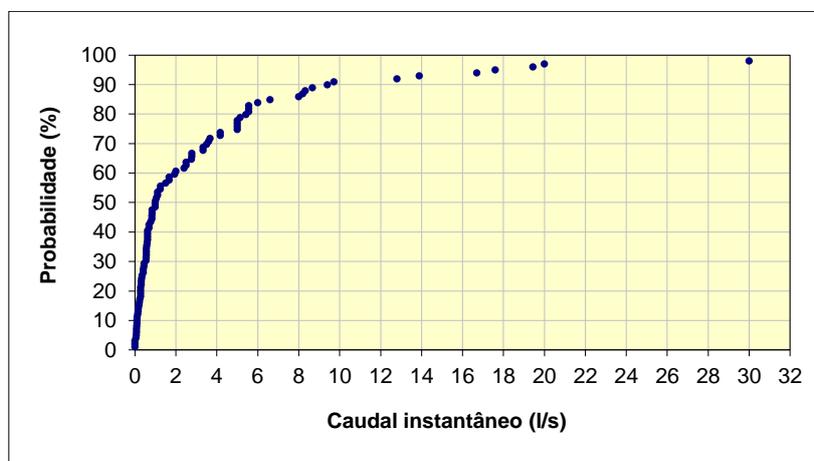


Figura 3.2 – Distribuição cumulativa dos caudais instantâneos. Fonte: ERHSA (2001)

De referir que os caudais utilizados na interpretação hidrodinâmica do sistema no ERHSA (2001) são valores de caudais instantâneos, ou seja, caudais medidos durante a perfuração dos furos utilizando como meio de extração ar comprimido (Figura 3.2). Assim, com base nesses caudais instantâneos, e de acordo com a sua utilização, calcularam-se os caudais de utilização máximos recomendados: quando a captação é utilizada intensivamente com bombagens diárias contínuas de 12 a 18 horas, durante 3 ou 4 meses, o caudal recomendado será 1/3 do caudal instantâneo. Nas situações em que as bombagens sejam descontínuas até 6 horas por dia, recomendam-se taxas de exploração de 1/2 do caudal instantâneo.

Perante o EIA – Vol. III – Anexos (2012) considera-se que, através dos dados bibliográficos analisados, os caudais médios de exploração serão na ordem de 1,0 l/s, o que não se afasta muito do que foi identificado no ERHSA (2001).

3.4. Caraterização hidroquímica

Na caraterização hidroquímica do aquífero em estudo, expõe-se a informação recolhida pelo ERHSA (2001), com base nos resultados de campanhas de amostragem em captações de águas subterrâneas.

3.4.1. Caracterização de parâmetros físico-químicos

A metodologia aplicada pelo ERHSA (2001) consistiu em realizar uma representação pontual dos dados relativos aos parâmetros físico-químicos, uma vez que estes dados são quase todos de dispersão temporal muito variável.

As classes de valores utilizadas para a representação de cada parâmetro foram estipuladas tendo em consideração os valores recomendados e/ou admitidos pelo Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, que regulamentava na altura a qualidade da água para consumo humano, permitindo aferir a qualidade das amostras. Em algumas situações foram adotadas classes de valores que, embora não correspondessem aos limites impostos pelo Decreto-Lei, se revelaram mais adequadas para o estudo (ERHSA, 2001).

3.4.1.1. Análise estatística

Para este aquífero, no Projeto ERHSA (2001), foi executado o tratamento estatístico das 50 amostras com análises físico-químicas. O tratamento estatístico foi baseado na análise univariada, a qual utiliza medidas de localização e de dispersão.

Como medidas de localização utilizaram-se a média, a mediana (med.), o 1º e o 3º quartis. Refira-se que a média é muito influenciada por valores anómalos, sendo a mediana muito mais resistente, pois é o valor central do número de amostras. A conjugação destas duas medidas permitiu determinar a assimetria da distribuição de frequências. Também se utilizou o desvio padrão, que é a medida de dispersão, o qual pode sobreavaliar a dispersão amostral, uma vez que é muito influenciado por valores anómalos.

A distribuição dos parâmetros analisados é uma distribuição assimétrica positiva, porque a média é superior à mediana, o que se pode observar na Tabela 3.1 (ERHSA, 2001).

Tabela 3.1 – Análise estatística dos iões analisados. Fonte: ERHSA (2001)

Parâmetros Analisados	Nº de Amost.	Média	Med.	Mín.	Máx.	1º Quartil	3º Quartil	Desvio Padrão
PH	247	7,00	6,90	4,30	9,30	6,50	7,30	0,60
CE	251	501,00	403,00	110,00	2420	291,00	610,00	332,00
Dureza total	50	191,62	149,00	45,00	570,00	112,00	230,00	124,03
Bicarbonato	50	167,24	131,97	45,07	437,89	94,98	208,62	101,46
Cloretos	50	54,53	31,95	13,00	269,00	24,00	54,00	55,10
Sulfatos	50	32,97	24,00	6,00	105,18	14,00	51,00	24,05
Nitratos	50	35,59	22,63	0,45	285,20	11,10	48,36	44,31
Cálcio	50	37,14	28,68	6,75	112,00	17,60	51,20	26,89
Sódio	50	38,66	26,81	12,57	168,00	22,00	52,12	28,11
Magnésio	50	23,31	17,78	5,25	70,73	14,00	31,75	14,37

Os valores de Condutividade Elétrica (CE) e de pH registados durante o Projeto ERHSA (2001) foram medidos no campo, pelo que o número de amostras foi muito superior ao dos restantes parâmetros físico-químicos.

Na análise da CE foram utilizadas 251 captações de água subterrânea. A mediana dos valores foi de 403 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Constatou-se que 50% das amostras se situam entre os 291 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os 610 $\mu\text{S}/\text{cm}$, apesar de existirem alguns valores muito elevados (ERHSA, 2001).

Para a análise do pH foram utilizadas 247 amostras de captações de água subterrânea. De acordo com os dados obtidos (ERHSA, 2001), pode-se constatar que, apesar de alguns valores extremos, os valores das medidas de dispersão indicam uma pequena assimetria, no qual a maioria das águas analisadas tem valores próximos de 7.

Os restantes parâmetros químicos apresentam distribuições assimétricas com a média sempre superior à mediana (ERHSA, 2001).

De acordo com o ERHSA (2001), os parâmetros que mais contribuem para a mineralização destas águas do aquífero de Montemor-o-Novo são o magnésio, o sulfato e o cálcio, pois apresentam uma grande correlação com a CE e com a dureza total destas águas.

3.4.1.2. Distribuição espacial das variáveis hidroquímicas

Com base nos resultados obtidos da amostragem, realizou-se a distribuição espacial dos vários parâmetros, de forma a retirar as ilações possíveis (ERHSA, 2001).

3.4.1.2.1. Condutividade elétrica

Perante os resultados obtidos na distribuição espacial da condutividade elétrica (CE) (Anexos – Figura I.5), observou-se uma maior mineralização a noroeste de Montemor-o-Novo, com valores superiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Como se observa na figura, na área da futura intervenção mineira os valores de CE são principalmente inferiores a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores inferiores à zona noroeste acima referenciada.

3.4.1.2.2. pH

A distribuição espacial do pH encontra-se representada nos Anexos – Figura I.6. Verifica-se que, na área central do aquífero de Montemor-o-Novo, as águas apresentam valores de pH entre 6,5-7,5 e, nos extremos sul e norte surgem algumas águas de caráter mais básico.

Na zona da eventual futura mina, pode verificar-se que, os valores de pH são sobretudo entre os 6,5-7,5, coincidente com a área central deste aquífero.

3.4.1.2.3. Dureza total

O aquífero apresenta uma distribuição espacial da dureza total homogénea (Anexos – Figura I.7). As águas são macias, com valores inferiores a 300 mg/l de CaCO_3 , excetuando-se duas amostras, que apresentaram valores superiores a 500 mg/l de CaCO_3 .

Na área da futura intervenção mineira, os valores de dureza total são inferiores a 300 mg/l de CaCO_3 , semelhante à panorâmica geral do aquífero.

3.4.1.2.4. Cálcio

A distribuição espacial do cálcio (Anexos – Figura I.8) indica que as águas subterrâneas têm concentrações de cálcio inferiores a 100 mg/l de Ca, excetuando-se quatro amostras, com valores entre os 100 e os 200 mg/l de Ca.

No local da eventual futura intervenção mineira, o cálcio apresenta valores inferiores a 100 mg/l, semelhante aos restantes casos do aquífero.

3.4.1.2.5. Sódio

A distribuição espacial do sódio, representada nos Anexos – Figura I.9, é relativamente homogénea. Apenas uma das amostras possui teor superior a 150 mg/l de Na.

Na região em estudo, o sódio possui principalmente valores entre os 20-150 mg/l, tendo apenas uma amostra com valores inferiores a 20 mg/l, semelhante à panorâmica geral do aquífero.

3.4.1.2.6. Magnésio

O magnésio, com distribuição espacial representada nos Anexos – Figura I.10, apresenta uma distribuição relativamente homogénea ao longo do aquífero, excetuando-se duas amostras com concentrações superiores a 50 mg/l de Mg.

A zona da possível exploração de ouro apresenta valores de magnésio inferiores a 30 mg/l, idêntico à globalidade dos casos ocorrentes no aquífero.

3.4.1.2.7. Cloretos

A partir da distribuição espacial do ião cloreto, representada nos Anexos – Figura I.11, pode constatar-se que, na área a norte de Casas Novas e a sul do Monte das Pedras, as amostras possuem valores inferiores a 25 mg/l. Na restante área as águas apresentam valores no intervalo 25-200 mg/l, com apenas uma das amostras a ultrapassar este valor.

Na zona da eventual exploração mineira, os valores de cloreto situam-se entre os 25 e os 200 mg/l, em concordância com a panorâmica geral do aquífero considerado.

3.4.1.2.8. Sulfatos

A distribuição espacial do sulfato (Anexos – Figura I.12) permite aferir que estas águas apresentam valores de sulfato inferiores a 250 mg/l e que as litologias a sudeste de Montemor-o-Novo apresentam teores na gama 0-25 mg/l.

No local da possível exploração aurífera, pode observar-se que os valores de sulfatos são inferiores a 250 mg/l, semelhantes à generalidade do aquífero.

3.4.1.2.9. Nitratos

Nos Anexos – Figura I.13 encontra-se representada a distribuição espacial do ião nitrato, onde se observa que, pontualmente, surgem valores superiores a 50 mg/l, sugerindo contaminações localizadas em virtude de práticas agropecuárias.

Na região da Boa Fé, os valores de nitratos são sobretudo inferiores a 25 mg/l, existindo um caso com valores superiores a 50 mg/l, o que sugere uma contaminação localizada, semelhante à panorâmica geral do aquífero de Montemor-o-Novo.

3.4.2. Fácies hidroquímicas

Para identificar as fácies hidroquímicas o ERHSA (2001) utilizou diagramas triangulares, nos quais projetaram-se os principais iões e catiões no diagrama de Piper (Anexos – Figura I.14). Verifica-se que as águas deste aquífero são principalmente bicarbonatadas mistas, mas existem, em menor percentagem, algumas águas cloretadas mistas.

Por outro lado, através da projeção das amostras nos diagramas de Stiff (Anexos – Figura I.15) verifica-se que as águas mais mineralizadas aparecem a sul de Casas Novas e junto aos Foros do Cortiço. Ainda, pela análise deste diagrama, observam-se muitas semelhanças entre as fácies hidroquímicas deste aquífero e parte do aquífero de Évora (Chambel, 1990).

Segundo o ERHSA (2001), perante a análise dos resultados obtidos, concluiu-se que, apesar das tendências gerais apontarem para a presença de águas bicarbonatadas mistas, se verifica a existência de uma fácies mais magnésiana em muitas amostras. Em relação aos catiões, ocorre uma oscilação variada quanto ao catião principal, enquanto nos aniões se nota uma tendência cloretada em algumas amostras.

3.4.3. Estados de saturação, problemas de incrustação e corrosão

A composição química de uma água subterrânea depende em grande parte da composição mineralógica do meio através do qual circula, estando principalmente relacionada com as interações água/rocha ao longo do seu percurso. Estas interações são dirigidas pela tendência para o equilíbrio termodinâmico do sistema hidroquímico e pela cinética das reações, as quais resultam de dois processos fundamentais que controlam a química dos fluidos: a dissolução dos minerais da rocha em contato com o fluido e a precipitação de minerais secundários (Carvalho *et al.*, 1990).

De salientar ainda que os equilíbrios químicos dependem também de outros fatores, como: variações de temperatura; pressão; diluição e mistura com águas de diferentes origens; introdução de gases no sistema e perda de vapor.

Através da análise dos dados, ao considerar os índices de saturação em relação à calcite e à dolomite, observou-se que este sistema aquífero é relativamente homogéneo para os índices de saturação destes minerais (Anexos – Figura I.16). A maioria das águas que foram estudadas estão subsaturadas em relação à calcite e à dolomite. Somente a sul do sistema, junto ao Tojal e Valverde, e perto das Silveiras, ocorrem amostras sobressaturadas nestes minerais.

A calcite e a dolomite, como principais minerais responsáveis por incrustações, não contribuem para o risco de colmatação de canalizações neste sistema aquífero (ERHSA, 2001).

3.4.4. Qualidade da água para consumo humano e rega

De acordo com o ERHSA (2001), somente uma pequena parte das amostras analisadas seriam destinadas a abastecimento público. Todavia, muitas captações neste aquífero são utilizadas para consumo humano.

Na generalidade da amostragem, considerando o Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto referente à qualidade da água para consumo humano, em vigor nessa altura, os parâmetros analisados não excediam o VMA (valor máximo admitido), ao contrário do nitrato, que estaria associado à proximidade de povoações ou a uma maior intensidade agropecuária. Contudo, existiam três exceções: duas amostras com dois parâmetros acima do VMA e uma com três parâmetros acima do VMA (Anexos – Figura I.17).

Relativamente à qualidade da água para rega, no Projeto ERHSA (2001) utilizaram-se os critérios da United States Salinity Laboratory Staff (USSLS). As amostras dividiram-se em três classes de risco de salinização/alcalinização.

Segundo a distribuição espacial por classes de risco para rega, esta é muito homogénea (Anexos – Figura I.18). Verificou-se que o risco de alcalinização era baixo em todo o aquífero, enquanto o risco de salinização era médio na maior parte da área e aumentava para elevado nalgumas amostras a sul de Valverde, junto aos Foros do Cortiço e próximo das Silveiras.

3.4.5. Riscos de contaminação – focos de contaminação pontual e difusa

Este aquífero era na altura utilizado para o abastecimento público de parte da cidade de Montemor-o-Novo, Vale Figueira, Foros da Adua, Santa Sofia, S. Sebastião da Giesteira e Valverde.

De acordo com o ERHSA (2001) a exploração mais intensiva ocorria junto de aglomerados populacionais e em terrenos planos que eram utilizados na agricultura e pastoreio de gado bovino. Constatou-se que, nas captações inventariadas, a água era utilizada maioritariamente na agricultura, pecuária e para fins domésticos (Anexos – Figura I.19).

A vulnerabilidade das águas subterrâneas à poluição é função das características geológicas, hidrogeológicas e topográficas do sistema aquífero.

O sistema aquífero Évora-Montemor-Cuba, como era definido na altura, por ser caracterizado como livre a semi-confinado, foi considerado como extremamente vulnerável à contaminação, a necessitar de um plano de ordenamento próprio se se entender preservar o recurso a fim de garantir a utilização mais nobre que poderá ter: o consumo doméstico (ERHSA, 2001).

A análise realizada durante o Projeto ERHSA (2001) mostrou que o potencial agrícola destes solos está subexplorado, mas apresentava tendência a aumentar consideravelmente a extensão da área agrícola, porque são solos ricos em água, permitindo culturas de regadio.

Os riscos de contaminação são originados pelas explorações agropecuárias e uso intensivo de fertilizantes. No caso do azoto, este é um elemento que no solo passa à forma de nitrato, o qual, sendo muito solúvel, rapidamente é arrastado pela água, entrando desse modo nos aquíferos (ERHSA, 2001).

Assim, a prevenção da poluição destas águas com nitratos deverá relacionar-se com a quantidade de fertilizantes azotados aplicada ao solo e com a técnica e época da sua aplicação. No estudo ERHSA (2001), constatou-se que a zona de maior risco de contaminação estava localizada junto a Montemor-o-Novo e na zona sul do aquífero, onde a exploração agropecuária era mais intensa.

Aconselhava-se uma gestão equilibrada e racional do regadio e da utilização de fertilizantes e fitofarmacêuticos, de forma a prevenir a degradação da quantidade de água disponível, bem como da sua qualidade.

4. PROSPECÇÃO E PESQUISA DE OURO NA REGIÃO DO ESCOURAL E CARATERÍSTICAS DA ZONA MINEIRA

O Projeto de Exploração Mineira da Boa Fé possui como principal objetivo a exploração a céu-aberto de dois depósitos auríferos denominados por Casas Novas e Chaminé, ambos localizados na freguesia de Nossa Senhora da Boa Fé, concelho e distrito de Évora.

Na área pretendida para implantar o Projeto de Exploração inserem-se os depósitos mineralizados de Casas Novas e Chaminé e as áreas que são necessárias para instalações e infraestruturas mineiras anexas, envolvendo uma área total de intervenção com 99,56 ha de terrenos pertencentes à freguesia da Nossa Senhora da Boa Fé (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

4.1. Instalações anexas mineiras

As instalações anexas mineiras previstas no projeto são a lavaria, a escombreira de estéreis, a barragem de rejeitados e outras instalações ou edifícios anexas à mina para o apoio à atividade e aos trabalhadores, como um edifício de escritórios, instalações sociais com refeitório e instalações sanitárias/lavabos e vestiários. Será ainda instalada uma oficina de manutenção/reparação de equipamentos, apesar de estar prevista a elaboração de contratos com empresas especializadas para a manutenção dos equipamentos da extração e da lavaria. Junto desta oficina preveem-se áreas para armazenamento temporário dos resíduos industriais (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

Está ainda prevista a instalação de um posto médico e de meios de higiene e segurança no trabalho, um laboratório de análises ao minério e um posto de armazenamento/abastecimento de combustíveis (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

Estes edifícios anexas estão previstos serem instalados no mesmo local da lavaria, partilhando com esta uma área de 13 ha (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

4.2. Método de exploração

A exploração dos dois depósitos auríferos será realizada a céu-aberto, sendo que, antes do seu início efetivo, serão realizados trabalhos de remoção da cobertura vegetal e de decapagem dos solos orgânicos, que serão armazenados em pargas na proximidade da corta respectiva, para serem utilizados futuramente na recuperação paisagística.

A fase posterior consiste em preparar as frentes de desmonte, com a abertura de bancadas, com uma extensão suficiente para desmontar minério de forma a obterem um stock inicial. Este stock será destinado aos primeiros meses de alimentação da lavaria, de forma a garantir a continuidade da produção requerida de 30000 toneladas/mês de minério à saída da corta que estiver em exploração (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

Assim, as principais operações de exploração a realizar nas cortas serão as seguintes (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013):

- Perfuração e desmonte da rocha, de acordo com os modelos de lavra que foram projetados;
- Remoção e carga realizada pelas pás-carregadoras sobre os camiões do minério e do estéril, a partir das frentes de desmonte;
- Transporte do minério e do estéril pelos camiões para a lavaria e escombreira de estéreis, respetivamente.

A perfuração do maciço rochoso, com a finalidade de permitir a ocorrência de desmonte da rocha através de explosivos, será realizada através de perfuradoras pneumáticas roto-percussivas, executando furos com o diâmetro de 3” (polegadas) tanto no minério como no estéril, de acordo com o diagrama de fogo que será praticado pela mina (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

A corta de Chaminé será constituída por um total de 12 bancadas, atingindo uma profundidade de 120 m (Figuras 4.1 e 4.2), enquanto a corta de Casas Novas será constituída por um total de 9 bancadas, atingindo uma profundidade de 90 m (Figuras 4.3 e 4.4) (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

As bancadas de desmonte deverão formar taludes com 10 m de altura e pisos de transição finais com 5 m de largura. Relativamente às rampas de acesso às cortas, estas desenvolver-se-ão com uma largura de 12 m e com uma inclinação máxima de 10% (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

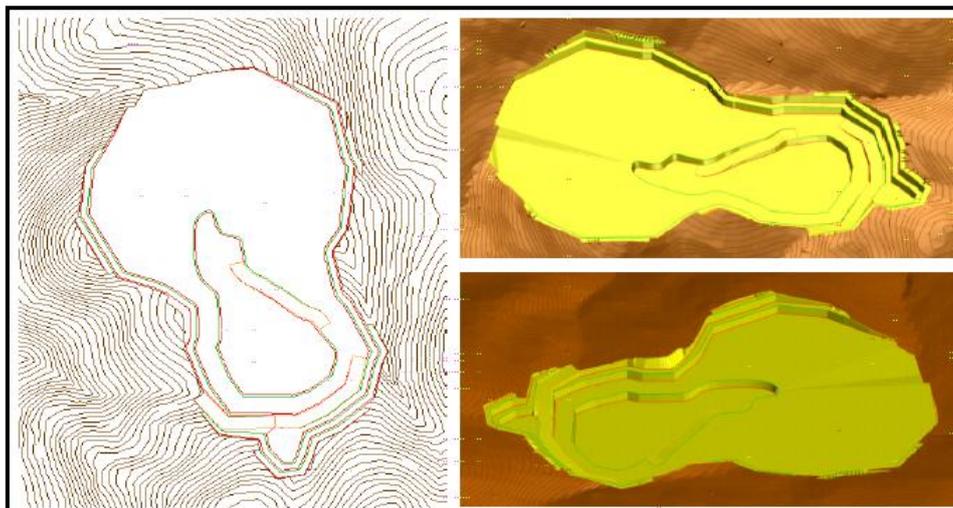


Figura 4.1 – Corta de Chaminé – Início da exploração (Ano 01). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013)

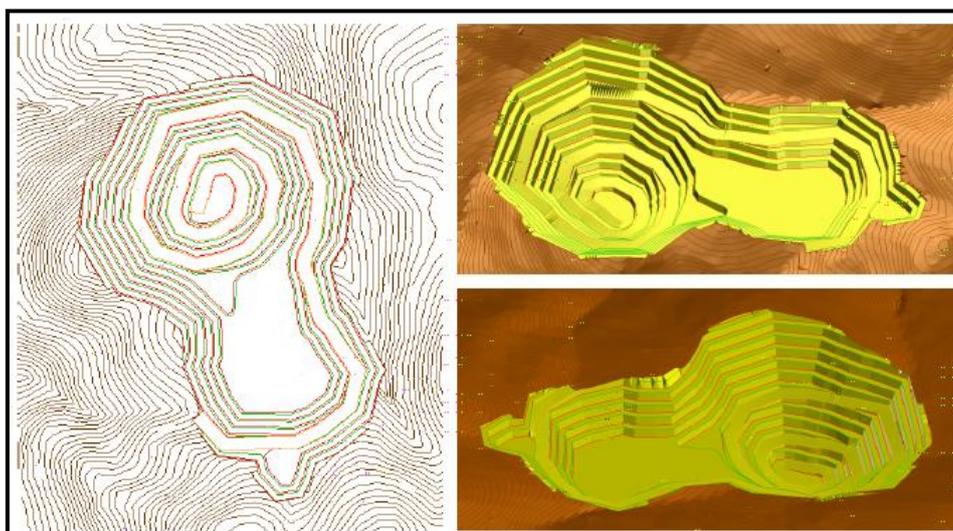


Figura 4.2 – Corta de Chaminé – Fim da exploração (Ano 03). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013)

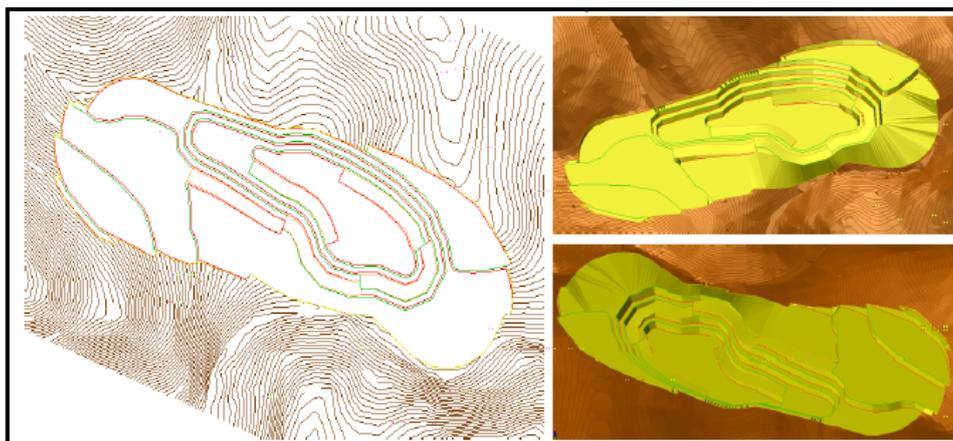


Figura 4.3 – Corta de Casas Novas – Início da exploração (Ano 03). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013)

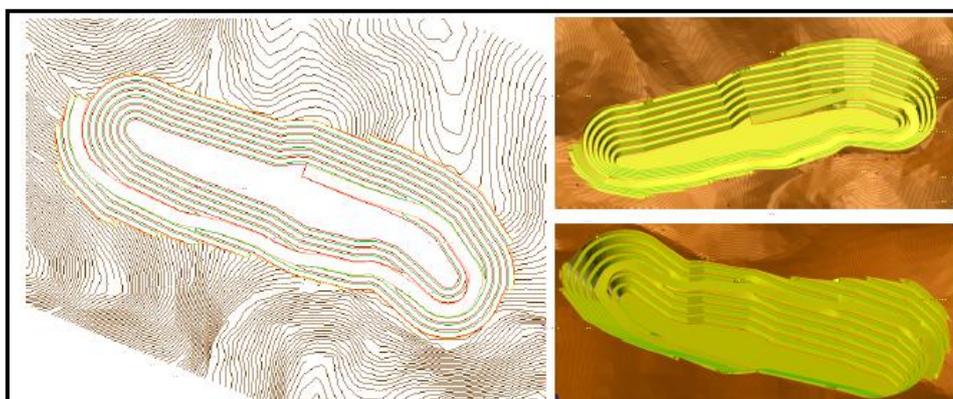


Figura 4.4 – Corta de Casas Novas – Fim da exploração (Ano 05). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013)

O primeiro depósito aurífero a ser explorado será na Chaminé, seguido de Casas Novas, com um período intermédio no qual as duas cortas deverão ser exploradas simultaneamente, isto é, a fase final da exploração da corta da Chaminé coincidirá com a fase inicial da exploração da corta de Casas Novas (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

Segundo os estudos executados, cada uma das cortas apresenta minério para aproximadamente 2,3 anos, conferindo a este Projeto de Exploração uma vida útil aproximada de 5 anos (8 meses no ano 5), tendo em consideração o faseamento de exploração previsto para as cortas, nos quais se preveem os valores de extração totais de minério e estéril indicados na Tabela 4.1 (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

Tabela 4.1 – Quantidades totais de minério e estéril. Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013)

Cortas	Minério (t)	Estéril (t)
Chaminé	817000	6267000
Casas Novas	848000	4584000
Totais	1665000	10851000

4.3. Lavaria

A lavaria será destinada ao processamento do material mineralizado vindo das duas cortas, prevendo um processamento de 360000 toneladas de minério por ano e 240000 toneladas no último ano do projeto (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

Este processamento será composto por diversas fases: britagem, classificação e moagem do minério, concentração gravítica (resultando um concentrado com sulfuretos e ouro livre) e beneficição por flutuação. A fase de beneficição de flutuação será realizada em células de flutuação (tanques metálicos em paralelo), onde, no seu interior, envolvendo a água, o minério moído e ar injetado, ocorrerá a separação das partículas que constituem o minério, quer em concentrados com elevada percentagem de ouro, quer em rejeitados. Neste processo, serão adicionados 0,7 kg por tonelada de substâncias químicas, com a finalidade de aumentar a adesividade das partículas do concentrado às bolhas de ar/água que serão formadas e libertadas na parte superior das células, sendo o fluxo encaminhado para a fase de espessamento e filtragem. Em relação aos rejeitados, estes precipitarão no fundo dessas células sendo encaminhados para a deposição numa barragem de rejeitados.

Prevê-se que, deste processo, resultará um concentrado com uma produção anual de 47160 toneladas por ano e 31440 toneladas no último ano de projeto, sendo que será armazenado num parque próprio da lavaria, com expedição em camiões para a unidade externa de tratamento metalúrgico (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

4.4. Barragem de rejeitados e escombreira de estéreis

Os estudos das características geológicas, hidrogeológicas, geotécnicas, ações sísmicas e condições paisagísticas e ecológicas permitiram escolher uma localização adequada da

escombreira de estéreis e da barragem de rejeitados. Está previsto que estas duas infraestruturas mineiras se localizem no mesmo local, com disposição contígua, na proximidade da lavaria e da corta da Chaminé. A escombreira de estéreis será localizada a montante da barragem de rejeitados, de forma a assegurar que a drenagem das águas pluviais que precipitarem sobre a escombreira e na sua envolvente seja encaminhada, através de canais de drenagem localizados na zona de confluência das águas de escorrência, para o interior da barragem (Figura 4.5) (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

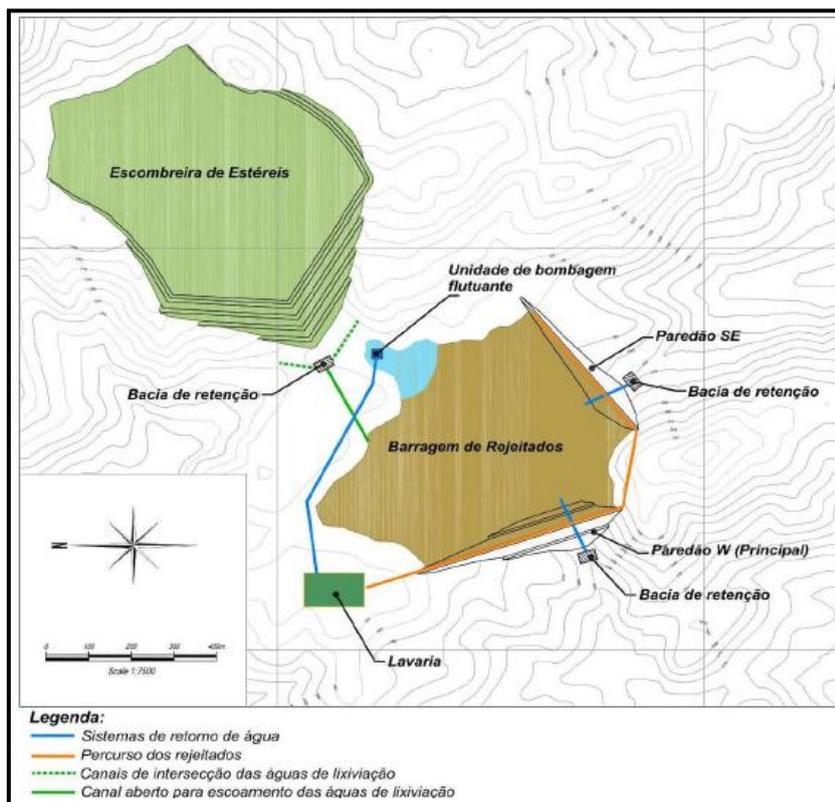


Figura 4.5 – Localização e principais características construtivas da escombreira e da barragem de rejeitados. [Adaptado (tradução) de Golder Associates, 2008 in CONTECMINA, 2012]. Fonte: EIA – Vol. I – R.N.T. (2013)

Como já exposto anteriormente, durante o processamento mineral, serão originados rejeitados, isto é, um efluente que será uma polpa muito diluída constituída por água e pelo material fino, estimando um caudal de 75,6 m³/h. Este efluente será encaminhado, através da tubagem da lavaria, para uma barragem de rejeitados, com uma área de cerca de 32 ha, instalada na proximidade da lavaria, onde se processará a decantação e clarificação do efluente da lavaria, estabelecendo-se um sistema fechado em que a fração sólida ficará acondicionado no fundo da albufeira da barragem e a fração líquida clarificada será recirculada para o processamento mineral (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Segundo o EIA – Vol. I – R.N.T (2013), a barragem de rejeitados terá uma capacidade de armazenamento de $2,7 \times 10^6 \text{ m}^3$, ficando confinada por dois paredões de enrocamento: um paredão principal, do lado W da área de inundação, com 21 m de altura, e um paredão de menor dimensão, do lado sudeste, com 15 m de altura. A área de inundação será de 269000 m^2 e a área afeta aos paredões será de 51000 m^2 , perfazendo uma área total de 320000 m^2 .

O material estéril proveniente das cortas será depositado, de forma controlada, em escombreira de rocha estéril, que abrangerá uma área aproximada de 37 ha (Figura 4.6). A deposição será efetuada a partir da zona de menor cota, disposta em camadas horizontais e os caminhões depositarão o material em montes adjacentes, abrangendo toda a área afeta à escombreira. Assim que existir uma área suficiente para a operação, a superfície da camada será regularizada, através do bulldozer, e a passagem sucessiva dos equipamentos irá promover a compactação de cada camada (Figura 4.7) (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

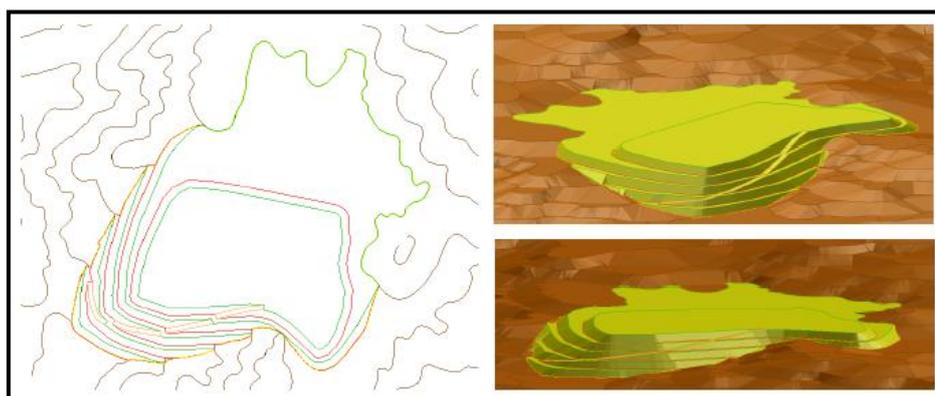


Figura 4.6 – Escombreira de estéreis (Ano 05). Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013)



Figura 4.7 – Desenho esquemático da deposição do estéril. Fonte: Projeto de Exploração Mineira Boa Fé (CONTECMINA, 2012, EIA – Vol. I – R.N.T., 2013)

De acordo com o EIA – Vol. I – R.N.T (2013), o local estipulado para a escombreira apresenta uma depressão topográfica que irá permitir a deposição das camadas de escombros de encontro às vertentes do terreno natural, ao contrário do que acontecerá à zona da escombreira, que será voltada a jusante (SW), onde se formarão taludes de 10 m de altura, com inclinação de 30° e pisos de transição entre os mesmos com 10 m de largura, perfazendo no conjunto dos taludes previstos uma altura máxima de 50 m.

De referir ainda que, está previsto, ao longo do desenvolvimento da escombreira, a revegetação dos taludes e respetivos pisos, destinado ao aumento da sua estabilidade e à antecipação da recuperação paisagística, assegurada pela implementação do Plano Ambiental de Recuperação Paisagística (PARP) (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

A gestão da escombreira de estéreis e da barragem de rejeitados será realizada com base num Sistema de Gestão de Segurança para a prevenção de acidentes e incidentes, integrando um sistema de monitorização sistemática do comportamento geotécnico, do comportamento dos paredões, das características dos rejeitados e da água da albufeira. Estas infraestruturas serão ainda munidas com um Plano de Emergência Interno que poderá ser desencadeado em caso duma emergência originada pela destabilização dos taludes, para a escombreira, ou pelos paredões, no caso da barragem (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

4.5. Utilização da água

Segundo o PGRH (2012), durante a fase de instalação, não estão previstas atividades ou construções que necessitem de quantidades significativas de água. Prevê-se que este recurso será utilizado nas instalações sociais afetas às obras de construção previstas no projeto e para a contenção de poeiras nessas zonas de construção.

Por outro lado, como na fase de desativação encerram todas as atividades industriais ou auxiliares utilizadoras de água, esta será apenas utilizada para a rega no âmbito de medidas de recuperação ambiental e paisagística (PGRH, 2012).

Contudo, será na fase de exploração que o projeto envolve a utilização de maiores quantidades de água, sobretudo no processamento mineral a realizar na lavaria.

Este recurso também será utilizado nas instalações sociais e em operações auxiliares, como a lavagem de equipamentos, a aspersão de água para reduzir o empoeiramento e em zonas que já possam estar em fase de recuperação (PGRH, 2012).

No processamento mineral será utilizado um caudal de água de 99,6 m³/h, no respetivo estágio de flutuação, constituído por água doce (13,5 m³/h) e por água recirculada (86,1 m³/h). A água doce será proveniente de captações de água subterrânea, prevendo-se que 3 a 4 furos de captação sejam suficientes, contando que o regime de exploração de cada captação será aproximadamente de 1,0-1,3 l/s. Aproximadamente 1,1 m³/h da água recirculada será encaminhada para a fase de britagem (Figura 4.8). De acordo com o projeto, a água de drenagem das cortas poderá também ser aproveitada na lavaria (PGRH, 2012).

Na lavaria, as necessidades de água serão completadas por água recirculada, resultante dos estágios de espessamento e filtragem, com um caudal de 22,8 m³/h, e do processo de decantação/clarificação que ocorrerá na barragem de rejeitados, com um caudal de 64,4 m³/h, perfazendo um total de 87,2 m³/h de água recirculada (PGRH, 2012).

Nas instalações sociais, estima-se que o consumo de água seja de 15 m³/dia e que o consumo de água na oficina de manutenção do equipamento (lavagem de equipamentos) seja de 8 m³/dia, considerando também os quantitativos de água para aspersão dos acessos interiores (contenção de poeiras), os quais se estimam em 20 m³/dia (em tempo seco), e os quantitativos de água para rega (em tempo seco) das áreas em recuperação, os quais se estimam em 10 m³/dia (numa fase mais avançada da exploração/recuperação) (PGRH, 2012).

De acordo com o EIA – Vol. I – R.N.T. (2013) poderá ser necessário ligar a área mineira ao ramal público de distribuição de água da povoação de Nossa Senhora de Boa Fé, para fornecer água às instalações sociais. O fornecimento de água para a oficina de manutenção e aspersão dos acessos interiores poderá ser realizado pela barragem de rejeitados se a água estiver em condições de acordo com as análises químicas da água clarificada. Também, para estas finalidades e para rega de elementos em recuperação, se poderá utilizar água oriunda das cortas.

A água para consumo humano virá de uma empresa de distribuição e será fornecida aos trabalhadores em garrafas de plástico ou em garrações de 20 l colocados em bebedouros coletivos (PGRH, 2012).

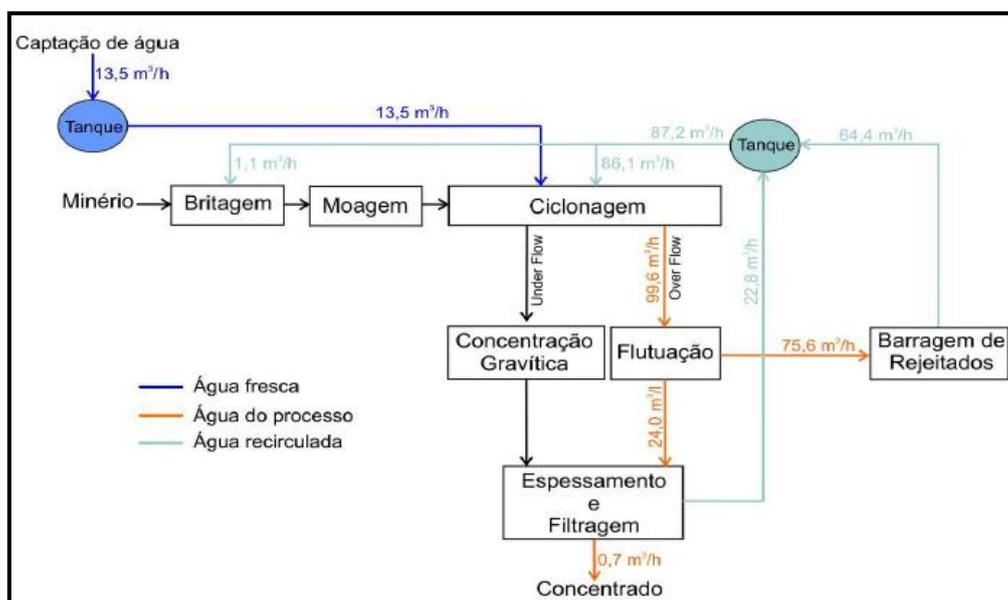


Figura 4.8 – Fluxograma do circuito da água do processamento mineral (Elaborado de acordo com os dados do projeto). Fonte: PGRH (2012)

4.6. Efluentes líquidos

Os efluentes formados nas instalações sociais poderão ser encaminhados para fossas sépticas que terão de ser construídas tendo em consideração os requisitos legais, ou poderão ser encaminhados para o ramal de saneamento e para a ETAR que está ao serviço da freguesia de Nossa Senhora de Boa Fé. Os efluentes originados na lavagem dos equipamentos e na oficina de manutenção serão canalizados para um sistema de drenagem de águas residuais que será instalado no piso da oficina e enviados para um depósito estanque, sujeitando-se a um tratamento em que será utilizado um separador de hidrocarbonetos (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

4.7. Expedição dos concentrados

Os concentrados produzidos na lavaria serão transportados através de camiões para uma unidade externa de recuperação de ouro, estimando uma média de 5 camiões de expedição por dia, cujo destino poderá ser o complexo mineiro de Aljustrel ou outros destinos por via rodoviária ou ferroviária (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

4.8. Número de trabalhadores e horário de trabalho

De acordo com o EIA – Vol. I – R.N.T. (2013), para o Projeto de Exploração Mineira de Boa Fé, estão previstas nas cortas 260 dias de trabalho por ano, na britagem e na flutuação (lavaria), 300 e 365 dias de trabalho por ano (4800 e 7884 total de horas de trabalho por ano) e um número total de trabalhadores de 135, dividindo-se pelos seguintes setores/funções:

- Direção Geral: 1;
- Administrativos: 3;
- Exploração – Cortas: 89;
- Lavaria: 42.

4.9. Fontes de energia

Como fontes de energia, o projeto prevê a utilização de gásóleo e eletricidade. O gásóleo, utilizado nos equipamentos móveis usados durante a exploração das cortas, será adquirido a uma empresa distribuidora de combustíveis da região e armazenado na instalação anexa mineira em 3 depósitos estanques com uma capacidade unitária de 20000 l, isto de acordo com a regulamentação e normas legalmente aplicáveis, prevendo-se um consumo de 1060000 l/ano (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

A eletricidade, utilizada nos equipamentos da lavaria, iluminação, aquecimento, entre outros, será adquirida à rede elétrica nacional e distribuída às instalações mineiras através de um posto de transformação (PT), instalado na área adstrita aos anexos mineiros, isto de acordo com a regulamentação e normas legalmente aplicáveis. Prevê-se um consumo de 1750 kW/ano (EIA – Vol. I – R.N.T., 2013).

5. ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS

Nos estudos de campo executados na zona da povoação de Casas Novas (Boa Fé) foram inventariados 15 pontos de água: 6 furos, 7 nascentes, 1 poço e 1 galeria (Figura 5.1). Nesta área tentou-se identificar o maior número possível de pontos de água, de forma a conseguir-se a caracterização mais eficaz das suas águas subterrâneas (Anexos – Tabela II.1).

No inventário de campo, a caracterização das captações e suas utilizações foram recolhidas com base em informações dos proprietários e de pessoas com conhecimento local.

Contudo, num dos pontos inventariados, o E015 (furo localizado junto da povoação de Casas Novas), não foi possível determinar quaisquer parâmetros físico-químicos, por este se encontrar com uma proteção, tendo sido utilizado no passado para abastecimento da povoação, antes do abastecimento passar a ser feito através de rede de abastecimento municipal, com base em águas superficiais. Atualmente constitui uma reserva, que poderá ser utilizada quando for necessário.

Assim, através dos estudos de campo, foi possível determinar em 14 pontos de água, *in situ*, alguns parâmetros físico-químicos, tais como: a temperatura, a condutividade elétrica e o pH, e obter informação acerca da produtividade e níveis hidrostático e hidrodinâmico (Figura 5.2 – A, B e C) em épocas pluviosa e não pluviosa.

Relativamente às análises de água, foram recolhidas amostras em 7 locais (Figura 5.2 – D) para realização de análises físico-químicas laboratoriais, distribuídas homogeneamente pela área em estudo.



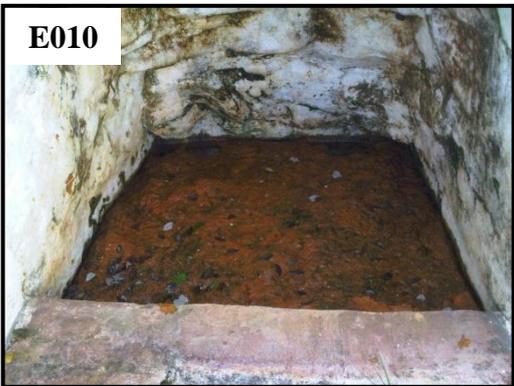




Figura 5.1 – Registo fotográfico de alguns locais de amostragem. E002 – Nascente da Quinta do Escrivão. E003 – Galeria da Quinta do Escrivão. E004 – Nascente da Serra do Conde (Chafariz da Repartição). E005 – Nascente da Quinta dos Freguises. E006 – Poço do Monte dos Tanques de Cima. E007 e E008 – Nascentes do Monte dos Tanques de Baixo. E009 – Furo do Monte dos Tanques de Baixo. E010 – Nascente da Quinta das Casas Altas. E013 – Nascente da Torre da Giesteira. E014 – Furo do Monte das Sesmarias. E015 – Furo de Boa Fé (Casas Novas)

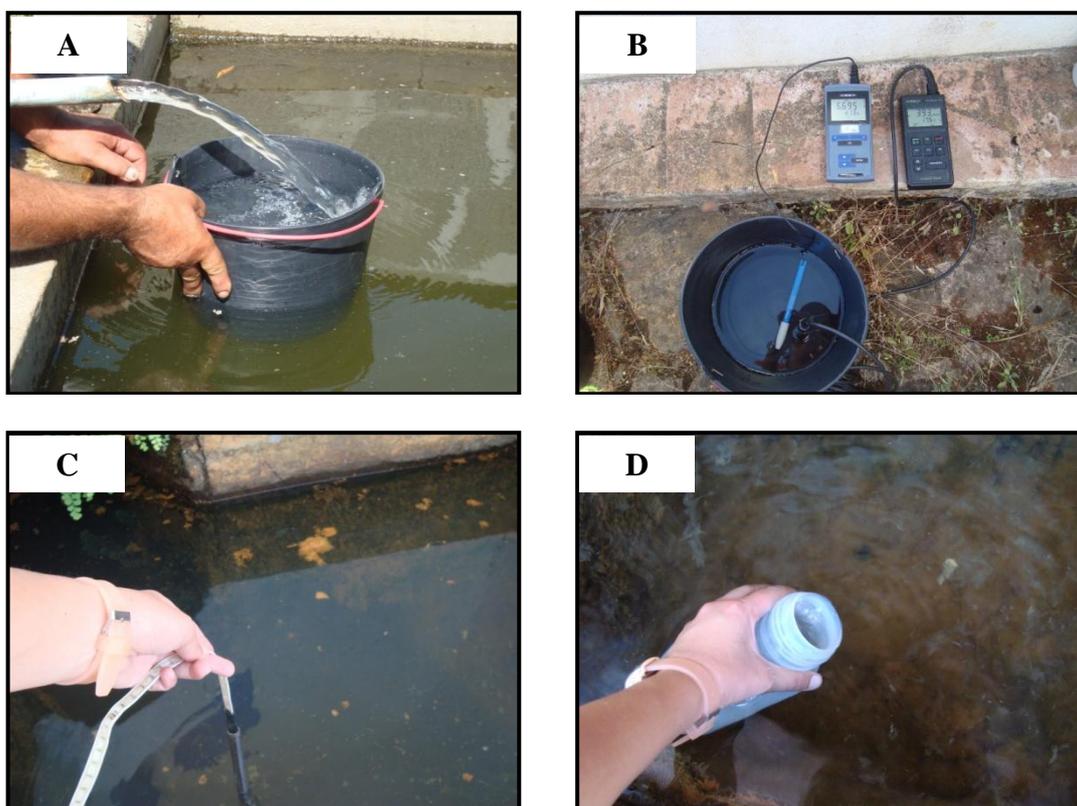


Figura 5.2 – A) Recolha de água; B) Medição dos parâmetros físico-químicos; C) Medição do nível de água; D) Recolha de amostra de água para o laboratório

No âmbito do projeto mineiro foram também inventariados alguns pontos de água, com determinação *in situ* de alguns parâmetros e a realização de análises químicas, na área de influência deste projeto, em amostras de águas recolhidas em 10 pontos de água, reportando a um período temporal de 10 anos (EIA – Aditamento, 2013). De forma a circunscrever as

amostras à zona de estudo deste relatório, foram consideradas 4 amostras localizadas na área em estudo (61/2012; 16/2008; 17/2008; 18/2008) (Anexos – Tabela II.1.1). Pelo facto de no EIA (2013) não terem sido analisados alguns parâmetros que se encontram neste estudo, apenas se considerou a CE e o pH.

Do Projeto ERHSA (2001), através dos diversos pontos de água inventariados para a caracterização dos aquíferos de Montemor-o-Novo e do Escoural, considerou-se as amostras de água que reportam à área em estudo para o tratamento estatístico dos parâmetros de campo e laboratoriais. Nesta zona inserem-se 7 pontos de água amostrados (459U035; 459U036, 459U039; 459U045; 459U070; 459U075; 459U076), dos quais 2 (459U045 e 459U035) parecem ser os mesmos inventariados nos atuais trabalhos de campo (2013). O ponto 459U045 (nascente) do ERHSA, através da sua localização, corresponde às características do ponto inventariado E005. No caso do ponto 459U035 (furo), não há certeza se corresponderá ao ponto E009 pelo facto da localização não coincidir perfeitamente, mas não havendo outro furo na proximidade, assumiu-se que seria o mesmo (Anexos – Tabela II.1.1).

5.1. Hidrodinâmica

5.1.1. Caracterização da informação disponível

A caracterização hidrodinâmica da área em estudo foi executada com base em informação recolhida nos estudos de campo, junto dos proprietários e de pessoas com conhecimento na região.

5.1.2. Piezometria e funcionamento hidráulico

O INAG-SNIRH (2012) possui uma estação de monitorização piezométrica junto da ribeira de Valverde, em que existem registos de 1997 a 1999, altura em que a profundidade da água subterrânea variou entre um mínimo de 0,59 m no período húmido, e um máximo de 4,10 m, no período seco, com o nível piezométrico sofrendo uma variação máxima de 3,51 m. Assim, de acordo com estas características, considera-se este aquífero como superficial livre, descontínuo e pouco produtivo.

A informação sobre o comportamento hidráulico do aquífero subjacente à área do projeto é muito escassa. No entanto, de acordo com os estudos realizados pela empresa *Iberian Resources*, constatou-se que, na corta da Chaminé, o nível freático se encontra a uma profundidade média de 9 m no período húmido e de 14 m no período seco, enquanto que na corta de Casas Novas a sua profundidade média é de 8 m no período húmido, com rebaixamentos pouco acentuados, na ordem dos 2 m, no período seco (Figura 5.3) (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

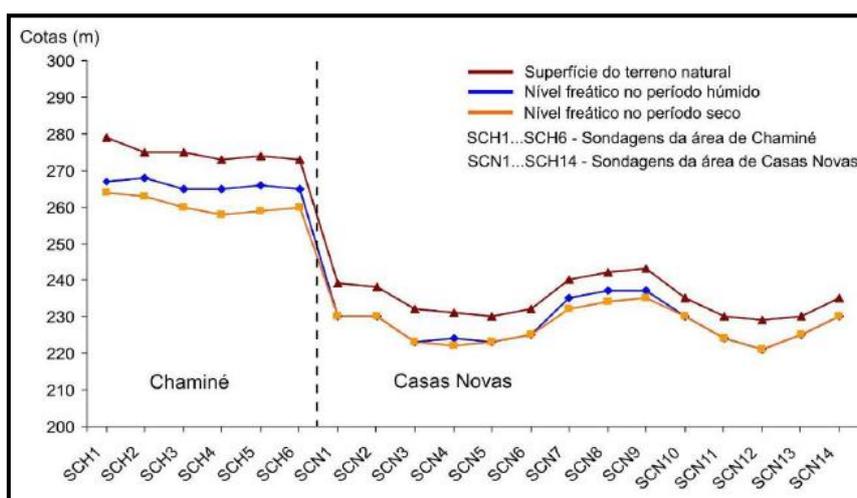


Figura 5.3 – Comportamento do nível freático nas cortas de Chaminé e Casas Novas. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)

Como se pode observar a partir da Figura 5.3, em ambas as cortas o nível freático está próximo da superfície, com variações sazonais pouco acentuadas, particularmente na corta de Casas Novas. Desta forma, é evidente o caráter livre do aquífero, relacionado com o comportamento do relevo (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Considera-se que o aquífero subjacente à área do projeto esteja associado ao talvegue da ribeira de São Brissos, drenando a uma cota média de 230 m.

A caracterização piezométrica desta área foi elaborada através de medições dos níveis hidrostáticos em diferentes pontos de água durante a sua inventariação, com recurso a uma sonda de nível, bem como na informação fornecida pelos seus proprietários.

Nos cinco furos inventariados (E001, E009, E011, E012 e E014), não foi possível efetuar a medição do nível hidrostático devido à existência da eletrobomba submersível no seu interior, o que poderia provocar a prisão da sonda de nível.

Como se pode observar nos Anexos – Tabela II.2, no furo E001 foi possível introduzir a sonda de nível apenas até aos 4,5 metros de profundidade, não tendo sido detetada água até essa profundidade. No ponto E011 o proprietário informou que os níveis de água estariam a 6 m de profundidade e no ponto E012 a informação do proprietário não foi conclusiva. Nos pontos E009 e E014 não foi possível obter qualquer informação do nível de água pelos motivos acima referidos.

Perante os dados recolhidos na época pluviosa, pode verificar-se que a maioria das nascentes e galeria (E003, E004, E005, E007, E010 e E013) se encontrava no nível máximo de água, atingindo o seu nível de descarga. Nas nascentes E002 e E008 os níveis eram de 0,87 e 0,08 m de profundidade respetivamente. No poço (E006) o nível de água situava-se aos 1,15 m de profundidade.

Dos dados recolhidos na época não pluviosa, pode observar-se que, na comparação entre as duas épocas diferentes, os níveis de água baixaram de forma pouco significativa. Da análise dos dados, a partir dos Anexos – Tabela II.2, verifica-se que, dos pontos inventariados, a nascente E004 foi a que sofreu um menor rebaixamento do nível de água, passando para a profundidade de 0,03 m. Por outro lado, o poço (E006) sofreu um maior rebaixamento, passando o nível de água para a profundidade de 1,62 m.

Deste modo, de acordo com as profundidades dos pontos de água, constata-se que não existiu nenhum ponto que tivesse secado até à última visita de campo ocorrida na época não pluviosa. Verifica-se também que a diferença entre o período pluvioso e não pluvioso é mínima, mostrando um sistema hidrodinâmico que funciona bem, ainda com reduzida influência humana (o primeiro sinal de que há interferência é normalmente a afetação do caudal das nascentes, que passam a secar na época menos pluviosa, o que não sucede aqui).

Do nível hidrostático, e para além dos dados recolhidos no presente trabalho, apenas existe informação dos pontos de água inventariados do ERHSA (2001), no qual se verifica, como em 2013, que os níveis se encontravam próximos da superfície (Anexos – Tabela II.2.1).

Na Figura 5.4 encontra-se representada a acumulação de fluxo dos recursos hídricos superficiais na área em estudo com todos os pontos de água subterrânea localizados [Relatório (2013); ERHSA (2001) e EIA (2013)], realizado através do *software* ArcGis utilizando a função Flow Accumulation. Esta função é um somatório dos parciais de cada célula de acordo com a

direção do fluxo; assim, se no início da vertente o terreno é plano (ou com pouca inclinação) tem-se valor 0, depois na primeira célula, passa a 1 e, seguidamente, vai-se fazendo o somatório dos valores acumulados. Desta forma, pode observar-se a direção das linhas de água de montante para jusante: quanto mais claras são as células da imagem, mais acumulação de água ocorre.

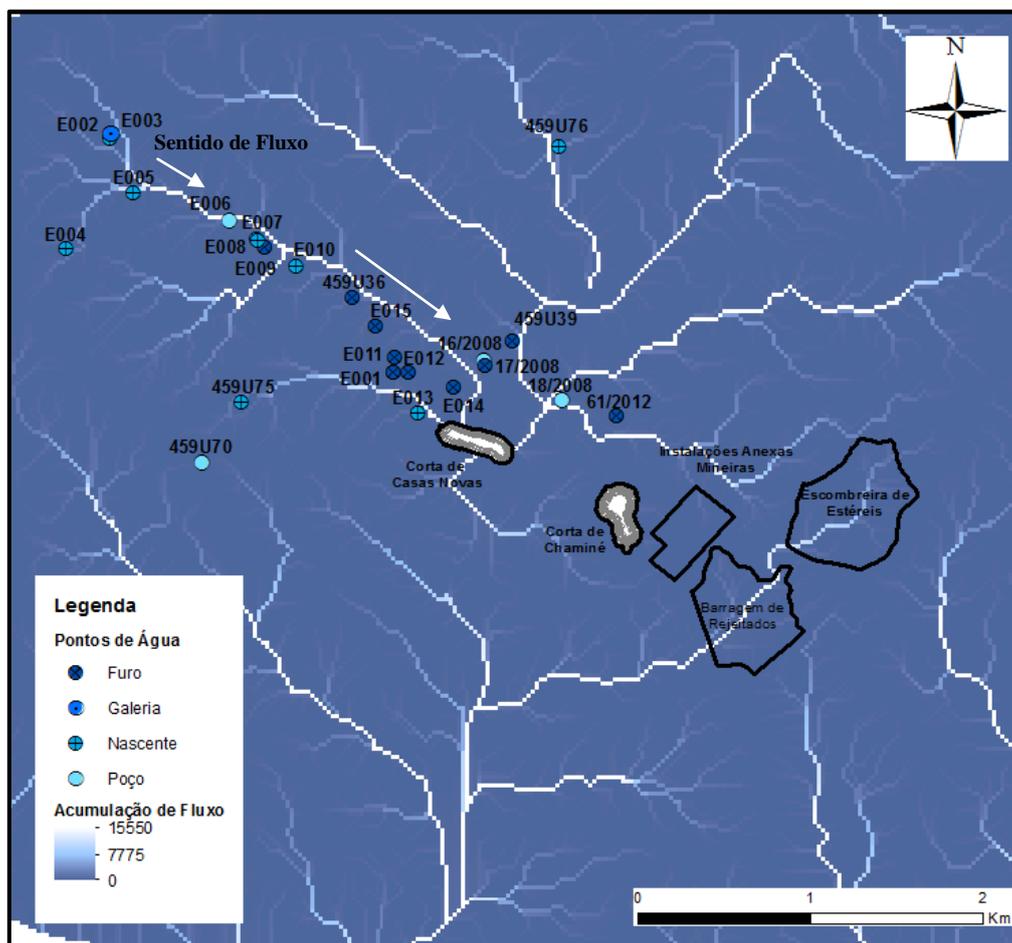


Figura 5.4 – Acumulação de Fluxo dos recursos hídricos superficiais da zona de estudo

A partir da Figura 5.4, ainda pode constatar-se que fluxo depende da topografia da região. Na área da inventariação dos pontos de água, ocorre a acumulação da água principalmente na Ribeira de São Brissos, com uma direção de fluxo NW-SE.

No EIA – Aditamento (2013), relativamente às direções de fluxo, considerou-se a área intrínseca interessada para a exploração e a sua envolvente alargada, numa faixa com orientação aproximadamente de NW-SE. Ao longo desta faixa consideraram-se dois domínios com fluxos subterrâneos diferentes, uma vez que, ao admitir-se que a direção de fluxo seja sensivelmente

constante, alinhada no azimute NW-SE, o sentido será diferente em cada um dos domínios. Assim:

- primeiro domínio: a NW da ribeira de São Brissos, no qual o fluxo tem um sentido convergente para a ribeira, isto é, de NW para SE;
- segundo domínio: o fluxo subterrâneo também converge para a mesma ribeira, mas, em geral, de SE para NW.

Nos Anexos – Figuras I.20 e I.21 podem observar-se duas plantas de caracterização hidrogeológica elaboradas com a situação de referência em Abril de 2007 e Agosto de 2006 pelas empresas *TARH – Terra, Ambiente e Recursos Hídricos, Lda.* e *CONGEO – Consultores de Geologia, Lda.* para a área de implantação do projeto mineiro.

5.1.3. Distribuição espacial dos caudais

No EIA – Aditamento (2013) apresenta-se a caracterização hidrodinâmica das unidades hidrogeológicas ocorrentes na área. Para tal, importa referenciar que (EIA – Aditamento, 2013):

- a transmissividade (T) constitui o fator principal da produção de água dos aquíferos, podendo ser regionalizada através de ensaios de caudal. De referir que o Maciço Antigo Português tem um comportamento hidrogeológico que não se afasta significativamente dos padrões conhecidos noutras regiões da Europa e no mundo relativamente à transmissividade e caudais. Nas rochas fissuradas do Alentejo, as transmissividades variam entre menos de 1 m²/dia até 150 m²/dia (Chambel *et al.*, 2006);
- o coeficiente de armazenamento (S), só poderá ser calculado quando se dispõe de furos com ensaios de caudal e observação do comportamento de piezómetros na envolvente. Para os furos conhecidos no Norte de Portugal com a profundidade de 100 a 150 m, tem valores na ordem de 10⁻⁴ a 10⁻⁵;
- a porosidade eficaz, considerando a estação hidrométrica de Torrão do Alentejo (24H/03H), com a variação sazonal de níveis de aproximadamente 4 m, tem valores de 0,2% o que será representativo das condições locais.

É de salientar que, para se realizar um zonamento vertical da alteração e fracturação das rochas cristalinas do Maciço Antigo, tem de se ter em consideração que este é variável, uma vez que as litologias ocorrentes, condições climatéricas e a evolução geotectónica são bastante distintas. Assim, a sequência vertical em profundidade e a espessura são influenciadas por condicionalismos que resultam da geologia regional, sendo que, à escala do afloramento, possui geralmente três zonas (EIA – Aditamento – Anexos, 2013):

- zona superior: geralmente alterada a muito alterada ou até mesmo decomposta. A permeabilidade é do tipo intersticial, ou seja, a circulação ocorre por poros, podendo coexistir com a circulação fissural;
- zona intermédia: tem uma tipologia característica do maciço rochoso mais ou menos são, intersetado por descontinuidades abertas (fratura, falha, diáclase, filão ou contato) com permeabilidade fissural;
- zona inferior: geralmente são e compacta, com descontinuidades fechadas, sendo a permeabilidade praticamente quase nula.

Pela variabilidade discriminada, o comportamento destes diferentes níveis é diferenciado em termos hidrodinâmicos (transmissividades e níveis). Ainda, nas unidades descritas na vertical do maciço cristalino pode generalizar-se o seguinte funcionamento hidráulico (Lloyd, 1999):

- subsistema livre: ocorre nos alteritos (depósitos aluvionares e coluvionares), com transmissividade baixa e coeficiente de armazenamento apreciável;
- subsistema semi-confinado: ocorre a maior profundidade, com transmissividade elevada e baixo coeficiente de armazenamento.

A superfície livre do subsistema livre está localizada na proximidade da superfície piezométrica do aquífero profundo, o qual poderá estar acima ou abaixo de acordo com a altitude relativa das zonas de recarga ou o período de recarga/descarga. Quando ocorre a bombagem do sistema profundo, resultará uma influência espacial de importância, isto é, deprime a piezometria e provoca a drenância da água do subsistema superior para o inferior. Para a zona em estudo, com base nos estudos realizados, constatou-se que a espessura de alteração na zona das cortas de Casas Novas e Chaminé é de aproximadamente de 10 e 20 m, respetivamente (EIA – Aditamento, 2013).

De forma a darem apoio às atividades mineiras, como já mencionado no capítulo 4, serão realizados furos, os quais ainda não têm um local definido para a sua execução. Nestes furos, são estimados caudais de exploração da ordem dos 13,5 m³/h em regime de exploração permanente, ou seja, 24 horas por dia e 365 dias por ano (EIA – Aditamento, 2013).

Relativamente às cortas, os caudais que lhes possam afluir são variáveis, aumentando com o avanço da exploração. Especula-se que a circulação das águas subterrâneas ocorrerá sobretudo até aos 20 m de profundidade, com caudais de escoamento por secção unitária de 100 m muito reduzidos, que não deverão ultrapassar 1 l/s e, cujo sentido de escoamento será em direção à ribeira de S. Brissos. (EIA – Aditamento – Anexo, 2013).

Segundo o EIA – Aditamento (2013), estima-se que as cortas poderão produzir caudais, em ano médio, da ordem das dezenas de litros por segundo nos períodos pluviosos, mas, para o máximo de desenvolvimento da escavação, e em período de estiagem, não deverão ultrapassar os 4,0 l/s. Portanto, as cortas funcionarão como gigantescos poços drenantes, em que no fim da exploração ocorrerá a afluência máxima de água, no qual se pode distinguir a afluência nos níveis mais alterados (subsistema aquífero superficial livre) da que será previsível nos níveis menos alterados (subsistema aquífero profundo confinado a semi-confinado). Por outro lado, em termos de efeito da avaliação de volume de extração que será imposto ao aquífero a considerar, deverá ser acrescentado o caudal de bombagem que será preciso para o processamento mineral, calculado em 3,75 l/s em regime permanente (EIA – Aditamento – Anexo, 2013).

Na zona em estudo, os caudais utilizados na interpretação hidrodinâmica são valores de caudais instantâneos fornecidos pelos proprietários das captações e através da medição de caudais aquando das visitas de campo com recurso a um recipiente e cronómetro.

A recolha destes dados teve alguma dificuldade. Na maioria dos casos não foi possível conhecer o caudal de exploração. Pois, como se pode observar nos Anexos – Tabela II.3, no caso do poço (E006) e das nascentes E002, E007, E008 e E013, não foi possível realizar a medição de caudais nas visitas de campo inerentes às suas localizações, bem como conhecer os caudais de exploração, o mesmo aconteceu no ERHSA (2001) (Anexos – Tabela II.3.1). No ponto E005 o caudal é semelhante em 1988 e 2013.

No EIA – Aditamento (2013), os poços inventariados, a captar a zona de alteração, têm uma pequena profundidade, com um valor médio de 6,8 m, com um máximo de 20 m. Neste

estudo, a condutividade hidráulica determinada através de ensaios de Lugeon, realizados nas sondagens geotécnicas para o projeto da barragem de rejeitados, é de cerca de 0,025 m/d (média) e 0,014 m/d (mediana). Em termos de transmissividade equivalente dos alteritos, será da ordem de 0,3 m²/dia, tendo em consideração que a espessura saturada é de 20 m (EIA – Aditamento, 2013).

Relativamente à transmissividade, esta foi avaliada para dois pontos de água por adaptação simplificada do método de Logan (1964). Determinaram-se valores de 5,0 m²/dia nos alteritos e de 1,0 m²/dia nas zonas de rocha sã fraturada. Por outro lado, as condutividades hidráulicas (K) equivalentes determinadas foram de 0,9 m/dia e de 0,05 m/dia. Contudo, estes valores, determinados através da aproximação de Logan, tendem a ser mais elevados, justificável por corresponderem a situações pontuais do maciço otimizados para captação, depois de, possivelmente, serem efetuadas pesquisas sem sucesso (EIA – Aditamento – Anexos, 2013). Para a zona envolvente da futura exploração mineira, verificou-se que a piezometria acompanha a topografia com um gradiente de aproximadamente 0,06 no sentido da ribeira de São Brissos (EIA – Aditamento, 2013).

Perante estas condições, o caudal de escoamento subterrâneo por 100 m de frente de escoamento (secção de escoamento, conservativa, de 10 m x 100 m) no subsistema livre superficial será de aproximadamente 0,7 l/s. Enquanto no subsistema confinado a semi-confinado profundo o caudal de escoamento subterrâneo por 100 m de frente de escoamento (secção de escoamento de 90 m x 100 m) será de aproximadamente 0,34 l/s (EIA – Aditamento, 2013).

Deste modo, pode aferir-se que os valores determinados traduzem o fraco potencial hidrogeológico das formações, em linha com um comportamento de aquífero, apesar de ter sistemas descontínuos de maior condutividade hidráulica condicionados pela rede de fracturação (EIA – Aditamento, 2013). No mesmo estudo, estima-se que, para cada uma das cortas, entre o período de estiagem e chuvoso, será admissível um caudal afluente variável entre cerca de 4,1 e 10,0 l/s respetivamente (EIA – Aditamento, 2013).

Portanto, o funcionamento hidráulico na zona do projeto mineiro não se afasta do modelo conceptual que é geralmente aceite para rochas compactas e fissuradas do Maciço Antigo, como se pode averiguar (EIA – Aditamento, 2013):

- o reservatório geológico é formado por rochas cristalinas com transmissividades inferiores a $1,0 \text{ m}^2/\text{dia}$ no maciço são, fraturado. O subsistema livre, que possui alguma continuidade lateral e circulação próxima do meio poroso, possui uma espessura de aproximadamente $10,0 \text{ m}$ e uma transmissividade de $5,0 \text{ m}^2/\text{dia}$. No subsistema semi-confinado a confinado, descontínuo, a condutividade hidráulica diminui com a profundidade, sendo que as condições de circulação de água neste meio são desfavoráveis;
- as águas subterrâneas existentes apresentam características físico-químicas diversificadas, com condutividades até $1200 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$, mas mais frequentemente entre $400\text{-}500 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$, e estas águas devem permanecer pouco tempo no reservatório a pequena profundidade, em função da litologia existente;
- nas zonas de maior cota encontram-se localizadas as zonas de recarga, inseridas nos limites das sub-bacias hidrográficas da zona e o escoamento subterrâneo ocorre próximo da superfície (até 10 m abaixo do terreno), com gradientes da ordem de $0,06$ e acompanhando a topografia existente. Contudo, quando a superfície livre intercepta a topografia, ocorre a descarga que sustenta as linhas de água;
- a recarga é reduzida, possivelmente da ordem de $7,0$ a $10,0 \text{ mm}/\text{ano}$, ou seja, de aproximadamente $1,0 \%$ da precipitação, no qual a infiltração poderá ser considerada mais elevada mas, nesse caso, incorpora água que através dos alteritos é rapidamente encaminhada para a linha de água;
- as linhas de água são, de modo geral, do tipo efluente, podendo existir algum comportamento do tipo influente quando as águas estão altas, em setores limitados de alteritos com uma função de transmissividade e de capacidade mais elevadas.

De acordo com o EIA – Aditamento (2013), a área do projeto apresenta sistemas hidrogeológicos descontínuos de dimensões espaciais, decamétricas, possivelmente hectométricas. Assim, estima-se que seja prudente, a nível de gestão hidrogeológica da área, não considerar a ultrapassagem do limite correspondente às taxas de infiltração de $1,0 \%$, ou seja, recursos da ordem de $0,4 \text{ l}/\text{s}/\text{km}^2$.

Na Tabela 5.1 apresenta-se a síntese da quantificação dos parâmetros hidrodinâmicos ocorrentes (EIA – Aditamento – Anexos, 2013).

Tabela 5.1 – Síntese hidrogeológica do projeto mineiro. Quantificação de parâmetros hidrodinâmicos. Fonte: EIA – Aditamento – Anexos (2013)

PARÂMETROS	FONTE / MÉTODO	VALOR	
Precipitação média anual (P)	GEOMEGA, 2012 E.M. Santiago do Escoural (22H/02UG)	609 mm	858 mm
Temperatura média anual (T)	E.M. Alcáçovas (23I/01C)	15.9 °C	
Evapotranspiração real (ETR)	GEOMEGA, 2012 Fórmula de Turc (1961)	472 mm	637 mm
Excedentes hídricos (EH)	EH = P-EVR	137 mm	221 mm
Qs/Qt	Análise do hidrograma de escoamento E.H. Torrão do Alentejo (24H/03H)	4.50%	
Coefficiente de Infiltração (I)	Análise do hidrograma de escoamento E.H. Torrão do Alentejo (24H/03H)	1.15%	0.82%
Recarga média anual (R)	Análise do hidrograma de escoamento E.H. Torrão do Alentejo (24H/03H)	5 mm	10 mm
Recarga média anual (R)	R = Qs / A	7 mm	
Coefficiente de armazenamento (S)	Baseada na variação sazonal de níveis = 4m	0.20%	
Espessura de alteração corta de casas novas	W0-W4, R0-R6, %REC, RQD, resistividade	10m a 20m	
Espessura de alteração corta de chaminé	W0-W4, R0-R6, %REC, RQD, resistividade	20m	
Permeabilidade (K)	Ensaio Lugeon	média	mediana
		0.025 m/d	0.014 m/d
Transmissividade (T)	Ensaio Lugeon	0.3 m ² /d	
Transmissividade alteritos (T _{alteritos})	Método de Logan aplicado ao PA 21/2008	5 m ² /d	
Transmissividade rocha sã fracturada (T _{rocha})	Método de Logan aplicado ao PA 5/2008	1 m ² /d	
Condutividade hidráulica dos alteritos	Método de Logan aplicado ao PA 21/2008	0.9 m/d	
Condutividade hidráulica da rocha sã fracturada	Método de Logan aplicado ao PA 5/2008	0.05 m/d	
Gradiente hidráulico do aquífero (i)	Isopiezas de Abril 2007	0.06	
Porosidade eficaz do subsistema aquífero superficial livre (Sy)	Variação anual da piezometria	0.002	
Caudal de escoamento no sistema livre	Considerando 100 metros de frente, secção 10 x 100m	0.7 l/s	
Caudal de escoamento no sistema confinado a semi-confinado	Considerando 100 metros de frente, secção 90 x 100m	0.34 l/s	

A empresa *TARH, Lda.* em parceria com a *CONGEO, Lda.* realizaram o *Esboço de um Modelo Conceptual* que se pode observar nos Anexos – Figura I.22.

5.1.4. Caracterização e quantificação de usos

De acordo com as informações recolhidas no campo (Anexos – Tabela II.4), os diversos pontos de água inventariados são utilizados maioritariamente para:

- a agricultura;
- a pecuária;

- o consumo humano;
- as atividades de lazer;
- o consumo doméstico.

A maioria das nascentes são atualmente utilizadas para o regadio de hortas localizadas nas suas proximidades e para o abeberamento de animais. Ainda, no decorrer do inventário de campo, foi possível observar que, em diversas nascentes, existem recipientes artesanais (corchos) para que as pessoas possam beber essas águas.

As nascentes E007 e E008 possuem ambas uma bomba de 0,5” (polegadas), sendo a água utilizada tanto para consumo humano, como para rega.

O poço E006 possui um motor que extrai através de um tubo de 1,5” no verão, mantendo-se o seu caudal o mesmo todo o ano. A água extraída deste poço é utilizada para fins domésticos e rega.

Os furos são utilizados principalmente para o regadio de hortas e jardins, consumo humano, abeberamento de animais, fins domésticos e atividades de lazer.

Nos pontos de água recolhidos no ERHSA (2001) e EIA (2013) também se verificam o mesmo tipo de utilizações da água subterrânea (Anexos – Tabela II.4.1).

Portanto, pode-se depreender que as águas dos pontos inventariados têm uma grande importância e utilidade para a vida das pessoas que vivem nas suas proximidades, embora a sua utilização seja relativamente reduzida (não há por exemplo grandes regadios com base nestas águas).

5.2. Hidroquímica

5.2.1. Caracterização da informação disponível

A água subterrânea é quase toda originada a partir da precipitação atmosférica ou fusão do gelo.

A água da chuva em contato com a atmosfera adquire gases, como o O₂, CO₂, SO₂, N₂ e Ar, sendo o O₂ o elemento mais importante para as águas subterrâneas por facultar à água uma grande capacidade oxidante (Freeze *et al.*, 1979).

A água da chuva é geralmente ligeira a moderadamente ácida, constituindo uma solução oxidante que poderá provocar alterações químicas nos solos ou rochas durante a sua infiltração.

Em contato com o solo, esta água vai sofrer alterações importantes no seu quimismo original, ocorrendo uma perda acentuada de matéria mineral do solo para as águas subterrâneas. O solo pode gerar grandes quantidades de ácido, devido à respiração das raízes das plantas e ao decaimento da matéria orgânica, consumindo bastante ou a totalidade do O₂ dissolvido disponível na água infiltrante, o que gera a principal fonte da produção de CO₂ e que pode ser representada pela reação apresentada pela equação (I) (Freeze *et al.*, 1979):

Equação (I)



onde CH₂O é usado para designar a matéria orgânica.

Deste processo resulta a formação de CO₂, cuja pressão parcial no solo é geralmente muito superior à pressão parcial desse elemento na atmosfera terrestre. O ácido mais importante produzido nesta zona é o H₂CO₃, que resulta da reação (Equação II) (Freeze *et al.*, 1979):

Equação (II)



As águas subterrâneas carregadas com CO₂ infiltram-se através do solo encontrando minerais que sofrem dissolução sob influência do H₂CO₃, o qual é consumido pelas reações água-mineral. Algum papel, se bem que de menor importância, parece ser jogado por alguns ácidos orgânicos, através de processos bioquímicos, na criação de algum H⁺ (Chambel, 1990).

Durante a circulação para as zonas de descarga, o seu quimismo vai-se alterando, devido a uma grande variedade de processos geoquímicos (Freeze *et al.*, 1979). Após a passagem da água pela zona do solo, iniciam-se as reações com os minerais das rochas do subsolo. Assim, as mudanças das águas ocorrem à medida que estas se movem de zonas superficiais para zonas de

maior profundidade. Com uma velocidade de fluxo menor, as águas tendem a ser cada vez mais antigas em profundidade (Chambel, 1990).

A maioria das rochas ígneas e metamórficas possui pelo menos uma característica em comum, que é a presença de quantidades significativas de quartzo e de minerais aluminossilicatados, como feldspatos e micas. Estes minerais são formados a temperaturas e pressões muito maiores do que as ocorrentes na superfície terrestre, pelo que, desde a superfície até profundidades da ordem dos quilómetros, estes se encontram termodinamicamente instáveis e com tendência para se dissolverem em contato com as águas subterrâneas que circulam nessa zona. Deste modo, a água adquire constituintes dissolvidos e a rocha torna-se mineralogicamente alterada (Freeze *et al.*, 1979).

Neste tipo de rochas, a dissolução de feldspatos, micas e outros minerais silicatados é fortemente influenciada pela natureza quimicamente agressiva da água contendo CO₂ dissolvido. As águas carregadas de CO₂ e com baixa concentração de sólidos dissolvidos, ao entrarem em contacto com minerais silicatados ricos em catiões, alumínio e sílica, lixiviam os catiões e a sílica, deixando um resíduo aluminossilicatado com incremento de Al/Si, sendo este normalmente um mineral argiloso como a caulinite, ilite ou montmorilonite. Geralmente, os catiões libertados para a água são os Na⁺, K⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺, e uma outra consequência será um acréscimo no pH e na concentração de HCO₃⁻ (Freeze *et al.*, 1979).

Por outro lado, a água subterrânea entra em contato com o mineral mais abundante na natureza, o quartzo (SiO₂). Este mineral, relativamente à sua solubilidade, pode ser caracterizado pelos seguintes equilíbrios para valores de K a 25°C (Equações III, IV, V e VI) (Stumm e Morgan, 1970):

Equação (III)



Equação (IV)



Equação (V)



Equação (VI)



As espécies de sílica dissolvidas podem-se escrever sob a forma H_2SiO_4 , H_3SiO_4^- , etc., salientando-se a sua natureza ácida. A solubilidade do quartzo aumenta consideravelmente na natureza, contudo a quantidade deste elemento nas águas subterrâneas é muito menor do que a esperada pela abundância de quartzo na natureza (Chambel, 1990).

Efetivamente os minerais aluminosilicatados do tipo dos feldspatos e micas têm maior importância para o nível de sílica na água subterrânea do que o quartzo ou a sílica amorfa. Os feldspatos alteram para minerais argilosos e outros produtos de decomposição (Freeze *et al.*, 1979), libertando sílica.

A dissolução dos feldspatos leva a um consumo de H^+ , que poderá ser proveniente da produção de CO_2 no solo. Ao longo da infiltração da água, poderão ocorrer duas situações (Freeze *et al.*, 1979):

- se as reações com os minerais ocorrerem na zona subsaturada, onde a reposição de CO_2 é significativa, a concentração de H_2CO_3 , controlada pela pressão parcial de CO_2 , permanece constante, enquanto as concentrações de HCO_3^- , e CO_3^{2-} , se incrementam;
- se as reações ocorrerem na zona saturada, onde a reposição de CO_2 não se verifica, o consumo de H^+ causa o declínio de H_2CO_3 e da P_{CO_2} e o incremento de HCO_3^- e CO_3^{2-} . Levadas a um extremo, estas reações podem levar a água contida em rochas com feldspato e mica a adquirir valores de pH acima de 7 e 8, o que não ocorre na zona em estudo, e a concentrações de HCO_3^- de várias dezenas ou centenas de miligramas por litro.

O processo de dissolução dos feldspatos na natureza origina, geralmente, uma discrepância entre as concentrações teóricas esperadas de cátions e aniões e as que efetivamente se registam, sendo estas muito baixas, o que se deve possivelmente às camadas protetoras de argila que se formam à superfície dos minerais como produto das reações incongruentes. Segundo Petrovic *et al.* (1967, in Freeze *et al.*, 1979), através de experiências demonstrou-se que, depois de uma primeira fase em que a água entra em contacto com o mineral e a dissolução é rápida, a segunda fase é sempre lenta, independentemente da continuidade ou espessura da camada argilosa sobre a superfície do mineral.

Nas reações deste tipo, o equilíbrio só poderá ser atingido sob determinadas condições, sobretudo quando o fluxo de água for suficientemente lento para o permitir. Se este fluxo for contínuo e com velocidade superior à da reação, o equilíbrio entre a água subterrânea e os minerais silicatados primários nunca será atingido (Chambel, 1990).

Estudos mencionados por Freeze *et al.* (1979) e efetuados em vários locais do planeta terrestre em rochas graníticas, dioríticas, basálticas e anfibolíticas mostraram que o anião dominante é o HCO_3^- . Os aniões como o Cl^- e o SO_4^{2-} surgem em concentrações menores e são geralmente oriundos de fontes atmosféricas, da decomposição da matéria orgânica no solo ou das impurezas dos minerais das rochas. No caso da área em estudo, perante a geologia existente, também o anião dominante é o HCO_3^- , com concentrações menores em Cl^- , SO_4^{2-} e NO_3^- . Segundo Freeze *et al.* (1979), em relação aos cátions, o menos abundante é quase sempre o K^+ , situando-se o Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} entre as duas posições extremas do SiO_2 e K^+ . Esta situação não ocorre nas águas subterrâneas da região do Alentejo e, perante as amostras recolhidas, também não se regista na área da povoação da Boa Fé. Na realidade, o Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} apresentam quase sempre concentrações superiores ao SiO_2 na região do Alentejo.

Contudo, a maioria de estudos realizados com feldspatos e micas leva à conclusão que o principal processo de alteração é a sua evolução para caulinite (Garrels e Mackenzie, 1967, in Freeze *et al.*, 1979).

Com o aumento da profundidade de circulação da água subterrânea, dois novos fatores vão interferir nos cálculos de solubilidade: o incremento da temperatura e da pressão. O processo interpretativo torna-se, portanto, mais difícil.

A composição físico-química, isto é, a mineralização da água subterrânea, depende, inicialmente, da composição das águas de recarga (pluviometria, águas superficiais) e, posteriormente, da sua evolução química, influenciada diretamente pela interação água-rocha representada pela percolação da água através dos poros e/ou fraturas das camadas geológicas.

O teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas aumenta à medida que ocorre o seu movimento. De salientar que as variações naturais de qualidade destas águas são geralmente pequenas, mas características extremas ou diferentes das esperadas indicam a presença de situações anómalas, como a presença de corpos de minério, metamorfismo de rochas e, sobretudo, a ação antropogénica. Assim, há necessidade de se saber quais são os parâmetros

químicos de uma determinada formação aquífera que podem ser considerados naturais ou oriundos de fontes antropogénicas, e que, no caso de uma eventual exploração aurífera, será revelante avaliar o impacto que poderá provocar sobre as águas subterrâneas subjacentes.

A qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspeto quantitativo, pois a disponibilidade destas águas para determinados tipos de uso depende fundamentalmente da qualidade físico-química e bacteriológica.

5.2.2. Caracterização de Parâmetros Físico-Químicos

A caracterização hidroquímica foi elaborada através da análise *in situ*, em época pluviosa e não pluviosa, de alguns parâmetros físico-químicos [temperatura (T), condutividade elétrica (CE) e pH] em 14 pontos de água inventariados (Anexos – Tabela II.5), tendo sido utilizado o kit de fabricação alemã modelo “MultiLine P4 – Universal Meter” e “pH 3110” marca WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten”. Foram ainda realizadas análises laboratoriais em 7 pontos de água, no Laboratório da Água da Universidade de Évora (Anexos – III). Os parâmetros analisados foram: alcalinidade total, dureza total, cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), cloretos (Cl), bicarbonato (HCO_3), sulfatos (SO_4), sílica (SiO_2), nitratos (NO_3), ferro (Fe), manganês (Mn), alumínio (Al) (Anexos – Tabela II.6)

A seleção destes pontos de água, apesar de condicionada pela acessibilidade ao local, teve como critério a escolha de uma malha representativa da área estudada, de forma a obter-se uma caracterização a mais adequada possível da área em estudo.

No âmbito do projeto mineiro, foram consideradas 4 amostras localizadas na área em estudo (61/2012; 16/2008; 17/2008; 18/2008), nas quais se considerou a CE e o pH. No ponto de água 16/2008 foram realizadas 3 medições em anos diferentes (Abr-1990; Set-1990; Jun-2008). Neste caso, optou-se por considerar neste estudo a amostra de água mais recente (Jun-2008) (Anexos – Tabela II.5.1).

Do Projeto ERHSA (2001), foram considerados 7 pontos de água amostrados (459U035; 459U036, 459U039; 459U045; 459U070; 459U075; 459U076). Uma vez que os pontos 459U035 e 459U045 aparentam ser os mesmos inventariados no campo em 2013, nos mapas de distribuição e diagramas utilizaram-se os dados mais recentes para estes dois pontos de água, ou seja, os dados do relatório de 2013. De referir que, no ponto de água 459U039, os dados da CE e

do pH são laboratoriais e não de campo como os restantes, dado que estes parâmetros não foram analisados *in situ*. (Anexos – Tabelas II.5.1 e II.6.1)

Os dados do EIA (2013) em conjunto com os resultados obtidos no ERHSA (2001) serão relacionados com os dados atuais obtidos em campo e em laboratório.

Na análise dos dados obtidos, utilizou-se o programa Surfer[®] v. 7.0 para a representação da distribuição espacial dos parâmetros químicos em estudo e o programa AquaChem v. 5.0 para realizar histogramas e diagramas, como os diagramas de caixa, os diagramas de Piper, os diagramas de Stiff e os diagramas de Schoeller, de forma a classificar as amostras de água analisadas segundo esses critérios.

Nos Anexos – Tabela II.7 encontra-se representada a análise estatística dos parâmetros físico-químicos em estudo, tendo sido realizados a média, a mediana, o 1º e o 3º quartis e o desvio padrão.

As classes de valores para a representação de cada parâmetro foram estipuladas tendo em consideração os valores recomendados (VMR) e/ou admitidos (VMA) pelo Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto, que estabelece o “regime da qualidade da água destinada ao consumo humano”, de acordo com os valores paramétricos definidos para os parâmetros microbiológicos e físico-químicos. Este Decreto-Lei altera o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto – anexo VI, que regulamenta a qualidade da água para consumo humano. Em algumas situações, optou-se por adotar classes de valores que, apesar de não corresponderem aos limites impostos pelo Decreto-Lei, se revelaram mais adequados (o caso do pH).

De referir que o Decreto-Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas.

De mencionar que, segundo o EIA – Aditamento (2013), em termos de componente maioritária foram registados valores médios de azoto amoniacal de 0,14 mg/l NH₄, enquanto na componente vestigial se assinala a presença de alguns elementos metálicos como o Chumbo (média de 43 µg/l, detetado em cerca de 60 % das análises) e o zinco (média de 26 µg/l, detetado em cerca de 40 % das análises) e a raridade ou ausência de elementos como o Arsénio (média de

4 µg/l, detetado em cerca de 10 % das análises) e o Cobre (não detetado em nenhuma das análises).

5.2.2.1. Temperatura

A temperatura (T°) é uma grandeza física que mede a energia cinética média de cada grau de liberdade de cada uma das partículas de um sistema que está em equilíbrio térmico. Os valores a fixar dependem da região considerada, mas no caso de Portugal Continental adotaram-se valores de 12 °C e de 25 °C, referidos no Dec-Lei.

A temperatura pode ter um efeito direto e afetar a solubilidade e a toxicidade de muitos outros parâmetros.

Na época pluviosa, os valores mínimo e máximo obtidos nas amostras de água foram de 13,9 °C (furo – E001) e 21,8 °C (furo – E011), respetivamente, enquanto nas amostras recolhidas em época não pluviosa os valores mínimo e máximo aferidos foram de 16,5 °C (nascente – E008) e 26,1 °C (furo – E011), respetivamente (Anexos – Tabela II.5). Portanto, verificou-se uma subida da temperatura em consequência da variação sazonal da temperatura ambiente.

Como na maioria dos pontos de água inventariados a temperatura medida refletiu a temperatura ambiente, em vez da temperatura real da água subterrânea, não foi feito o seu tratamento estatístico.

5.2.2.2. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica (CE) pode ser definida como uma medida da capacidade de condução da eletricidade e é função da concentração e carga de iões em solução e da capacidade com que estes se movem quando sujeitos a uma diferença de potencial elétrico. Este parâmetro é uma grandeza diretamente proporcional à concentração iónica na água, independente do tipo de iões presentes, variando em função da temperatura.

Permite avaliar de forma rápida e global o grau de mineralização de uma água, ou seja, fornece informações sobre as condições do sistema, desde a disponibilidade de nutrientes minerais e orgânicos, até de possíveis fontes poluidoras.

A distribuição espacial da CE, representada nas Figuras 5.5 e 5.6, nas diferentes épocas, evidência uma maior mineralização da água a este de Casas Novas, ou seja, na zona mais mineralizada, mais próximo das cortas mineiras previstas.

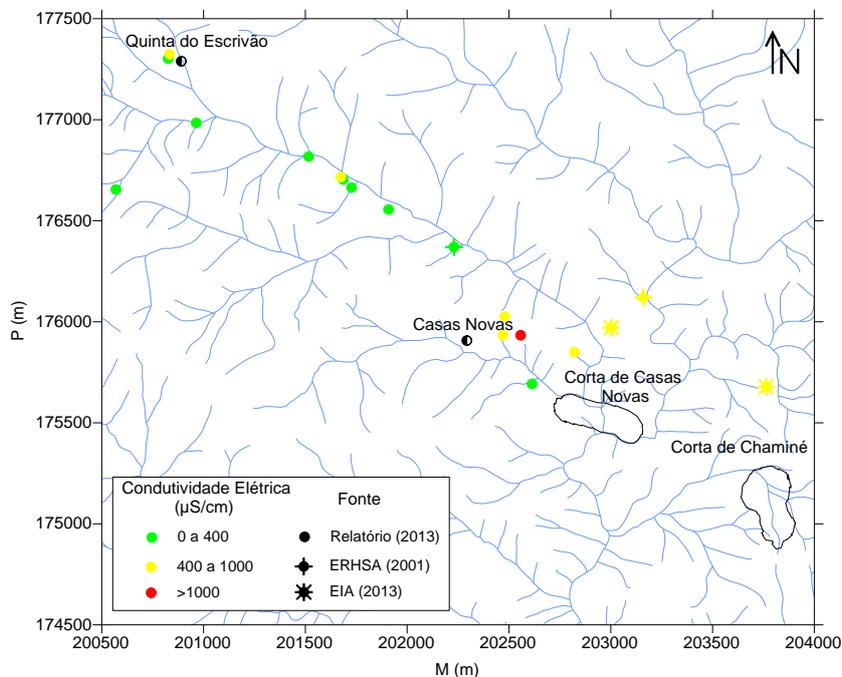


Figura 5.5 – Distribuição dos valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa [Relatório (2013): Março/13 e Abril/13; ERHSA (2001): Março/89 e Abril /89; EIA (2013): Abril/90 e Dezembro/10]

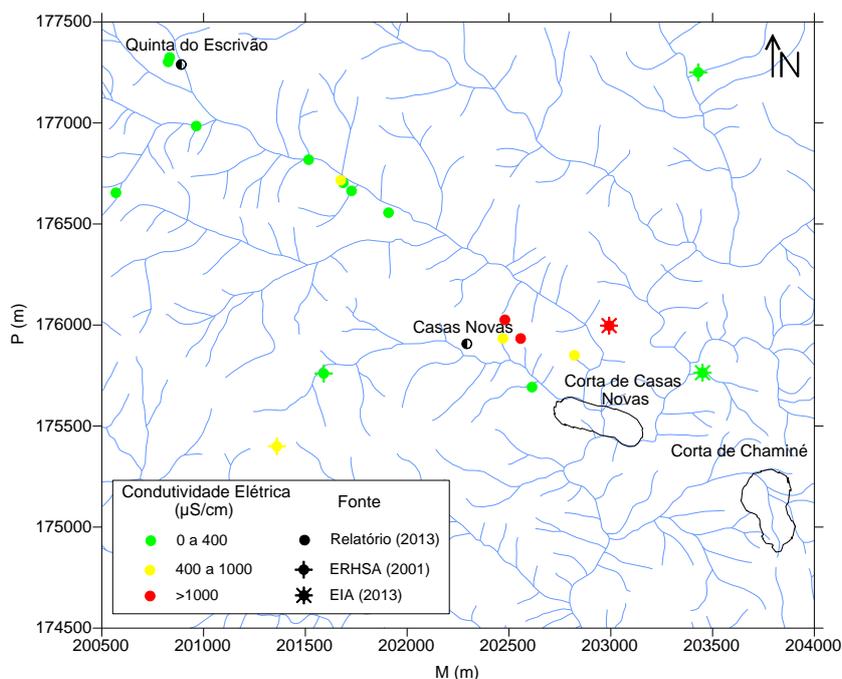


Figura 5.6 – Distribuição dos valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Maio/88; EIA (2013): Setembro/90 e Junho/08]

A comparação das amostras de água recolhidas em 2013 entre as diferentes épocas permite observar que existem dois pontos de água inventariados (E003 – galeria e E011 – furo) em que os valores de CE alteraram a sua classe entre o período pluvioso e o período seco. No ponto de água E003, a CE desceu para um valor inferior ao VMR (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) definido pelo Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, e considerando as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto, enquanto no ponto de água E011 a CE atingiu posteriormente valores superiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Supostamente as concentrações de iões (e a CE por afinidade) deveriam aumentar no período mais seco, devido à maior diluição de sais na época pluviosa e à sua maior concentração no período menos pluvioso, também influenciada pela maior evapotranspiração.

Em 2013, aproximadamente 57% das amostras de água em época pluviosa e 64% das amostras em época não pluviosa possuem valores abaixo do VMR (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Considerando-se que valores até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são perfeitamente admissíveis em águas de consumo humano, verifica-se que, na maioria dos pontos amostrados, as águas subterrâneas têm, deste ponto de vista, qualidade para esse fim. A exceção é o ponto (E012 – furo).

Da análise entre os valores obtidos nas duas visitas de campo, pode constatar-se que houve um aumento da CE na maior parte dos pontos inventariados.

A distribuição espacial da CE na época pluviosa encontra-se também representada por dois pontos de água do EIA (2013) (17/2008 e 61/2012) que possuem valores entre os 400-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e por dois pontos de água inventariados no ERHSA (2001) (459U036 e 459U039), tendo o ponto 459U036 um valor inferior ao VMR definido pelo Decreto-Lei considerado e outro (459U039) um valor entre os 400 e os 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Na época não pluviosa representam-se dois pontos do EIA (2013) (16/2008 e 18/2008), um com valor abaixo do VMR (18/2008) e outro com valor superior aos 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (16/2008) e, do ERHSA (2001), três amostras inventariadas (459U070, 459U075 e 459U076), duas com valores também abaixo do VMR (459U075 e 459U076) e a restante dentro do intervalo 400-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (459U070).

No EIA (2013) o ponto 16/2008 apresenta três medições de CE em anos diferentes (duas medições em 1990 e uma em 2008). Verifica-se que o valor em 2008 é ligeiramente superior em 2008 aos valores de 1990. Neste estudo considerou-se apenas o valor mais atual (2008) registado no EIA.

No que respeita aos dois pontos de amostragem considerados como sendo os mesmos no ERHSA (2001) e neste estudo em 2013, o ponto 459U045 (nascente) do ERHSA (2001), que corresponde a E005, em 1988, na época não pluviosa, apresentou uma CE de 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e em 2013 de 357 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando que em 1988 este parâmetro era mais elevado que atualmente. O ponto de água 459U035 (furo) do ERHSA (2001), que, apesar de não haver certeza se corresponderá ao ponto E009, se assume como tal, em 1989 a CE, na época pluviosa, apresenta um valor de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e em 2013 tem 275 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ou seja, praticamente o mesmo grau de mineralização.

A análise da distribuição dos valores de CE das amostras de água em época pluviosa e não pluviosa (Figuras 5.7 e 5.8) mostra que a maior concentração se situa em ambos os casos na classe dos 300-600 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A comparação entre os valores obtidos neste estudo, no EIA (2013) e ERHSA (2001) permite verificar que os valores de CE variam no mesmo intervalo de valores, apesar de recolhidos em anos diferentes.

Segundo o EIA – Aditamento (2013), averiguou-se que as águas recolhidas em furos (a capturar na rocha sã fraturada) têm uma condutividade elétrica média superior à dos poços (a capturar nos alteritos), respetivamente de 719 contra 546 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

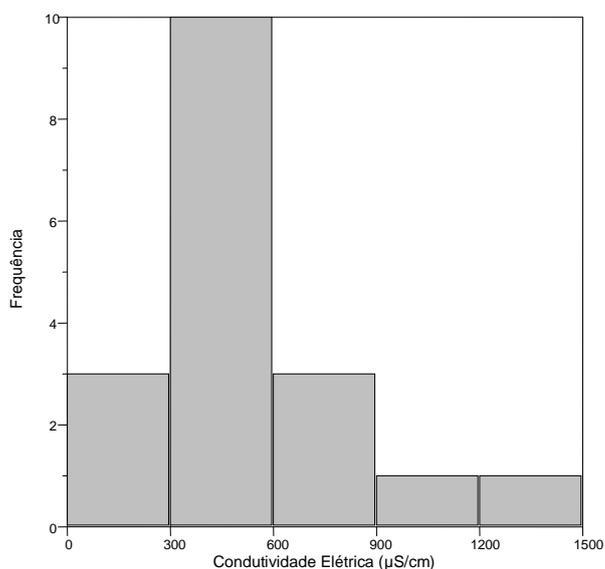


Figura 5.7 – Frequência de valores de condutividade elétrica (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa

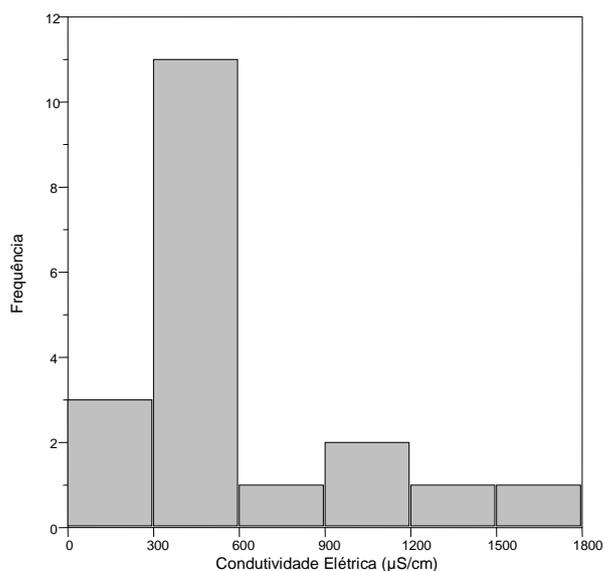


Figura 5.8 – Frequência de valores de condutividade elétrica (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa

Nas Figuras 5.9 e 5.10 encontram-se representados, para as diferentes épocas, os diagramas de caixa respeitantes a este parâmetro. Em ambos os casos observa-se um valor mediano muito próximo do 1º Quartil, o que significa que a maioria dos valores são relativamente baixos, mas que há valores excepcionalmente altos.

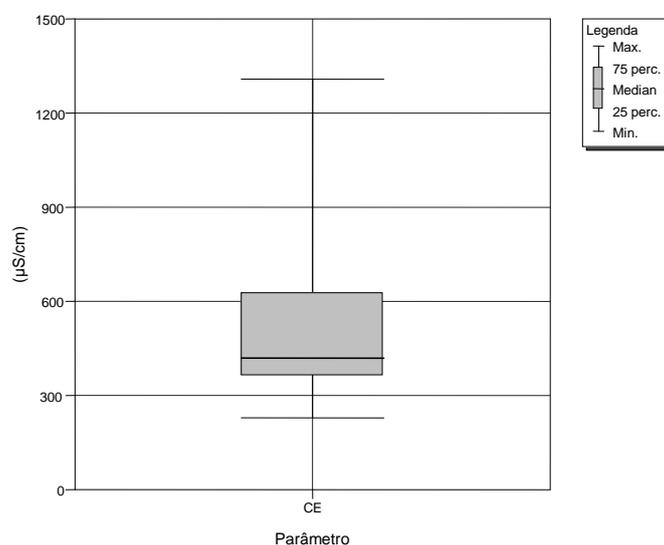


Figura 5.9 – Diagrama de caixa dos valores de condutividade elétrica (CE) (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa

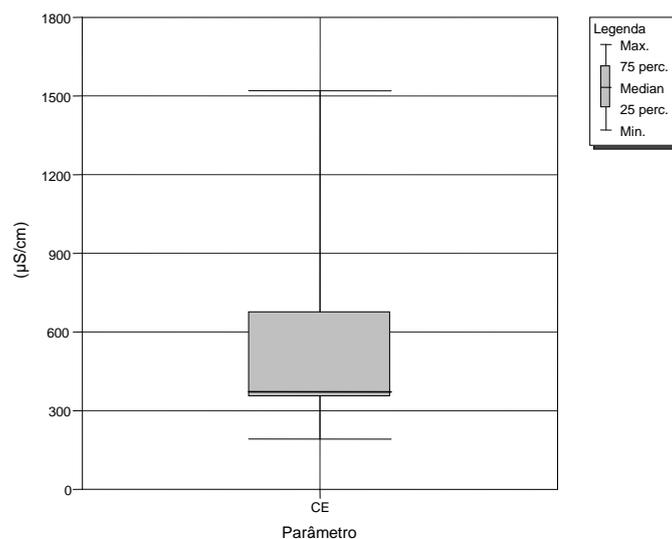


Figura 5.10 – Diagrama de caixa dos valores de condutividade elétrica (CE) (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa

5.2.2.3. pH

O pH é um parâmetro químico que representa a acidez ou basicidade de uma água. Apesar de, individualmente, não ter implicações na qualidade para consumo, correlacionado com outros parâmetros pode ter implicações na saúde.

O controlo deste parâmetro é bastante importante, pelo fato de permitir um controlo de corrosões, diluição de minerais e incrustações em acessórios em contato com a água.

Na escala de pH (Figura 5.11), as substâncias que apresentam pH inferior 7,0 são consideradas ácidas, enquanto as substâncias com pH superior 7,0 são consideradas básicas. No entanto, e também porque existem erros analíticos, considera-se em termos práticos que uma água entre os 6,5 e os 7,5 é neutra. De referir que esta escala de pH é construída a partir de uma operação matemática envolvendo a concentração do ião (H_3O^+) na solução.

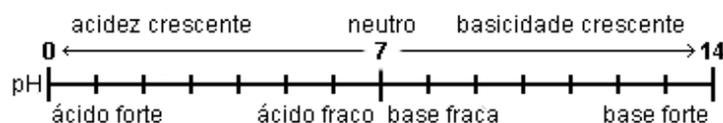


Figura 5.11 – Escala de pH

No caso das águas, estas podem então ser divididas em três grupos distintos: o grupo das águas alcalinas, que possuem um baixo potencial de solubilização, o grupo das águas ácidas, que possuem um elevado potencial de solubilização e o grupo das águas neutras.

As Figuras 5.12 e 5.13 representam a distribuição dos valores de pH nas duas épocas. Pode observar-se que as águas dos pontos inventariados, na generalidade, apresentam pH neutro.

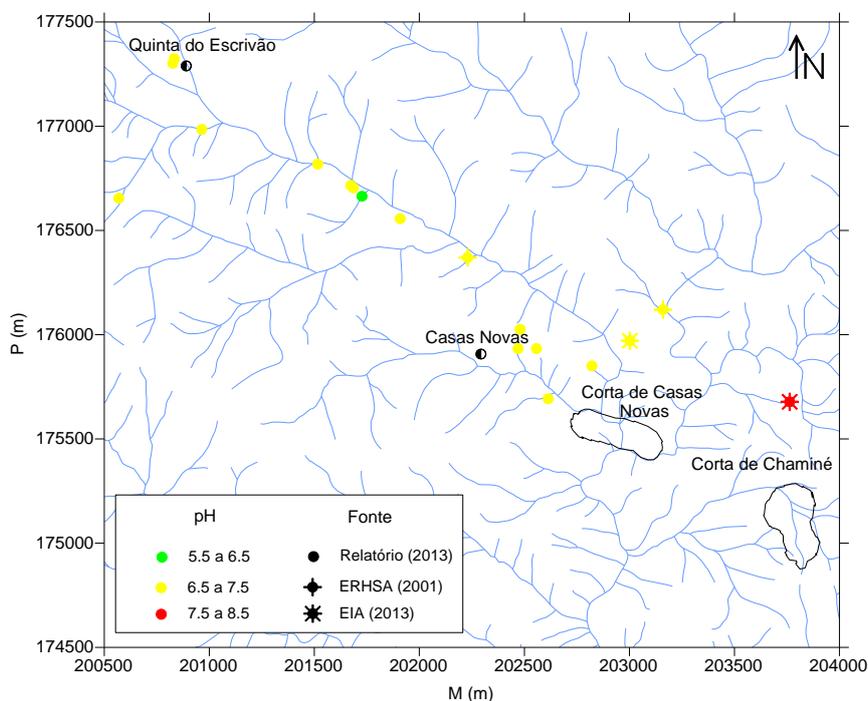


Figura 5.12 – Distribuição dos valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa [Relatório (2013): Março/13 e Abril/13; ERHSA (2001): Março/89 e Abril/89; EIA (2013): Abril/90 e Dezembro/10]

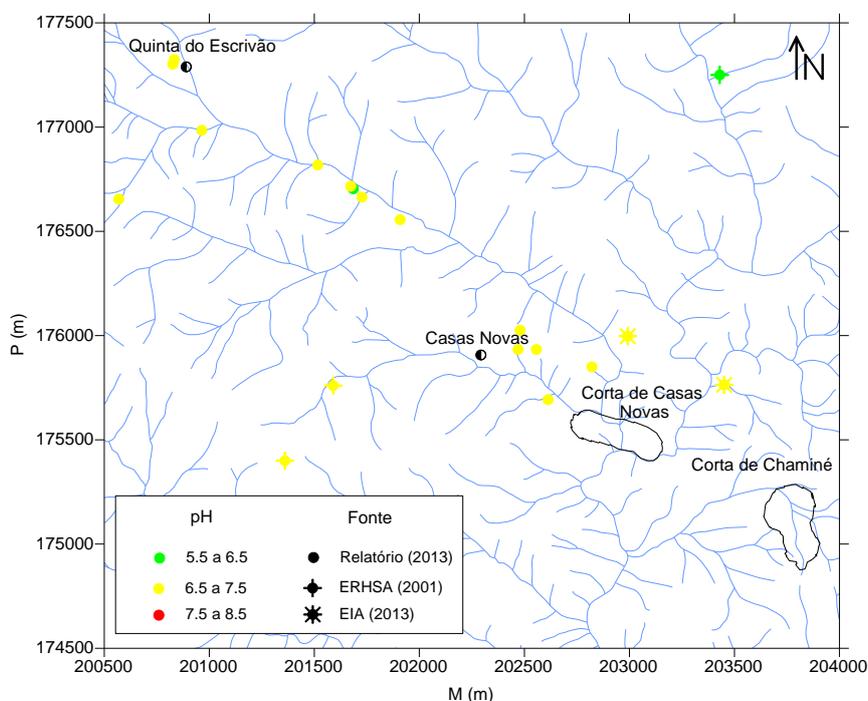


Figura 5.13 – Distribuição dos valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Maio/88; EIA (2013): Setembro/90 e Junho/08]

Pode verificar-se que, em 2013, existem dois pontos de água inventariados (E007 – nascente e E009 – furo) em que o pH se alterou, em termos da classe, entre o período chuvoso e o período seco. No ponto de água E007, o pH desceu para um valor inferior a 6,5, enquanto no ponto de água E009 subiu para valores entre 6,5-7,5.

Segundo o Decreto-Lei, o VMR situa-se entre 6,5-8,5 e o VMA é 9,5. Em 2013, aproximadamente 7% das amostras de água em época chuvosa e não chuvosa possuem valores abaixo de 6,5, enquanto cerca de 93% possuem valores situados no intervalo do VMR definido pelo Decreto-Lei.

Na época chuvosa, dos dois pontos inventariados no EIA (2013) um possui valores de pH entre 6,5-7,5 (17/2008) enquanto o outro tem entre 7,5-8,5 (61/2012). As duas amostras do ERHSA (2001) (459U036 e 459U039) apresentam pH neutro. Na época não chuvosa, tanto os pontos de água do EIA (2013) como do ERHSA (2001) possuem sobretudo pH neutro.

Para a amostra de água 16/2008 do EIA (2013) também se utilizou o valor mais atual das três medições realizadas em anos diferentes, com valor intermédio relativamente aos valores obtidos nas duas medições em 1990.

Nos dois pontos de água do ERHSA (2001) que se considerou serem os mesmos inventariados atualmente, em 1988 o ponto 459U045 (nascente), em época não chuvosa, apresentava um pH de 6,79 e em 2013 de 6,84, ou seja valores praticamente semelhantes. Para o ponto 459U035 (furo), em 1989 o pH na época chuvosa apresenta um valor de 6,74 e em 2013 de 6,4, demonstrando ter neste último ano um pH um pouco mais baixo.

A análise estatística do pH (Figuras 5.14 e 5.15) comprova que a maior frequência dos valores nas amostras em épocas chuvosa e não chuvosa se situam entre os 6,5-7,0.

Os valores obtidos nas amostras do ERHSA (2001) permitem constatar que são semelhantes relativamente a 2013. O mesmo acontece com os resultados analíticos obtidos no EIA – Aditamentos (2013), no qual se verificou que houve uma dispersão de valores de pH entre 6 e 8 e onde, através dos resultados obtidos de CE, se identifica apenas uma tipologia de água subterrânea.

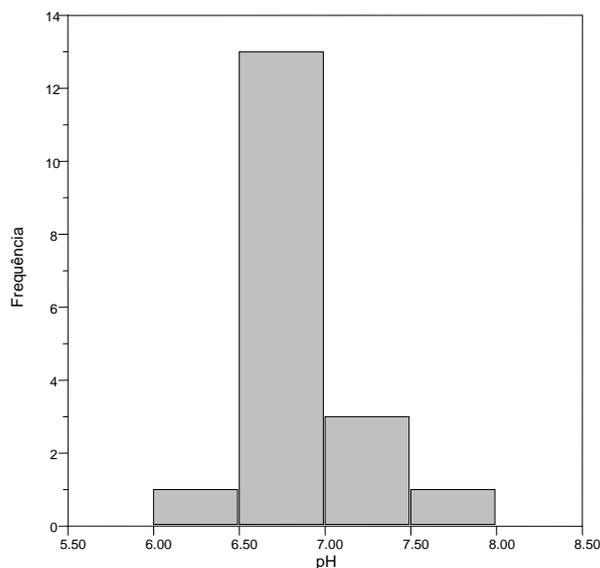


Figura 5.14 – Frequência de valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa

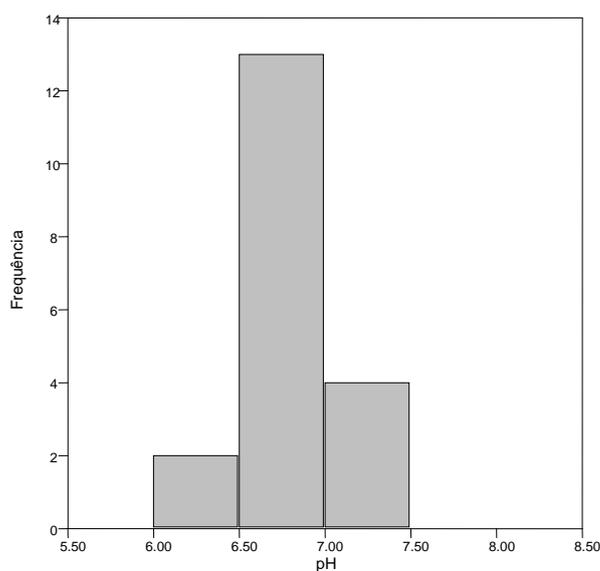


Figura 5.15 – Frequência de valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa

Os diagramas de caixa de pH das amostras de água recolhidas em diferentes épocas encontram-se representados nas Figuras 5.16 e 5.17. Na época pluviosa, o valor mediano de pH está mais próximo do 3º quartil do que do 1º, o que significa que os valores são elevados. Na época não pluviosa, a mediana situa-se num valor intermédio entre o 1º e o 3º quartil, isto é, não há valores extremos de pH.

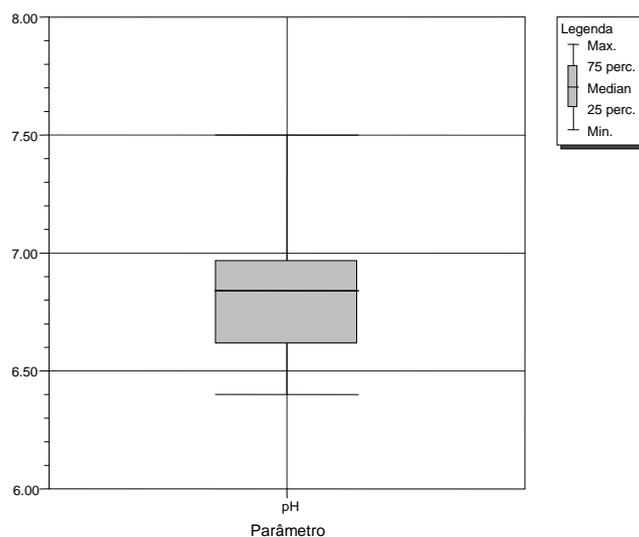


Figura 5.16 – Diagrama de caixa dos valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época pluviosa

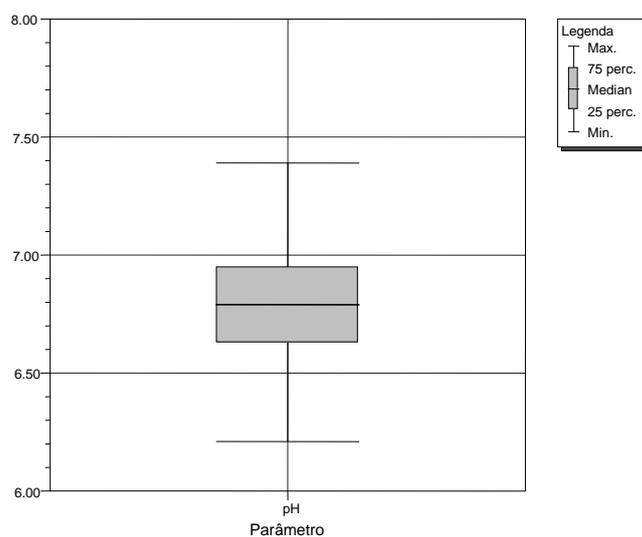


Figura 5.17 – Diagrama de caixa dos valores de pH das águas subterrâneas da zona em estudo na época não pluviosa

5.2.2.4. Alcalinidade Total

A alcalinidade da água é sobretudo devida à presença de sais de ácidos fracos e/ou a bases fortes ou fracas. Estas substâncias têm a capacidade de neutralizar ácidos pelo que se considera a alcalinidade duma água como a medida da sua capacidade para neutralizar ácidos, ou como refletindo a sua capacidade protónica. É geralmente utilizada para descrever a qualidade da água, sendo um fator de capacidade quantitativa.

A alcalinidade presente nas águas naturais é originada fundamentalmente de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, correspondendo às três principais formas de alcalinidade. Apesar de outros materiais poderem também contribuir para a alcalinidade, o seu contributo é de tal modo insignificante que pode ser ignorado. Nas águas naturais, a alcalinidade, geralmente como CaCO_3 , varia entre 10 mg/l e 350 mg/l.

Este parâmetro não tem significado relevante em termos sanitários, mesmo para valores elevados, mas são desagradáveis ao paladar e a associação com pH elevado, excesso de dureza e de sólidos dissolvidos, no conjunto, que podem ser prejudiciais.

As águas que apresentarem valores muito elevados deste parâmetro podem ser indesejáveis para a sua utilização em fins industriais, uma vez que podem ocasionar problemas de formação de depósitos e corrosão, de acordo com a sua utilização.

A distribuição dos valores de alcalinidade total está representada na Figura 5.18.

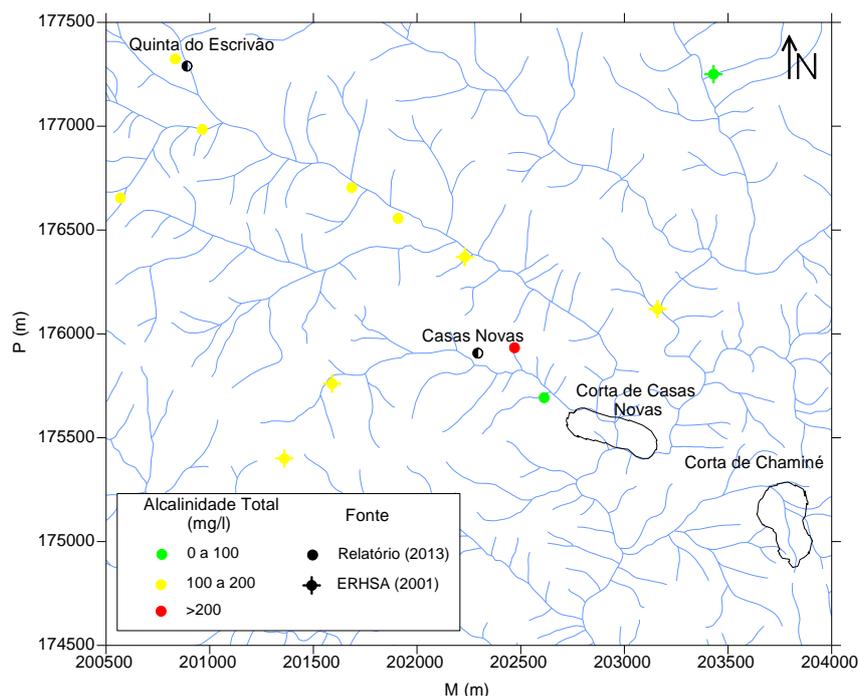


Figura 5.18 – Distribuição dos valores de alcalinidade total das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

No Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, e considerando as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto, não se encontram definidos valores recomendados (VMR) e/ou admitidos (VMA) para a alcalinidade total. As classes foram definidas considerando

um intervalo de valores considerado razoável, tendo em consideração os resultados obtidos nas análises.

As amostras do ERHSA (2001) apresentam essencialmente valores entre os 100 e os 200 mg/l, coincidente com a maioria dos valores obtidos nas diversas amostras neste estudo em 2013.

O ponto de água 459U045 (nascente) do ERHSA (2001), coincidente com E005, em 1989 apresenta um valor de 142,5 mg/l enquanto em 2013 tem um valor apenas ligeiramente mais baixo (132,9 mg/l).

Na Figura 5.19 observa-se que a maior frequência dos valores se situa entre os 100 e os 150 mg/l.

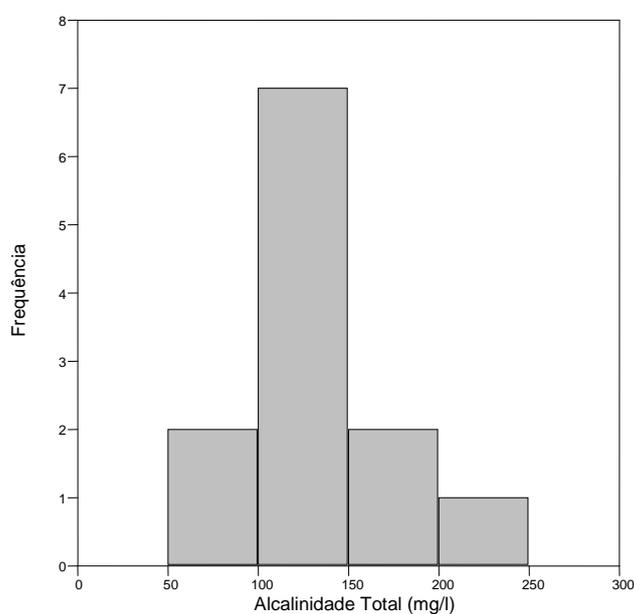


Figura 5.19 – Frequência de valores de alcalinidade total das águas subterrâneas da zona em estudo

Na Figura 5.20 encontra-se representado o diagrama de caixa respeitante à alcalinidade total e dureza total (em mg/l) e Bicarbonato (em mmol/l). Relativamente à alcalinidade total o valor mediano está mais próximo do 3º quartil do que do 1º, traduzindo valores elevados.

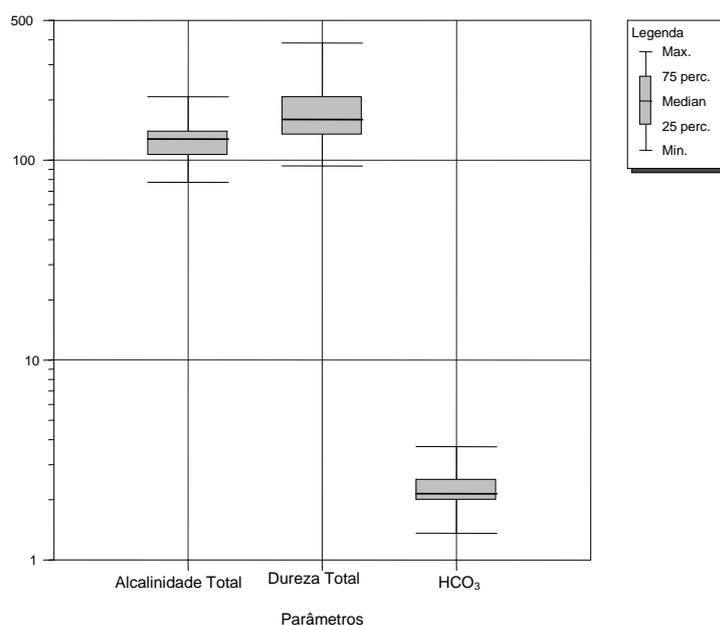


Figura 5.20 – Diagrama de caixa dos valores de alcalinidade total e dureza total (em mg/l) e bicarbonato (HCO_3 , em mmol/l) das águas subterrâneas da zona em estudo

5.2.2.5. Dureza Total

A dureza da água é um parâmetro que está relacionado com a concentração de iões de determinados minerais dissolvidos, ou seja, está associada à presença de iões alcalinoterrosos, sobretudo cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}).

As águas subterrâneas apresentam uma dureza que depende muito do tempo de contato água/rocha, uma vez que é influenciada pela concentração de catiões metálicos multivalentes existentes. Por exemplo, ao reagirem com detergente provocam precipitados, diminuindo consequentemente o poder de lavagem. Por outro lado, estas águas também provocam incrustações em tubos de água quente ou outros acessórios em contato com águas que sofram um aumento de temperatura, aquando da presença de certos aniões. Porém, estas águas correlacionam-se com uma menor incidência de acidentes cardiovasculares entre os seus consumidores (ERHSA, 2001).

A análise da distribuição dos valores de dureza total (Figura 5.21) permite averiguar que esta é relativamente homogénea na zona em estudo, concordante com a distribuição obtida pelo ERHSA (2001).

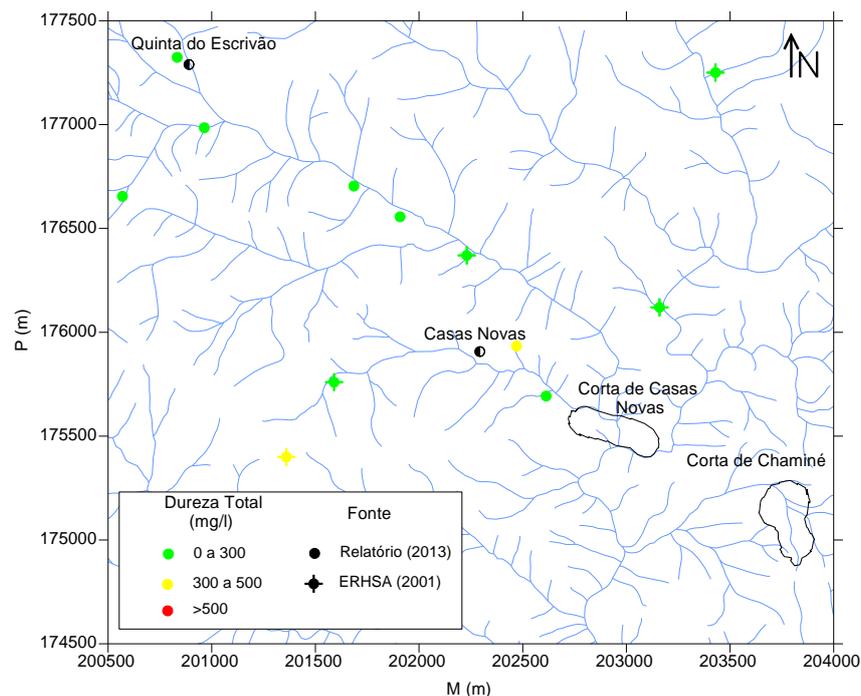


Figura 5.21 – Distribuição dos valores de dureza total das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

As águas subterrâneas são macias, com valores sobretudo inferiores a 300 mg/l, havendo apenas duas amostras (E001 – furo e 459U070 – poço) que apresentam valores situados no intervalo entre 300 e 500 mg/l. No Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, e considerando as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto, está definido que o VMA é de 500 mg/l, estando todas as amostras de água inventariadas em conformidade com o estipulado pelo mesmo.

No ponto de água 459U045 do ERHSA (2001), correspondente a E005, em 1989 a dureza total era de 124 mg/l, valor inferior ao determinado em 2013 (153 mg/l).

A análise da distribuição dos valores de dureza total (Figura 5.22) demonstra que a maior concentração se situa entre os 100-200 mg/l, imediatamente seguida do intervalo entre 200-300 mg/l.

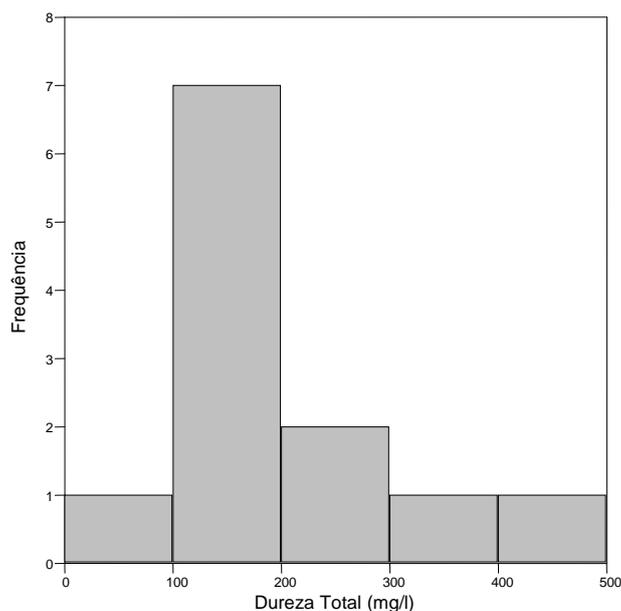


Figura 5.22 – Frequência de valores de dureza total das águas subterrâneas da zona em estudo

O diagrama de caixa relativo à dureza total, representado na Figura 5.20, mostra que a mediana se encontra apenas ligeiramente mais próxima do 1º quartil do que do 3º, portanto apresenta uniformidade relativa à distribuição de valores nos 50% dos valores centrais.

5.2.2.6. Cálcio

O cálcio (Ca) caracteriza-se por ser o principal responsável pela dureza da água. O seu teor pode ser verificado através da formação de depósitos de carbonato de cálcio que podem causar problemas ao nível da lavagem, da cozedura dos alimentos ou da circulação de água quente. Contudo, se a água apresentar teores reduzidos, poderá ter como consequência a corrosão de tubagens, ou problemas para a saúde pública, como doenças cardiovasculares (ERHSA, 2001).

O cálcio é um parâmetro que apresenta uma distribuição espacial homogênea na zona de trabalho (Figura 5.23).

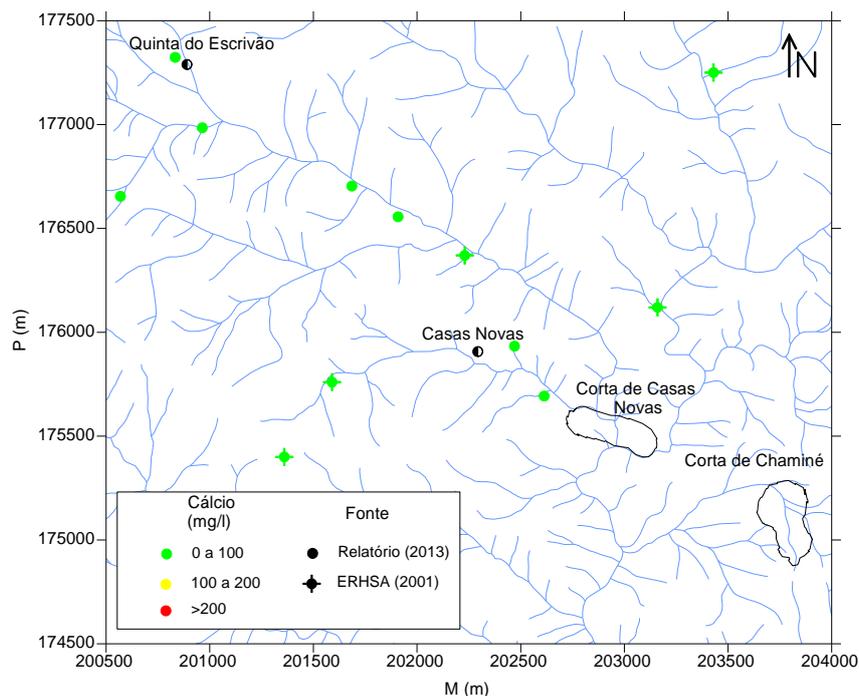


Figura 5.23 – Distribuição dos valores de cálcio das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

As águas subterrâneas da área em estudo, considerando as amostras atuais e as do ERHSA (2001), apresentam valores de cálcio inferiores a 100 mg/l, em conformidade com o Decreto-Lei, com VMR de 100 mg/l.

Em 1989, a amostra do ERHSA 459U045, interpretada como sendo a atual E005, apresentava o valor de cálcio de 25,6 mg/l, muito similar ao determinado em 2013 (28 mg/l).

A análise estatística comprova que a maior frequência dos valores de cálcio se situa entre os 20 e os 40 mg/l (Figura 5.24).

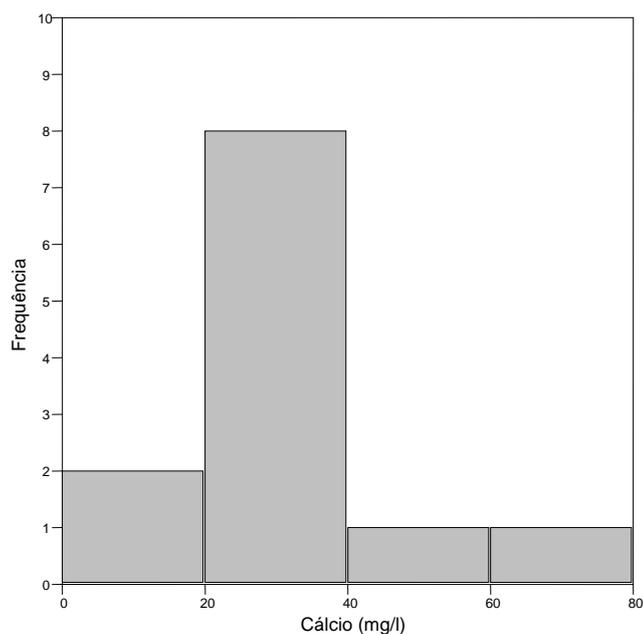


Figura 5.24 – Frequência de valores de cálcio das águas subterrâneas da zona em estudo

Na Figura 5.25 representa-se o diagrama de caixa relativa ao cálcio (Ca), a que se junta já os parâmetros sódio (Na), magnésio (Mg), cloretos (Cl), sulfatos (SO_4), sílica (Si) e nitratos (NO_3), que se tratarão nos subcapítulos seguintes. Em relação ao cálcio, verifica-se que a mediana se situa num valor intermédio entre o 1º e o 3º quartil, ou seja, não há valores extremos de cálcio.

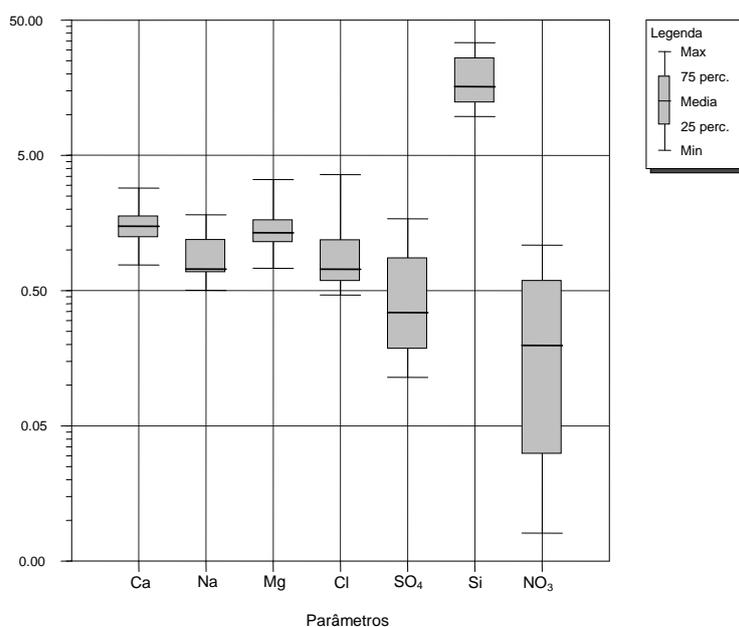


Figura 5.25 – Diagrama de caixa dos valores de cálcio (Ca), sódio (Na), magnésio (Mg), cloretos (Cl), sulfatos (SO_4), e nitratos (NO_3), em mmol/l e sílica (Si), em mg/l, das águas subterrâneas da zona em estudo

5.2.2.7. Sódio

O sódio (Na) é um catião que se encontra quase sempre presente nas águas subterrâneas. A principal fonte do sódio são os feldspatos plagioclásios, minerais que são pouco resistentes aos processos de meteorização química. Há normalmente uma tendência de enriquecimento gradual dos valores de sódio a partir das zonas de recarga.

O teor de sódio na água é um elemento limitante de seu uso na agricultura. Por outro lado, em aquíferos junto ao litoral, a presença de sódio poderá estar relacionada com a intrusão da água do mar ou mesmo com a vaporização a partir das ondas e subsequente deposição por precipitação sobre as zonas costeiras.

Este elemento apresenta uma elevada solubilidade, sendo bastante afetado pela troca de bases. A presença deste ião na água em teores superiores aos valores tabelados não é geralmente perigosa; contudo, em ingestões excessivas, pode provocar vômitos, que eliminam parte do excesso.

A Figura 5.26 apresenta a distribuição dos valores de sódio. Pode observar-se que os valores se distribuem por duas classes de valores.

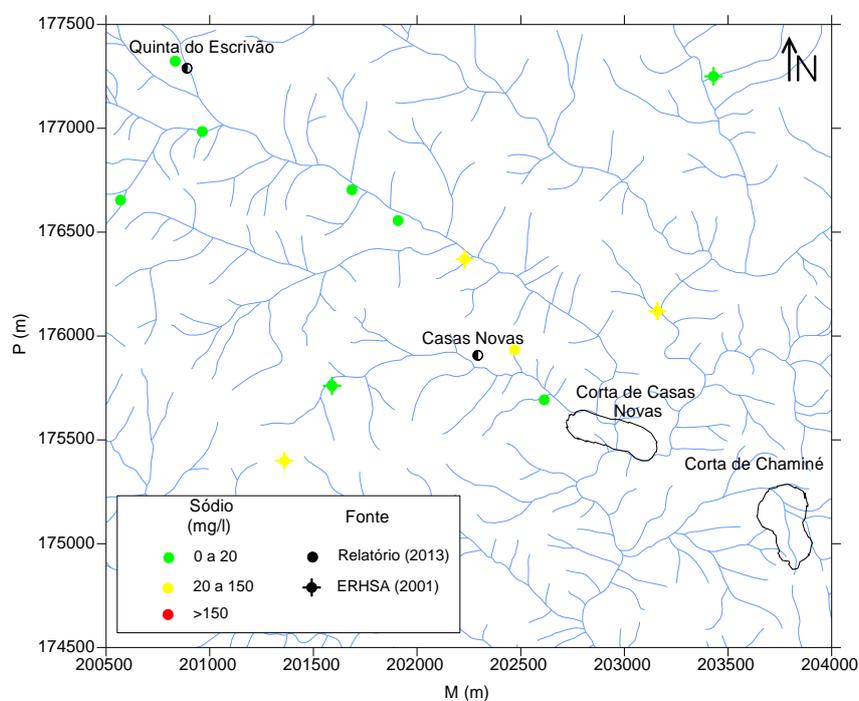


Figura 5.26 – Distribuição dos valores de sódio das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

As águas subterrâneas apresentam, essencialmente, valores inferiores a 20 mg/l. No Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, e considerando as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto, está definido que o VMR é de 20 mg/l e o VMA é de 150 mg/l, estando todos os pontos de água inventariados em concordância com o estipulado: em 2013, apenas uma amostra (E001 – furo) possui valores situados no intervalo entre 20 e 150 mg/l. Nas amostras analisadas no ERHSA (2001) verifica-se que duas delas detêm valores inferiores a 20 mg/l (459U075 e 459U076), enquanto as restantes têm o sódio entre os 20-150 mg/l.

Em 1989, a amostra 459U045 do ERHSA (2001), correspondente à amostra E005, apresentou um valor de sódio de 22,84 mg/l e em 2013 (E005) possuía 11 mg/l, cerca de metade do de 1989.

A análise da distribuição dos valores de sódio (Figura 5.27) permite constatar que a maior concentração se situa entre os 10-20 mg/l.

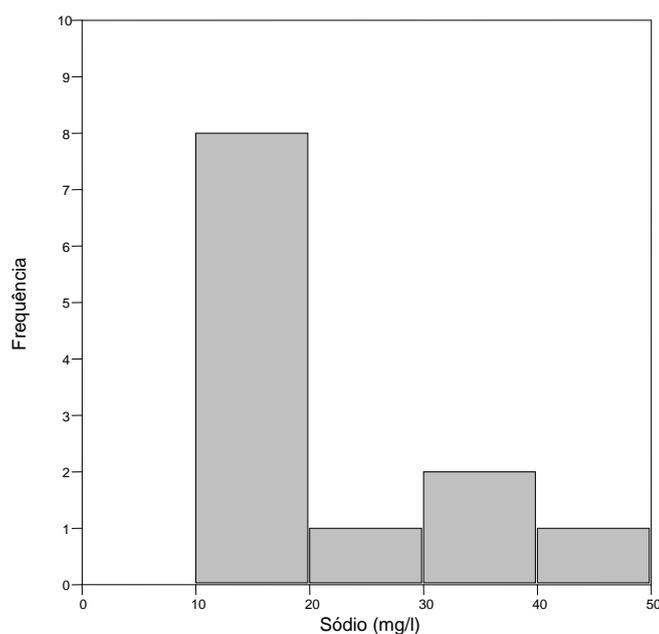


Figura 5.27 – Frequência de valores de sódio das águas subterrâneas da zona em estudo

O diagrama de caixa referente ao sódio (Na) está representado na Figura 5.25. Verifica-se que a mediana se encontra muito próxima do 1º quartil, o que mostra uma grande concentração de valores entre o 1º quartil e a mediana.

5.2.2.8. Potássio

O potássio (K) é um elemento químico abundante na crosta terrestre, mas ocorre em pequena quantidade nas águas subterrâneas, uma vez que é facilmente fixado pelas argilas e intensivamente consumido pelos vegetais. Este catião é originado sobretudo a partir dos seguintes minerais: feldspato potássico, mica, moscovite e biotite, pouco resistentes à meteorização.

O potássio é um parâmetro que apresenta homogeneidade em relação à sua distribuição na zona em estudo (Figura 5.28).

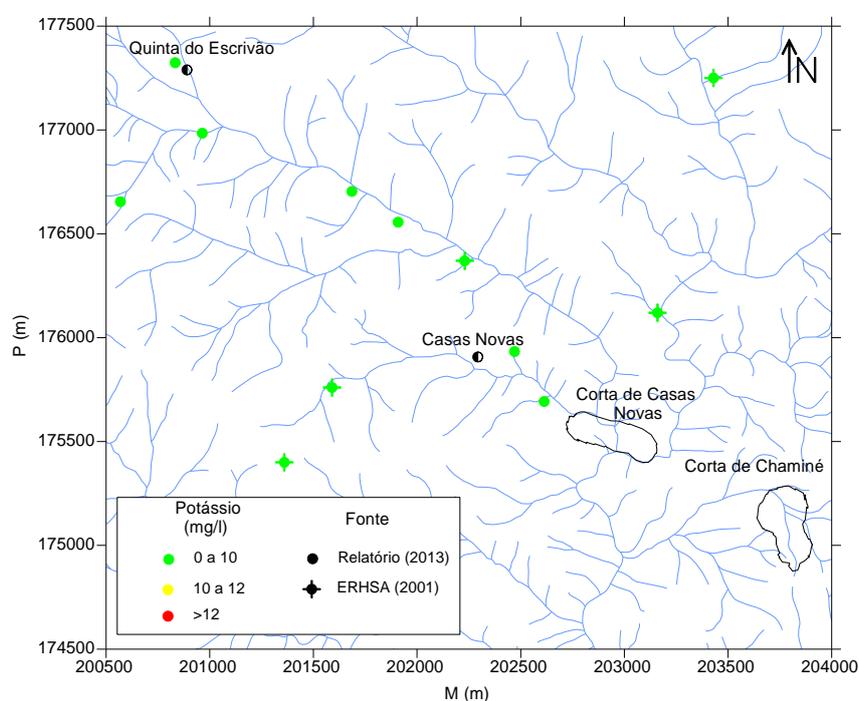


Figura 5.28 – Distribuição dos valores de potássio das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

No Decreto-Lei, está definido para o potássio que o VMR é de 10 mg/l e o VMA é de 12 mg/l. Através das amostras recolhidas atualmente e em 1989, observa-se que as águas subterrâneas possuem valores de potássio sempre inferiores a 10 mg/l, abaixo do VMR.

No que se refere ao ponto de água E005 (nascente), verifica-se que em 1989 (459U045) apresenta um valor de potássio de 2,17 mg/l, apenas ligeiramente inferior ao determinado em 2013 (2,63 mg/l).

A análise do histograma representado na Figura 5.29 mostra que, relativamente ao potássio, a maior frequência se encontra no intervalo 1-2 mg/l, seguido de 2-3 mg/l.

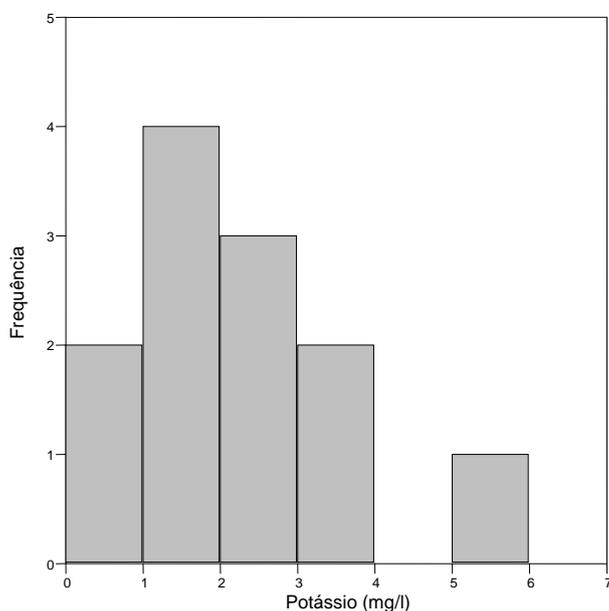


Figura 5.29 – Frequência de valores de potássio das águas subterrâneas da zona em estudo

A partir dos dados obtidos para o parâmetro em análise, foi realizado o seu diagrama de caixa, representado na Figura 5.30, onde se observa que a mediana se situa num ponto intermédio entre os 1º e 3º quartis, ou seja, há uma distribuição uniforme nos valores deste parâmetro.

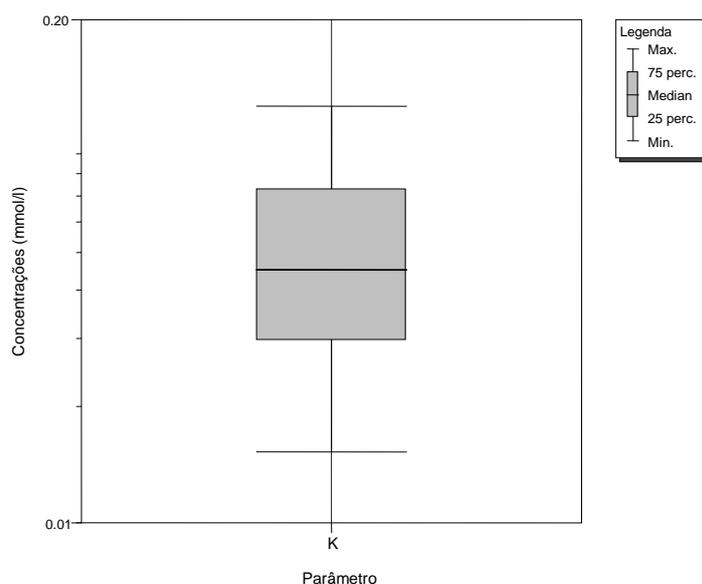


Figura 5.30 – Diagrama de caixa dos valores de potássio (K, em mmol/l) das águas subterrâneas da zona em estudo

5.2.2.9. Magnésio

O magnésio (Mg) é originado pela solubilização dos minerais das litologias atravessadas e por contaminação industrial. Este catião, a nível do metabolismo humano, intervém como elemento constitutivo do tecido ósseo e como ativador de abundantes sistemas enzimáticos (ERHSA, 2001).

A Figura 5.31 representa a distribuição dos valores de magnésio. Pode observar-se que a sua distribuição espacial é bastante homogénea, com exceção de um valor no extremo SW da área.

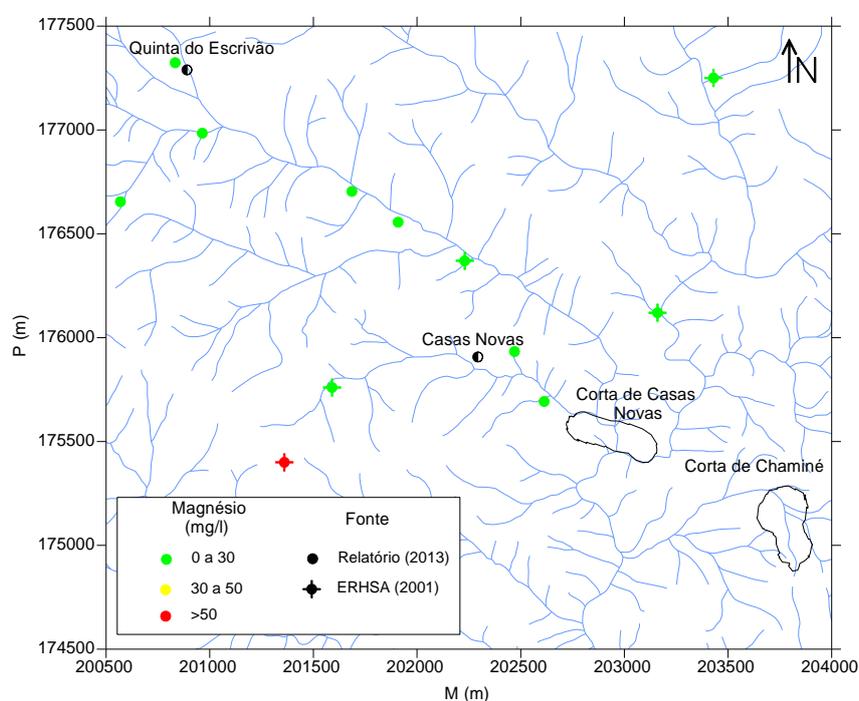


Figura 5.31 – Distribuição dos valores de magnésio das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

Segundo o Decreto-Lei, para este parâmetro, o VMR é de 30 mg/l e o VMA é de 50 mg/l. As águas subterrâneas da zona de trabalho, considerando as amostras de 2013 e do ERHSA (2001), possuem magnésio inferior a 30 mg/l, à exceção de uma amostra (459U070, um poço) recolhida em 1989.

No ponto de água E005 (nascente), correspondente a 459U045, a comparação entre os valores de magnésio obtidos em 1989 (14,63 mg/l) e em 2013 (13,8 mg/l), permite aferir que há uma constância de valores.

A análise estatística do magnésio demonstra que a maior frequência se situa entre os 10 e os 20 mg/l (Figura 5.32).

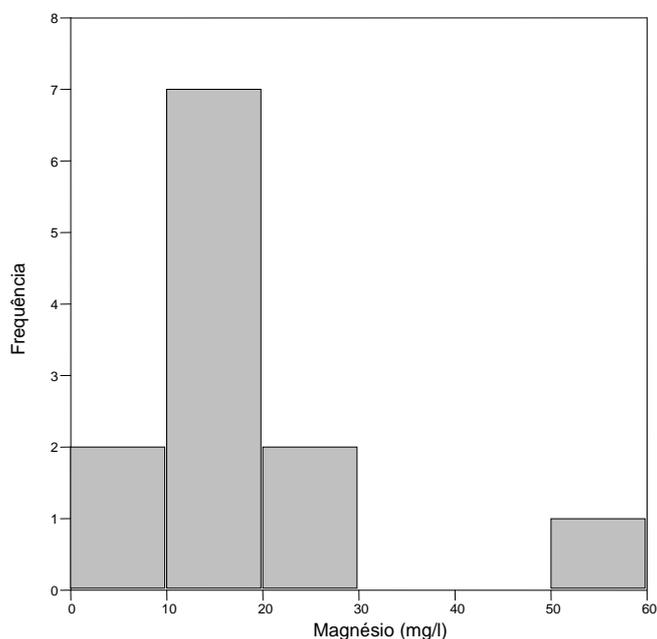


Figura 5.32 – Frequência de valores de magnésio das águas subterrâneas da zona em estudo

O diagrama de caixa relativo ao magnésio (Mg) está representado na Figura 5.25, e mostra que a mediana se encontra apenas ligeiramente mais próxima do 1º quartil do que do 3º, logo com uma uniformidade relativa na distribuição de valores nos 50% dos valores centrais.

5.2.2.10. Cloretos

O cloreto (Cl) é um parâmetro que, em química inorgânica, é definido como uma espécie iónica composta por um átomo de cloro carregado negativamente, com estado de oxidação -1.

O teor de cloretos nos sistemas aquíferos depende de vários fatores como (ERHSA, 2001):

- condições climatéricas;
- proximidade ao mar;
- tipo de litologias atravessadas;
- contaminações de efluentes industriais;

- intrusão salina e entrada de água do mar em rios;
- efluentes humanos e animais.

Contudo, este parâmetro, mesmo em concentrações relativamente elevadas, não é prejudicial ao homem, com exceção se se encontrar com valores muito elevados, em que poderá ter consequências em termos cardiovasculares.

A distribuição espacial dos cloretos encontra-se representada na Figura 5.33, de acordo com as classes de valores definidas neste parâmetro para as águas analisadas.

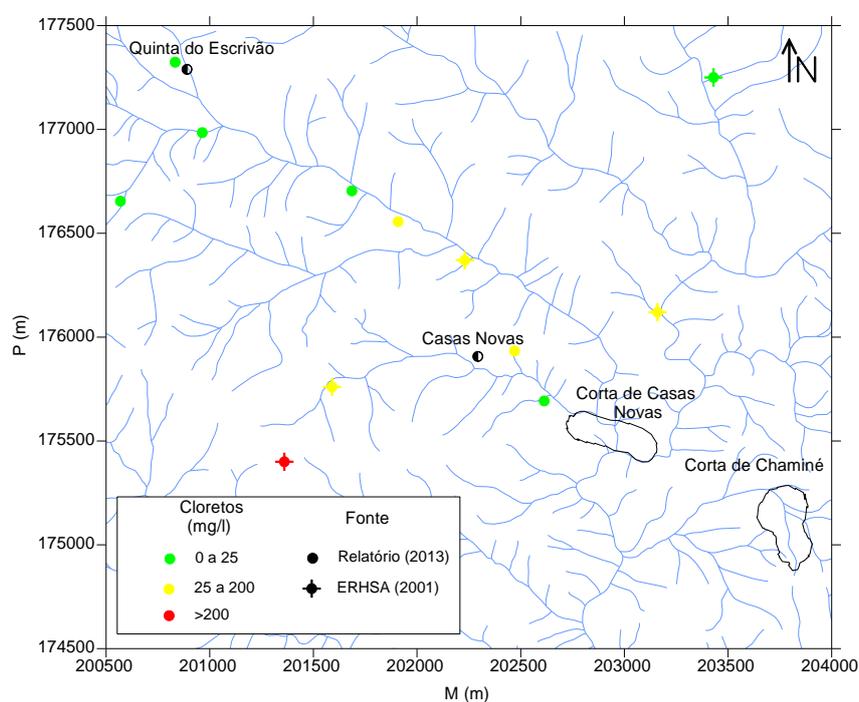


Figura 5.33 – Distribuição dos valores de cloretos das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

Nas generalidades das amostras recolhidas em 2013 observam-se valores de cloretos essencialmente inferiores a 25 mg/l, sendo este o VMR determinado pelo Decreto-Lei. Apenas duas amostras (E001 – furo e E010 – nascente) apresentam valores no intervalo 25-200 mg/l. Logo, aproximadamente 71 % possuem valores abaixo de 25 mg/l, enquanto cerca de 29 % possuem valores superiores ao VMR.

Nas amostras do ERHSA (2001), apenas uma das amostras tem valores inferiores a 25 mg/l (459U076), três apresentam valores entre os 25 e os 200 mg/l e uma possui valor superior a 200 mg/l (459U070).

A análise comparativa entre os valores obtidos em 1989 (28,4 mg/l) e em 2013 (21 mg/l) do ponto de água E005, mostra que a amostra mais recente possui um valor mais baixo.

A análise da distribuição dos valores dos cloretos (Figura 5.34) evidencia uma maior concentração entre os 20-40 mg/l, seguida pela classe 0-20 mg/l.

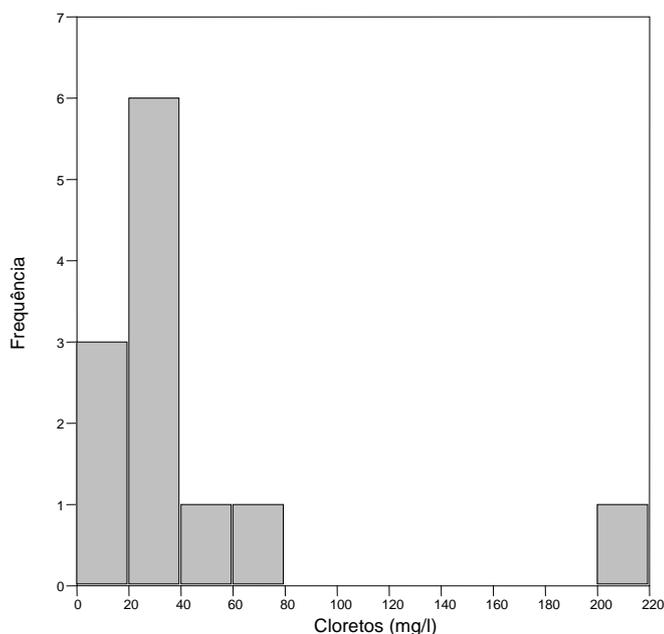


Figura 5.34 – Frequência de valores de cloretos das águas subterrâneas da zona em estudo

No EIA – Aditamento (2013) foram registados valores médios de cloretos de 50 mg/l, enquanto na zona em estudo, atendendo apenas às amostras de 2013, a média é de 27,9 mg/l. A média global, considerando todos os valores (ERHSA e amostras de 2013), é de 45,12 mg/l.

Os resultados obtidos nos cloretos encontram-se representados no diagrama de caixa na Figura 5.25, onde se observa que a mediana se encontra muito próxima do 1º quartil, o que significa uma maior concentração de valores entre o 1º quartil e a mediana, do que entre esta e o 3º quartil, ou seja, um certo enviesamento dos dados, com valores superiores elevados.

5.2.2.11. Bicarbonato

O bicarbonato (HCO_3) das águas subterrâneas provém do CO_2 resultante da atividade biológica nos solos, e da dissolução da calcite.

A distribuição dos valores de bicarbonato, representada na Figura 5.35, foi realizada em classes de valores adequada aos resultados obtidos nas amostras das águas recolhidas.

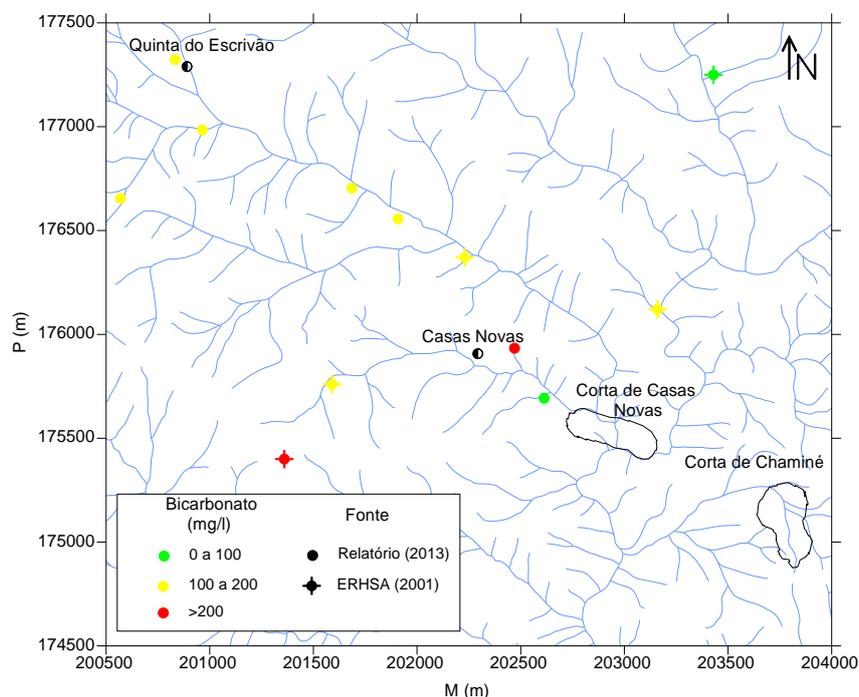


Figura 5.35 – Distribuição dos valores de bicarbonato das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

No Decreto-Lei não se encontram definidos valores recomendados (VMR) e/ou admitidos (VMA) para a bicarbonato. Observa-se que, perante as classes definidas, nas amostras recolhidas em 2013 e 1989 apenas uma (E001 – furo, 459U070 – poço), em cada um destes anos, apresentam valores superiores a 200 mg/l. A maioria tem valores sobretudo na classe 100-200 mg/l.

Relativamente ao ponto de água inventariado em E005, que corresponderá ao ponto 459U045 do ERHSA (2001), em 1989 (171,83 mg/l) o bicarbonato é mais elevado que em 2013 (132,9 mg/l).

A análise da Figura 5.36 revela que o intervalo 100-150 mg/l é o mais frequente perante as amostras de água consideradas.

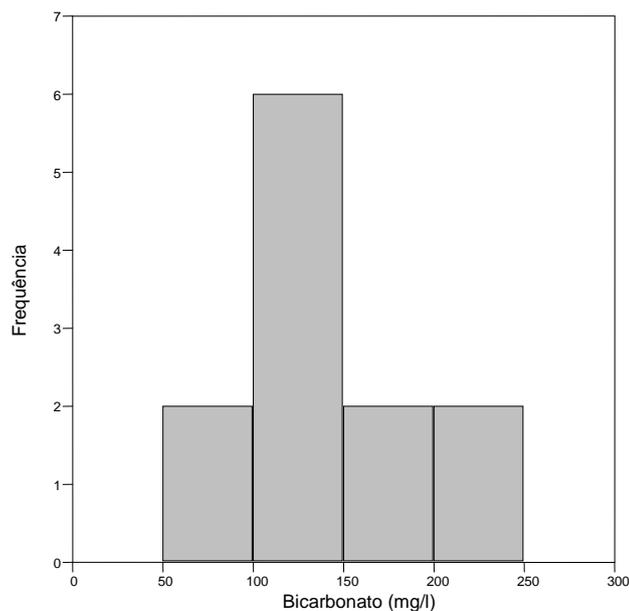


Figura 5.36 – Frequência de valores de bicarbonato das águas subterrâneas da zona em estudo

O diagrama de caixa relativo ao bicarbonato (HCO_3) encontra-se representado na Figura 5.20, onde se observa que a mediana está praticamente encostada ao 1º quartil, ou seja, com grande parte dos valores muito similares entre o 1º quartil e a mediana.

5.2.2.12. Sulfatos

O sulfato (ião SO_4^{2-}), formado por um átomo central de enxofre ligado por ligações covalentes a quatro átomos de oxigênio, apresenta um estado de oxidação 2-.

Os sulfatos encontram-se bastante distribuídos nos minerais da crosta terrestre, mas geralmente apresentam-se em pequenas concentrações nas águas subterrâneas. A presença de sulfatos na água pode ter diversas origens, como (ERHSA, 2001):

- lixiviação de terrenos formados em ambientes marinhos ou em condições de grande aridez;
- oxidação de sulfuretos em rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas;
- presença de água da chuva no solo;
- atividades antrópicas, através de práticas agrícolas, efluentes industriais e urbanos.

Se as águas apresentarem um teor muito elevado deste parâmetro químico, poderá provocar um efeito laxante. No caso de ter a presença de iões cálcio e magnésio, podem precipitar e originar incrustações (ERHSA, 2001).

Diante dos resultados obtidos nas amostras através da análise de sulfatos, realizou-se a distribuição espacial deste parâmetro (Figura 5.37).

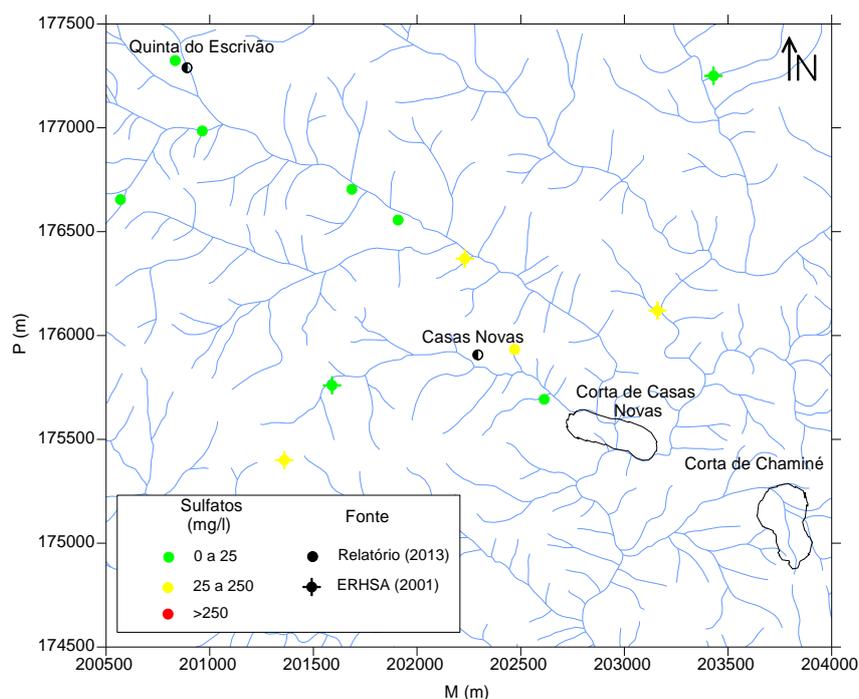


Figura 5.37 – Distribuição dos valores de sulfatos das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

No Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, e considerando as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto está determinado que o VMR é de 25 mg/l e o VMA é de 250 mg/l, estando todos os pontos de água inventariados em consonância com o estipulado pelo mesmo. As águas subterrâneas da zona de trabalho apresentam maioritariamente valores inferiores a 25 mg/l. Perante as amostras de água recolhidas em 2013, apenas uma amostra (E001 – furo) possui valores situados no intervalo 25-250 mg/l, enquanto nas amostras do ERHSA (2001), três possuem valores entre os 25-250 mg/l (459U036, 459U039 e 459U070).

De salientar que numa das amostras (E004 – nascente) não foi possível atingir o seu limite de deteção (<5,0 L.Q. mg/l). De acordo com as recomendações da União Europeia, critérios que foram seguidos na elaboração dos planos de bacia, em Portugal, neste caso, para

realizar a sua análise estatística, deste parâmetro, substitui-se esse valor por metade do mesmo, ou seja, 2,5 mg/l.

O ponto de água 459U045 (nascente) do ERHSA (2001), referido como E005 em 1989, apresentava valor de sulfatos de 16,46 mg/l, bastante superior ao valor determinado em 2013 (8 mg/l).

A análise da distribuição dos valores dos sulfatos (Figura 5.38) mostra que a maior concentração se situa entre os 0-20 mg/l, seguida da classe entre 20-40 mg/l.

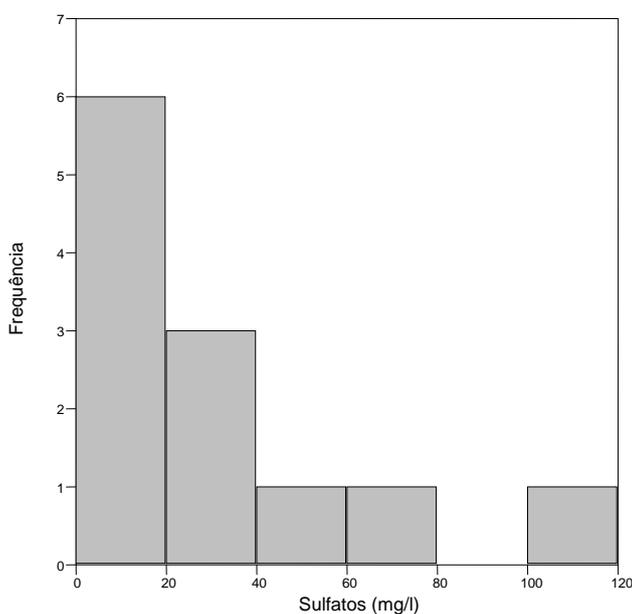


Figura 5.38 – Frequência de valores de sulfatos das águas subterrâneas da zona em estudo

No EIA – Aditamento (2013) foram registados valores médios em sulfatos de 40 mg/l, enquanto, considerando os resultados de 2013, na zona em estudo a média é de 17,9 mg/l, logo bastante mais baixa.

Segundo o EIA – Aditamento (2013), os sulfatos, com possível origem na oxidação dos sulfuretos das paragêneses mineralizadas, têm uma assinalável correlação com a condutividade elétrica, o que parece indicar que a presença deste ião contribui significativamente para o valor da condutividade elétrica nas águas subterrâneas em estudo.

De acordo com as amostras de água em 2013 e do ERHSA (2001), na Figura 5.25 representa-se o diagrama de caixa dos sulfatos (SO_4), onde se pode observar que há uma grande dispersão de valores, com a mediana mais próxima do 1º quartil do que do 3º quartil.

5.2.2.13. Sílica

A sílica é um óxido de silício cuja fórmula química é SiO_2 . É um composto considerado essencial ao metabolismo humano, não representando efeitos fisiológicos adversos.

A recolha das amostras de água para este estudo em 2013 e do ERHSA (2001), nos diferentes locais, permitiu a realização da distribuição espacial da sílica (Figura 5.39).

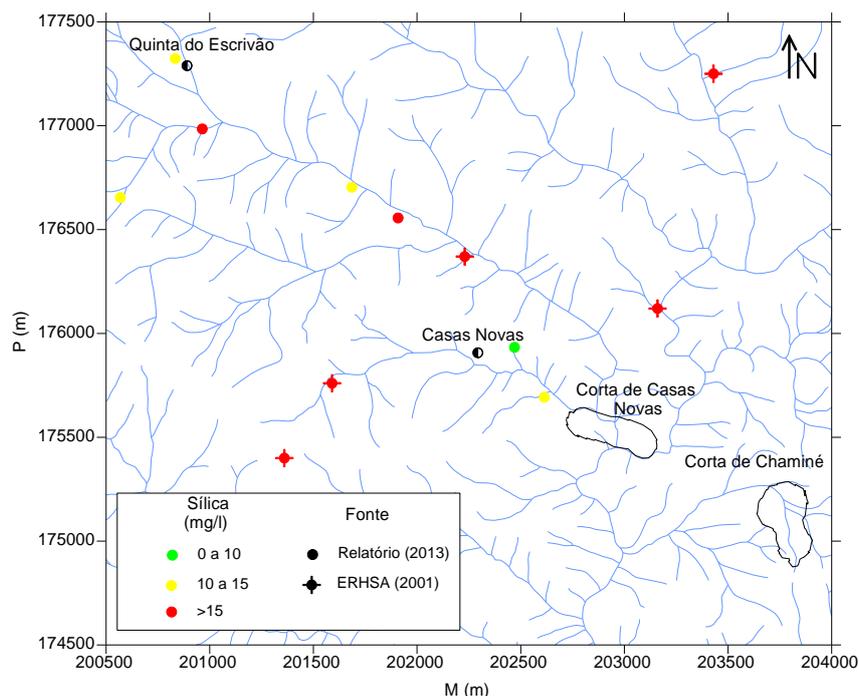


Figura 5.39 – Distribuição dos valores de sílica das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

No Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, e considerando as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto, não se encontram definidos valores recomendados (VMR) e/ou admitidos (VMA) para a sílica. As classes foram executadas tendo em consideração o intervalo de valores obtidos nas análises de água.

As amostras do ERHSA (2001) possuem todas valores de sílica superiores a 15 mg/l, à semelhança do que acontece com duas das amostras recolhidas em 2013 (E005 – nascente e E010 – nascente). Das restantes, três amostras possuem sílica entre 10-15 mg/l e uma inferior a 10 mg/l (E001 – furo).

O ponto de água do ERHSA (2001) que corresponde a E005 (nascente), no ano de 1989 apresentava um conteúdo de sílica de 34,24 mg/l, bastante mais elevada do que em 2013 (17 mg/l).

De acordo com os resultados obtidos neste parâmetro (Figura 5.40), a concentração de sílica situa-se maioritariamente entre os 10 e os 20 mg/l.

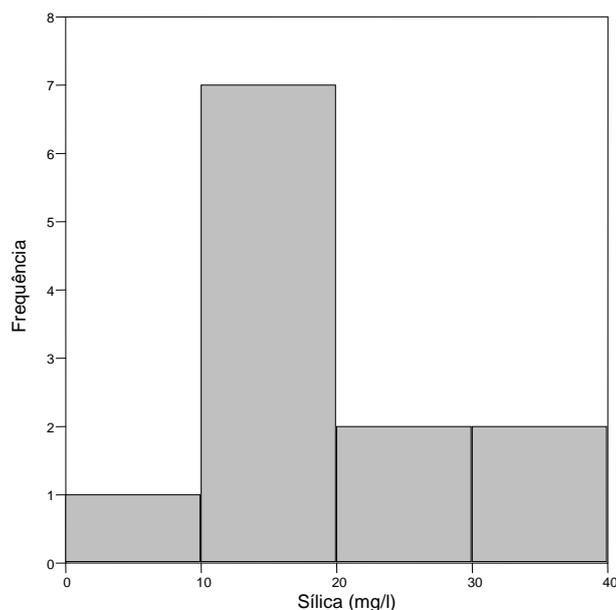


Figura 5.40 – Frequência de valores de sílica das águas subterrâneas da zona em estudo

De forma a completar análise da sílica (Si), também se realizou o seu diagrama de caixa, representado na Figura 5.25. Observa-se que a mediana se encontra mais próxima do 1º quartil do que do 3º.

5.2.2.14. Nitratos

O nitrato (NO_3) pode ser definido como sendo um dos constituintes azotados fundamentais, sendo um componente essencial à vida. Contudo, funciona como um poluente das águas subterrâneas (ERHSA, 2001).

A presença de nitratos na água pode ser originada por processos naturais de nitrificação através de certas bactérias, decomposição de matéria orgânica, contaminação agrícola, industrial e doméstica.

Em termos de comportamento, este ião é relativamente estável, mas no entanto pode ser fixado no solo ou em ambientes redutores, reduzido a N_2 e NO_4 (ERHSA, 2001).

A concentração deste ião nas águas pode provocar metemoglobinemia em latentes, isto é, a doença azul.

A distribuição espacial dos nitratos analisados nas amostras de água recolhidas no campo (Figura 5.41) foi estabelecida através da divisão de três intervalos em consonância com o Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, e considerando as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto.

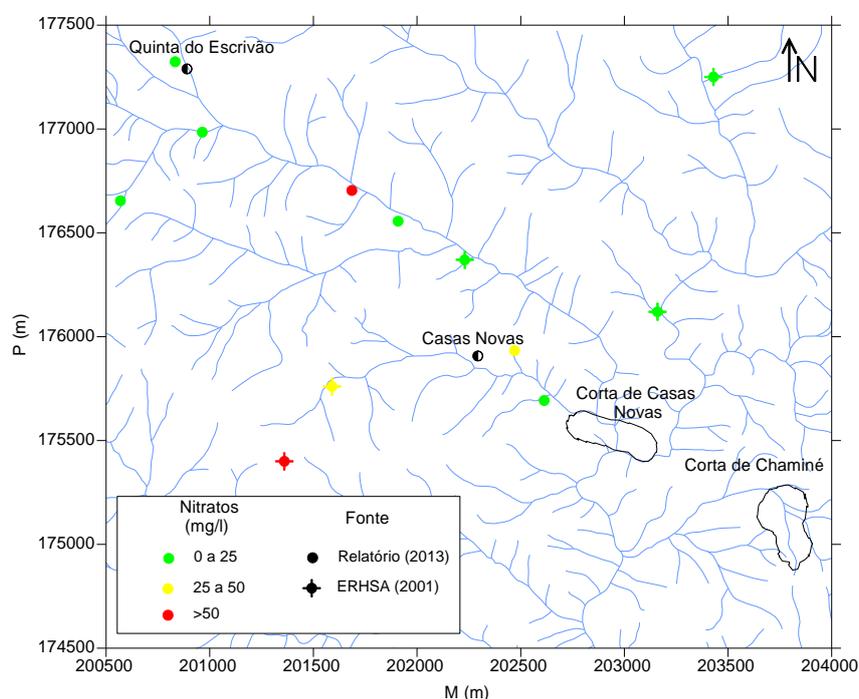


Figura 5.41 – Distribuição dos valores de nitratos das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13; ERHSA (2001): Abril/89]

Na generalidade, observam-se valores de nitratos essencialmente inferiores a 25 mg/l, à exceção de duas amostras (E001 – furo e E007 – nascente) de 2013 e duas amostras do ERHSA (2001) (459U070 – poço e 459U075 – nascente). Os pontos de água E001 (furo) e 459U075 (nascente) apresentam valores no intervalo 25-50 mg/l, e os pontos de amostragem E007 (nascente) e 459U070 (poço) possuem valores superiores a 50 mg/l. No Decreto-Lei está definido que o VMR é de 25 mg/l e o VMA é de 50 mg/l, valor ultrapassado por duas das amostras. Valores superiores a 50 mg/l indicam normalmente contaminação, consequência de práticas agropecuárias.

No ponto de água inventariado 459U045 (nascente) do ERHSA (2001) (E005 em 2013), em 1989 os nitratos correspondiam a 22,32 mg/l, valor muito superior ao determinado em 2013 (1,44 mg/l).

Diante da análise estatística determinada para este parâmetro, verifica-se que a maior frequência dos valores se situa entre 0-25 mg/l (Figura 5.42).

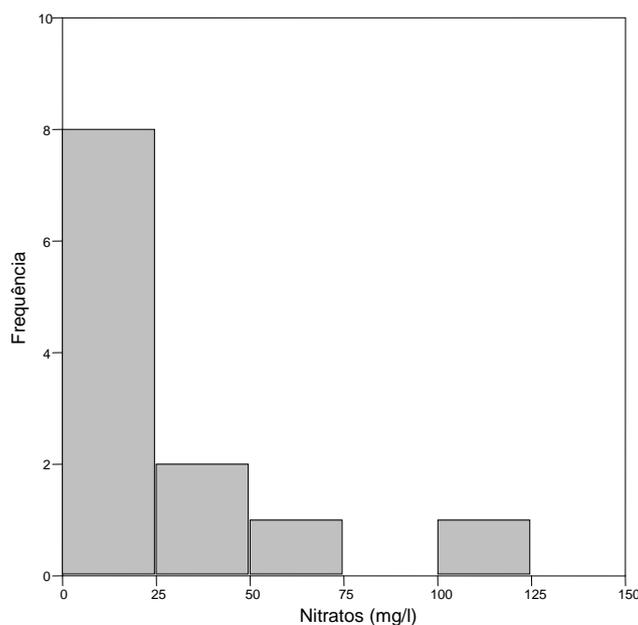


Figura 5.42 – Frequência de valores de nitratos das águas subterrâneas da zona em estudo

No EIA – Aditamento (2013) foram registados valores médios de nitratos de 30 mg/l NO_3 , enquanto na área de trabalho, atendendo aos resultados obtidos em 2013, a média é de 16,5 mg/l.

O diagrama de caixa do NO_3 , representado na Figura 5.25, mostra que o valor mediano está mais próximo do 3º quartil do que do 1º, o que significa que os valores de NO_3 são elevados, mostrando influência humana clara na contaminação da água subterrânea.

5.2.2.15. Ferro

O ferro (Fe) é um catião cuja presença na água é devida, normalmente, à dissolução do ferro das tubulações ou pelas litologias atravessadas pela água subterrânea, com a dissolução de minerais máficos portadores de ferro.

A presença da concentração elevada deste parâmetro na água pode originar problemas de aparecimento de cor na água, mas não representa riscos sanitários se a água for ingerida.

A análise da distribuição dos valores de ferro (Figura 5.43) permite verificar que as águas dos pontos inventariados, na generalidade, apresentam valores relativamente elevados, o que seria de esperar numa região mineira.

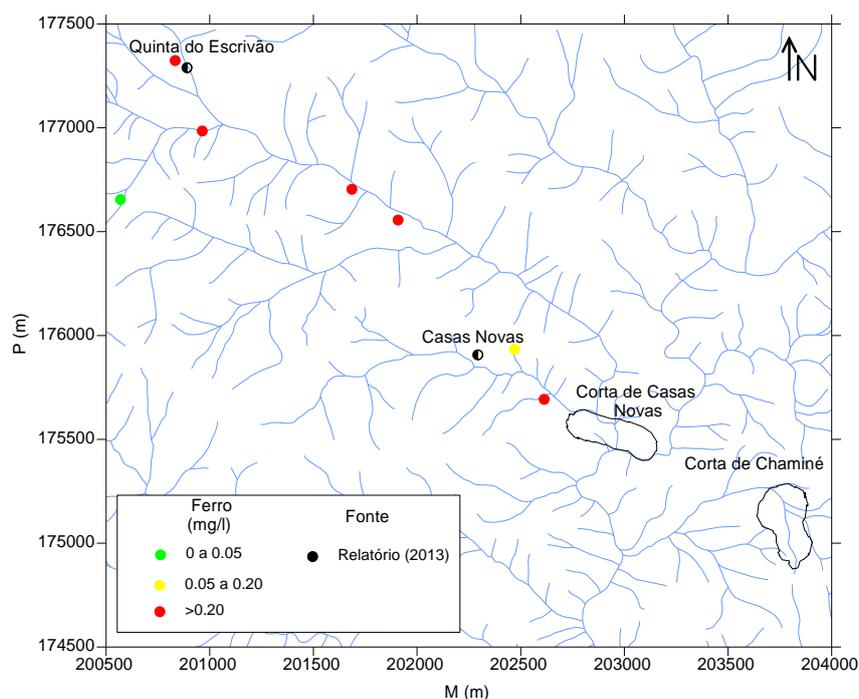


Figura 5.43 – Distribuição dos valores de ferro das águas subterrâneas da zona em estudo [Relatório (2013): Julho/13]

De acordo com o Decreto-Lei, para o ferro, o VMR é de 0,05 mg/l e o VMA é de 0,20 mg/l. Pode observar-se que, para as águas subterrâneas da área em estudo, cerca de 71% apresentam valores superiores ao VMA (0,20 mg/l). Apenas uma amostra (E001 – furo) apresenta valores entre os VMR e VMA (0,05-0,20 mg/l), enquanto outra amostra (E004 – nascente) apresenta valores abaixo do VMR (0,05 mg/l). Do ERHSA (2001), as amostras de água recolhidas não sofreram análise sobre o parâmetro de ferro.

Deste modo, depreende-se que, considerando as amostras analisadas, a zona em estudo é composta essencialmente por águas subterrâneas férreas.

A análise estatística demonstra que a maior frequência dos valores se encontra no intervalo 0-0,5 mg/l, seguido do 1,0-1,5 mg/l (Figura 5.44).

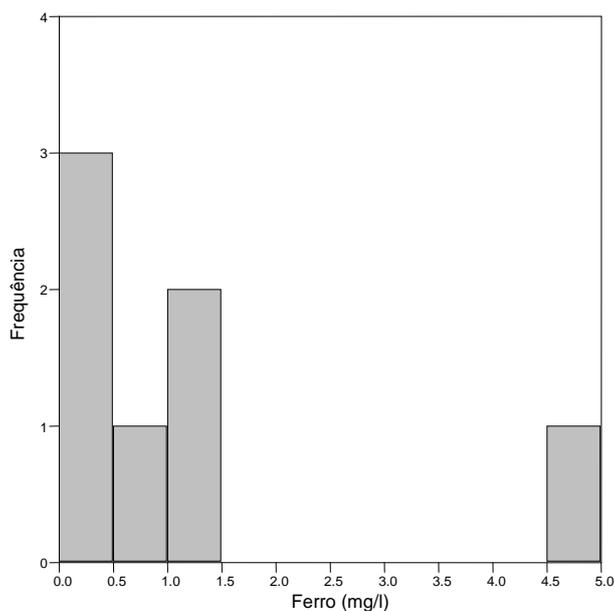


Figura 5.44 – Frequência de valores de ferro das águas subterrâneas da zona em estudo

Contudo, segundo o EIA – Aditamento – Anexos (2013), observa-se que o ferro variou aproximadamente entre 0 e 0,11 mg/l, valores inferiores aos obtidos atualmente na zona em estudo.

Os resultados do ferro obtidos nas amostras recolhidas em 2013 foram representados no diagrama de caixa da Figura 5.45. Vê-se que a mediana está muito próxima do 3º quartil, portanto com uma concentração de valores elevados.

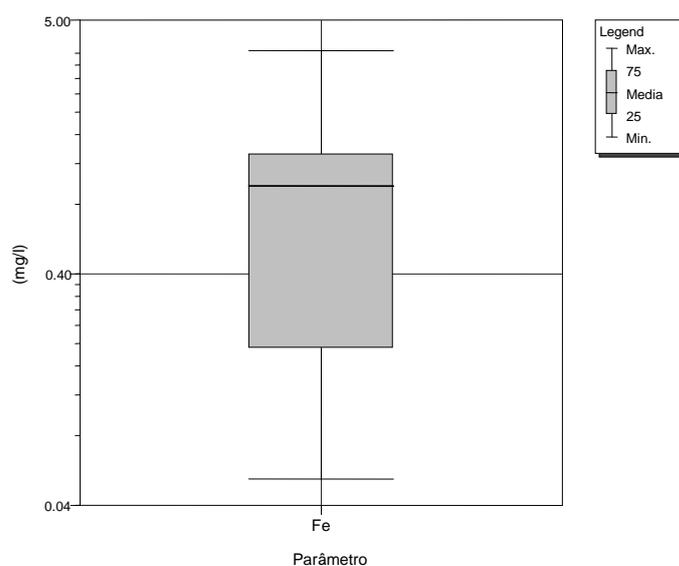


Figura 5.45 – Diagrama de caixa dos valores de ferro (Fe) (em mg/l) das águas subterrâneas da zona em estudo

5.2.2.16. Manganês

O manganês (Mn) é um parâmetro que pode alterar o aspeto da água (cor e turbidez) e, eventualmente, provocar um sabor desagradável (metálico), mas cujas concentrações acima do limite não trazem risco à saúde.

Em 2013 não foi possível atingir o limite de deteção deste parâmetro ($<0,05$ L.Q. mg/l) em três amostras (E001 – furo, E004 – nascente e E007 – nascente) o que não torna possível a sua análise estatística face ao número de amostras totais existentes (7). No ERHSA (2001) não foi realizada a análise deste parâmetro. Perante o Decreto-Lei em análise, para o manganês o VMR é $0,02$ mg/l e o VMA é $0,05$ mg/l.

5.2.2.17. Alumínio

O alumínio (Al) é um catião cuja presença na água poderá provocar problemas no espectro da água, com aumento da turbidez, mas com reduzidos riscos sanitários.

Como em 2013 não foi possível atingir o limite de deteção deste parâmetro em todas as amostras (<10 L.Q. $\mu\text{g/l}$) e, no ERHSA (2001) o alumínio não foi analisado, a sua análise estatística não foi possível. O Decreto-Lei considerado define para o alumínio o VMR de $0,05$ mg/l e o VMA é de $0,2$ mg/l.

5.3. Fácies Hidroquímicas

A circulação da água através das rochas, condicionada principalmente pelo clima, porosidade, grau de fracturação das rochas e topografia, provoca a alteração química dos minerais que as constituem e a consequente dissolução de quantidades variáveis de certos iões (aniões e catiões), que passam a fazer parte da sua composição. Deste modo, a qualidade da água subterrânea resulta da interação água/rocha, podendo apresentar uma certa degradação devido a atividades antropogénicas, como práticas agrícolas inadequadas, atividades industriais que não cumpram requisitos ambientais, o excesso de exploração de água subterrânea, entre outros.

O estudo de análises químicas pode ser simplificado e facilitado através da utilização de diagramas, hidrogramas e mapas hidroquímicos. As representações gráficas servem para destacar

relações entre os iões de uma mesma amostra, entre amostras de diferentes áreas ou amostras de épocas diferentes.

Para descrever os tipos de água num aquífero ou seja, o que difere na sua composição química, é usado o termo “fácies hidroquímica” (Custódio & Llamas, 1983).

As fácies hidroquímicas podem ser classificadas com base nos iões predominantes, por diagramas triangulares, que permitem uma caracterização para a amostragem total. Estes diagramas são ideais para representar três componentes, sendo que cada um dos vértices do triângulo equilátero representa um dos elementos puros, uma vez que, em cada um dos vértices, se representa 100% de cada parâmetro. Assim são construídos os diagramas de Piper. Para complementar, podem executar-se diagramas de Stiff. Estes correspondem a polígonos que representam a relação entre a mineralização total e a distribuição dos principais iões em cada amostra.

Por outro lado, também foi realizado o diagrama de Schoeller para completar a análise das amostras de água, o qual permite analisar num único diagrama uma série de parâmetros hidroquímicos.

5.3.1. Diagrama de Piper

O diagrama de Piper é frequentemente utilizado para a classificação e comparação de diferentes grupos de águas quanto aos iões predominantes resultantes da interação água-rocha. Permite, assim, classificar as águas em cálcicas, sódicas, magnesianas, cloretadas, bicarbonatas ou sulfatadas, e foi proposto por Piper em 1944 (Santos, 2000).

A representação gráfica pode demonstrar possíveis relações entre os iões de uma mesma amostra.

Os diagramas de Piper são executados através da representação das proporções dos catiões principais (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$) e dos aniões principais (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) em dois diagramas triangulares, e, combinando as informações dos dois triângulos, num losango situado entre os mesmos (Lucena *et al.*, 2004). O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango define sua posição e classifica a amostra de acordo com a sua fácies hidroquímica.

Conforme o Projeto ERHSA (2001), o aquífero subjacente é composto essencialmente por águas bicarbonatadas mistas, mas existem, em menor percentagem, algumas águas cloretadas mistas.

As amostras de água recolhidas, sujeitas análise estatística, foram projetadas no diagrama de Piper (Figura 5.46). Segundo a classificação adotada por esse autor, as amostras são classificadas principalmente em águas bicarbonatadas, mas existe uma água bicarbonatada-sulfatada e uma cloretada-bicarbonatada, isto quanto aos aniões. Quanto aos catiões, as amostras são classificadas sobretudo em águas calco-magnesianas ou mistas, mas há uma água magnesianas.

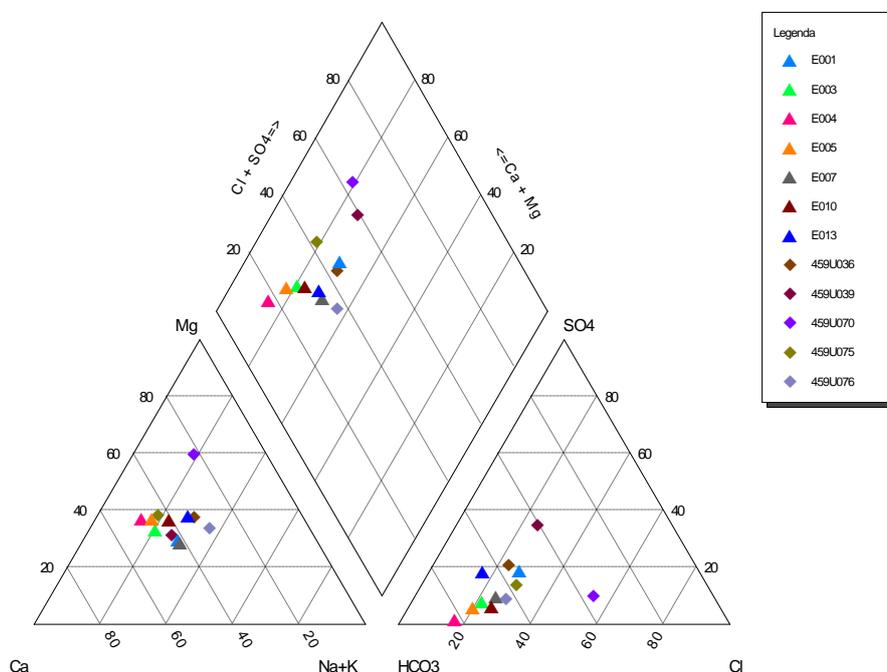


Figura 5.46 – Diagrama de Piper representando as amostras de água recolhidas

5.3.2. Diagrama de Stiff

Os diagramas de Stiff são uma das formas de representação gráfica da composição hidroquímica de uma água subterrânea. Nestes diagramas são projetadas a concentração dos iões sobre linhas paralelas horizontais, sendo que os catiões (sódio+potássio, cálcio e magnésio) ficam do lado esquerdo e os aniões (cloreto, bicarbonato e sulfato) ficam do lado direito, do qual resulta uma figura geométrica característica para cada amostra de água analisada, isto é, “extremos” que apontam os iões presentes em maior quantidade (Invernizzi, 2001).

De acordo com o ERHSA (2001), no aquífero subjacente à área em estudo, apesar de tendências gerais apontarem para a presença de águas bicarbonatadas mistas, observa-se a existência de uma fácies mais magnésiana em muitas amostras. Relativamente aos cátions, observa-se uma oscilação variada quanto ao cátion principal, enquanto nos aniões se nota uma tendência cloretada em algumas amostras.

As amostras de água recolhidas, sujeitas análise estatística, foram projetadas em diagramas de Stiff (Figura 5.47). Nessa figura encontram-se também representadas as amostras do ERHSA (2001). A partir destes diagramas pode classificar-se a fácies hidroquímica de cada amostra (Tabela 5.2):

Tabela 5.2 – Fácies hidroquímicas das amostras de água recolhidas na área de estudo

Águas Amostradas	Fácies Hidroquímicas
E001	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl
E003	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl
E004	Ca-Mg-HCO ₃
E005	Ca-Mg-HCO ₃
E007	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl
E010	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl
E013	Mg-Ca-Na-HCO ₃
459U036	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄
459U039	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl
459U070	Mg-Cl-HCO ₃
459U075	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl
459U076	Na-Mg-Ca-HCO ₃ -Cl

De acordo com a Tabela 5.2, podem sintetizar-se as amostras nas seguintes tipologias de fácies:

- E001, E003, E007, E010 e 459U076 – Águas bicarbonatadas-cloretadas mistas, as quatro primeiras com o cálcio como cátion dominante e a última com o sódio como cátion dominante;

- E004, E005 – Águas bicarbonatadas calco-magnesianas;
- E013 – Água bicarbonatada mista, com o magnésio como catião dominante;
- 459U036 – Água bicarbonatada-cloretada-sulfatada mista, com o magnésio como catião dominante;
- 459U039 – Água bicarbonatada-sulfatada-cloretada mista, com o cálcio como catião dominante;
- 459U070 – Água cloretada-bicarbonatada magnésiana;
- 459U075 – Água bicarbonatada-cloretada calco-magnésiana.

Por outro lado, pela análise dos resultados, pode aferir-se que as águas em E001, 459U039 e 459U070 são muito mineralizadas, enquanto em E013 e 459U076 são águas pouco mineralizadas.

Relativamente aos aniões, as águas são geralmente bicarbonatadas, mas surge uma água bicarbonatada-sulfatada. Quanto aos catiões, o catião dominante é geralmente o cálcio, mas surgem três amostras com o magnésio como dominante e uma com o sódio predominante.

Segundo o ERHSA (2001), verifica-se que as águas mais mineralizadas aparecem a sul de Casas Novas, o que se pode observar pela análise dos resultados, e junto aos Foros do Cortiço.

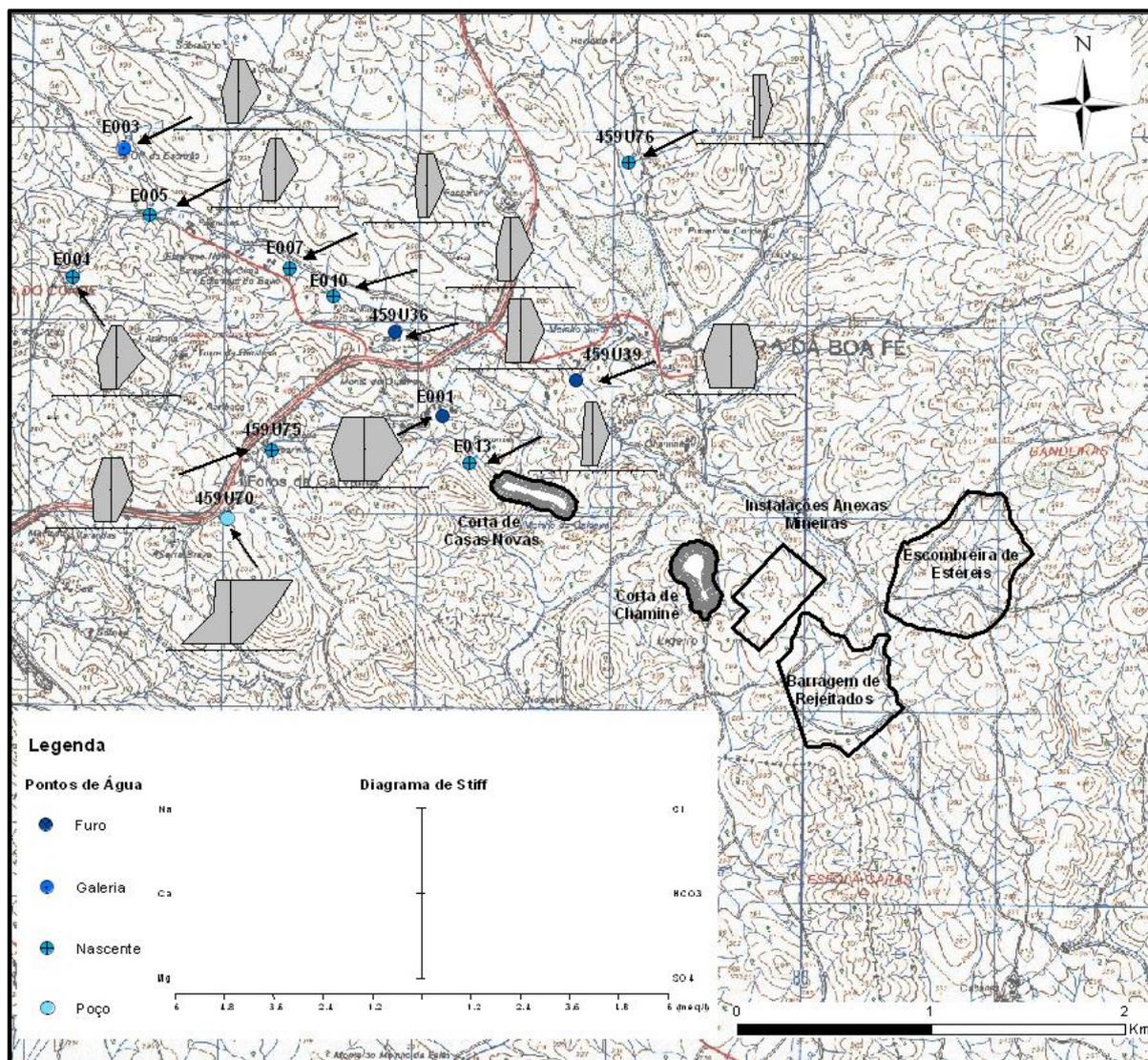


Figura 5.47 – Diagramas de Stiff representando as amostras de água recolhidas e o seu posicionamento no terreno (sobre a carta militar nº 459)

5.3.3. Diagrama de Schoeller

O diagrama de Schoeller utiliza escalas logarítmicas, sendo por isso bastante útil quando se pretende representar no mesmo diagrama água muito diluída e águas bastante concentradas. É um diagrama muito flexível e permite aumentar ou reduzir o número de elementos representados, de acordo com as necessidades e objetivos de interpretação (Bento, 2006).

Os diagramas logarítmicos de Schoeller mostram a nítida diferença de comportamento hidrogeoquímico das amostras analisadas.

No diagrama da Figura 5.48 todos os parâmetros estão em meq/l, com exceção da sílica e do ferro, que se encontram em mg/l. Verifica-se que existe alguma variação nas concentrações das diferentes amostras. As maiores oscilações entre as amostras recolhidas em 2013 e no ERHSA (2001) ocorrem em relação ao potássio (K) e aos nitratos (NO_3). Nas amostras do ERHSA (2001) o potássio possui concentrações mais baixas relativamente a 2013 e os nitratos em 2013 apresentam concentrações mais baixas relativamente às amostras do ERHSA (2001).

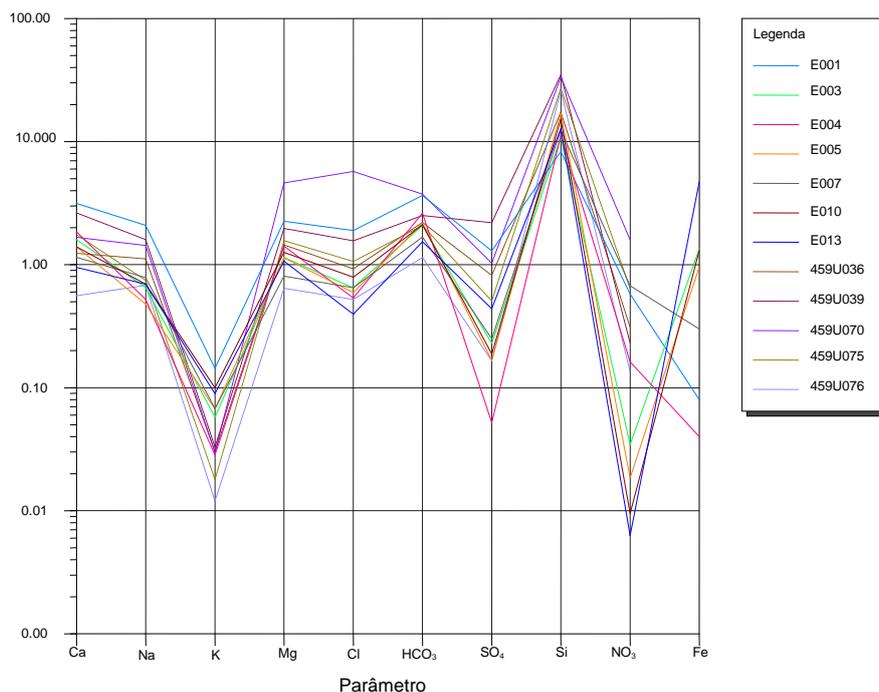


Figura 5.48 – Diagrama de Schoeller representando as amostras de água recolhidas, com os valores de cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), cloretos (Cl), bicarbonatos (HCO_3), sulfatos (SO_4), e nitratos (NO_3), em meq/l, sílica (Si) e Ferro (Fe), em mg/l (espécies não iônicas como a sílica não podem ser expressas em meq/l), das águas subterrâneas da zona em estudo

5.4. Qualidade da água para consumo humano

Em virtude dos resultados obtidos da análise estatística, pode verificar-se que a maioria dos parâmetros possui valores abaixo dos valores máximos recomendados (VMR) estipulados pelo Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, e considerando as alterações inseridas pelo Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto.

Contudo, existem três parâmetros físico-químicos (magnésio, nitratos e ferro) em que foram excedidos os valores máximos admissíveis (VMA) nalguns pontos. No magnésio uma das amostras do ERHSA (2001) (459U070 – poço) ultrapassa o VMA definido em 50 mg/l. No caso

dos nitratos, obtiveram-se as amostras E007 – nascente de 2013 e 459U070 – poço do ERHSA (2001) com valores superiores ao VMA (50 mg/l).

O ferro foi o parâmetro físico-químico em que se obtiveram mais amostras com valores superiores ao VMA (0,2 mg/l), com uma percentagem de 71%, o que demonstra ser uma água com elevadas concentrações de ferro, tendo em consideração o consumo humano.

Segundo o Plano da ARH Alentejo (2011), a bacia de drenagem da ribeira de São Brissos apresenta um estado de qualidade da água bom ou superior (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

No EIA – Vol. III – Anexos (2012) utilizaram-se os dados relativos à qualidade das águas subterrâneas para o período de 2000 a 2010 obtidos pelo programa de monitorização de vigilância realizada pela CCDR-Alentejo e posteriormente sintetizados e disponibilizados pelo INAG, na ótica da verificação da qualidade das águas subterrâneas para a produção de água para consumo humano, bem como na informação constante do PGBH da Região Hidrográfica do Sado e Mira (ARH Alentejo, 2011).

A classificação destas águas foi realizada com base no Anexo I “qualidade da água para a produção de água para consumo humano” do D.L. 236/98, de 1 de Agosto, que, de acordo com os VMR e VMA para os diferentes parâmetros, estabelece três classes de qualidade da água, A1, A2 e A3, no qual a A1 corresponde aos valores mais restritos, isto é, a classe de água de melhor qualidade. Na Tabela 5.3 apresentam-se os resultados obtidos (EIA – Vol. III – Anexos, 2012):

Tabela 5.3 – Classificação das águas subterrâneas. Fonte: INAG (2012)

Estação de Monitorização	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
448/20	A2	A2	A2	A2	A3	A1	A1	A2	A2	A3	A3
448/56	A2	A2	A2	A2	A1	A1	A1	A2	A1	-	-
459/8	A3										
459/51	A1	A3	A2	A1	A1	A1	A2	A1	A1	A3	A3
470/62	A1	A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
458/47	A3	A3	A3	A1	A3	A1	A2	A3	A3	A3	A3
458/78	A3	A2	A3	A2	A2	A1	A2	A3	A2	A3	-

De acordo com os resultados obtidos, considera-se que, com algumas exceções, a água subterrânea da região não possui a qualidade exigida para consumo humano, não se notando uma melhoria nos últimos anos, com os anos 2009 e 2010 a possuírem o pior desempenho da qualidade (A3) devido aos parâmetros fluoretos, nitratos, saturação de oxigénio dissolvido e manganês (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Na generalidade das estações de monitorização analisadas, os principais parâmetros responsáveis pela classificação das águas subterrâneas em A2 e A3 foram os coliformes totais e fecais, estreptococos fecais, ferro, pH, fosfatos, nitratos e fluoretos, ou seja, parâmetros que não foram analisados no atual estudo.

A estação de monitorização 459/51 localiza-se na proximidade da ribeira de São Brissos, a montante da área do projeto, e a classificação das suas águas variou entre A1 e A3, incidindo sobretudo em A1. Os parâmetros que originaram as classificações A2 e A3 foram, além dos já descritos, o manganês, o azoto amoniacal e a saturação de oxigénio dissolvido (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Segundo o disposto no n.º 2, do art.º 14.º, do D. L. 236/98, de 1 de Agosto, as águas classificadas com A2 e A3 não podem ser usadas para produzir água para consumo humano (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

De acordo com o Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Sado e Mira (ARH Alentejo, 2011) a qualidade da água subterrânea na região hidrográfica é afetada pela poluição industrial, sobretudo em Sines, não sendo conhecidos outros problemas importantes atribuíveis a metais, compostos orgânicos e microrganismos. Assim, a principal fonte de poluição será resultante da atividade agrícola, mas que não constitui um problema grave para a globalidade das massas de água subterrânea (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

O PBHS (2001) estudou a vulnerabilidade das águas subterrâneas relativamente à poluição. A área de interesse foi inserida na classe V6 – Aquíferos em rochas fissuradas, da classificação EPPNA, com uma vulnerabilidade à poluição “Baixa e Variável”, mantendo-se a mesma classificação no PBHS (2011). Aplicado o método DRASTIC, com índices compreendidos entre 77 e 137, com um valor médio de 112, determinou-se que a vulnerabilidade é “Baixa” (PBHS, 2001).

Segundo o EIA – Vol. III – Anexos (2012) “No âmbito do D. L. 235/97, de 3 de Setembro (alterado pelo D L. 68/99, de 11 de Março), que estabelece o regime legal destinado a proteger as águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola, verificou-se que a área em estudo não se insere em nenhuma das “zonas vulneráveis” listadas na Portaria 164/2010, de 16 de Março, prevista no n.º 1 do artigo 4.º daquele diploma, estando estas zonas, em geral, localizadas em áreas onde é praticada uma agricultura intensiva”.

De forma a caracterizar-se a qualidade da água superficial e subterrânea na área escolhida para implantação do projeto mineiro, realizaram-se, no EIA de 2012, análises de água em laboratório de amostras recolhidas de alguns pontos de água, de acordo com a localização das cortas, lavaria, escombeira e barragem de rejeitados em relação à rede de drenagem superficial e à localização dos pontos de água subterrâneos existentes (Figura 5.49). Os resultados obtidos foram analisados aplicando o D. L. 306/2007, de 27 de Agosto (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

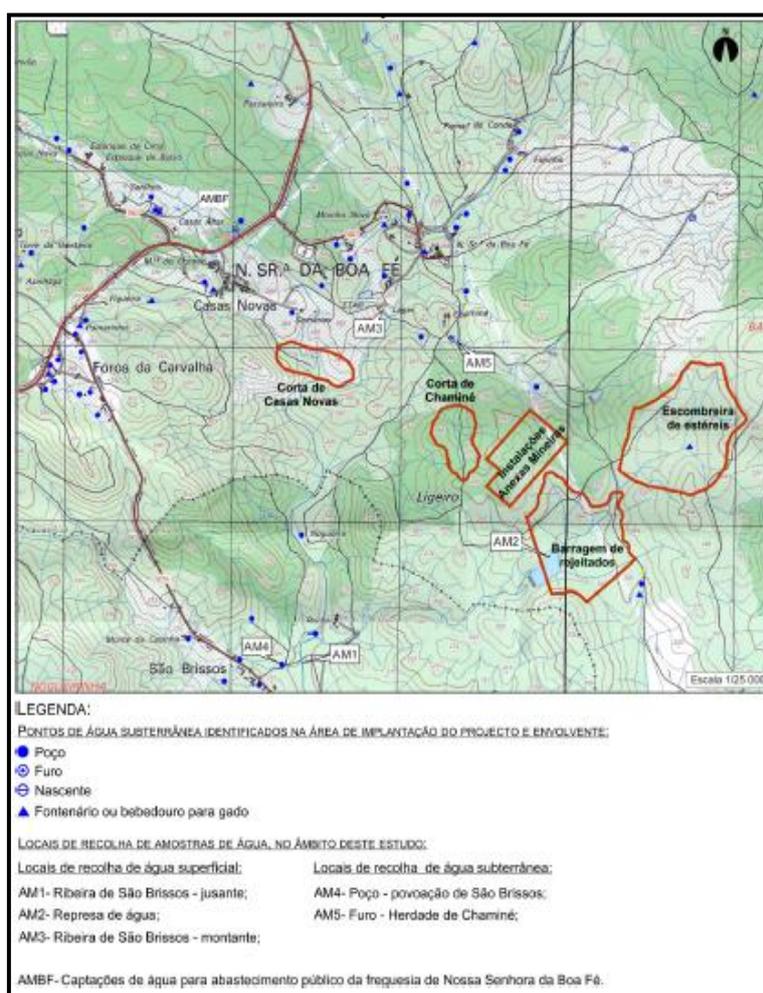


Figura 5.49 – Localização, no EIA realizado em 2012, dos locais de recolha das amostras de água e dos pontos de captação de água subterrânea existentes na área de implantação do projeto. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)

Assim, para as águas superficiais, em todas as amostras (Am1, Am2 e Am3) se constatou um incumprimento dos valores paramétricos definidos no D. L. acima referenciado para os parâmetros microbiológicos analisados (microrganismos viáveis a 37°C, microrganismos viáveis a 22°C, bactérias coliformes, *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens*). Estes resultados estão relacionados com fontes de contaminação domésticas e /ou atividades agropecuárias. Numa das amostras (Am2) verificou-se ainda o incumprimento de valores paramétricos relativamente à cor, oxidabilidade, turvação, alumínio, ferro e magnésio, o que poderá estar explicado pelo fato desta água estar estagnada, turva e com muita presença de flora aquática. Em duas amostras (Am1 e Am3) recolhidas ao longo dos troços montante e jusante da ribeira de São Brissos, o valor parâmetro do ferro foi também ultrapassado (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Relativamente às águas subterrâneas, as amostras recolhidas no poço próximo da povoação de São Brissos (Am4) e no furo da herdade de Chaminé (Am5) também registaram, tal como as águas superficiais, incumprimento nos parâmetros microbiológicos, apesar de ter sido mais acentuada na amostra Am4 do que na amostra Am5. Contudo, nestas duas amostras não houve incumprimento relativamente à concentração de metais e metalóides (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Deste modo, perante os resultados obtidos através das amostras de água recolhidas na área do projeto, concluiu-se que tanto as águas superficiais como as subterrâneas não apresentam aptidão para consumo humano, revelando problemas principalmente ao nível dos parâmetros microbiológicos e de alguns metais e metalóides, cujas principais fontes de contaminação poderão ser de origem doméstica e exploração pecuária e também da própria composição mineralógica dos solos e das formações geológicas existentes (EIA – Vol. III – Anexos, 2012). Observe-se que os parâmetros microbiológicos não foram analisados no presente estudo, uma vez que se pretendia apenas fazer uma caracterização hidroquímica, pelo que os resultados considerando apenas as análises feitas para este estudo não mostravam tantas incompatibilidades com o consumo humano como quando se apresenta uma visão mais completa da hidroquímica e hidrobiologia das águas. O facto de se ter optado apenas pela análise hidroquímica teve a ver com a finalidade do estudo, que era analisar a possível interferência de uma eventual futura estrutura de exploração mineira na qualidade da água subterrânea. Nesta análise, a questão da contaminação microbiológica é secundária.

6. ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA POTENCIAL DA EXPLORAÇÃO DAS MINAS NOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

A atividade extrativa a céu-aberto provoca impactos sobre os recursos hídricos, ocasionando interferências na rede de drenagem superficial e na rede de fluxos hidráulicos subterrâneos, assim como na qualidade da água superficial e/ou subterrânea, sendo também de importância as disponibilidades da água sempre que um projeto necessite deste recurso para o seu processo industrial (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

As interferências ao nível da rede de drenagem natural podem ser originadas pela exploração e implantação de anexos mineiros, isto quando ocorrer a interseção de linhas de água ou condicionarem o escoamento superficial das águas pluviais. Por outro lado, os fluxos hídricos subterrâneos podem ser afetados aquando da exploração em profundidade (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Segundo o EIA – Aditamento – Anexos (2013) a análise da interferência do projeto mineiro nos sistemas de águas subterrâneas existentes na área em estudo apenas pode ser esboçada, uma vez que o conhecimento hidrogeológico do maciço é incipiente, sendo necessária a realização de mais trabalhos de prospeção e interpretação adicionais. Realça-se sobretudo o desconhecimento da condutividade hidráulica, pois é um parâmetro muito influente em todos os cálculos relacionados com o fluxo e transporte de massa. Por exemplo, se ocorrer uma variação de uma ordem de magnitude neste parâmetro, induzirá imediatamente uma variação da mesma ordem de grandeza na avaliação dos caudais que afluem às cortas.

A qualidade da água superficial e subterrânea poderá ser afetada se ocorrer descarga para o meio de efluentes líquidos industriais e/ou domésticos ou outro tipo de contaminações das águas pluviais de escorrência, como lixiviados, poeiras, entre outros, sem um prévio e adequado tratamento. Deverá ainda ocorrer uma gestão adequada dos resíduos industriais, que poderão afetar também a qualidade dos recursos hídricos (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Portanto, importa referenciar os impactes que poderão ser provocados por esta atividade mineira sobre a rede de fluxos hídricos subterrâneos em três fases distintas:

- Instalação;
- Exploração;
- Desativação.

A Tabela 6.1 mostra uma síntese dos impactes que poderão ser provocados pelo projeto de exploração mineira sobre os recursos hídricos da região em estudo (EIA – Vol. III – Anexos, 2012), considerando-os negativos mas pouco significativos.

Tabela 6.1 – Síntese dos impactes nos recursos hídricos. Fonte: EIA – Vol. III – Anexos (2012)

Impactes ou Indicadores de Impactes	Classificação dos Impactes
Rede de Drenagem Superficial	Negativo, direto, permanente. Baixa magnitude. Pouco cumulativo. Pouco significativo.
Rede de Fluxos Hídricos Subterrâneos	Negativo, direto, temporário. Moderada magnitude. Pouco cumulativo. Pouco significativo.
Qualidade da Água Superficial e Subterrânea	Negativo, direto e indireto, temporário. Baixa magnitude. Pouco cumulativo. Pouco significativo.
Disponibilidades de Água	Negativo, direto, temporário. Baixa Magnitude. Pouco cumulativo. Pouco significativo.

6.1. Fase de instalação

De acordo com o EIA – Vol. III – Anexos (2012), para a fase de instalação não se preveem implicações significativas sobre as águas subterrâneas ao nível de rebaixamento do nível freático, disponibilidades hídricas subterrâneas e qualidade da água subterrânea.

6.1.1. Rebaixamento do nível freático e disponibilidades hídricas subterrâneas

Nesta fase poderá ser efetuado um furo de captação de água subterrânea para utilização nas obras de construção, para testes a realizar ao processamento mineral da lavaria e para a rega por aspersão desses locais, de forma a diminuir o empoeiramento. Contudo, os impactes

desenvolvidos por esta utilização deverão ocorrer sobretudo na fase seguinte, a exploração. Logo, não envolverá quantitativos que façam prever impactos significativos, estimando que o consumo nesta fase será de 20 m³/dia, correspondendo a um consumo de cerca de 3500 m³ durante os 14 meses de duração desta fase (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

6.1.2. Qualidade da água subterrânea

Relativamente à qualidade da água subterrânea, esta pode ser afetada através da utilização de equipamentos com deficientes condições de operacionalidade, que poderão provocar derrames de óleos e combustíveis para o solo, e, em geral, devido a uma incorreta gestão dos resíduos industriais produzidos nos trabalhos (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

6.2. Fase de exploração

Na fase de exploração poderá surgir uma diminuição da produtividade ou mesmo a seca de furos e poços de captação da água subterrânea localizados na envolvente da área mineira, ocasionada pelo rebaixamento do nível freático do aquífero devido à prevista captação de água subterrânea para utilizar na lavaria e pela exploração das cortas mineiras. Por outro lado, também poderão surgir subsidências de terrenos causados pelas variações da capacidade portante dos solos (EIA – Vol. III – Anexos, 2012), caso muito pouco provável pela composição litológica das rochas envolvidas, e poderá ser afetada a qualidade da água da água subterrânea.

6.2.1. Rebaixamento do nível freático

Ao admitir-se que o meio é homogêneo, parcialmente condicionado por anisotropias NE-SW a E-W introduzidas por falhas WNW-ESE a NW-SE dependentes da estrutura interna dos complexo metamórficos, ou seja, contatos geológicos, zonas de cisalhamento, foliação, será de considerar que ocorra um rebaixamento em forma de cone irregular definido pelo perímetro da corta e a partir da sua base, em que a superfície piezométrica adquira uma inclinação marcadamente assintótica, desenvolvendo-se para um sistema em equilíbrio dinâmico (EIA – Aditamento, 2013).

Segundo o EIA – Vol. III – Anexos (2012), através das características conhecidas sobre o comportamento hidráulico do sistema aquífero e estimando que, dos furos a realizar para a captação de água subterrânea, cada um possa debitar um caudal constante de exploração de 1,3 l/s, preveem-se rebaixamentos na ordem dos 5,5 m, num raio de 50 m ao furo, com uma diminuição gradual com o aumento da distância, sendo de 3,8 m, de 2,7 m, de 2,0 m e de 1,0 m, respetivamente, a 100 m, a 150 m, a 200m e a 300 m, anulando-se aos 450 m. Sendo este o raio de influência total, consideram-se estes rebaixamentos de reduzida amplitude.

Contudo, as cortas intersectarão o nível freático e estima-se que o rebaixamento provocado pelas mesmas deverá absorver o rebaixamento provocado pelos furos de captação.

Portanto, durante a exploração das cortas, assim que estas se desenvolverem abaixo do nível freático, ocorrerá um rebaixamento do mesmo que afetará a zona envolvente. Estima-se que, perante as profundidades dos níveis freáticos já mencionadas no capítulo 5, grande parte da exploração das cortas será abaixo do nível freático, criando espaços vazios em cada uma das cortas, no qual se espera uma afluência de água do aquífero, com conseqüente rebaixamento do nível freático na área envolvente. Esta água terá de ser bombeada para o exterior e poderá ser aproveitada na atividade mineira, reduzindo os caudais a explorar nos furos de captação (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

De acordo com o EIA – Aditamento – Anexos (2013), relativamente à distância potencial afetada, definida a partir do limite da corta, esta deverá ser variável, dependendo de determinados fatores como: condutividade hidráulica, morfologia do terreno, nível piezométrico do local, entre outros. Todavia, considera-se que a área mais afetada será na envolvente da corta, onde o rebaixamento da superfície piezométrica se irá sentir de maneira cada vez mais alargada, conforme avance a exploração nas mesmas. A área menos afetada estender-se-á pela envolvente mais alargada, podendo alcançar um raio de influência, apesar da suposta baixa condutividade hidráulica ocorrente, da ordem dos 800 m ou até 2000 m, de acordo com as direções da estrutura hidráulicamente mais condutora, se se considerar o efeito tempo e a recarga diminuta. Segundo o EIA – Aditamento – Anexos (2013) “*As direções de maior alcance do raio de influência na afetação dos recursos hídricos, até 2000 m, estão controladas estruturalmente e tanto podem ter um desenvolvimento meramente vertical, como horizontal, funcionando como camadas de drenagem da periferia*”. De acordo com o mesmo estudo, será significativa a alteração do regime

das águas subterrâneas na zona envolvente às cortas, podendo alterar os caudais disponíveis ou a composição química das águas de algumas captações.

Segundo o EIA – Vol. III – Anexos (2012), os maiores rebaixamentos surgirão nas proximidades da corta em exploração, estimando que deixem de ter efeito a partir de 500 m de distância dessa corta.

O impacto provocado pela exploração das cortas será menos acentuado entre os 800-2000 m da distância das cortas, enquanto a grande afetação se verificará no limite dos 500 m. Na Figura 6.1 podem observar-se os limites calculados de afetação das captações em redor das duas possíveis futuras cortas mineiras, para distâncias de 500 m, 800 m e 2000 m (respetivamente afetação mais acentuada, intermédia e menos gravosa).

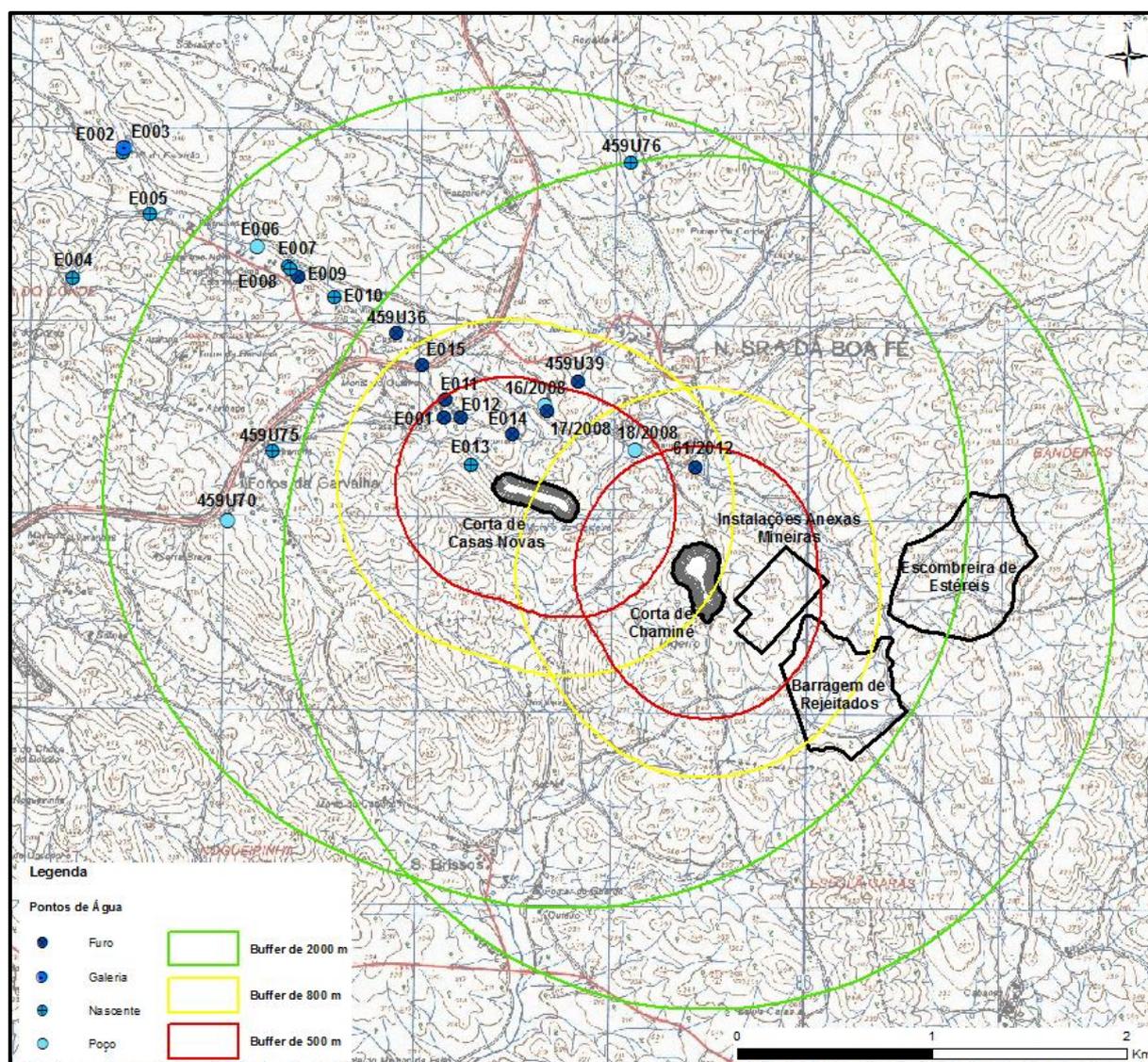


Figura 6.1 – Buffers da distância às cortas de Casas Novas e Chaminé (sobre a carta militar nº 459)

Na Figura 6.1 podem observar-se pontos de água inventariados neste estudo que correrão o risco de virem a ser afetados pela exploração mineira. Dentro do limite dos 500 m de distância da corta de Casas Novas encontram-se os pontos de água E001, E011, E012, E013, E014, 16/2008, 17/2008 e 18/2008, os que poderão ser mais afetados pela exploração. O ponto E013 corresponde a uma nascente e será o mais sensível a esta alteração dos níveis. Os restantes são furos de captação e dois poços (16/2008 e 18/2008), que poderão vir a sofrer rebaixamentos que possam impedir a sua utilização futura. O ponto 18/2008 também se encontra dentro dos limites dos 500 e dos 800 m da corta de Chaminé. Os pontos E015, 459U39 e 61/2012 situam-se entre os limites dos 500 e dos 800 m da corta de Casas Novas e poderão vir também a serem afetados numa fase um pouco mais tardia da exploração. Contudo, o ponto 61/2012 também está dentro do limite dos 500 m de distância da corta da Chaminé, sofrendo possivelmente mais cedo alterações e maior afetação que os restantes pontos localizados entre os limites dos 500 e 800 m da Corta de Casas Novas. Os pontos E006, E007, E008, E009, E010, 459U36, 459U70, 459U75 e 459U76 situam-se entre os limites dos 800 m e dos 2000 m e poderão vir a ser afetados numa fase mais avançada da exploração, embora se admita que possam não chegar a ser afetados. Trata-se de 2 poços, 2 furos e 5 nascentes. Destes, as nascentes são as mais suscetíveis a quaisquer alterações dos níveis freáticos, seguindo-se o poço. A captação por furo, mesmo que haja um pequeno rebaixamento dos níveis, não será muito afetada na sua exploração. Os pontos de água E002, E003, E004 e E005 encontram-se a mais de 2000 m de distância relativamente às cortas, encontrando-se portanto, em princípio, fora de risco de afetação.

As nascentes poderão sofrer maior interferência mesmo encontrando-se a uma distância superior a 500 m da corta, pois não são mais que interceções do nível freático pela superfície topográfica, pelo que qualquer pequena variação do nível freático afetará a sua produtividade.

Por outro lado, a grande heterogeneidade presente nos meios também influenciará o impacte provocado pela exploração das cortas. Por exemplo, no caso de existir uma fratura na direção de um furo, este poderá ser afetado mesmo encontrando-se muito afastado do local da exploração, não se podendo esta situação prever neste tipo de estudos, a não ser que se pudessem ter observado fraturas direcionadas ao posicionamento das captações, o que não foi possível aqui, embora se reconheçam estruturas fraturadas na direção NW-SE, o mesmo alinhamento da ribeira onde se situam a maioria das captações. Portanto, qualquer zona poderá sofrer afetação se

existir um meio de ligação favorável à circulação subterrânea da água (como uma fratura ou uma rede de fraturas), o qual não seria impossível nesta zona.

Após a cessação da exploração, haverá uma tendência para que o atual equilíbrio hidrodinâmico se possa restabelecer, ou seja, uma tendência para a recuperação da situação atual em termos de disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos (EIA – Aditamento, 2013).

O rebaixamento não será significativo enquanto a exploração de cada uma das cortas se mantiver ao nível do aquífero superficial. Porém, à medida que se processe o avanço da exploração para maiores profundidades, ocorrerá um rebaixamento maior e, conseqüentemente, com uma área de influência cada vez mais alargada. Na proximidade da corta o rebaixamento será muito significativo, atingindo a base da corta, isto é, ocorrerá na ordem das dezenas de metros, enquanto que, em zonas mais afastadas da corta, o rebaixamento será não significativo, com uma variação relativa à superfície piezométrica atual desprezável, isto é, da ordem dos centímetros (EIA – Aditamento, 2013).

Por outro lado, haverá uma interferência entre os cones de rebaixamento provocados por cada uma das duas cortas quando estas estiverem a funcionar em simultâneo, pelo que a extensão acumulada dos dois cones poderá ser ligeiramente mais gravosa, mas como a exploração não avança em ambas as cortas exatamente ao mesmo tempo, são situações difíceis de prever. De acordo com o EIA – Vol. III – Anexos (2012), pelo facto das cortas terem um pequeno período de exploração em simultâneo, com o rebaixamento provocado primeiramente pela corta da Chaminé, não se preveem efeitos cumulativos importantes quando se iniciar a exploração da corta de Casas Novas, pois na primeira corta o equilíbrio hidráulico tenderá a repor-se e na segunda corta estará a decorrer a exploração ainda numa fase superficial.

Em relação ao sentido de escoamento, este será influenciado pela presença das cortas mineiras de forma pouco significativa, sendo que poderão ocorrer, a nível local, pequenas reorientações do fluxo, em que o sentido será convergente para as cortas (EIA – Aditamento, 2013).

Em consequência do rebaixamento do nível freático, para além de poder surgir uma diminuição da produtividade ou até a seca de captações de água subterrânea, também poderá afetar a flora presente na zona envolvente à exploração mineira.

De acordo com Santos (2013), a área aproximada de 12,5 km de drenagem da corta da Chaminé atinge em cerca de metade da sua superfície a Zona de Proteção Especial de Monfurado (ZPE), classificada na Rede Natura 2000 (cujo limite se encontra a 200 m a NW da corta). Nela se situam zonas habitadas, hortas, jardins, poços e origens de água essenciais para os habitantes. Por outro lado, existe uma flora arbórea que é constituída por um grande número de espécies, como sobreiros, azinheiras, árvores diversas das galerias ripícolas.

Segundo o EIA – Vol. III – Anexos (2012) verifica-se que os abaixamentos cíclicos naturais são pouco acentuados em Casa Novas (cerca de 2 m), mesmo em períodos de seca, encontrando-se o nível freático próximo da superfície. Tal fato poderá estar na origem da presença e da conservação dum grande número de espécies dependentes da disponibilidade de águas pouco profundas (Santos, 2013).

Os rebaixamentos dos níveis freáticos em consequência da exploração mineira na Boa Fé e a afetação das disponibilidades hídricas subterrâneas poderá afetar o coberto vegetal arbóreo presente na zona envolvente à exploração mineira.

6.2.2. Disponibilidades hídricas subterrâneas

Os impactes sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas serão consequência do rebaixamento induzido pelo desmonte nas cortas mineiras e extrações de água subterrânea necessárias aos trabalhos EIA – Aditamento (2013).

Em termos industriais, a água subterrânea será utilizada no processamento mineral, na lavaria, a qual será obtida em furos de captação que deverão fornecer um caudal de 106434 m³/ano (0,1 hm³/ano), o que abrange cerca de 1,3% das disponibilidades hídricas subterrâneas do sistema aquífero subjacente, cujo volume de água potencialmente explorável se estima ser de 8 hm³/ano (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Nos consumos de operações auxiliares, como na aspersão para reduzir empoeiramento, entre outros, estima-se que o caudal a utilizar não seja superior a 15000 m³/ano, podendo ainda ser utilizada água recirculada. Nas atividades de recuperação paisagística estimam-se ser utilizados caudais pouco significativos, e nas instalações sociais e administrativas prevê-se um

consumo não superior a 5500 m³/ano, podendo ser utilizada também a água da rede de abastecimento público (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Deste modo, o principal impacto sobre as disponibilidades de água subterrânea na área em estudo será ocasionado pela captação de água para utilizar na lavaria (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Perante o PBHS (2001), do volume potencialmente explorável, estima-se que está a ser extraído cerca de 0,08 hm³/ano, mas ressalva-se que este valor possa estar aquém da realidade, tendo ainda capacidade suficiente para fornecer os caudais necessários às atividades mineiras.

Logo, espera-se que, apesar da falta de informação mais objetiva relacionada com as disponibilidades da água subterrânea, haverá uma folga suficiente para satisfazer os caudais necessários ao projeto. Preveem-se impactes negativos, de reduzida amplitude, pouco cumulativos e pouco significativos, mas, de qualquer modo, deverão ser adotadas medidas para uma eficiente utilização da água (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

6.2.3. Subsidiências do terreno

Em relação ao risco de subsidência do terreno provocado pelo rebaixamento do nível freático, a probabilidade de ocorrência é muito reduzida, tendo em consideração as características das formações geológicas existentes (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Assim, esperam-se impactes negativos, diretos e com magnitude moderada, pois embora de pouca intensidade, vão sentir-se na envolvente da área do projeto mineiro, contudo com repercussões pouco cumulativas e pouco significativas (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

6.2.4. Qualidade da água subterrânea

Relativamente à qualidade da água subterrânea, a descarga para o exterior da mina de efluentes industriais nesta fase seria um dos principais impactes na qualidade deste recurso, sabendo-se que o único efluente industrial que se encontra associado a esta atividade mineira resulta do processamento mineral na lavaria (EIA – Vol. III – Anexos, 2012). Por outro lado, a degradação da qualidade da água poderá também ser afetada pela:

- rejeição de efluentes domésticos resultantes das instalações sociais e administrativas;
- rejeição de águas residuais oleosas resultantes de lavagens de equipamentos na oficina de manutenção e de lavagens/limpezas noutras instalações da mina, como no edifício da lavaria;
- utilização da água para contenção de poeiras e rega de áreas em recuperação paisagística.

As águas residuais que resultarão das instalações sociais serão enviadas para a(s) fossa(s) séptica(s), sem entrar em contato com o meio hídrico e os equipamentos de extração deverão sofrer manutenção de forma a não ocorrerem derrames acidentais de óleos ou de combustíveis (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Em virtude do exposto, consideram-se que os impactos negativos sobre a qualidade da água subterrânea serão pouco significativos e pouco cumulativos (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Contudo, de acordo com o EIA – Vol. III – Anexos (2012), o projeto possui as condições necessárias para que o efluente industrial, resultante do processamento mineral realizado na lavaria, seja devidamente gerido num circuito fechado, prevenindo os impactos sobre o meio hídrico.

A qualidade da água também poderia ser afetada com o aumento da concentração de metais e metalóides, com conseqüente acidificação por dissolução desses elementos, isto nas zonas de desmonte do interior das cortas. Mas, durante a exploração, a água que surgir dentro das cortas será bombeada para a barragem de rejeitados e o tempo de contato entre a rocha fragmentada e a água será bastante reduzido. Não se prevê que seja emanado qualquer tipo de efluente para o meio hídrico exterior, salvo em alguns casos pontuais devidamente autorizados (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Em relação à área de implantação da escombreira de estéreis e barragem de rejeitados considera-se a possibilidade de afetação da qualidade da água subterrânea (EIA – Aditamento, 2013).

A maior ou menor intensidade de fenômenos de dissolução e mobilização de metais pesados e potenciais lixiviados ácidos, a partir dos depósitos de estéreis mineiros, depende da quantidade de sulfuretos e a forma como são depositados. Logo, relativamente a este projeto

mineiro, prevê-se que a quantidade de sulfuretos levados para a escombreira seja relativamente diminuta, pois a maioria dos sulfuretos ocorrentes nas áreas a explorar encontram-se associados às mineralizações de ouro a processar na lavaria (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

De salientar que a contaminação da água resultante da oxidação dos sulfuretos sujeitos à meteorização tem maiores consequências em escombreiras abandonadas (Valente, 2004).

De acordo com o EIA – Aditamento (2013), a velocidade estimada de avanço da contaminação será da ordem de 1 a 18 m/ano, sendo a direção controlada pelo fluxo subterrâneo. No mesmo estudo salienta-se que se deve ter em consideração que a eventual carga poluente tenderá a diminuir com o avanço da frente, com a recarga do sistema e com a capacidade depuradora do meio físico e bioquímico envolvente. Com base no valor de velocidade de avanço da contaminação estimada, considera-se que permite que o problema do transporte de contaminantes possa ser encarado com alguma tranquilidade, salvo se forem encontradas em futuras campanhas de reconhecimento hidrogeológico estruturas hidráulicamente condutoras que façam variar significativamente a condutividade hidráulica estimada.

No caso de ocorrer uma rotura na barragem de rejeitados, na Figura 6.2 encontra-se representado um mapa de risco de contaminação, evidenciando um possível fluxo da contaminação ao longo da linha de água superficial que passa junto da barragem de rejeitados.

Importa mencionar que, a escombreira de estéreis e a barragem de rejeitados têm de ser devidamente construídas, de forma a ser realizada a adequada gestão dos resíduos das explorações dos depósitos minerais para salvaguardar as águas subterrâneas (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Contudo, segundo o mesmo EIA – Vol. III – Anexos (2012), os rejeitados e os estéreis resultantes da exploração das cortas serão devidamente geridos, sem que seja previsível libertação de substâncias nocivas para o meio hídrico.

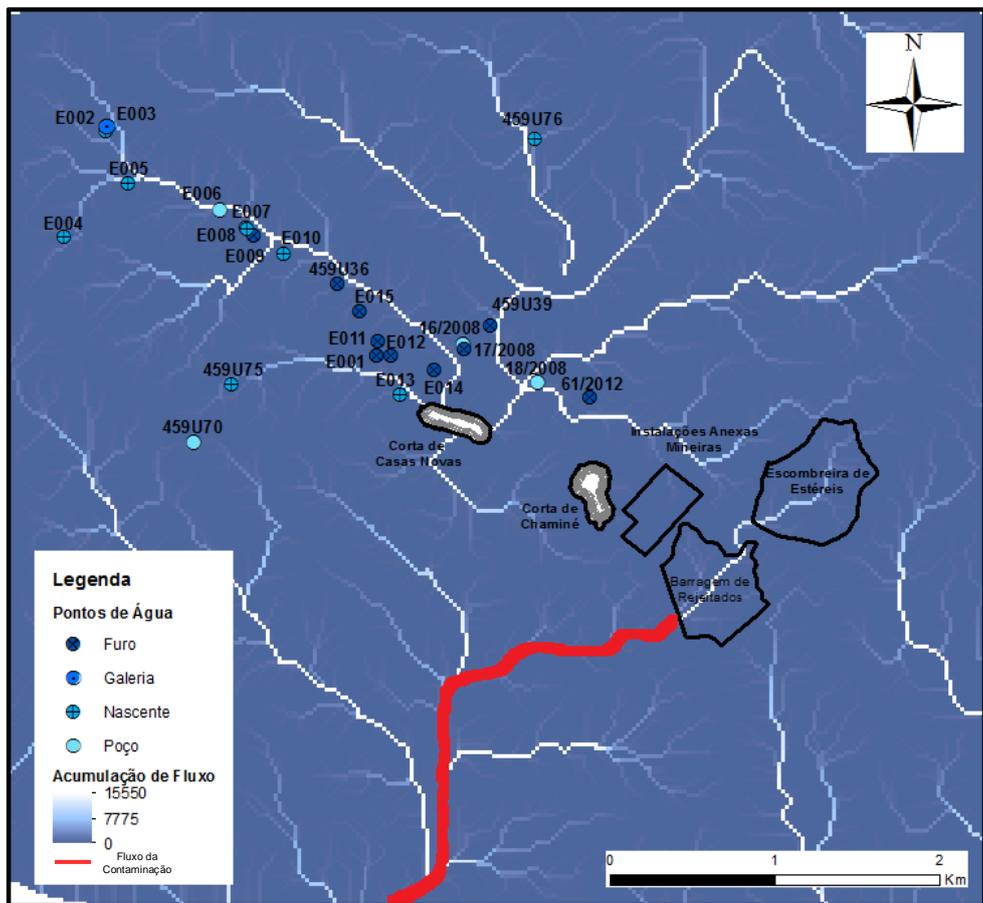


Figura 6.2 – Mapa de risco da contaminação provocada pela rotura da barragem de rejeitados

6.3. Fase de desativação

Na fase de desativação importa referenciar os efeitos sobre o rebaixamento do nível freático do aquífero, as disponibilidades hídricas subterrâneas e a qualidade da água subterrânea com a cessação de exploração mineira.

6.3.1. Rebaixamento do nível freático

Segundo o EIA – Vol. III – Anexos (2012), no final da fase de exploração prevê-se que se retomem as condições hidrogeológicas, ou seja, que seja restabelecido o equilíbrio hidráulico com a reposição do nível freático às cotas primordiais ou próximo destas, isto, de um modo geral, quer através da manutenção da água no interior da escavação, quer no seu enchimento com outros materiais. Para tal, ocorrerá o encerramento dos furos de captação de água para a lavaria e surgirão lagoas nas cortas, em equilíbrio hidráulico com o sistema aquífero. Esta água poderá ser

utilizada, posteriormente, para a rega dos elementos em recuperação paisagística ou para combate a incêndios, não estimando impactes nesse domínio. Assim, considera-se que, na fase de desativação, serão abolidos os impactes negativos que surgiram na fase de exploração.

6.3.2. Disponibilidades hídricas subterrâneas

Do ponto de vista de disponibilidades hídricas subterrâneas, nesta fase termina a utilização de água, excetuando-se a sua utilização para rega durante o tempo seco, para implementar as medidas de recuperação paisagística, prevendo-se que sejam utilizados cerca de 1500 m³/ano, constituindo caudais inferiores à fase de exploração e que poderão ser oriundos, na totalidade, das lagoas das cortas. Considera-se que serão abolidos os impactes que surgiram na fase de exploração nas disponibilidades destas águas (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Assim, é necessária a existência de critérios de uma gestão integrada, na medida em que se alcancem os objetivos de preservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis (PGRH, 2012).

6.3.3. Qualidade da água subterrânea

Relativamente à qualidade da água subterrânea, na fase de desativação, perduram as questões relacionadas com a escombreira de estéreis e a barragem de rejeitados, pois vão manter-se na área mineira (EIA – Vol. III – Anexos, 2012). Para as indústrias extrativas, o PBHS (2001) considera as minas abandonadas como fonte de poluição difusa, no que se refere às escorrências de escombreiras.

Contudo, espera-se que os impactes pouco significativos da fase de exploração venham a diminuir progressivamente de intensidade ao longo do tempo, em consequência da natural estabilização geoquímica dos estéreis e rejeitados depositados, pressupondo o devido encerramento da escombreira e da barragem e a sua contínua manutenção e monitorização (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

A escombreira de estéreis deverá ser revestida com solos e, em seguida, ser reposto um coberto vegetal, com reduzida disponibilidade de oxigénio no seu interior, mantendo-se o

sistema de drenagem com encaminhamento das águas para dentro da barragem de rejeitados (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Na barragem de rejeitados (albufeira) prevê-se que a polpa de sólidos resultante da decantação do efluente da lavaria esteja totalmente submersa, reduzindo a disponibilidade de oxigénio, o que evitaria a oxidação dos sulfuretos e conseqüente formação de águas ácidas (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Nas cortas estima-se que afluente água de escoamento superficial e subterrâneo, e que serão ainda recetoras de água da chuva, o que originará uma constante renovação da água, havendo a possibilidade de drenagem para as linhas de água da envolvente e, nas épocas de elevada precipitação, poderá o nível de água exceder as cotas de rebordo das cortas. Contudo, deverá ocorrer a reposição do equilíbrio hidrogeológico a curto prazo entre as lagoas das cortas e o meio hídrico (EIA – Vol. III – Anexos, 2012). No interior das cortas, uma vez que finalizada a exploração, estas deverão ficar praticamente submersas, não se prevendo a ocorrência de oxidação, o que levaria à formação de águas ácidas e à dissolução de metais ou metaloides. Nas bancadas de escavação mais próximas da superfície, que não serão inundadas, não se estima a ocorrência de zonamentos com sulfuretos, porque estes localizam-se a maior profundidade, ficando submersos. Essas bancadas serão sobretudo constituídas por rocha estéril no final da exploração (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

A renovação das águas promoverá a redução da concentração dos poluentes em meio aquático. Estima-se que as concentrações de metais e metaloides e os valores de pH da água no interior das lagoas venham a ser consentâneos com os resultados das análises realizadas sobre as amostras obtidas nas captações de águas subterrâneas da zona de implantação do projeto, as quais indicaram um pH ligeiramente alcalino, e que os metais pesados se apresentem sempre em concentrações inferiores aos valores paramétricos, podendo destacar-se o arsénio, que revelou concentrações muito baixas (EIA – Vol. III – Anexos, 2012). Contudo, segundo os estudos de lixiviação dos estéreis (EIA – Aditamento, 2013) recomenda-se a criação de condições de atuação de agentes naturais ou artificiais que funcionem como fixadores do arsénio, para a sua remoção, caso os valores de concentração venham a exceder os limites admissíveis para o seu lançamento no meio natural ou infiltração na zona vadosa.

Portanto, na generalidade, e com base nas formações geológicas e nas condições hidrogeológicas locais existentes, estas não revelam características que façam prever a presença

de elevadas concentrações de metais e acidez nas águas das lagoas das cortas por oxidação ou dissolução, salvo corpos mineralizados, mas que, nesta fase, deverão estar extraídos (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

Nesta fase, relativamente aos resíduos industriais, às poeiras depositadas no solo e aos afluentes domésticos, as atividades produtivas que os geravam terão terminado, não se estimando que as atividades de recuperação paisagística possam promover impactes na qualidade do meio hídrico.

De forma a manter impactes de baixo grau, será necessária uma correta implementação do projeto e das medidas de monitorização e minimização (EIA – Vol. III – Anexos, 2012).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área do projeto mineiro possui uma uniformidade do relevo, com uma altitude de aproximadamente de 400 m. Encontra-se localizada na bacia hidrográfica do rio Sado, mais especificamente na sub-bacia hidrográfica da ribeira de Alcáçovas, num território caracterizado por uma rede hidrográfica bem desenvolvida, composto por um conjunto ramificado de linhas de água características das primeiras ordens de escoamento de águas pluviais, drenando para linhas de água sazonais, como a ribeira de São Brissos, que constitui o principal curso de água com drenagem na área do projeto, com uma direção de fluxo NW-SE.

O aquífero subjacente à área em estudo é o aquífero de Montemor-o-Novo, caracterizado por ser fissurado, livre a semi-confinado, com 373 km² de superfície, uma produtividade mediana de 1,0 l/s e média de 3,2 l/s, valor este muito superior ao valor médio neste tipo de litologias (1,0 l/s), com uma recarga média global de 26,5 hm³/ano e com águas quimicamente nas fácies bicarbonatadas-mistas a cloretadas-mistas (Chambel *et al.*, 2006). É constituído por um conjunto de rochas diversificadas do Maciço Hespérico, com geometria e extensão muito variáveis. Segundo o EIA – Vol. III – Anexos (2012), considera-se que os caudais médios de exploração nesta área específica são da ordem de 1,0 l/s, valores relativamente abaixo dos indicados para a globalidade do aquífero no ERHSA (2001).

A reduzida informação hidrogeológica regional disponível da zona envolvente do projeto mineiro relativo ao depósito aurífero de Casas Novas constituiu uma limitação para este estudo. Porém, verifica-se que as formações ocorrentes são de permeabilidade baixa (por alguns critérios considerados simplesmente como camadas confinantes, ou formações não aquíferas), mas não impede manifestações e a circulação de água subterrânea natural ou por captações artificialmente construídas.

No âmbito do projeto mineiro, serão realizados furos para captação de água subterrânea, para darem apoio às atividades mineiras, nos quais se estimam caudais de exploração da ordem dos 13,5 m³/h em regime de exploração permanente, ou seja, 24 horas por dia e 365 dias por ano.

Para a exploração mineira, a água será utilizada para as seguintes situações:

- nas instalações sociais afetas às obras de construção previstas no projeto (estimam-se 15 m³/dia) e para a contenção de poeiras nessas zonas de construção durante a fase de instalação;
- nas operações auxiliares, como a lavagem de equipamentos (estimam-se 8 m³/dia), a aspersão de água para redução do empoeiramento (estimam-se 20 m³/dia, durante o tempo seco) e em zonas que já possam estar em fase de recuperação (previsão de 10 m³/dia, durante o tempo seco) durante a fase de exploração;
- no processamento mineral (calculados 99,6 m³/h), compostos por água doce (13,5 m³/h) e por água recirculada (86,1 m³/h);
- rega no âmbito de medidas de recuperação ambiental e paisagística na fase de desativação.

Em relação à caracterização hidrodinâmica, verifica-se que o nível freático está próximo da superfície, com variações sazonais pouco acentuadas. Através dos dados obtidos, observa-se que nenhum ponto de água analisado secou e que a diferença entre o período pluvioso e não pluvioso é mínima, evidenciando um sistema hidrodinâmico com funcionamento natural, ainda com reduzida influência humana. A área do projeto mineiro possui sistemas hidrogeológicos descontínuos de dimensões espaciais, decamétricas, provavelmente hectométricas. Deste modo, na gestão hidrogeológica da área do projeto, estima-se que seja prudente não considerar a ultrapassagem do limite correspondente às taxas de infiltração de 1,0%, ou seja, recursos da ordem de 0,4 l/s/km².

Para a caracterização hidroquímica foram analisados os resultados obtidos no ERHSA (2001), no EIA (2013) e nos dados de 2013, nos quais foram medidos *in situ* alguns parâmetros físico-químicos [temperatura, condutividade elétrica (CE) e pH] e foram recolhidas amostras de água em época não pluviosa para análise laboratorial. A seleção dos pontos de água teve como critério a escolha de uma malha representativa da área estudada, apesar de condicionada pela acessibilidade ao local. Os parâmetros físico-químicos determinados nas análises laboratoriais apresentam distribuições assimétricas positivas, uma vez que a média é sempre superior à mediana.

De acordo com os valores obtidos de CE, surge uma maior mineralização da água a este de Casas Novas, e, em relação aos valores de pH, verifica-se que a água é essencialmente neutra. A temperatura medida refletiu a temperatura ambiente, ao invés da temperatura real da água subterrânea, pois as colheitas foram efetuadas em nascentes ou poços com grande exposição atmosférica. No caso do alumínio e do manganês obtiveram-se valores abaixo do limite de detecção dos equipamentos laboratoriais, não permitindo o tratamento estatístico destes parâmetros.

Perante os resultados obtidos da análise estatística, verifica-se que a maioria dos parâmetros possui valores abaixo dos valores máximos recomendados (VMR) estipulados pelo Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, e considerando as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto. Todavia, alguns parâmetros possuem valores superiores aos valores máximos admissíveis (VMA), o que ocorreu no magnésio, nitratos e ferro. No magnésio, uma das amostras do ERHSA (2001) ultrapassou o VMA (50 mg/l) e nos nitratos duas amostras, uma de 2013 e outra do ERHSA (2001), também têm valores superiores ao VMA (50 mg/l), indicando uma contaminação localizada consequente de influência humana, através de práticas agropecuárias. O ferro foi o parâmetro físico-químico em que mais amostras obtiveram valores superiores ao VMA (0,20 mg/l), o que revela que a zona em estudo apresenta claramente uma tendência para águas com conteúdo elevado de ferro, o que seria já de esperar numa zona com forte potencial mineiro.

A análise dos diagramas realizados para determinar as fácies hidroquímicas, permitiu classificar as águas subterrâneas como bicarbonatadas calco-magnesianas ou mistas, com algumas amostras bicarbonatadas-sulfatadas ou cloretadas-bicarbonatadas quanto aos aniões. Quanto aos catiões, há uma água magnesiana.

Ao longo das várias fases do projeto, podem-se distinguir os principais impactes sobre as águas subterrâneas resultantes da sua utilização, como o rebaixamento do nível freático, a afetação das disponibilidades hídricas subterrâneas, as subsidências do terreno, a degradação da qualidade da água pela rejeição da água de processamento ou funcionamento.

Principalmente na fase da exploração poderá existir o risco de uma diminuição da produtividade ou mesmo a seca de captações de água subterrânea mais superficiais localizadas na envolvente da área mineira, e afetar a flora que se encontra na envolvente das cortas mineiras em consequência do rebaixamento do nível freático do aquífero.

O impacto provocado pela exploração das cortas será de maior magnitude no limite dos 500 m e menos acentuado entre os 800-2000 m da distância das mesmas. Porém, no caso das nascentes, estas poderão sofrer maior interferência mesmo encontrando-se a uma distância superior a 500 m da corta, pois por serem interceções do nível freático pela superfície topográfica, ao ocorrer qualquer pequena variação do nível freático a sua produtividade será afetada.

Ainda, a grande heterogeneidade existente no meio também influenciará o impacto provocado pela exploração das cortas, uma vez que, no caso de existir uma fratura na direção de uma captação de água subterrânea, esta poderá sofrer afetação mesmo situando-se a uma grande distância do local da exploração, não se podendo prever num estudo deste tipo. Desta forma, pode-se depreender que qualquer zona com um meio de ligação hidráulica mais rápido poderá ser afetada. Reconhecem-se estruturas fraturadas na direção NW-SE, o mesmo alinhamento da ribeira onde se encontram localizadas a maioria das captações, mas não se pode inferir que as conexões hidráulicas sejam suficientes para provocar rebaixamentos em quaisquer delas.

O rebaixamento não será significativo enquanto a exploração de cada uma das cortas se mantiver ao nível do aquífero superficial, mas durante o avanço da exploração para maiores profundidades, ocorrerá um rebaixamento maior e, conseqüentemente, com uma área de influência cada vez mais alargada. Haverá ainda uma interferência entre os cones de rebaixamento provocados por cada uma das duas cortas quando estas estiverem a funcionar em simultâneo. Nessa situação, a extensão acumulada dos dois cones poderá ser ligeiramente mais gravosa. Contudo, como a exploração não avança em ambas as cortas exatamente ao mesmo tempo, são situações difíceis de calcular, embora seja de prever que a interferência entre ambas não altere significativamente os níveis, exceto na zona intermédia entre elas, onde não se situa nenhuma captação.

De acordo com o EIA – Aditamento, 2013, existirá uma tendência para que o atual equilíbrio hidrodinâmico se possa restabelecer, isto é, com uma tendência para a recuperação da situação atual em termos de disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos, após o fim da exploração. Relativamente ao sentido de escoamento, este será influenciado pela presença das cortas mineiras com reorientação das linhas de fluxo nas proximidades das cortas, com sentido convergente para as mesmas.

O principal impacto resultante da eventual exploração mineira sobre a água subterrânea será de natureza quantitativa. Qualitativamente não se prevê que as futuras minas venham a afetar diretamente as captações de água subterrânea estudadas, face às suas localizações a montante das cortas. Porém, quimicamente as águas poderão sofrer alguma afetação indireta, uma vez que, devido ao rebaixamento dos níveis, as fraturas ficarão expostas ao oxigênio, podendo os minerais da rocha ou de preenchimento das fraturas sofrer alguma oxidação, libertando elementos químicos para as águas.

Segundo o EIA – Vol. III – Anexos, 2012, perante os estudos realizados em amostras de água recolhidas na área do projeto, concluiu-se que as águas superficiais e as subterrâneas não possuem aptidão para consumo humano, dado que surgiram problemas sobretudo ao nível dos parâmetros microbiológicos e de alguns metais e metaloides. As principais fontes de contaminação poderão ser de origem doméstica, da exploração pecuária e também da própria composição mineralógica dos solos e das formações geológicas existentes.

Neste estudo (2013) os parâmetros microbiológicos não foram analisados, pois pretendia-se somente realizar uma caracterização hidroquímica, dado que a finalidade era analisar a possível interferência de uma eventual futura estrutura de exploração mineira na qualidade da água subterrânea. Diante desta análise, a questão da contaminação microbiológica é secundária. Desta forma, os resultados obtidos nas análises realizadas às amostras não evidenciavam tantas incompatibilidades com o consumo humano, ao contrário de quando se expõe uma visão mais completa da hidroquímica e hidrobiologia das águas.

A qualidade da água superficial e subterrânea poderá ser afetada no decorrer dos trabalhos mineiros se surgir descarga para o ambiente de efluentes líquidos industriais e/ou domésticos ou outro tipo de contaminações das águas pluviais de escorrência, como lixiviados, poeiras, entre outros, sem um prévio e adequado tratamento. Por outro lado, deverá ocorrer uma gestão adequada dos resíduos industriais, que poderão afetar também a qualidade dos recursos hídricos. Ainda, na área de implantação da escombreira de estéreis e barragem de rejeitados poderá ser possível a afetação da qualidade da água subterrânea, pelo que estas infraestruturas têm de ser devidamente construídas, para ocorrer uma adequada gestão dos resíduos das explorações dos depósitos minerais salvaguardando as águas subterrâneas.

Na sequência de trabalhos de prospeção, pesquisa e exploração de depósitos minerais haverá sempre riscos ambientais associados a tais tarefas, nomeadamente sobre os recursos hídricos subterrâneos.

Preveem-se em geral impactes negativos de reduzida amplitude, mas, para que tal suceda, será necessária uma correta implementação do projeto e das medidas de monitorização e minimização preconizadas no EIA (2012).

A caracterização hidrodinâmica e hidroquímica da zona em estudo foi uma tarefa complicada, em consequência da reduzida informação hidrogeológica existente do local. Esperava-se a existência de um maior número de pontos de água na zona em estudo, de forma a se obter uma caracterização mais completa. Contudo, com os dados disponíveis, elaborou-se o presente relatório, de forma a que futuros estudos e trabalhos esclareçam e aperfeiçoem determinados aspetos em termos hidrogeológicos sobre as afetações que podem ocorrer em relação aos recursos hídricos subterrâneos em consequência da eventual exploração mineira da Boa Fé.

BIBLIOGRAFIA

Administração da Região Hidrográfica do Alentejo (ARH Alentejo) (1999 a 2007). *Anuários de Recursos Hídricos do Alentejo*. <http://www.arhalentejo.pt/> (acedido em Maio de 2012).

Administração da Região Hidrográfica do Alentejo (ARH Alentejo) (2011). *Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas Integradas nas Regiões Hidrográficas 6 e 7*. Relatório Técnico para Efeitos de Participação Pública. http://www.arhalentejo.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=186 (acedido em Julho de 2012).

Bento, E. S. (2006). *Hidrogeoquímica e Modelo Hidrogeológico das Águas Subterrâneas no Baixo Curso do Rio Macaé*. Município de Macaé – RJ.

Borrego, J. (2009). *Cartografia geológico-estrutural de um sector da Zona de Ossa-Morena (Subsector de Estremoz-Barrancos-Ficalho) e sua interpretação tectónica*. Universidade de Évora, Évora, Dissertação de Doutoramento.

Carvalho, J. M., Chaminé, H. I. & Plasencia, N. (2003). *Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos do maciço cristalino do Norte de Portugal: implicações para o desenvolvimento regional*. In: Portugal Ferreira M. (coord.), *A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos: recursos geológicos e formação*. Volume de Homenagem ao Prof. Doutor Coteló Neiva, Imprensa da Universidade, Série Investigação, Coimbra, pp. 2: 245-264.

Carvalho, P., Richards, D. G., Fernández-Rubio, R. & Norton, P. (1990). *Prevention of acid mine drainage at Neves-Corvo Mine, Portugal. International Symposium Acid Mine Water in Pyritic Environments*, Lisboa, pp. 71-84.

Carvalhosa, A. B. & Carvalho, A. M. G. (1969). *Carta Geológica de Portugal na esc. 1:50000. Notícia Explicativa da folha 40-A de Évora*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, pp. 12-15, 26.

Chacón, J., Oliveira, V., Ribeiro, A. & Oliveira, J. T. (1983). *La estructura de la zona de Ossa-Morena*. Libro Jubilar J. M. Rios, Inst. Geol. Min. da Espanã, Madrid, tomo I, pp. 490 - 511.

Chambel, A. (1990). *Hidrogeologia da região de Évora*. Universidade de Lisboa, Lisboa, pp. 2-17, 70-109. Tese de Mestrado.

Chambel, A., Duque, J., Matoso, A. & Orlando, M. (2006). *Hidrogeologia em Portugal Continental*. *Boletín Geológico y Minero*, JJ Durán Ed., 117 (1), 163-185.

CONTECMINA (2012). *Projecto de Exploração Mineira Boa Fé – Memorial Descritivo*. N.º 016-01-000-002-001. Revisão 2.

Custódio, E., Llamas, M. R. (1983). *Hidrologia Subterrânea*. Ed. Omega S/A. Barcelona.

EIA – Aditamento (2013). *Estudo de Impacte Ambiental. Processo de AIA n.º 2620. Projecto de Exploração Mineira Boa Fé - Nossa Senhora da Boa Fé – Évora*. Geomega – Geotecnia e Ambiente, Lda, Aurmont Resources Unipessoal, Lda., pp. 183, 196-217.

- EIA – Aditamento – Anexos (2013). *Estudo de Impacte Ambiental. Processo de AIA n.º 2620. Aditamento. Anexos. Anexo V – Síntese Hidrogeológica e Esboço de um Modelo Conceptual. Projecto de Exploração Mineira Boa Fé - Nossa Senhora da Boa Fé – Évora*. Geomega – Geotecnia e Ambiente, Lda, Aurmont Resources Unipessoal, Lda., pp. 9-25, Anexos.
- EIA – Vol. I – R.N.T. (2013). *Estudo de Impacte Ambiental. Resumo Não Técnico. Projecto de Exploração Mineira Boa Fé - Nossa Senhora da Boa Fé – Évora*. Geomega – Geotecnia e Ambiente, Lda, Aurmont Resources Unipessoal, Lda., pp. 2-18.
- EIA – Vol. III – Anexos (2012). *Estudo de Impacte Ambiental. Projecto de Exploração Mineira Boa Fé - Nossa Senhora da Boa Fé – Évora*. Geomega – Geotecnia e Ambiente, Lda, Aurmont Resources Unipessoal, Lda., pp. III.1-III.26, III.64-III.100, IV.43-IV.75.
- ERHSA (2001). *Relatório Técnico "Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo". "Sistema Aquífero Évora-Montemor-Cuba-Sector Montemor"*. Comissão de Coordenação da Região Alentejo, Évora.
- Faria, A. F., Chichorro, M. & Amaral, P. K. (1997^{c)}). *Geologic Evaluation Report, June 1997, Anexo 7, Relatório de avaliação geológica pelos geólogos da "Montemor Resources Inc."*. In Portuglobal – Explorações Mineiras, Lda./Montemor Resources Inc., Relatório dos trabalhos realizados (Janeiro – Junho 1997). LNEG. Relatório interno.
- Faria, A. F., Chichorro, M. & Young, S. (1997^{b)}). *Geological Compilation Map of the Montemor Gold Belt, scale 1:10.000*. In Portuglobal – Explorações Mineiras, Lda./Montemor Resources Inc., Relatório dos trabalhos realizados (Janeiro – Junho 1997). LNEG. Relatório interno.

Feio, M. e Daveau, S., *et al.* (2004). *O Relevo de Portugal – Grandes Unidades Regionais*. Volume II. Coimbra: Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos.

Freeze, R. A. & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 604 pp.

Iberian Resources (2011). Caracterização da geologia da área de implantação do projecto de exploração mineira Boa Fé: informação reunida pela geóloga Cristina Lourenço.

Instituto da Água (INAG) - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). *Dados Sintetizados e dados de Base. Classificação da Qualidade da Água no Sistema Aquífero Maciço Antigo Indiferenciado*. <http://snirh.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.4> (acedido em Maio de 2012).

Instituto da Água (INAG) - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). *Redes de Monitorização Hidrométrica, Piezométrica, Meteorológica e da Qualidade da Água*. <http://snirh.pt/index.php?idMain=2&idItem=1> (acedido em Maio de 2012).

Invernizzi, A. L. (2001). *Caracterização Hidrogeoquímica do Aquífero Botucatu, no Setor Médio da Bacia Hidrográfica Mogi-Pardo*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 24 pp. Tese de Mestrado.

Inverno, C. M. C. (2002). *Primary gold deposits in Portugal – “mesothermal” or epithermal?* Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, Tomo 89.

-
- Julivert, M. (1987). *The structure and evolution of the hercynian fold belt in Iberian Peninsula, the anatomy of mountain belts*. Princeton University, pp. 65-103.
- Julivert, M., Fontbote, J. B., Ribeiro, A. & Conde, L. (1980). *Mapa tectónico de la Península Ibérica e Baleares*. Ser. Pub. Min. Industr. Energ. Madrid, 96 pp.
- Julivert, M., Fontbote, J. M., Ribeiro, A. & Conde, L. (1974). *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, escala 1/1000000*. IGME.
- Lloyd, J. W. (1999). *Water resources of hard-rock aquifers in arid and semi-arid zones*. Studies and Reports in Hydrology. Unesco. Paris. pp. 58: 1-284.
- Lucena, L. F. R., Rosa Filho, E. F.; Bittencourt, A. V. L. (2004). *Características Hidroquímicas do Aquífero Barreiras no Âmbito do Setor Oriental da Bacia do Rio Pirangi - RN*. Revista Águas Subterrâneas. Curitiba-PR. v. 18. n. 18, pp. 29-38.
- PBHS (2001). *Plano da Bacia Hidrográfica do rio Sado. Relatório Final*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR-Alentejo) <http://www.ccdr-a.gov.pt/app/pbhsado7index.html> (accedido em Julho de 2011).
- PBHS (2011). *Plano da Bacia Hidrográfica do rio Sado. Relatório Final*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR-Alentejo). <http://www.ccdr-a.gov.pt/app/pbhsado/index.html> (accedido em Julho de 2011).

Perdigão, J., Oliveira, J. T. & Ribeiro, A. (1982). *Carta Geológica de Portugal na esc. 1:5000, Notícia Explicativa da folha 44-B de Barrancos*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 54 pp.

PGRH (2012). *Plano de Gestão dos Recursos Hídricos. Projecto de Exploração Mineira Boa Fé - Nossa Senhora da Boa Fé – Évora*. Geomega – Geotecnia e Ambiente, Lda, Aurmont Resources Unipessoal, Lda., pp. 1-40.

Ribeiro, A., Antunes, M. T., Ferreira, M. P., Rocha, R. B., Soares, A. F., Zbyszewski, G., Almeida, F. M., Carvalho, D. & Monteiro, J. H. (1979). *Introduction à la Géologie générale du Portugal*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 113 pp.

Ribeiro, A. Quesada, C. & Dallmeyer, R. D. (1990). *Geodynamic evolution of the Iberian Massif*. In R. D. Dallmeyer e E. Martinez-Garcia (Eds.), *pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Berlin, Springer-Verlag.

Ribeiro, O. & Lautensach, H. (1988). *Geografia de Portugal: o ritmo climático e a paisagem*. Ed. J. Sá da Costa, Lisboa, tomo II, pp. 337-623.

Santos, A. C. (2000). *Noções de hidroquímica*. In: Feitosa, Fernando A. C.

Santos, J. R. (2013). *Consequências da alteração do regime das águas subterrâneas causado pela Mina da Boa Fé*. AM. CIDEHUS-U.E, pp. 1-16.

Stumm, W. & Morgan, J. J. (1970). *Aquatic Chemistry*. Jonh Wiley & Sons. New York, 583 pp.

Valente, T. M. F. (2004). *Modelos de Caracterização de Impacte Ambiental para Escombreiras Reactivas – Equilíbrio e Evolução de Resíduos de Actividade Extractiva*. Universidade do Minho. Tese de Doutoramento.

LEGISLAÇÃO CONSULTADA

Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto de 1998. Normas, critérios e objectivos de qualidade para protecção do meio aquático e melhoria da qualidade das águas em função dos seus principais usos. *Diário da República n.º 176/98 – I Série A*. Ministério do Ambiente, Lisboa.

Decreto-Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro de 2005. Aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas. *Diário da República n.º 249/05 – I Série A*. Assembleia da República, Lisboa.

Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto de 2007. Regime da qualidade da água destinada ao consumo humano. *Diário da República n.º 164/07 – 1.ª série*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.

PÁGINAS DA INTERNET CONSULTADAS

<http://www.cm-montemornovo.pt/wwwPIGS/docs%5CWP1-R02-TD-21012003.pdf>, consultado em 28 de Junho de 2013.

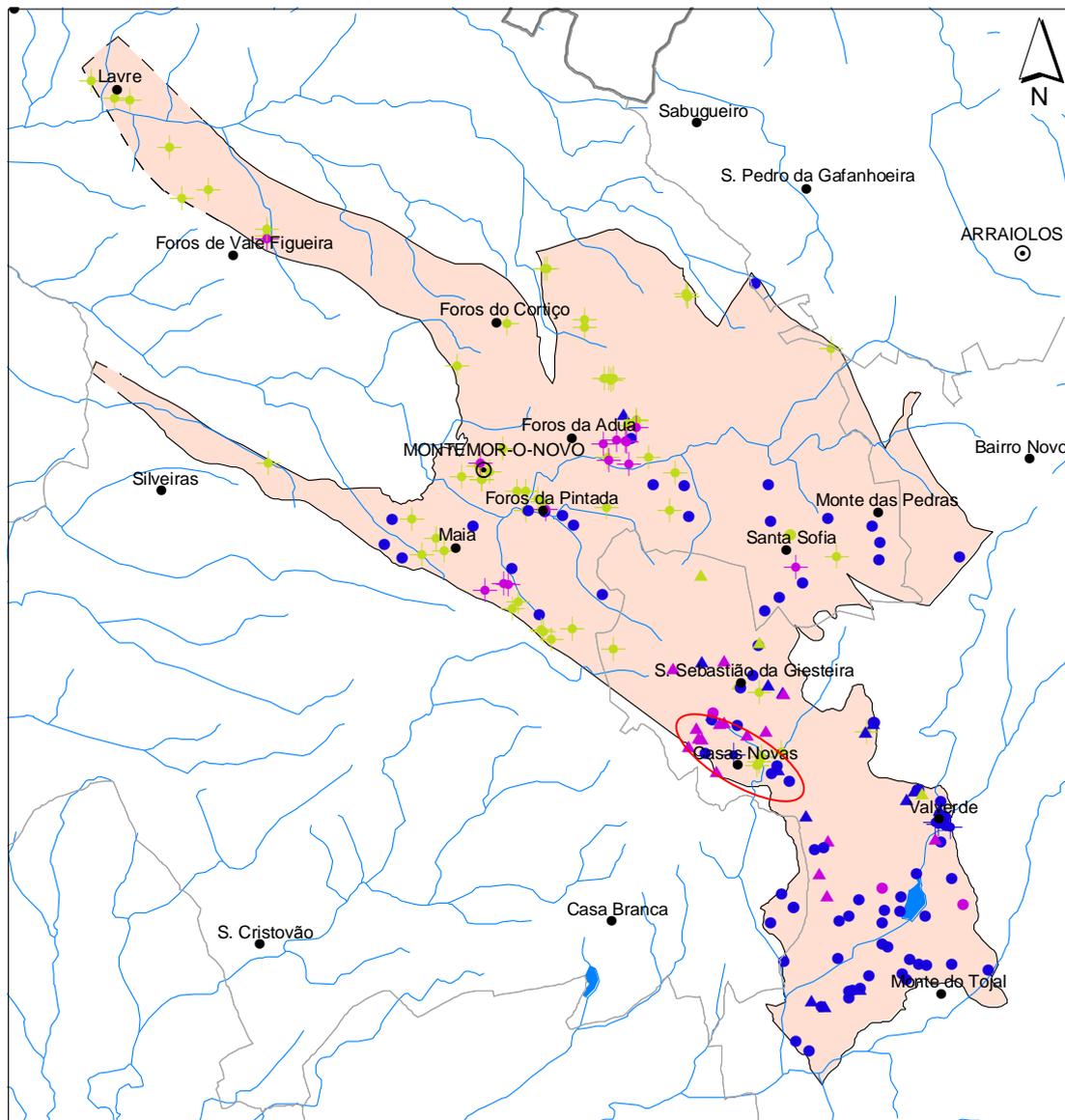
http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content_id=2582683&page=-1, consultado em 09 de Julho de 2013.

http://www.uenf.br/uenf/centros/cct/qambiental/ar_calculoph.html, consultado em 22 de Julho de 2013.

ANEXOS

ANEXOS I

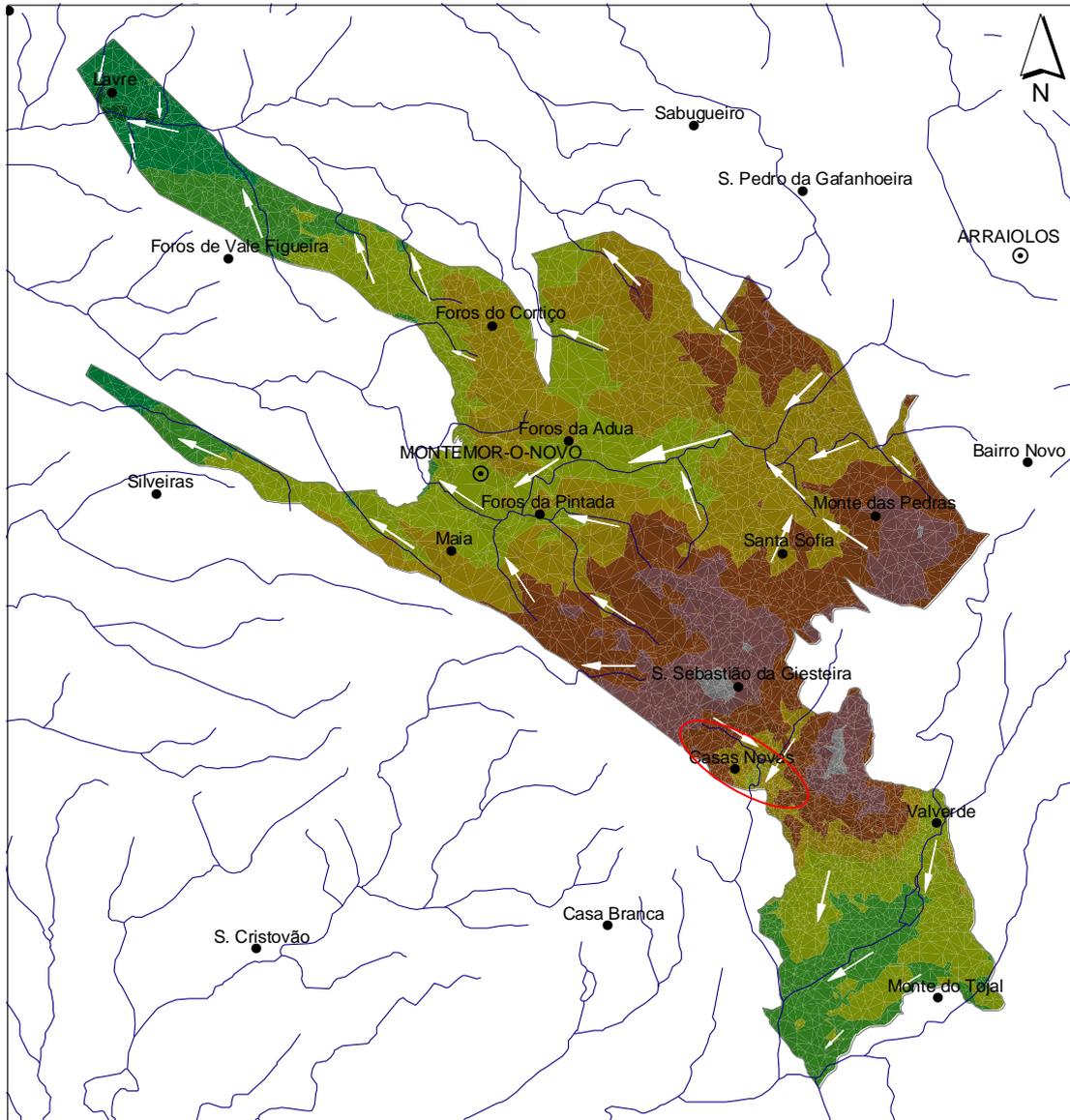
FIGURAS



- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - ▭ - Região Alentejo
 - (blue wavy) - Linha de água
 - (dashed) - Limite provável do sector
 - (dotted) - Limite do sector
 - (orange) - Sector de Montemor-o-Novo
- Tipo de captação:**
- - Poço
 - △ - Nascente
 - ⊕ - Furo
 - ⊗ - Sondagem
- Tipo de informação:**
- (green) - Caudal
 - (blue) - Piezometria
 - (purple) - Caudal e piezometria
- (red) - Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
Pontos de água com informação de caudal e/ou piezometria no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura	A - 1.3
Data	Maio - 2000
Escala	0 3Km

Figura I.1 – Pontos de Água com informação de caudal e/ou piezometria no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



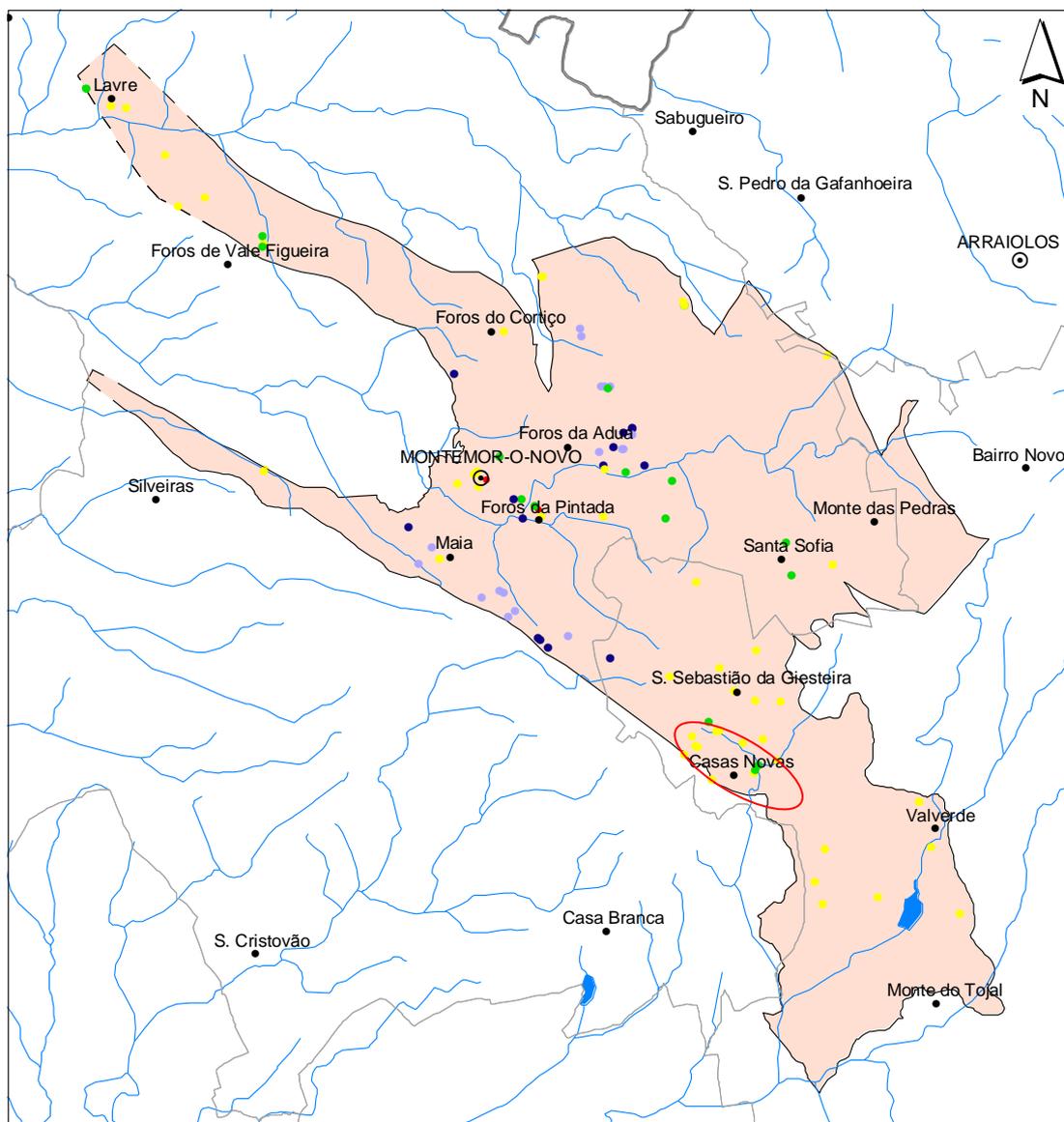
- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Linha de água
 - - Limite do sector

- Altimetria (m)**
- 400 - 450
 - 350 - 400
 - 300 - 350
 - 250 - 300
 - 200 - 250
 - 150 - 200
 - 100 - 150
 - 50 - 100

○ Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
Sentido de fluxo no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura A - 1.4	
Data Maio - 2000	
Escala 0 3Km	

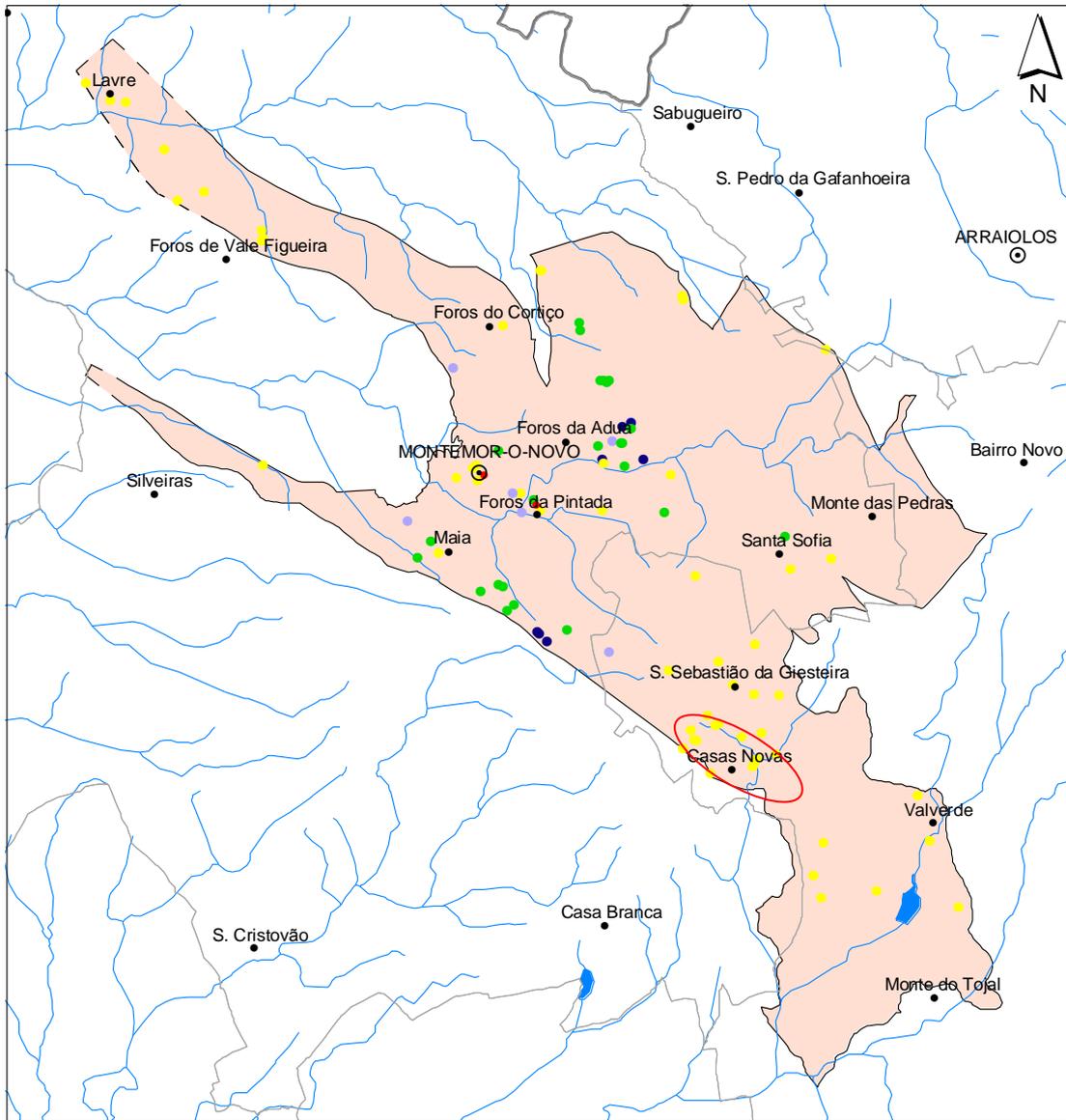
Figura I.2 – Sentido de fluxo no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - - Região Alentejo
 - - Linha de água
 - - - Limite provável do sector
 - - - Limite do sector
 - - Sector de Montemor-o-Novo
- Classes de caudais instantâneos (L/s):**
- 0 - 1
 - 1 - 3
 - 3 - 6
 - > 6
 - - Sondagem improdutiva
- Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
Caudais instantâneos no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura A - 1.5	
Data Maio - 2000	
Escala 0 3Km	

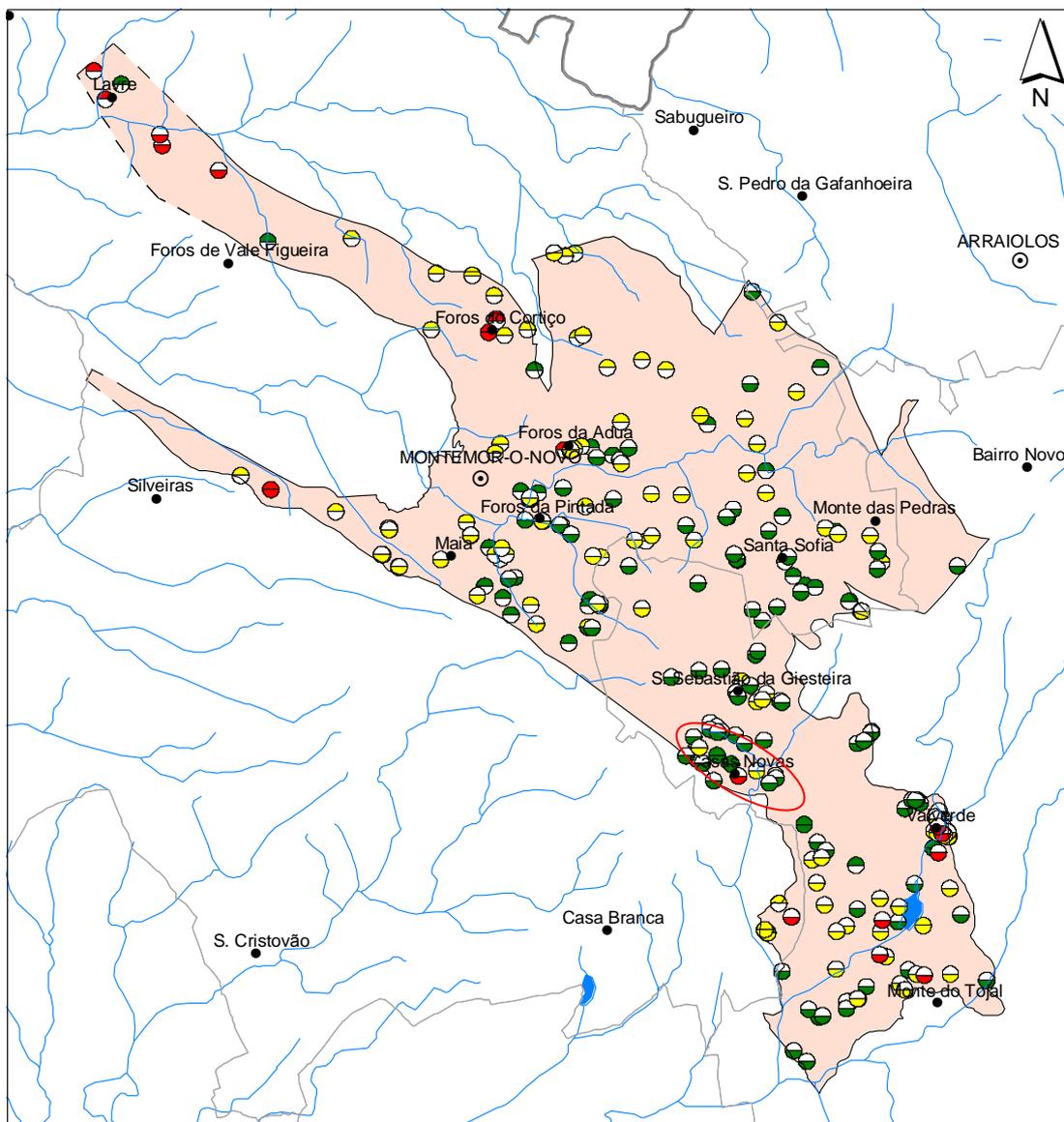
Figura I.3 – Caudais instantâneos no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - - Região Alentejo
 - - Linha de água
 - - - Limite provável do sector
 - - Limite do sector
 - - Sector de Montemor-o-Novo
- Classes de caudais de exploração (L/s):**
- 0 - 1
 - 1 - 3
 - 3 - 6
 - > 6
 - - Sondagem improdutiva
- Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
	
Caudais de exploração no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura A - 1.6	
Data Maio - 2000	
Escala 0 3Km	
	

Figura I.4 – Caudais de exploração no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)

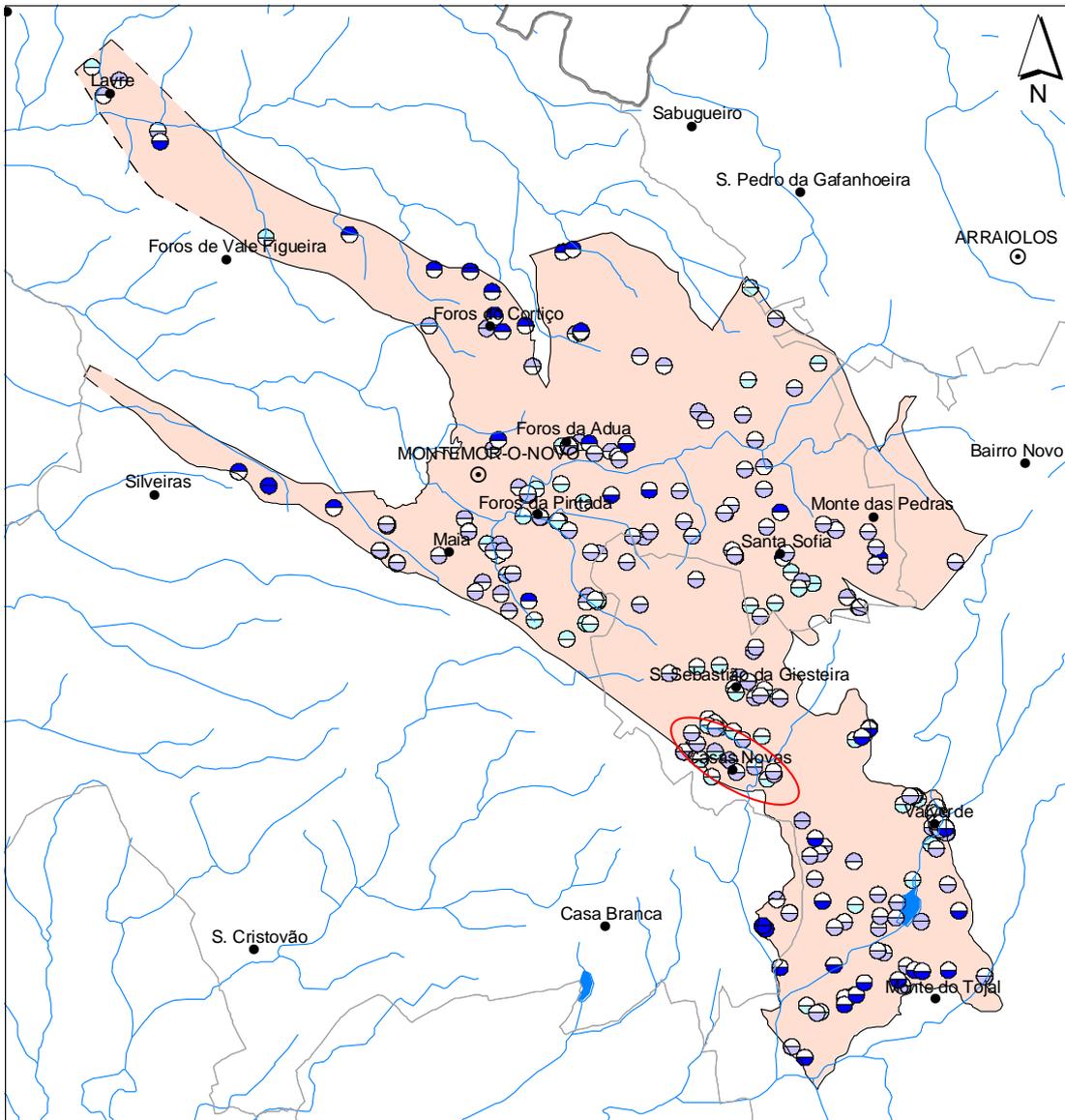


Legenda:

- - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - - Região Alentejo
 - (blue) - Linha de água
 - (dashed) - Limite provável do sector
 - (dotted) - Limite do sector
 - (shaded) - Sector de Montemor-o-Novo
- Classes de valores de Condutividade Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- 0 - 400
 - 400 - 1000
 - >1000
 - Sem informação
- ⊖ Águas altas
⊕ Águas baixas
- Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO		
Distribuição espacial dos valores de Condutividade Eléctrica no Sector de Montemor-o-Novo		
		Figura A - 1.10
		Data Maio - 2000
		Escala 0 3Km

Figura I.5 – Distribuição espacial dos valores de condutividade eléctrica no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - - Região Alentejo
 - - Linha de água
 - - - - Limite provável do sector
 - - Limite do sector
 - - Sector de Montemor-o-Novo
- Classes de valores de pH
- < 6.5
 - 6.5 - 7.5
 - > 7.5
 - Sem informação
- ⊖ Águas altas
⊕ Águas baixas
- Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
Distribuição espacial dos valores de pH no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura A - 1.11	
Data Maio - 2000	
Escala 0 3Km	

Figura I.6 – Distribuição espacial dos valores de pH no Sector de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)

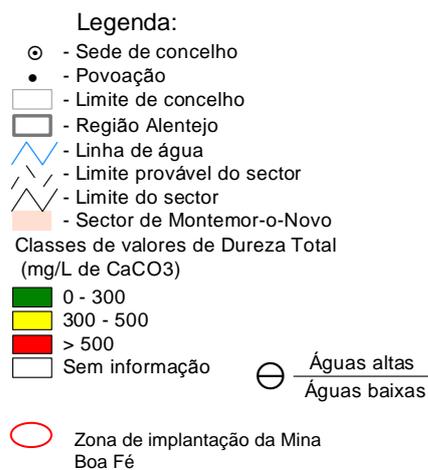
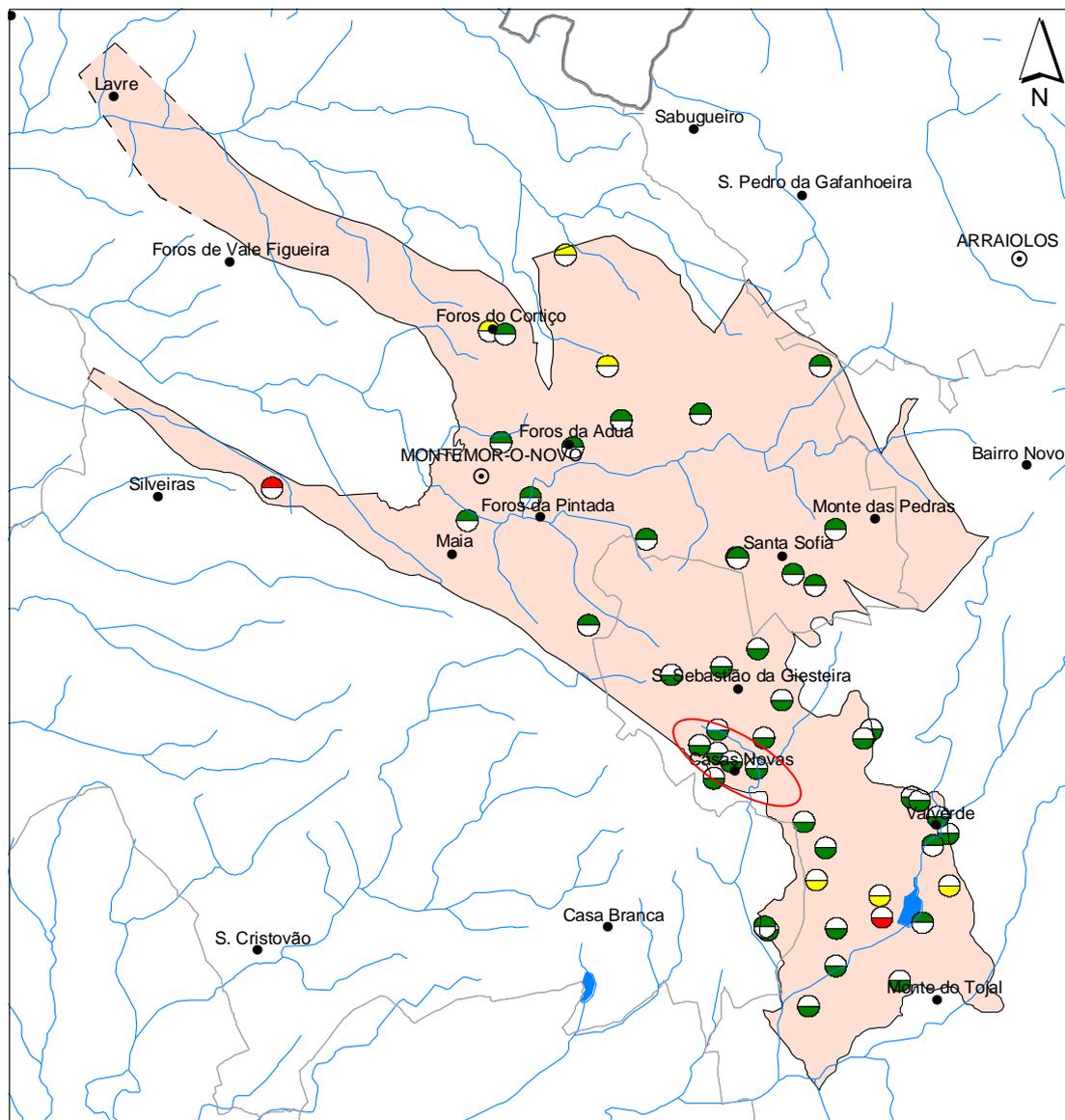


Figura I.7 – Distribuição espacial dos valores de dureza total no Sector de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)

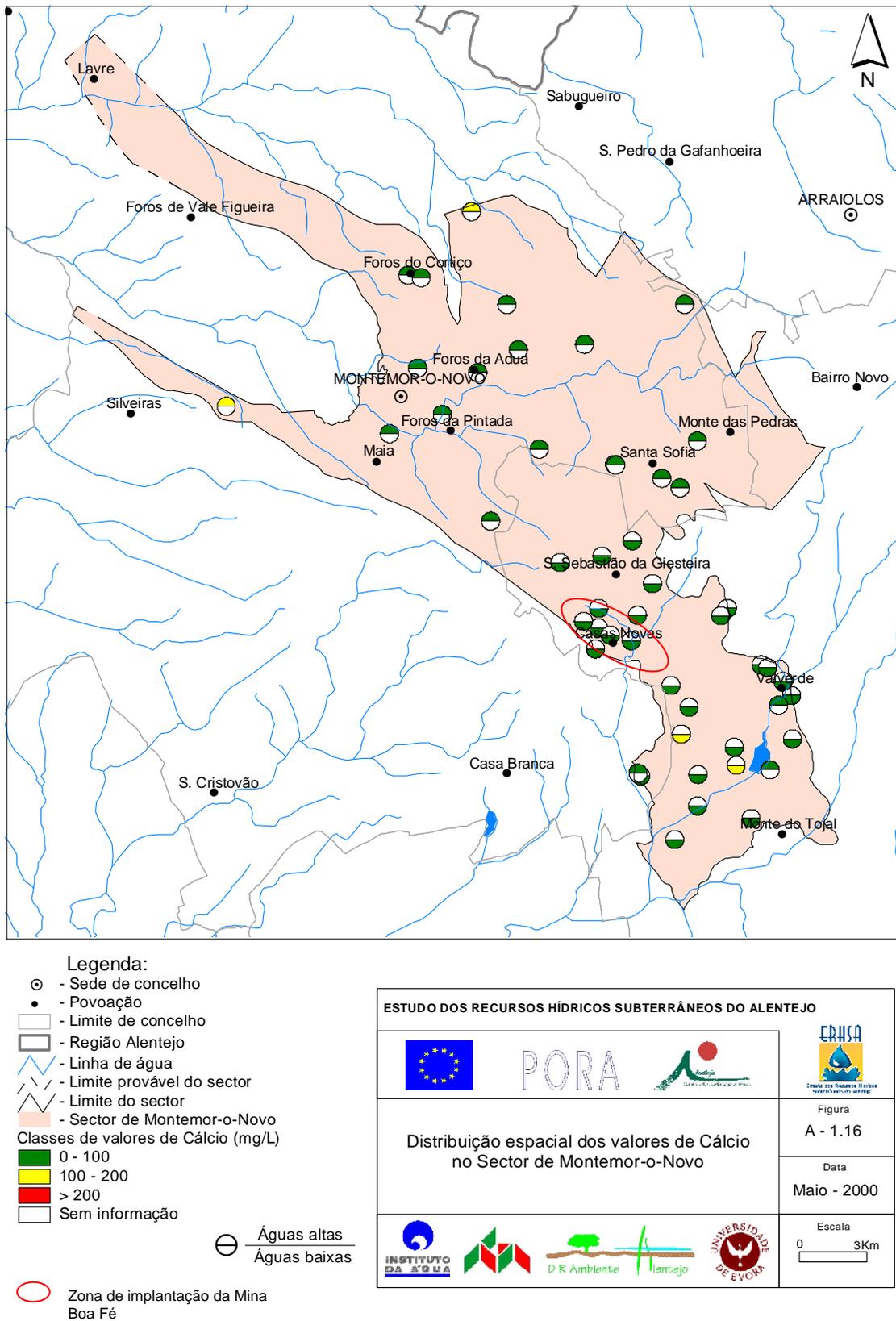


Figura I.8 – Distribuição espacial dos valores de cálcio no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)

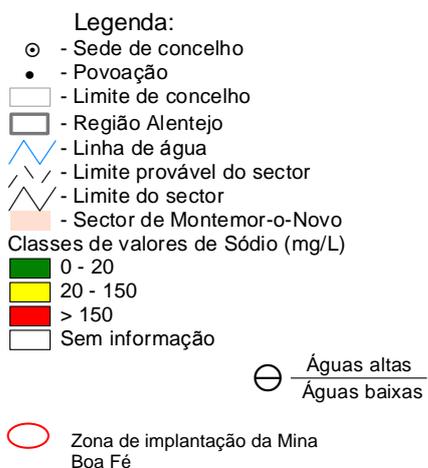
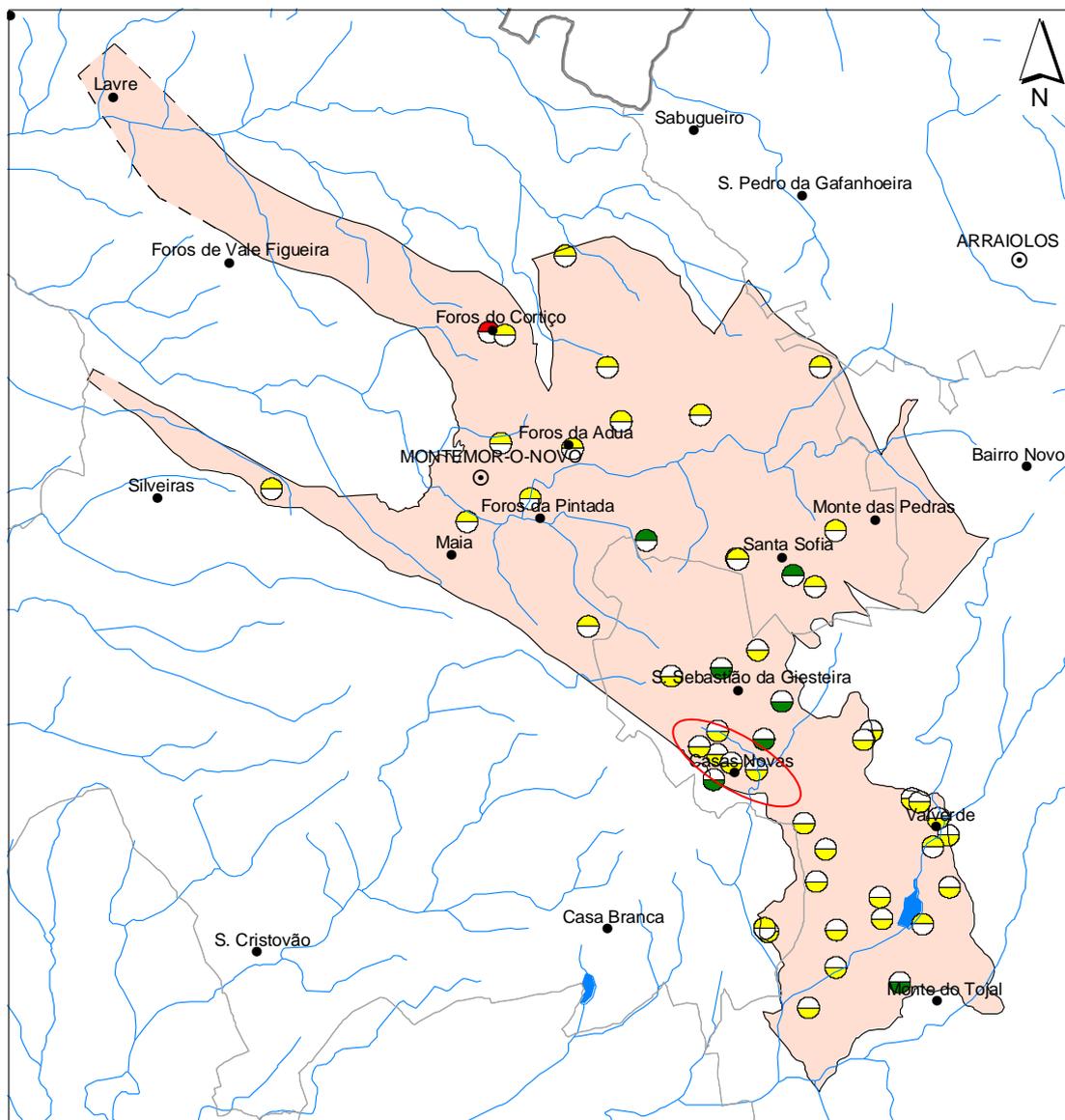
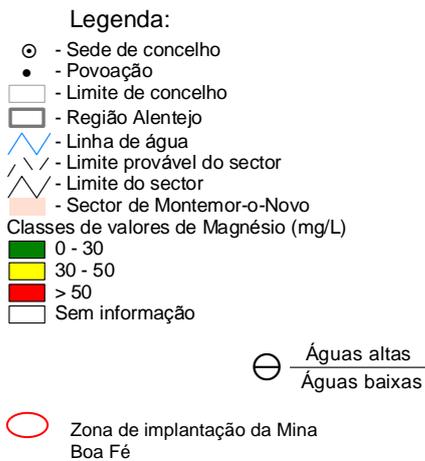
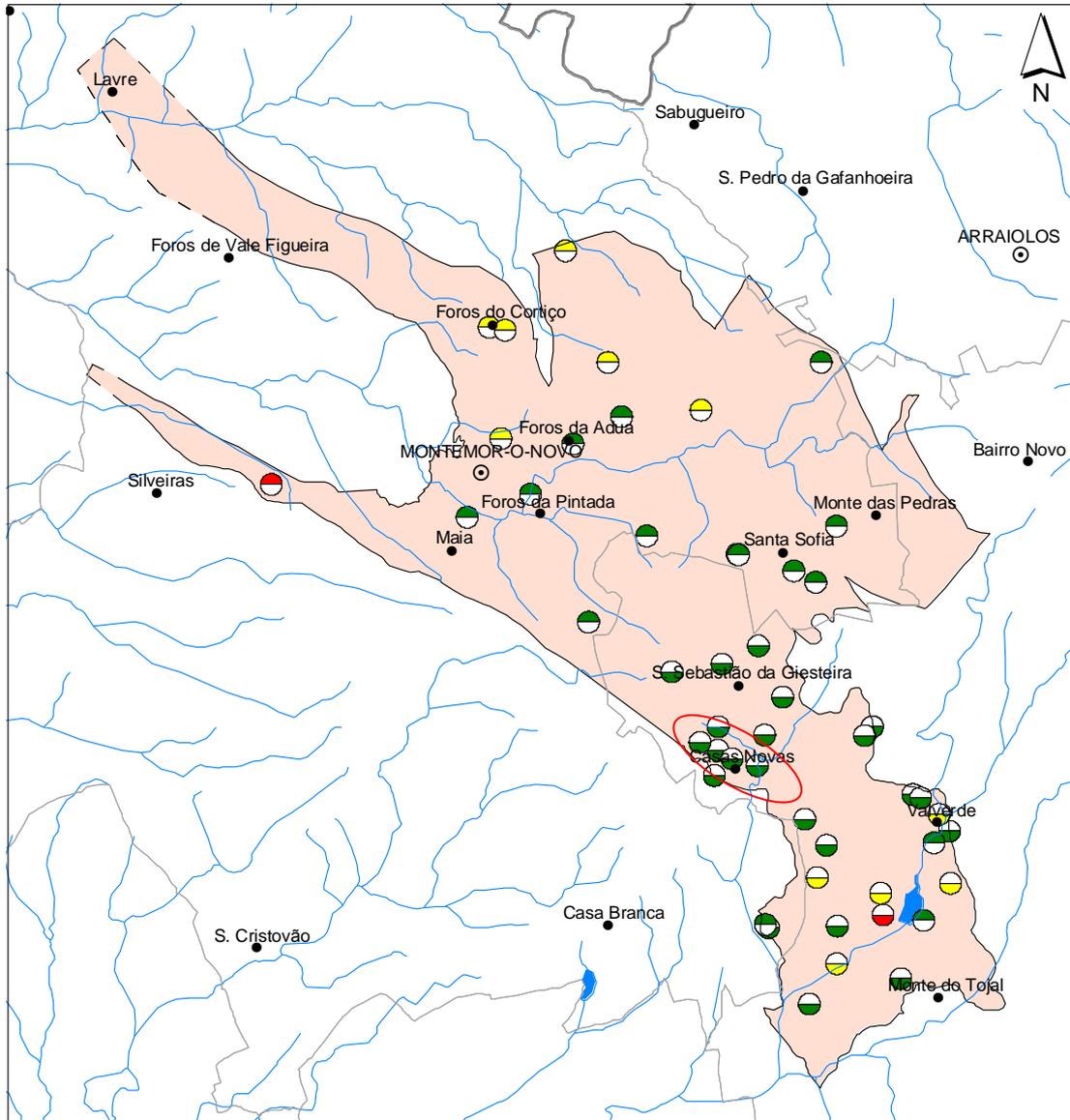
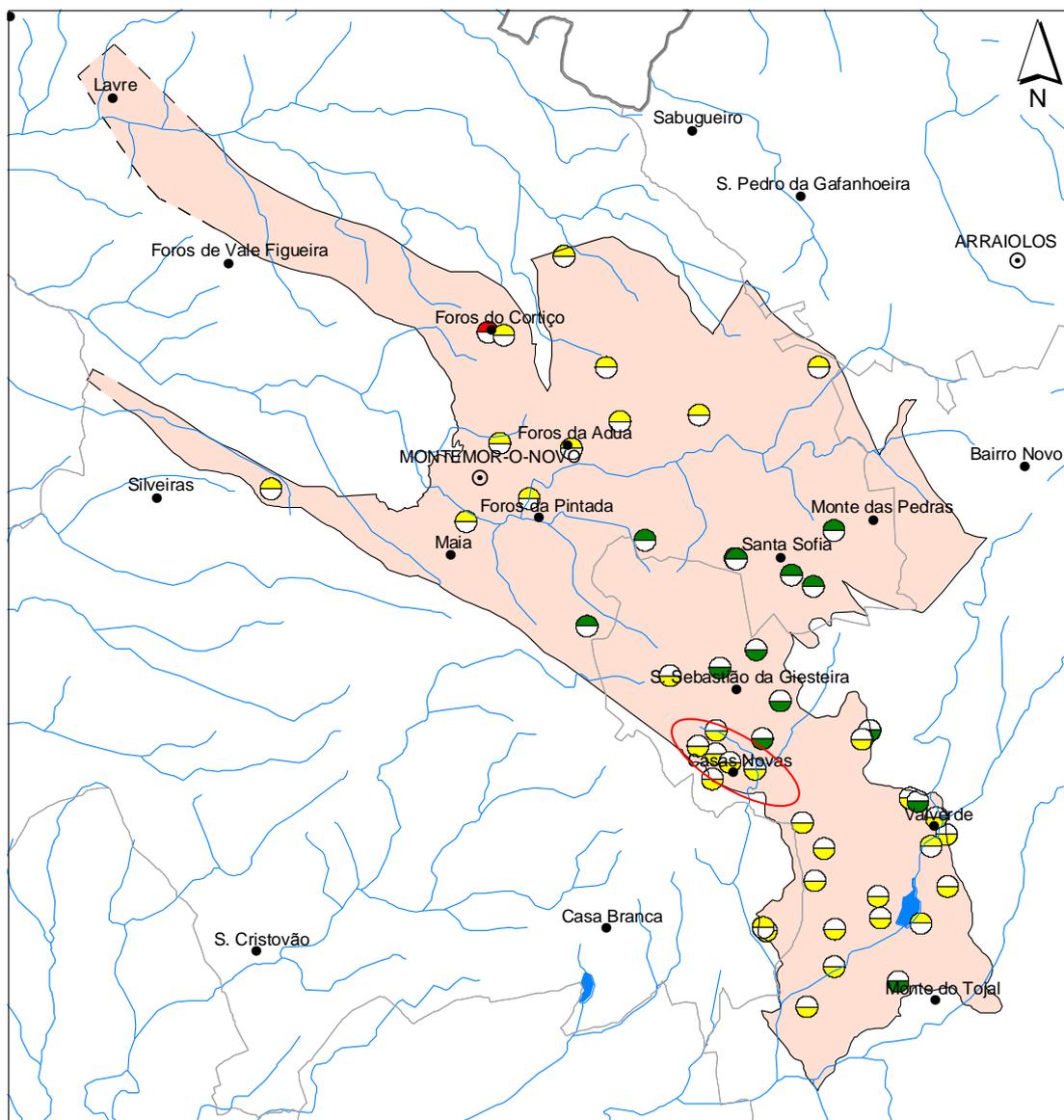


Figura I.9 – Distribuição espacial dos valores de sódio no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
Distribuição espacial dos valores de Magnésio no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura A - 1.17 Data: Maio - 2000	
Escala: 0 3Km 	

Figura I.10 – Distribuição espacial dos valores de magnésio no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)

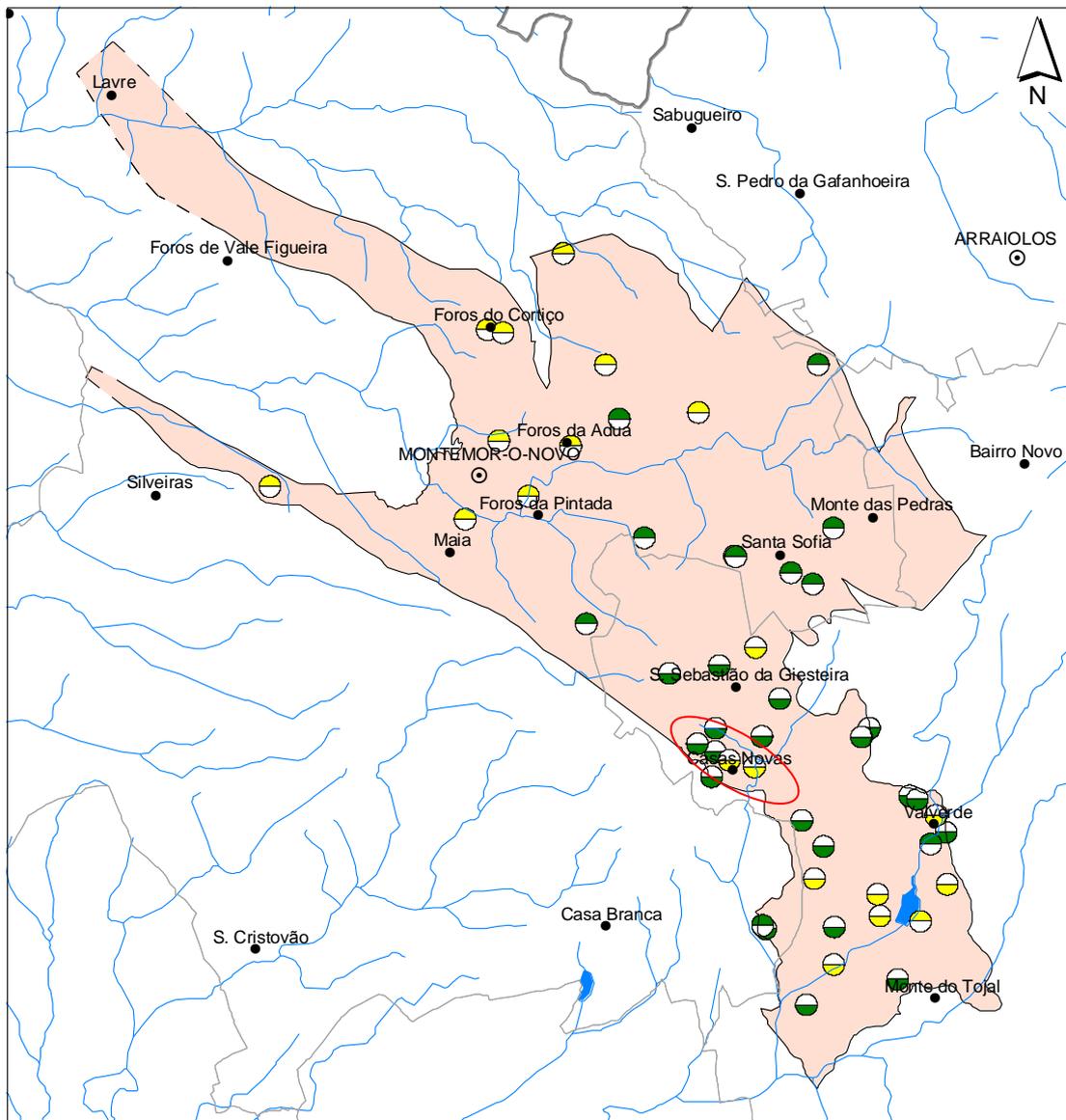


Legenda:

- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - - Região Alentejo
 - (blue wavy) - Linha de água
 - - - - Limite provável do sector
 - (dashed) - Limite do sector
 - (pink) - Sector de Montemor-o-Novo
- Classes de valores de Cloreto (mg/L)
- (green) 0 - 25
 - (yellow) 25 - 200
 - (red) > 200
 - - Sem informação
- ⊖ Águas altas
⊕ Águas baixas
- (red) Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO		
Distribuição espacial dos valores de Cloreto no Sector de Montemor-o-Novo		
		Figura A - 1.13
		Data Maio - 2000
		Escala 0 3Km

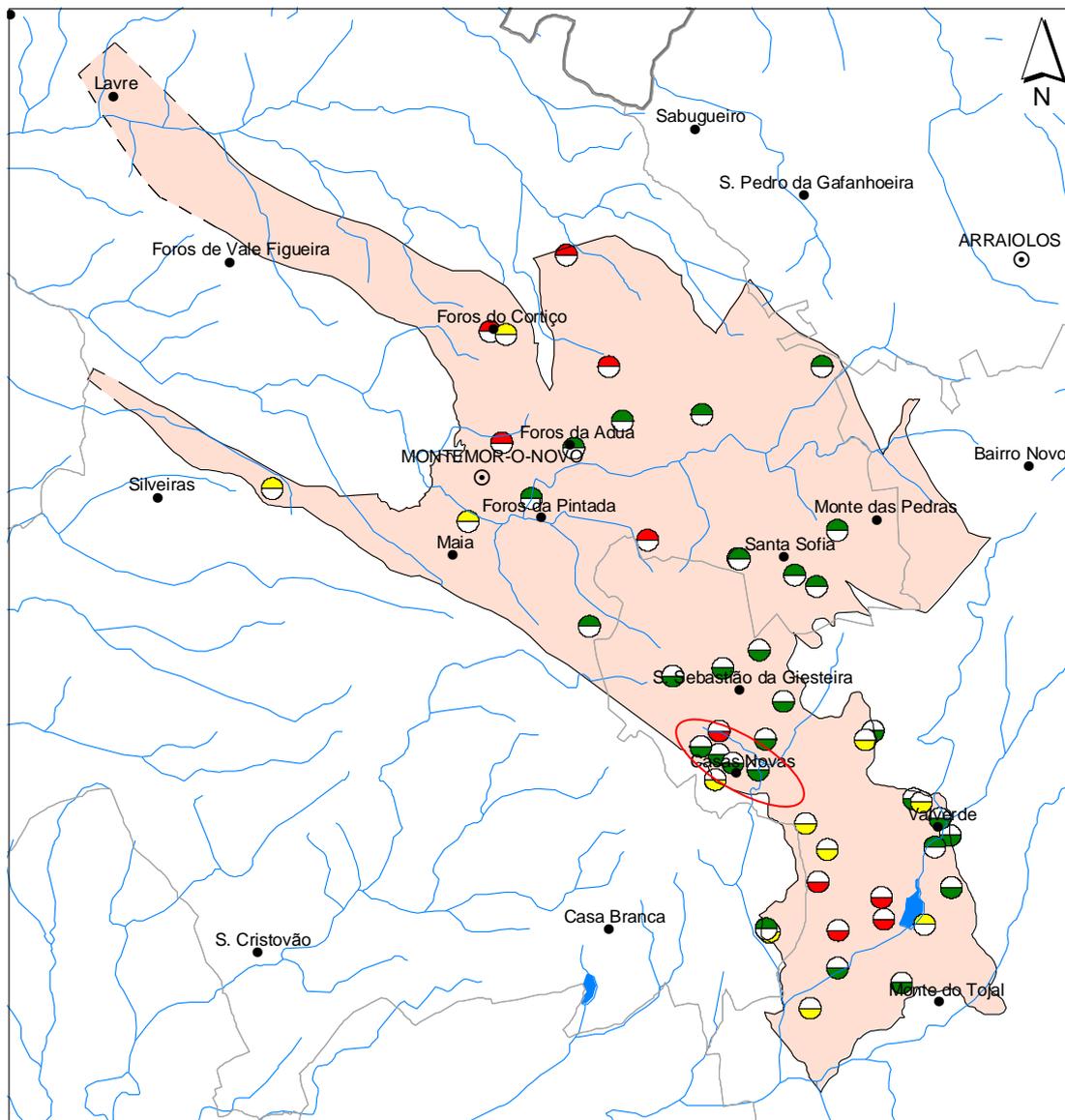
Figura I.11 – Distribuição espacial dos valores de cloreto no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - - Região Alentejo
 - - Linha de água
 - - Limite provável do sector
 - - Limite do sector
 - - Sector de Montemor-o-Novo
- Classes de valores de Sufato (mg/L)**
- 0 - 25
 - 25 - 250
 - > 250
 - Sem informação
- ⊕ Águas altas
⊖ Águas baixas
- Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
Distribuição espacial dos valores de Sulfato no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura A - 1.14	
Data Maio - 2000	
Escala 0 3Km	

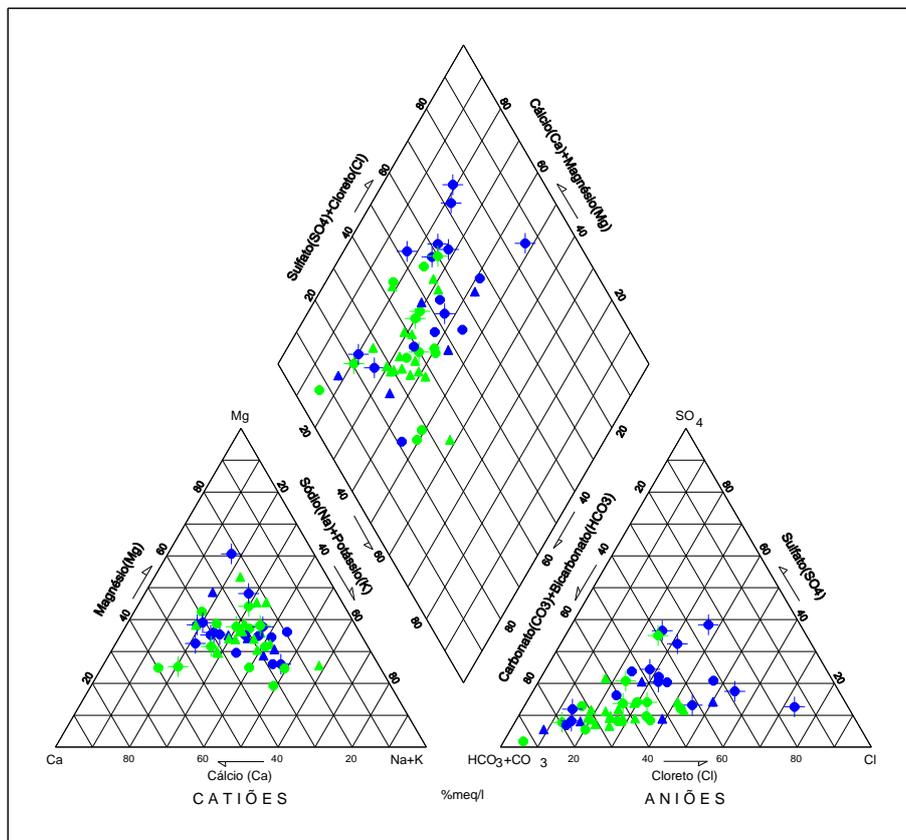
Figura I.12 – Distribuição espacial dos valores de sulfato no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - ▭ - Região Alentejo
 - (blue) - Linha de água
 - - - - Limite provável do sector
 - - - - Limite do sector
 - (pink) - Sector de Montemor-o-Novo
- Classes de valores de Nitrato (mg/L)**
- (green) 0 - 25
 - (yellow) 25 - 50
 - (red) > 50
 - (white) Sem informação
- ⊖ Águas altas
⊕ Águas baixas
- (red) Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
Distribuição espacial dos valores de Nitrato no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura A - 1.15	
Data Maio - 2000	
Escala 0 3Km	

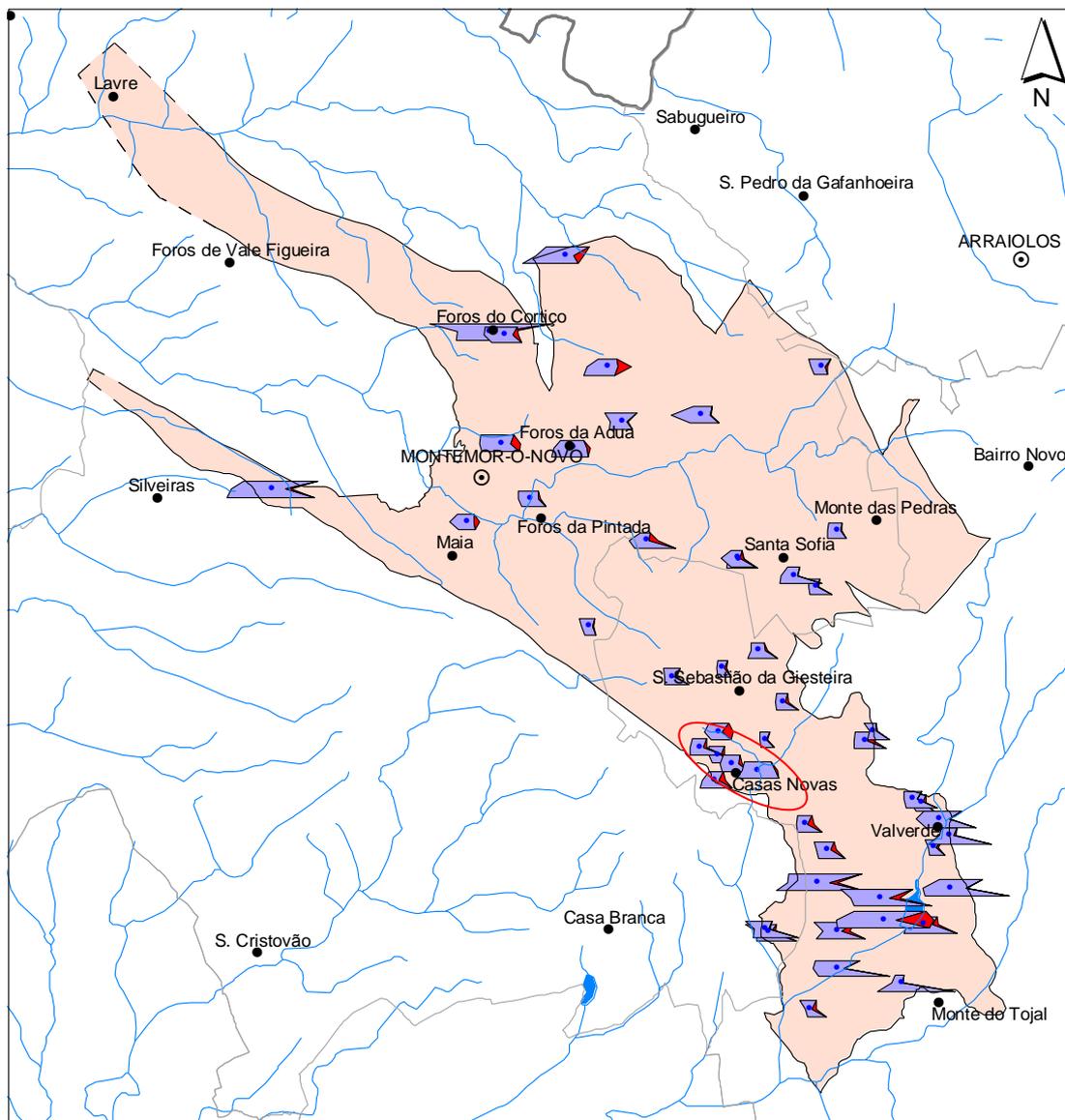
Figura I.13 – Distribuição espacial dos valores de nitrato no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



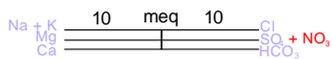
- Legenda:
- Furo
 - Poço
 - △ Nascente
 - Época alta
 - Época baixa

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO			
Diagrama de Piper para as águas analisadas no Sector de Montemor-o-Novo			Figura A - 1.19
			Data Maio - 2000
			Escala

Figura I.14 – Diagrama de Piper para as águas analisadas no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



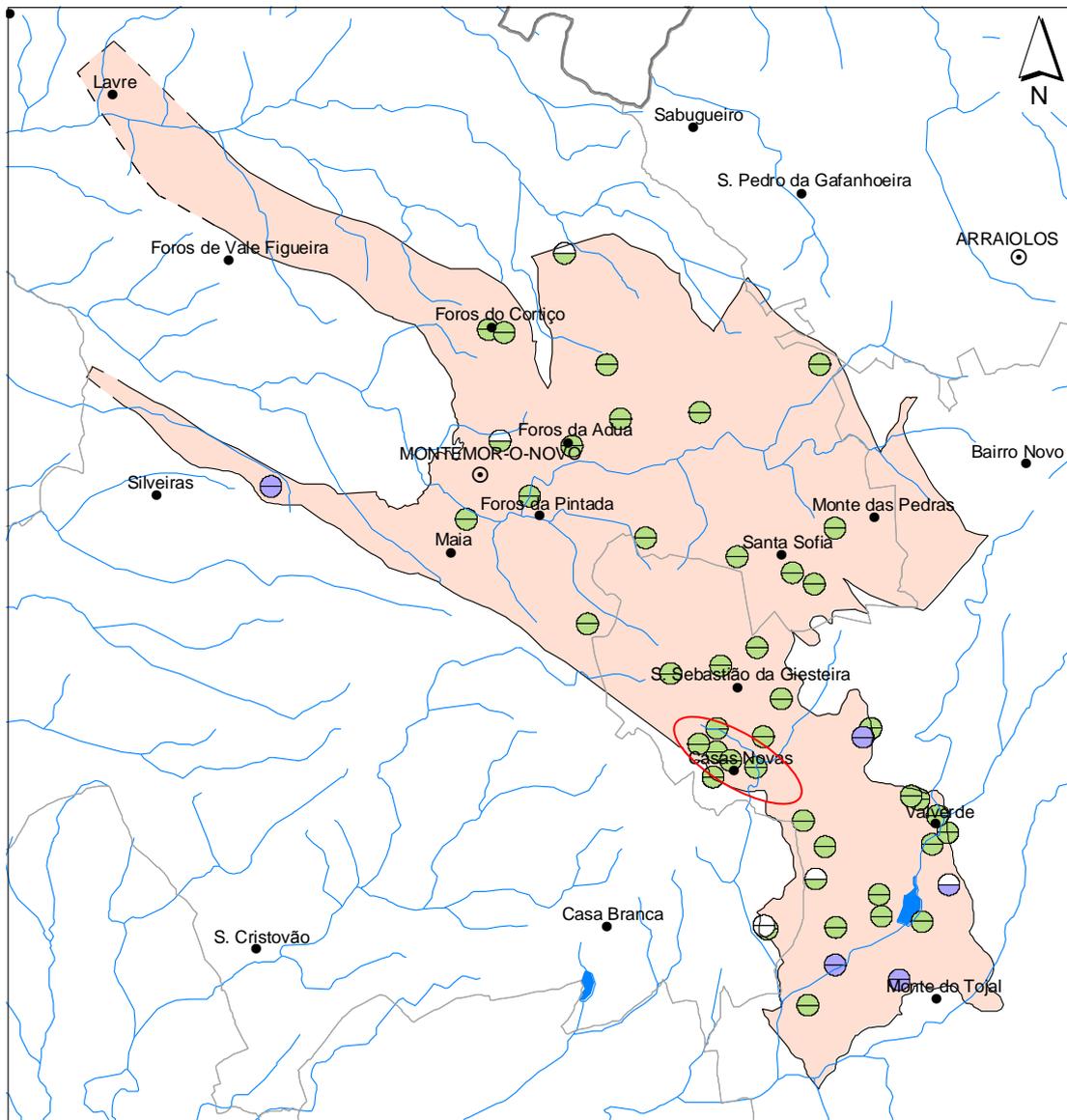
- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - ▭ - Região Alentejo
 - (blue) — Linha de água
 - (dashed) — Limite provável do sector
 - (solid) — Limite do sector
 - (orange) - Sector de Montemor-o-Novo



○ Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
<p>Projectão dos diagramas de Stiff no Sector de Montemor-o-Novo</p>	
<p>Figura A - 1.20</p>	
<p>Data Maio - 2000</p>	
<p>Escala 0 3Km</p>	

Figura I.15 – Projectão dos diagramas de Stiff no Sector de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



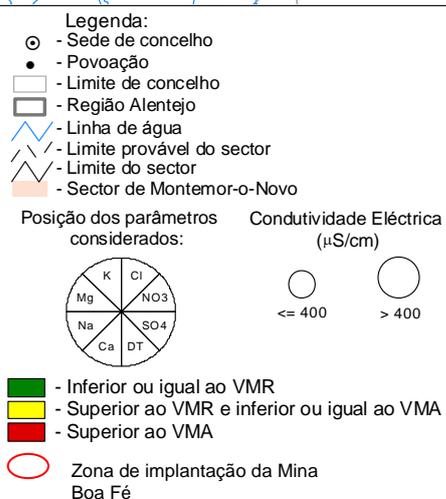
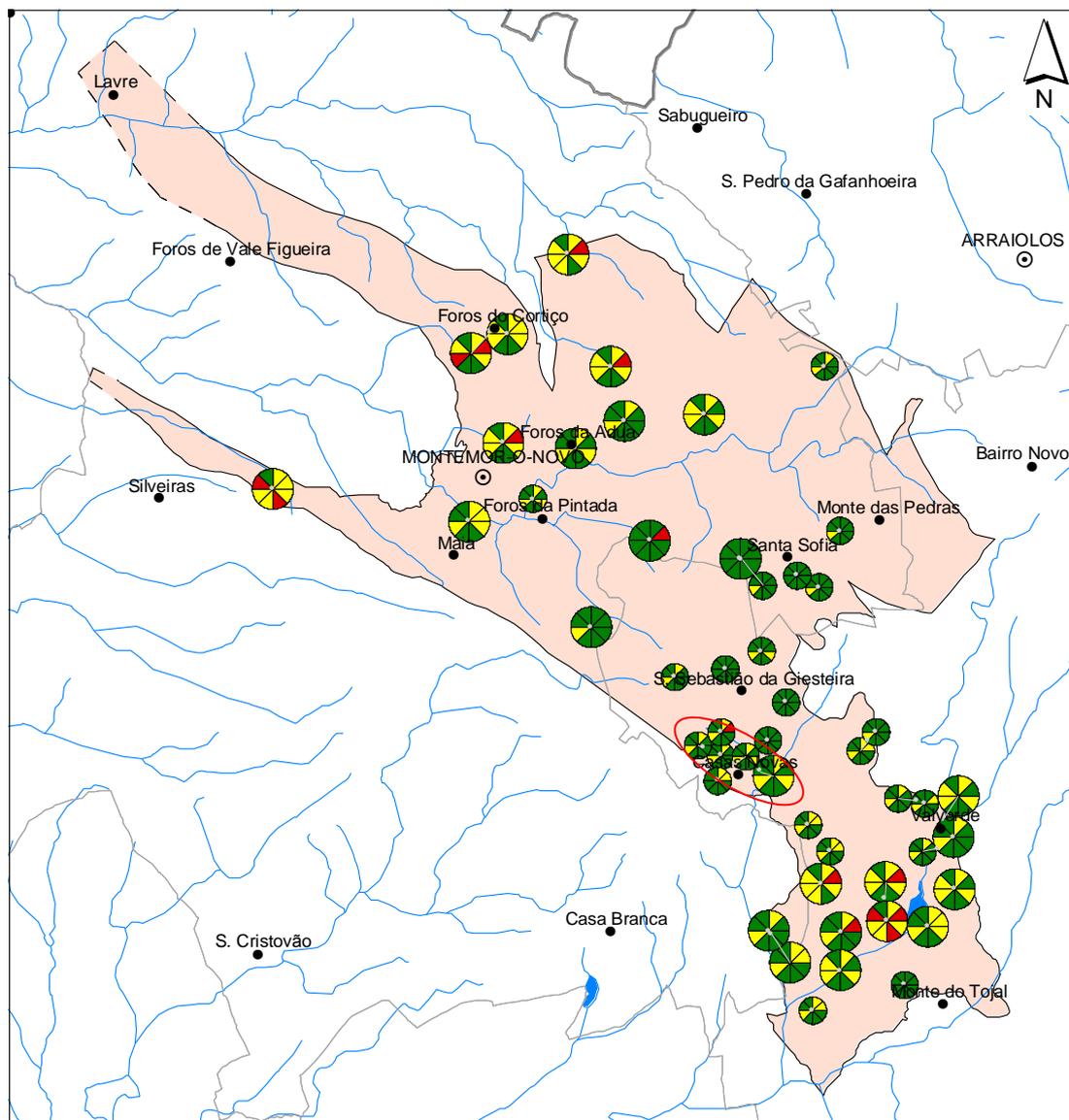
- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - ▭ - Região Alentejo
 - - Linha de água
 - - - Limite provável do sector
 - ▭ - Limite do sector
 - ▭ - Sector de Montemor-o-Novo
- Grau de saturação**
- - Subsaturado
 - - Equilíbrio
 - - Sobressaturado

○ Calcite
○ Dolomite

○ Zona de implantação da Mina Boa Fé

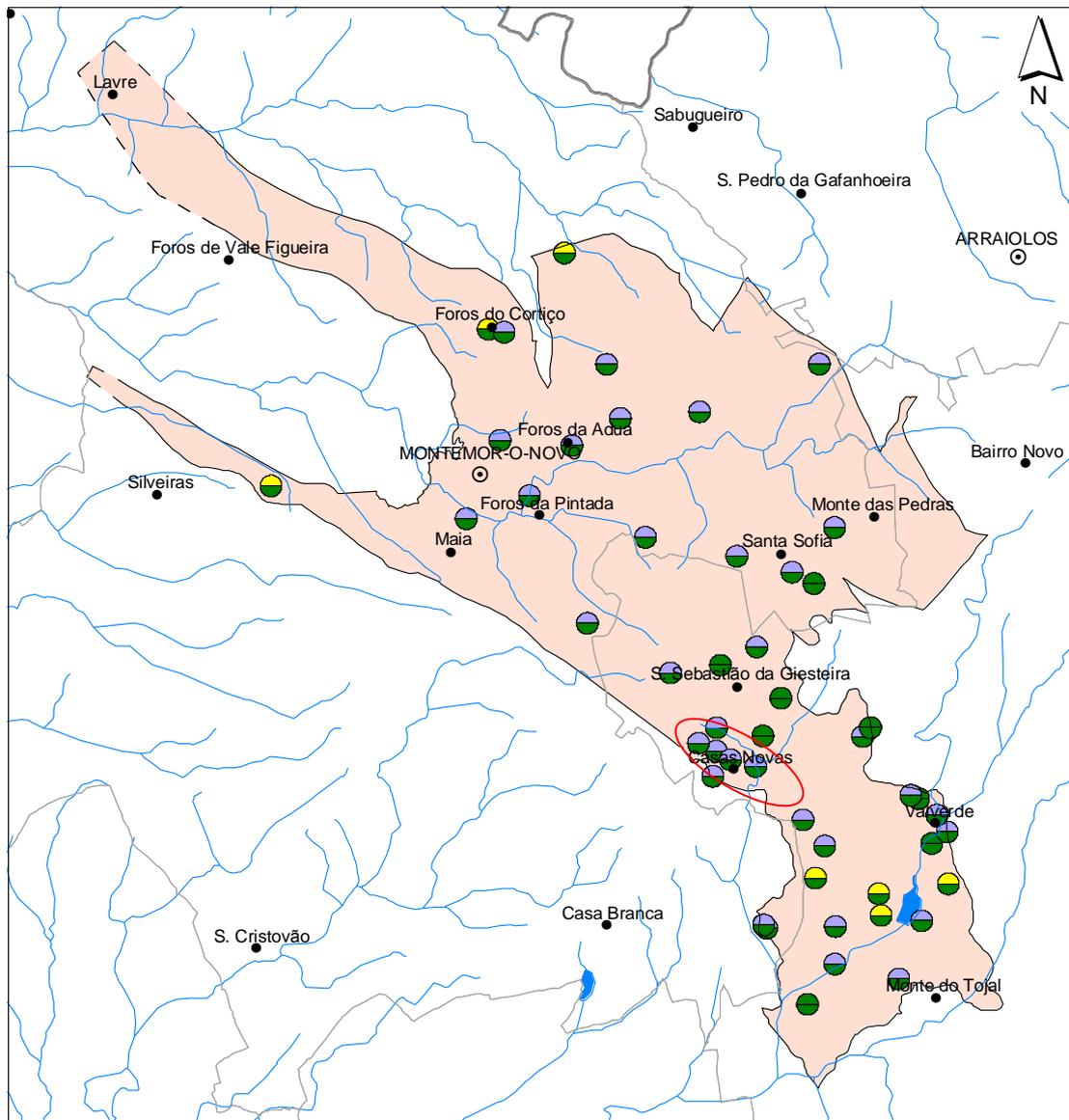
ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO		
<p>Grau de saturação da água em relação à calcite e dolomite no Sector de Montemor-o-Novo</p>		
		<p>Figura A - 1.21</p>
		<p>Data Maio - 2000</p>
<p>INSTITUTO DA ÁGUA D.R. Ambiente Alentejo UNIVERSIDADE DE EVORA</p>		<p>Escala 0 3Km</p>

Figura I.16 – Grau de saturação da água em relação à calcite e dolomite no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO		
Qualidade da água para consumo humano, para 9 parâmetros do Dec. Lei, no Sector de Montemor-o-Novo		
Figura A - 1.23		
Data Maio - 2000		
Escala 0 3Km		

Figura I.17 – Qualidade da água para consumo humano, para 9 parâmetros do Dec. Lei no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)

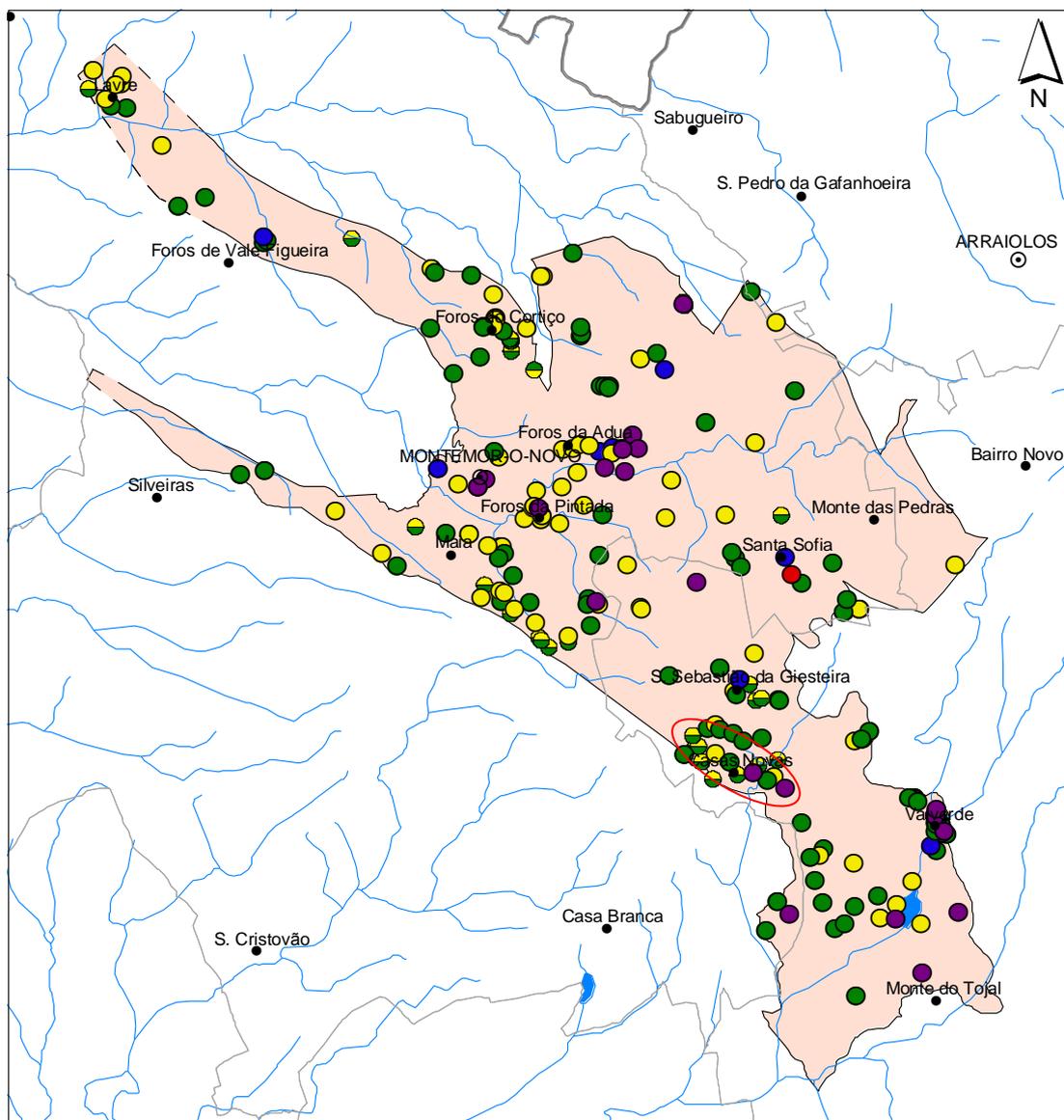


Legenda:

- ⊙ - Sede de concelho
- - Povoação
- - Limite de concelho
- - Região Alentejo
- - Linha de água
- - - Limite provável do sector
- - Limite do sector
- - Sector de Montemor-o-Novo
- Perigo de: salinização / alcalinização
- - Baixo
- - Médio
- - Alto
- - Muito alto
- ⊙ - Perigo de salinização (C)
- ⊙ - Perigo de alcalinização (S)
- - Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
Risco de salinização e alcalinização do solo através da utilização da água no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura A - 1.24	
Data Maio - 2000	
Escala 0 3Km	

Figura I.18 – Risco de salinização e alcalinização do solo através da utilização da água no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)



- Legenda:**
- ⊙ - Sede de concelho
 - - Povoação
 - - Limite de concelho
 - ▭ - Região Alentejo
 - (blue) — Linha de água
 - - - (dashed) - Limite provável do sector
 - ▧ (pink) - Limite do sector
 - ▭ (pink) - Sector de Montemor-o-Novo
- Caracterização do uso:**
- (green) - Agro-pecuária
 - (blue) - Abastecimento público
 - (yellow) - Abastecimento privado
 - (red) - Industrial
 - (purple) - Abandonado
 - (red) - Zona de implantação da Mina Boa Fé

ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO ALENTEJO	
Usos da água no Sector de Montemor-o-Novo	
Figura A - 1.8	
Data Maio - 2000	
Escala 0 3Km	

Figura I.19 – Usos da água no Setor de Montemor-o-Novo. Fonte: ERHSA (2001)

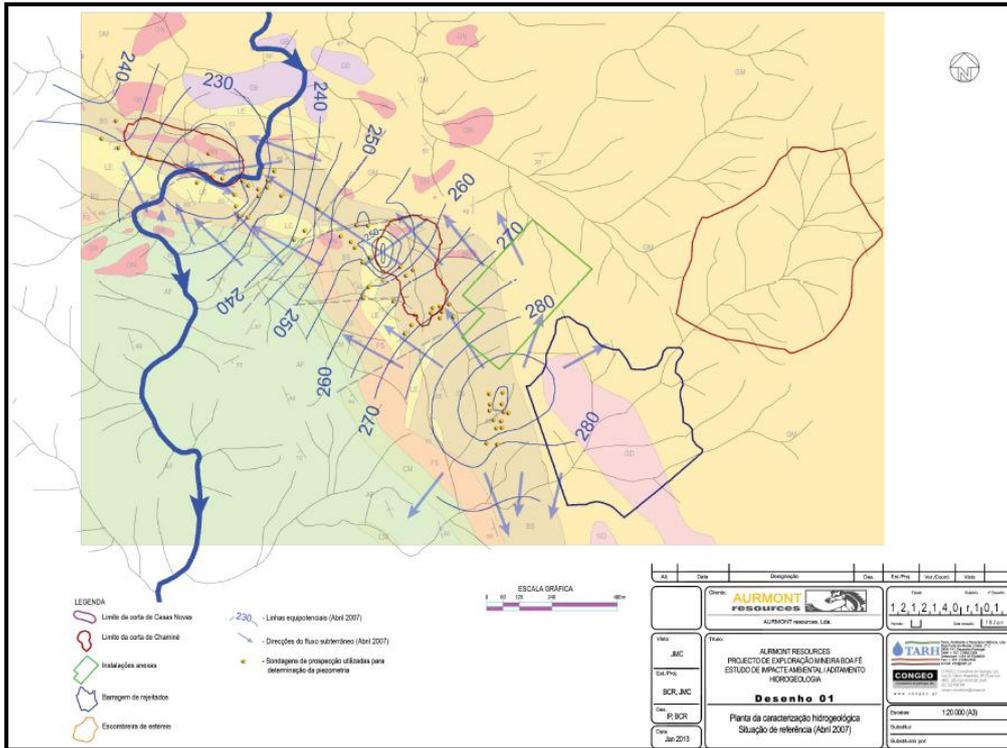


Figura I.20 – Planta de caracterização hidrogeológica. Situação de Referência (Abril 2007). Fonte: TARH, Lda e CONGEO, Lda (EIA - Aditamento - Anexos, 2013)

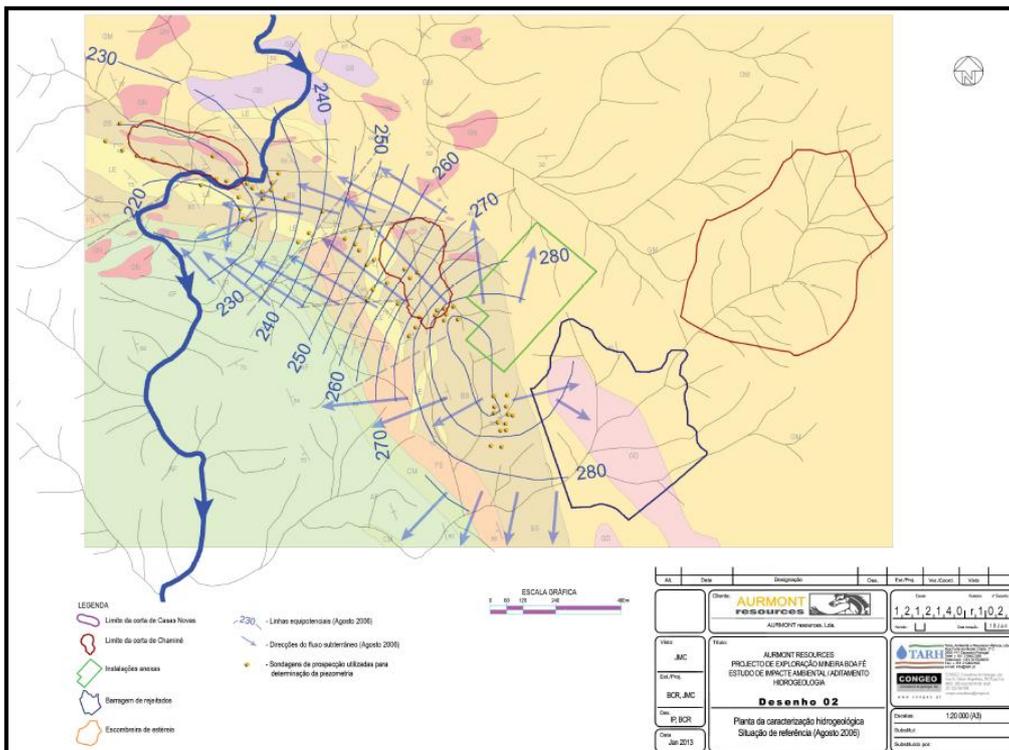


Figura I.21 – Planta de caracterização hidrogeológica. Situação de Referência (Agosto 2006). Fonte: TARH, Lda e CONGEO, Lda (EIA - Aditamento - Anexos, 2013)

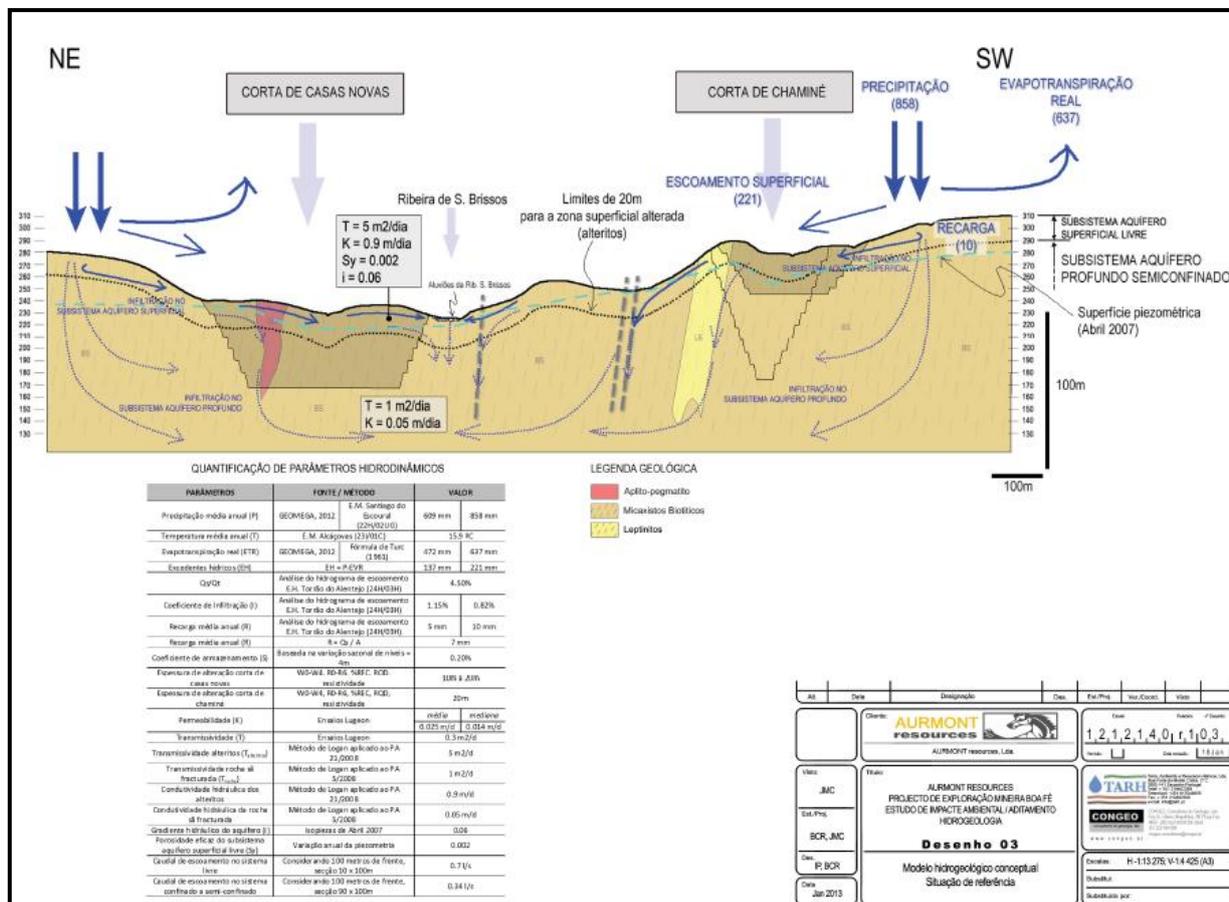


Figura I.22 – Modelo hidrogeológico conceptual. Situação de Referência. Fonte: TARH, Lda e CONGEO, Lda (EIA - Aditamento - Anexos, 2013)

ANEXOS II

TABELAS

Tabela II.1 – Pontos de água inventariados do Relatório (2013)

ID	Cota (m)	Coordenadas (M/P)		Local	Proprietário	Tipo de Captação	Profundidade (m)	Diâmetro (m)	Diâmetro de Entubamento (m)	Situação Atual
E001	273	202470	175933	Boa Fé (Casas Novas)	Custódio Risso	Furo	50,00	0,18	0,14	Ativo
E002	321	200826	177302	Quinta do Escrivão	Ana Cardoso Pires	Nascente	1,12	0,82x0,56	-	Inativo
E003	324	200833	177324	Quinta do Escrivão	Ana Cardoso Pires	Galeria	1,65	20x1,20x0,90	-	Ativo
E004	337	200569	176654	Serra do Conde (Chafariz da Repartição)	-	Nascente	0,33	0,95x8,03	-	Ativo
E005	294	200964	176984	Quinta dos Freguises	José Marques	Nascente	0,72	0,75x0,77	-	Ativo
E006	282	201516	176818	Monte dos Tanques de Cima	Coletivo	Poço	4,60	2,58	-	Ativo
E007	299	201686	176704	Monte dos Tanques de Baixo	Coletivo	Nascente	1,89	0,81X0,67	-	Ativo
E008	294	201673	176716	Monte dos Tanques de Baixo	Coletivo	Nascente	0,80	2,60x2,80	-	Ativo
E009	284	201727	176664	Monte dos Tanques de Baixo	Joaquim Nagadunhas	Furo	39,00	0,18	0,14	Ativo
E010	276	201908	176556	Quinta das Casas Altas	Pedro Cambézes	Nascente	1,30	0,96x0,85	-	Ativo
E011	286	202480	176026	Boa Fé (Casas Novas)	Luís Manuel Oliveira	Furo	85,00	0,18	0,14	Ativo
E012	282	202557	175933	Boa Fé (Casas Novas)	Manuel Pinheiro	Furo	100,00	0,18	0,14	Ativo
E013	268	202613	175693	Torre da Giesteira	-	Nascente	0,30	0,9x0,50	-	Ativo
E014	259	202821	175850	Monte das Sesmarias	António Constantino	Furo	156,00	0,18	0,14	Ativo
E015	273	202364	176205	Boa Fé (Casas Novas)	Pitter Mullet	Furo	-	0,18	0,14	Reserva

Tabela II.1.1 – Pontos de água inventariados do ERHSA (2001) e do EIA (2013)

ERHSA (2001)										
ID	Cota (m)	Coordenadas (M/P)		Local	Proprietário	Tipo de Captação	Profundidade (m)	Diâmetro (m)	Diâmetro de Entubamento (m)	Situação Atual
459U035	300	201710	176690	Estanque de Baixo	-	Furo	26,00	0,16	-	Ativo
459U036	264	202230	176370	Casas Altas	-	Furo	-	0,16	-	Ativo
459U039	254	203160	176120	Boa Fé	-	Furo	23,50	0,16	-	Ativo
459U045	300	201060	176980	Freguises	-	Nascente	-	0,70x0,70	-	Ativo
459U070	350	201360	175400	Foros da Carvalha	-	Poço	14,00	1,50	-	Ativo
459U075	324	201590	175760	Pomarinho	-	Nascente	0,30	0,80x0,60	-	Ativo
459U076	290	203430	177250	-	-	Nascente	-	1,00	-	Ativo
EIA (2013)										
ID	Cota (m)	Coordenadas (M/P)		Local	Proprietário	Tipo de Captação	Profundidade (m)	Diâmetro (m)	Diâmetro de Entubamento (m)	Situação Atual
61/2012	273	203763	175678	Herdade de Chaminé	-	Furo	-	-	-	Ativo
16/2008	252	202992	175997	Boa Fé	-	Poço com Galerias	14,50	-	-	Ativo
17/2008	250	203002	175971	Boa Fé	-	Furo	4,10	-	-	Ativo
18/2008	251	203451	175764	Chaminé	-	Poço	4,30	-	-	Abandonado

Tabela II.2 – Pontos de água inventariados do Relatório (2013) – nível hidrostático

ID	Tipo de Captação	Nível Hidrostático				Referência	Referência ao Solo (m)
		Data de Inventário (Época Pluviosa)	(m)	Data de Inventário (Época não pluviosa)	(m)		
E001	Furo	26-03-2013	>4,50	02-07-2013	-	Muro em Tijolo	0,40
E002	Nascente	26-03-2013	0,87	02-07-2013	0,91	Muro em Tijolo	0,50
E003	Galeria	26-03-2013	0	02-07-2013	0,26	Muro em Tijolo	0,21
E004	Nascente	19-04-2013	0	02-07-2013	0,03	Muro em Cimento	0,57
E005	Nascente	19-04-2013	0	02-07-2013	0,05	Muro em Cimento	0,62
E006	Poço	19-04-2013	1,15	02-07-2013	1,62	Parede do Poço	1,03
E007	Nascente	19-04-2013	0	02-07-2013	0,20	Muro	0,17
E008	Nascente	19-04-2013	0,08	02-07-2013	0,18	Muro	0,28
E009	Furo	19-04-2013	-	02-07-2013	-	-	-
E010	Nascente	19-04-2013	0	02-07-2013	0,14	Muro em Tijolo	0,12
E011	Furo	19-04-2013	6,00	02-07-2013	-	-	-
E012	Furo	19-04-2013	-	02-07-2013	-	-	-
E013	Nascente	19-04-2013	0	02-07-2013	0	Rocha	0,20
E014	Furo	19-04-2013	-	02-07-2013	-	-	-
E015	Furo	19-04-2013	-	02-07-2013	-	-	-

Tabela II.2.1 – Pontos de água inventariados do ERHSA (2001) – nível hidrostático

ERHSA (2001)					
ID	Tipo de Captação	Nível Hidrostático		Referência	Referência ao Solo (m)
		Data de Inventário	(m)		
459U035	Furo	08-03-1989	-	-	-
459U036	Furo	08-03-1989	3,00	-	-
459U039	Furo	22-08-1991	-	-	-
459U045	Nascente	25-05-1988	0	-	-
459U070	Poço	31-05-1988	6,10	-	-
459U075	Nascente	31-05-1988	0,13	-	-
459U076	Nascente	03-05-1988	3,10	-	-

Tabela II.3 – Pontos de água inventariados do Relatório (2013) – caudal

ID	Tipo de Captação	Caudal				Origem dos Dados de Caudal	Equipamento de Extração
		Data de Inventário (Época pluviosa)	(l/h)	Data de Inventário (Época não pluviosa)	(l/h)		
E001	Furo	26-03-2013	3483,87	02-07-2013	2975,21	Medido no Campo/ Informação do Proprietário	Bomba Submersível
E002	Nascente	26-03-2013	-	02-07-2013	-	-	Não existe
E003	Galeria	26-03-2013	6750,00	02-07-2013	-	Medido no Campo	Não existe
E004	Nascente	19-04-2013	3508,77	02-07-2013	1328,41	Medido no Campo	Não existe
E005	Nascente	19-04-2013	794,12	02-07-2013	450,00	Medido no Campo	Não existe
E006	Poço	19-04-2013	-	02-07-2013	-	Informação	Motor
E007	Nascente	19-04-2013	-	02-07-2013	-	-	Bomba Submersível
E008	Nascente	19-04-2013	-	02-07-2013	-	-	Bomba Submersível
E009	Furo	19-04-2013	2333,12	02-07-2013	2285,71	Medido no Campo	Bomba Submersível
E010	Nascente	19-04-2013	1538,46	02-07-2013	1153,85	Medido no Campo	Não existe
E011	Furo	19-04-2013	1052,63	02-07-2013	3205,70	Medido/Informação do Proprietário	Bomba Submersível
E012	Furo	19-04-2013	2163,46	02-07-2013	2627,74	Medido no Campo	Bomba Submersível
E013	Nascente	19-04-2013	-	02-07-2013	-	-	Não existe
E014	Furo	19-04-2013	3087,48	02-07-2013	2773,50	Medido no Campo	Bomba Submersível
E015	Furo	19-04-2013	-	02-07-2013	-	-	Bomba Submersível

Tabela II.3.1 – Pontos de água inventariados do ERHSA (2001) – caudal

ERHSA (2001)				
ID	Tipo Captação	Caudal		Origem dos Dados de Caudal
		Data de Inventário	(l/h)	
459U035	Furo	08-03-1989	-	-
459U036	Furo	08-03-1989	-	-
459U039	Furo	22-08-1991	6984,0	Informação do proprietário
459U045	Nascente	25-05-1988	745,2	Medido no campo
459U070	Poço	31-05-1988	-	-
459U075	Nascente	31-05-1988	993,6	Medido no campo
459U076	Nascente	03-05-1988	187,2	Medido no campo

Tabela II.4 – Pontos de água inventariados do Relatório (2013) – usos

ID	Tipo de Captação	Uso	Observações
E001	Furo	Rega e Doméstico	Furo não protegido / Temperatura retirada da água a partir do balão / Funciona 30min e pára 90 min
E002	Nascente	-	Tem tubo ladrão que não permite a subida da água
E003	Galeria	Rega e Doméstico	Tem tubo ladrão que não permite a subida da água/ Água segue para Tanque
E004	Nascente	Abeberamento de Animais e Consumo Humano	Segue canalizada
E005	Nascente	Rega e Consumo Humano	Segue pela linha de água
E006	Poço	Rega e Doméstico	Ligado para Casa / Tem um motor que tira 1,5" no verão / Caudal +/- todo o ano
E007	Nascente	Rega e Consumo Humano	Tem bomba fosso 0,5" (para casa)
E008	Nascente	Rega	Tem bomba 0,5" / Tem lismos
E009	Furo	Rega	Água turva de pouca utilização
E010	Nascente	Abeberamento de Animais e Rega	Tem lismos e muita ferrugem / Segue para tanque
E011	Furo	Rega, Doméstico e Atividades de Lazer	Água retirada na torneira da entrada da casa
E012	Furo	Rega e Doméstico	Água retirada da mangueira de rega / Água com bastantes micas
E013	Nascente	Rega	Segue para lagoa
E014	Furo	Rega e Abeberamento de Animais	Água cheira mal (mas no Verão não cheira mal)
E015	Furo	-	Reserva (usado antes de água de rede superficial)

Tabela II.4.1 – Pontos de água inventariados do ERHSA (2001) e do EIA (2013) – usos

ERHSA (2001)			
ID	Tipo de Captação	Uso	Observações
459U035	Furo	Doméstico	7 h a bombar sem falhar
459U036	Furo	Agricultura	-
459U039	Furo	Agricultura e Doméstico	-
459U045	Nascente	Agricultura e Doméstico	-
459U070	Poço	Agricultura e Doméstico	-
459U075	Nascente	Agricultura e Doméstico	-
459U076	Nascente	Criação de Animais	-
EIA (2013)			
ID	Tipo de Captação	Uso	Observações
61/2012	Furo	Abeberamento de Todo o Gado da Herdade	Inventário de 2012 com denominação "AM5 - Herdade de Chaminé", local de recolha de água subterrânea; Furo muito produtivo
16/2008	Poço com galerias	Rega	Inventário de 2008 com o número P16 denominado "Poço da Boa Fé"
17/2008	Furo	Rega e Consumo Doméstico	Inventário de 2008 com o número P17 denominado "Furo da Boa Fé"
18/2008	Poço	Abandonado	Inventário de 2008 com o número P18 denominado "Poço da Boa Fé"

Tabela II.5. – Pontos de água inventariados do Relatório (2013) – parâmetros determinados *in situ*

ID	Tipo de Captação	Temperatura				Condutividade Elétrica				pH			
		Data de Inventário	(°C)	Data de Inventário	(°C)	Data de Inventário	(µS/cm)	Data de Inventário	(µS/cm)	Data de Inventário	(-)	Data de Inventário	(-)
E001	Furo	26-03-2013	13,90	02-07-2013	25,30	26-03-2013	850	02-07-2013	879	26-03-2013	7,09	02-07-2013	7,14
E002	Nascente	26-03-2013	14,60	02-07-2013	19,90	26-03-2013	240	02-07-2013	351	26-03-2013	6,76	02-07-2013	6,73
E003	Galeria	26-03-2013	17,00	02-07-2013	18,30	26-03-2013	560	02-07-2013	370	26-03-2013	6,85	02-07-2013	6,64
E004	Nascente	19-04-2013	15,40	02-07-2013	16,90	19-04-2013	362	02-07-2013	398	19-04-2013	6,78	02-07-2013	6,93
E005	Nascente	19-04-2013	16,00	02-07-2013	16,70	19-04-2013	360	02-07-2013	357	19-04-2013	6,97	02-07-2013	6,84
E006	Poço	19-04-2013	16,00	02-07-2013	17,10	19-04-2013	374	02-07-2013	372	19-04-2013	6,85	02-07-2013	6,69
E007	Nascente	19-04-2013	15,20	02-07-2013	16,80	19-04-2013	385	02-07-2013	349	19-04-2013	6,52	02-07-2013	6,48
E008	Nascente	19-04-2013	14,90	02-07-2013	16,50	19-04-2013	443	02-07-2013	427	19-04-2013	6,55	02-07-2013	6,61
E009	Furo	19-04-2013	16,00	02-07-2013	17,90	19-04-2013	275	02-07-2013	327	19-04-2013	6,40	02-07-2013	6,79
E010	Nascente	19-04-2013	17,00	02-07-2013	17,50	19-04-2013	395	02-07-2013	393	19-04-2013	6,96	02-07-2013	6,84
E011	Furo	19-04-2013	21,80	02-07-2013	26,10	19-04-2013	916	02-07-2013	1074	19-04-2013	7,33	02-07-2013	7,23
E012	Furo	19-04-2013	20,00	02-07-2013	20,20	19-04-2013	1308	02-07-2013	1520	19-04-2013	6,83	02-07-2013	6,85
E013	Nascente	19-04-2013	15,80	02-07-2013	16,80	19-04-2013	229	02-07-2013	296	19-04-2013	6,62	02-07-2013	6,77
E014	Furo	19-04-2013	18,90	02-07-2013	19,50	19-04-2013	468	02-07-2013	475	19-04-2013	6,85	02-07-2013	7,39
E015	Furo	19-04-2013	-	02-07-2013	-	19-04-2013	-	02-07-2013	-	19-04-2013	-	02-07-2013	-

Tabela II.5.1 – Pontos de água inventariados do ERHSA (2001) e do EIA (2013) – parâmetros determinados *in situ* e laboratório

ERHSA (2001)							
ID	Tipo de Captação	Temperatura		Condutividade Elétrica		pH	
		Data de Inventário	(°C)	Data de Inventário	(µS/cm)	Data de Inventário	(-)
459U035	Furo	08-03-1989	16,3	08-03-1989	250	08-03-1989	6,74
459U036	Furo	08-03-1989	15,4	08-03-1989	318	08-03-1989	6,61
459U039	Furo	11-04-1989	16,0	11-04-1989	520	11-04-1989	6,61
459U045	Nascente	25-05-1988	16,6	25-05-1988	900	25-05-1988	6,79
459U070	Poço	31-05-1988	15,9	31-05-1988	920	31-05-1988	7,04
459U075	Nascente	31-05-1988	16,2	31-05-1988	360	31-05-1988	6,50
459U076	Nascente	03-05-1988	16,2	03-05-1988	192	03-05-1988	6,21
EIA (2013)							
ID	Tipo Captação	Temperatura		Condutividade Elétrica		pH	
		Data de Inventário	(°C)	Data de Inventário	(µS/cm)	Data de Inventário	(-)
61/2012	Furo	-	-	Dez-10	767	Dez-10	7,50
16/2008	Poço com galerias	-	-	Jun-08	1211	Jun-08	6,97
		-	-	Set-90	1000	Set-90	7,20
		-	-	Abr-90	975	Abr-90	6,40
17/ 2008	Furo	-	-	Abr-90	650	Abr-90	7,30
18/2008	Poço	-	-	Set-90	280	Set-90	6,60

Tabela II.6. – Pontos de água inventariados do Relatório (2013) – parâmetros determinados em laboratório

ID	E001	E003	E004	E005	E007	E010	E013	Unidades	Métodos Analíticos de Referência	Data de Início do Ensaio	Data de Conclusão do Ensaio
Parâmetros	Furo	Galeria	Nascente	Nascente	Nascente	Nascente	Nascente				
Alcalinidade Total	222,90	127,30	159,80	132,90	102,40	128,60	93,70	mg/l CaCO ₃	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)	02-07-2013	13-08-2013
Dureza Total	307,00	142,00	200,00	153,00	128,00	180,00	121,00	mg/l CaCO ₃	SMEWW 2340 C	02-07-2013	13-08-2013
Cálcio	63,00	32,00	37,00	28,00	23,00	28,00	19,00	mg/l Ca	SMEWW 3500- Ca B	02-07-2013	13-08-2013
Sódio	48,00	15,00	12,00	11,00	18,00	16,00	16,00	mg/l Na	SMEWW 3111B, SMEWW 3030 E	02-07-2013	13-08-2013
Potássio	5,62	2,24	1,11	2,63	2,64	3,90	3,50	mg/l K	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E	02-07-2013	13-08-2013
Magnésio	27,30	13,90	17,20	13,80	9,80	15,30	13,00	mg/l Mg	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E	02-07-2013	13-08-2013
Cloretos	67,00	23,00	19,00	21,00	23,00	28,00	14,00	mg/l Cl	SMEWW 4500- Cl B	02-07-2013	13-08-2013
Bicarbonato	222,90	127,30	159,80	132,90	102,40	128,60	93,70	mg/l HCO ₃	-	02-07-2013	13-08-2013
Sulfatos	62,00	11,00	< 5 L.Q.	8,00	12,00	9,00	21,00	mg/l SO ₄	Método Nefelométrico, J. Rodier (2009)	02-07-2013	13-08-2013
Sílica	8,30	10,80	11,20	17,00	12,40	15,20	12,70	mg/l Si	NP 439:1966	02-07-2013	13-08-2013
Nitratos	45,01	2,69	12,65	1,44	52,50	0,74	0,49	mg/l NO ₃	SMEWW 4500- NO ₃ E	02-07-2013	13-08-2013
Ferro	0,08	1,34	0,04	0,96	0,30	1,30	4,70	mg/l Fe	SMEWW 3500- Fe B	02-07-2013	13-08-2013
Manganês	< 0,05 L.Q.	0,12	< 0,05 L.Q.	0,07	< 0,05 L.Q.	0,09	0,05	mg/l Mn	SMEWW 3030E, SMEWW 3111B	02-07-2013	13-08-2013
Alumínio	< 10 L.Q.	< 10 L.Q.	< 10 L.Q.	< 10 L.Q.	< 10 L.Q.	< 10 L.Q.	< 10 L.Q.	ug/l Al	SMEWW 3500- Al B	02-07-2013	13-08-2013

Tabela II.6.1 – Pontos de água inventariados do ERHSA (2001) – parâmetros determinados em laboratório

ERHSA (2001)										
ID	459U035	459U036	459U039	459U045	459U070	459U075	459U076	Unidades	Métodos Analíticos de Referência	Data da Colheita das Amostras
Parâmetros	Furo	Furo	Furo	Nascente	Poço	Nascente	Nascente			
Alcalinidade Total	90,50	111,50	127,50	142,50	195,00	105,50	57,50	mg/l CaCO ₃	-	Abr-89
Dureza Total	94,00	134,00	230,00	124,00	480,00	166,00	60,00	mg/l CaCO ₃	-	Abr-89
Cálcio	15,20	24,80	52,80	25,60	33,38	35,20	11,20	mg/l Ca	-	Abr-89
Sódio	23,33	25,58	36,76	22,84	32,90	17,13	15,60	mg/l Na	-	Abr-89
Potássio	1,99	1,18	1,29	2,17	1,17	0,70	0,47	mg/l K	-	Abr-89
Magnésio	13,66	17,56	23,90	14,63	56,10	19,02	7,80	mg/l Mg	-	Abr-89
Cloretos	27,69	32,66	55,38	28,40	202,35	37,63	18,46	mg/l Cl	-	Abr-89
Bicarbonato	109,44	134,43	152,78	171,83	228,23	126,89	69,77	mg/l HCO ₃	-	Abr-89
Sulfatos	19,59	39,26	105,18	16,46	49,31	24,28	7,90	mg/l SO ₄	-	Abr-89
Sílica	37,66	17,33	34,88	34,24	33,38	27,18	25,89	mg/l Si	-	Abr-89
Nitratos	23,56	24,18	17,98	22,32	124,00	49,60	10,54	mg/l NO ₃	-	Abr-89

Tabela II.7 – Análise estatística dos parâmetros analisados

Parâmetros Analisados	Número de Amostras	Época	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil	Desvio Padrão
Condutividade Elétrica	18	Pluviosa	523,33	419,00	229,00	1308,00	360,50	627,50	281,20
	19	Não Pluviosa	555,32	372,00	192,00	1520,00	350,00	677,00	372,55
pH	18	Pluviosa	6,85	6,84	6,40	7,50	6,61	6,97	0,30
	19	Não Pluviosa	6,80	6,79	6,21	7,39	6,63	6,95	0,28
Alcalinidade Total	12	-	130,38	127,40	57,50	222,90	104,73	139,63	44,77
Dureza Total	12	-	191,75	159,50	60,00	480,00	132,50	207,50	109,73
Cálcio	12	-	32,28	30,00	11,20	63,00	24,35	35,65	14,13
Sódio	12	-	22,00	16,57	11,00	48,00	15,45	27,41	11,47
Potássio	12	-	2,20	1,77	0,47	5,62	1,16	2,86	1,54
Magnésio	12	-	19,56	16,25	7,80	56,10	13,60	20,24	12,73
Cloretos	12	-	45,12	25,50	14,00	202,35	20,50	42,07	51,99
Bicarbonato	12	-	139,98	130,75	69,77	228,23	120,77	154,54	46,95
Sulfatos	12	-	29,29	16,50	2,50	105,18	8,75	41,77	30,30
Sílica	12	-	18,86	16,10	8,30	34,88	12,10	26,21	9,15
Nitratos	12	-	28,49	15,32	0,49	124,00	2,38	46,16	35,77
Ferro	7	-	1,25	0,96	0,04	4,70	0,19	1,32	1,62

ANEXOS III

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS



RELATÓRIO DE ENSAIO N.º 2013/1162

(Versão N.º 1)

Boletim Definitivo

Requisitante: Universidade de Évora
Largo dos colegiais, n.º 1 - 7000 Évora

Identificação da Amostra: 1162

Tipo Amostra: Água subterrânea

Grupo de Parâmetros: Mon. RH Subterrâneos

Área de Amostragem: Pontos de Água da Boa Fé

Local de Amostragem: E001 - Furo de Casas Novas

Data da Amostragem: 02-07-2013

Hora da Amostragem:

Responsável da Amostragem: Cliente

Data de Receção da Amostra: 02-07-2013

Data de Início do Ensaio: 02-07-2013

Data de Conclusão do Ensaio: 13-08-2013

Parâmetros	Resultados	Unidades	Valores recomendados	Valores limite	Métodos Analíticos de Referência
Cálcio *	63	mg/l Ca	—	—	SMEWW 3500- Ca B
Sódio *	48	mg/l Na	—	—	SMEWW 3111B, SMEWW 3030 E
Potássio *	5,62	mg/l K	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Magnésio *	27,3	mg/l Mg	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Carbonatos *	< 1 L.Q.	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2000)
Sulfatos *	62	mg/l SO ₄	—	—	Método Nefelométrico, J. Rodier (2000)
Cloreto *	67	mg/l Cl	—	—	SMEWW 4500- Cl B
Dureza Total *	307	mg/l CaCO ₃	—	—	SMEWW 2340 C
Silica *	8,3	mg/l Si	—	—	NP 430:1988
Alumínio *	< 10 L.Q.	ug/l Al	—	—	SMEWW 3500- Al B
Nitrato *	45,01	mg/l NO ₃	—	—	SMEWW 4500- NOS E
Manganés *	< 0,050 L.Q.	mg/l Mn	—	—	SMEWW 3030E, SMEWW 3111B
Ferro *	0,080	mg/l Fe	—	—	SMEWW 3500- Fe B
Alcalinidade Total *	222,9	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2000)

* - Parâmetro não acreditado; # - Parâmetro Subcontratado

Observações:

"Os resultados referem-se apenas aos itens ensaiados."

Proibida a reprodução parcial sem autorização expressa do Laboratório.

Évora, 2013-08-14

Prof. Dr. Maria Manuela Morais

Página: 1 de 1



RELATÓRIO DE ENSAIO N.º 2013/1163

(Versão N.º 1)

Boletim Definitivo

Requilitante: Universidade de Évora
Largo dos Colegiais, n.º 1 - 7000 Évora

Identificação da Amostra: 1163
 Tipo Amostra: Água subterrânea
 Grupo de Parâmetros: Mon. RH Subterrâneos
 Área de Amostragem: Pontos de Água da Boa Fé
 Local de Amostragem: E003 - Nascente da Quinta do Escrivão
 Data da Amostragem: 02-07-2013 Hora da Amostragem:
 Responsável da Amostragem: Cliente
 Data de Receção da Amostra: 02-07-2013
 Data de Início do Ensaio: 02-07-2013 Data de Conclusão do Ensaio: 13-08-2013

Parâmetros	Resultados	Unidades	Valores recomendados	Valores limite	Métodos Analíticos de Referência
Calcio *	32	mg/l Ca	—	—	SMEWW 3500- Ca B
Sódio *	15	mg/l Na	—	—	SMEWW 3111B, SMEWW 3030 E
Potássio *	2,24	mg/l K	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Magnésio *	13,9	mg/l Mg	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Carbonatos *	< 1 L.Q.	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)
Sulfatos *	11	mg/l SO ₄	—	—	Método Nefelométrico, J. Rodier (2009)
Cloretos *	23	mg/l Cl	—	—	SMEWW 4500- Cl B
Dureza Total *	142	mg/l CaCO ₃	—	—	SMEWW 2340 C
Silica *	10,8	mg/l Si	—	—	NP 438:1988
Alumínio *	< 10 L.Q.	ug/l Al	—	—	SMEWW 3500- Al B
Nitratos *	2,69	mg/l NO ₃	—	—	SMEWW 4500- NO ₃ E
Manganês *	0,12	mg/l Mn	—	—	SMEWW 3030E, SMEWW 3111B
Ferro *	1,340	mg/l Fe	—	—	SMEWW 3500- Fe B
Alcalinidade Total *	127,3	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)

* - Parâmetro não acreditado; # - Parâmetro Subcontratado

Observações:

"Os resultados referem-se apenas aos itens ensaiados."
 Proibida a reprodução parcial sem autorização expressa do Laboratório.
 Évora, 2013-08-14

Prof. Dr. Maria Manuela Morais



RELATÓRIO DE ENSAIO N.º 2013/1164

(Versão N.º 1)

Boletim Definitivo

Requisitante: Universidade de Évora
Largo dos colegiais, n.º 1 - 7000 Évora

Identificação da Amostra: 1164
Tipo Amostra: Água subterrânea
Grupo de Parâmetros: Mon. RH Subterrâneos
Área de Amostragem: Pontos de Água da Boa Fé
Local de Amostragem: E004 - Nascente da Repartição
Data da Amostragem: 02-07-2013
Responsável da Amostragem: Cliente
Data de Receção da Amostra: 02-07-2013
Data de Início do Ensaio: 02-07-2013

Hora da Amostragem:

Data de Conclusão do Ensaio: 13-08-2013

Parâmetros	Resultados	Unidades	Valores recomendados	Valores limite	Métodos Analíticos de Referência
Cálcio *	37	mg/l Ca	—	—	SMEWW 3500- Ca B
Sódio *	12	mg/l Na	—	—	SMEWW 3111B, SMEWW 3030 E
Potássio *	1,11	mg/l K	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Magnésio *	17,2	mg/l Mg	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Carbonatos *	< 1 L.Q.	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)
Sulfatos *	< 5 L.Q.	mg/l SO ₄	—	—	Método Nefelométrico, J. Rodier (2009)
Cloreto *	19	mg/l Cl	—	—	SMEWW 4500- Cl B
Dureza Total *	200	mg/l CaCO ₃	—	—	SMEWW 2340 C
Silica *	11,2	mg/l Si	—	—	NP 439:1988
Alumínio *	< 10 L.Q.	ug/l Al	—	—	SMEWW 3500- Al B
Nitrato *	12,65	mg/l NO ₃	—	—	SMEWW 4500- NO ₃ E
Manganês *	< 0,050 L.Q.	mg/l Mn	—	—	SMEWW 3030E, SMEWW 3111B
Ferro *	0,040	mg/l Fe	—	—	SMEWW 3500- Fe B
Alcalinidade Total *	159,8	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)

* - Parâmetro não acreditado; # - Parâmetro Subcontratado

Observações:

"Os resultados referem-se apenas aos itens ensaiados."
Proibida a reprodução parciais sem autorização expressa do Laboratório.
Évora, 2013-08-14

Prof. Dr. Maria Manuela Morais

Página: 1 de 1



RELATÓRIO DE ENSAIO N.º 2013/1165

(Versão N.º 1)

Boletim Definitivo

Requisitante: Universidade de Évora
Largo dos colegiais, n.º 1 - 7000 Évora

Identificação da Amostra: 1165
 Tipo Amostra: Água subterrânea
 Grupo de Parâmetros: Mon. RH Subterrâneos
 Área de Amostragem: Pontos de Água da Boa Fé
 Local de Amostragem: E005 - Nascente da Quinta dos Freguises
 Data da Amostragem: 02-07-2013 Hora da Amostragem:
 Responsável da Amostragem: Cliente
 Data de Receção da Amostra: 02-07-2013
 Data de Início do Ensaio: 02-07-2013 Data de Conclusão do Ensaio: 13-08-2013

Parâmetros	Resultados	Unidades	Valores recomendados	Valores limite	Métodos Analíticos de Referência
Calcio *	28	mg/l Ca	—	—	SMEWW 3500- Ca B
Sódio *	11	mg/l Na	—	—	SMEWW 3111B, SMEWW 3030 E
Potássio *	2,63	mg/l K	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Magnésio *	13,8	mg/l Mg	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Carbonatos *	< 1 L.Q.	mg/l CaCO3	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)
Sulfatos *	8	mg/l SO4	—	—	Método Nefelométrico, J. Rodier (2009)
Cloretos *	21	mg/l Cl	—	—	SMEWW 4500- Cl B
Dureza Total *	153	mg/l CaCO3	—	—	SMEWW 2340 C
Silica *	17,0	mg/l Si	—	—	NP 439:1988
Alumínio *	< 10 L.Q.	ug/l Al	—	—	SMEWW 3500- Al B
Nitratos *	1,44	mg/l NO3	—	—	SMEWW 4500- NO3 E
Manganés *	0,07	mg/l Mn	—	—	SMEWW 3030E, SMEWW 3111B
Ferro *	0,960	mg/l Fe	—	—	SMEWW 3500- Fe B
Alcalinidade Total *	132,9	mg/l CaCO3	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)

* - Parâmetro não acreditado; # - Parâmetro Subcontratado

Observações:

"Os resultados referem-se apenas aos itens ensaiados."
 Proibida a reprodução parciais sem autorização expressa do Laboratório.
 Évora, 2013-08-14

Prof. Dr. Maria Manuela Morais

Página: 1 de 1



RELATÓRIO DE ENSAIO N.º 2013/1166

(Versão N.º 1)

Boletim Definitivo

Requisitante: Universidade de Évora
Largo dos colegiais, n.º 1 - 7000 Évora

Identificação da Amostra: 1166
 Tipo Amostra: Água subterrânea
 Grupo de Parâmetros: Mon. RH Subterrâneos
 Área de Amostragem: Pontos de Água da Boa Fé
 Local de Amostragem: E007 - Nascente do Monte de Tanques de Baixo
 Data da Amostragem: 02-07-2013 Hora da Amostragem:
 Responsável da Amostragem: Cliente
 Data de Receção da Amostra: 02-07-2013
 Data de Início do Ensaio: 02-07-2013 Data de Conclusão do Ensaio: 13-08-2013

Parâmetros	Resultados	Unidades	Valores recomendados	Valores limite	Métodos Analíticos de Referência
Calcio *	23	mg/l Ca	—	—	SMEWW 3500- Ca B
Sódio *	18	mg/l Na	—	—	SMEWW 3111B, SMEWW 3030 E
Potássio *	2,64	mg/l K	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Magnésio *	9,8	mg/l Mg	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Carbonatos *	< 1 L.Q.	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)
Sulfatos *	12	mg/l SO ₄	—	—	Método Nefelométrico, J. Rodier (2009)
Cloreto *	23	mg/l Cl	—	—	SMEWW 4500- Cl B
Dureza Total *	128	mg/l CaCO ₃	—	—	SMEWW 2340 C
Silica *	12,4	mg/l Si	—	—	NP 438:1988
Alumínio *	< 10 L.Q.	ug/l Al	—	—	SMEWW 3500- Al B
Nitratos *	52,50	mg/l NO ₃	—	—	SMEWW 4500- NO ₃ E
Manganés *	< 0,050 L.Q.	mg/l Mn	—	—	SMEWW 3030E, SMEWW 3111B
Ferro *	0,300	mg/l Fe	—	—	SMEWW 3500- Fe B
Alcalinidade Total *	102,4	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)

* - Parâmetro não acreditado; # - Parâmetro Subcontratado

Observações:

"Os resultados referem-se apenas aos itens ensaiados."
 Proibida a reprodução parcial sem autorização expressa do Laboratório.
 Évora, 2013-08-14

Prof. Dr. Maria Manuela Morais

Página: 1 de 1



RELATÓRIO DE ENSAIO N.º 2013/1167

(Versão N.º 1)

Boletim Definitivo

Requisitante: Universidade de Évora
Largo dos colegiais, n.º 1 - 7000 Évora

Identificação da Amostra: 1167

Tipo Amostra: Água subterrânea

Grupo de Parâmetros: Mon. RH Subterrâneos

Área de Amostragem: Pontos de Água da Boa Fé

Local de Amostragem: E010 - Nascente da Quinta das Casas Altas

Data da Amostragem: 02-07-2013

Hora da Amostragem:

Responsável da Amostragem: Cliente

Data de Recepção da Amostra: 02-07-2013

Data de Início do Ensaio: 02-07-2013

Data de Conclusão do Ensaio: 13-08-2013

Parâmetros	Resultados	Unidades	Valores recomendados	Valores limite	Métodos Analíticos de Referência
-					
Cálcio *	28	mg/l Ca	—	—	SMEWW 3500- Ca B
Sódio *	16	mg/l Na	—	—	SMEWW 3111B, SMEWW 3030 E
Potássio *	3,90	mg/l K	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Magnésio *	15,3	mg/l Mg	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Carbonatos *	< 1 L.Q.	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)
Sulfatos *	9	mg/l SO ₄	—	—	Método Nefelométrico, J. Rodier (2009)
Cloretos *	28	mg/l Cl	—	—	SMEWW 4500- Cl B
Dureza Total *	180	mg/l CaCO ₃	—	—	SMEWW 2340 C
Silica *	15,2	mg/l Si	—	—	NP 439:1998
Alumínio *	< 10 L.Q.	ug/l Al	—	—	SMEWW 3500- Al B
Nitratos *	0,74	mg/l NO ₃	—	—	SMEWW 4500- NO ₃ E
Manganês *	0,09	mg/l Mn	—	—	SMEWW 3030E, SMEWW 3111B
Ferro *	1,300	mg/l Fe	—	—	SMEWW 3500- Fe B
Alcalinidade Total *	128,6	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)

* - Parâmetro não acreditado; # - Parâmetro Subcontratado

Observações:

Os resultados referem-se apenas aos itens ensaiados.

Proibida a reprodução parcial sem autorização expressa do Laboratório.

Évora, 2013-08-14

Prof. Dr. Maria Manuela Morais

Página: 1 de 1



RELATÓRIO DE ENSAIO N.º 2013/1168

(Versão N.º 1)

Boletim Definitivo

Requisitante: Universidade de Évora
Largo dos colegiais, n.º 1 - 7000 Évora

Identificação da Amostra: 1168
 Tipo Amostra: Água subterrânea
 Grupo de Parâmetros: Mon. RH Subterrâneos
 Área de Amostragem: Pontos de Água da Boa Fé
 Local de Amostragem: ED13 - Nascente da Torre da Giesteira
 Data da Amostragem: 02-07-2013 Hora da Amostragem:
 Responsável da Amostragem: Cliente
 Data de Recepção da Amostra: 02-07-2013
 Data de Início do Ensaio: 02-07-2013 Data de Conclusão do Ensaio: 13-08-2013

Parâmetros	Resultados	Unidades	Valores recomendados	Valores limite	Métodos Analíticos de Referência
Calcio *	19	mg/l Ca	—	—	SMEWW 3500- Ca B
Sódio *	16	mg/l Na	—	—	SMEWW 3111B, SMEWW 3030 E
Potássio *	3,50	mg/l K	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Magnésio *	13,0	mg/l Mg	—	—	SMEWW 3111 B, SMEWW 3030 E
Carbonatos *	< 1 L.Q.	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)
Sulfatos *	21	mg/l SO ₄	—	—	Método Nefelométrico, J. Rodier (2009)
Cloretos *	14	mg/l Cl	—	—	SMEWW 4500- Cl B
Dureza Total *	121	mg/l CaCO ₃	—	—	SMEWW 2340 C
Silica *	12,7	mg/l Si	—	—	NP 439:1988
Alumínio *	< 10 L.Q.	ug/l Al	—	—	SMEWW 3500- Al B
Nitratos *	0,49	mg/l NO ₃	—	—	SMEWW 4500- NO ₃ E
Manganés *	0,05	mg/l Mn	—	—	SMEWW 3030E, SMEWW 3111B
Ferro *	4,700	mg/l Fe	—	—	SMEWW 3500- Fe B
Alcalinidade Total *	93,7	mg/l CaCO ₃	—	—	Método Volumétrico, J. Rodier (2009)

* - Parâmetro não acreditado; # - Parâmetro Subcontratado

Observações:

"Os resultados referem-se apenas aos itens ensaiados."
 Proibida a reprodução parcial sem autorização expressa do Laboratório.
 Évora, 2013-08-14

Prof. Dr. Maria Manuela Morais

Página: 1 de 1